МФС | Генеральный Подрядчик

Общество с ограниченной ответственностью
«Генеральный подрядчик - МФС»
ул. Рябиновая, д. 22А, стр. 2, Москва, 121471

ОКПО 75321383 ОГРН 1047796934195
ИНН 7704539433 КПП 772901001

Тел.: +7 495 505-97-33, доб. 4101
E-mail: sekretariat-mfs@pik.ru

Заказчик – Московский фонд реновации жилой застройки

Жилой дом с приспособлением подземной автостоянки под защитное сооружение гражданской обороны - "укрытие" (ЗСГО), с инженерными сетями и благоустройством территории по адресу: г. Москва, район Новогиреево, Кусковская улица, земельный участок 12/1 (Кусковская ул., вл. 12) (Восточный административный округ)

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ.

Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные решения. Расчетное обоснование корпуса К1

1190-01-КР.РЗ

Том 8

2022

МФС | Генеральный Подрядчик

Общество с ограниченной ответственностью
«Генеральный подрядчик - МФС»
ул. Рябиновая, д. 22А, стр. 2, Москва, 121471

ОКПО 75321383 ОГРН 1047796934195
ИНН 7704539433 КПП 772901001

Тел.: +7 495 505-97-33, доб. 4101
E-mail: sekretariat-mfs@pik.ru

Заказчик – Московский фонд реновации жилой застройки

Жилой дом с приспособлением подземной автостоянки под защитное сооружение гражданской обороны - "укрытие" (ЗСГО), с инженерными сетями и благоустройством территории по адресу: г. Москва, район Новогиреево, Кусковская улица, земельный участок 12/1 (Кусковская ул., вл. 12) (Восточный административный округ)

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные решения. Расчетное обоснование корпуса К1

1190-01-КР.РЗ

Том 8

Уполномоченное лицо
по доверенности № 395 от 09.08.2021
Главный инженер проекта / Вайсертригер Н.А.

Главный инженер проекта / Вайсертригер Н.А.

Общество с ограниченной ответственностью * Производственно-технический отдел * ПТО-МФС * Для документов * Москва *

20.04.2022

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

ООО «Проектное бюро АПЕКС»
115114, Россия, Москва, Дербеневская наб., д.7, стр.9
T/F: +7495 135 8005, www.apex-project.ru

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

ЖИЛОЙ ДОМ С ПРИСПОСОБЛЕНИЕМ ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ ПОД ЗАЩИТНОЕ СООРУЖЕНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ – «УКРЫТИЕ» (ЗСГО), С ИНЖЕНЕРНЫМИ СЕТЯМИ И БЛАГОУСТРОЙСТВОМ ТЕРРИТОРИИ

по адресу: г. Москва, район Новогиреево, Кусковская улица, земельный участок 12/1 (Кусковская ул., вл. 12) (Восточный административный округ)

Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные решения.
Расчетное обоснование корпуса К1

1190-01-КР.РЗ

Том 8

член Ассоциации Саморегулируемая организация «Профессиональное сообщество проектировщиков» (АССОЦИАЦИЯ СРО «ПСП»), регистрационный номер в государственном реестре саморегулируемых организаций СРО-П-190-23042014, регистрационный номер № 54

ООО «Проектное бюро АПЕКС»
115114, Россия, Москва, Дербеневская наб., д.7, стр.9
T/F: +7495 135 8005, www.apex-project.ru

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

ЖИЛОЙ ДОМ С ПРИСПОСОБЛЕНИЕМ ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ ПОД ЗАЩИТНОЕ СООРУЖЕНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ – «УКРЫТИЕ» (ЗСГО), С ИНЖЕНЕРНЫМИ СЕТЯМИ И БЛАГОУСТРОЙСТВОМ ТЕРРИТОРИИ)

по адресу: г. Москва, район Новогиреево, Кусковская улица, земельный участок 12/1 (Кусковская ул., вл. 12) (Восточный административный округ)

Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные решения.
Расчетное обоснование корпуса К1

1190-01-КР.РЗ

Том 8

Генеральный директор Матвеев Ю.М.

Главный инженер проекта Поляков И.С.

2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	4
1.1.	КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ	4
1.2.	КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЯ	4
1.3.	МАТЕРИАЛЫ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	5
2.	НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ	6
2.1.	ПОСТОЯННЫЕ НАГРУЗКИ	6
2.2.	ВЕТРОВАЯ НАГРУЗКА	17
3.	ОПИСАНИЕ РАСЧЕТА	18
3.1.	ОПИСАНИЕ РАСЧЕТА	18
3.2.	ЖЕСТКОСТЬ ОСНОВАНИЯ	19
3.3.	ЖЕСТКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ	20
4.	РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 1-3	24
4.1.	ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ	24
4.2.	МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ	25
4.3.	ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА	28
4.4.	ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ	34
4.5.	ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ	37
4.6.	ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА	41
4.7.	ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ	51
4.8.	ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ	61
4.9.	ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ	76
4.10.	ПЛИТА ПОКРЫТИЯ	86
4.11.	НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ	95
4.12.	НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ	119
4.12.1	НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА	119
4.12.2.	НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА	141
5.	РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 4-6	173

5.1. ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ 174
5.2. МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ 174
5.3. ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА 178
5.4. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ 184
5.5. ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ 187
5.6. ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА 191
5.7. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ 201
5.8. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ 211
5.9. ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ 225
5.10. ПЛИТА ПОКРЫТИЯ 236
5.11. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ 246
5.12. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ 267
4.12.2 НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА 267
5.12.1. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА 286
6. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 7-9 309
6.1. ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ 310
6.2. МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ 310
6.3. ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА 314
6.4. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ 320
6.5. ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ 323
6.6. ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА 327
6.7. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ 337
6.8. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ 347
6.9. ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ 361
6.10. ПЛИТА ПОКРЫТИЯ 372
6.11. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ 382
6.12. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ 409
4.12.3 НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА 409
6.12.1. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА 430
7. ВЫВОДЫ 468
8. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И НОРМАТИВНАЯ БАЗА 484

9. ПРИЛОЖЕНИЯ 485

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Здание представляет с-образный в плане объем в 16 этажей и 1 технический этаж с габаритами в осях 89,35 х88,9 м.

Условия площадки строительства описаны в разделе:

1190-01-КР1.

1.2. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЯ

За относительную отметку 0.000 м принята абсолютная отметка 155.150м.

Принимая во внимание геологические и гидрогеологические условия площадки участка строительства в проекте приняты следующие решения:

- в качестве фундамента запроектирована плита на естественном основании толщиной 800 мм.

Основанием фундаментной плиты будут служить:

- ИГЭ-4, Песок мелкий, средней плотности:
  - коэффициент пористости, е – 0,64;
  - плотность грунта ρ, г/см^3 – 1,92;
  - удельное сцепление С, МПа – 0,002;
  - угол внутр. трения, ф, град. – 34;
  - модуль общей деформации Е, МПа – 25.
- ИГЭ-5, Песок средней крупности, средней плотности:
  - коэффициент пористости, е – 0,62;
  - плотность грунта ρ, г/см^3 – 1,96;
  - удельное сцепление С, МПа – 0,001;
  - угол внутр. трения, ф, град. – 35;
  - модуль общей деформации Е, МПа – 30.

Материал железобетонной конструкции фундаментной плиты:

- бетон В30, W10, F200 по ГОСТ 26633-2012;
- арматура А500С по ГОСТ 52544-2006;
- арматура А240 по ГОСТ 5781-82.

1.3. МАТЕРИАЛЫ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Материалы несущих конструкций описаны в разделе: 1190-01-КР1.

Толщины строительных конструкций представлены в таблице 1.3.1.

Таблица 1.3.1

Тип конструкции	**Размер сечения, толщина, мм**	**Материал конструкции**
Фундаментная плита	800	В30, W10, F200
Вертикальные конструкции подземной части:		
- стены, простенки	200, 220, 250, 300, 460	В30, W10, F200
- пилоны	250х1200	В30, W10, F200
	300х1200	
	300х1260	
	300х1300	
	300х1400	
	300х1500	
	300х1600	
	460х1500	
-перекрытие над -1 этажом	220	В30, W10, F200
Вертикальные конструкции 1 этажа:		
- стены, простенки	200, 250	В30
- пилоны	200х1200	В30
	250х1200	
	250х1260	
	250х1300	
	250х1400	
	250х1500	
	250х1600	
Горизонтальные конструкции надземной части	200	В30
Вертикальные конструкции 2-16 этажей, технический этаж:		
- стены, простенки	200, 250	В30
- пилоны	200х1200	В30
	200х1260	
	200х1300	
	200х1400	
	200х1500	
	220х1200	
	220х1300	
	220х1500	
	220х1600	
	250х1200	
	250х1300	
	250х1500	

Плита покрытия	220	В30
Вертикальные конструкции выше плиты покрытия	200	В30
Плита покрытия ЛЛУ	200	В30

2. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ

2.1. ПОСТОЯННЫЕ НАГРУЗКИ

Нагрузки от собственного веса несущих железобетонных конструкций прикладывается автоматически исходя из объемного веса железобетона, равного $\gamma = 25\ кН/м^3$, с учетом коэффициента надежности по нагрузке $\gamma_f = 1.1$.

Все нагрузки и воздействия заданы согласно СП 20.13330.2016.

ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	q_n	γ_f	q	ед. изм.
ПОСТОЯННЫЕ				
Временная нагрузка на стены подвала	10	1,2	12	кН/м²
Засыпка керамзитом				
Засыпка керамзитом t = 6000 мм ρ = 600 кг/м³	35,32	1,3	45,92	кН/м²
ИТОГО:	35,4	1,3	46	кН/м²
Пирог пола покрытия автостоянки и рампы				
бетонное основание В25 по уклону, арм. t = 200 мм ρ = 2500 кг/м³	4,91	1,3	6,38	кН/м²
ИТОГО:	4,9	1,3	6,4	кН/м²
Пирог пола МОП подземного этажа				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 65 мм ρ = 2000 кг/м³	1,28	1,3	1,66	кН/м²
засыпка керамзитом t = 70 мм ρ = 600 кг/м³	0,41	1,3	0,54	кН/м²

ИТОГО:	2,2	1,3	2,9	кН/м²
Пирог пола технических помещений подземного этажа				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 40 мм ρ = 2000 кг/м³	0,78	1,3	1,03	кН/м²
монолитное корыто из бетона В10, армированное t = 60 мм ρ = 2500 кг/м³	1,47	1,3	1,92	кН/м²
виброзащита t = 25 мм ρ = 125 кг/м³	0,03	1,3	0,04	кН/м²
ИТОГО:	2,8	1,3	3,7	кН/м²
ВРЕМЕННЫЕ				
служебные помещения	2	1,2	2,4	кН/м²
коридоры, лифтовые холлы, пути эвакуации	3	1,2	3,6	кН/м²
места автостоянки	3,5	1,2	4,2	кН/м²
рампа и пути проезда	5	1,2	6	кН/м²

ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	q_n	γ_f	q	ед. изм.
ПОСТОЯННЫЕ				
инженерные коммуникации	0,5	1,3	0,65	кН/м^2
Конструкция покрытия автостоянки				
травяное покрытие t = 150 мм ρ = 1700 кг/м^3	2,50	1,2	3,01	кН/м^2
субстрат для кровельного озеленения t = 250 мм ρ = 1700 кг/м^3	4,17	1,3	5,43	кН/м^2
вес грунта t = 1100 мм ρ = 1700 кг/м^3	18,34	1,3	23,85	кН/м^2
вес утеплителя t = 150 мм ρ = 180 кг/м^3	0,26	1,3	0,35	кН/м^2
вес армированной стяжки t = 50 мм ρ = 2000 кг/м^3	0,98	1,3	1,28	кН/м^2
вес керамзитобетона t = 300 мм ρ = 1200 кг/м^3	3,53	1,3	4,6	кН/м^2
ИТОГО:	29,8	1,3	38,6	кН/м^2
Ограждение фасада первого этажа (h=4.2м)				
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м^3	0,29	1,3	0,39	кН/м^2
газобетонный блок t = 200 мм ρ = 600 кг/м^3	1,18	1,3	1,54	кН/м^2
минераловатный утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м^3	0,13	1,2	0,16	кН/м^2
ограждающий слой t = 80 мм ρ = 2400 кг/м^3	1,88	1,1	2,08	кН/м^2
высота этажа h = 4,2 м $k_{пр}$ = 1	3,5		4,2	
ИТОГО:	14,66	1,21	17,52	кН/м

Фасад. Утепление выступов с 2-х сторон, h=4.2м.				
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²
утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
высота этажа h = 4,2 м	0,90		1,20	кН/м²
ИТОГО:	3,78	1,3	5,04	кН/м
Фасад. Утепление вертикальных ж.б. конструкций, h=4,2м.				
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²
высота этажа h = 4,2 м	0,50		0,60	кН/м²
ИТОГО:	2,10	1,3	2,52	кН/м
Пирог пола техпространства				
армированной стяжка t = 40 мм ρ = 2000 кг/м³	0,78	1,3	1,03	кН/м²
минераловатный утеплитель t = 60 мм ρ = 110 кг/м³	0,06	1,3	0,09	кН/м²
ИТОГО:	0,9	1,3	1,2	кН/м²
Пирог пола крылец входных групп				
бетонная плитка t = 60 мм ρ = 2400 кг/м³	1,41	1,3	1,84	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 30 мм ρ = 2000 кг/м³	0,59	1,3	0,77	кН/м²
гидроизоляция в 2 слоя	0,08	1,3	0,11	кН/м²

t = 8 мм ρ = 1050 кг/м³				
армированной стяжка t = 50 мм ρ = 2000 кг/м³	0,98	1,3	1,28	кН/м²
засыпка керамзитом t = 200 мм ρ = 600 кг/м³	1,18	1,3	1,54	кН/м²
утеплитель ТЕХНОРУФ 45 t = 200 мм ρ = 140 кг/м³	0,27	1,3	0,36	кН/м²
ИТОГО:	4,6	1,3	5,9	кН/м²
Пирог пола МОП первого этажа				
керамическая плитка на клею t = 17 мм ρ = 2400 кг/м³	0,40	1,3	0,53	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 83 мм ρ = 2000 кг/м³	1,63	1,3	2,12	кН/м²
ИТОГО:	2,1	1,3	2,7	кН/м²
Пирог пола помещений БКТ первого этажа				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 100 мм ρ = 2000 кг/м³	1,96	1,3	2,56	кН/м²
ИТОГО:	2,5	1,3	3,2	кН/м²
Перегородки t=240 мм, h = 4,2 м				
газобетонный блок t = 200 мм ρ = 600 кг/м³	1,18	1,3	1,54	кН/м²
штукатурка t = 40 мм ρ = 1500 кг/м³	0,59	1,3	0,77	кН/м²
высота этажа h = 4,2 м	1,8		2,4	кН/м²
ИТОГО:	7,56	1,3	10,08	кН/м
перегородки t=140 мм	1	1,3	1,3	кН/м²
ВРЕМЕННЫЕ				

коридоры, лифтовые холлы, пути эвакуации	3	1,2	3,6	кН/м²
помещения БКТ	3	1,2	3,6	кН/м²
снеговая нагрузка μ=1	1,5	1,4	2,1	кг/м²
ОСОБЫЕ				
зоны проезда пожарной машины	36	1,0	36	кН/м²

ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	q_n	γ_f	q	ед. изм.
ПОСТОЯННЫЕ				
инженерные коммуникации	0,5	1,3	0,65	кН/м²
Фасадная панель (h=3.0м)				
ж/б панель внутренняя t = 100 мм ρ = 2500 кг/м³	2,45	1,1	2,7	кН/м²
минераловатный утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,2	0,16	кН/м²
ж/б панель облицовочная t = 80 мм ρ = 2400 кг/м³	1,88	1,1	2,08	кН/м²
высота этажа h = 3,0 м $k_{пр}$ = 1	4,5		4,9	
ИТОГО:	13,41	1,11	14,82	кН/м
Фасад. Утепление выступов с 2-х сторон, h=3м.				
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²
утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
высота этажа h = 3,0 м	0,90		1,20	кН/м²
ИТОГО:	2,70	1,3	3,60	кН/м
Фасад. Утепление вертикальных ж.б. конструкций, h=3м.				
штукатурка t = 20 мм ρ = 1500 кг/м³	0,29	1,3	0,39	кН/м²
утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,3	0,17	кН/м²

высота этажа h = 3,0 м	0,50		0,60	кН/м²
ИТОГО:	1,50	1,3	1,80	кН/м
Пирог пола в квартирах типового этажа				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 45 мм ρ = 2000 кг/м³	0,88	1,3	1,15	кН/м²
керамзитобетон t = 40 мм ρ = 1500 кг/м³	0,59	1,3	0,77	кН/м²
звукоизоляционная подложка t = 2 мм ρ = 250 кг/м³	0,00	1,3	0,01	кН/м²
ИТОГО:	2,0	1,3	2,6	кН/м²
Пирог пола МОП типового этажа				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
стяжка из ц/п раствора М150 t = 70 мм ρ = 2000 кг/м³	1,37	1,3	1,79	кН/м²
ИТОГО:	1,9	1,3	2,5	кН/м²
Пирог пола лоджий				
керамическая плитка на клею t = 20 мм ρ = 2400 кг/м³	0,47	1,3	0,62	кН/м²
сборная стяжка из двух слоёв цсп t = 24 мм ρ = 1400 кг/м³	0,33	1,3	0,43	кН/м²
плита теплоизоляционная t = 70 мм ρ = 50 кг/м³	0,03	1,3	0,05	кН/м²
ИТОГО:	0,9	1,3	1,1	кН/м²
Перегородки t=240 мм, h = 2,8 м				
газобетонный блок t = 200 мм ρ = 600 кг/м³	1,18	1,3	1,54	кН/м²

штукатурка t = 40 мм ρ = 1500 кг/м³	0,59	1,3	0,77	кН/м²
высота этажа h = 2,8 м	1,8		2,40	кН/м²
ИТОГО:	5,04	1,3	6,72	кН/м
перегородки t=140 мм	1	1,3	1,3	кН/м²
электрощитовая, помещения СС кладовые	3	1,2	3,6	кН/м²
Инженерно-технические помещения (ИТП)	5	1,2	6	кН/м²
ВРЕМЕННЫЕ				
коридоры, лифтовые холлы, пути эвакуации	3	1,2	3,6	кН/м²
жилые квартиры	1,5	1,3	1,95	кН/м²
лоджии	4	1,2	4,8	кН/м²

ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	q_n	γ_f	q	ед. изм.
ПОСТОЯННЫЕ				
перегородки, стелажи	1	1,3	1,3	кН/м²
инженерные коммуникации	0,5	1,3	0,65	кН/м²
Вес ограждения h=2,05м				
ж/б панель внутренняя t = 100 мм ρ = 2500 кг/м³	2,45	1,1	2,7	кН/м²
минераловатный утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м³	0,13	1,2	0,16	кН/м²
ж/б панель облицовочная t = 80 мм ρ = 2400 кг/м³	1,88	1,1	2,08	кН/м²
высота этажа h = 2,05 м $k_{пр}$ = 1,0	4,5		4,9	
ИТОГО:	9,17	1,10	10,13	кН/м
Пирог пола тех. пространства				
армированная цементно-песчаная стяжка t = 40 мм ρ = 2000 кг/м³	0,78	1,3	1,03	кН/м²
вес утеплителя t = 60 мм ρ = 110 кг/м³	0,06	1,3	0,09	кН/м²
ИТОГО:	0,85		1,12	кН/м²
ВРЕМЕННЫЕ				
технические этажи жилых и общественных зданий	2	1,2	2,4	кН/м²

ОПИСАНИЕ НАГРУЗКИ	q_n	γ_f	q	ед. изм.
ПОСТОЯННЫЕ				
инженерные коммуникации	4,0	1,2	4,8	кН/м^2
Вес парапета h=2,25м				
ж/б панель внутренняя t = 100 мм ρ = 2500 кг/м^3	2,45	1,1	2,7	кН/м^2
минераловатный утеплитель t = 150 мм ρ = 85 кг/м^3	0,13	1,2	0,16	кН/м^2
ж/б панель облицовочная t = 80 мм ρ = 2400 кг/м^3	1,88	1,1	2,08	кН/м^2
высота этажа h = 2,25 м $k_{пр}$ = 1,0	4,5		4,9	
ИТОГО:	10,06	1,11	11,12	кН/м
Пирог покрытия				
гидроизоляция в 2 слоя t = 6,5 мм ρ = 1050 кг/м^3	0,07	1,1	0,08	кН/м^2
армированная цементно-песчаная стяжка t = 50 мм ρ = 2000 кг/м^3	0,98	1,3	1,28	кН/м^2
засыпка керамзитом t = 250 мм ρ = 600 кг/м^3	1,47	1,3	1,92	кН/м^2
вес утеплителя t = 200 мм ρ = 150 кг/м^3	0,29	1,3	0,39	кН/м^2
ИТОГО:	2,81		3,67	кН/м^2
ВРЕМЕННЫЕ				
нагрузка на покрытие	0,7	1,3	0,91	кН/м^2
снеговая нагрузка μ=1	1,5	1,4	2,1	кг/м^2
снеговая нагрузка у парапета μ=1,67	2,5	1,4	3,6	кг/м^2

2.2. ВЕТРОВАЯ НАГРУЗКА

При расчете модели здания на ветер, горизонтальные нагрузки были приложены в уровне дисков плит перекрытий. Пульсационную составляющую ветровой нагрузки программный расчетный комплекс вычисляет автоматически, исходя из вводимых данных.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью определена по формуле [1, формула 11.2]:

$$w_m = w_0 k(z_e) c,$$

где:

w_0 - нормативное значение ветрового давления, равное 0,23 кПа [1, табл. 11.1];

$k(z_e)$ - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e [1, 11.1.5 и 11.1.6]), тип местности В;

c - аэродинамический коэффициент [1].

Расчет ветровой нагрузки сведен в таблице 2.3.2.

Таблица 2.3.2.

№№ этажа	Wo = 23 кПа					Погонная нагрузка по периметру с учетом аэродинамического коэффициента c_e для разных участков в уровне плиты, кН/м.п				
	Отм. плиты	$h_{эт}$, м	Z, м	Z_e, м	$k(z_e)$	W_m (A)	W_m (B)	W_m (C)	W_m (D)	W_m (E)
						-1,0	-0,8	-0,5	0,8	-0,5
1	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0	0	0	0	0
2	+ 4,400	4,40	4,40	51,35	1,251	-1,064	-0,851	-0,532	0,851	-0,532
3	+ 7,400	3,00	7,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
4	+ 10,400	3,00	10,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
5	+ 13,400	3,00	13,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
6	+ 16,400	3,00	16,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
7	+ 19,400	3,00	19,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
8	+ 22,400	3,00	22,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
9	+ 25,400	3,00	25,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
10	+ 28,400	3,00	28,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
11	+ 31,400	3,00	31,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
12	+ 34,400	3,00	34,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
13	+ 37,400	3,00	37,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
14	+ 40,400	3,00	40,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
15	+ 43,400	3,00	43,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
16	+ 46,400	3,00	46,40	51,35	1,251	-0,863	-0,690	-0,431	0,690	-0,431
техн эт	+ 49,400	3,00	49,40	51,35	1,251	-0,712	-0,570	-0,356	0,570	-0,356
Кровля	+ 51,350	1,95	51,35	51,35	1,251	-0,712	-0,570	-0,356	0,570	-0,356

3. ОПИСАНИЕ РАСЧЕТА

3.1. ОПИСАНИЕ РАСЧЕТА

Расчет выполнен с помощью проектно-вычислительного комплекса «Sofistik 2020» Комплекс реализует конечно-элементное моделирование статических и динамических расчетных схем, проверку устойчивости, выбор невыгодных сочетаний усилий, подбор арматуры железобетонных конструкций, проверку несущей способности стальных конструкций.

В настоящей расчетно-пояснительной записке представлены результаты следующих расчетов:

- расчет здания на горизонтальную (ветровую) нагрузку;
- расчет здания на вертикальную нагрузку.

Целью расчетов являются, соответственно:

- проверка достаточности жесткости принятой конструктивной схемы здания для восприятия ветровых нагрузок;
- проверка достаточности принятых размеров фундаментов из условий прочности и жесткости (осадка);
- проверка достаточности (из условий прочности) принятых размеров сечений вертикальных несущих конструкций (стен, колонн);
- проверка достаточности принятой толщины плит перекрытий из условий прочности и жесткости (прогибов).

Расчет выполнен по схеме “здание - основание”. Конечно-элементная модель представляет собой пространственную систему, отражающую геометрию здания и физико-механические характеристики его несущих элементов с учетом жесткости основания.

Жесткость упругого основания (коэффициенты постели) определялась на основании результатов расчета встроенных модулей, предназначенных для вычисления коэффициентов постели грунтового основания с помощью задания геологических условий площадки строительства.

Выполнение вычислений производится на основе программно-выстраиваемой модели грунта, для чего и задаются сведения о скважинах (их местоположение и характеристики слагающих скважину грунтов по соответствующим слоям ИГЭ). Формирование модели грунта между скважинами происходит по установленным правилам с применением интерполяции между слоями.

Вычисления производятся в соответствии с СП 22.13330.2016 и СП 50-101-2004. Расчет осадок выполняется с применением схемы линейно деформируемого полупространства. Расчетные коэффициенты жесткости, в свою очередь, определялись с учетом неоднородности грунта основания в плане и по глубине, жесткости фундаментной плиты и вышестоящих конструкций.

В расчетной схеме приняты следующие допущения:

- нелинейная работа ж.б. несущих конструкций учтена при помощи коэффициентов, понижающих начальный модуль упругости бетона, значения которых определены в соответствии с СП 52-103-2007, п.6.2.7;
- перемещения фундамента в горизонтальной плоскости (X-0-Y) запрещены.

Расчетная модель включает в себя весь несущий каркас: фундаментная плита, простенки (пилоны), стены, плиты перекрытий и покрытие.

Приняты следующие типы конечных элементов:

- железобетонные пластинчатые элементы (стены, простенки, перекрытия и фундаментная плита) – оболочечные четырехузловые конечные элементы.
- железобетонные стержневые элементы (балки, пилоны, сваи) – стержневые конечные элементы.

Все остальные ненесущие конструкции учтены в расчетной схеме соответствующими нагрузками.

Расчет строительных конструкций выполнен по двум группам предельных состояний: по первой группе – по прочности, по второй группе – по деформациям, образованию и ширине раскрытия трещин. Расчеты выполнены на основные сочетания нагрузок с определением расчетных сочетаний усилий согласно нормативу [1].

Конструкции здания относятся к 3-ей категории по трещиностойкости. Предельно допустимая ширина раскрытия трещин из условия сохранности арматуры принята a_{crc1}= 0,3мм и a_{crc2}=0,4мм.

3.2. ЖЕСТКОСТЬ ОСНОВАНИЯ

Для корпусов и подземной автостоянки жесткость основания определялась на основании результатов расчета задачи упругого полупространства модуля HASE из состава ПК SOFiSTiK. Пространственная модель упругого полупространства грунтового основания содержала описания физико-механических свойств грунтов, а также взаиморасположение скважин согласно инженерно-геологического отчету.

Результатом расчета жесткости основания модулем HASE является назначение неравномерного распределения коэффициента постели для фундаментных плит. Цель расчета заключается в учете полученных коэффициентов для фундамента для дальнейшего определения осадок здания, уточнения распределения усилий в элементах вертикальных несущих конструкций и элементов фундаментов и перекрытий до 1 этажа.

3.3. ЖЕСТКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

В соответствии с СП 52-103-2007 “Железобетонные монолитные конструкции зданий” значения нелинейных жесткостей железобетонных элементов учитываем приближенно, путем понижения линейных жесткостей с помощью условных обобщенных коэффициентов. Для оценки перемещений и усилий в элементах конструктивной системы принимаем приближенные значения жесткостей элементов, имея в виду, что распределение усилий в элементах конструктивных

систем зависит не от величины, а, в основном, от соотношения жесткостей этих элементов.

Для определения усилий принимаем линейный модуль упругости материала с понижающими коэффициентами:

• 0.6 – для вертикальных сжатых элементов (пилоны и стены);

• 0.3 – для изгибаемых элементов с учетом длительности действия нагрузки при определении деформаций (плиты перекрытий, покрытий и балки).

Для определения вертикальных перемещений принимаем линейный модуль упругости материала с понижающими коэффициентами:

• 0.6 – для вертикальных сжатых элементов (пилоны и стены);

• 0.2 – для изгибаемых элементов с учетом длительности действия нагрузки при определении деформаций (плиты перекрытий, покрытий и балки).

Расчетная схема здания моделировалась следующими элементами:

- Плитный фундамент – пластинчатыми элементами оболочками с жесткостными характеристиками:
  - $E_{b\ (\text{нач.})}$= 36000 МПа – начальный модуль упругости бетона (бетон класса В40);
  - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 36000×0,3 = 10800 МПа – пониженный модуль упругости бетона для определения усилий;
  - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 36000×0,2 = 7200 МПа – пониженный модуль упругости бетона для определения вертикальных перемещений.

- Плиты перекрытий и покрытий, балки в перепадах плит– пластинчатыми элементами оболочками с жесткостными характеристиками:
    - $E_{b\ (\text{нач.})}$= = 36000 Мпа – начальный модуль упругости бетона (бетон класса В40);
    - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 36000×0,3 = 10800 Мпа – пониженный модуль упругости бетона для определения усилий;
    - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 36000×0,2 = 7200 Мпа – пониженный модуль упругости бетона для определения вертикальных перемещений.
- Балки в составе плит перекрытий и покрытий – универсальными пространственными стержнями с жесткостными характеристиками:
    - $E_{b\ (\text{нач.})}$= = 36000 Мпа – начальный модуль упругости бетона (бетон класса В40);
    - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 36000×0,3 = 10800 Мпа – пониженный модуль упругости бетона для определения усилий;
    - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 36000×0,2 = 7200 Мпа – пониженный модуль упругости бетона для определения вертикальных перемещений.
- Колонны и пилоны - универсальными пространственными стержнями с жесткостными характеристиками:
    - $E_{b\ (\text{нач.})}$= 36000 МПа – начальный модуль упругости бетона (бетон класса В40);
    - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 36000×0,6 = 21600 Мпа – пониженный модуль упругости бетона.
- Стены - пластинчатыми элементами оболочками с жесткостными характеристиками:
    - $E_{b\ (\text{нач.})}$= 32500 МПа – начальный модуль упругости бетона (бетон класса В30);
    - $E_{b\ (\text{нелин.})}$= 32500×0,6 = 19500 Мпа – пониженный модуль упругости бетона.

Более низкое значение понижающего коэффициента позволяет учитывать наряду с ползучестью образование трещин в перекрытиях, балках и других конструктивных элементах.

При расчете на пульсационную составляющую ветровой нагрузки модуль упругости принимался с понижающим коэффициентом – 0,85 для всех конструкций.

Расчет строительных конструкций был выполнен по двум группам предельных состояний:

- I-я группа предельных состояний – проверка по прочности;
- II-я группа предельных состояний – проверка по деформациям, ускорениям и образованию трещин.

Виды нагрузок и расчетные сочетания составлены в соответствии с нормами, регламентирующими расчетные нагрузки и воздействия: СП 20.13330.2016 “Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*”

Сечения железобетонных конструкций приняты согласно чертежам 1190-01-КР2.1.

Сечения железобетонных конструкций описаны в 1190-01-КР1.

Расчетные сочетания нагрузок:

Номер загружения	Наименование нагрузки	Длительность	Коэффициент надежности по нагрузке
1	G – Собственный вес	Постоянная	1,1
2	G_F – Конструкция кровли, полы	Постоянная	1,3
3	R – Давление грунта	Постоянная	1,15
4	G_M – Перегородки	Постоянная	1,2
5	G - Панели	Постоянная	1,1
101	Q – Длительная	Длительная	1,2
102	L – Кратковременная	Кратковременная	1,2
103	L_C – Кратковременная	Кратковременная	1,3
201	S – Снег	Кратковременная	1,4
301	W – Ветер X+	Неактивное	1,4
302	W – Ветер X-	Неактивное	1,4
303	W – Ветер Y+	Неактивное	1,4
304	W – Ветер Y-	Неактивное	1,4
331	W – Ветер (пульсация) X+	Мгновенное	1,4
332	W – Ветер (пульсация) X-	Мгновенное	1,4
333	W – Ветер (пульсация) Y+	Мгновенное	1,4
334	W – Ветер (пульсация) Y-	Мгновенное	1,4

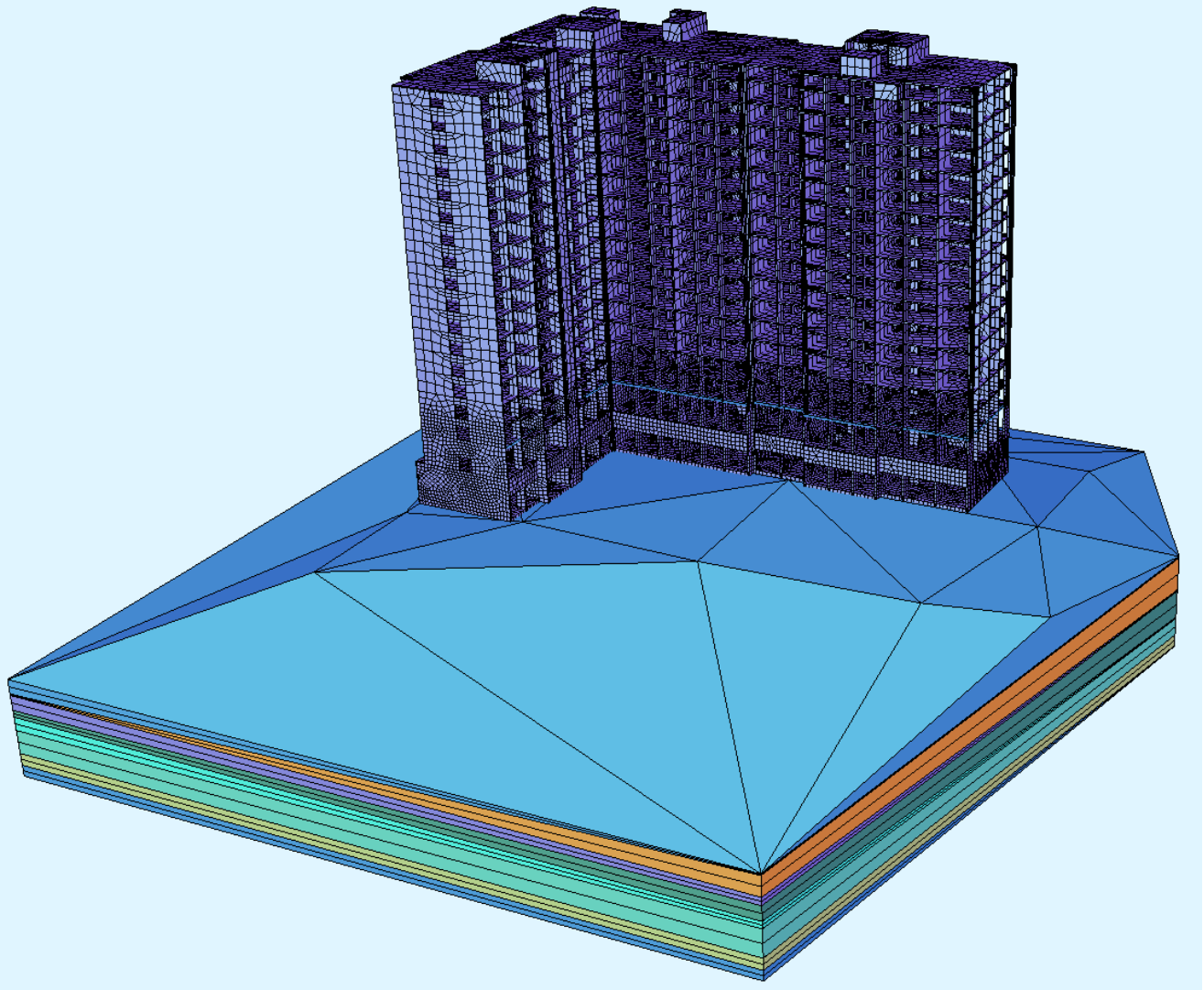
Расчетные сочетания нагрузок, применяемые в проекте представлены в табличной форме далее по тексту.

КОМБИНАЦИИ НАГРУЗОК

Номер загружения															
	1001	1002	1003	1004	1005	2001	2002	2003	2004	2005	3001	3002	3003	3004	3005
1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
101	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
102	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1	1	1	1	1	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
103	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1	1	1	1	1	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
201	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
301	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
302	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
303	0	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
304	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
331	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
332	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
333	0	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
334	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

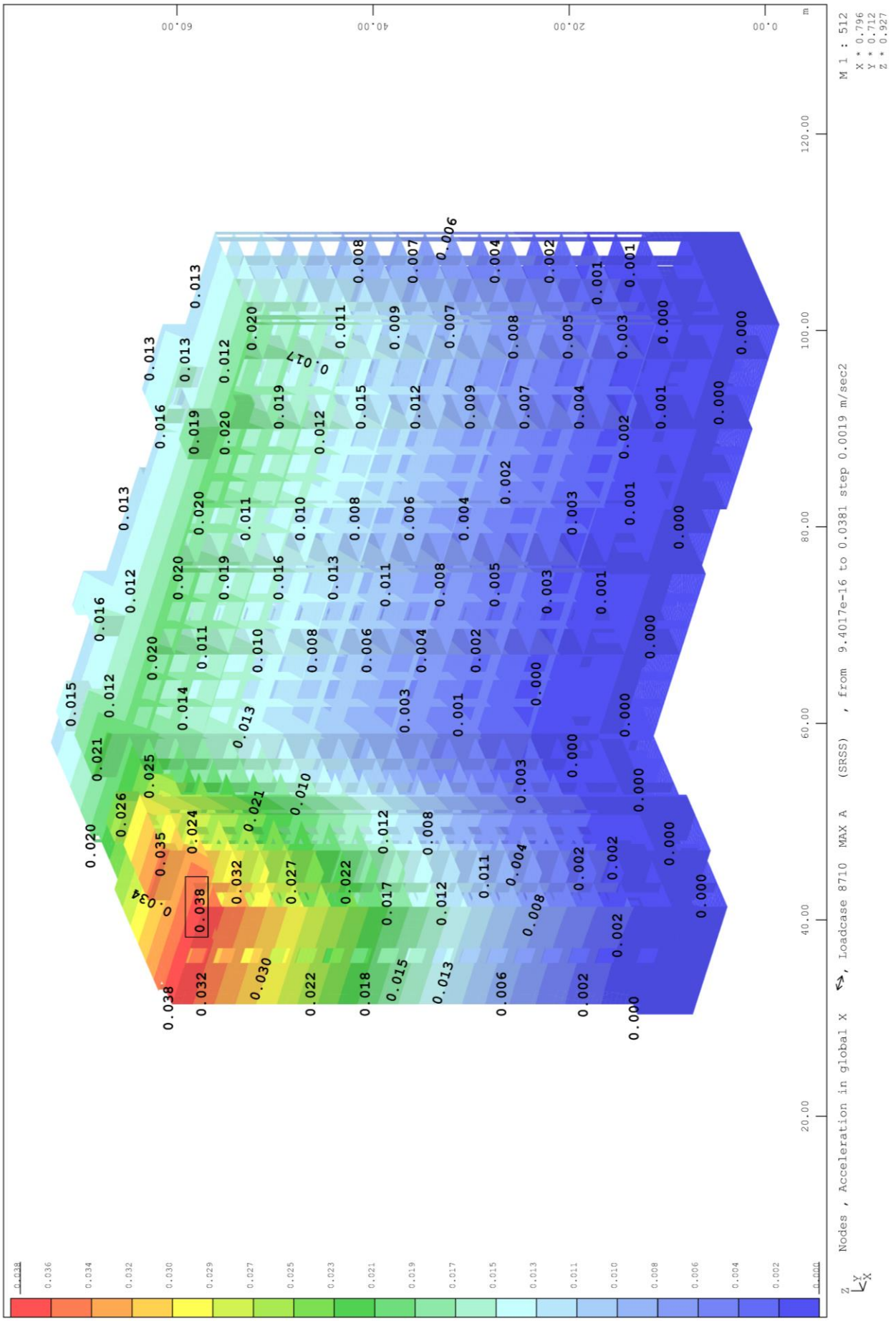
4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 1-3

4.1. ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

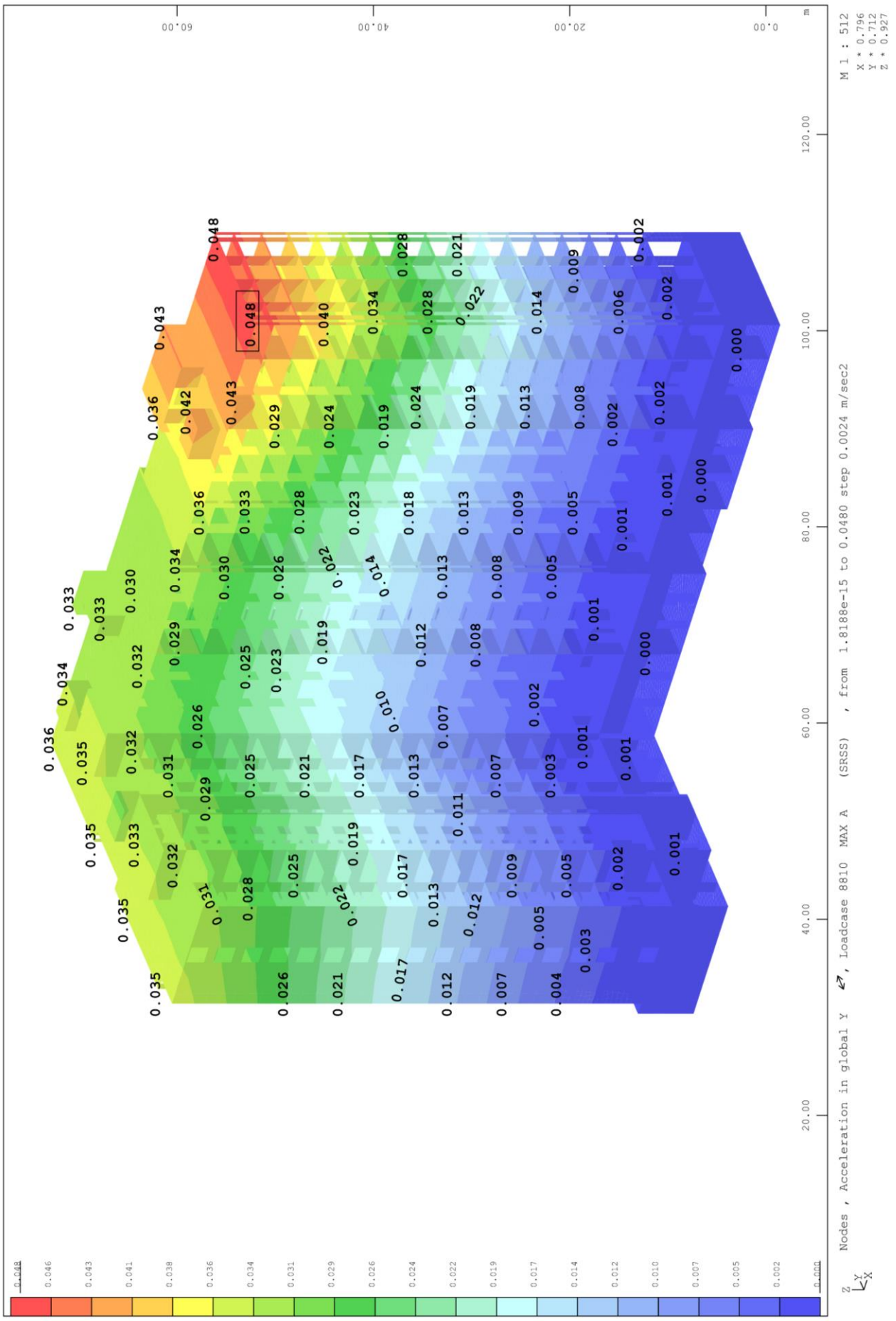


4.2. МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

Максимальное ускорение этажей по X, м/с²

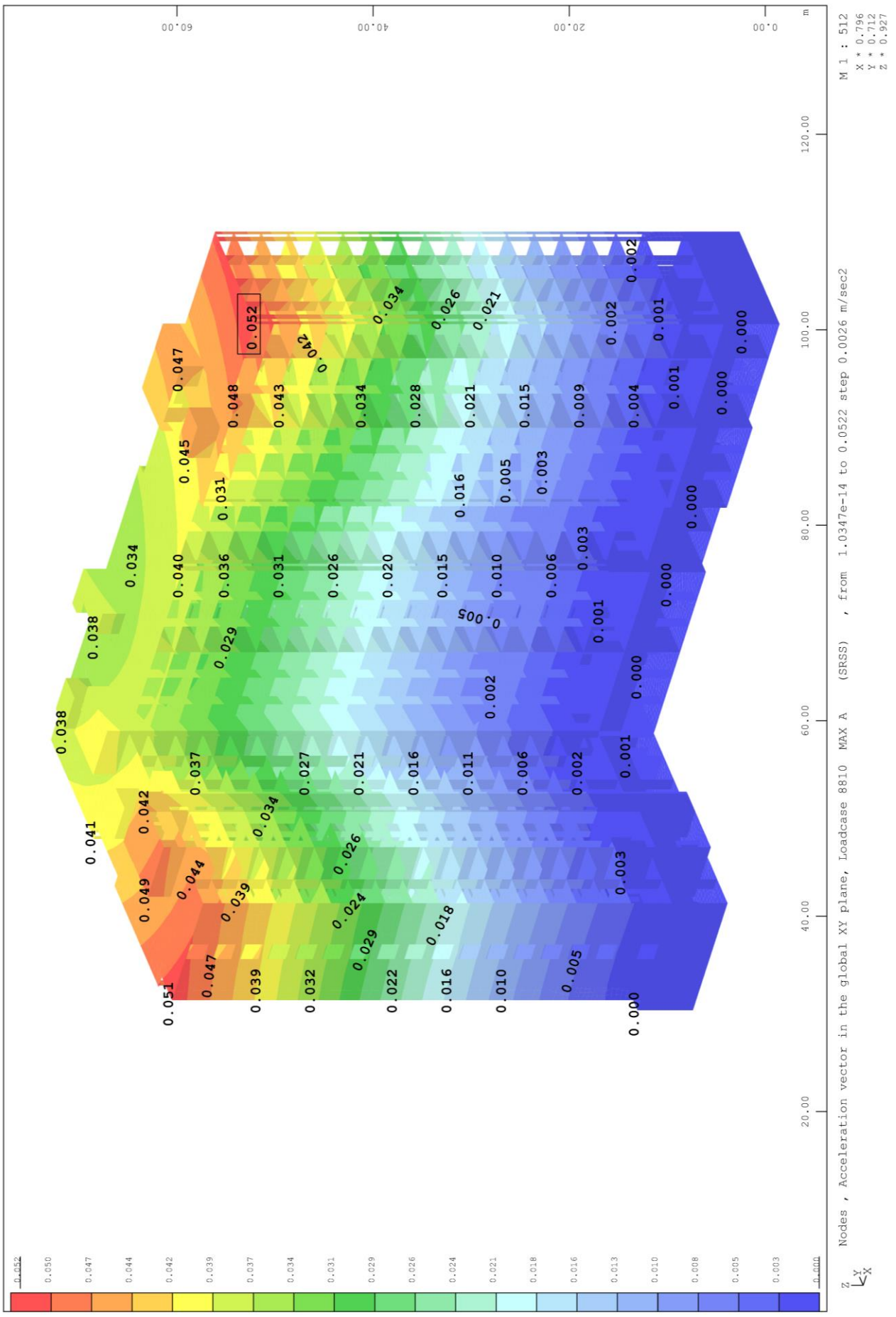


Максимальное ускорение этажей по Y, м/с^2



							Лист
						1190-01-КР.РЗ	26
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		

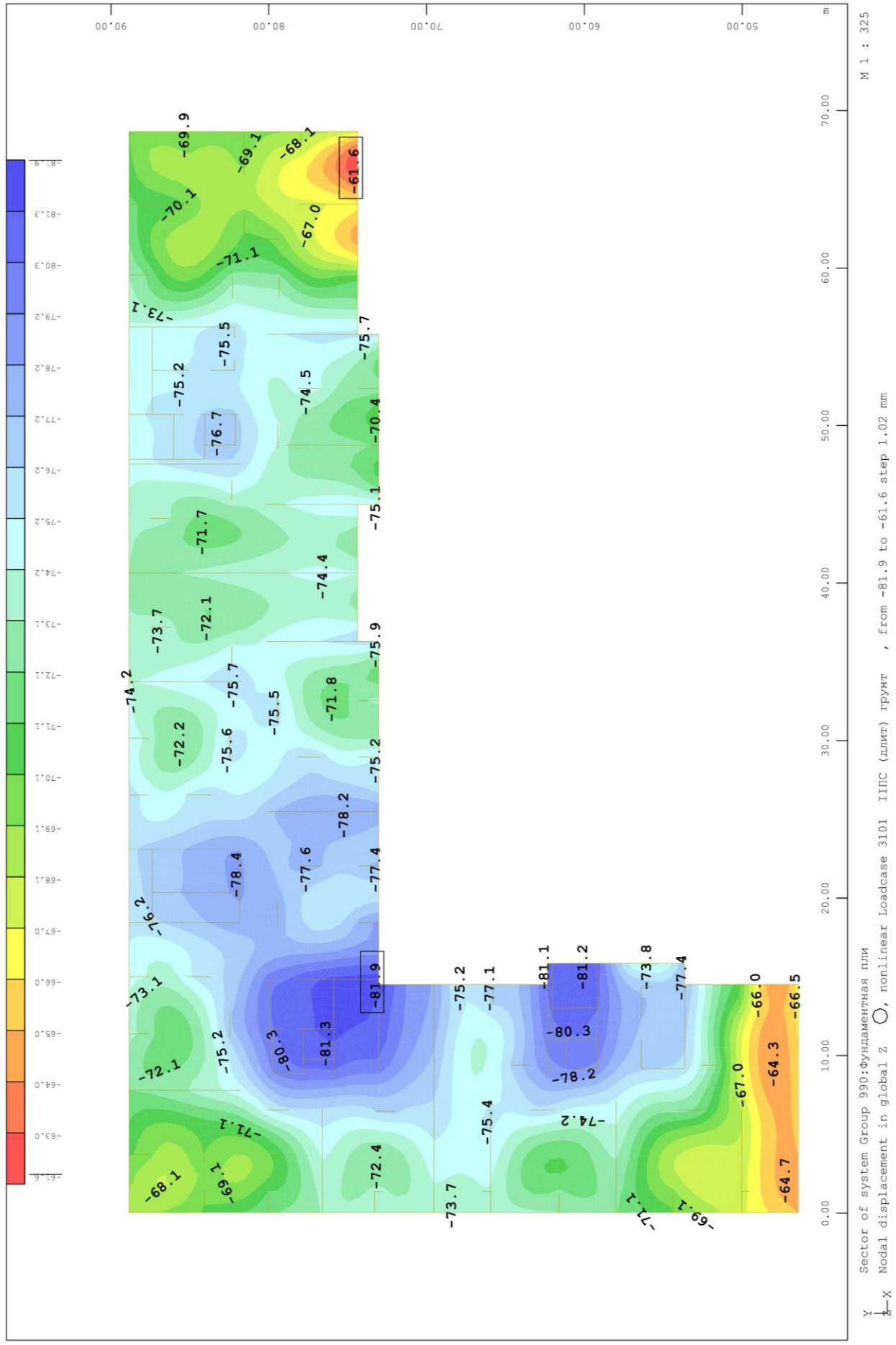
Максимальное ускорение этажей по XY, м/с²



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		27

4.3. ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА

Осадка, мм



Расчет осадки фундамента на естественном основании

Допущения и предпосылки. Расчет выполняется согласно СП 22.13330.2016 п.п. 5.6.31.

Исходные данные. Среднее давление под подошвой фундамента $p = 2.99$ кг/см^2; глубина заложения $d_n = 7.15$ м; фундамент прямоугольный; ширина подошвы $b = 15.00$ м; длина подошвы $l = 68.00$ м; объемный вес грунта выше подошвы $\gamma'_{\text{II}} = 1.86$ т/м^3; имеются грунтовые воды на расстоянии 0.00 м от подшвы мощностью 3.40 м; $s_u = 15.0$ см.

Расчет. Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы

$$\sigma_{zg0} = \gamma'_{\text{II}} d_n = 1.86 \cdot 7.15 = 13.299 \text{ т/м}^2 = 1.330 \text{ кг/см}^2$$

Согласно требованиям методики расчета, сжимаемая толща грунта под подошвой разбивается на слои. Необходимые величины для каждого слоя вычисляются в табличной форме по формулам

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i p, \quad \sigma_{z\gamma,i} = \alpha_i \sigma_{zg0}, \quad \sigma_{zg,i} = \sigma_{zg0} + \sum_{i=1}^{n} h_i \gamma_i$$

Минимальная глубина сжимаемой толщи для $10 \leqslant b < 60$ м составляет $H_{min} = 4 + 0.1b = 4 + 0.1 \cdot$ $\cdot 15.00 = 5.50$ м.

Т.к. $p > \sigma_{zg,0}$ то осадка определяется по формуле (5.16)

$$\Delta s_i = \beta \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i}) h_i}{E_i} + \beta \frac{\sigma_{z\gamma,i} h_i}{E_{e,i}}, \quad \beta = 0.8$$

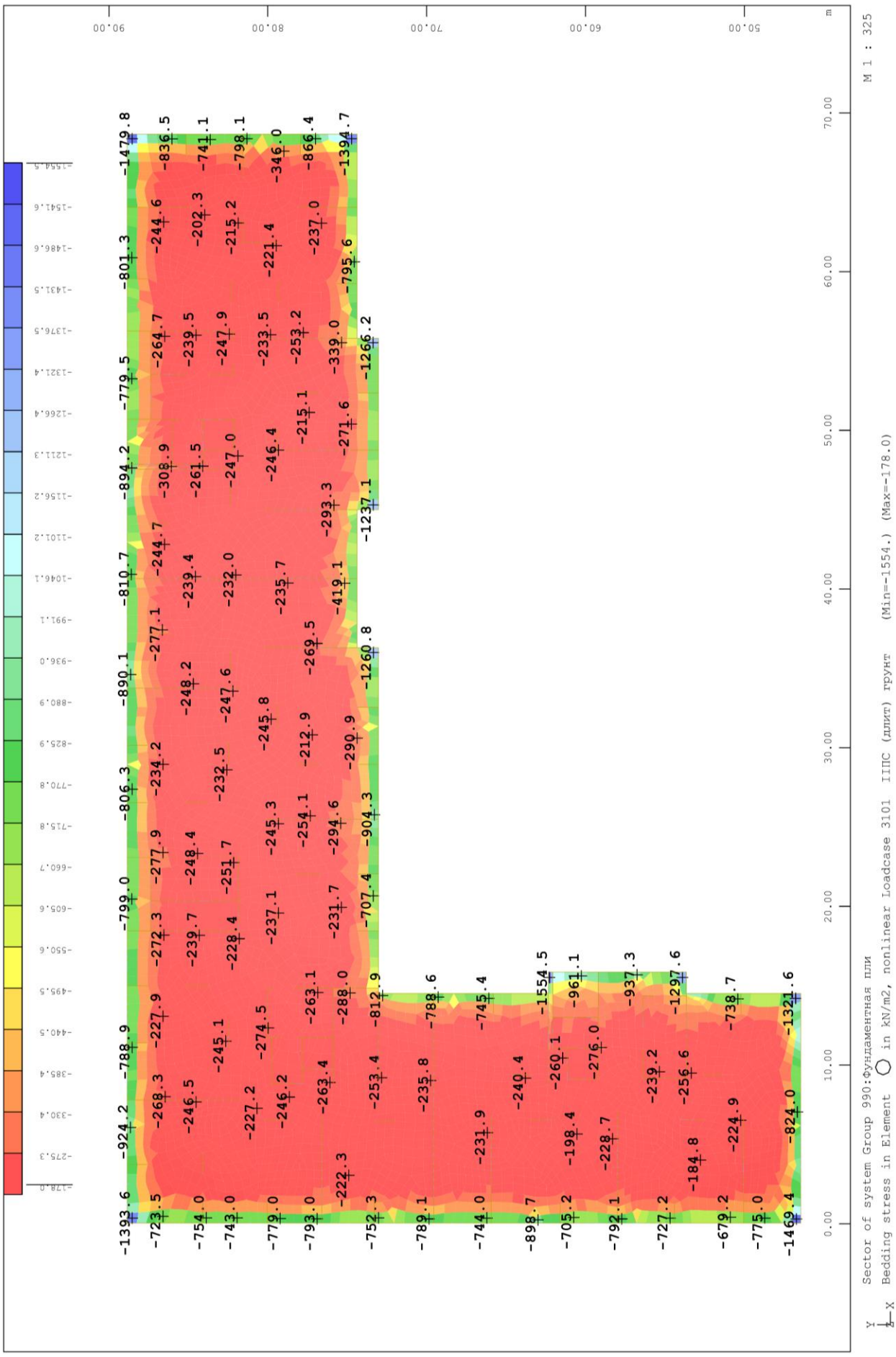
№	Э	h	z	α	σ_{zp}	$\sigma_{z\gamma}$	γ	σ_{zg}	$0.5\sigma_{zg}$	E	E_e	Δs
		м	м	–	кг/см^2	кг/см^2	т/м^3	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	см
–	–	–	0.00	1.000	2.990	1.330	–	1.330	0.665	–	–	–
1	5	0.40	0.20	1.000	2.990	1.330	1.05	1.351	0.675	306	1530	0.201
2	5	0.40	0.60	1.000	2.989	1.330	1.05	1.393	0.696	306	1530	0.201
3	5	0.40	1.00	0.999	2.987	1.329	1.05	1.435	0.717	306	1530	0.201
4	5	0.40	1.40	0.997	2.982	1.326	1.05	1.477	0.738	306	1530	0.201
5	5	0.40	1.80	0.994	2.974	1.323	1.05	1.519	0.759	306	1530	0.200
6	5	0.40	2.20	0.990	2.961	1.317	1.05	1.561	0.780	306	1530	0.199
7	5	0.40	2.60	0.985	2.944	1.309	1.05	1.603	0.801	306	1530	0.198
8	5	0.40	3.00	0.977	2.922	1.300	1.05	1.645	0.822	306	1530	0.197
9	5	0.20	3.30	0.971	2.902	1.291	1.05	1.676	0.838	306	1530	0.098
10	7	0.40	3.60	0.963	2.880	1.281	1.99	2.066	1.033	204	1020	0.291
11	7	0.40	4.00	0.952	2.847	1.266	1.99	2.146	1.073	204	1020	0.288
12	7	0.40	4.40	0.940	2.810	1.250	1.99	2.226	1.113	204	1020	0.284
13	7	0.40	4.80	0.926	2.770	1.232	1.99	2.305	1.153	204	1020	0.280
14	7	0.40	5.20	0.912	2.726	1.213	1.99	2.385	1.192	204	1020	0.275
15	7	0.40	5.60	0.896	2.680	1.192	1.99	2.464	1.232	204	1020	0.271
16	7	0.40	6.00	0.880	2.633	1.171	1.99	2.544	1.272	204	1020	0.266
17	7	0.20	6.30	0.868	2.596	1.155	1.99	2.604	1.302	204	1020	0.131
18	8	0.40	6.60	0.856	2.558	1.138	1.97	2.663	1.332	132	660	0.400
19	8	0.40	7.00	0.839	2.508	1.115	1.97	2.742	1.371	132	660	0.392
20	8	0.40	7.40	0.822	2.457	1.093	1.97	2.821	1.410	132	660	0.384
21	8	0.40	7.80	0.804	2.405	1.070	1.97	2.899	1.450	132	660	0.376
22	8	0.40	8.20	0.787	2.354	1.047	1.97	2.978	1.489	132	660	0.368
23	8	0.10	8.45	0.777	2.323	1.033	1.97	3.028	1.514	132	660	0.091
24	9	0.40	8.70	0.766	2.291	1.019	2.02	3.078	1.539	275	1375	0.172
25	9	0.40	9.10	0.750	2.241	0.997	2.02	3.159	1.579	275	1375	0.168
26	9	0.40	9.50	0.733	2.192	0.975	2.02	3.239	1.620	275	1375	0.164

27	8	0.40	9.90	0.717	2.144	0.953	1.97	3.319	1.660	132	660	0.335
28	8	0.40	10.30	0.701	2.096	0.932	1.97	3.398	1.699	132	660	0.327
29	8	0.40	10.70	0.686	2.050	0.912	1.97	3.477	1.738	132	660	0.320
30	8	0.40	11.10	0.671	2.005	0.892	1.97	3.556	1.778	132	660	0.313
31	9	0.40	11.50	0.656	1.961	0.872	2.02	3.635	1.818	275	1375	0.147
32	9	0.40	11.90	0.642	1.918	0.853	2.02	3.716	1.858	275	1375	0.144
33	9	0.40	12.30	0.628	1.877	0.835	2.02	3.797	1.898	275	1375	0.141

$$s = \sum_{i=1}^{n} \Delta s_i = 8.023 \text{ см}$$

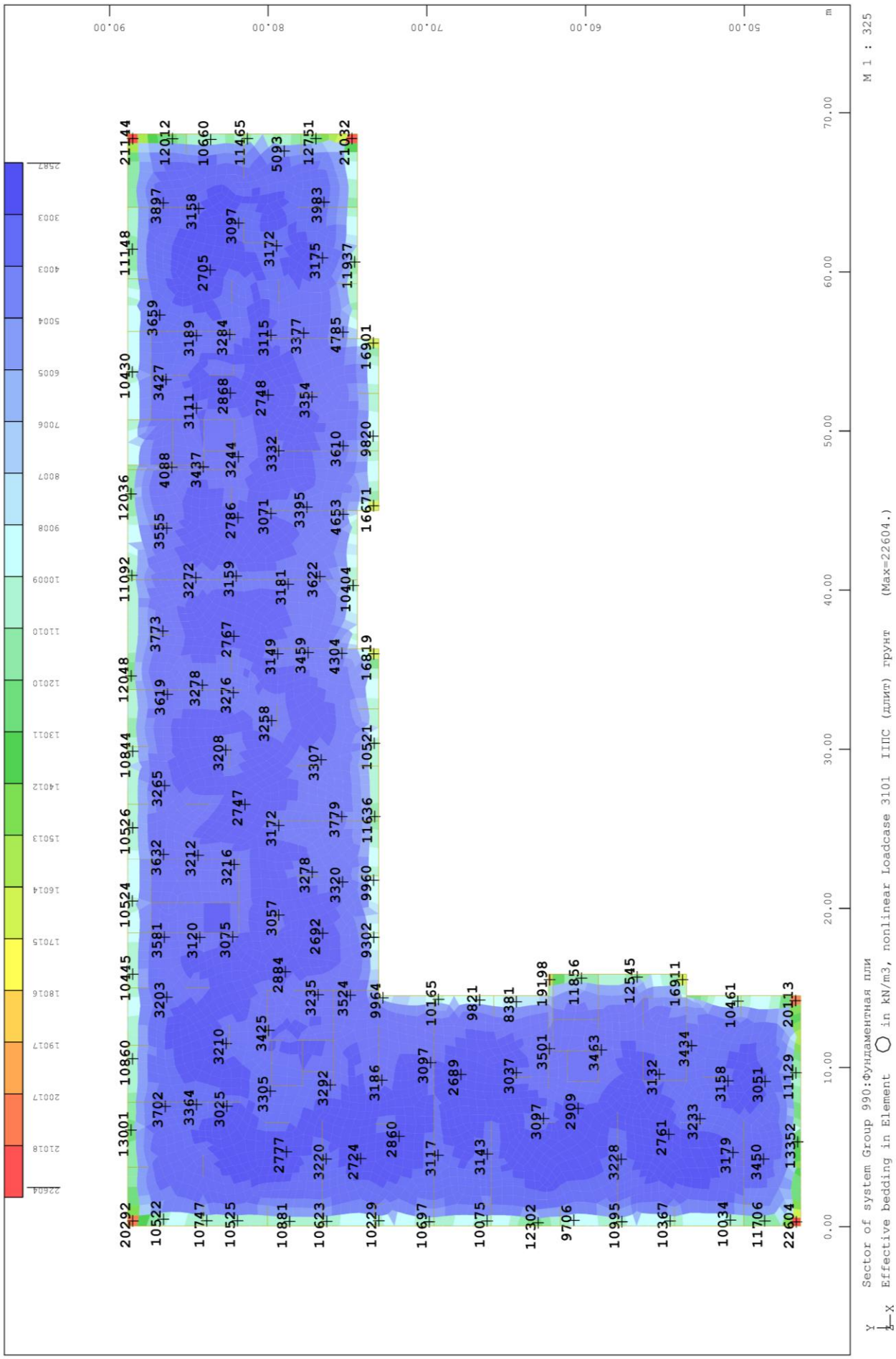
Вывод. Осадка составляет $s = 8.023$ см $\leqslant s_u = 15.0$ см, что не превышает предельно допустимой осадки. Требование выполняется. Глубина сжимаемой толщи определенная по условию $0.5\sigma_{zg}$ составляет $H_c = 12.50$ м.

Давление под подошвой фундамента R_z , кН/м²



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 31

Коэффициент постели С1, кН/м³



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 32

Среднее давление под подошвой фундамента (от нагрузок для расчета основания по деформациям) (R_z) – 299,1 кН/м² не превышает расчетного сопротивления грунта основание ИГЭ-4 (R) – 2667 кН/м².

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k}\left[M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1)d_b\gamma'_{II} + M_c c_{II}\right]. \quad (5.5) \quad = \quad \begin{matrix} 266,70 & (т/м2) \\ 26,67 & (кг/см2) \end{matrix}$$

Исходные данные:

γ_{c1} =	1,3	φ =	34,00
γ_{c2} =	1,3		
k =	1		
M_γ =	1,55		
M_q =	7,22		
M_c =	9,22		
k_z =	0,73		
γ_{II} =	1,865143	(т/м3)	
γ'_{II} =	1,938182	(т/м3)	
c_{II} =	0,2	(т/м2)	
d_1 =	7,15	(м)	
d_b =	2	(м)	
b =	15	(м)	

Грунты

Пески мелкие	

Коэффициент γ_{c1}

1,3

Коэффициент γ_{c2} для сооружений с жесткой конструктивной схемой при отношении длины сооружения или его отсека к высоте L/H, равном

4 и более	1,5 и менее
1,1	1,3

Габариты сооружения

L =	69(м)
H =	54(м)

Грунты залегающие выше подошвы фундамента

№ слоя	Уд. вес (γ_i), т/м3	Мощность (h_i), м
1 ИГЭ №3	1,94	1,1
2 ИГЭ №2	1,86	1,4
3 ИГЭ №3	2,07	0,6
4 ИГЭ №4	1,95	2,4
5		
6		
7		

Таблица 5.2

Грунты залегающие ниже подошвы фундамента

№ слоя	Уд. вес (γ_i), т/м3	Мощность (h_i), м
1 ИГЭ №4	0,95	3,4
2 ИГЭ №7	1,99	3,8
3 ИГЭ №8	1,97	1,9
4 ИГЭ №9	2,02	5,9
5 ИГЭ №10	1,97	2,9
6 ИГЭ №11	2,05	6,6
7		

γ_{c1} и γ_{c2} - коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 5.2 СП 50-101-2004;

k - коэффициент, принимаемый равным единице, если прочностные характеристики грунта (φ и c) определены непосредственными испытаниями, и k=1,1, если они приняты по таблицам приложения "Г" СП 50-101-2004;

M_γ, M_q, M_c - коэффициенты, принимаемые по таблице 5.3 СП 50-101-2004 автоматически;

k_z - коэффициент, принимаемый равным единице при b <10 м; $k_z = z_0/b + 0{,}2$, при $b \geq 10$ м (здесь z_0=8 м);

b - ширина подошвы фундамента, м (при бетонной или щебеночной подготовке толщиной $h_п$ допускается увеличивать b на $2h_п$);

γ_{II} - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), т/м³;

γ'_{II} - то же, для грунтов, залегающих выше подошвы фундамента, т/м³;

c_{II} - расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, т/м²;

d_1 - глубина заложения фундаментов, м, бесподвальных сооружений от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, определяемая по формуле (5.6).

При плитных фундаментах за d_1 принимают наименьшее расстояние от подошвы плиты до уровня планировки;

$$d_1 = h_s + h_{cf}\gamma_{cf}/\gamma'_{II}. \quad (5.6)$$

здесь h_s - толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м;

h_{cf} - толщина конструкции пола подвала, м;

γ_{cf} - расчетное значение удельного веса конструкции пола подвала, т/м³.

При бетонной или щебеночной подготовке толщиной $h_п$ допускается увеличивать d_1 на $h_п$.

d_b - глубина подвала, расстояние от уровня планировки до пола подвала, м (для сооружений с подвалом глубиной свыше 2 м принимают равным 2 м);

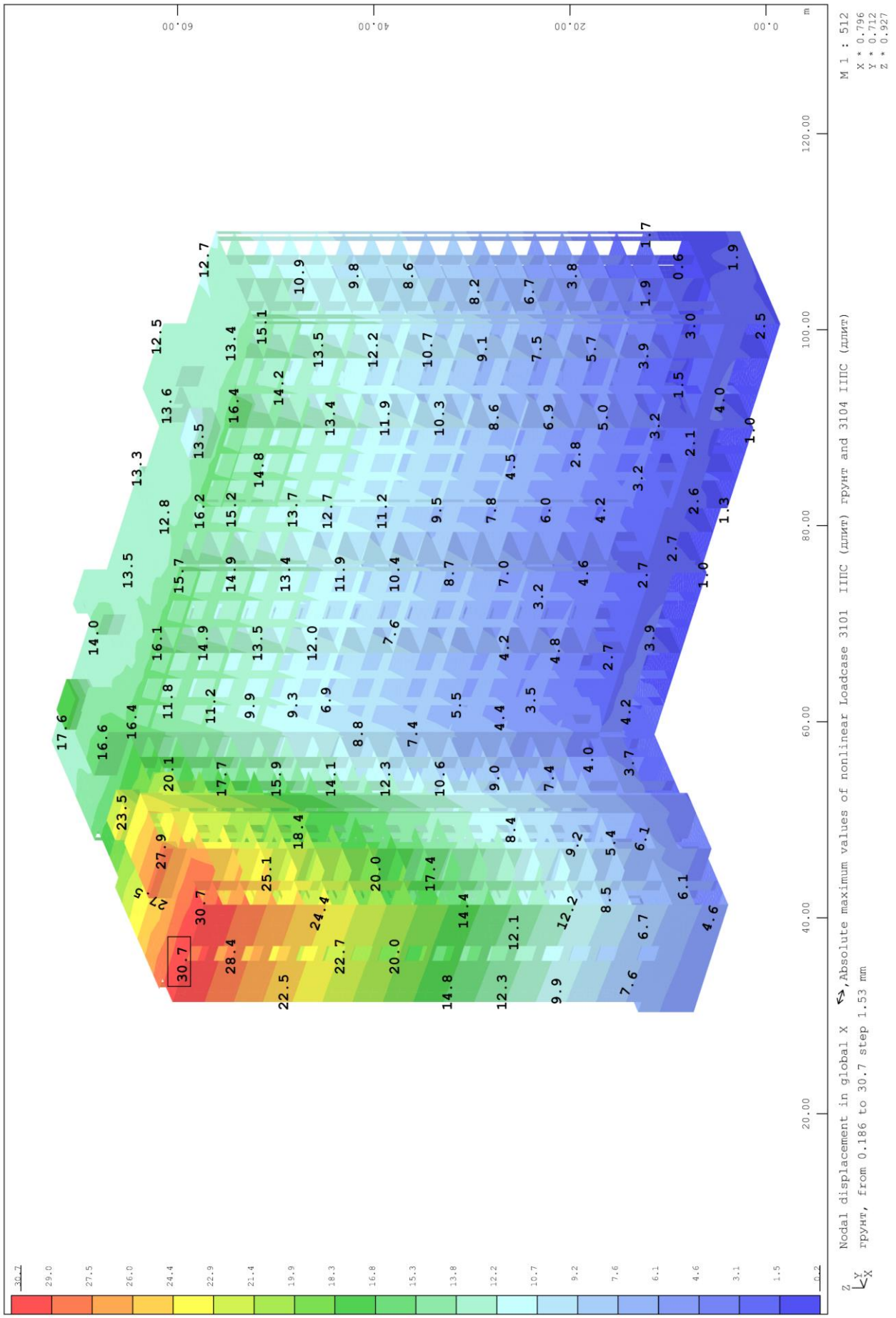
Примечания:

1. Формулу (5.5) допускается применять при любой форме фундаментов в плане. Если подошва фундамента имеет форму круга или правильного многоугольника площадью A, значение b принимают равным $\sqrt{A}$.
2. Расчетные значения удельного веса грунтов и материала пола подвала, входящие в формулу, допускается принимать равными их нормативным значениям.
3. Расчетное сопротивление грунта при соответствующем обосновании может быть увеличено, если конструкция фундамента улучшает условия его совместной работы с основанием, например, фундаменты прерывистые, щелевые, с промежуточной подготовкой и др.
4. Для фундаментных плит с угловыми вырезами расчетное сопротивление грунта основания допускается увеличивать, применяя коэффициент k_d по таблице 5.4.
5. Если $d_1 > d_{1,1}(d_{1,1}$ - глубина заложения фундамента от уровня планировки), в формуле (5.5) принимают $d_1 = d_{1,1}$ и d_b=0

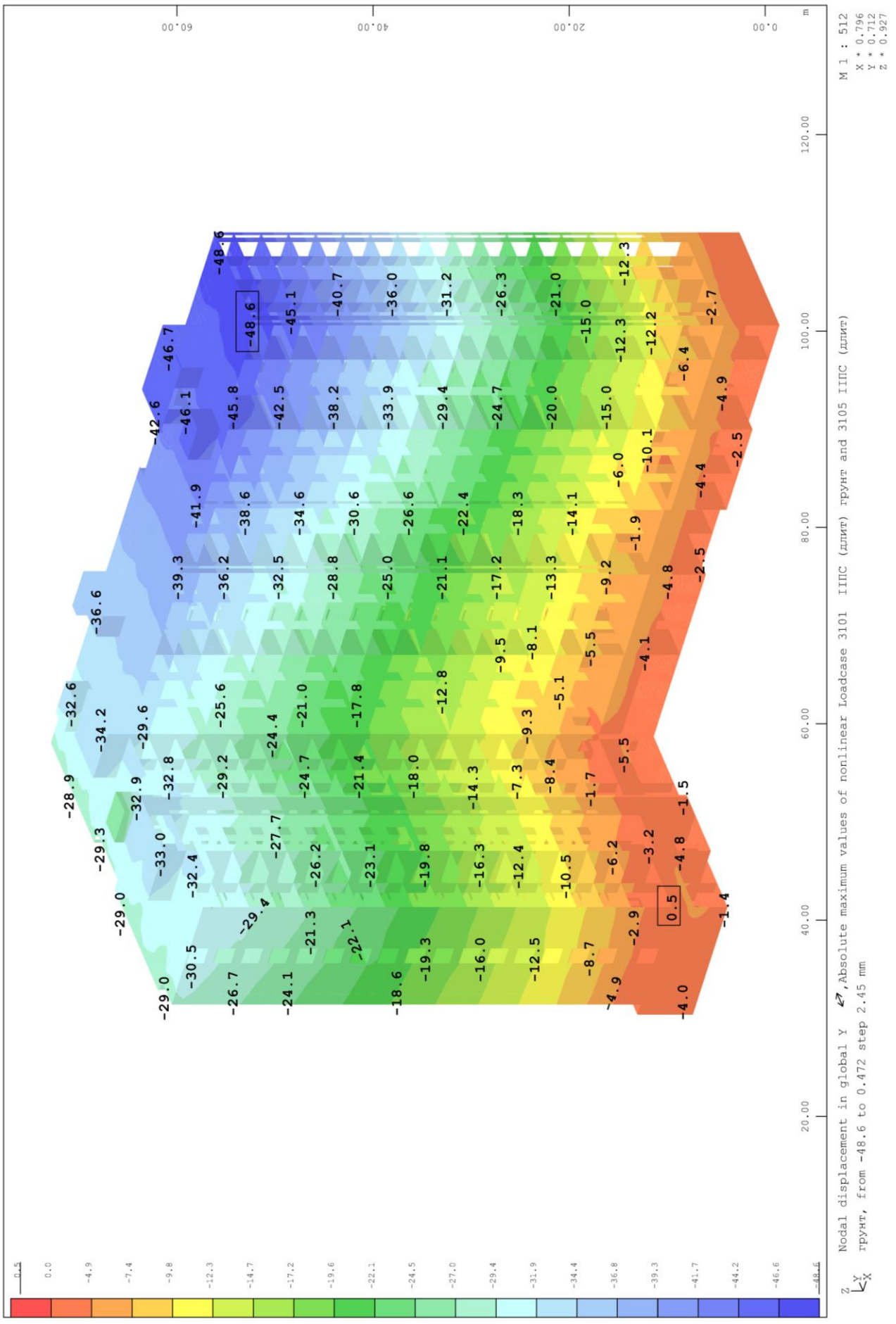
Значение расчетного сопротивления грунта основания (R) вычислено по формуле 5.7из СП 22.13330.2016.

4.4. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ

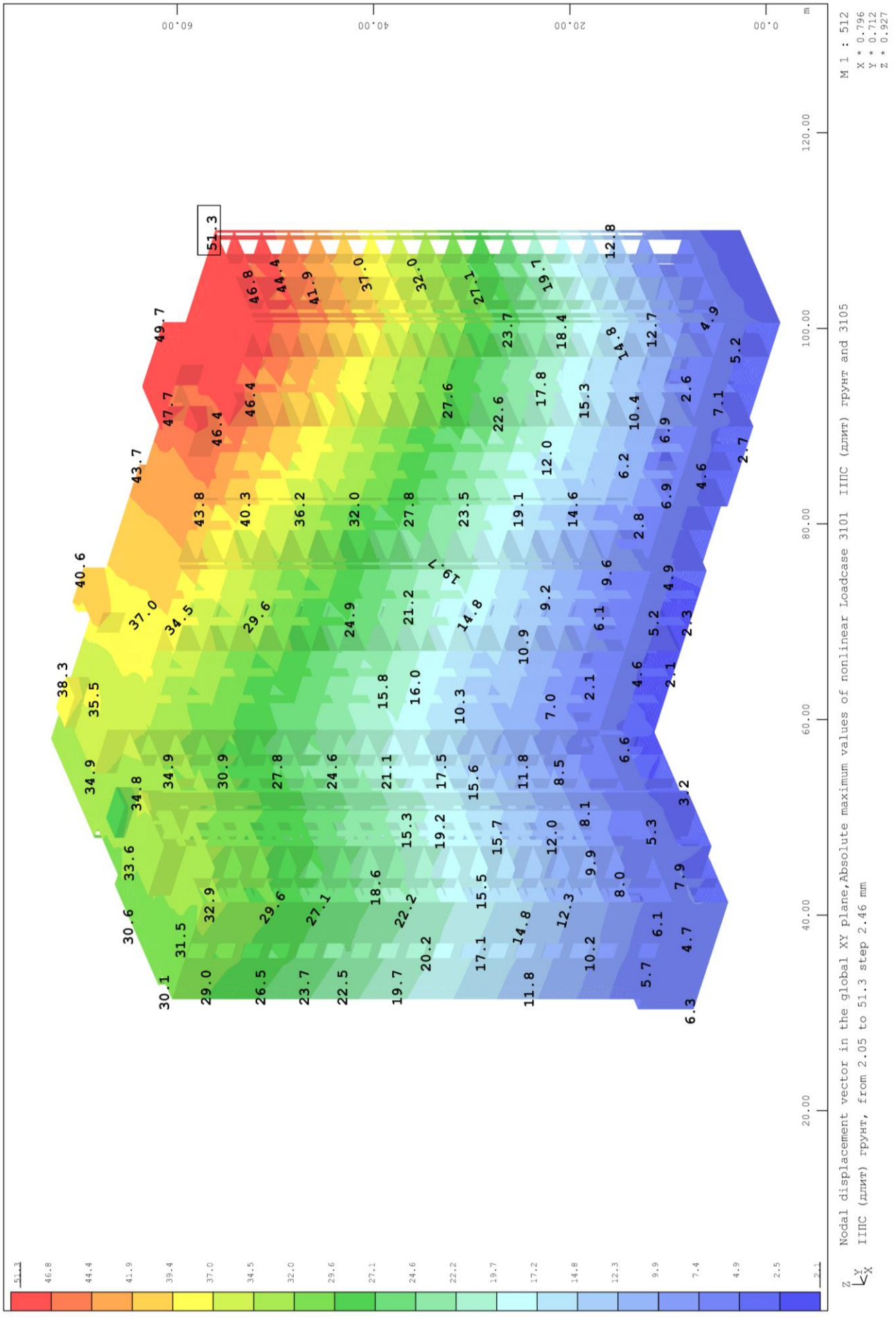
Перемещения по оси X, мм



Перемещения по оси Y, мм



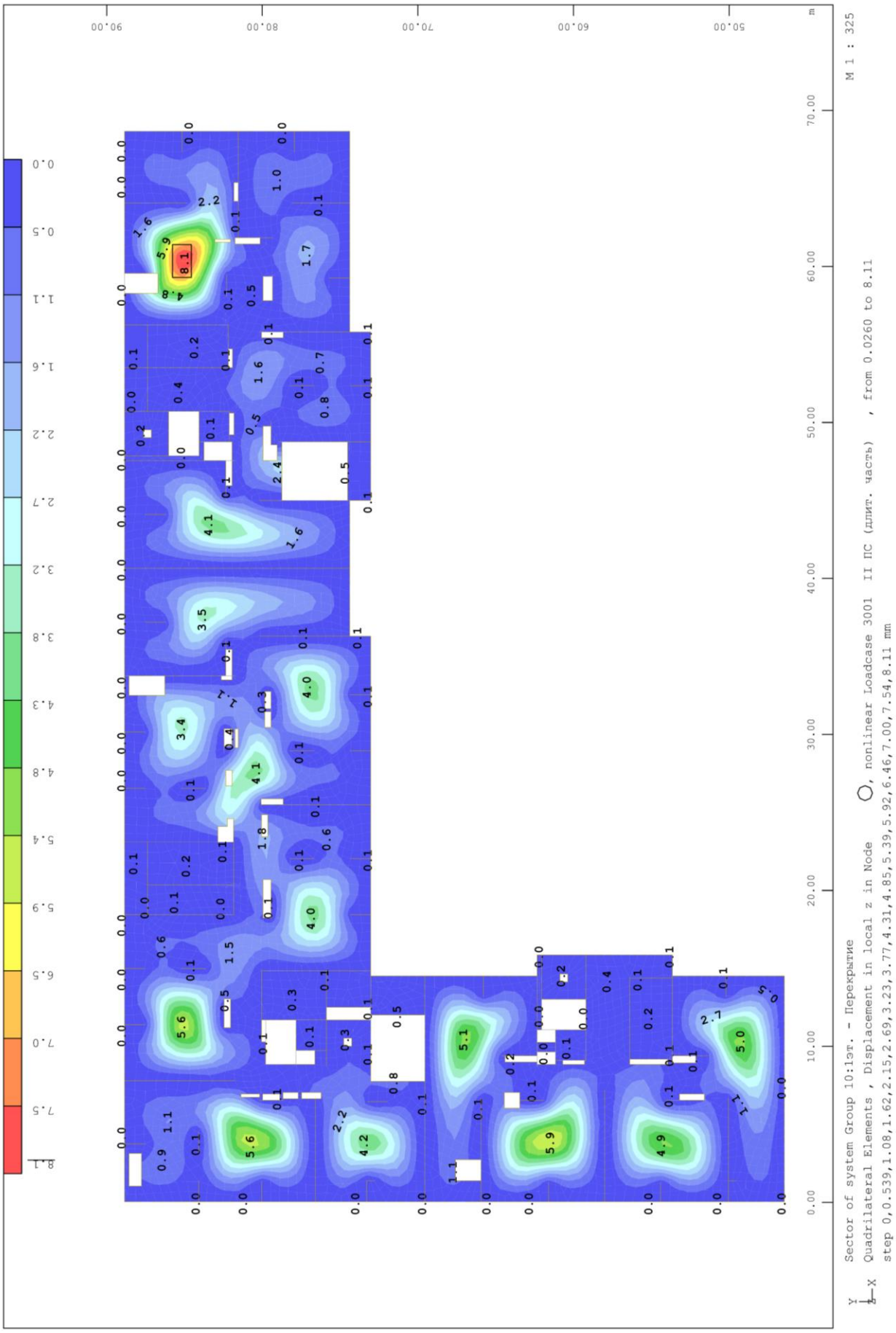
Перемещения по оси XY, мм



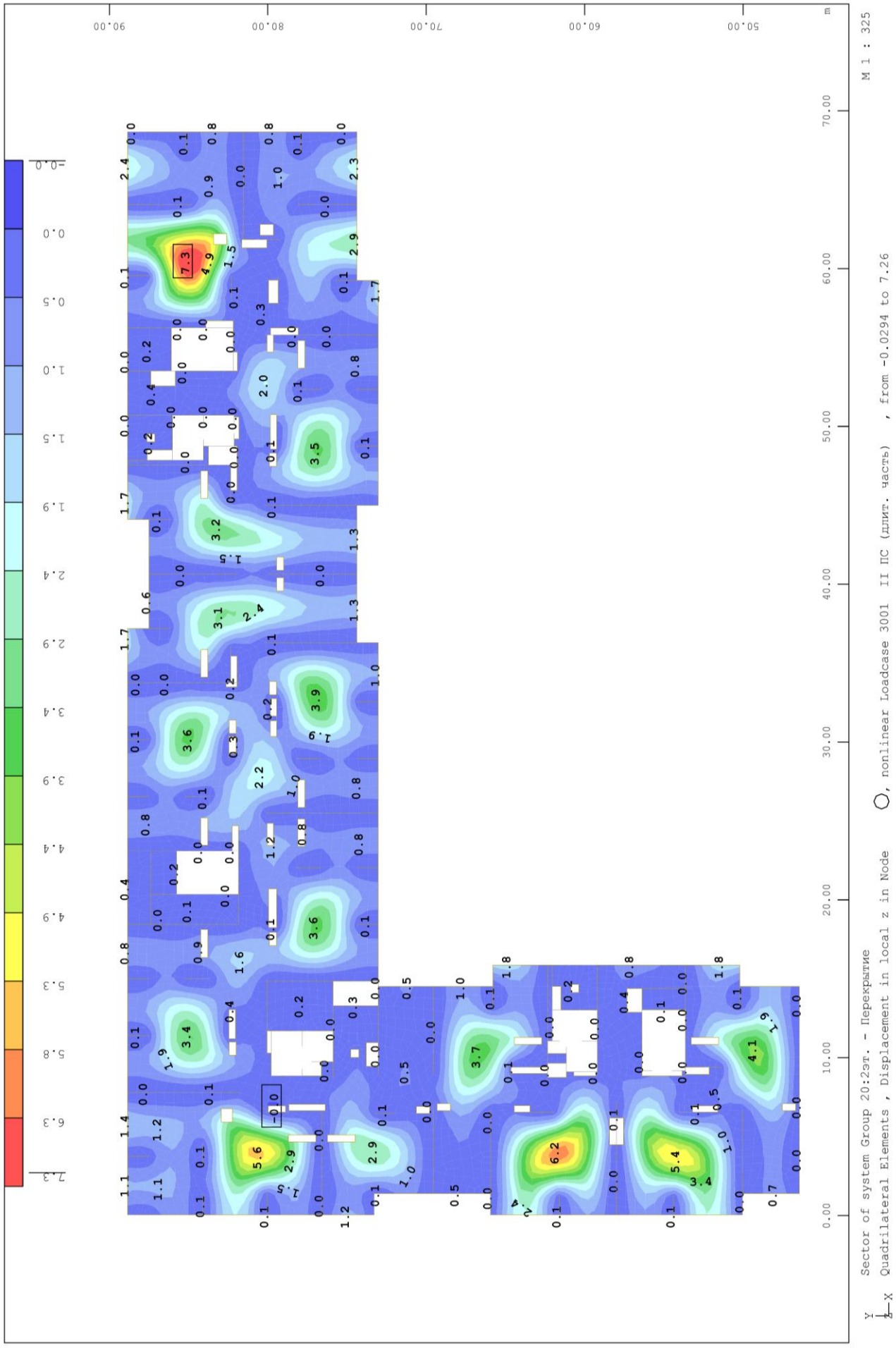
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 36

4.5. ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

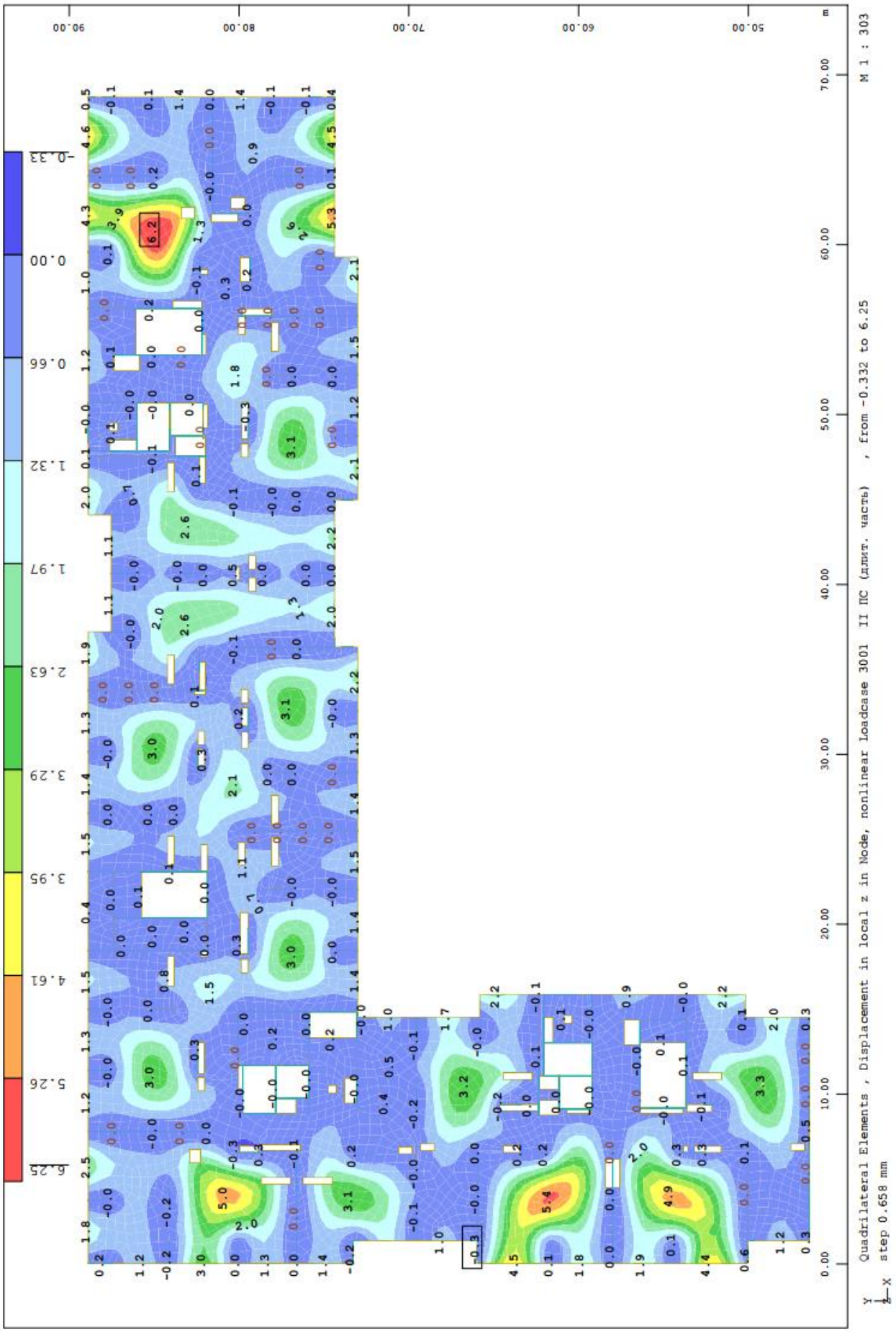
Прогибы плиты перекрытия над -1 этажом, мм



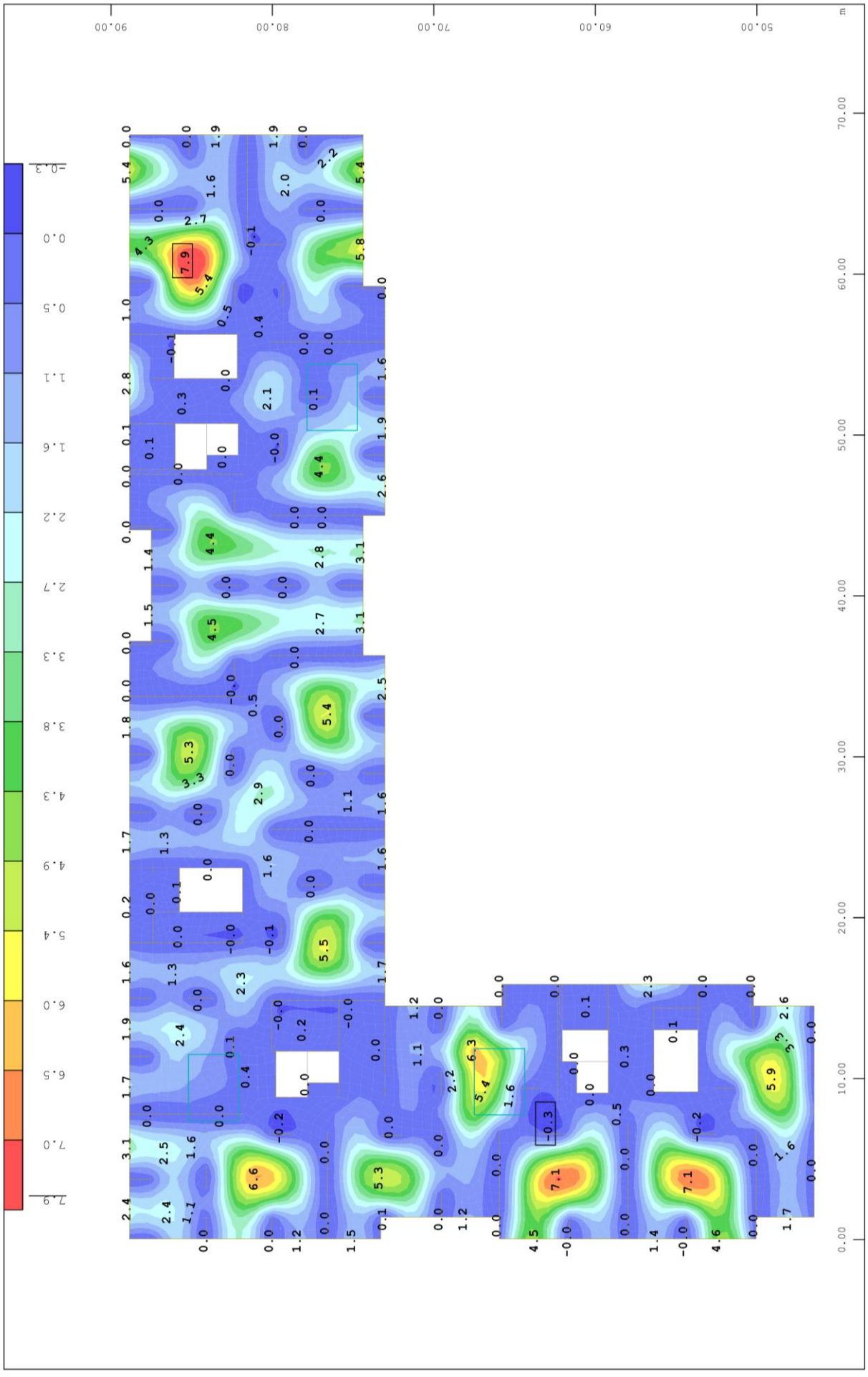
Прогибы плиты перекрытия над 1 этажом, мм



Прогибы плиты перекрытия над типовым этажом, мм



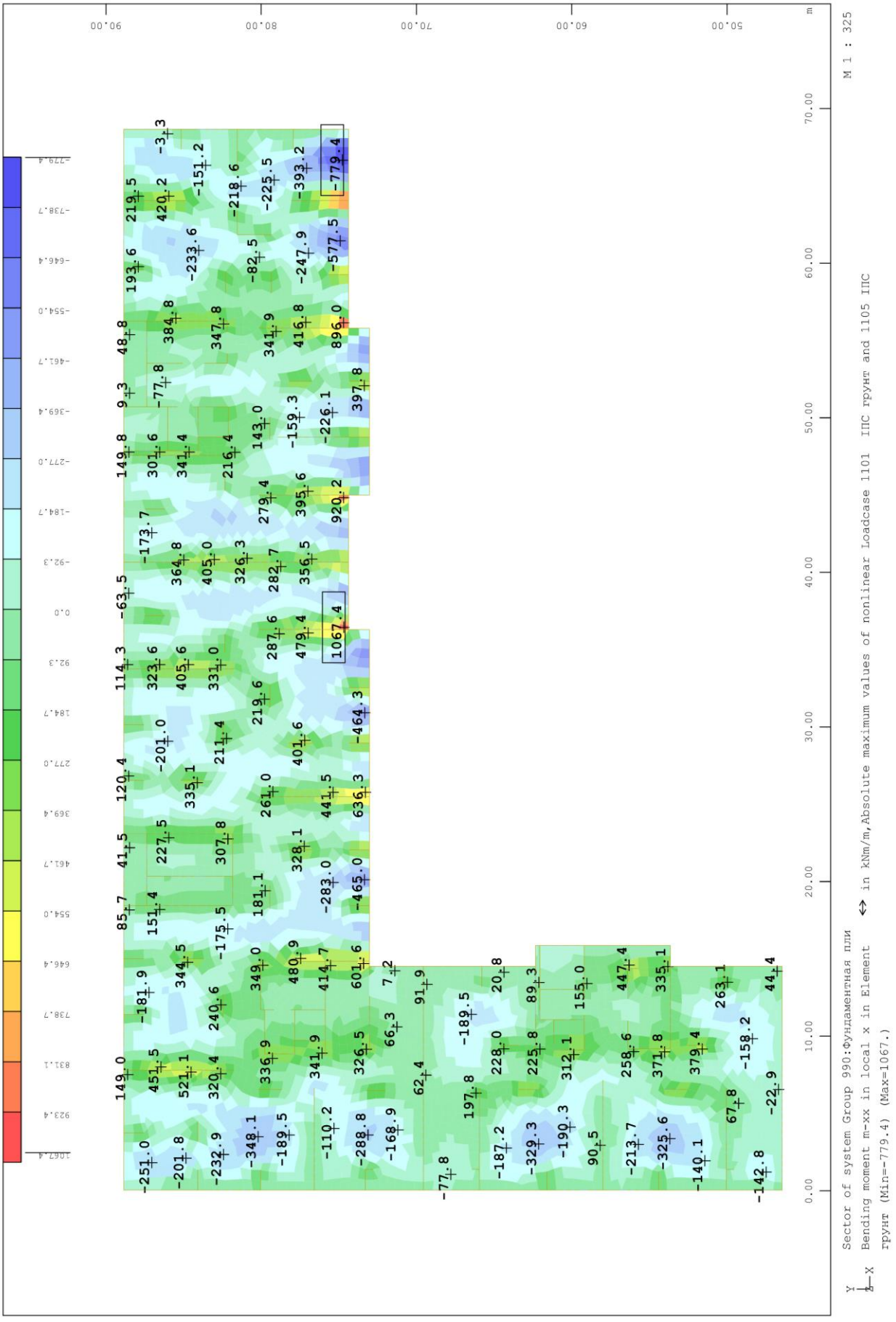
Прогибы плиты покрытия, мм



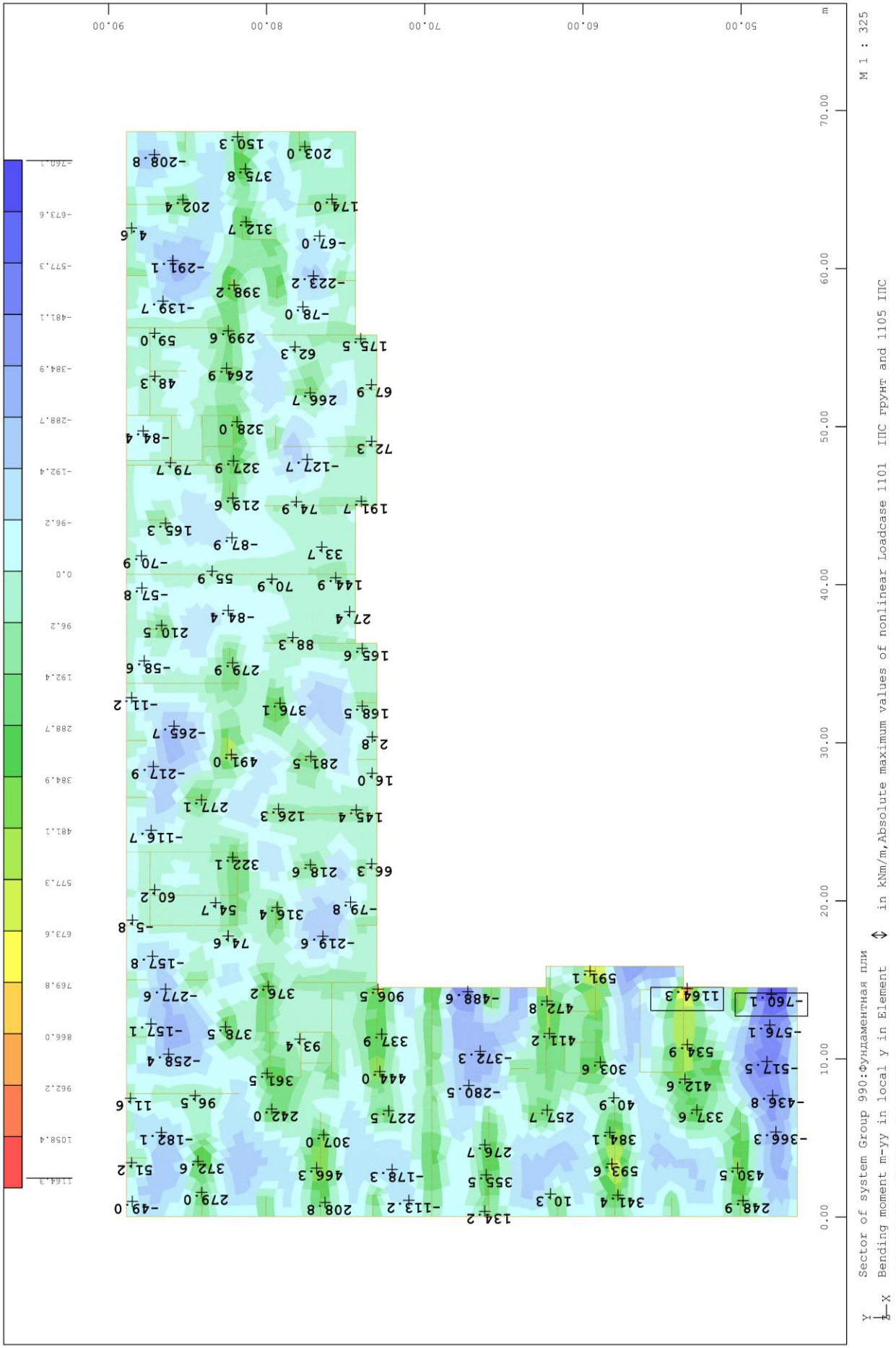
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		40

4.6. ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА

Момент M_x, кН·м/м

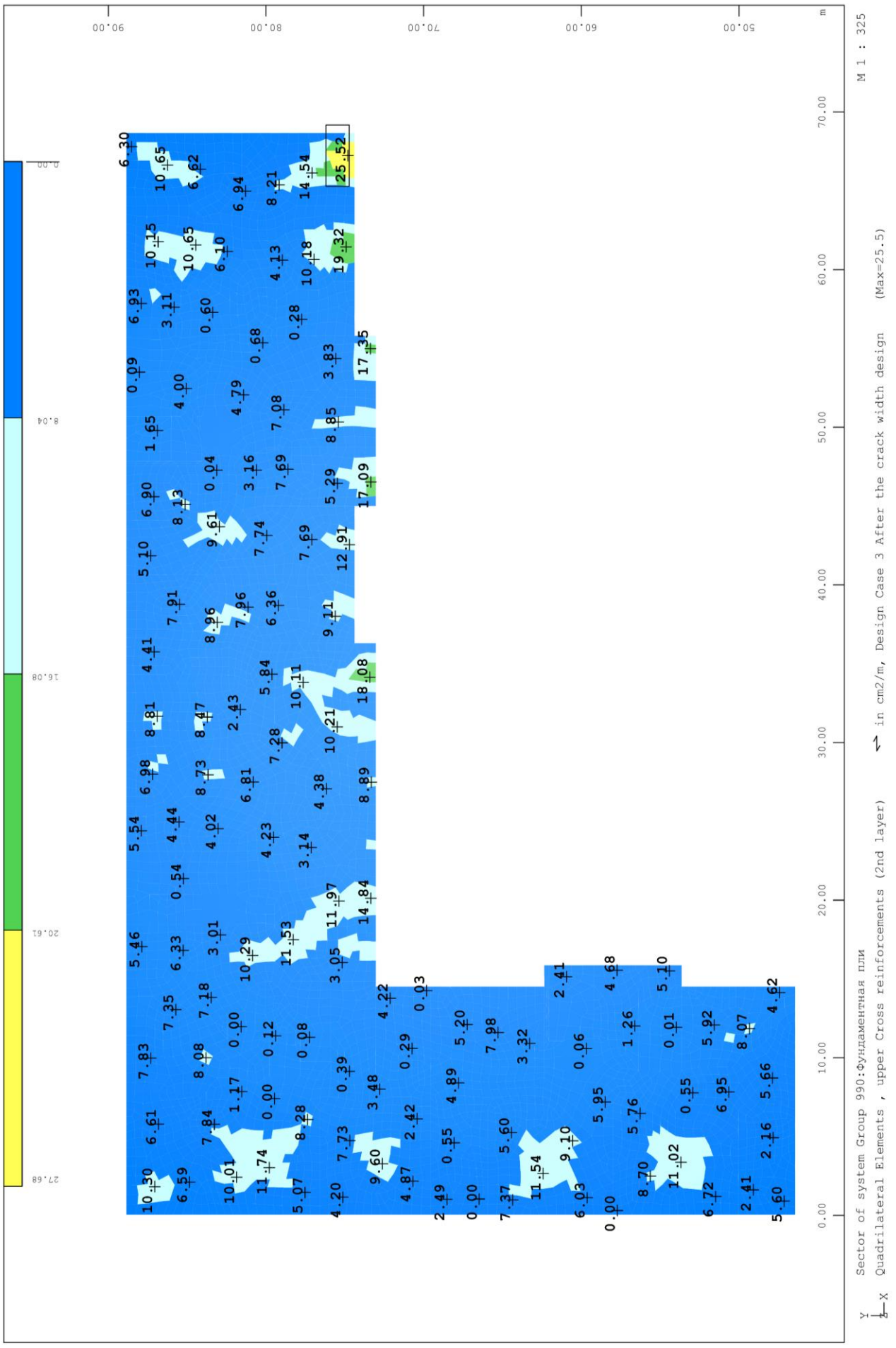


Момент M_y, кН·м/м



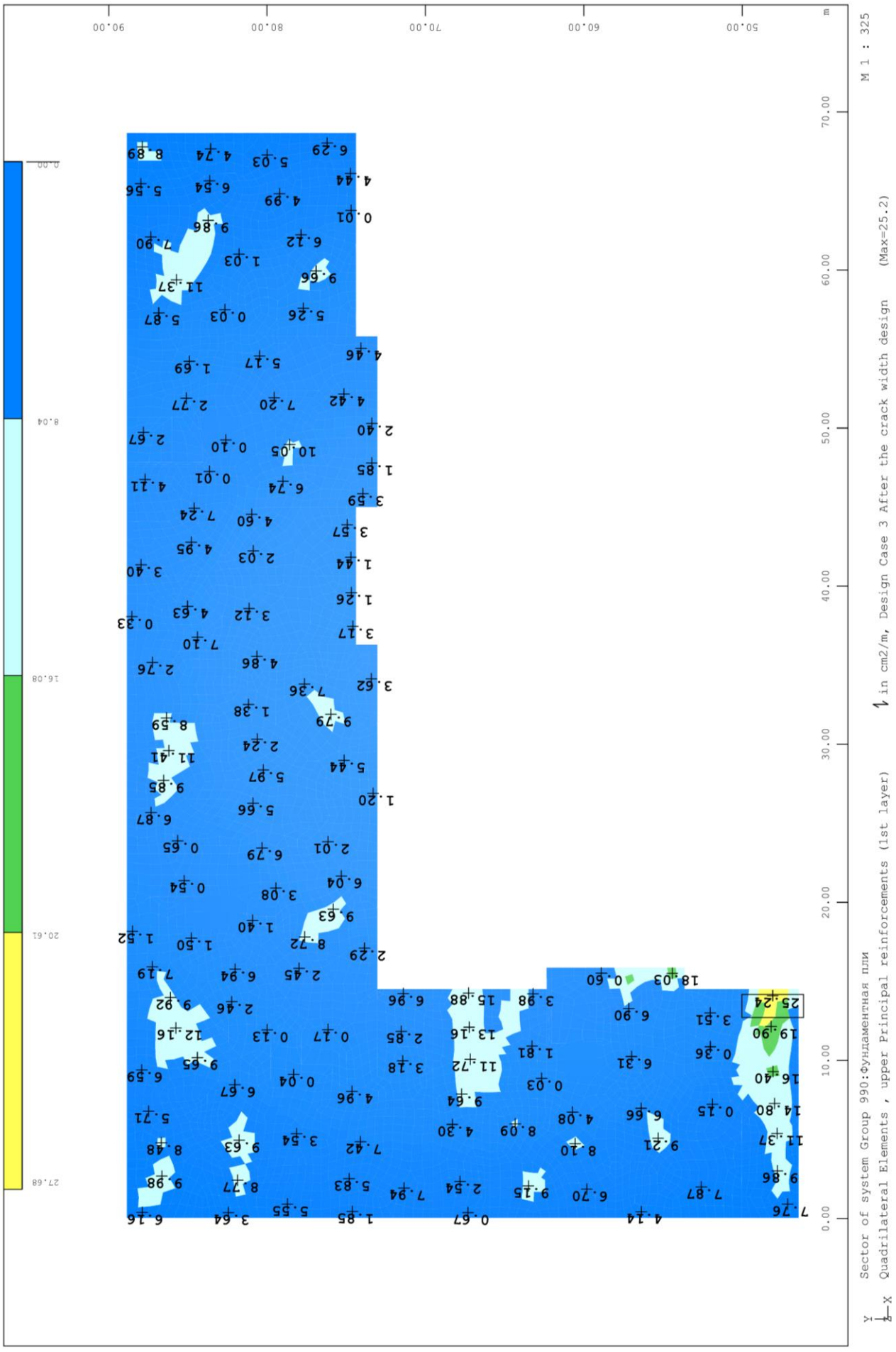
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		42

Верхнее армирование по оси X, см^2/м

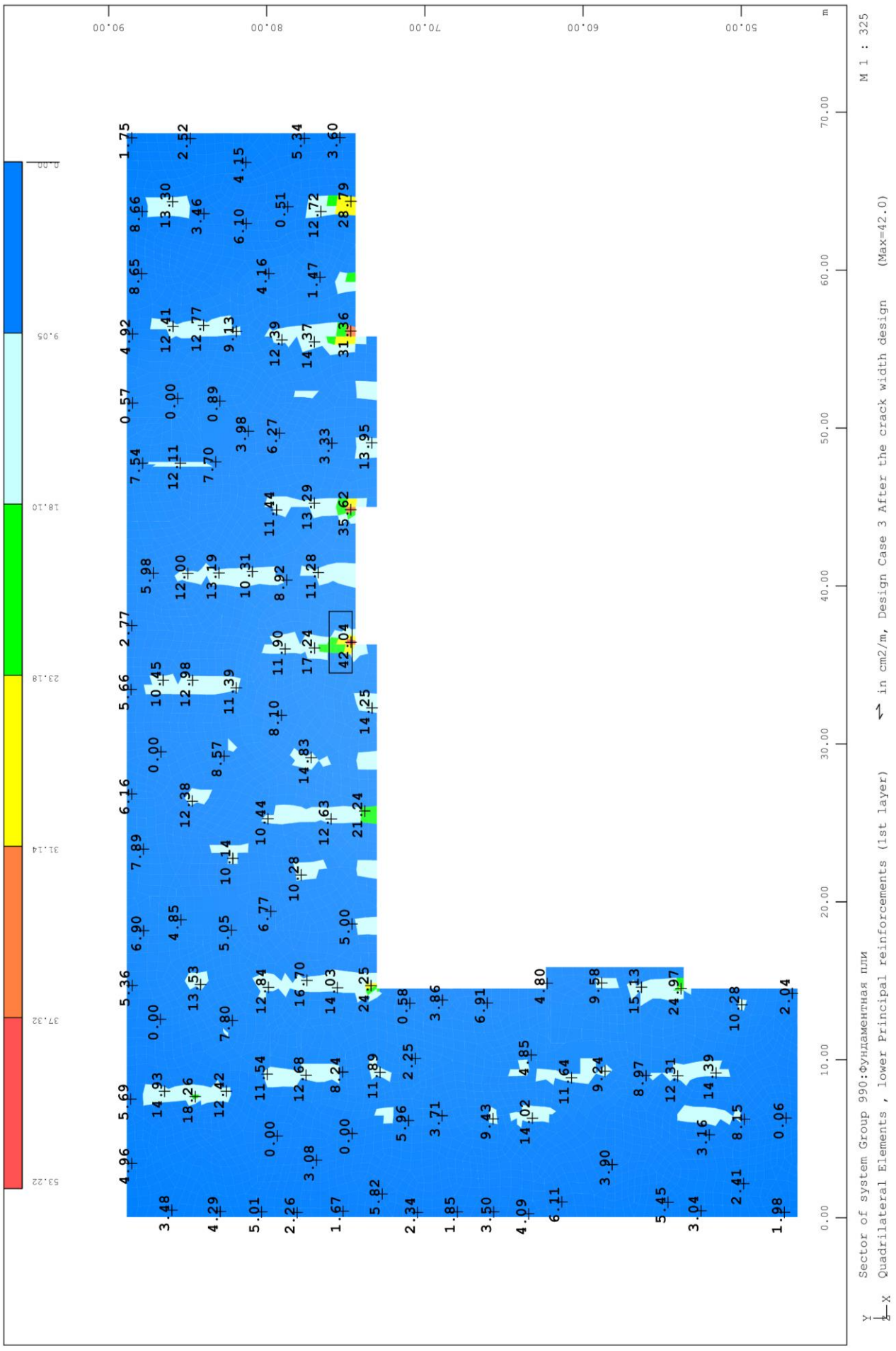


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 43

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м

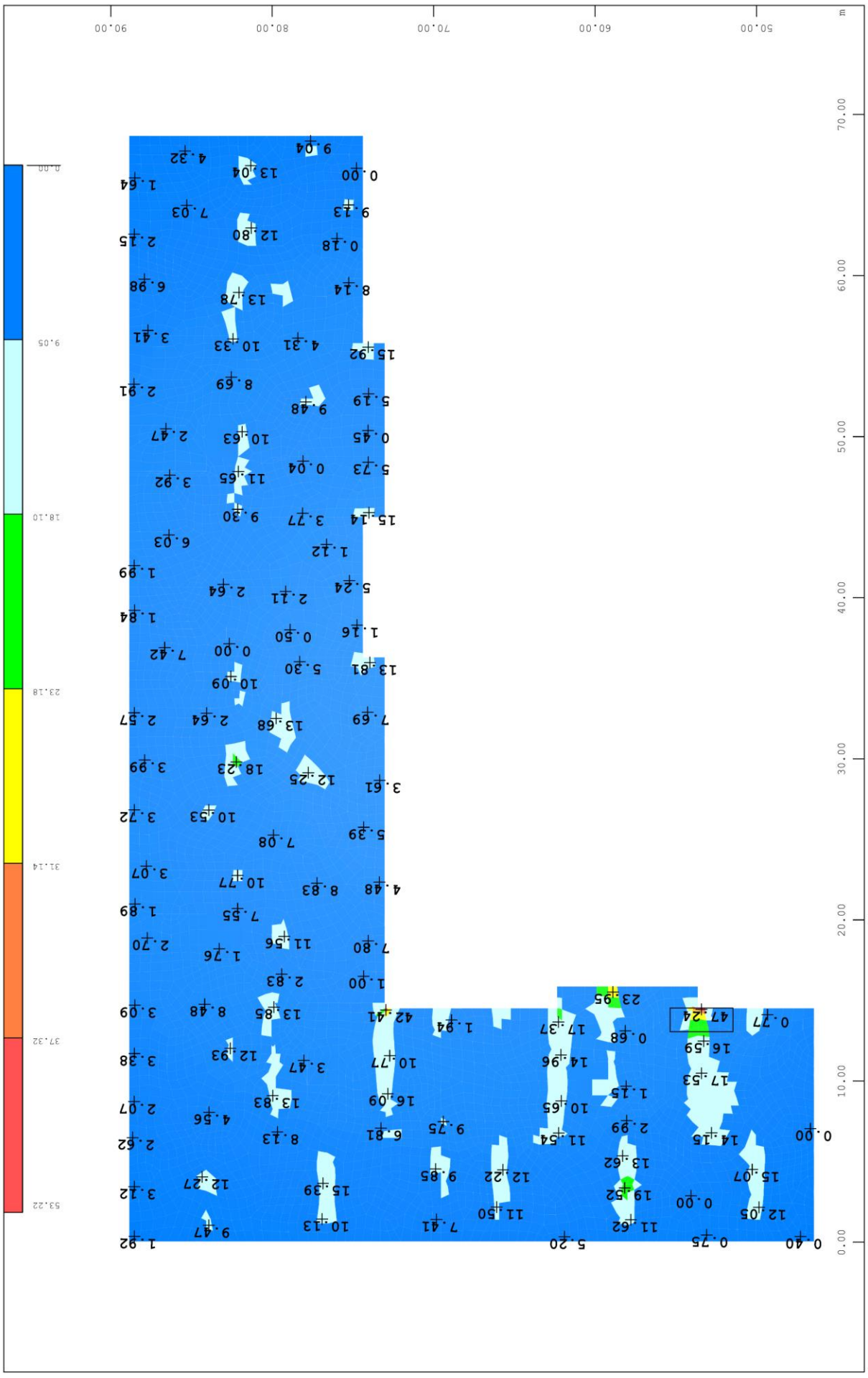


Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 45

Нижнее армирование по оси Y см^2/м



СП 63 Бетонные и железобетонные конструкции

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	800	мм	-толщина плиты
a_x=	58	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	54	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	742	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	74	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	38	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	726	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	25	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	100	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	49,1	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	59,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 14,2 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,19 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 176,7 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 90,5 тс· м

$M_{дл}$= 83,8 тс· м

M_{crc}= 25,7796 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,24 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,23 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	25	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	100	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	49,1	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	59,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 14,2 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,20 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 173,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 99,8 тс· м

$M_{дл}$= 91,5 тс· м

M_{crc}= 25,7796 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,28 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,26 мм -продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	800	мм	-толщина плиты
a_x=	54	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	58	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	746	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	38	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	74	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	762	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	25	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	24,5	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	34,6	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 108,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 66,2 тс· м

$M_{дл}$= 61,7 тс· м

M_{crc}= 25,3421 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,26 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,25 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	25	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	24,5	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	34,6	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 109,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 65,7 тс· м

$M_{дл}$= 60,8 тс· м

M_{crc}= 25,3421 тс· м -момент образования трещин

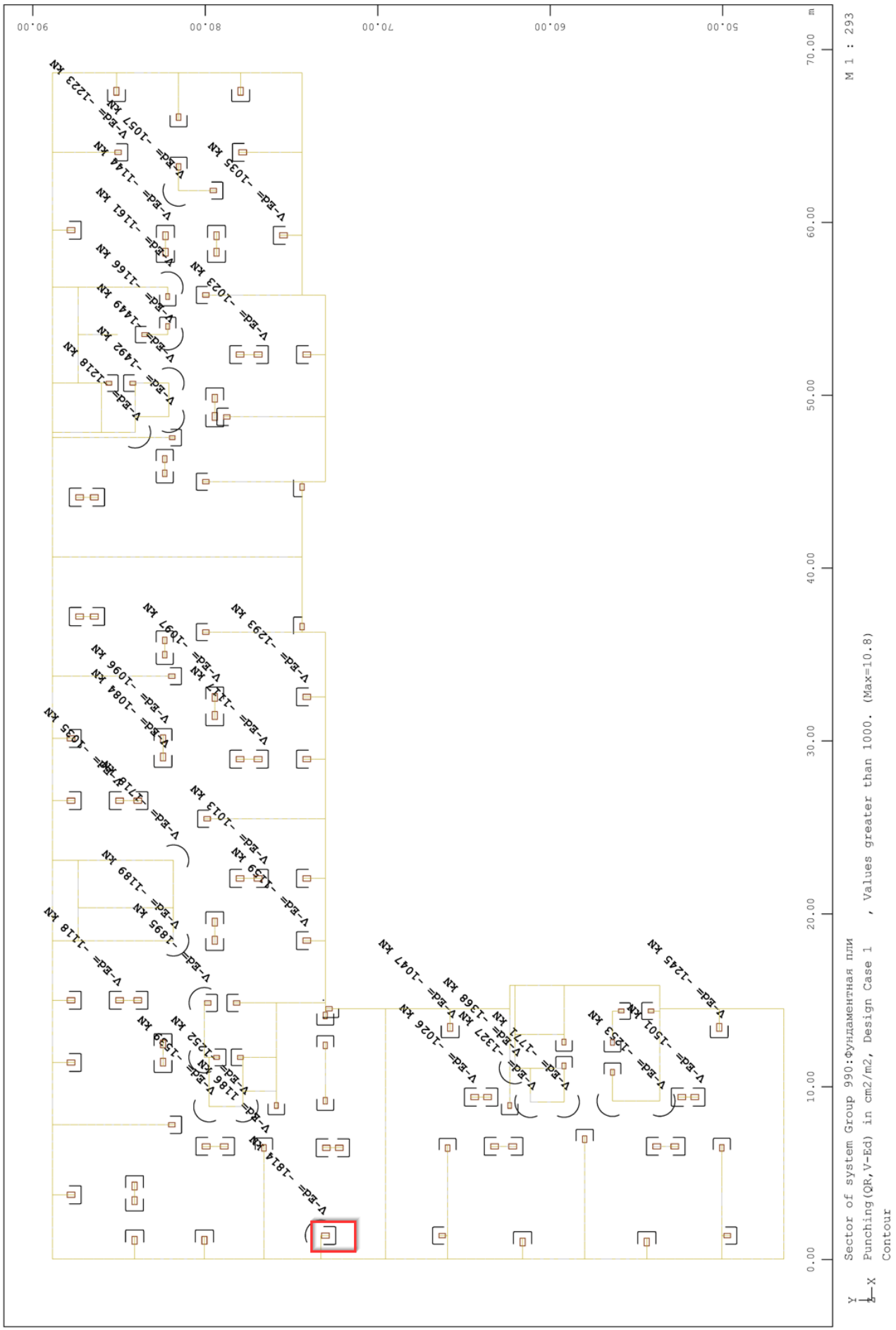
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,26 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,24 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 49

Расчет железобетонных элементов на продавливание по СП 63

с учетом положений научно-технического отчета ГУП НИИЖБ (договор № 709 от 01.10.2002 г.)

Фундаментная плита

Сечение колонны

b_1, мм	300
a_1, мм	300
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	800
a_x, мм	58
a_y, мм	74
h_0, мм	734

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	179,3	0
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	7,3	0
q_i, т/м^2		

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	1,034
l_y, м	1,034
u, м	3,102
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	1,069
A_q, м^2	3,126
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

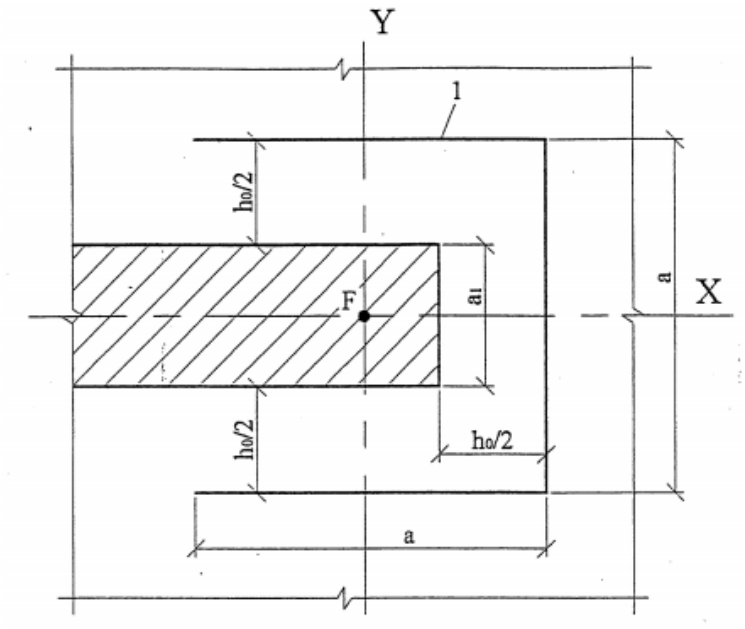
N_{sup}, т	179,300	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	7,300
N_{int}, т		$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	2,158	0.5·$M_{x,loc}$, тм		0.5·$M_{y,loc}$, тм	3,650
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	181,458	M_x, тм		M_y, тм	3,650

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,1843	I_{by1}, м^3	0,1843
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,5528	I_{by2}, м^3	0,5528
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,7370	I_{by}, м^3	0,7370
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	1,4255	W^-_{by}, м^2	1,4255
A_b, м^2	2,2769	W^+_{bx}, м^2	1,4255	W^+_{by}, м^2	1,4255
$F_{b,ult}$, т	239,754	$M_{bx,ult}$, тм	110,180	$M_{by,ult}$, тм	110,180
$F/F_{b,ult}$	0,757	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,033

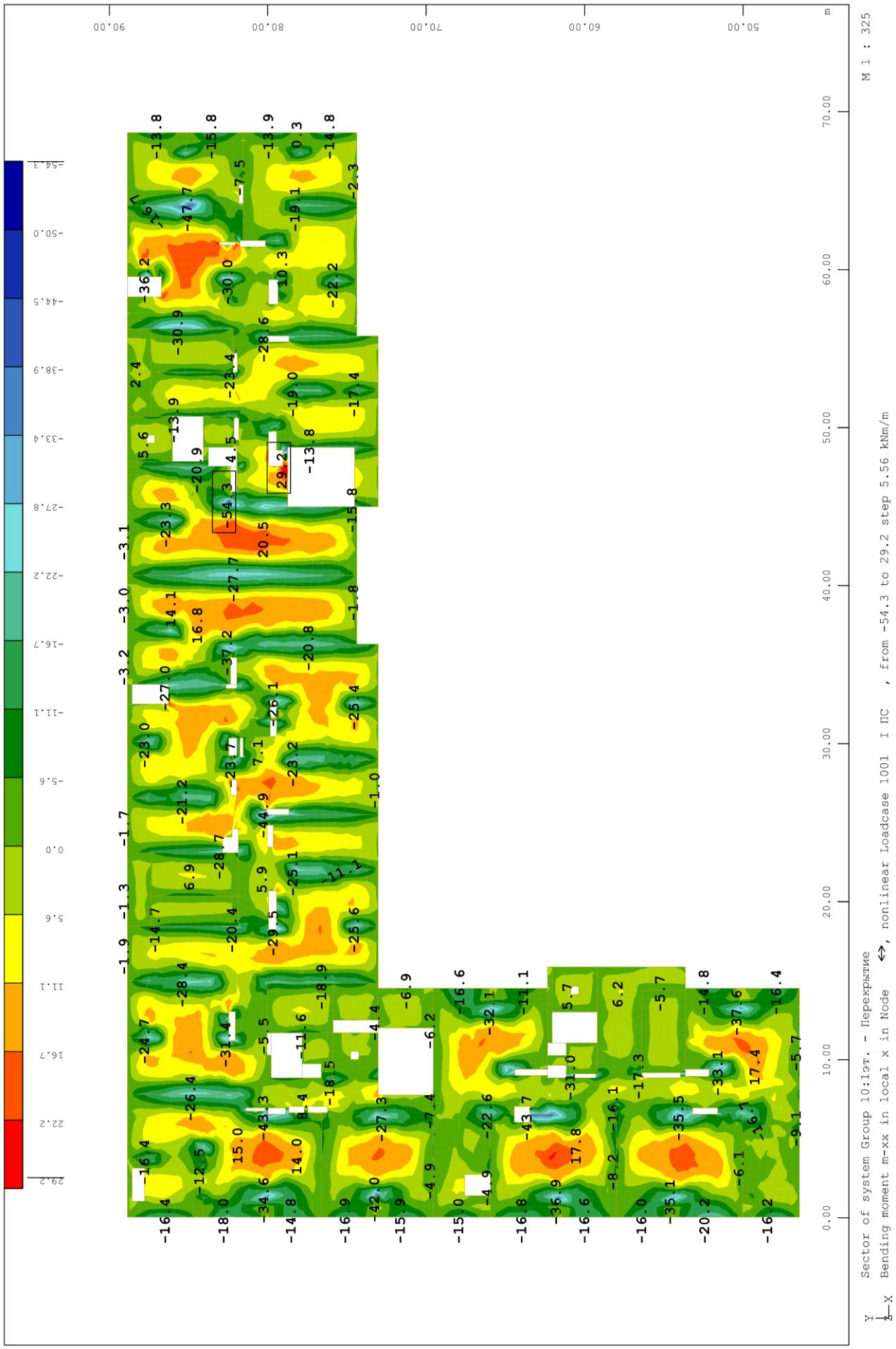
0,790 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.

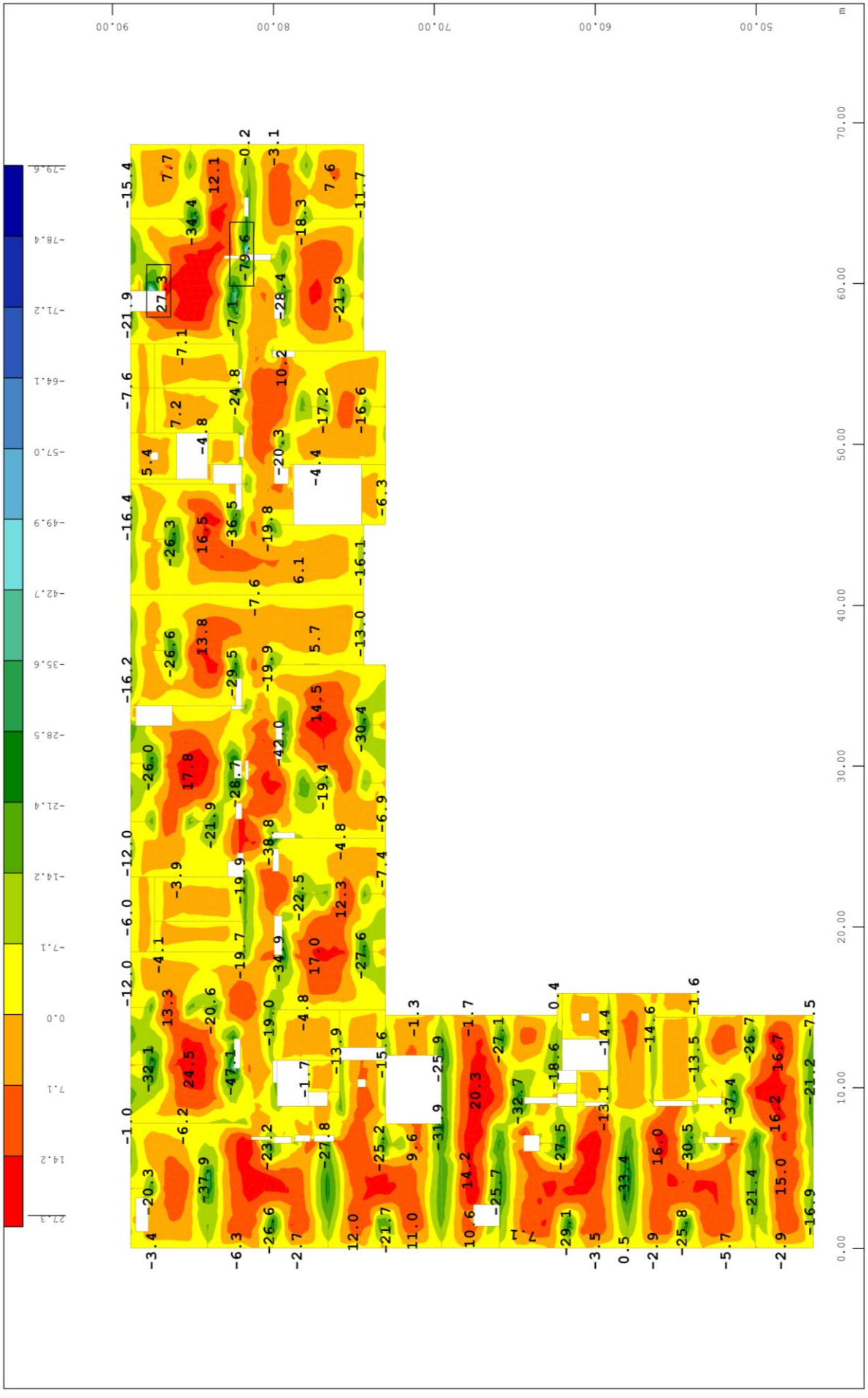


4.7. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ

Момент M_x, кН·м/м

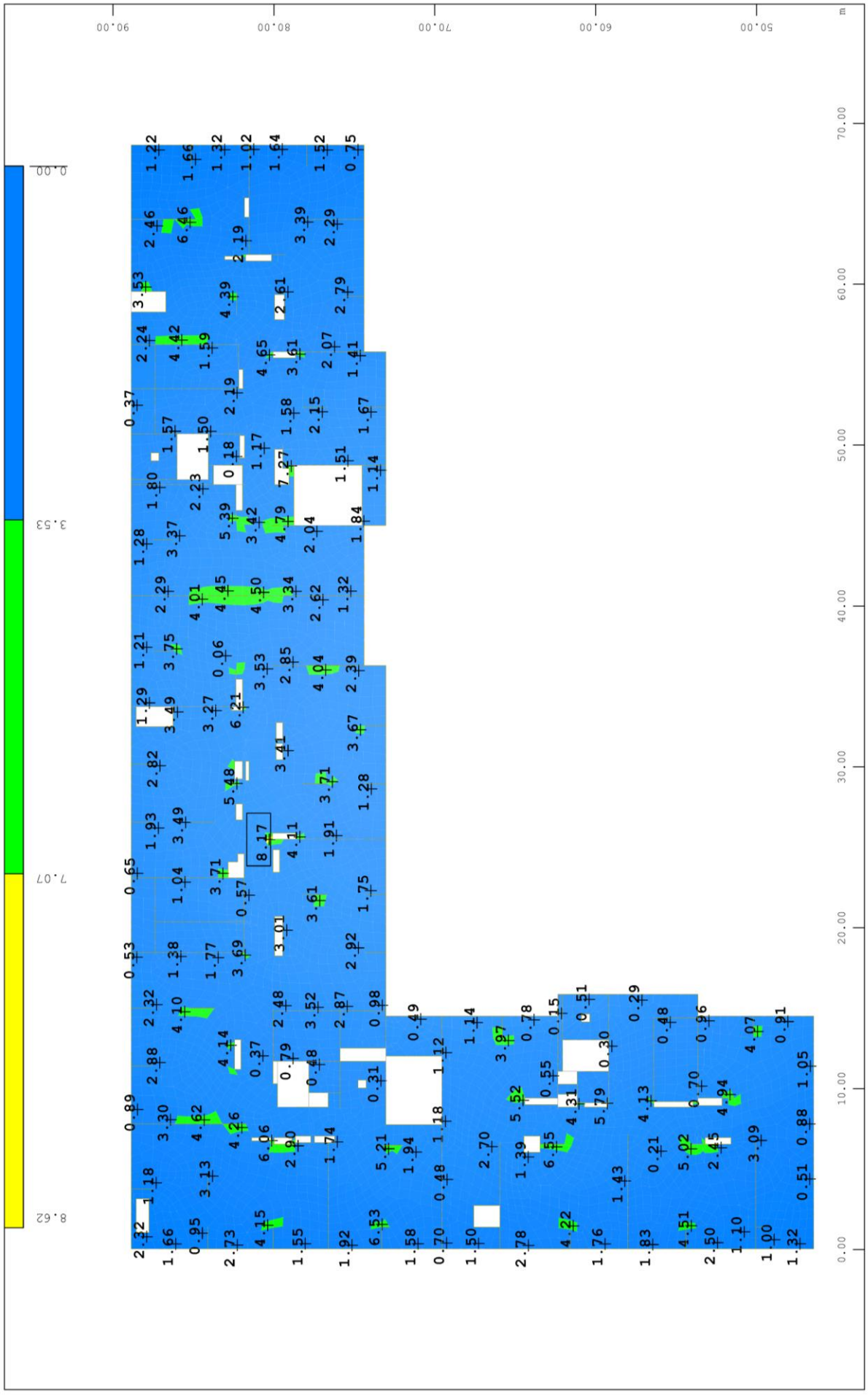


Момент M_y, кН·м/м

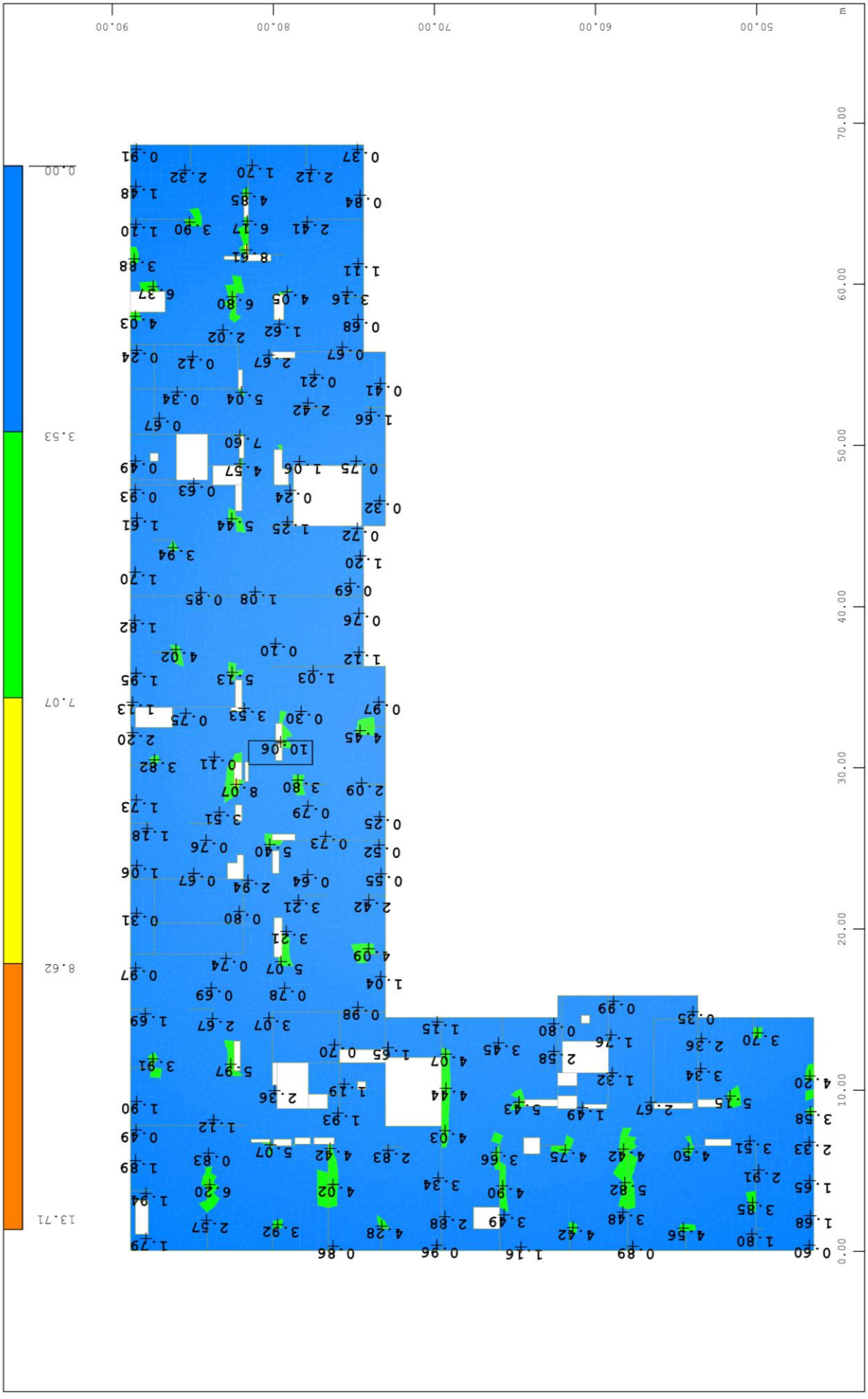


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 52

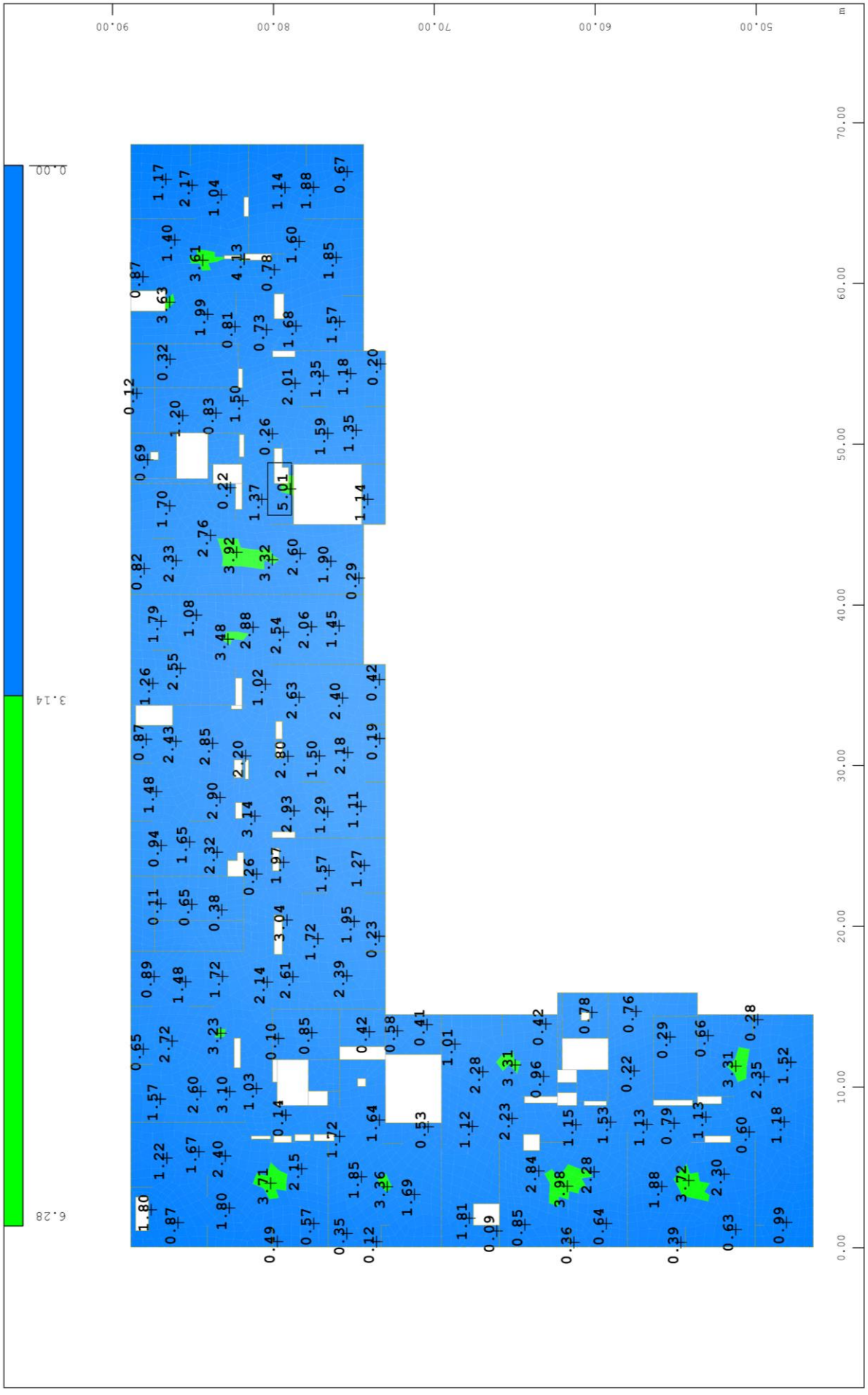
Верхнее армирование по оси X, см^2/м



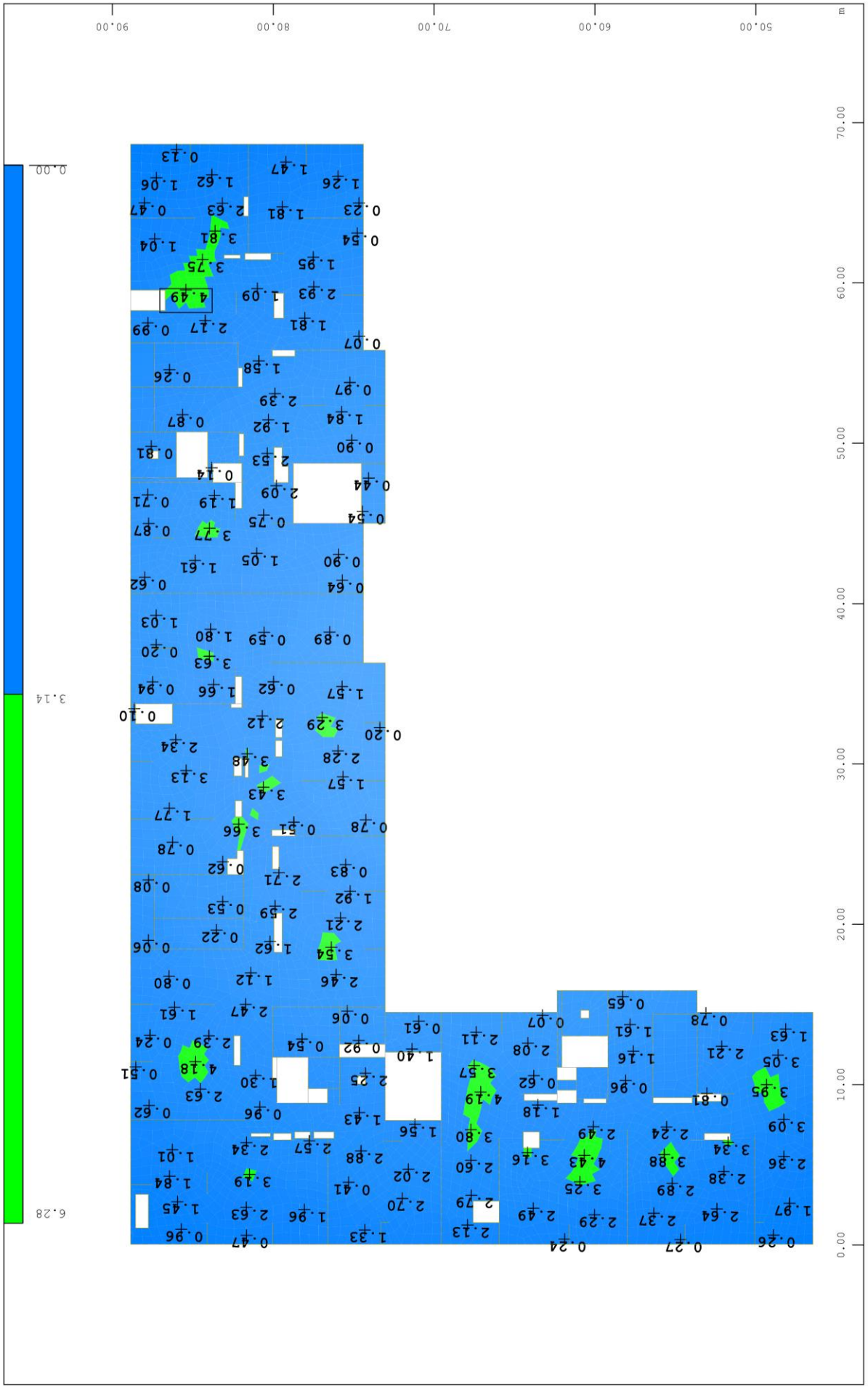
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 56

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

$R_{b.ser}$, $R_{b.ser}$	224.3	кгс/см²	$R_{s.ser}$, $R_{s.ser}$	5098.6	кгс/см²
$R_{bt.ser}$, $R_{bt.ser}$	17.8	кгс/см²	$R_{sc.ser}$, $R_{sc.ser}$	5098.6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	173.4	кгс/см²	R_s	4435.8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	11.7	кгс/см²	R_{sc}	4078.9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059.1	кгс/см²
γ_{b2}	1.0	кгс/см²	γ_s	1.0	кгс/см²
ξ_R	0.5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6.2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты

a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)

a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)

$h_{0.x}$= 190 мм -рабочая высота сечения(по оси X)

a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)

a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)

$h_{0.y}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s.\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s.д}$= 16 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s.\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s.д}$= 10.1 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 14 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s.\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s.д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 0 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s.\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s.д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3.93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2.65 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0.14 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 10.5 тс·м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

M_{tp}= 4.3 тс·м

M_{dl}= 2.9 тс·м

M_{crc}= 1.92683 тс·м -момент образования трещин

φ_2= 0.5

φ_1= 1

$a_{crc,ln}$= 0.11 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{crc,dl}$= 0.08 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s.\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s.д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s.\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s.д}$= 5.65 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 9.58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s.\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s.д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 0 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s.\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s.д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3.93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1.53 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0.08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 6.6 тс·м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

M_{tp}= 4.5 тс·м

M_{dl}= 2.2 тс·м

M_{crc}= 1.92683 тс·м -момент образования трещин

φ_2= 0.5

φ_1= 1

$a_{crc,ln}$= 0.16 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{crc,dl}$= 0.06 мм -продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-толщина плиты
a_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	180	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,7 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,9 тс· м

$M_{дл}$= 1,5 тс· м

M_{crc}= 1,89486 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,04 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,03 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,1 тс· м

$M_{дл}$= 1,9 тс· м

M_{crc}= 1,89486 тс· м -момент образования трещин

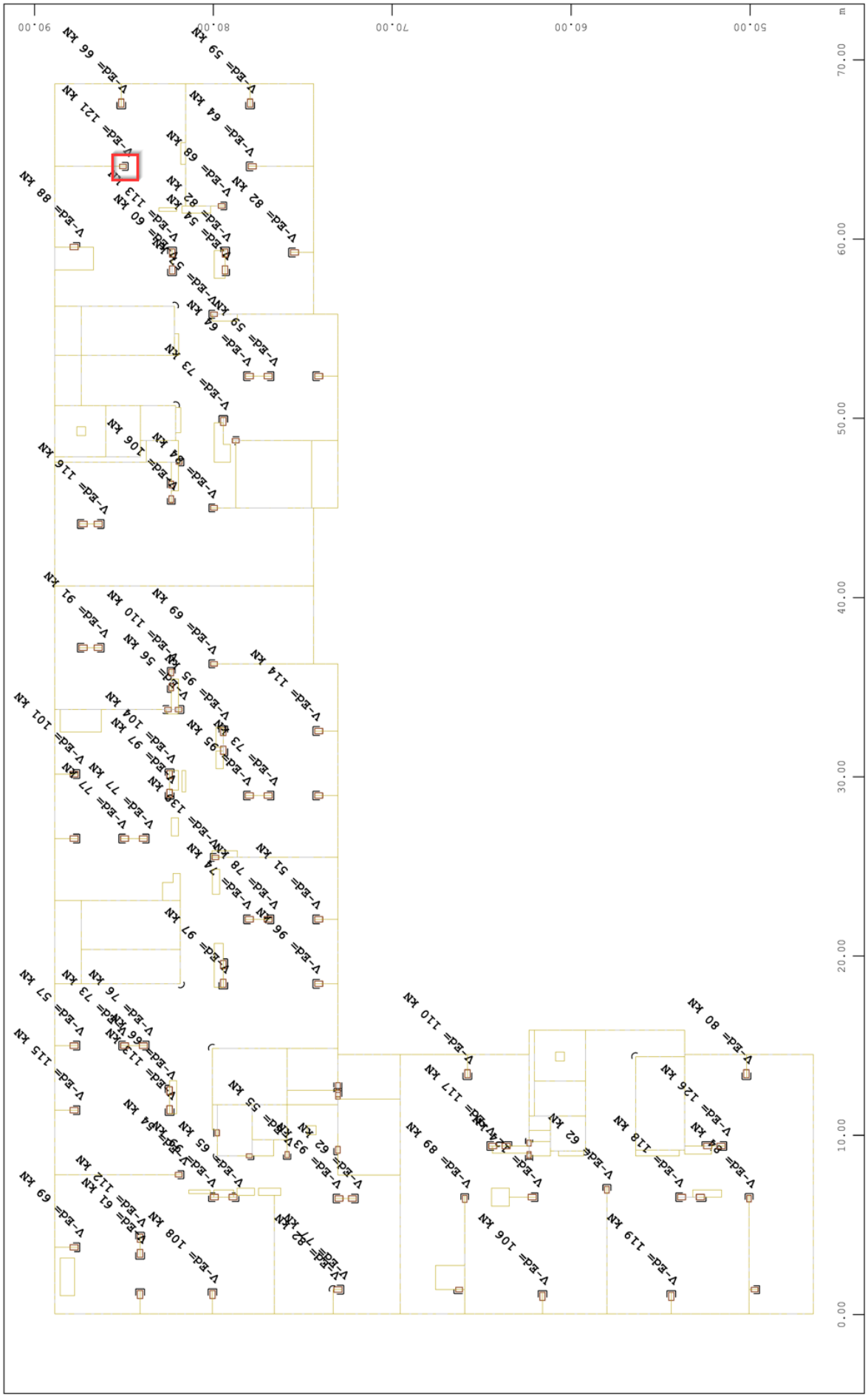
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,07 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,06 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		59

Расчет плиты на продавливание

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположение
Стена	Плита перекрытия	Торец стены

Сечение стены

вдоль оси X, мм	250

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	40
a_y, мм	50
h_o, мм	175

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т	0	12.1
M_x, т	0	0
M_y, т	0	0
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
$0.25 \cdot R_{bt} \cdot b$	6.40

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	0
N_{int}, т	12.1	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.09	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	0.00
F, т	12.01	M_x, тм	0.00	M_y, тм	0.00

Расчетный контур

l_x, м	0.43
l_y, м	0.43
u, м	1.28
A_{q1}, м^2	0.181
A_q, м^2	0.223

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

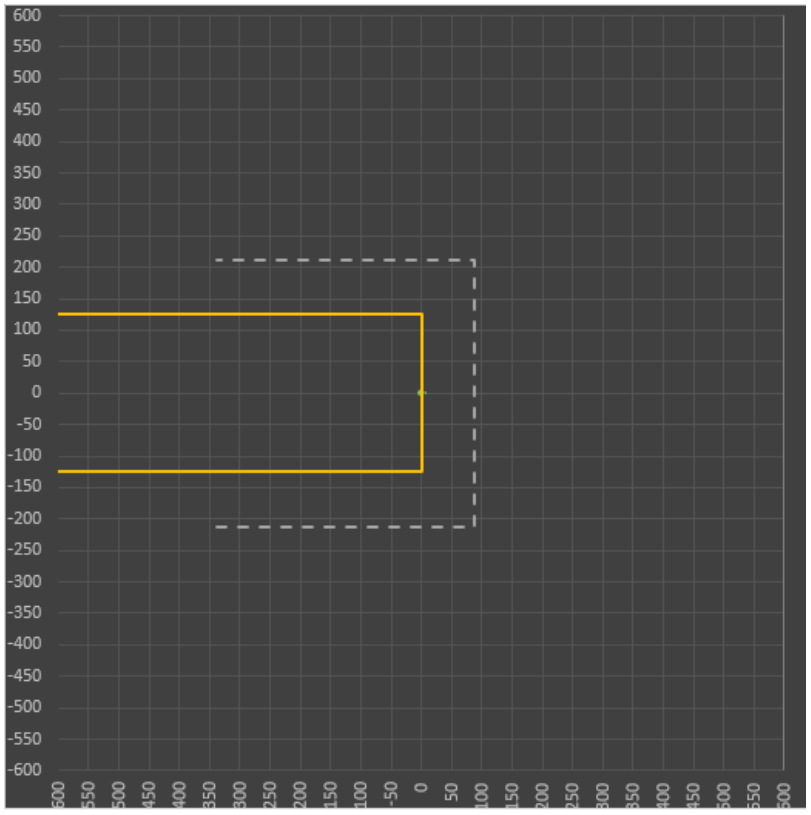
Бетон					
		I_{bx1}, м^3		I_{by1}, м^3	0.0064
Класс	B30	I_{bx2}, м^3		I_{by2}, м^3	0.0384
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx}, м^3		I_{by}, м^3	0.0448
γ_{b1}	1	W^-_{bx}, м^2		W^-_{by}, м^2	0.2107
A_b, м^2	0.22	W^+_{bx}, м^2		W^+_{by}, м^2	0.2107
$F_{b,ult}$, т	26.11	$M_{bx,ult}$, тм		$M_{by,ult}$, тм	4.315
$F/F_{b,ult}$	0.460	$M_x/M_{bx,ult}$	0.000	$M_y/M_{by,ult}$	0.000

0.460 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспече

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

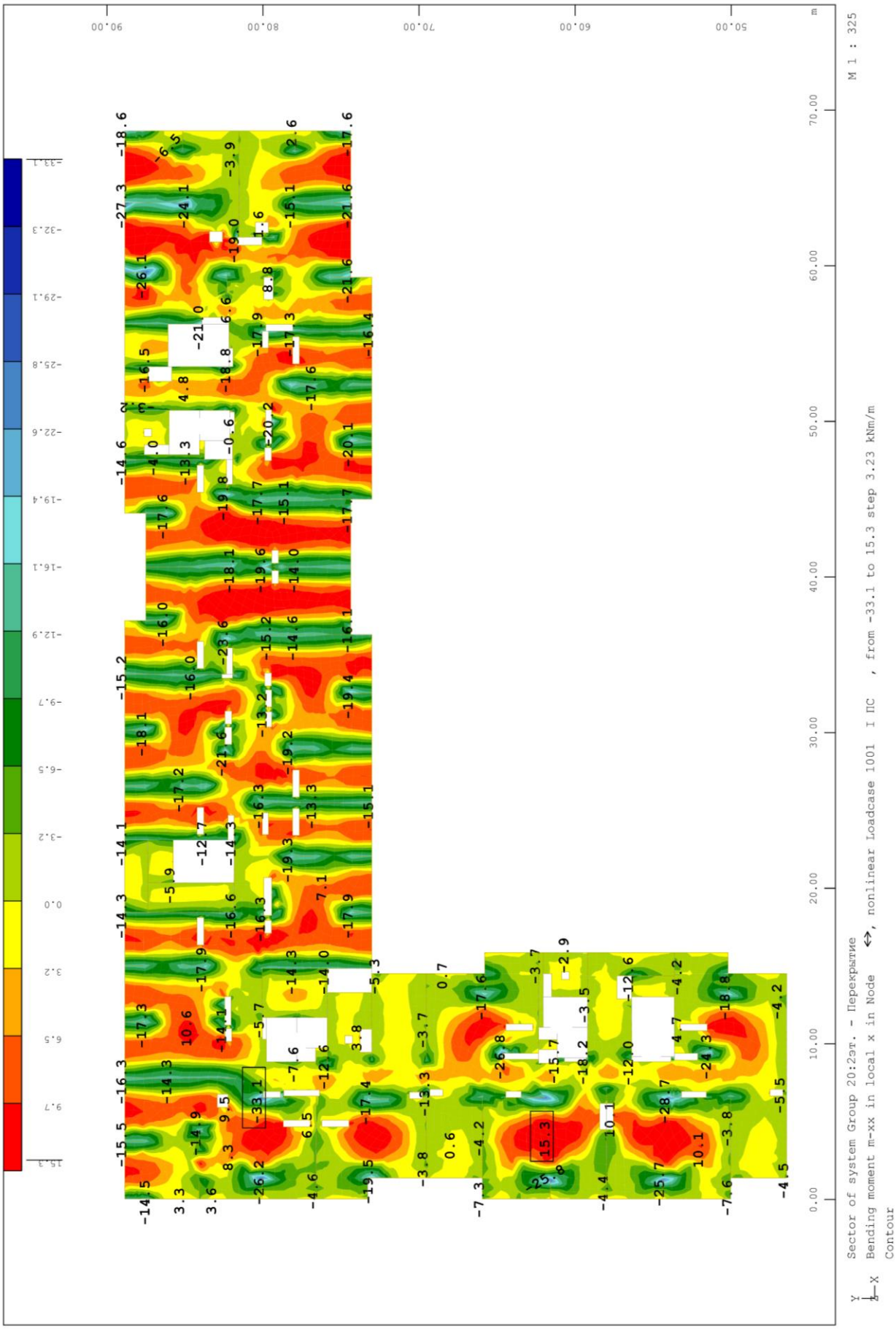
$F_{sw,ult}$, т	156.889			$M_{swy,ult}$, тм	25.930
F_{ult}, т	52.211			$M_{y,ult}$, тм	8.629
F/F_{ult}	0.230	$M_x/M_{x,ult}$	0.000	$M_y/My_{,ult}$	0.000

0.230 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечен

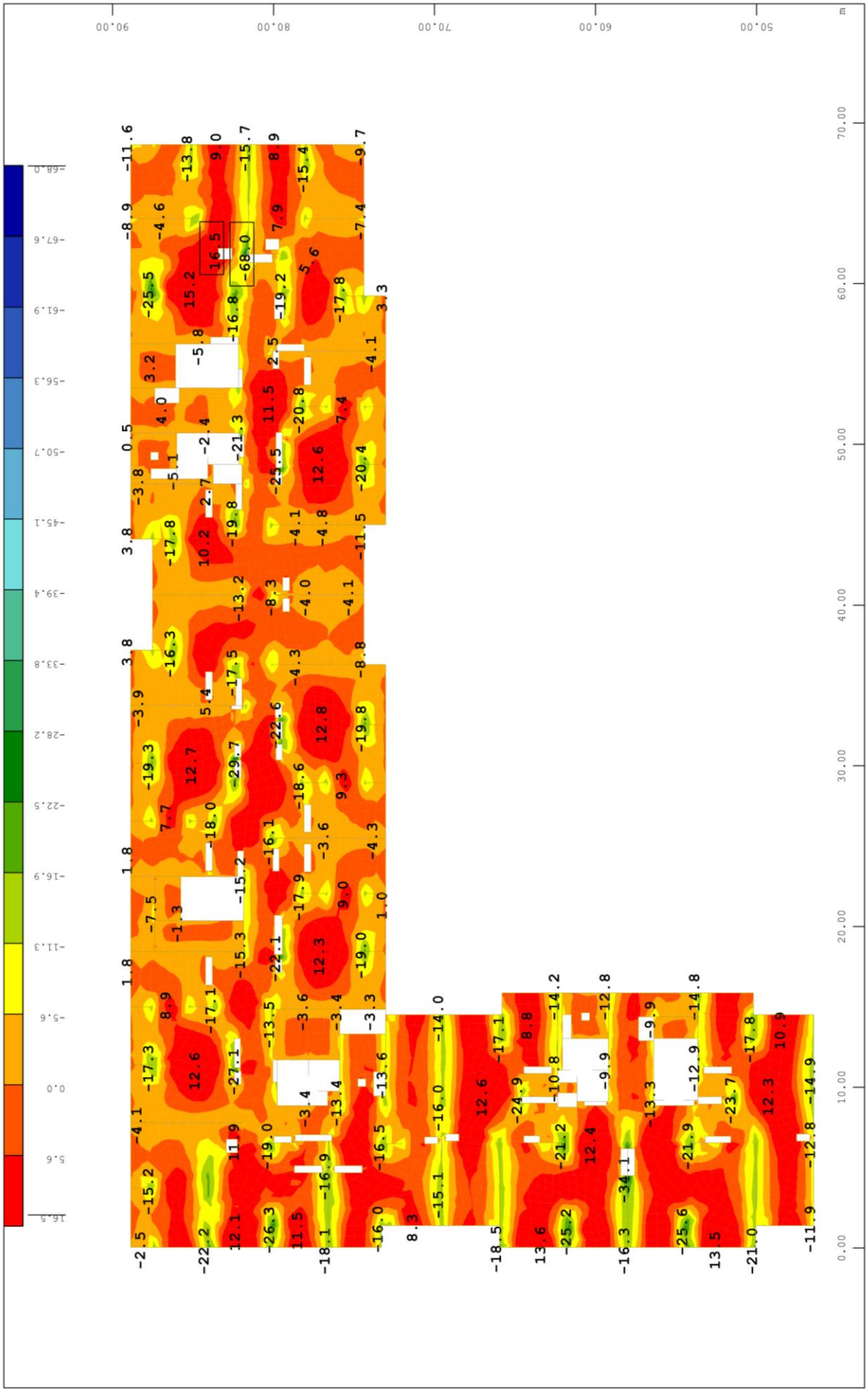


4.8. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ

Момент M_x, кН·м/м

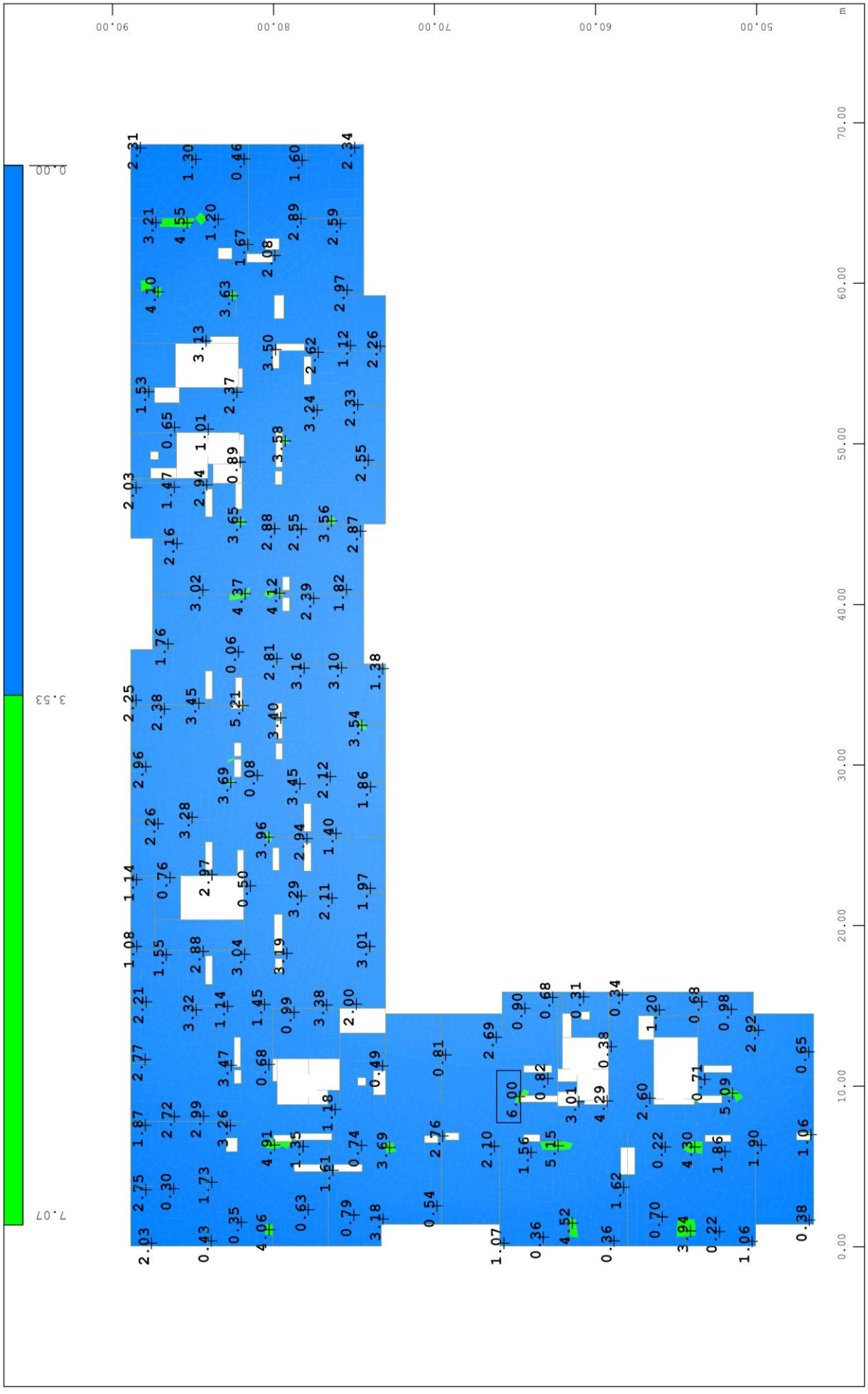


Момент M_y, кН·м/м



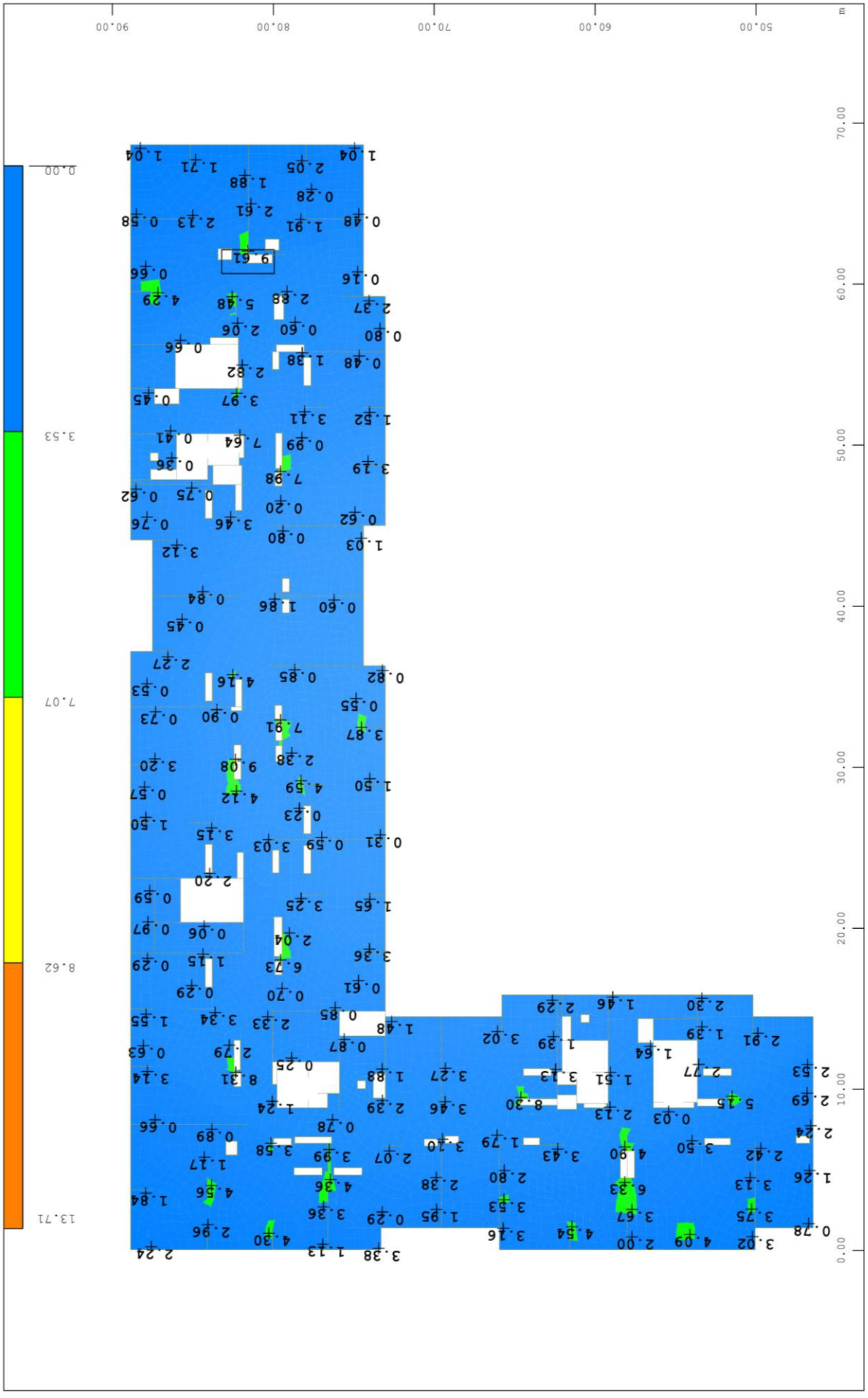
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 62

Верхнее армирование по оси X, см^2/м

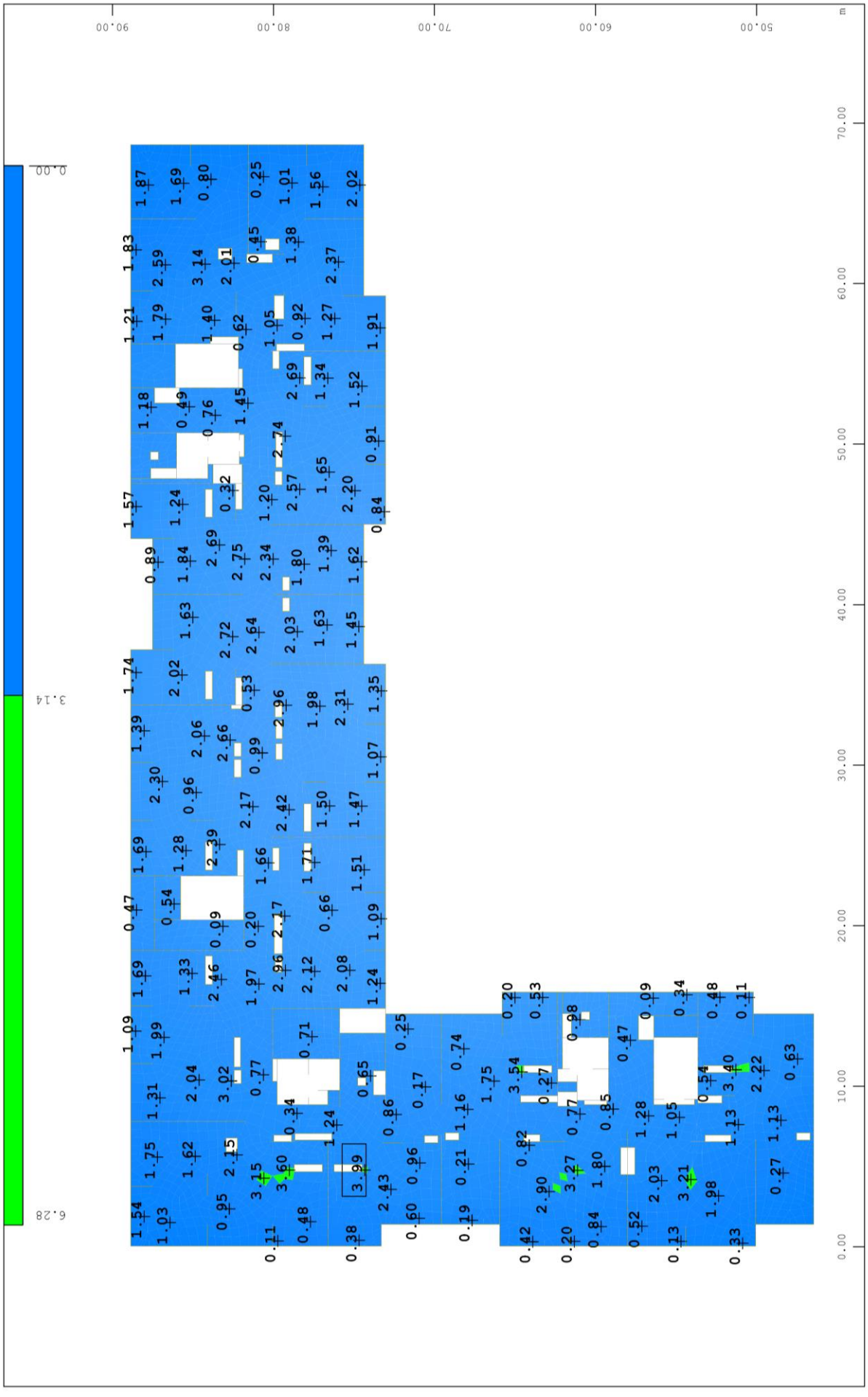


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 63

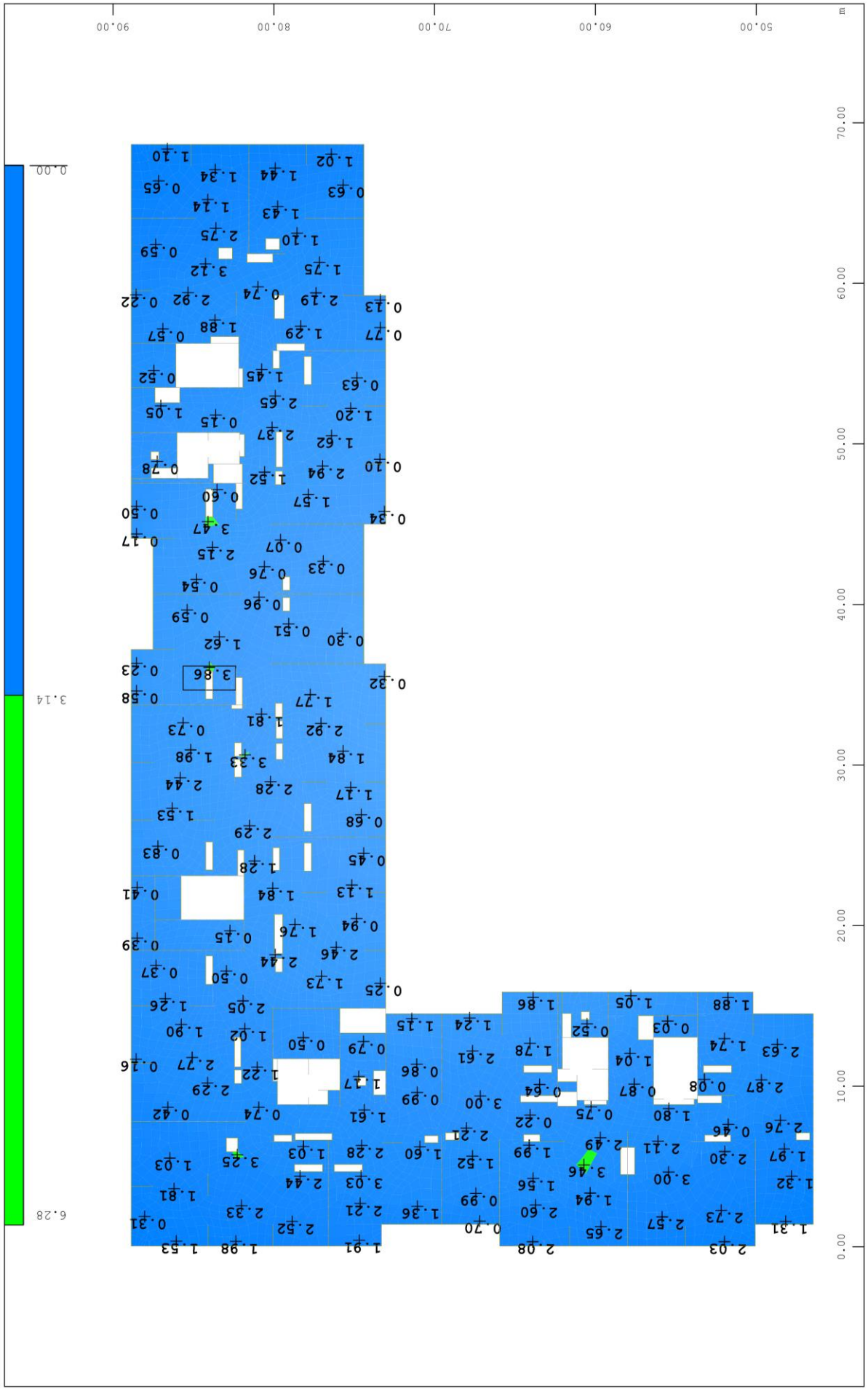
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		66

СП 63. Бетонные и железобетонные конструкции

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

$R_{b,n}$, $R_{b,ser}$	224.3	кгс/см²	$R_{s,n}$, $R_{s,ser}$	5098.6	кгс/см²
$R_{bt,n}$, $R_{bt,ser}$	17.8	кгс/см²	$R_{sc,n}$, $R_{sc,ser}$	5098.6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	173.4	кгс/см²	R_s	4435.8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	11.7	кгс/см²	R_{sc}	4078.9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059.1	кгс/см²
γ_{b2}	1.0	кгс/см²	γ_s	1.0	кгс/см²
ξ_R	0.5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6.2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-толщина плиты
a_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	160	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
s_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,\partial}$=	16	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
s_∂=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	3.93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,\partial}$=	10.1	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	14	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,\partial}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
s'_∂=	0	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	3.93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,\partial}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3.93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	2.65	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0.16		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	9.3	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

M_{sp}=	4.3	тс· м	
M_{dl}=	2.9	тс· м	
M_{crc}=	1.59505	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0.5		
φ_3=	1		
$a_{crc,kr}$=	0.13	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{crc,ar}$=	0.09	мм	-продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
s_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,\partial}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
s_∂=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	3.93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,\partial}$=	5.65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9.58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,\partial}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
s'_∂=	0	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	3.93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,\partial}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3.93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	1.53	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0.10		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	5.8	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

M_{sp}=	4.5	тс· м	
M_{dl}=	2.2	тс· м	
M_{crc}=	1.59505	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0.5		
φ_3=	1		
$a_{crc,kr}$=	0.21	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{crc,ar}$=	0.09	мм	-продолжительное раскрытие трещин

СП 63. Бетонные и железобетонные конструкции

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона: B30 Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-толщина плиты
a_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	160	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	150	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,0 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,4 тс· м

$M_{дл}$= 1,3 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,02 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,02 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,5 тс· м

$M_{дл}$= 1,3 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

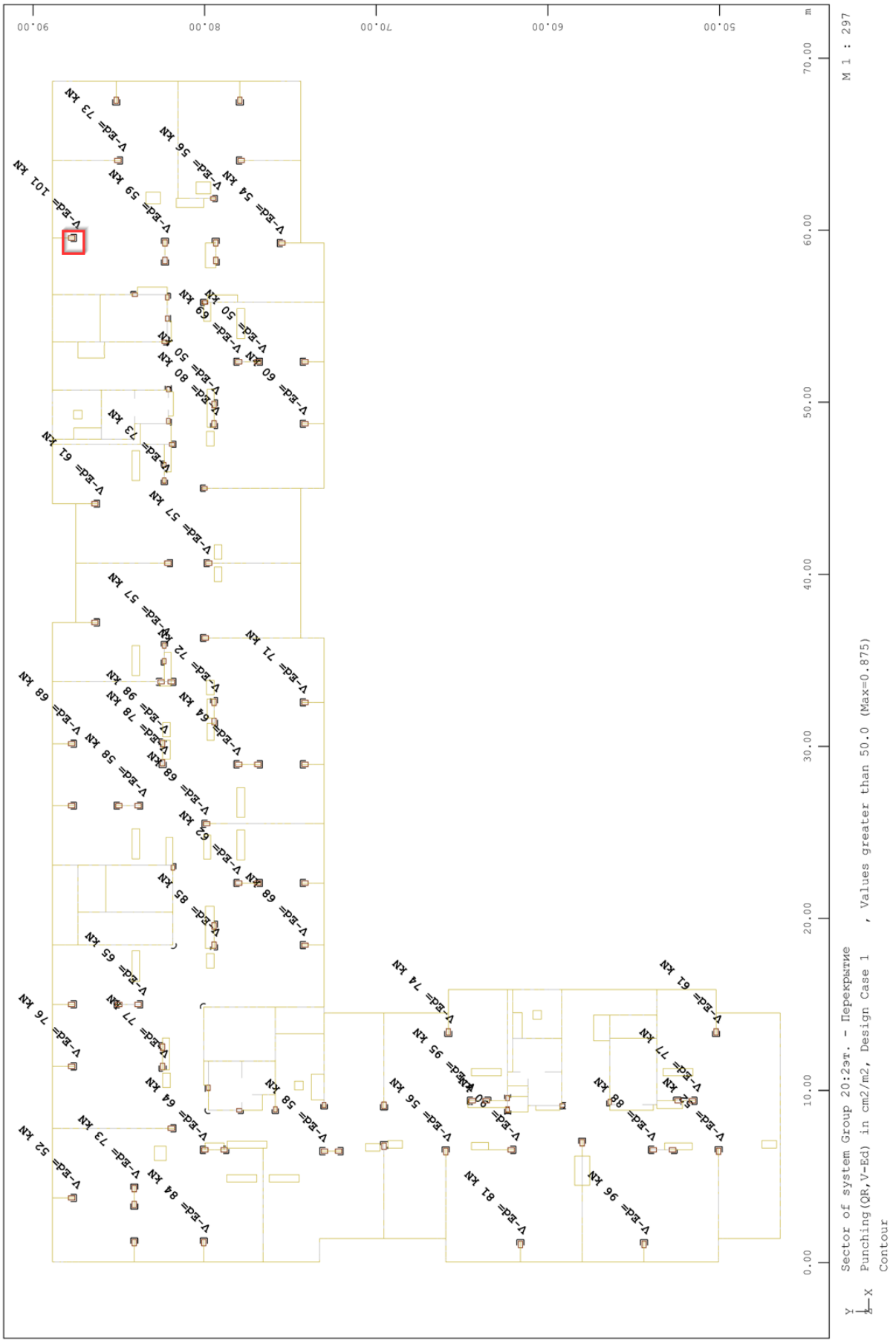
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,01 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,01 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Расчет плиты на продавливание

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположение
Стена	Плита перекрытия	Торец стены

Сечение стены

вдоль оси X, мм	250

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	40
a_y, мм	50
h_0, мм	155

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т	0	10.1
M_x, т	0	0
M_y, т	0	0
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
$0.25 \cdot R_{bt} \cdot b$	5.67

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	0
N_{int}, т	10.1	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.07	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	0.00
F, т	10.03	M_x, тм	0.00	M_y, тм	0.00

Расчетный контур

l_x, м	0.41
l_y, м	0.41
u, м	1.22
A_{q1}, м^2	0.164
A_q, м^2	0.188

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

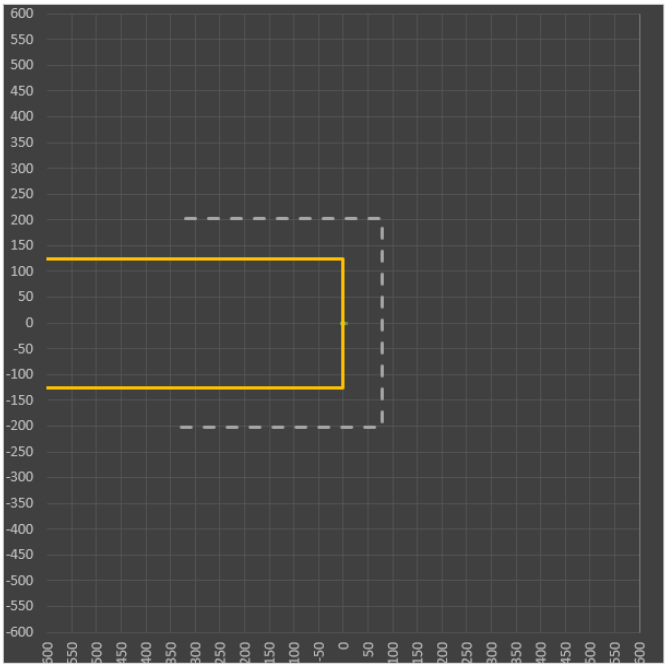
Бетон					
Класс	B30	I_{bx1}, м^3		I_{by1}, м^3	0.0055
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx2}, м^3		I_{by2}, м^3	0.0332
γ_{b1}	1	I_{bx}, м^3		I_{by}, м^3	0.0388
A_b, м^2	0.19	W^-_{bx}, м^2		W^-_{by}, м^2	0.1914
$F_{b,ult}$, т	22.03	W^+_{bx}, м^2		W^+_{by}, м^2	0.1914
$F/F_{b,ult}$	0.455	$M_{bx,ult}$, тм		$M_{by,ult}$, тм	3.470
		$M_x/M_{bx,ult}$	0.000	$M_y/M_{by,ult}$	0.000

0.455 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

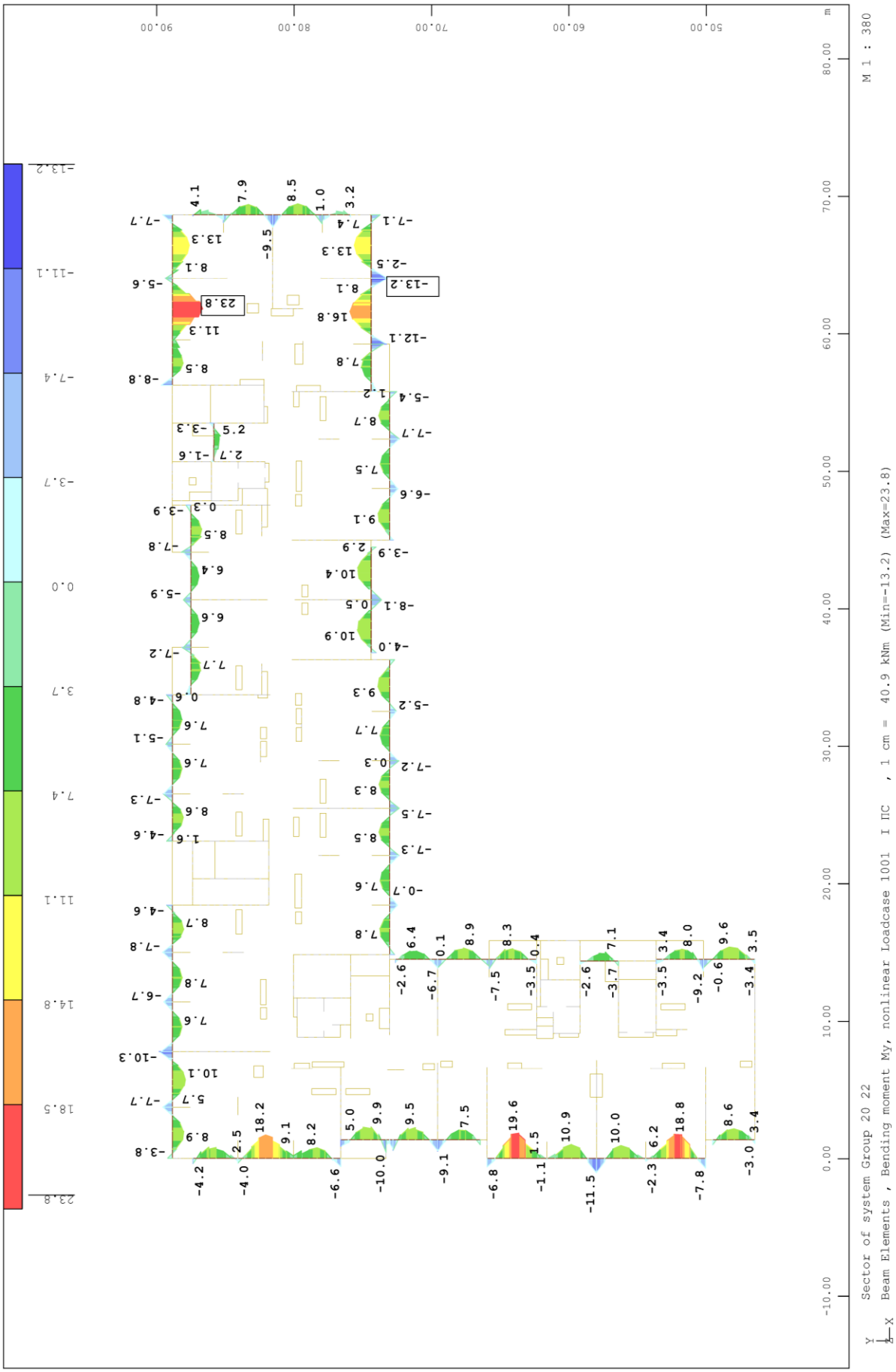
$F_{sw,ult}$, т	149.506			$M_{swy,ult}$, тм	23.547
F_{ult}, т	44.068			$M_{y,ult}$, тм	6.941
F/F_{ult}	0.228	$M_x/M_{x,ult}$	0.000	$M_y/My_{,ult}$	0.000

0.228 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.



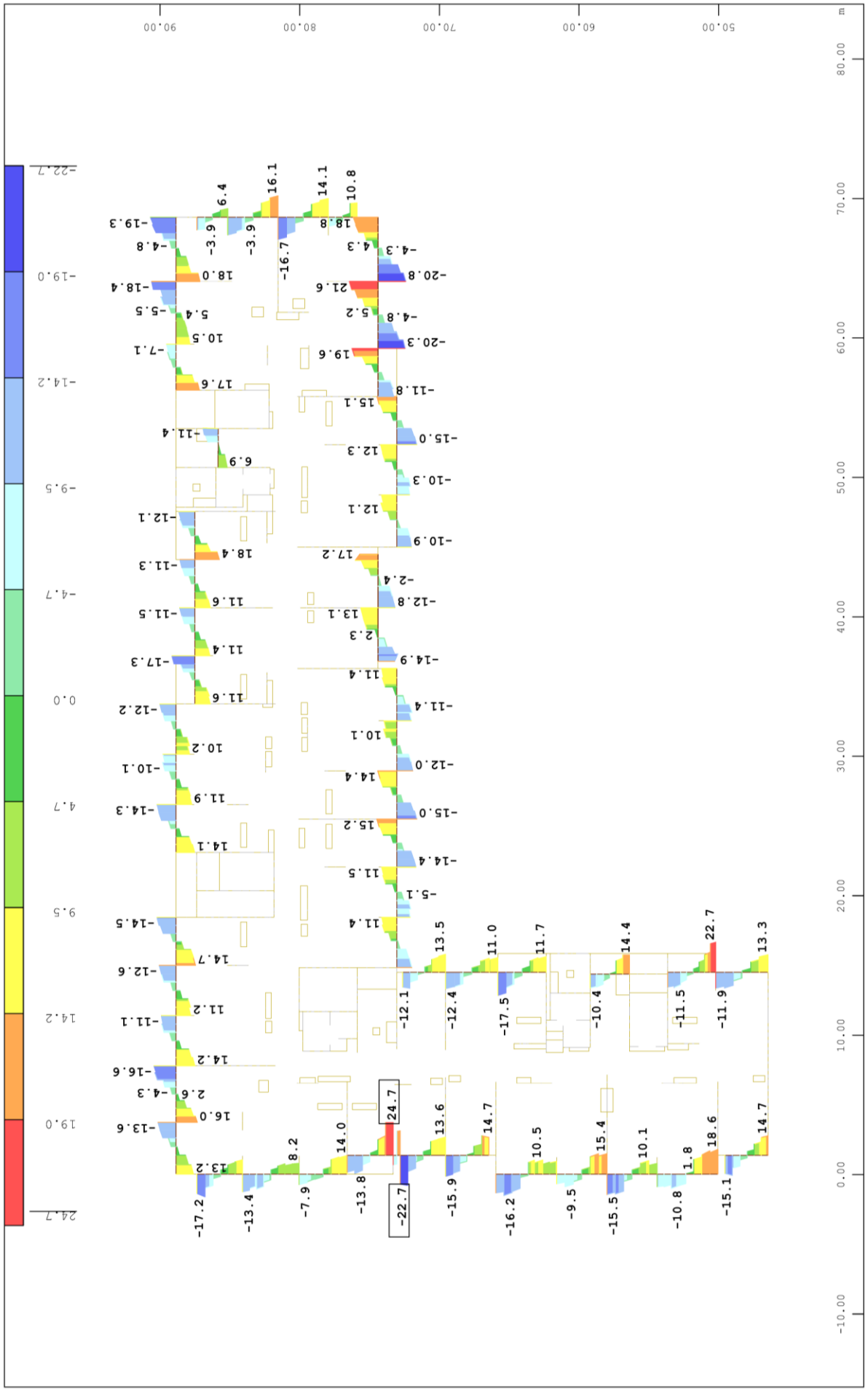
Балки в плите над 1 этажом

Момент My, кН·м/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		71

Поперечная сила Q, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		72

Проверка армирования балки 200x400(h). Опорное сечение.

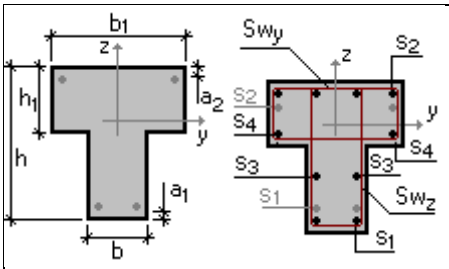
Расчет выполнен по СП 63

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

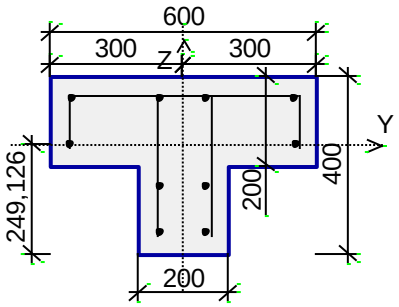
Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 4,8 м
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018
Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018
Конструкция статически неопределимая
Предельная гибкость - 200

Сечение



b = 200 мм
h = 400 мм
b_1 = 600 мм
h_1 = 200 мм
a_1 = 40 мм
a_2 = 40 мм



S_1 - 2∅16
S_2 - 4∅16
S_3 - 1∅12
S_4 - 1∅12
Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм
Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A500	0,8

Бетон
Вид бетона: Тяжелый
Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

Трещиностойкость
Ограниченная ширина раскрытия трещин
Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры
Допустимая ширина раскрытия трещин:
Непродолжительное раскрытие 0,4 мм
Продолжительное раскрытие 0,3 мм

Результаты расчета по комбинациям загружений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	T	T*м	T	T*м	T	T*м				
1	1	-1,13	2,5	0	0	0	1	0,9		

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.1.18	Прочность по предельной продольной силе сечения	0,014
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,097
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,05
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,01
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0,078
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонному сечению	0,148

Коэффициент использования 0,148 - Прочность по наклонному сечению

Проверка армирования балки 200x400(h). Сечение в середине пролета.

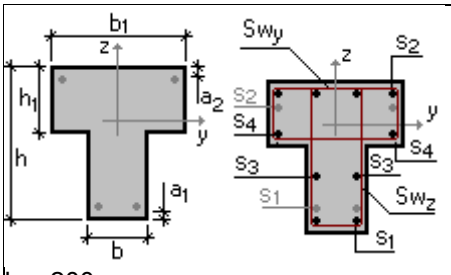
Расчет выполнен по СП 63.13330.2018

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

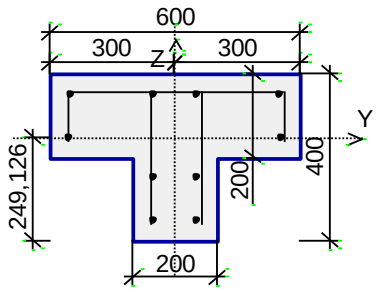
Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 4,5 м
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018
Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018
Конструкция статически неопределимая
Предельная гибкость - 200

Сечение



b = 200 мм
h = 400 мм
b_1 = 600 мм
h_1 = 200 мм
a_1 = 40 мм
a_2 = 40 мм



S_1 - 2∅16
S_2 - 4∅16
S_3 - 1∅12
S_4 - 1∅12
Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм
Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A500	0,8

Бетон
Вид бетона: Тяжелый
Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

Трещиностойкость
Ограниченная ширина раскрытия трещин
Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры
Допустимая ширина раскрытия трещин:
Непродолжительное раскрытие 0,4 мм
Продолжительное раскрытие 0,3 мм

Результаты расчета по комбинациям загружений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	T	T*м	T	T*м	T	T*м				
1	1	2,4	0	0	0	0	1	0,9		

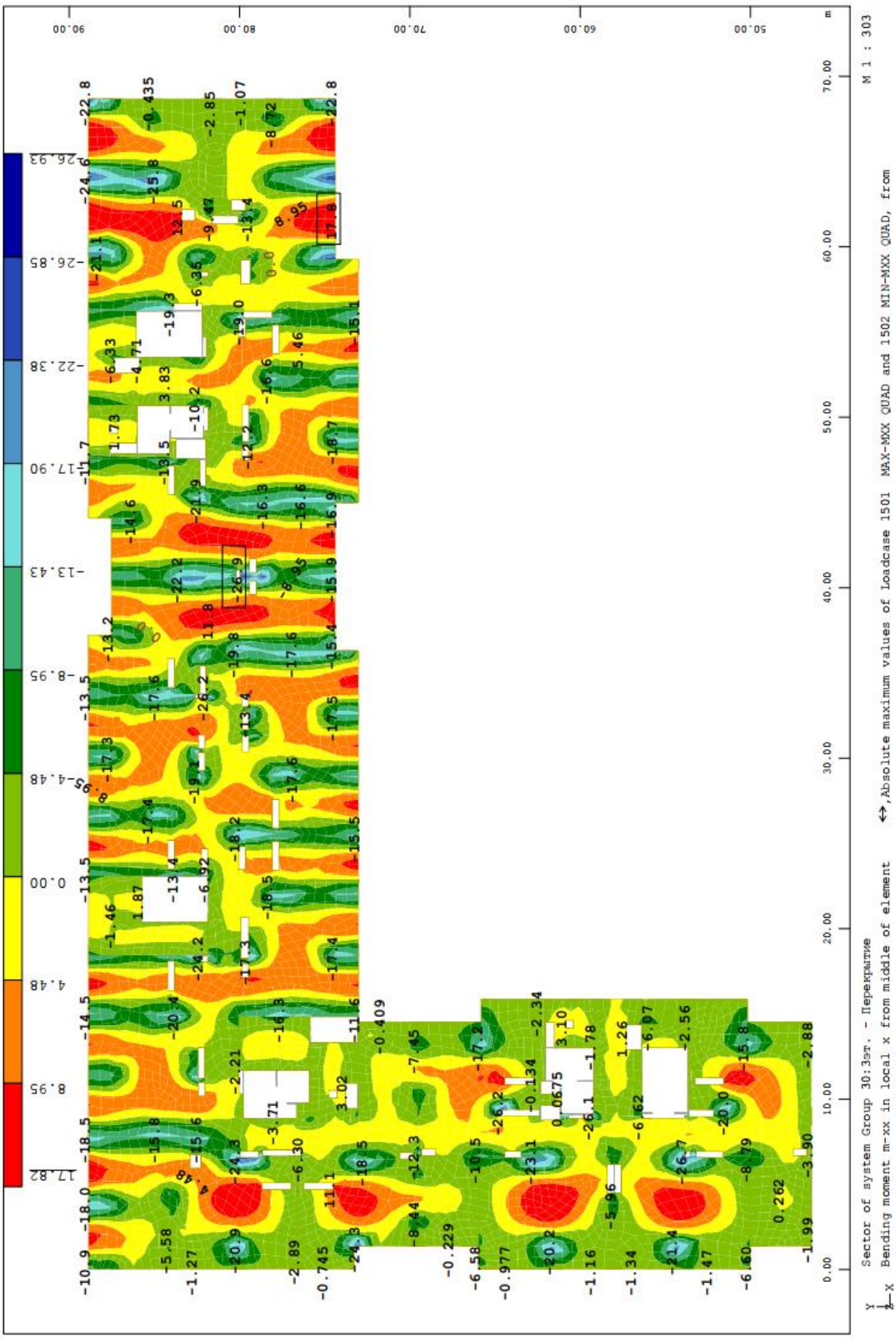
Проверено по СНиП	**Проверка**	**Коэффициент использования**
п. 8.1.18	Прочность по предельной продольной силе сечения	0,014
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,264
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,069
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,03
пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6	Ширина раскрытия трещин (кратковременная)	0,499
пп. 8.2.6, 8.2.15, 8.2.16	Ширина раскрытия трещин (длительная)	0,606

Коэффициент использования 0,606 - Ширина раскрытия трещин (длительная)

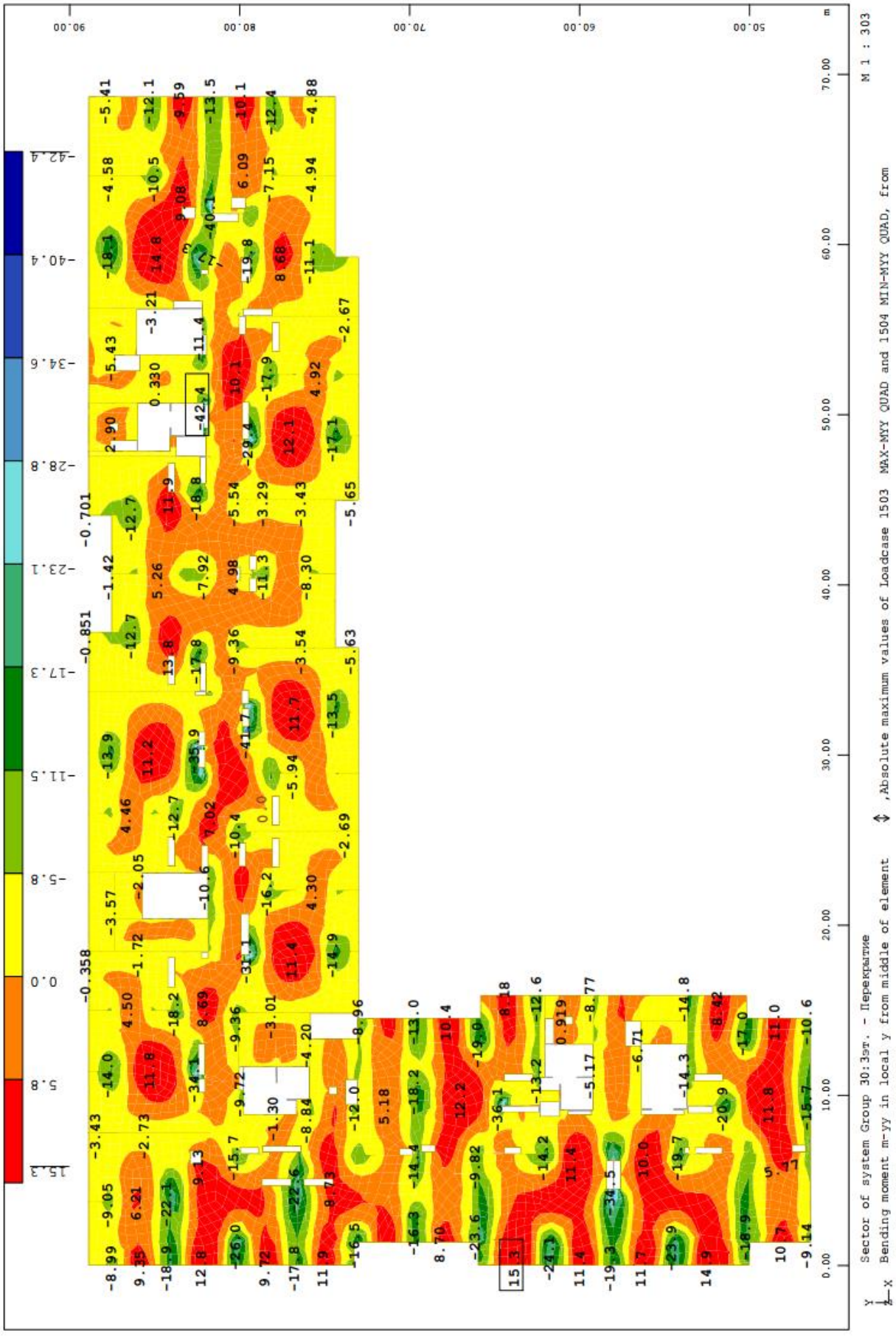
4.9. ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ

Плита перекрытия над 2 этажом

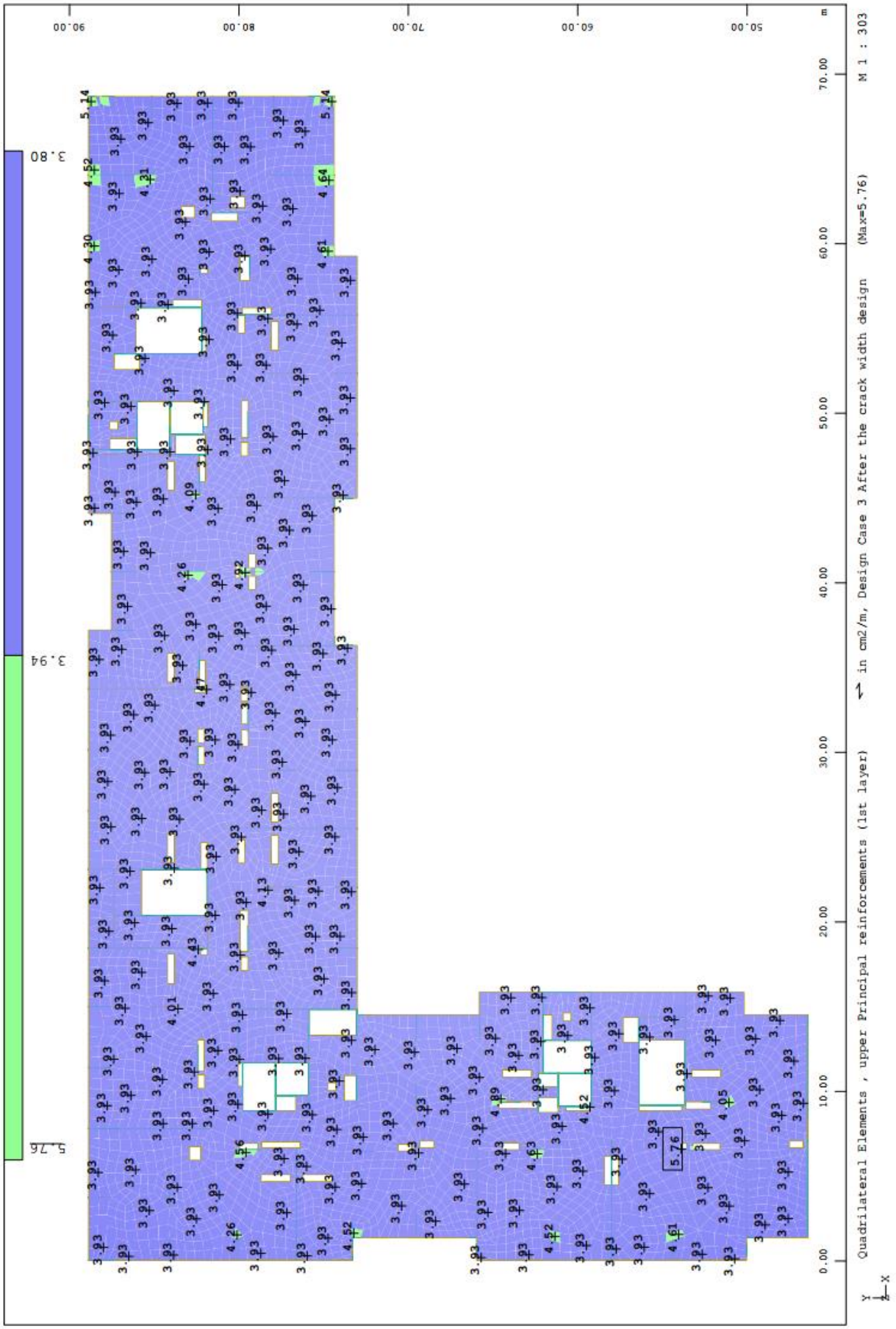
Момент M_x, кН·м/м



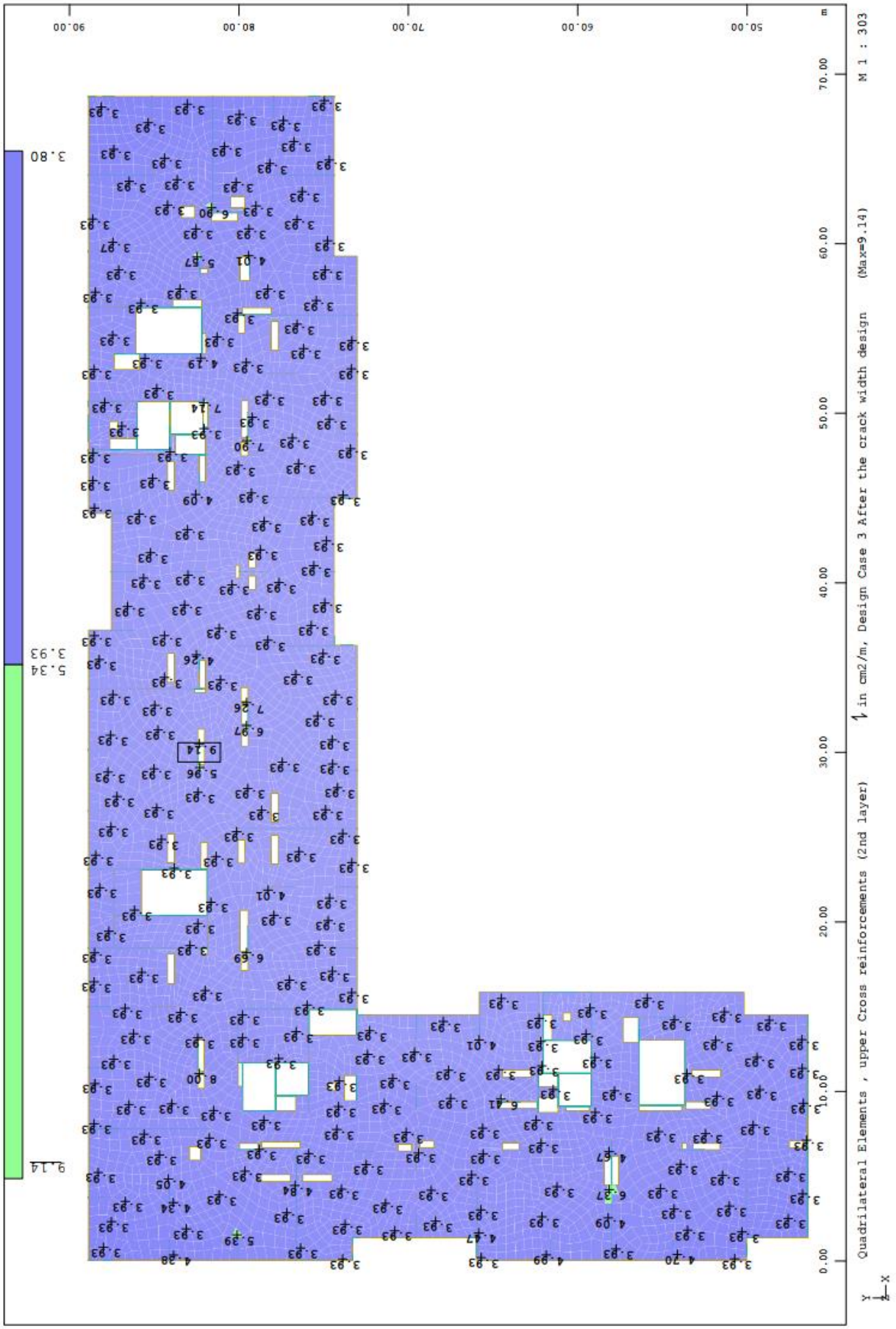
Момент M_y, кН·м/м



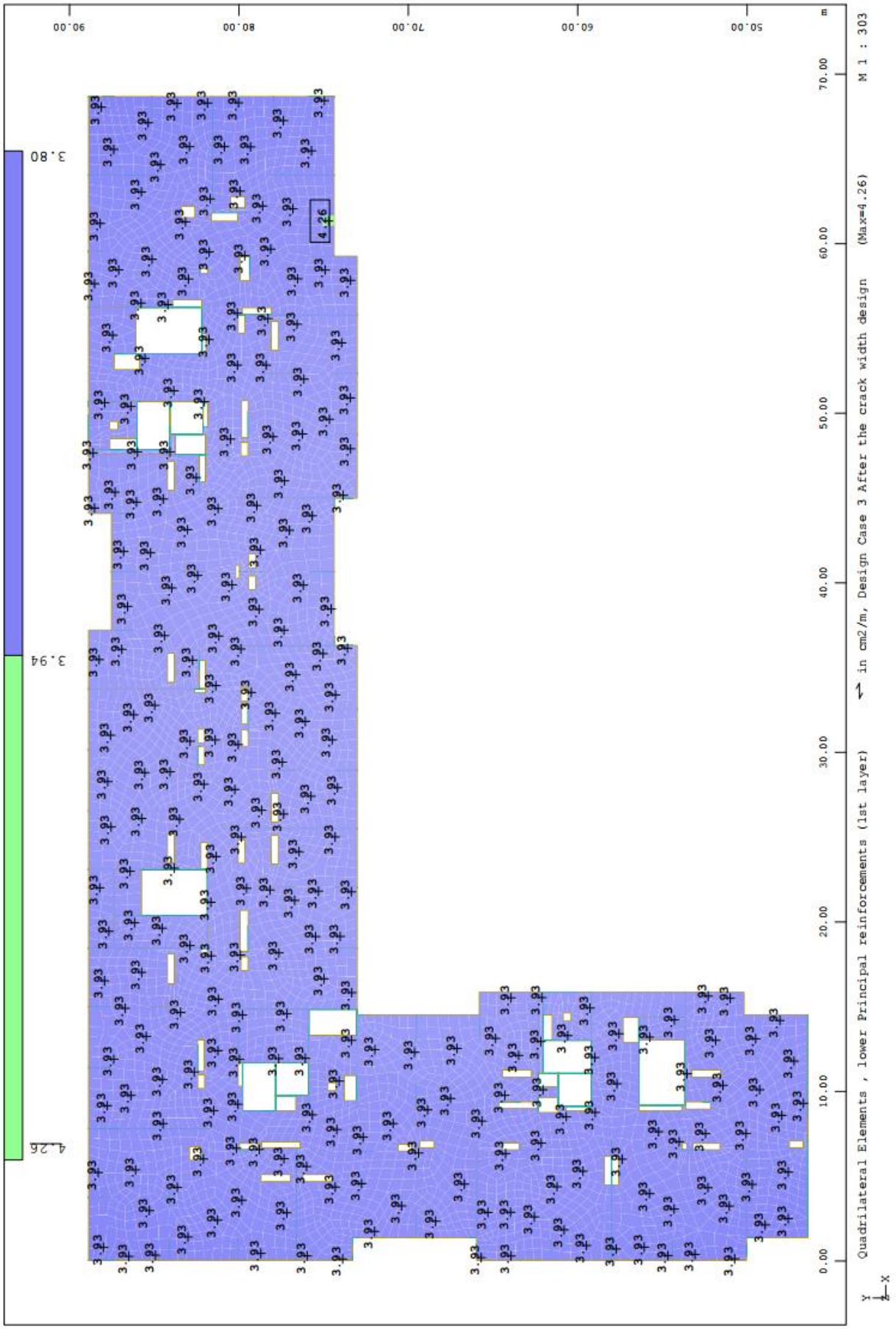
Верхнее армирование по оси X, см^2/м



Верхнее армирование по оси Y, см^2/м

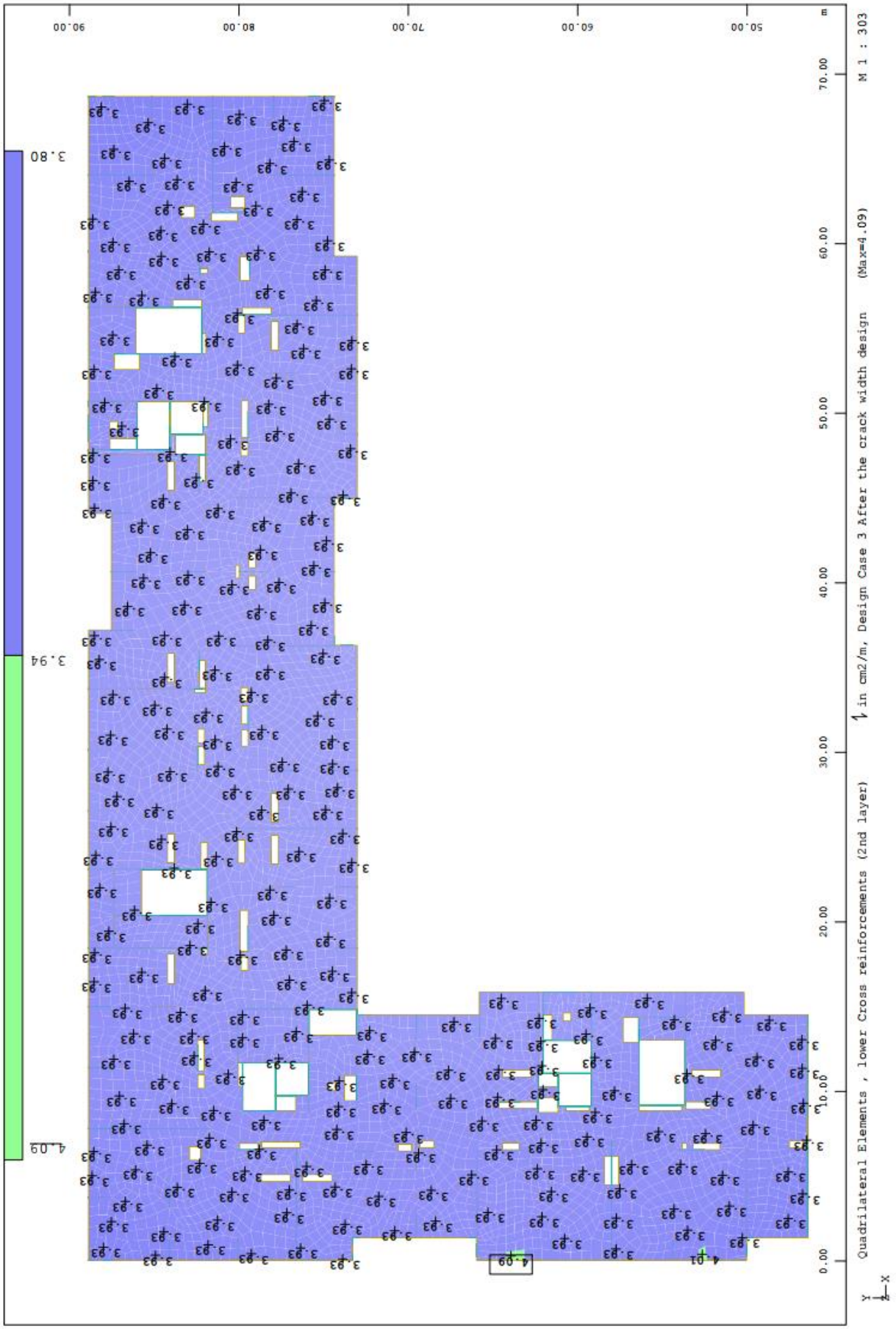


Нижнее армирование по оси X, см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		80

Нижнее армирование по оси Y, см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		81

СП 63. Бетонные и железобетонные конструкции
Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона: B30 Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-толщина плиты
a_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	160	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 6,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4,5 тс· м
$M_{дл}$= 3 тс· м

M_{crc}= 1,57838 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,28 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,2 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,11 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 5,8 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4,5 тс· м
$M_{дл}$= 3,2 тс· м

M_{crc}= 1,57838 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,3 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,23 мм -продолжительное раскрытие трещин

СП 63. Бетонные и железобетонные конструкции

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона: B30 Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-толщина плиты
a_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	160	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	150	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,0 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,8 тс· м

$M_{дл}$= 1,7 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,07 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,06 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,7 тс· м

$M_{дл}$= 1,2 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

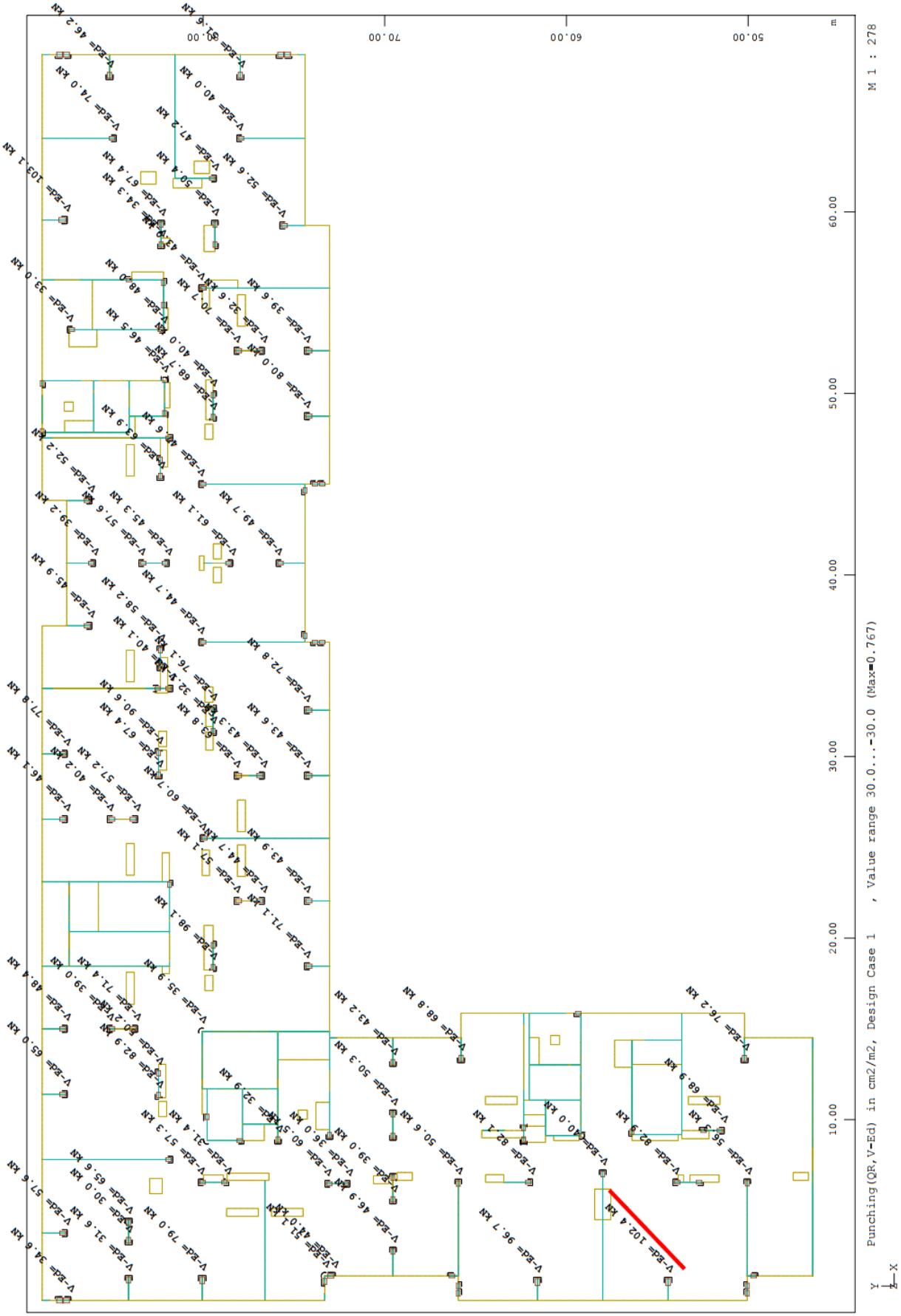
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,01 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,01 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.Р3	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		84

Продавливание плиты перекрытия

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположени
Колонна	Плита перекрытия	В углу плиты (НЗК)

Сечение колонны

вдоль оси X, мм	250
вдоль оси Y, мм	250
c_x, мм	0
c_y, мм	0

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	40
a_y, мм	40
h_0, мм	160

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т	0	10.2
M_x, т	0	0
M_y, т	0	0
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
$0.25 \cdot R_{bt} \cdot b$	5.27

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм	0.00	$M_{y,sup+int}$, тм	0
N_{int}, т	10.2	$M_{x,q}$, тм	0.00	$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.05	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм	0.00	$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм	-1.25	$M_{y,F}$, тм	-1.25
F, т	10.15	M_x, тм	-1.25	M_y, тм	-1.25

Расчетный контур

l_x, м	0.33
l_y, м	0.33
u, м	0.66
A_{q1}, м^2	0.109
A_q, м^2	0.106
x_0, м	0.248
y_0, м	0.248
x, м	0.125
y, м	0.125
e_{0x}, м	0.123
e_{0y}, м	0.123
e_{qx}, м	0.043
e_{qy}, м	0.043

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

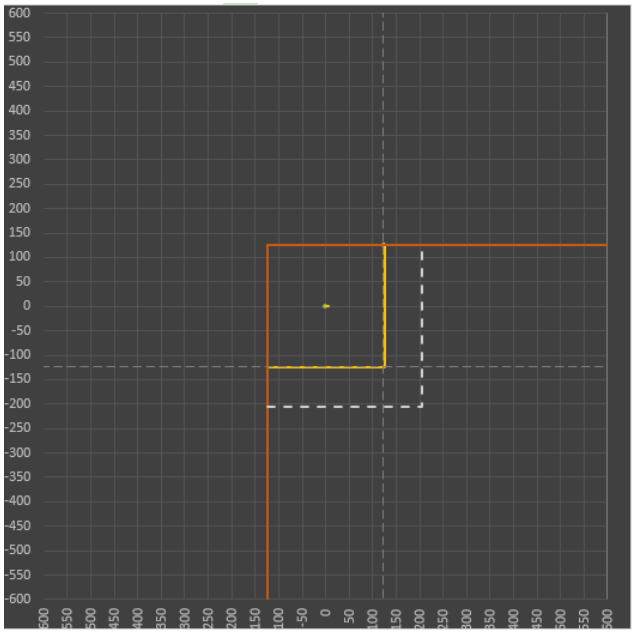
Бетон					
		I_{bx1}, м^3	0.0052	I_{by1}, м^3	0.0052
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0.0022	I_{by2}, м^3	0.0022
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx}, м^3	0.0075	I_{by}, м^3	0.0075
γ_{b1}	0.9	W^-_{bx}, м^2	0.0303	W^-_{by}, м^2	0.0303
A_b, м^2	0.11	W^+_{bx}, м^2	0.0908	W^+_{by}, м^2	0.0908
$F_{b,ult}$, т	11.12	$M_{bx,ult}$, тм	0.510	$M_{by,ult}$, тм	0.510
$F/F_{b,ult}$	0.913	$M_x/M_{bx,ult}$	2.452	$M_y/M_{by,ult}$	2.452

1.369 > 1 Требуется установка поперечной арматуры.

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

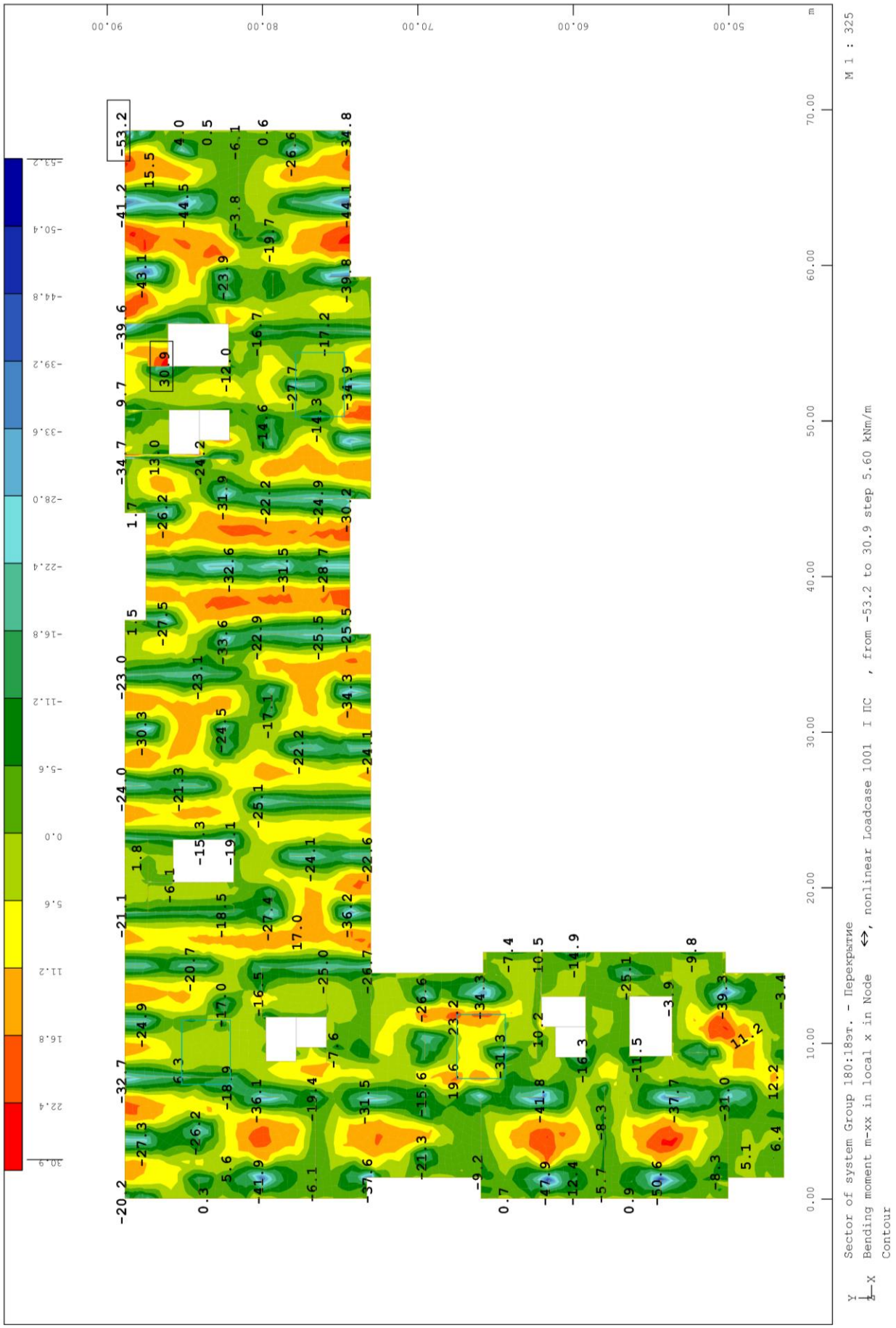
$F_{sw,ult}$, т	81.213	$M_{swx,ult}$, тм	3.722	$M_{swy,ult}$, тм	11.167
F_{ult}, т	22.239	$M_{x,ult}$, тм	1.019	$M_{y,ult}$, тм	1.019
F/F_{ult}	0.456	$M_x/M_{x,ult}$	1.226	$M_y/My_{,ult}$	1.226

0.685 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспече

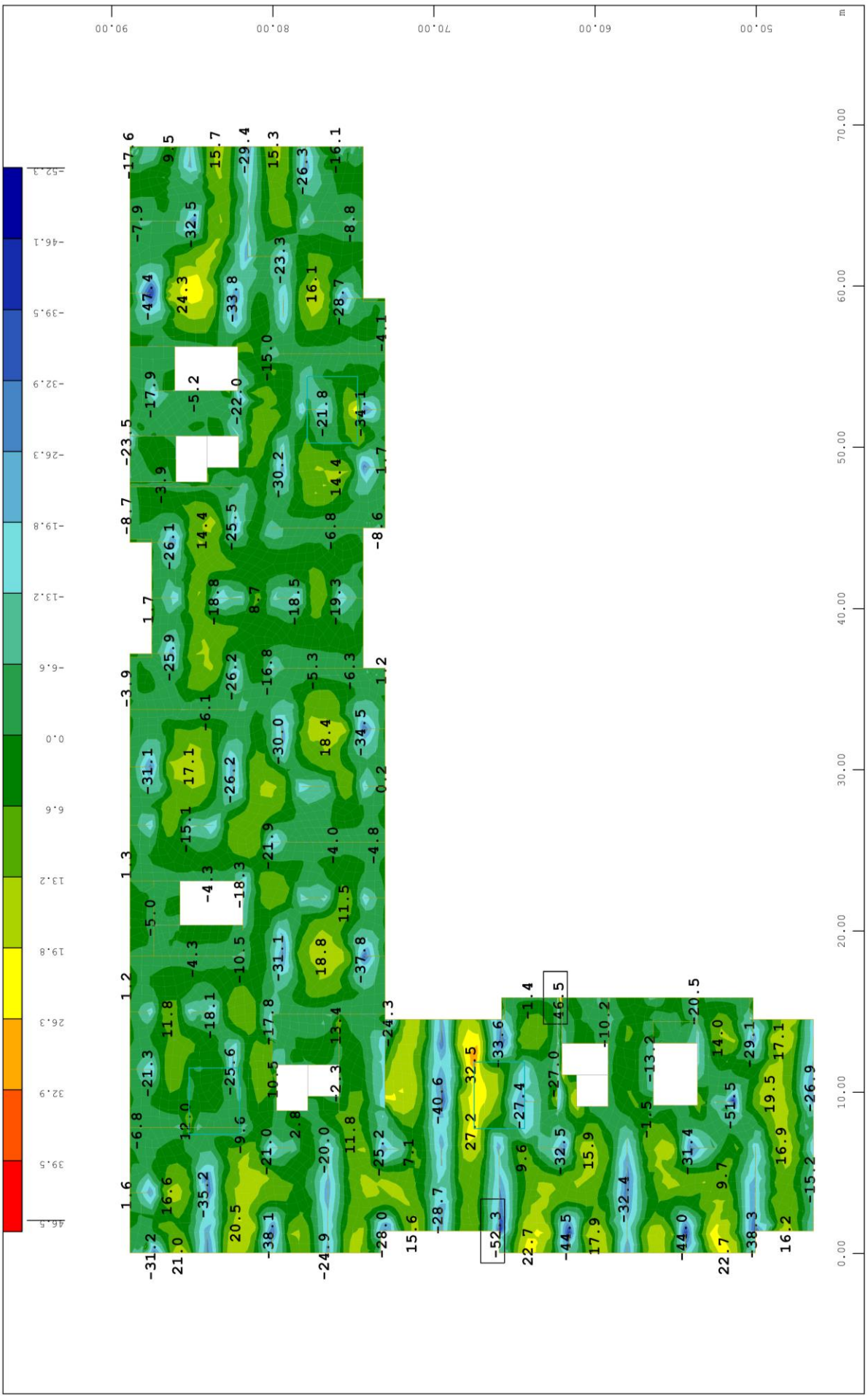


4.10. ПЛИТА ПОКРЫТИЯ

Момент M_x, кН·м/м

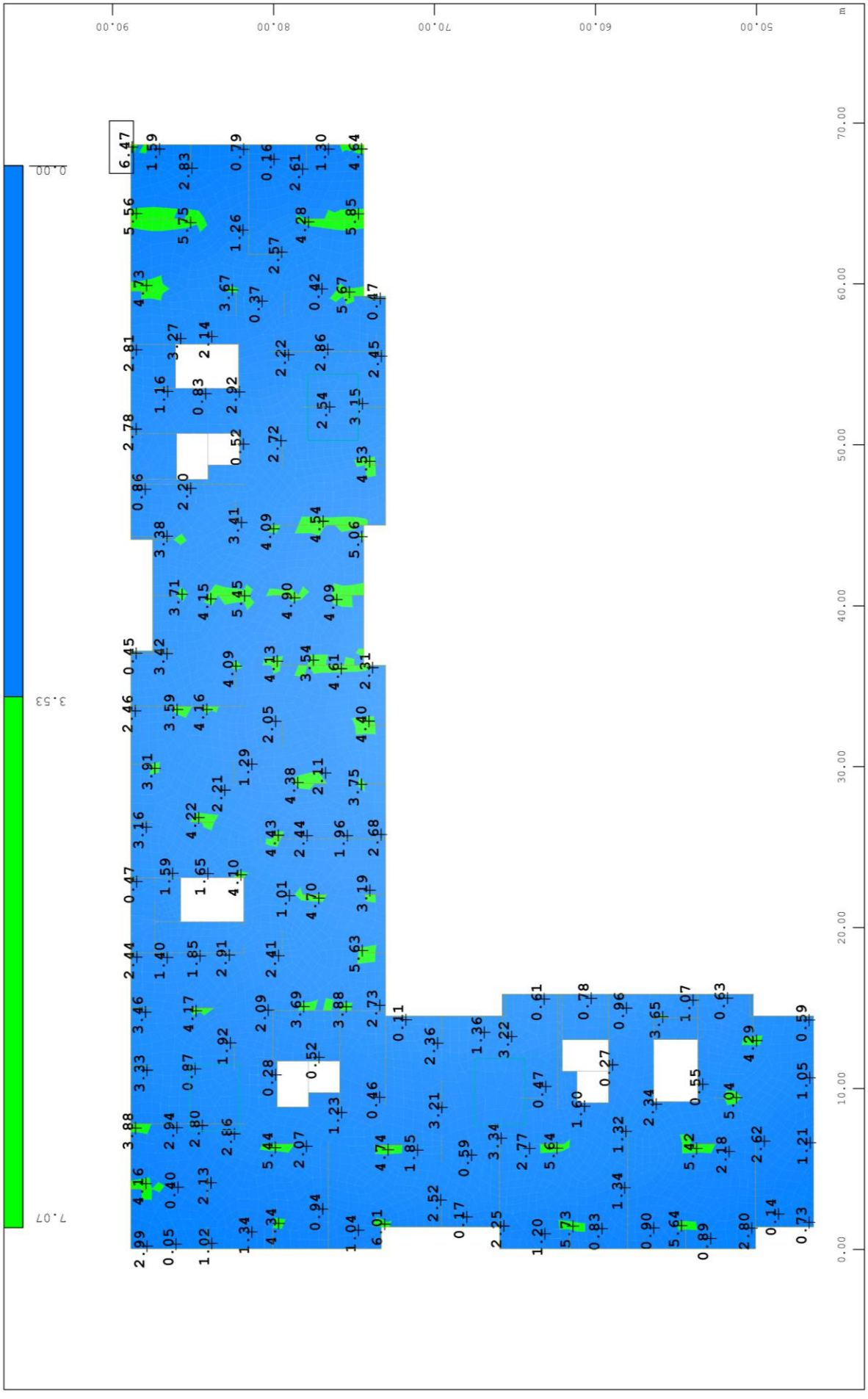


Момент M_y, кН·м/м



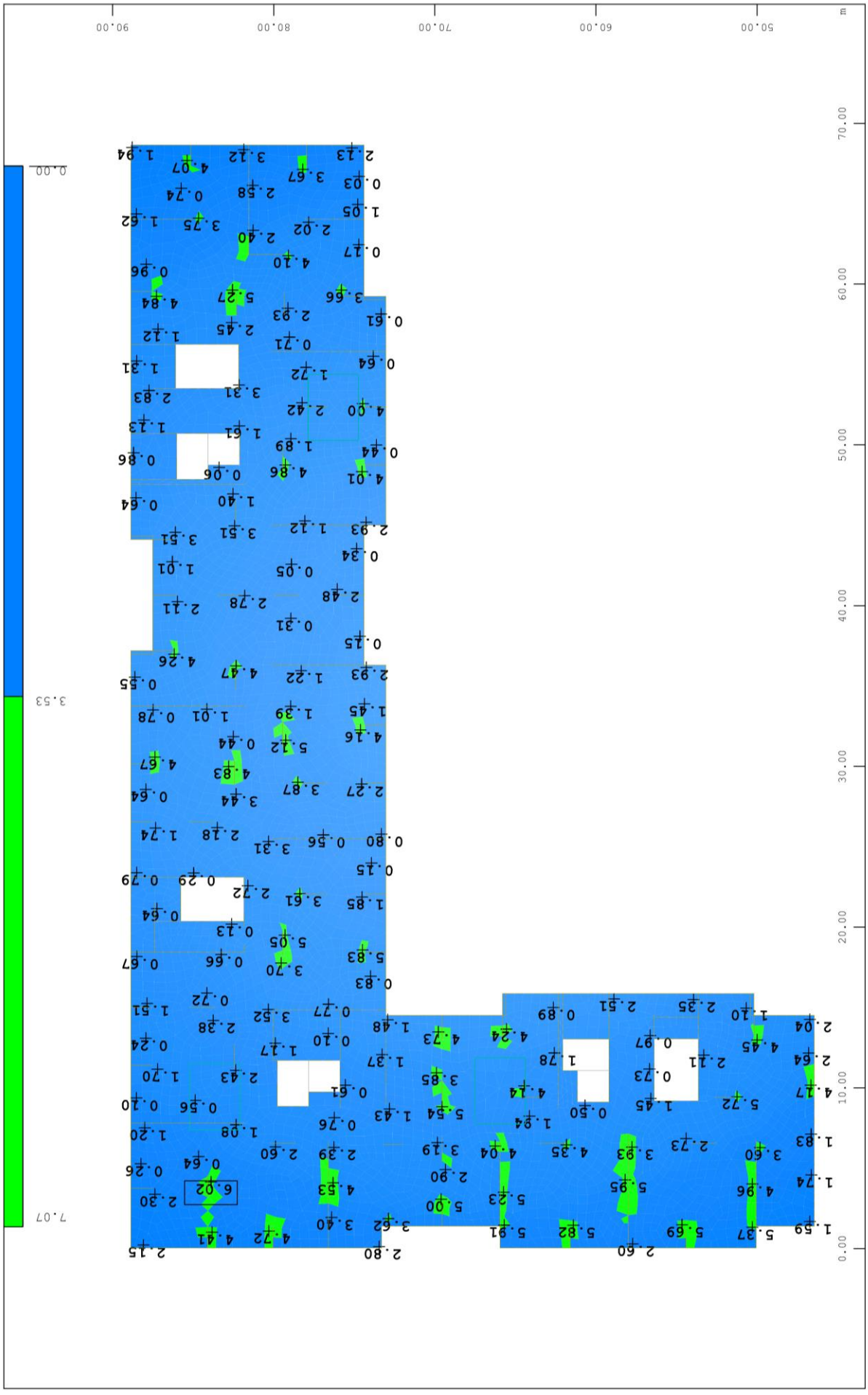
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		87

Верхнее армирование по оси X, см^2/м

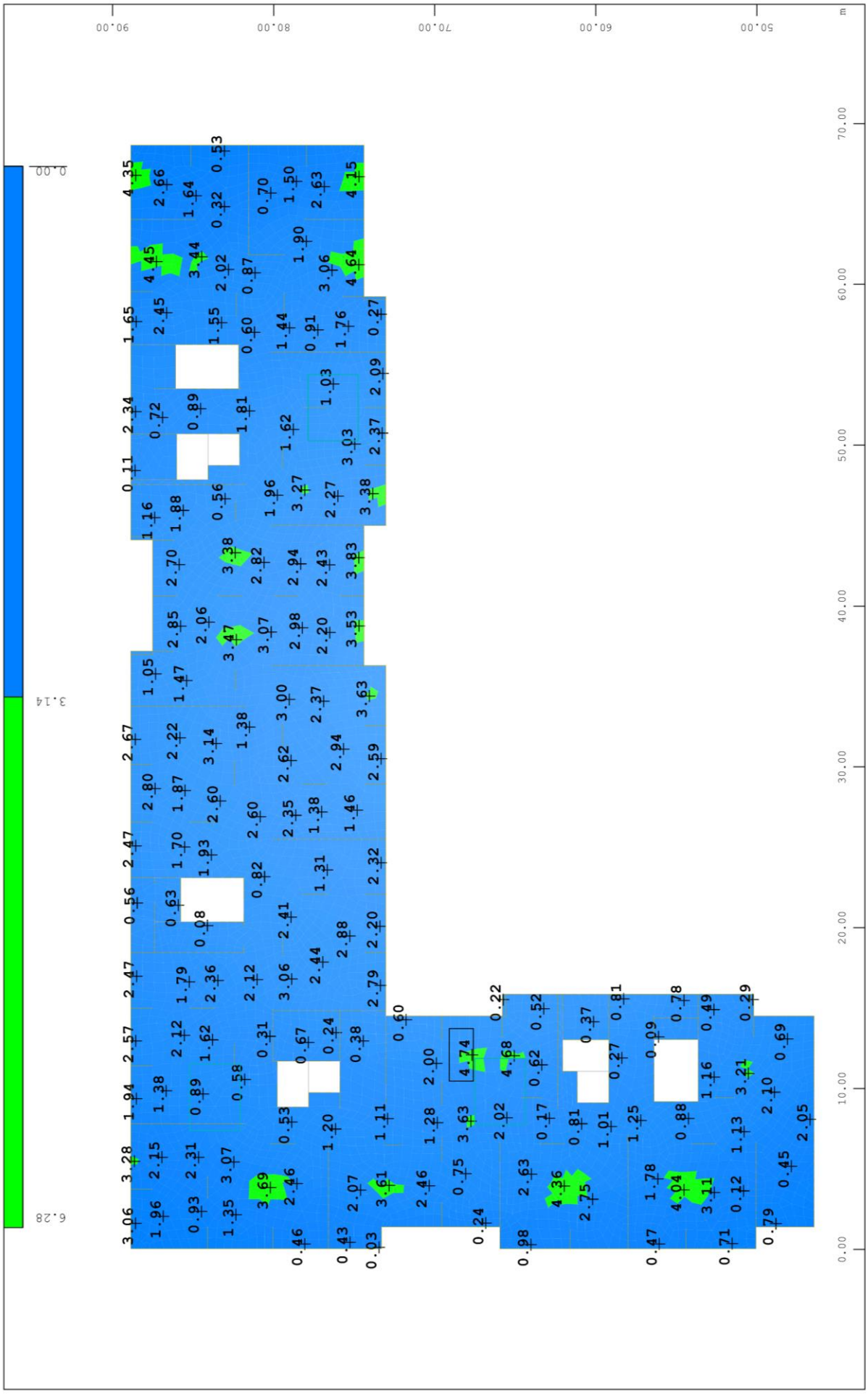


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 88

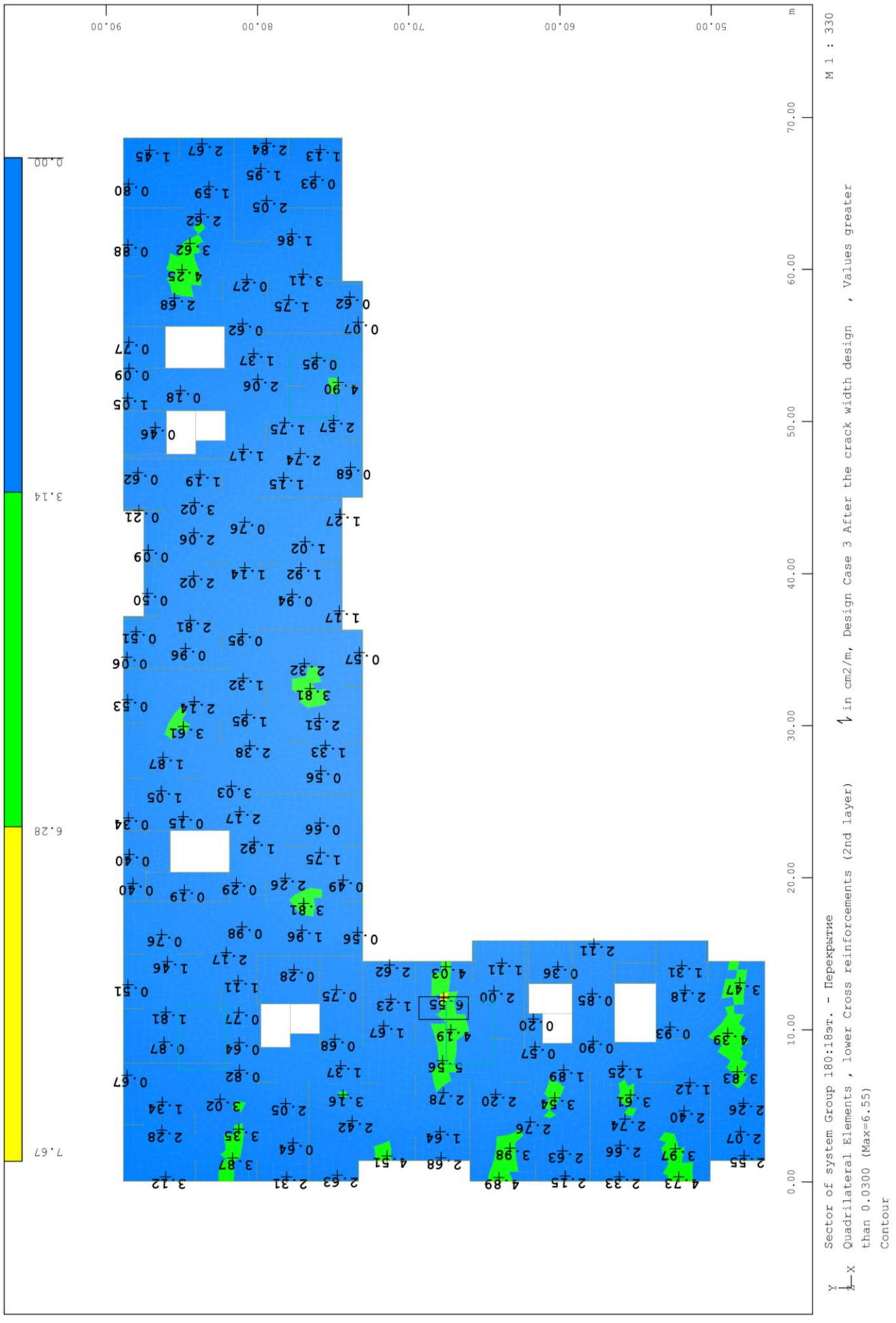
Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 91

СП 63. Бетонные и железобетонные конструкции

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-толщина плиты
a_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	190	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	180	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	1,7	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,09		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	7,2	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$=	5,1	тс· м	
$M_{дл}$=	4,8	тс· м	
M_{crc}=	1,90793	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0,5		
φ_3=	1		
$a_{кратк}$=	0,3	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$=	0,28	мм	-продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	16	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	10,1	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	14	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	2,95	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,16		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	9,7	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$=	5,2	тс· м	
$M_{дл}$=	4,7	тс· м	
M_{crc}=	1,90793	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0,5		
φ_3=	1		
$a_{кратк}$=	0,22	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$=	0,2	мм	-продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты

a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)

a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)

$h_{0,x}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси X)

a_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)

a'_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)

$h_{0,y}$= 170 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,\phi}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,\phi}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,7 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,1 тс· м

$M_{дл}$= 2,6 тс· м

M_{crc}= 1,89486 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,16 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,14 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,\phi}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,\phi}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4,1 тс· м

$M_{дл}$= 3,5 тс· м

M_{crc}= 1,89486 тс· м -момент образования трещин

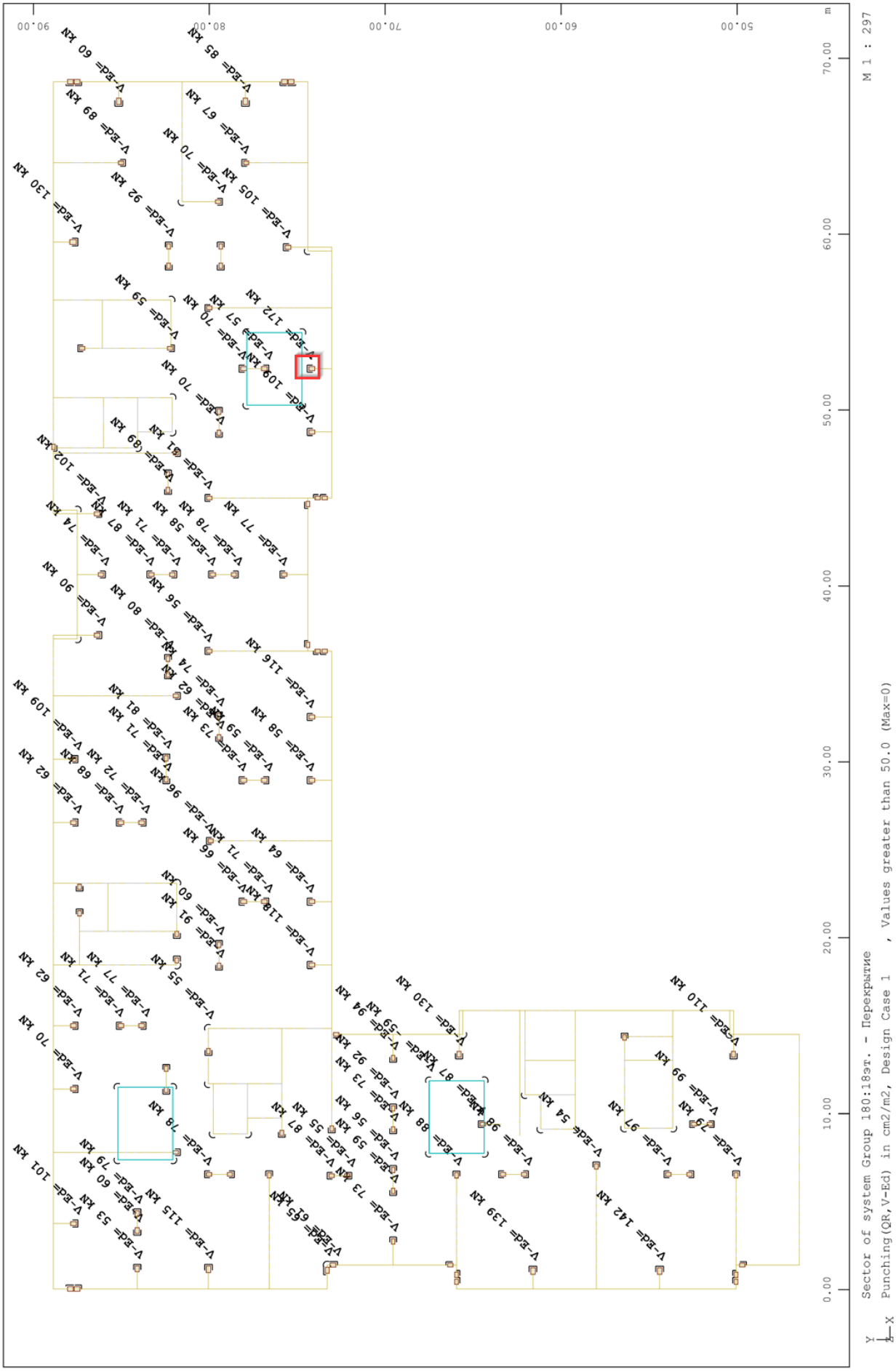
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,28 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,25 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		94

Расчет плиты на продавливание

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположение
Стена	Плита покрытия	Торец стены

Сечение стены

вдоль оси X, мм	220

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	40
a_y, мм	50
h_o, мм	175

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т		17.2
M_x, т		0
M_y, т		2.1
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
$0.25 \cdot R_{bt} \cdot b$	6.40

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	2.1
N_{int}, т	17.2	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.08	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	1.05
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	0.00
F, т	17.12	M_x, тм	0.00	M_y, тм	1.05

Расчетный контур

l_x, м	0.40
l_y, м	0.40
u, м	1.19
A_{q1}, м^2	0.156
A_q, м^2	0.275

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

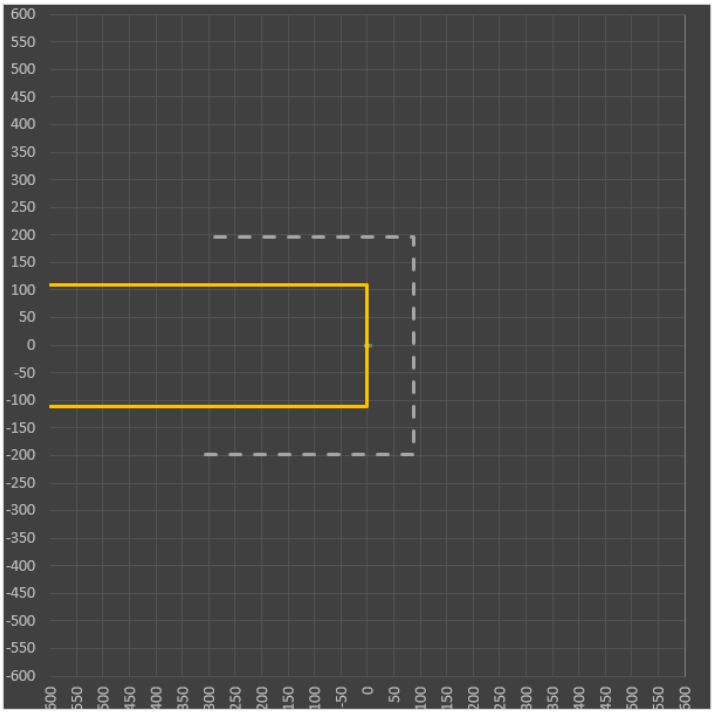
Бетон		I_{bx1}, м^3		I_{by1}, м^3	0.0051
Класс	B30	I_{bx2}, м^3		I_{by2}, м^3	0.0308
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx}, м^3		I_{by}, м^3	0.0360
γ_{b1}	1	W^-_{bx}, м^2		W^-_{by}, м^2	0.1820
A_b, м^2	0.21	W^+_{bx}, м^2		W^+_{by}, м^2	0.1820
$F_{b,ult}$, т	24.26	$M_{bx,ult}$, тм		$M_{by,ult}$, тм	3.727
$F/F_{b,ult}$	0.706	$M_x/M_{bx,ult}$	0.000	$M_y/M_{by,ult}$	0.282

0.988 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

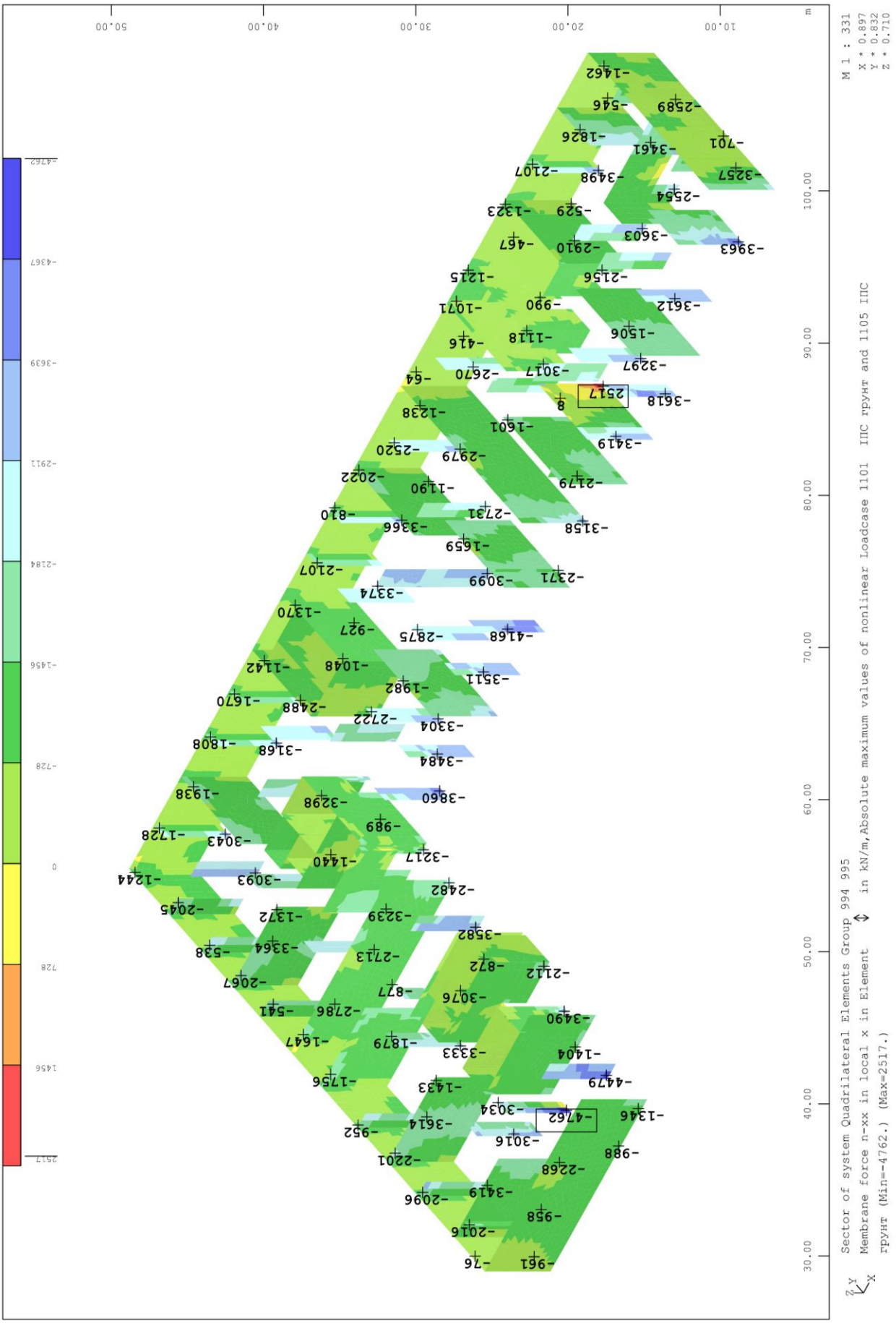
$F_{sw,ult}$, т	145.814			$M_{swy,ult}$, тм	22.399
F_{ult}, т	48.526			$M_{y,ult}$, тм	7.454
F/F_{ult}	0.353	$M_x/M_{x,ult}$	0.000	$M_y/My_{,ult}$	0.141

0.494 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

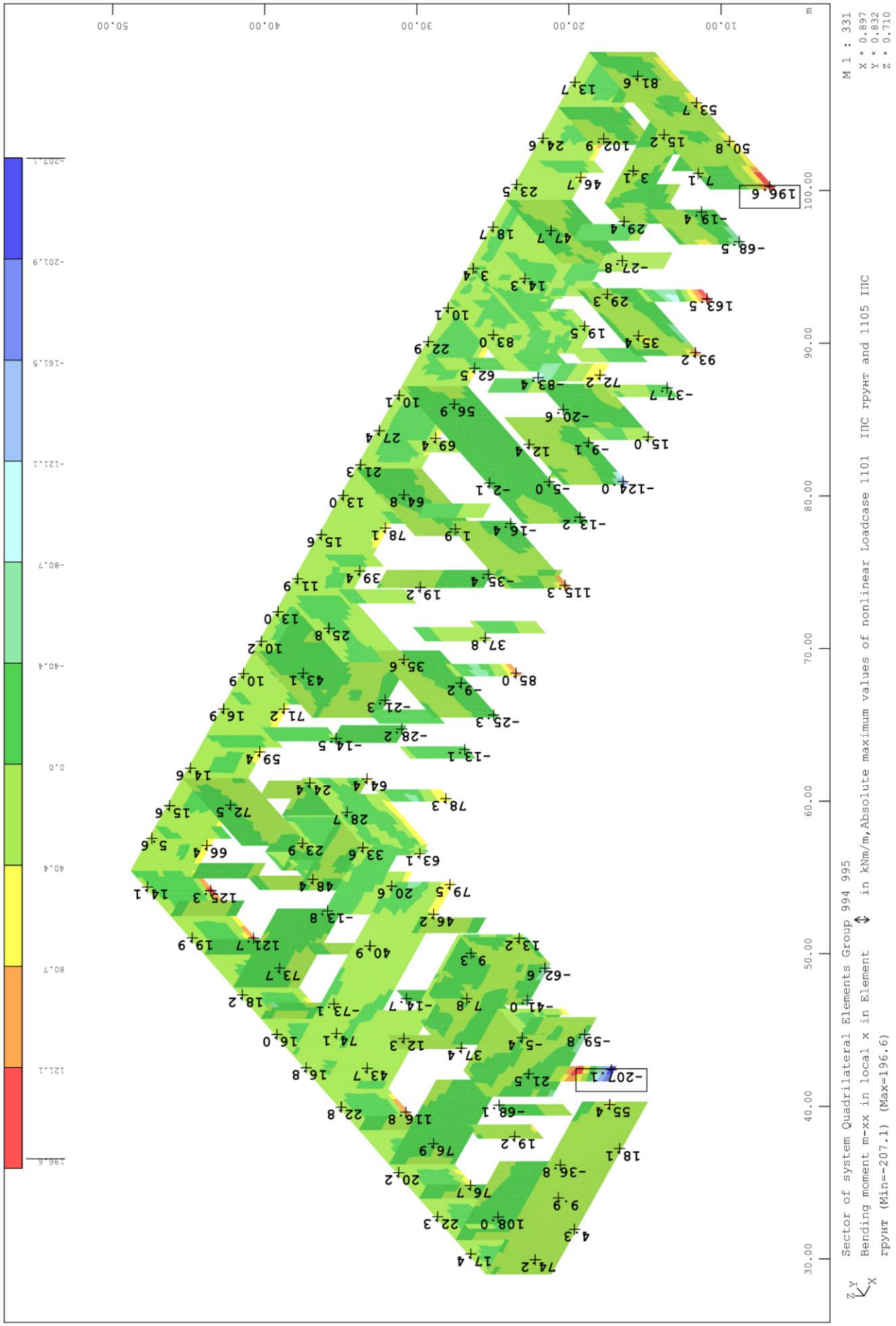


4.11. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах -1 этажа, кН/м

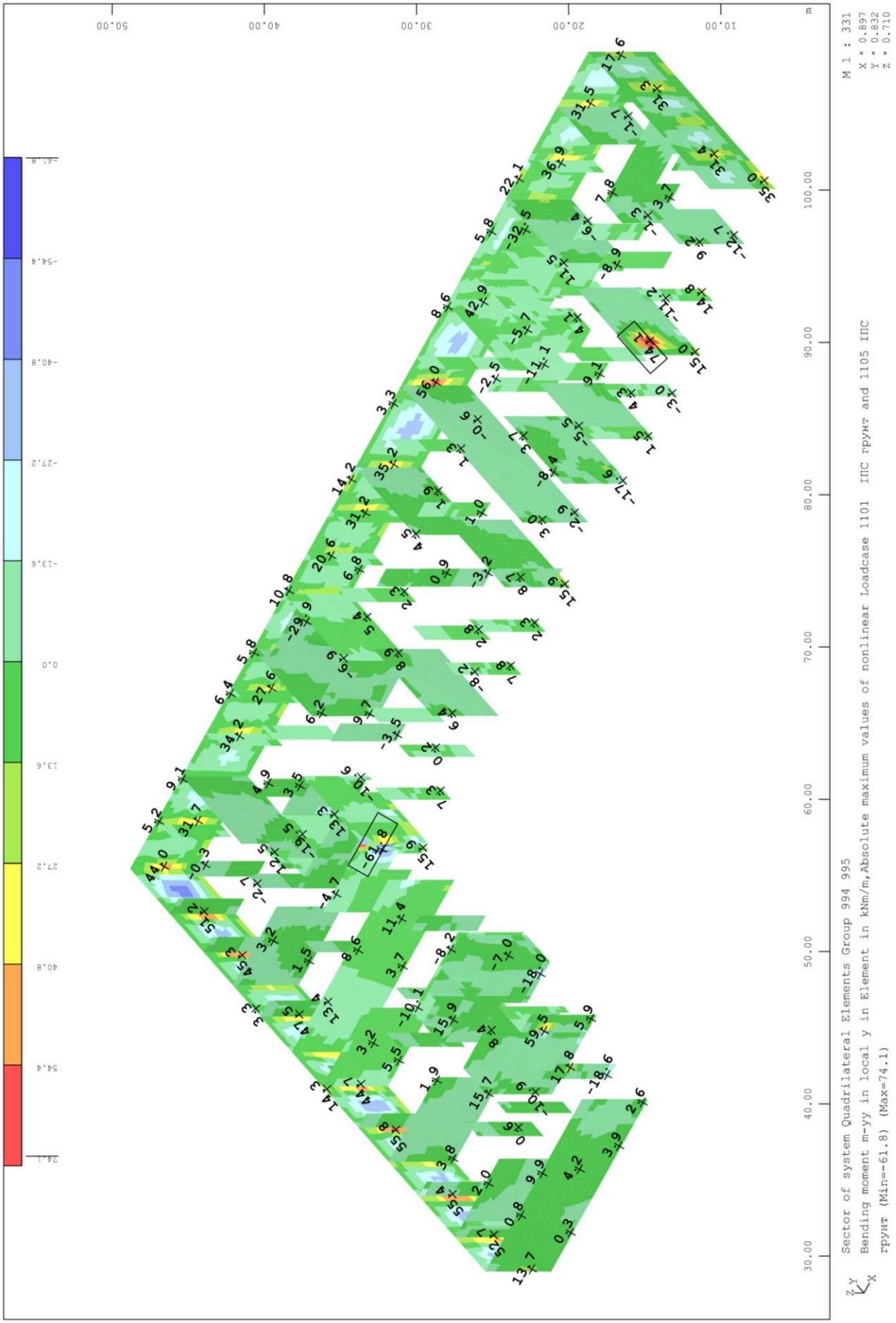


Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м



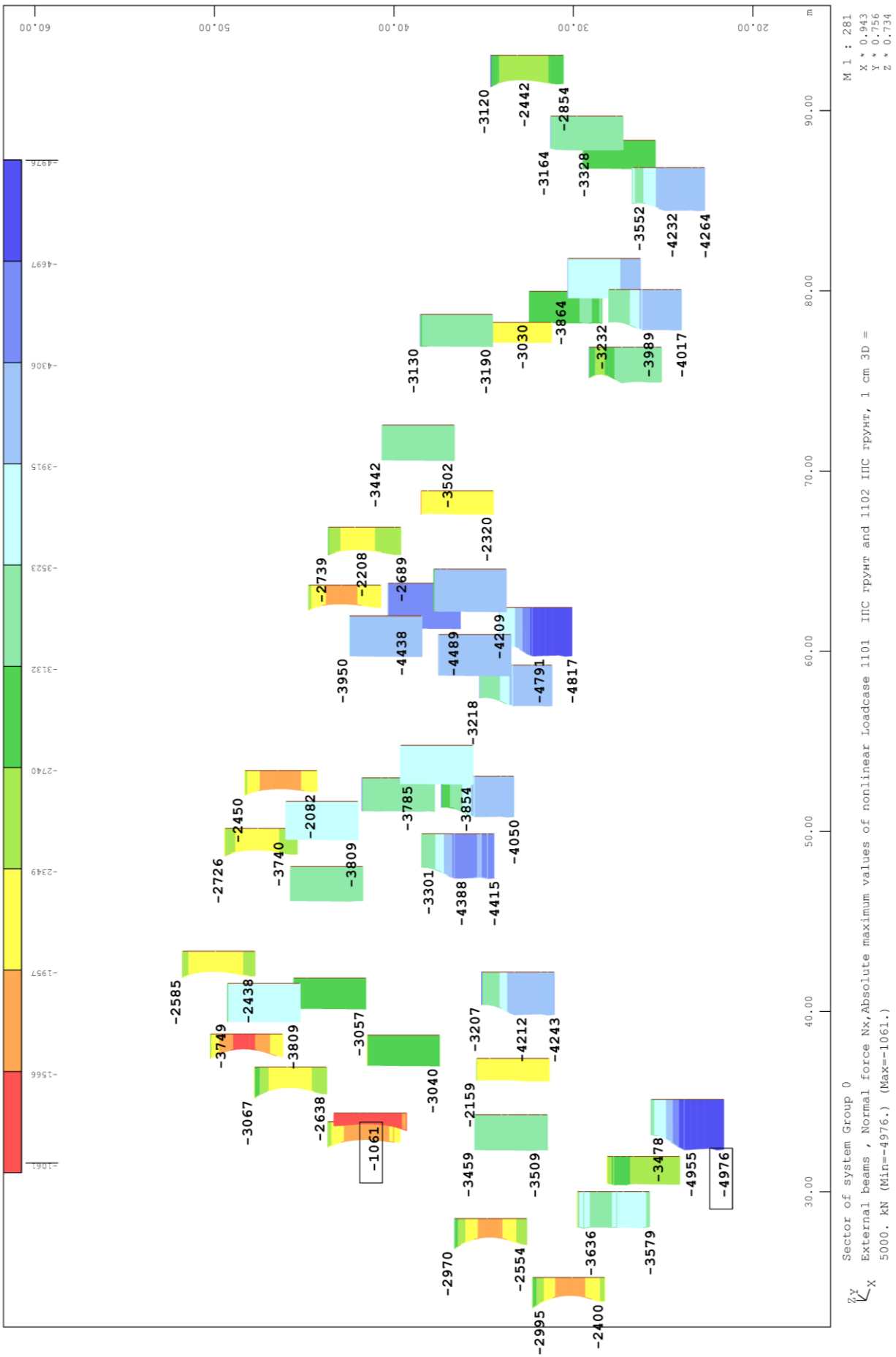
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		97

Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м

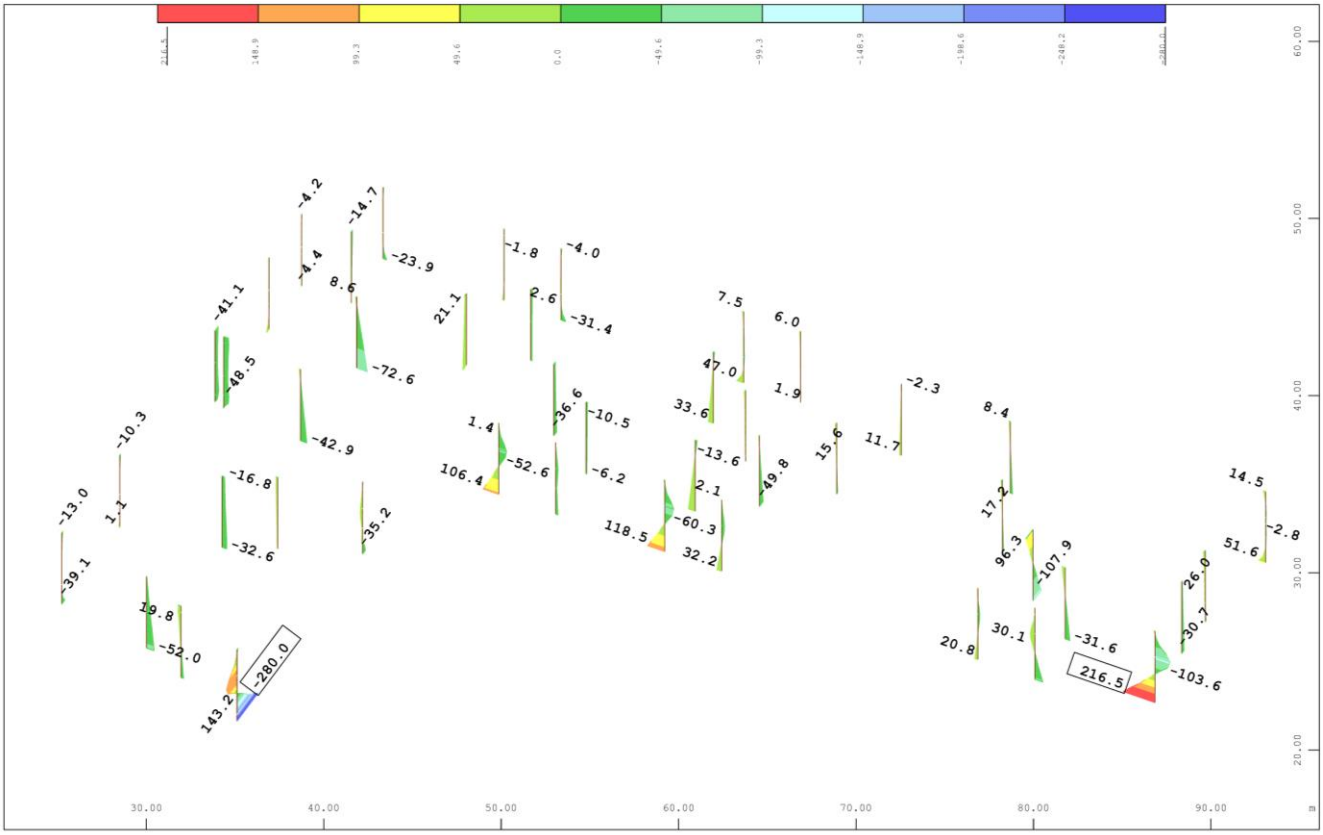


						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		98

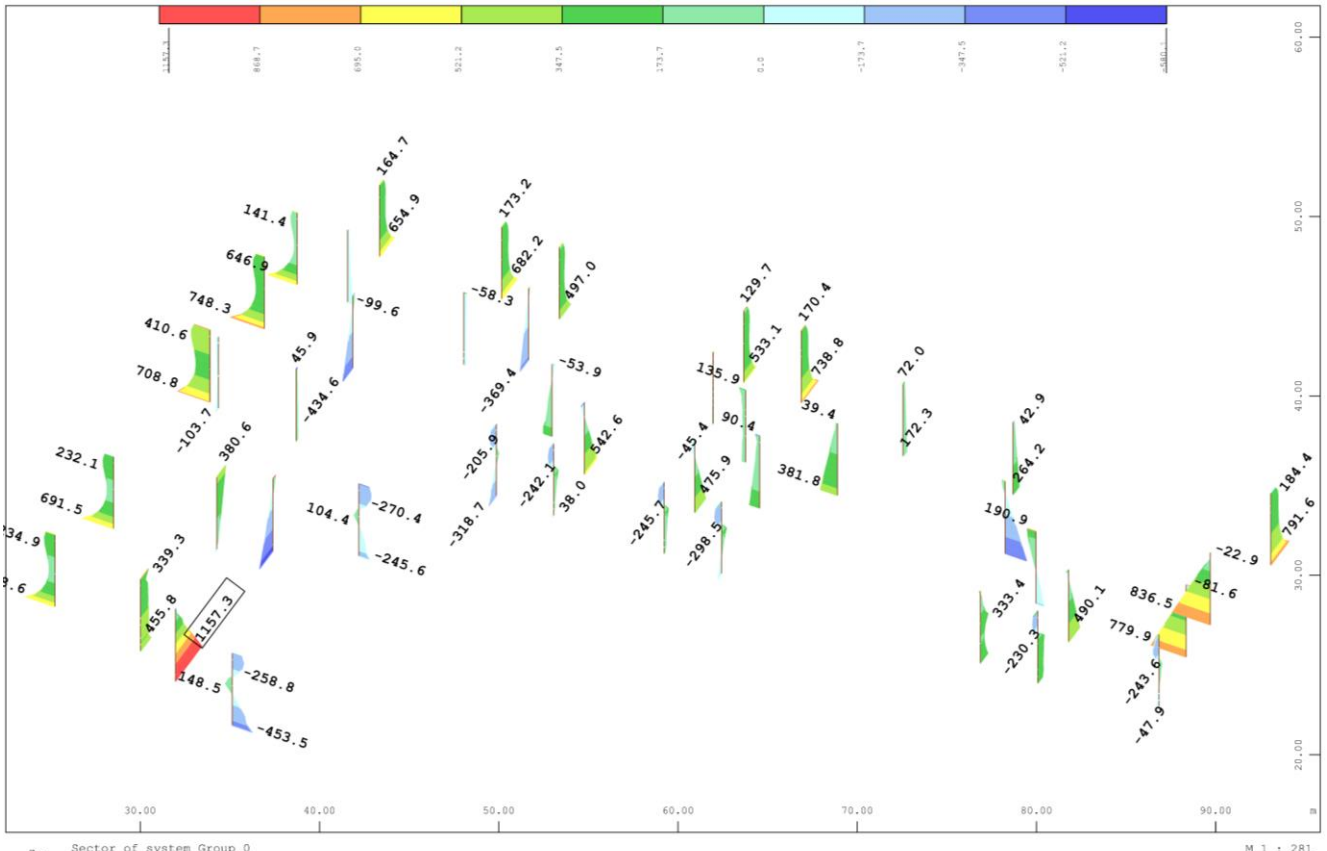
Вертикальные усилия (N) в пилонах -1 этажа, кН



Изгибающие моменты (Mx) в пилонах -1 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в пилонах -1 этажа, кН*м



ПИЛОН 250Х1200 В ОСЯХ 1.16-1.18/1.ИИ-1.КК НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2320$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2204$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 17.2$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 16.34$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.2 \cdot 0.2) = 1.17\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 17.2/2320 = 0.007\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.007\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 = 0.041$$

Так как $\delta_e = 0.041 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 17.2 + 2320 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 191.2\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 16.34 + 2204 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 181.64\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 181.64/191.2 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.56250E - 003\text{м^4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 1.4074E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.5834E - 005\text{м^4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.56250E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.58336E - 005$$
$$= 10897.26\text{кНм^2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 10897.26)/(4.88\text{^}2) = 4516.25\text{кН}$$

Условие $N = 2320\text{кН} \le N_cr = 4516.25\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 2320/4516.25) = 2.056$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 2.056\ +\ (0.2\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.096\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (2320\ +\ 435000 \cdot 1.4074E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$=\ 0.137\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.137/0.2 = 0.683\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (2320 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.123\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 2320 \cdot 0.096\ =\ 222.5\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.123(0.2 - 0.5 \cdot 0.123) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 380.23\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 222.5\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 380.23\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5852

ПИЛОН 300Х1200 В ОСЯХ 1.3-1.4/1.ГГ НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3040$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2888$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 42.9$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 40.76$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.2 \cdot 0.25) = 0.94\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 42.9/3040 = 0.014\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.014/0.3 = 0.047$$

Так как $\delta_e = 0.047 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 42.9 + 3040 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 346.9\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 40.76 + 2888 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 329.56\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 329.56/346.9 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 2.70000E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 1.4074E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.8149E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.70000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.81487E - 005$$
$$= 18940.81\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 18940.81)/(4.88\text{^}2) = 7849.8\text{кН}$$

Условие $N = 3040\text{кН} \le N_cr = 7849.8\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 3040/7849.8) = 1.632$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.014 \cdot 1.632 + (0.25 - 0.05)/2 = 0.123\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$

$$= (3040 + 435000 \cdot 1.4074E - 003 - 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$

$$= 0.178\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.178/0.25 = 0.713 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$

$$= (3040 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$

$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.25(1 - 0.527))) = 0.161\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 3040 \cdot 0.123 = 374.01\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.161(0.25 - 0.5 \cdot 0.161) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.25 - 0.05)$$

$$= 585.5\text{кНм}$$

$$Ne = 374.01\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 585.5\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6388

ПИЛОН 300Х1300 В ОСЯХ 1.16/1.ГГ-1.ДД НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4817$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4576.15$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 60.3$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 57.29$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 18)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 28.27$ см^2 $= 2.8274E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 28.27$ см^2 $= 2.8274E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.8274E-003 + 2.8274E-003)/(1.3 \cdot 0.25) = 1.74\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 60.3/4817 = 0.013\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.013/0.3 = 0.042$$

Так как $\delta_e = 0.042 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 60.3 + 4817 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 542\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 57.29 + 4576.15 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 514.9\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 514.9/542 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.3 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 2.92500E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.8274E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.8274E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 5.6549E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.92500E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 5.65487E - 005$$
$$= 24166.81\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 24166.81)/(4.88\text{^}2) = 10015.66\text{кН}$$

Условие $N = 4817\text{кН} \leq N_cr = 10015.66\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 4817/10015.66) = 1.927$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.013 \cdot 1.927 + (0.25 - 0.05)/2 = 0.124\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (4817 + 435000 \cdot 2.8274E - 003 - 400000 \cdot 2.8274E - 003)/(14450 \cdot 1.3)$$
$$= 0.262\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.262/0.25 = 1.047 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (4817 + 435000 \cdot 2.8274E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.8274E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.3 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.8274E - 003)/(0.25(1 - 0.527))) = 0.193\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 4817 \cdot 0.124 = 597.87\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.3 \cdot 0.193(0.25 - 0.5 \cdot 0.193) + 400000 \cdot 2.8274E - 003(0.25 - 0.05)$$
$$= 783.15\text{кНм}$$

$$Ne = 597.87\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 783.15\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7634

ПИЛОН 300Х1400 В ОСЯХ 1.30/1.ИИ-1.КК НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3328$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3161.6$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 26$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 24.7$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 140$ см $= 1.4$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0\ ) = 100\%(1.6085E - 003\ +\ 1.6085E - 003\ )/(1.4 \cdot 0.25\ ) =\ 0.92\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 26/3328 = 0.008\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.008\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.3 = 0.034$$

Так как $\delta_e = 0.034 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 26 + 3328 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 358.8\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 24.7 + 3161.6 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 340.86\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 340.86/358.8 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.4 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 3.15000E - 003\text{м^}4$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.6085E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 1.6085E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 3.2170E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 3.15000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 3.21699E - 005$$
$$= 22003.79\text{кНм^}2$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 22003.79)/(4.88\text{^}2) = 9119.22\text{кН}$$

Условие $N = 3328\text{кН} \le N_cr = 9119.22\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 3328/9119.22) = 1.575$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.575\ +\ (0.25\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.116\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3328\ +\ 435000 \cdot 1.6085E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.6085E - 003)/(14450 \cdot 1.4)$$
$$=\ 0.167\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.167/0.25 = 0.669\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3328 + 435000 \cdot 1.6085E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.6085E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.4 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.6085E - 003)/(0.25(1 - 0.527))) = 0.154\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3328 \cdot 0.116\ =\ 386.08\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.4 \cdot 0.154(0.25 - 0.5 \cdot 0.154) + 400000 \cdot 1.6085E - 003(0.25 - 0.05)$$
$$= 667.99\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 386.08\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 667.99\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.578

ПИЛОН 300Х1500 В ОСЯХ 1.14/1.ИИ-1.КК НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4489$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4264.55$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 49.8$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 47.31$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.5 \cdot 0.25) = 1.34\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 49.8/4489 = 0.011\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.011/0.3 = 0.037$$

Так как $\delta_e = 0.037 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 49.8 + 4489 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 498.7\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 47.31 + 4264.55 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 473.77\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 473.77/498.7 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 3.37500E-003\text{м^}4$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E-003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.5133E-003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 5.0265E-005\text{м^}4$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 3.37500E-003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 5.02655E-005$$
$$= 25787.17\text{кНм^}2$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 25787.17)/(4.88\text{^}2) = 10687.2\text{кН}$$

Условие $N = 4489\text{кН} \le N_cr = 10687.2\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 4489/10687.2) = 1.724$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.011 \cdot 1.724 + (0.25 - 0.05)/2 = 0.119\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (4489 + 435000 \cdot 2.5133E - 003 - 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.5)$$
$$= 0.211\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.211/0.25 = 0.845 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (4489 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.5 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.25(1 - 0.527))) = 0.175\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 4489 \cdot 0.119 = 534.77\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.5 \cdot 0.175(0.25 - 0.5 \cdot 0.175) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.25 - 0.05)$$
$$= 816.81\text{кНм}$$

$$Ne = 534.77\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 816.81\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6547

СП 63. Бетонные и железобетонные конструкции

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 300 в осях 1.ДД-1.ЖЖ/1.32

Класс бетона: B30 Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	300	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	6100	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	250	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	488	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	293	тс	-продольная сила
M=	6,5	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	6,1	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'$_s$=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,24	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	9,1	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	2,22	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	17,6	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	225000	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	2013,8961	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,94		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,17		
k_s=	0,7		
D=	1,057E+10	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	438	тс	-условная критическая сила
η=	3,02		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	16,7	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 50,222 тс· м

условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 48,935 тс· м

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 250 в осях 1.ДД-1.ЖЖ/1.12

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	250	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	6100	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	200	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	488	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	190	тс	-продольная сила
M=	2,3	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	2,1	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'$_s$=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,24	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	6,9	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,21	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	11,9	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	130208,33	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	1134,2502	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,91		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,17		
k_s=	0,7		
D=	6,131E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	254,08	тс	-условная критическая сила
η=	3,97		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	12,3	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 30,805 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 23,37 \text{ тс· м}$$

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 200 в осях 1.ЕЕ-1.ЖЖ/1.4-1.5

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

$R_{b.ser}$, $R_{bt.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{sw.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_{bt.ser}$, $R_{bt.t.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	6100	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	150	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	488	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	86,1	тс	-продольная сила
M=	0,5	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	0,4	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	5,65	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	5,65	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,14	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	2,6	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,02	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	5,98	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	66666,667	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	283,78014	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,8		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,19		
k_s=	0,7		
D=	2,86E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	118,53	тс	-условная критическая сила
η=	3,66		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	8,72	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 12,889 \text{ тс· м}$$

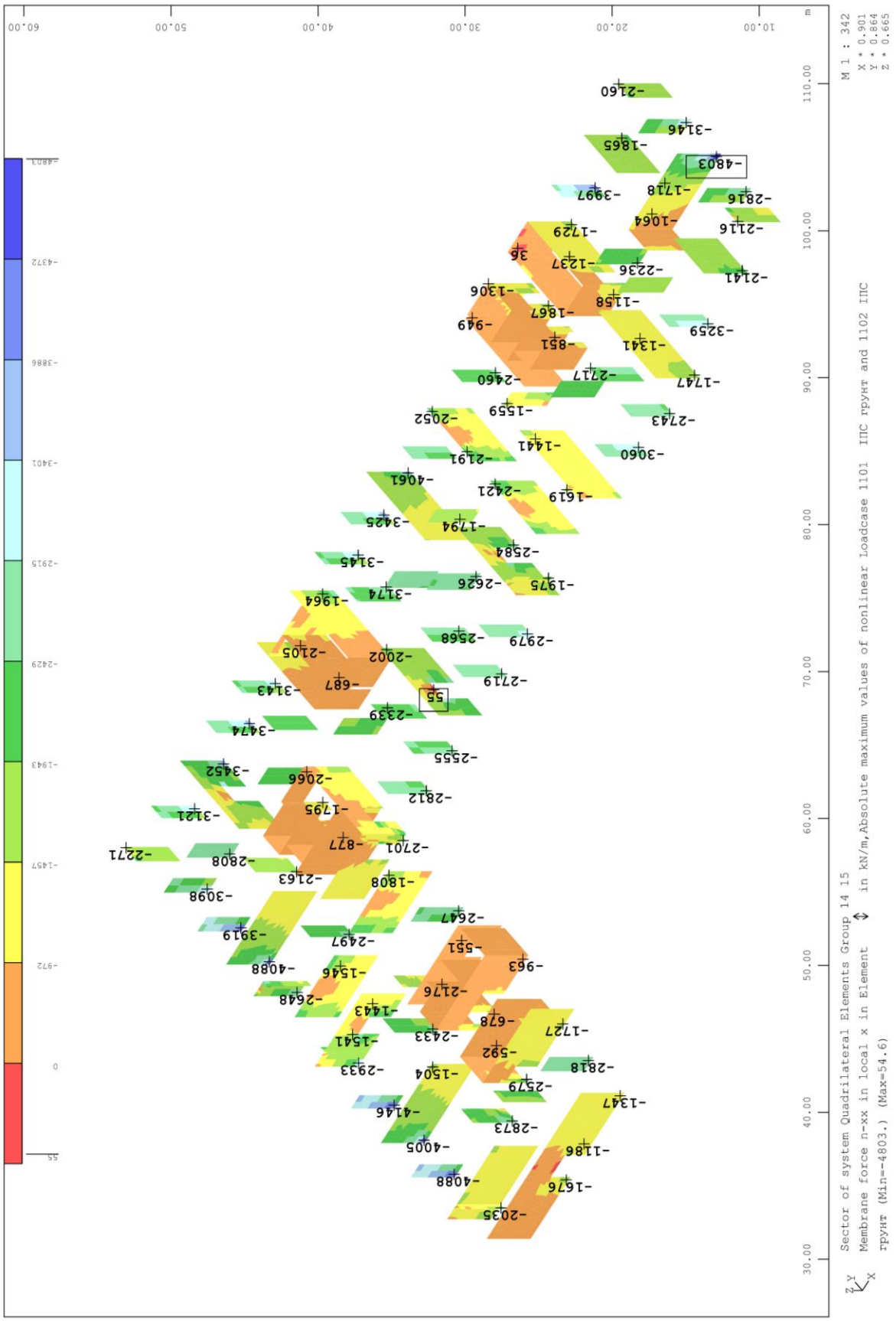
условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 7,5044 \text{ тс· м}$$

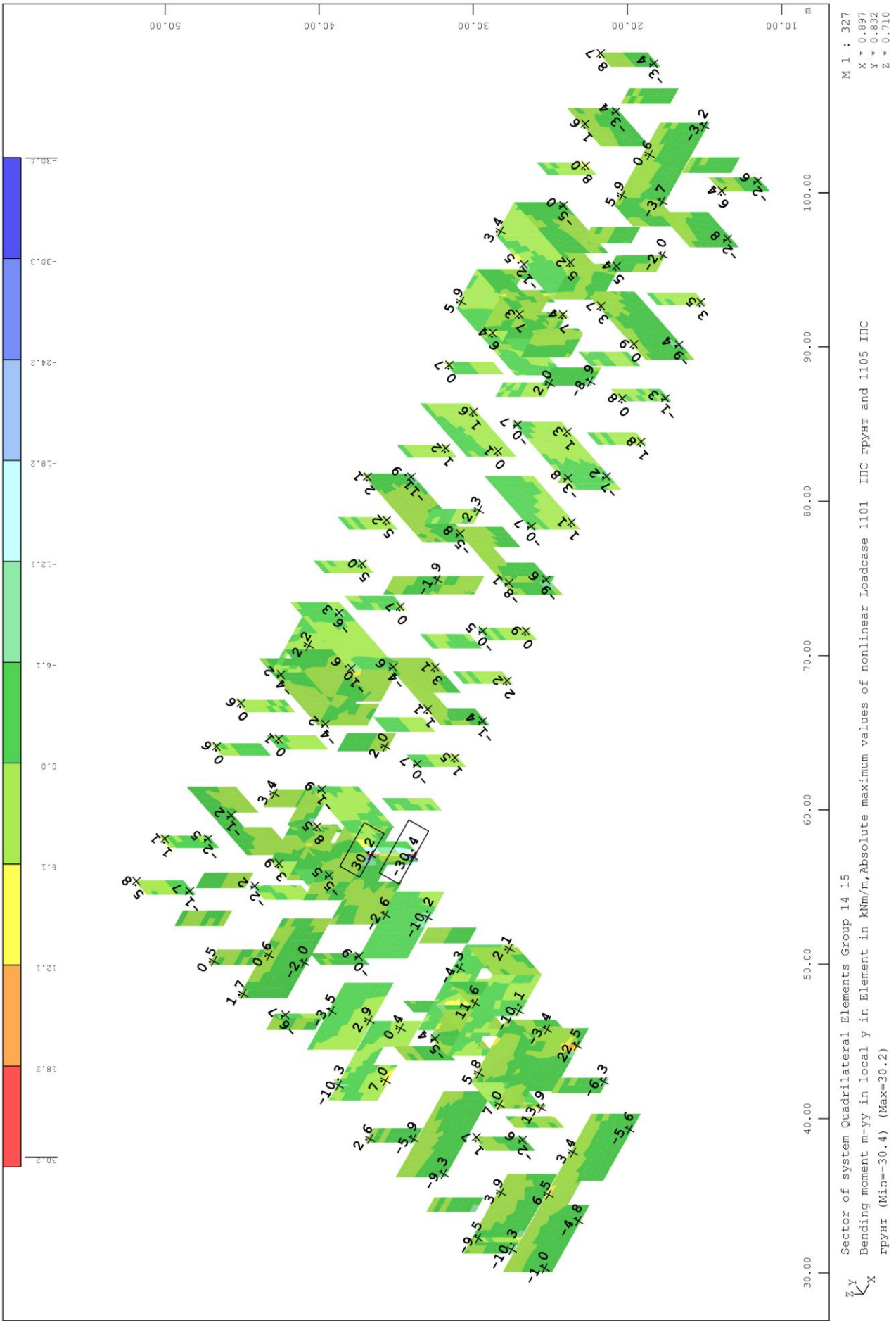
4.12. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

4.12.1 НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 1 этажа, кН/м

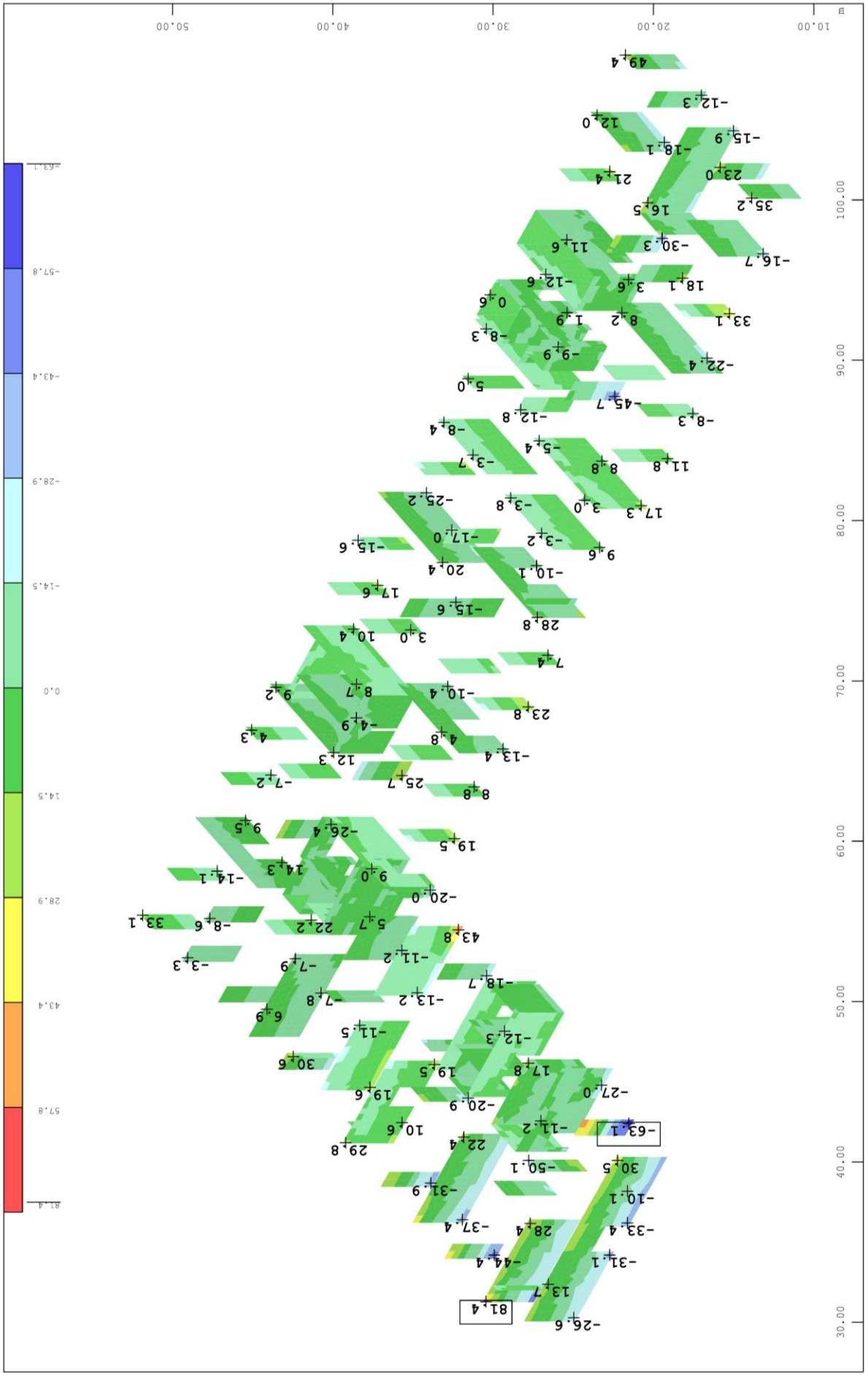


Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м



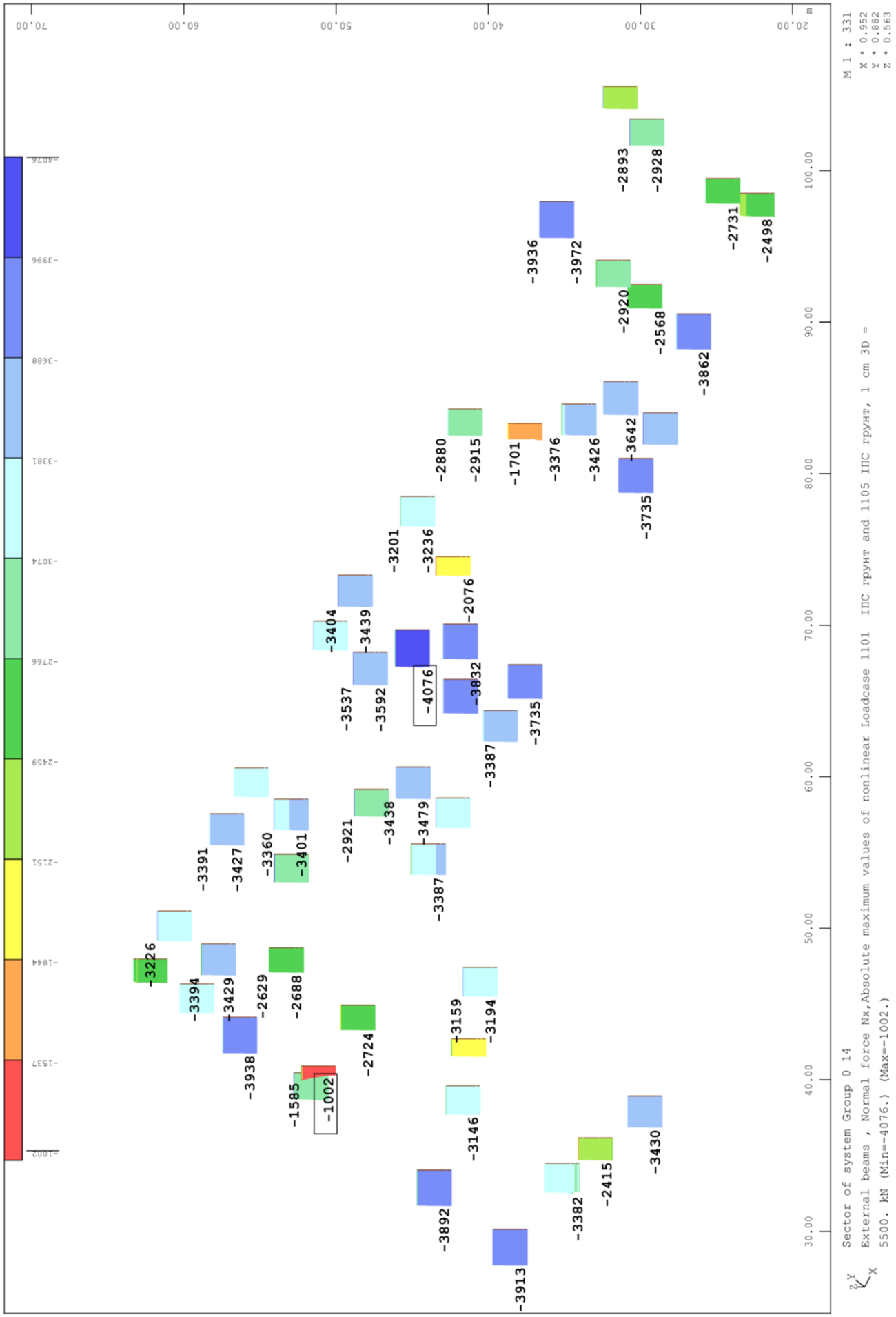
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 120

Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м

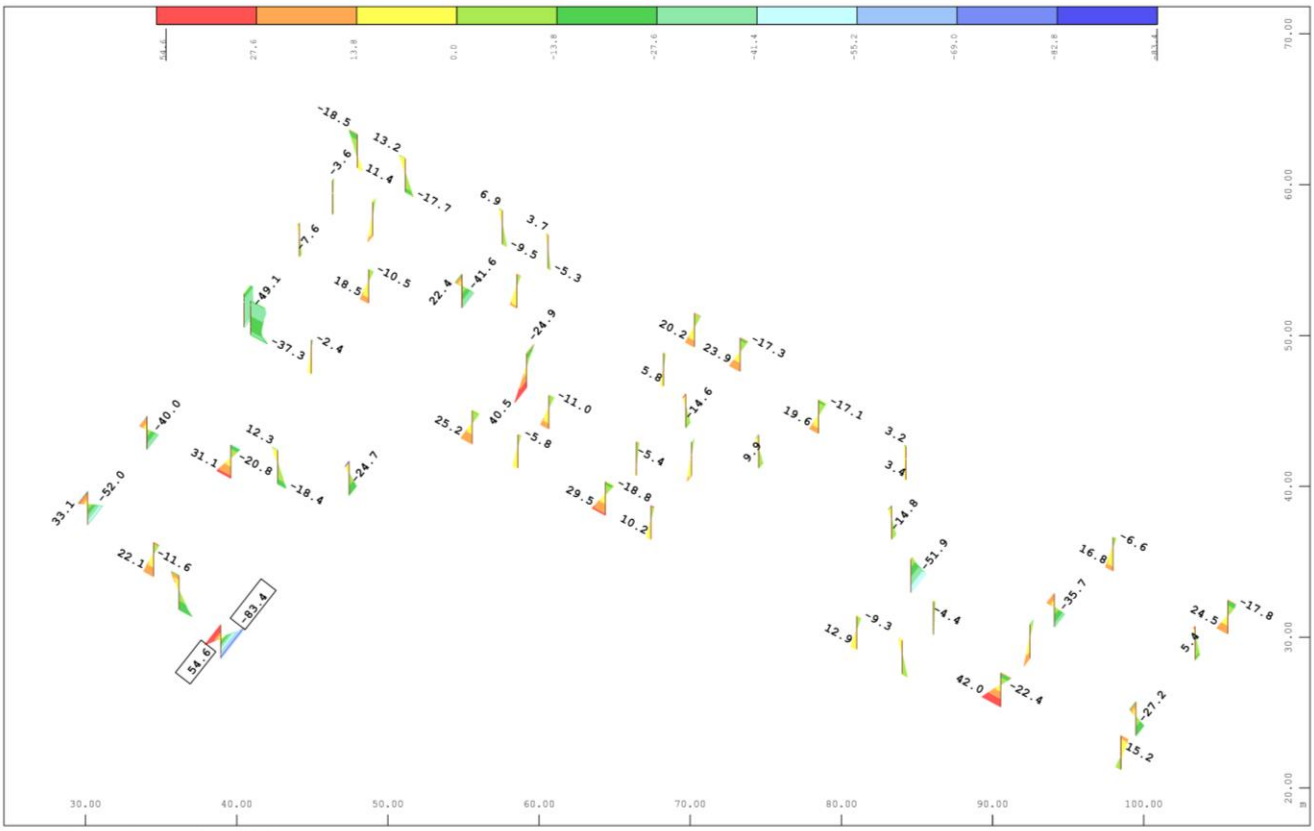


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 121

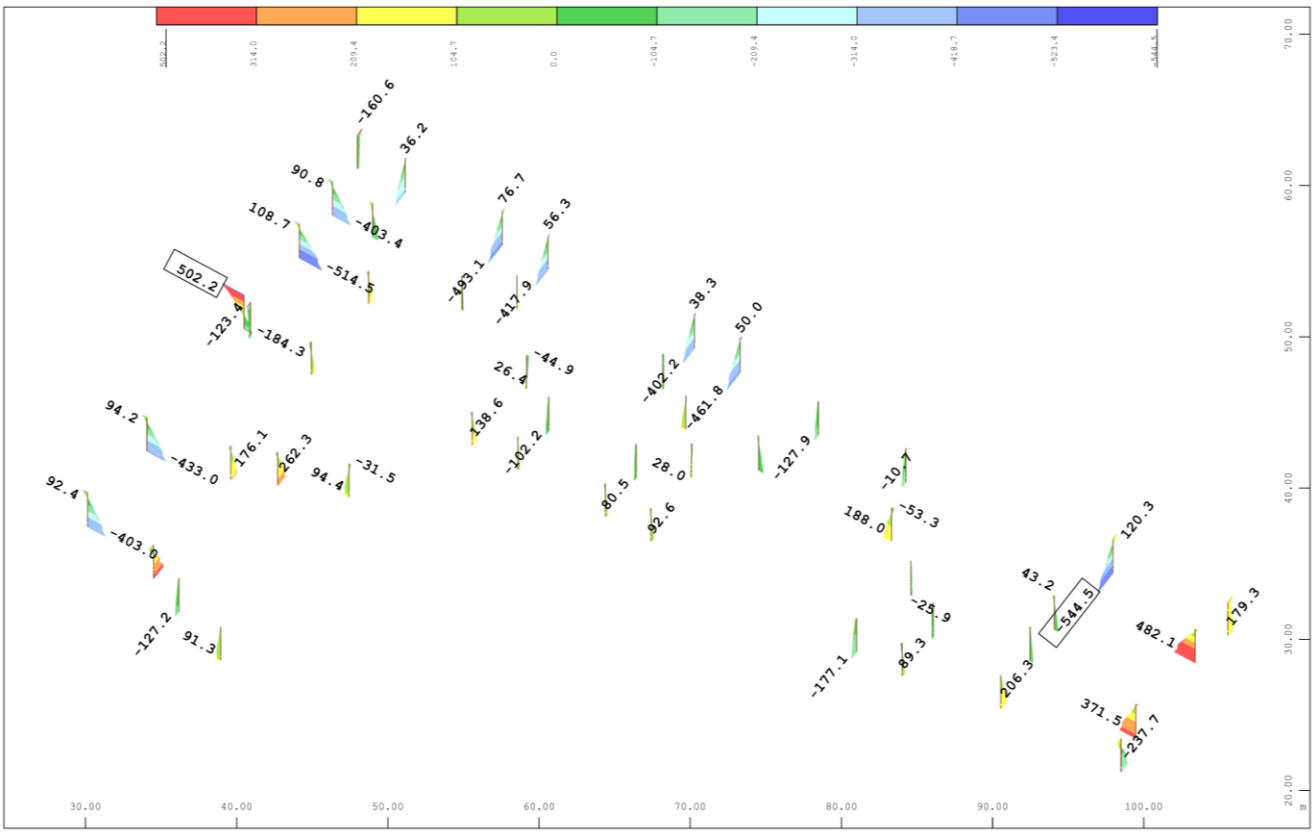
Вертикальные усилия (N) в пилонах 1 этажа, кН



Изгибающие моменты (Mx) в пилонах 1 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в пилонах 1 этажа, кН*м



ПИЛОН 200Х1200 В ОСЯХ 1.16-1.18/1.ИИ-1.КК НА 1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2076$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 1972.2$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 15.1$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 14.35$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.2 \cdot 0.15) = 1.56\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 \ = \ 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 4.5/600 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.2/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 15.1/2076 = 0.007\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.007\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.2 \ = \ 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 15.1 \ + \ 2076 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 118.9\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 14.35 \ + \ 1972.2 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 112.96\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 112.96/118.9 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.2\text{^}3)/(12) = 8.00000E - 004\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.4074E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 7.0372E - 006\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 8.00000E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 7.03717E - 006$$
$$= \ 5429.65\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 5429.65)/(3.6\text{^}2) = 4134.91\text{кН}$$

Условие $N = 2076\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 4134.91\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 2076/4134.91) = 2.008$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 2.008\ +\ (0.15\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.07\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (2076\ +\ 435000 \cdot 1.4074E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$=\ 0.123\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.123/0.15 = 0.817\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (2076 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.15(1 - 0.527))) = 0.101\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 2076 \cdot 0.07\ =\ 145.49\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.101(0.15 - 0.5 \cdot 0.101) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.15 - 0.05)$$
$$= 230.44\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 145.49\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 230.44\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6314

ПИЛОН 250Х1200 В ОСЯХ 1.1-1.2/1.Ю НА 1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3913$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3717.35$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 52$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 49.4$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.2 \cdot 0.2) = 2.09\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 = 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 4.5/600 = 0.008\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 52/3913 = 0.013\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.013/0.25 = 0.053$$

Так как $\delta_e = 0.053 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 52 + 3913 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 345.48\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 49.4 + 3717.35 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 328.2\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 328.2/345.48 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.56250E-003\text{м^4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E-003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.5133E-003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.8274E-005\text{м^4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.56250E-003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E-005$$
$$= 12638.96\text{кНм^2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 12638.96)/(3.6\text{^}2) = 9625.12\text{кН}$$

Условие $N = 3913\text{кН} \le N_cr = 9625.12\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 3913/9625.12) = 1.685$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.013 \cdot 1.685 + (0.2 - 0.05)/2 = 0.097\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (3913 + 435000 \cdot 2.5133E - 003 - 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$= 0.231\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.231/0.2 = 1.154 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (3913 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.159\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 3913 \cdot 0.097 = 381.1\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.159(0.2 - 0.5 \cdot 0.159) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 483.11\text{кНм}$$

$$Ne = 381.1\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 483.11\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7888

ПИЛОН 250Х1300 В ОСЯХ 1.1-1.2/1.ЖЖ НА 1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3938$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3741.1$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 7.6$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 7.22$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.3 \cdot 0.2) = 1.93\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 = 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 4.5/600 = 0.008\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 7.6/3938 = 0.002\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.002\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 7.6 + 3938 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 302.95\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 7.22 + 3741.1 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 287.8\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 287.8/302.95 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.3 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.69271E - 003\text{м^}4$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.8274E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.69271E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E - 005$$
$$= 13362.34\text{кНм^}2$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 13362.34)/(3.6\text{^}2) = 10176.01\text{кН}$$

Условие $N = 3938\text{кН} \le N_cr = 10176.01\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 3938/10176.01) = 1.631$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.631\ +\ (0.2\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.091\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3938\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.3)$$
$$=\ 0.214\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.214/0.2 = 1.072\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3938 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.3 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.154\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3938 \cdot 0.091\ =\ 359.59\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.3 \cdot 0.154(0.2 - 0.5 \cdot 0.154) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 506.83\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 359.59\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 506.83\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7095

ПИЛОН 250Х1400 В ОСЯХ 1.30/1.ИИ-1.КК НА 1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2920$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2774$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 35.7$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 33.92$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 140$ см $= 1.4$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.6085E-003 + 1.6085E-003)/(1.4 \cdot 0.2) = 1.15\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 \ = \ 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 4.5/600 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.25/30 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 35.7/2920 = 0.012\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.012/0.25 \ = \ 0.049$$

Так как $\delta_e = 0.049 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 35.7 \ + \ 2920 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 254.7\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 33.92 \ + \ 2774 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 241.97\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 241.97/254.7 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.4 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.82292E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.6085E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.6085E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.8096E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.82292E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.80956E - 005$$
$$= \ 12660.7\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 12660.7)/(3.6\text{^}2) = 9641.67\text{кН}$$

Условие $N = 2920\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 9641.67\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 2920/9641.67) = 1.434$$

$$e = e_0 \ \eta + (h_0 \ - a')/(2) = 0.012 \cdot 1.434 \ + \ (0.2 \ - \ 0.05)/2 \ = \ 0.093\text{м}$$

$$\varepsilon_sel \ = R_s \ /E_s \ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (2920 + 435000 \cdot 1.6085E - 003 - 400000 \cdot 1.6085E - 003)/(14450 \cdot 1.4)$$
$$= 0.147\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.147/0.2 = 0.736 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (2920 + 435000 \cdot 1.6085E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.6085E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.4 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.6085E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.13\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 2920 \cdot 0.093 = 270.21\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.4 \cdot 0.13(0.2 - 0.5 \cdot 0.13) + 400000 \cdot 1.6085E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 450.84\text{кНм}$$

$$Ne = 270.21\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 450.84\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5993

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4076$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3872.2$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 14.6$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 13.87$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E - 003 + 2.5133E - 003)/(1.5 \cdot 0.2) = 1.68\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 = 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 4.5/600 = 0.008\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 14.6/4076 = 0.004\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.004\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 14.6 + 4076 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 320.3\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 13.87 + 3872.2 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 304.29\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 304.29/320.3 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.95313E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.8274E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.95313E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E - 005$$
$$= 14809.1\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 14809.1)/(3.6\text{^}2) = 11277.78\text{кН}$$

Условие $N = 4076\text{кН} \le N_cr = 11277.78\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 4076/11277.78) = 1.566$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.566 + (0.2 - 0.05)/2 = 0.091\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (4076 + 435000 \cdot 2.5133E - 003 - 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.5)$$
$$= 0.192\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.192/0.2 = 0.961 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (4076 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.5 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.147\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 4076 \cdot 0.091 = 369.53\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.5 \cdot 0.147(0.2 - 0.5 \cdot 0.147) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 554.27\text{кНм}$$

$$Ne = 369.53\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 554.27\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6667

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены 1 этажа толщиной 250 в осях 1.ИИ/1.30-1.35

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b,ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s,n}$, $R_{s,ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt,ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc,n}$, $R_{sc,ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	250	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	4500	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	200	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	360	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	277	тс	-продольная сила
M=	2,3	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	2,2	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,24	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	6,9	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	15,6	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	130208,33	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	1134,2502	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,96		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,17		
k_s=	0,7		
D=	6,03E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	459,24	тс	-условная критическая сила
η=	2,52		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	10	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 34,202 тс· м

условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 27,755 тс· м

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены 1 этажа толщиной 200 в осях 1.ГГ-1.ЖЖ/1.28

Класс бетона: В30 Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	4500	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	150	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	360	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	153	тс	-продольная сила
M=	2,2	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,8	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	5,65	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	5,65	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,14	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	2,6	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,44	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	9,56	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	66666,667	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	283,78014	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,82		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,18		
k_s=	0,7		
D=	2,835E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	215,93	тс	-условная критическая сила
η=	3,43		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	9,93	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

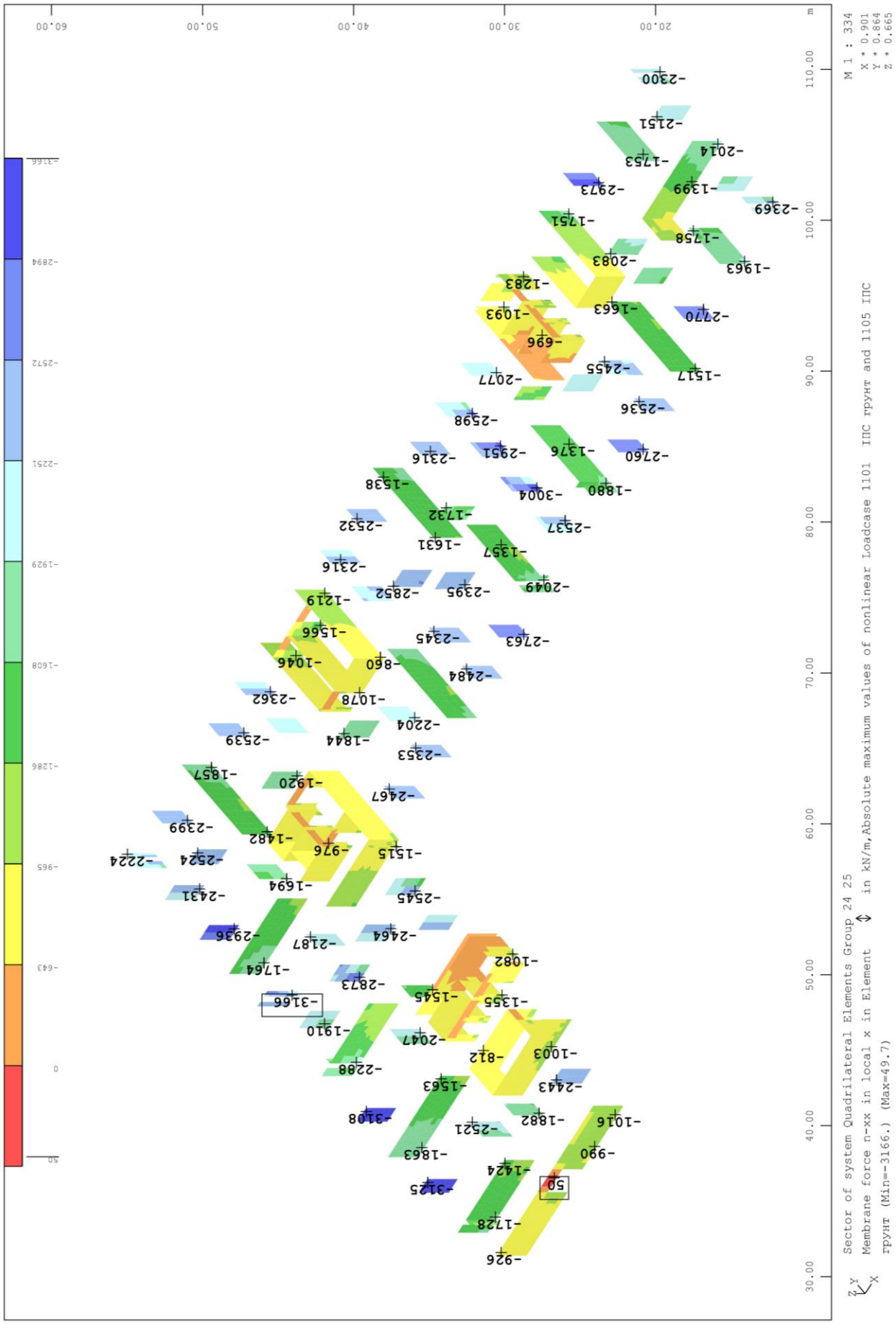
$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 16{,}699 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

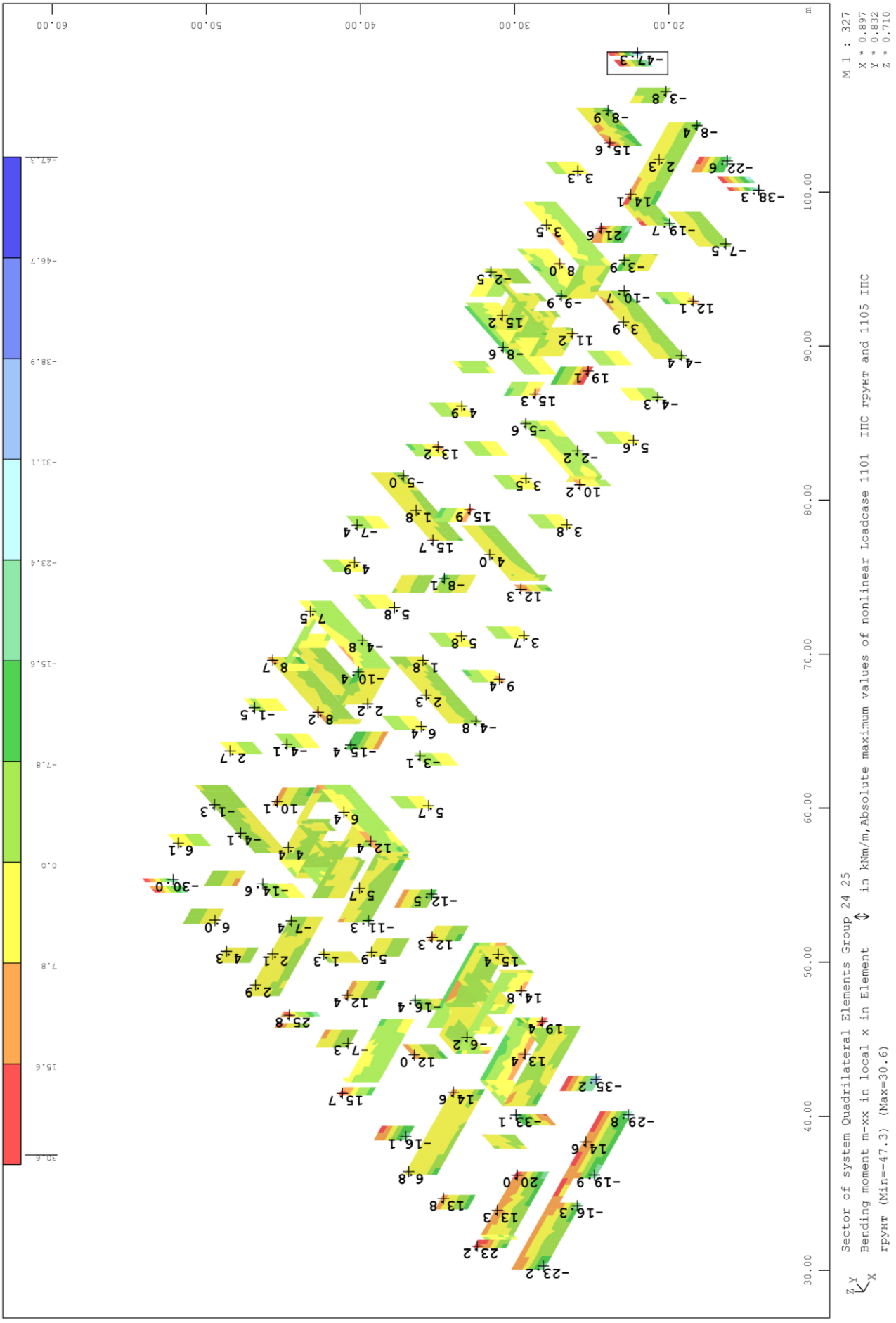
$$N \cdot e = 15{,}199 \text{ тс· м}$$

4.12.2. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 2 этажа, кН/м

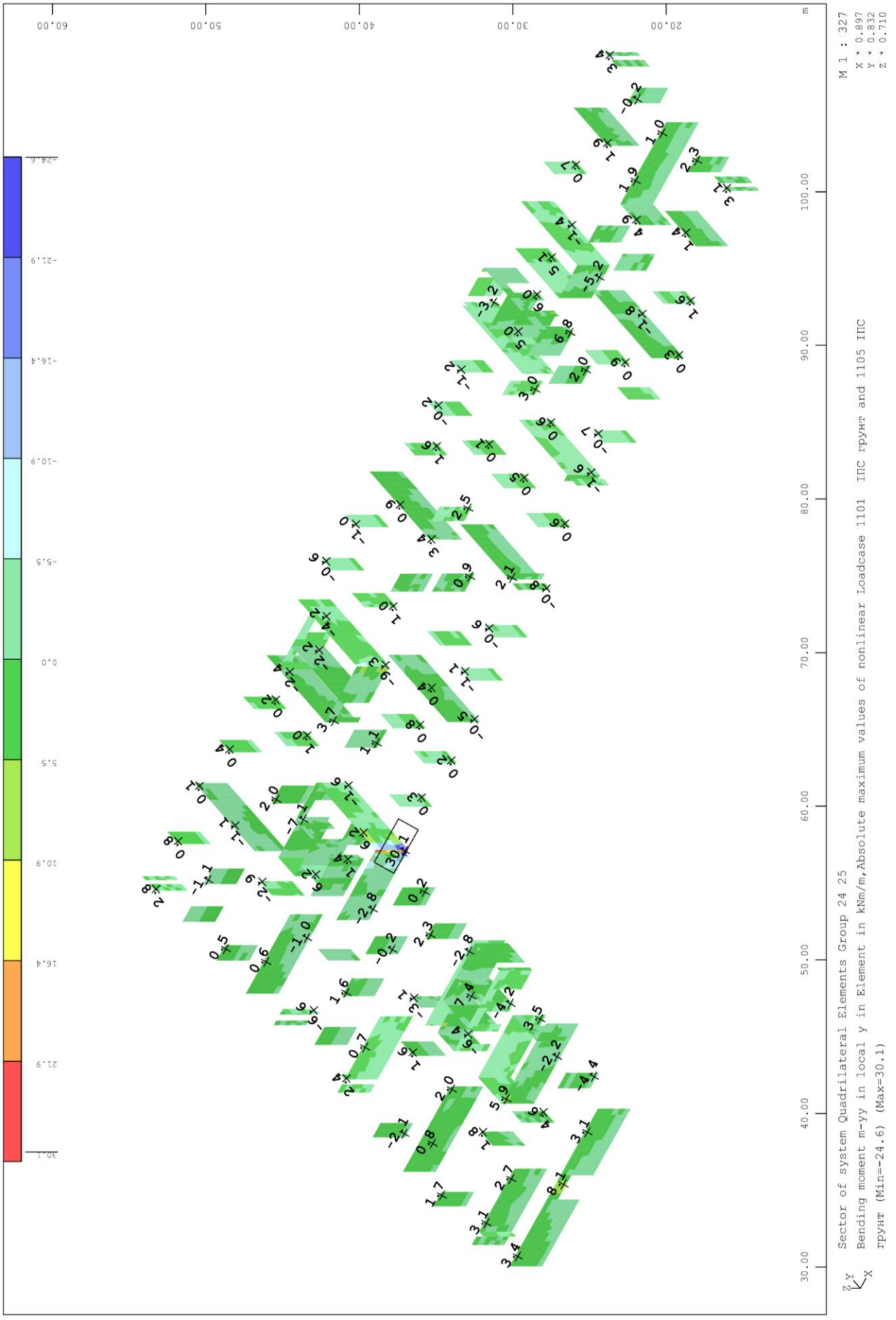


Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м

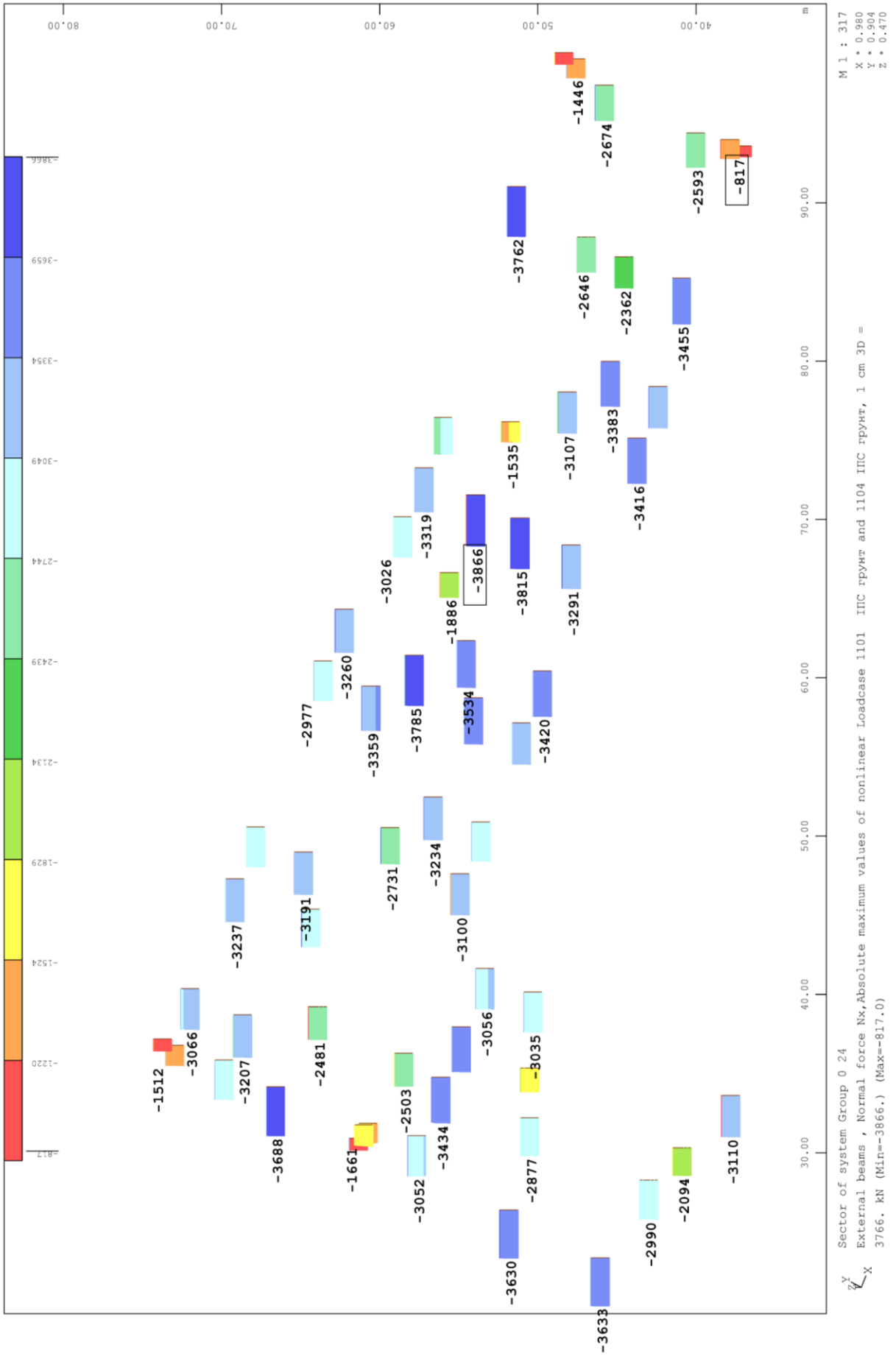


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 142

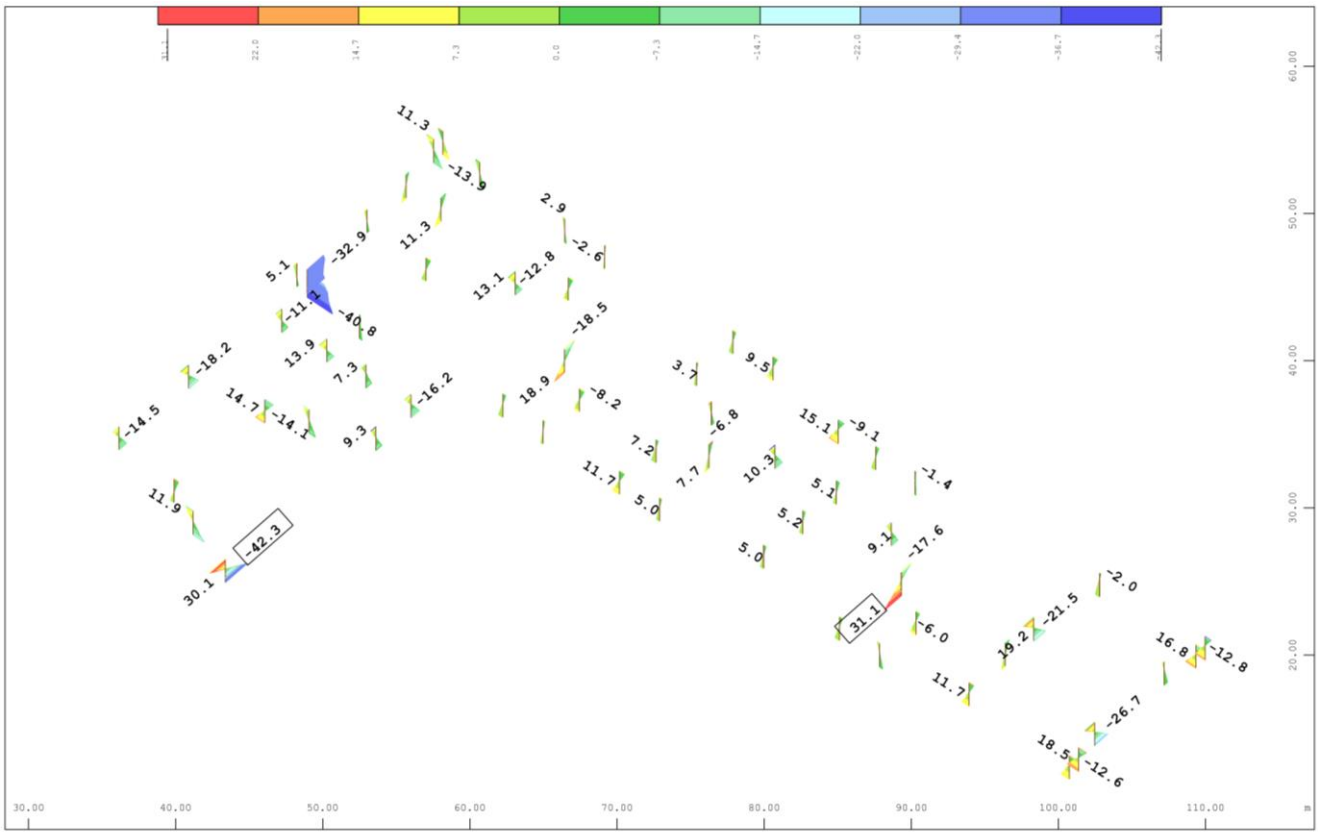
Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м



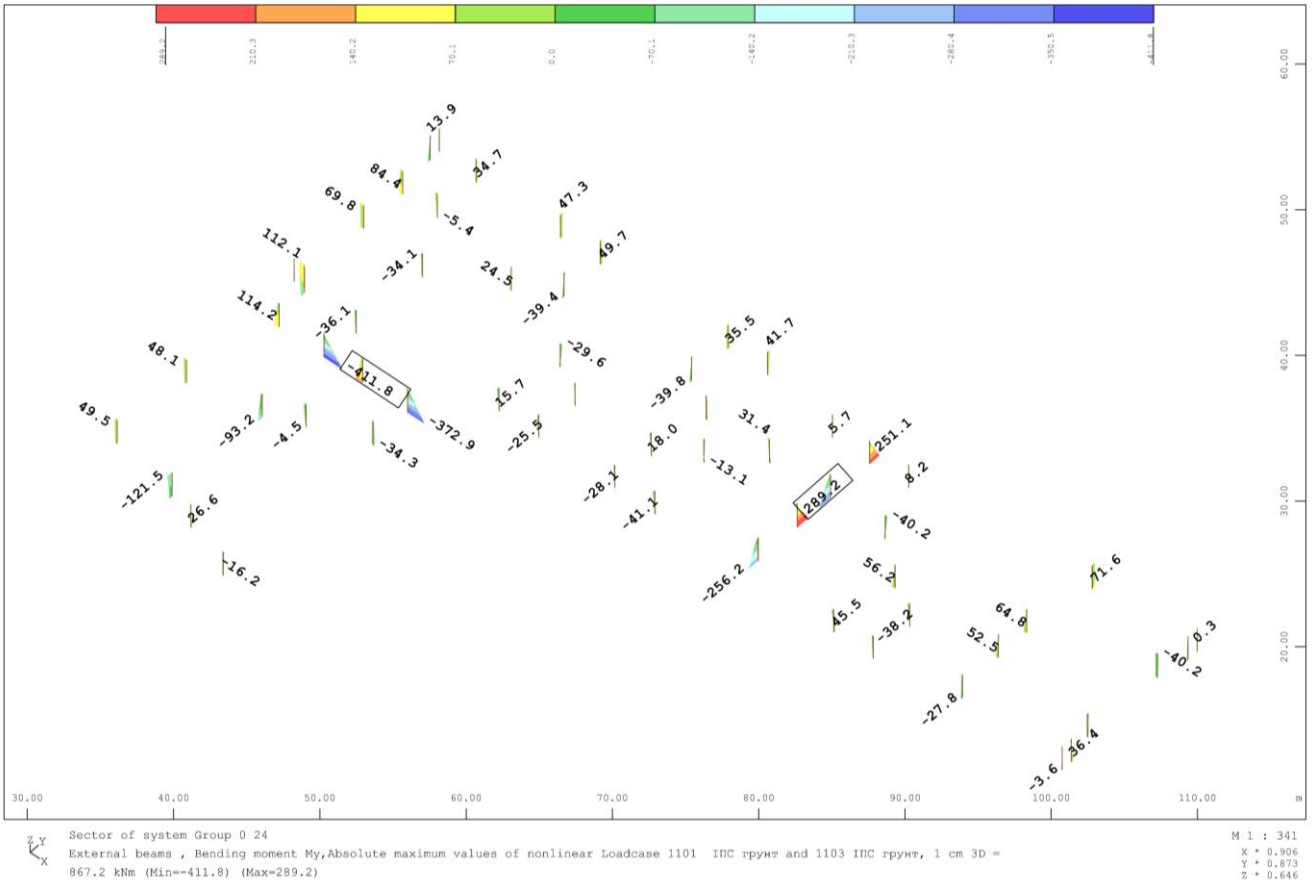
Вертикальные усилия (N) в пилонах 2 этажа, кН



Изгибающие моменты (Мх) в пилонах 2 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (Му) в пилонах 2 этажа, кН*м



ПИЛОН 200Х1200 В ОСЯХ 1.16-1.18/1.ИИ-1.КК НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3534$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3357.3$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 14$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 13.3$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.2 \cdot 0.15) = 2.79\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.2/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 14/3534 = 0.004\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.004\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.2 \ = \ 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 14 \ + \ 3534 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 190.7\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 13.3 \ + \ 3357.3 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 181.17\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 181.17/190.7 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.2\text{^}3)/(12) = 8.00000E - 004\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$

$$= 2.5133E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 2.5133E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2$$

$$= 1.2566E - 005\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 8.00000E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.25664E - 005$$

$$= \ 6203.74\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 6203.74)/(2.4\text{^}2) = 10629.93\text{кН}$$

Условие $N = 3534\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 10629.93\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3534/10629.93) = 1.498$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.498\ +\ (0.15\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.065\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3534\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$=\ 0.209\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.209/0.15 = 1.393\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3534 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.15(1 - 0.527))) = 0.126\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3534 \cdot 0.065\ =\ 229.64\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.126(0.15 - 0.5 \cdot 0.126) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.15 - 0.05)$$
$$= 290.53\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 229.64\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 290.53\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7904

ПИЛОН 200Х1400 В ОСЯХ 1.30/1.ИИ-1.КК НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2646$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2513.7$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 21.5$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 20.43$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 140$ см $= 1.4$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.6085E - 003 + 1.6085E - 003)/(1.4 \cdot 0.15) = 1.53\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м

- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.2/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 21.5/2646 = 0.008\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.008\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.2 \ = \ 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 21.5 \ + \ 2646 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 153.8\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 20.43 \ + \ 2513.7 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 146.11\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 146.11/153.8 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.4 \cdot 0.2\text{^}3)/(12) = 9.33333E - 004\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.6085E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.6085E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 8.0425E - 006\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 9.33333E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 8.04248E - 006$$
$$= \ 6311.13\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 6311.13)/(2.4\text{^}2) = 10813.95\text{кН}$$

Условие $N = 2646\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 10813.95\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 2646/10813.95) = 1.324$$

$$e = e_0 \ \eta + (h_0 \ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.324 \ + \ (0.15 \ - \ 0.05)/2 \ = \ 0.063\text{м}$$

$$\varepsilon_sel \ = R_s \ /E_s \ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$

$$= (2646 + 435000 \cdot 1.6085E - 003 - 400000 \cdot 1.6085E - 003)/(14450 \cdot 1.4)$$

$$= 0.134\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.134/0.15 = 0.891 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$

$$= (2646 + 435000 \cdot 1.6085E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.6085E$$

$$- 003)/(14450 \cdot 1.4 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.6085E - 003)/(0.15(1 - 0.527))) = 0.107\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 2646 \cdot 0.063 = 167.33\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$= 14450 \cdot 1.4 \cdot 0.107(0.15 - 0.5 \cdot 0.107) + 400000 \cdot 1.6085E - 003(0.15 - 0.05)$$

$$= 272.93\text{кНм}$$

$$Ne = 167.33\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 272.93\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6131

ПИЛОН 200Х1500 В ОСЯХ 1.20/1.ИИ-1.КК НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3866$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3672.7$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 4.6$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 4.37$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.5 \cdot 0.15) = 2.23\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.2/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 4.6/3866 = 0.001\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.001\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.2 \ = \ 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 4.6 \ + \ 3866 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 197.9\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 4.37 \ + \ 3672.7 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 188.01\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 188.01/197.9 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.2\text{^}3)/(12) = 1.00000E - 003\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$

$$= 2.5133E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 2.5133E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2$$

$$= 1.2566E - 005\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.00000E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.25664E - 005$$

$$= \ 7314.85\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 7314.85)/(2.4\text{^}2) = 12533.79\text{кН}$$

Условие $N = 3866\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 12533.79\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3866/12533.79) = 1.446$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.446\ +\ (0.15\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.064\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3866\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.5)$$
$$=\ 0.182\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.182/0.15 = 1.216\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3866 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.5 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.15(1 - 0.527))) = 0.122\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3866 \cdot 0.064\ =\ 249.2\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.5 \cdot 0.122(0.15 - 0.5 \cdot 0.122) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.15 - 0.05)$$
$$= 335.72\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 249.2\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 335.72\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7423

ПИЛОН 220Х1300 В ОСЯХ 1.16/1.ГГ-1.ДД НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3420$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3249$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 5$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 4.75$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.3 \cdot 0.17) = 2.27\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.22/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 5/3420 = 0.001\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.001\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.22 \ = \ 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 5 \ + \ 3420 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 210.2\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 4.75 \ + \ 3249 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 199.69\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 199.69/210.2 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.3 \cdot 0.22\text{^}3)/(12) = 1.15353E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 2.5133E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.8096E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.15353E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.80956E - 005$$
$$= \ 8941.9\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 8941.9)/(2.4\text{^}2) = 15321.7\text{кН}$$

Условие $N = 3420\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 15321.7\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3420/15321.7) = 1.287$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.287\ +\ (0.17\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.073\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3420\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.3)$$
$$=\ 0.187\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.187/0.17 = 1.098\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3420 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.3 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.17(1 - 0.527))) = 0.129\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3420 \cdot 0.073\ =\ 249.23\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.3 \cdot 0.129(0.17 - 0.5 \cdot 0.129) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.17 - 0.05)$$
$$= 376.51\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 249.23\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 376.51\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6619

ПИЛОН 220Х1500 В ОСЯХ 1.14/1.ЕЕ-1.ЖЖ НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3487$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3312.65$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 7.2$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 6.84$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.6085E-003 + 1.6085E-003)/(1.5 \cdot 0.17) = 1.26\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.22/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 7.2/3487 = 0.002\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.002\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.22 \ = \ 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 7.2 \ + \ 3487 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 216.42\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 6.84 \ + \ 3312.65 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 205.6\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 205.6/216.42 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.22\text{^}3)/(12) = 1.33100E - 003\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.6085E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.6085E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.1581E - 005\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.33100E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.15812E - 005$$
$$= \ 9015.81\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 9015.81)/(2.4\text{^}2) = 15448.34\text{кН}$$

Условие $N = 3487\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 15448.34\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3487/15448.34) = 1.292$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.292\ +\ (0.17\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.073\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3487\ +\ 435000 \cdot 1.6085E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.6085E - 003)/(14450 \cdot 1.5)$$
$$=\ 0.163\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.163/0.17 = 0.962\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3487 + 435000 \cdot 1.6085E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.6085E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.5 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.6085E - 003)/(0.17(1 - 0.527))) = 0.131\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3487 \cdot 0.073\ =\ 254.26\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.5 \cdot 0.131(0.17 - 0.5 \cdot 0.131) + 400000 \cdot 1.6085E - 003(0.17 - 0.05)$$
$$= 373.56\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 254.26\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 373.56\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6806

ПИЛОН 250Х1200 В ОСЯХ 1.1-1.2/1.Ю НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3633$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3451.35$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 14.5$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 13.78$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.6085E-003 + 1.6085E-003)/(1.2 \cdot 0.2) = 1.34\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.25/30 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 14.5/3633 = 0.004\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.004\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 \ = \ 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 14.5 \ + \ 3633 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 286.98\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 13.78 \ + \ 3451.35 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 272.63\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 272.63/286.98 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.56250E - 003\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.6085E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.6085E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.8096E - 005\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.56250E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.80956E - 005$$
$$= \ 11213.94\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 11213.94)/(2.4\text{^}2) = 19214.78\text{кН}$$

Условие $N = 3633\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 19214.78\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3633/19214.78) = 1.233$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.233\ +\ (0.2\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.087\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3633\ +\ 435000 \cdot 1.6085E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.6085E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$=\ 0.213\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.213/0.2 = 1.064\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3633 + 435000 \cdot 1.6085E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.6085E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.6085E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.163\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3633 \cdot 0.087\ =\ 317.28\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.163(0.2 - 0.5 \cdot 0.163) + 400000 \cdot 1.6085E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 431.66\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 317.28\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 431.66\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.735

ПИЛОН 250Х1300 В ОСЯХ 1.30-1.32/1.ММ НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3762$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3573.9$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 6.8$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 6.46$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.3 \cdot 0.2) = 1.93\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.25/30 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 6.8/3762 = 0.002\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.002\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 \ = \ 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 6.8 \ + \ 3762 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 288.95\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 6.46 \ + \ 3573.9 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 274.5\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 274.5/288.95 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.3 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.69271E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.8274E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.69271E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E - 005$$
$$= \ 13362.34\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 13362.34)/(2.4\text{^}2) = 22896.01\text{кН}$$

Условие $N = 3762\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 22896.01\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3762/22896.01) = 1.197$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.197\ +\ (0.2\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.087\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3762\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.3)$$
$$=\ 0.205\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.205/0.2 = 1.025\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3762 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.3 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.15\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3762 \cdot 0.087\ =\ 327.17\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.3 \cdot 0.15(0.2 - 0.5 \cdot 0.15) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 503.05\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 327.17\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 503.05\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6504

ПИЛОН 250Х1500 С МОНТАЖНЫМ ОТВЕРСТИЕМ В ОСЯХ 1.1/1.ММ НА 2 ЭТАЖЕ

ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ 250х700

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 1524$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 1447.8$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 13.9$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 13.21$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 70$ см $= 0.7$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 8)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 12.57$ см^2 $= 1.2566E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 12.57$ см^2 $= 1.2566E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.2566E-003 + 1.2566E-003)/(0.7 \cdot 0.2) = 1.8\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.25/30 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 13.9/1524 = 0.009\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.009\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 \ = \ 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 13.9 \ + \ 1524 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 128.2\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 13.21 \ + \ 1447.8 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 121.79\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 121.79/128.2 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (0.7 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 9.11458E - 004\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.2566E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.2566E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.4137E - 005\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 9.11458E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.41372E - 005$$
$$= \ 7042.86\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 7042.86)/(2.4\text{^}2) = 12067.75\text{кН}$$

Условие $N = 1524\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 12067.75\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 1524/12067.75) = 1.145$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.145\ +\ (0.2\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.086\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (1524\ +\ 435000 \cdot 1.2566E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.2566E - 003)/(14450 \cdot 0.7)$$
$$=\ 0.155\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.155/0.2 = 0.775\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (1524 + 435000 \cdot 1.2566E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.2566E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 0.7 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.2566E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.129\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 1524 \cdot 0.086\ =\ 131.74\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 0.7 \cdot 0.129(0.2 - 0.5 \cdot 0.129) + 400000 \cdot 1.2566E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 251.89\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 131.74\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 251.89\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.523

ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ 250х400

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 901$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 855.95$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 10.7$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 10.17$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 40$ см $= 0.4$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 6)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 9.42$ см^2 $= 9.4248E-004$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 9.42$ см^2 $= 9.4248E-004$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(9.4248E-004 + 9.4248E-004)/(0.4 \cdot 0.2) = 2.36\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.25/30 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 10.7/901 = 0.012\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.012/0.25 \ = \ 0.048$$

Так как $\delta_e = 0.048 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 10.7 \ + \ 901 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 78.28\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 10.17 \ + \ 855.95 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 74.36\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 74.36/78.28 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (0.4 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 5.20833E - 004\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 9.4248E - 004(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 9.4248E - 004(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.0603E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 5.20833E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.06029E - 005$$
$$= \ 4377.92\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 4377.92)/(2.4\text{^}2) = 7501.45\text{кН}$$

Условие $N = 901\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 7501.45\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 901/7501.45) = 1.137$$

$$e = e_0 \ \eta + (h_0 \ - a')/(2) = 0.012 \cdot 1.137 \ + \ (0.2 \ - \ 0.05)/2 \ = \ 0.088\text{м}$$

$$\varepsilon_sel \ = R_s \ /E_s \ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$

$$= (901 + 435000 \cdot 9.4248E - 004 - 400000 \cdot 9.4248E - 004)/(14450 \cdot 0.4)$$

$$= 0.162\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.162/0.2 = 0.808 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$

$$= (901 + 435000 \cdot 9.4248E - 004\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 9.4248E$$

$$- 004)/(14450 \cdot 0.4 + (2 \cdot 435000 \cdot 9.4248E - 004)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.128\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 901 \cdot 0.088 = 79.74\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$= 14450 \cdot 0.4 \cdot 0.128(0.2 - 0.5 \cdot 0.128) + 400000 \cdot 9.4248E - 004(0.2 - 0.05)$$

$$= 157.12\text{кНм}$$

$$Ne = 79.74\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 157.12\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5075

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены 2 этажа толщиной 200 в осях 1.ББ/1.1-1.4

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

$R_{b.n}$, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_{bt.n}$, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	3000	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	150	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	240	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	161	тс	-продольная сила
M=	1,4	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,1	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,A}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
n_A=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,A}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	5,65	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,A}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
s'_A=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,A}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	5,65	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,14	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	2,6	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	9,93	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	66666,667	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	283,78014	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,79		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,19		
k_s=	0,7		
D=	2,88E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	493,42	тс	-условная критическая сила
η=	1,48		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	6,48	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

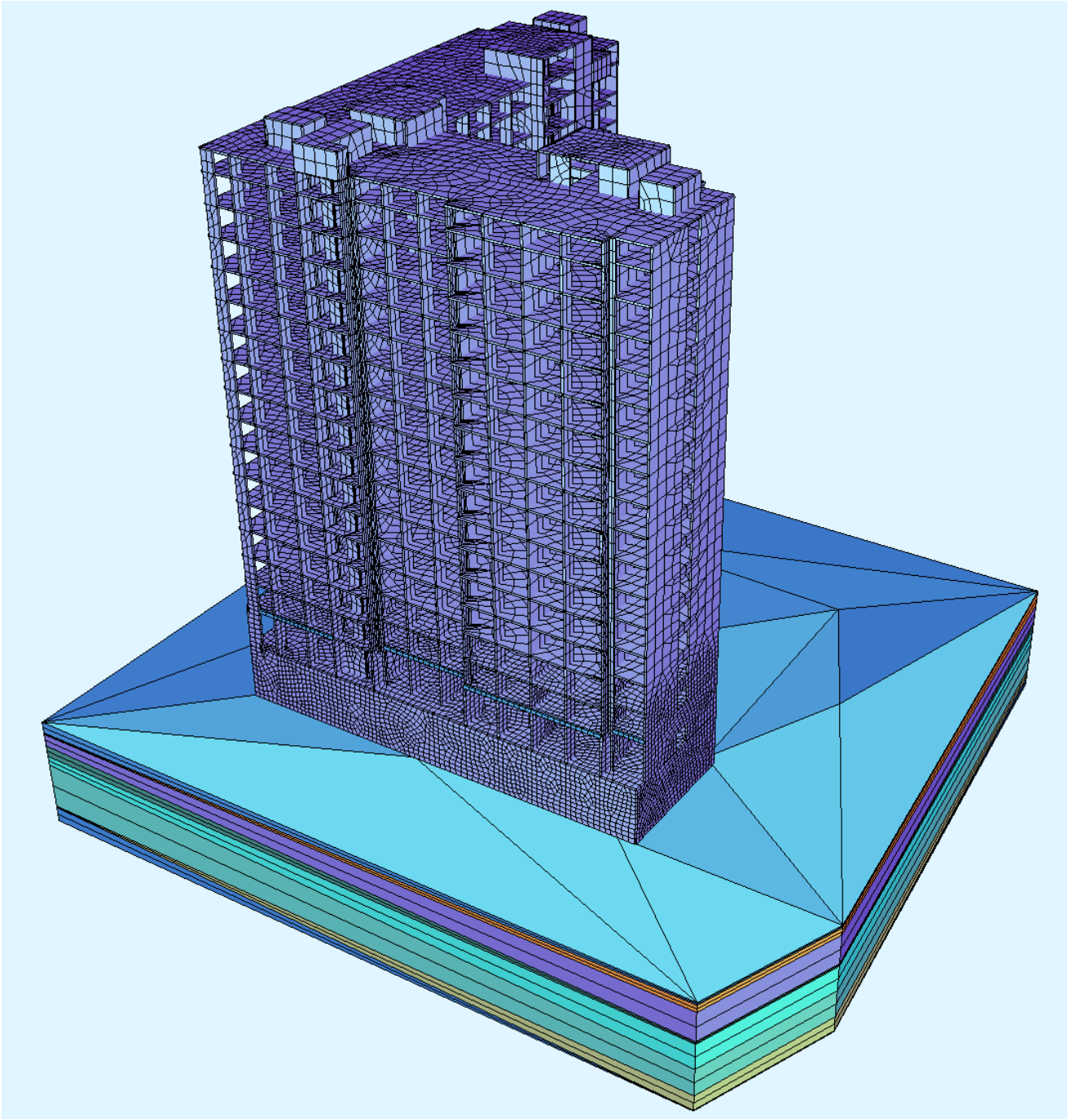
$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 16{,}99 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

$N \cdot e =$ 10,44 тс· м

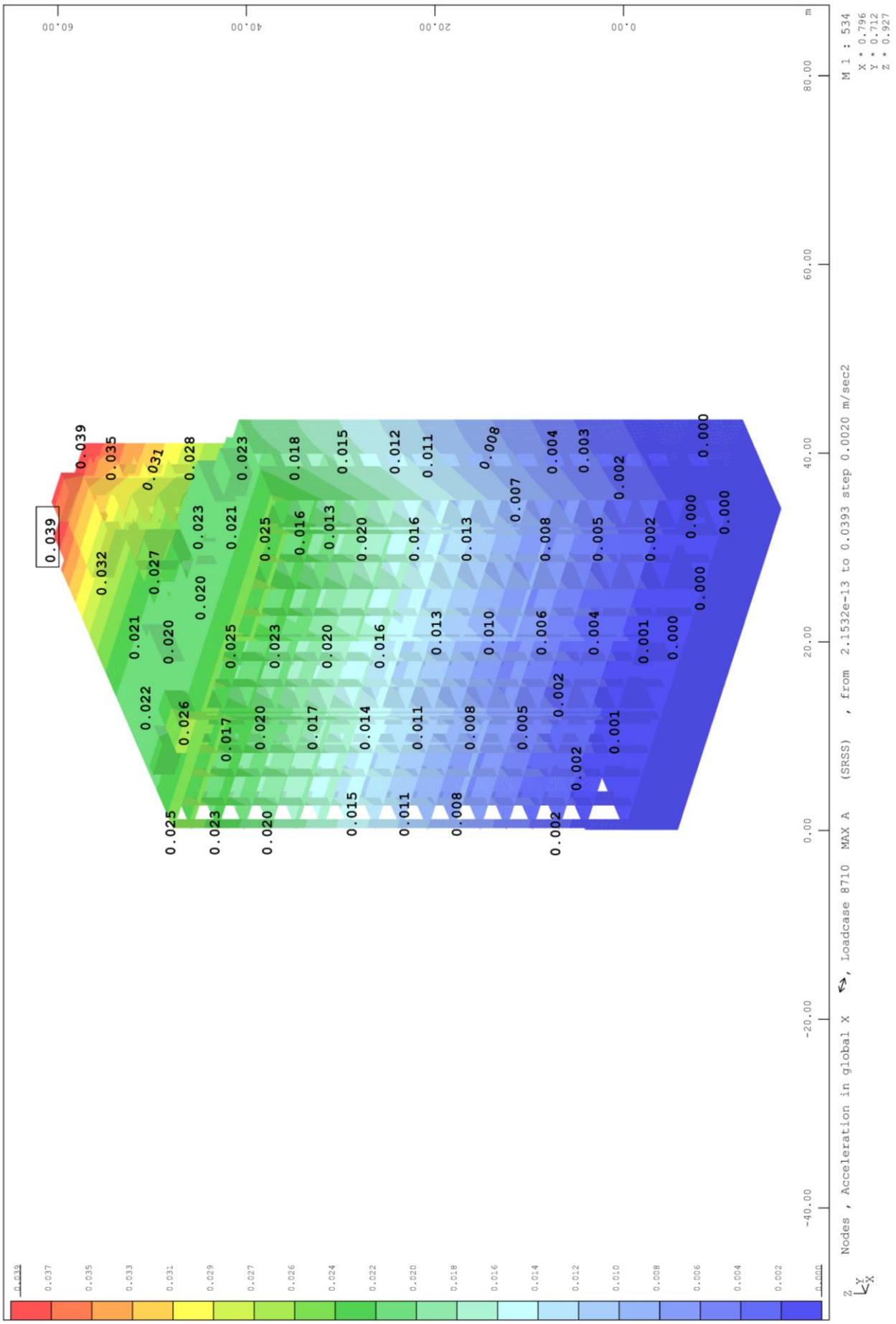
5. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 4-6

5.1. ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

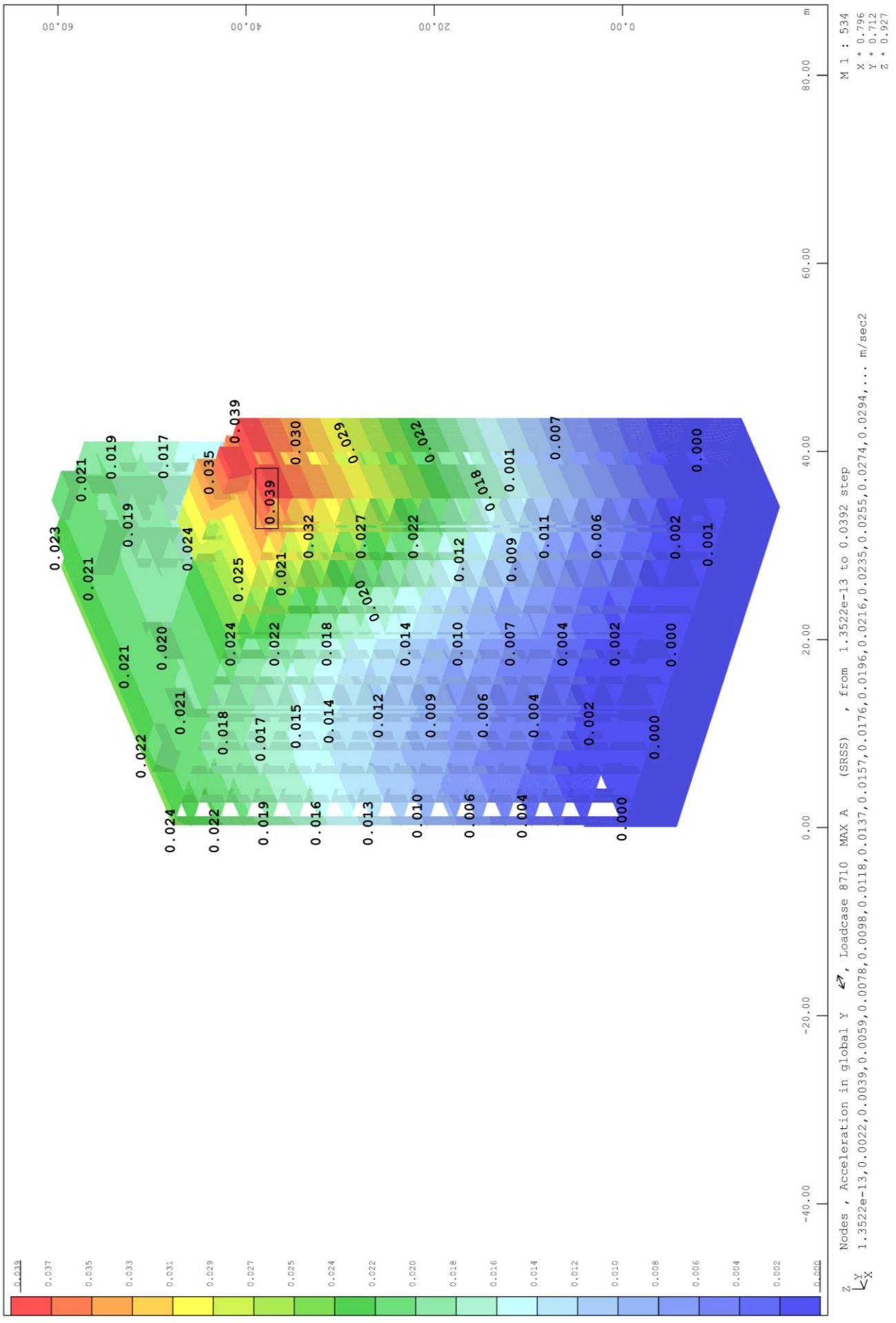


5.2. МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

Максимальное ускорение этажей по X, м/с²

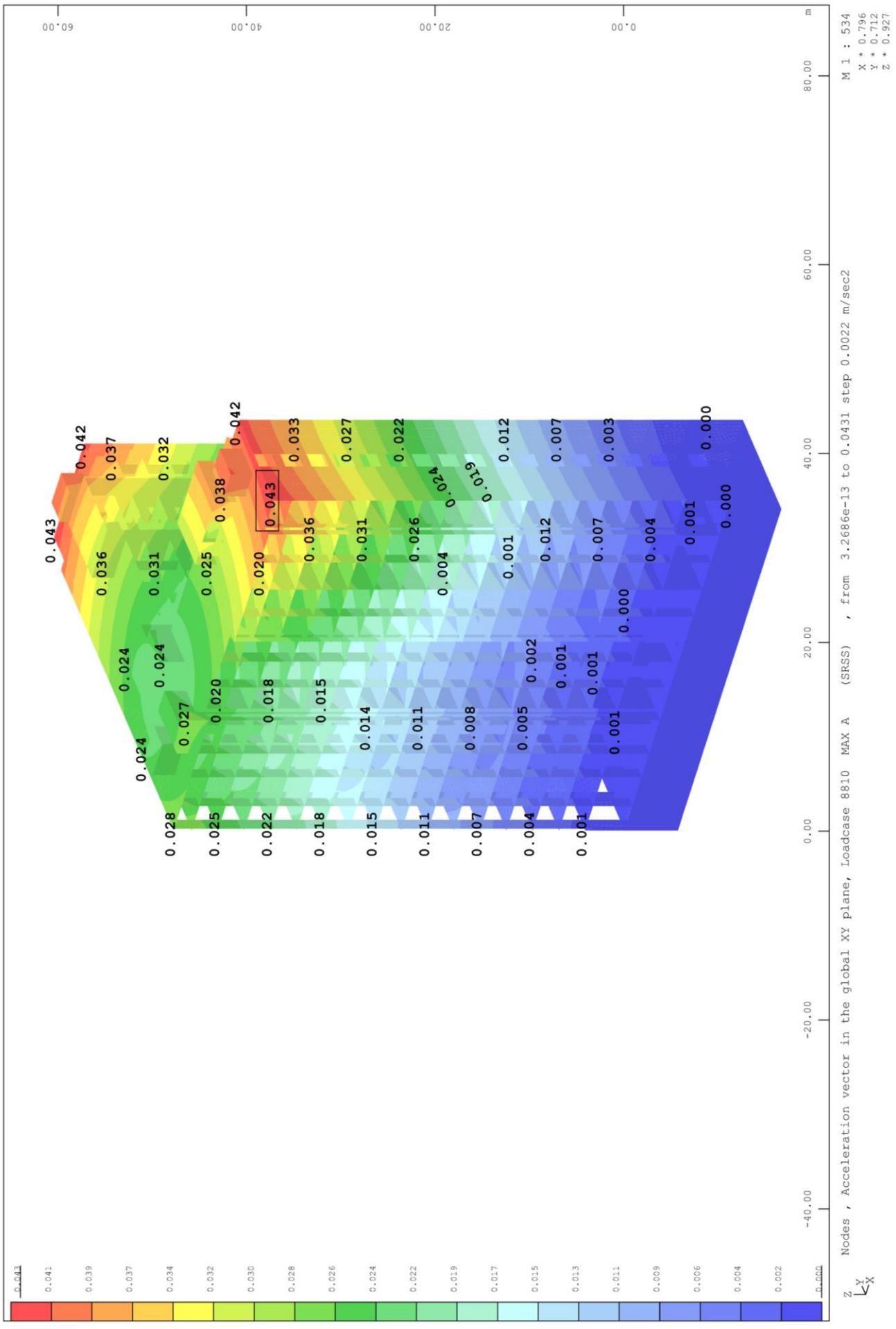


Максимальное ускорение этажей по Y, м/с^2



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 176

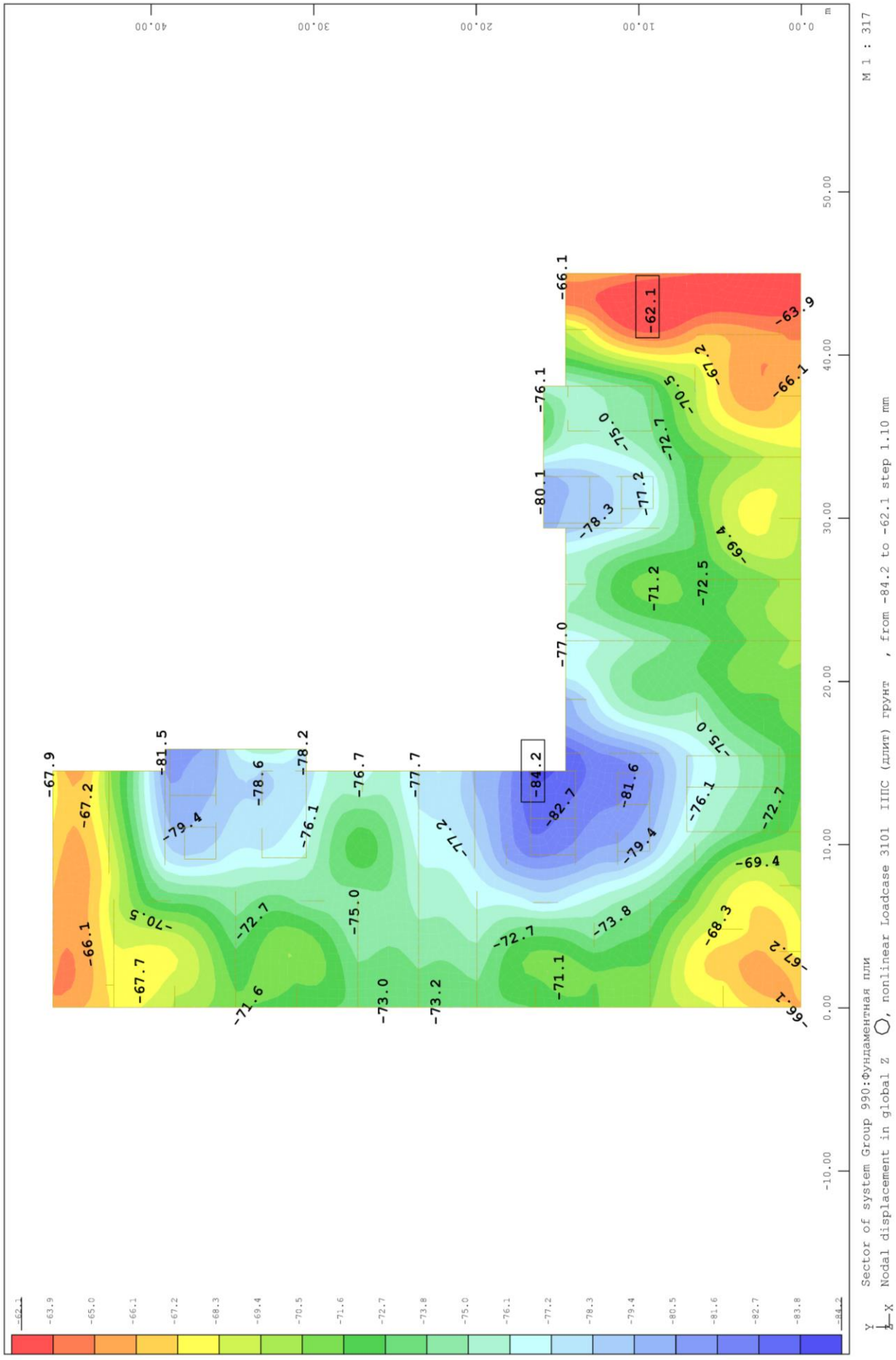
Максимальное ускорение этажей по XY, м/с²



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		177

5.3. ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА

Осадка, мм



Расчет осадки фундамента на естественном основании

Допущения и предпосылки. Расчет выполняется согласно СП 22.13330.2016 п.п. 5.6.31.

Исходные данные. Среднее давление под подошвой фундамента $p = 3.03$ кг/см^2; глубина заложения $d_n = 7.15$ м; фундамент прямоугольный; ширина подошвы $b = 15.00$ м; длина подошвы $l = 68.00$ м; объемный вес грунта выше подошвы $\gamma'_{\text{II}} = 1.86$ т/м^3; имеются грунтовые воды на расстоянии 0.00 м от подшвы мощностью 3.40 м; $s_u = 15.0$ см.

Расчет. Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы

$$\sigma_{zg0} = \gamma'_{\text{II}} d_n = 1.86 \cdot 7.15 = 13.299 \text{ т/м}^2 = 1.330 \text{ кг/см}^2$$

Согласно требованиям методики расчета, сжимаемая толща грунта под подошвой разбивается на слои. Необходимые величины для каждого слоя вычисляются в табличной форме по формулам

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i p, \quad \sigma_{z\gamma,i} = \alpha_i \sigma_{zg0}, \quad \sigma_{zg,i} = \sigma_{zg0} + \sum_{i=1}^{n} h_i \gamma_i$$

Минимальная глубина сжимаемой толщи для $10 \leqslant b < 60$ м составляет $H_{min} = 4 + 0.1b = 4 + 0.1 \cdot$ $\cdot 15.00 = 5.50$ м.

Т.к. $p > \sigma_{zg,0}$ то осадка определяется по формуле (5.16)

$$\Delta s_i = \beta \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i}) h_i}{E_i} + \beta \frac{\sigma_{z\gamma,i} h_i}{E_{e,i}}, \quad \beta = 0.8$$

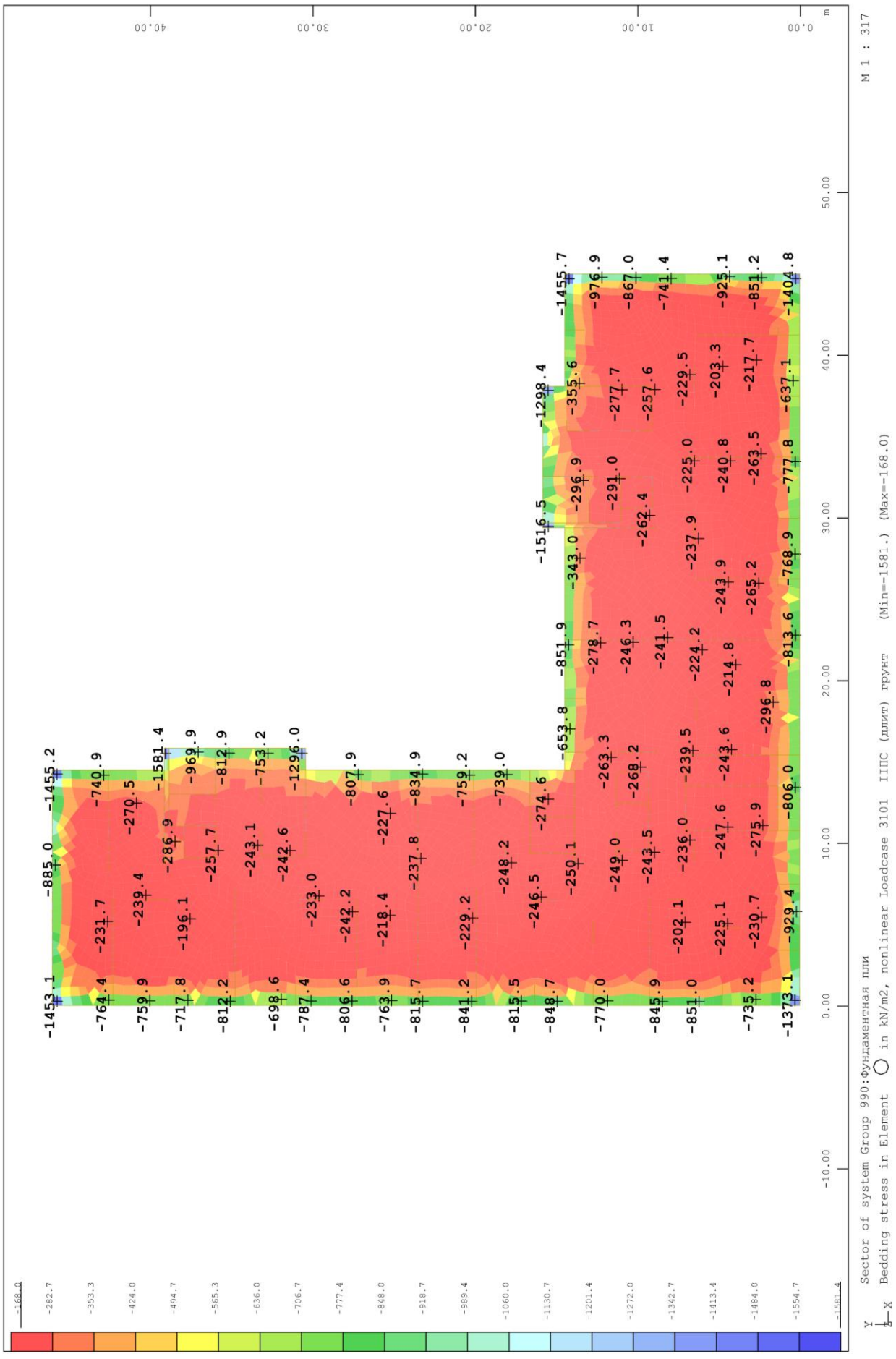
№	Э	h	z	α	σ_{zp}	$\sigma_{z\gamma}$	γ	σ_{zg}	$0.5\sigma_{zg}$	E	E_e	Δs
		м	м	–	кг/см^2	кг/см^2	т/м^3	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	см
–	–	–	0.00	1.000	3.030	1.330	–	1.330	0.665	–	–	–
1	5	0.40	0.20	1.000	3.030	1.330	1.05	1.351	0.675	306	1530	0.206
2	5	0.40	0.60	1.000	3.029	1.330	1.05	1.393	0.696	306	1530	0.206
3	5	0.40	1.00	0.999	3.027	1.329	1.05	1.435	0.717	306	1530	0.205
4	5	0.40	1.40	0.997	3.022	1.326	1.05	1.477	0.738	306	1530	0.205
5	5	0.40	1.80	0.994	3.013	1.323	1.05	1.519	0.759	306	1530	0.204
6	5	0.40	2.20	0.990	3.001	1.317	1.05	1.561	0.780	306	1530	0.204
7	5	0.40	2.60	0.985	2.983	1.309	1.05	1.603	0.801	306	1530	0.202
8	5	0.40	3.00	0.977	2.961	1.300	1.05	1.645	0.822	306	1530	0.201
9	5	0.20	3.30	0.971	2.941	1.291	1.05	1.676	0.838	306	1530	0.100
10	7	0.40	3.60	0.963	2.919	1.281	1.99	2.066	1.033	204	1020	0.297
11	7	0.40	4.00	0.952	2.885	1.266	1.99	2.146	1.073	204	1020	0.294
12	7	0.40	4.40	0.940	2.848	1.250	1.99	2.226	1.113	204	1020	0.290
13	7	0.40	4.80	0.926	2.807	1.232	1.99	2.305	1.153	204	1020	0.286
14	7	0.40	5.20	0.912	2.763	1.213	1.99	2.385	1.192	204	1020	0.281
15	7	0.40	5.60	0.896	2.716	1.192	1.99	2.464	1.232	204	1020	0.276
16	7	0.40	6.00	0.880	2.668	1.171	1.99	2.544	1.272	204	1020	0.272
17	7	0.20	6.30	0.868	2.630	1.155	1.99	2.604	1.302	204	1020	0.134
18	8	0.40	6.60	0.856	2.592	1.138	1.97	2.663	1.332	132	660	0.408
19	8	0.40	7.00	0.839	2.541	1.115	1.97	2.742	1.371	132	660	0.400
20	8	0.40	7.40	0.822	2.489	1.093	1.97	2.821	1.410	132	660	0.392
21	8	0.40	7.80	0.804	2.437	1.070	1.97	2.899	1.450	132	660	0.383
22	8	0.40	8.20	0.787	2.386	1.047	1.97	2.978	1.489	132	660	0.375
23	8	0.10	8.45	0.777	2.354	1.033	1.97	3.028	1.514	132	660	0.093
24	9	0.40	8.70	0.766	2.322	1.019	2.02	3.078	1.539	275	1375	0.175
25	9	0.40	9.10	0.750	2.271	0.997	2.02	3.159	1.579	275	1375	0.171
26	9	0.40	9.50	0.733	2.221	0.975	2.02	3.239	1.620	275	1375	0.168

27	8	0.40	9.90	0.717	2.172	0.953	1.97	3.319	1.660	132	660	0.342
28	8	0.40	10.30	0.701	2.124	0.932	1.97	3.398	1.699	132	660	0.334
29	8	0.40	10.70	0.686	2.078	0.912	1.97	3.477	1.738	132	660	0.327
30	8	0.40	11.10	0.671	2.032	0.892	1.97	3.556	1.778	132	660	0.320
31	9	0.40	11.50	0.656	1.987	0.872	2.02	3.635	1.818	275	1375	0.150
32	9	0.40	11.90	0.642	1.944	0.853	2.02	3.716	1.858	275	1375	0.147
33	9	0.40	12.30	0.628	1.902	0.835	2.02	3.797	1.898	275	1375	0.144
34	9	0.40	12.70	0.614	1.861	0.817	2.02	3.878	1.939	275	1375	0.140

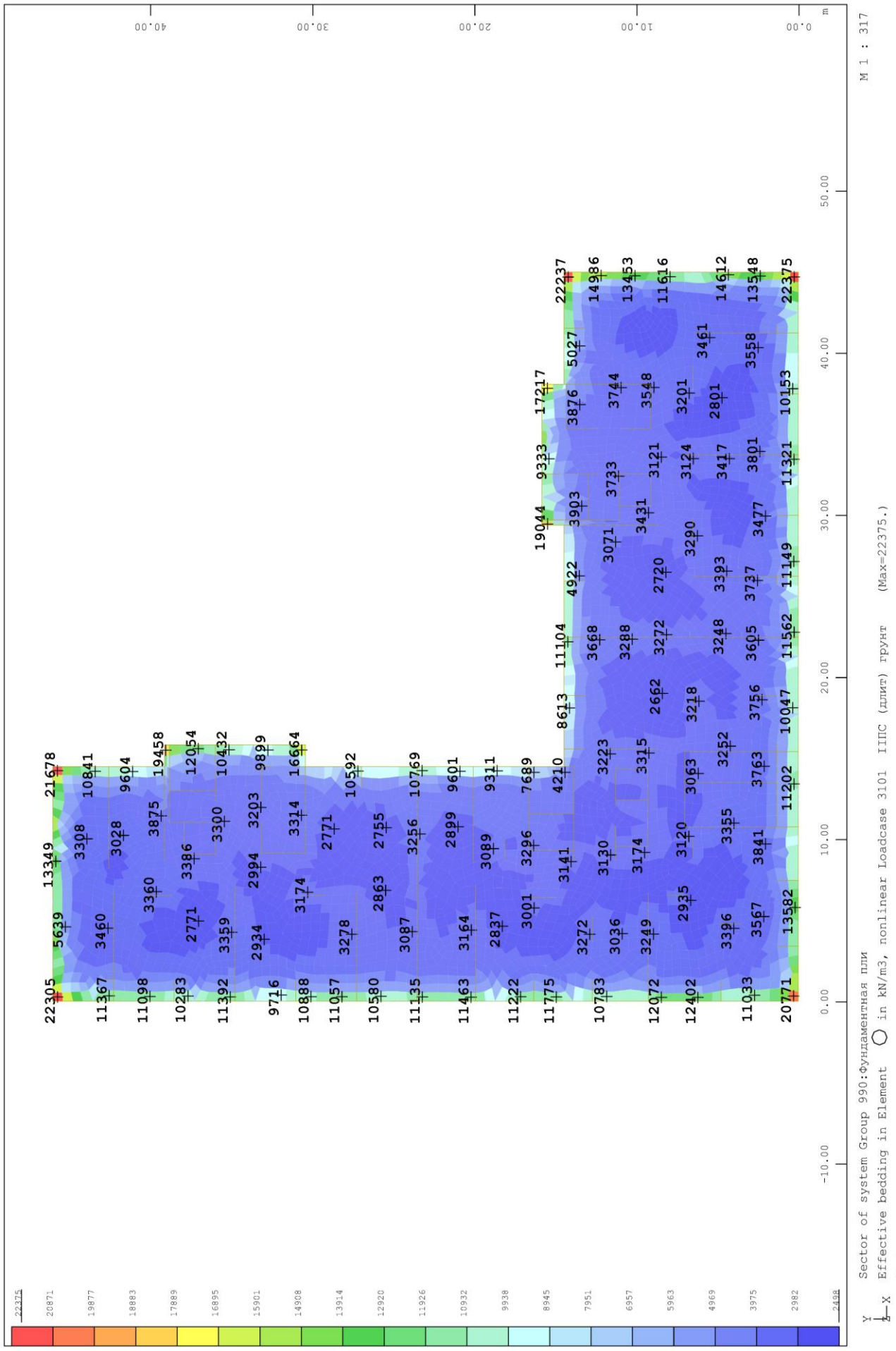
$$s = \sum_{i=1}^{n} \Delta s_i = 8.330 \text{ см}$$

Вывод. Осадка составляет $s = 8.330$ см $\leqslant s_u = 15.0$ см, что не превышает предельно допустимой осадки. Требование выполняется. Глубина сжимаемой толщи определенная по условию $0.5\sigma_{zg}$ составляет $H_c = 12.90$ м.

Давление под подошвой фундамента R_z , кН/м²

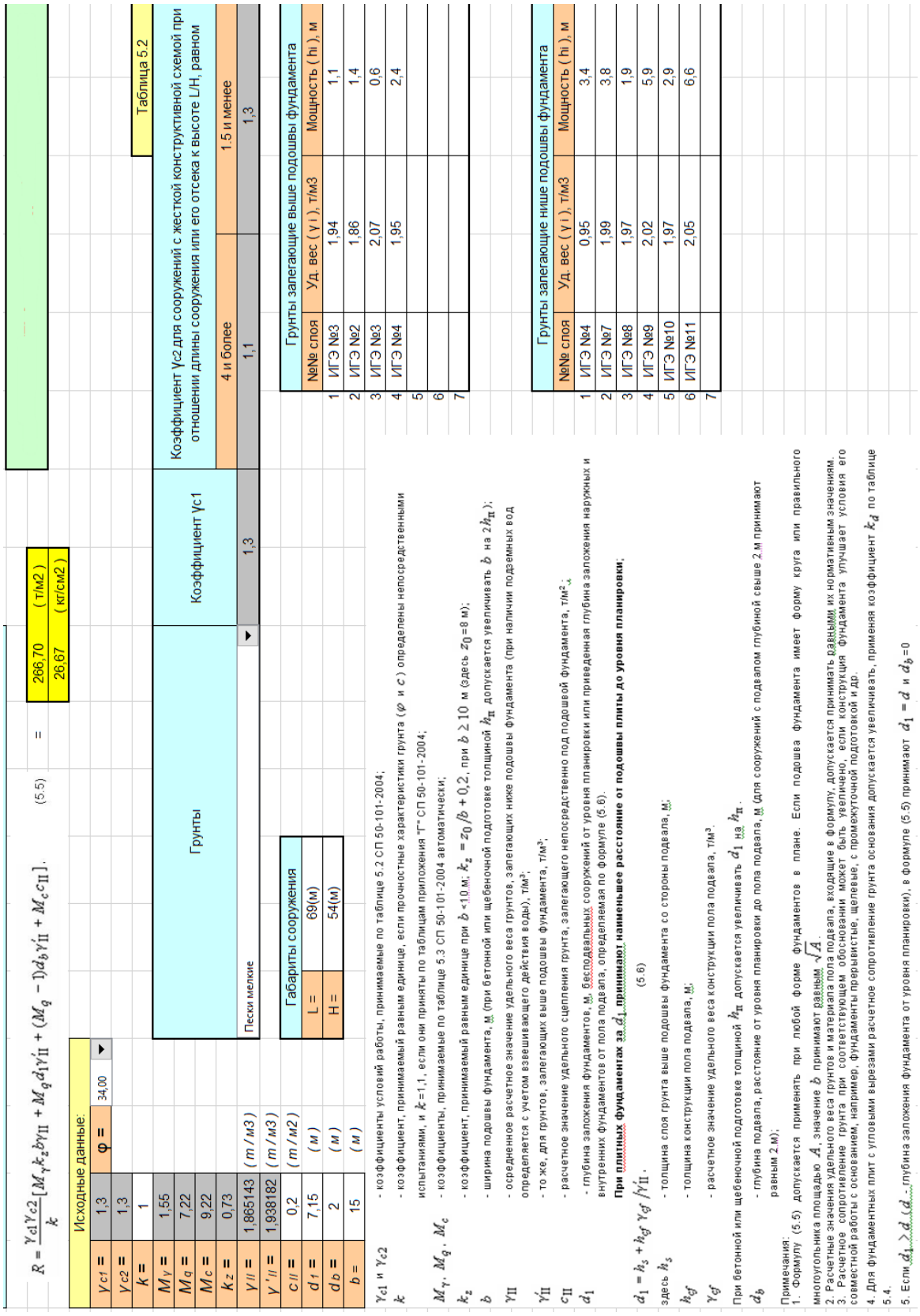


Коэффициент постели С1, кН/м³



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 182

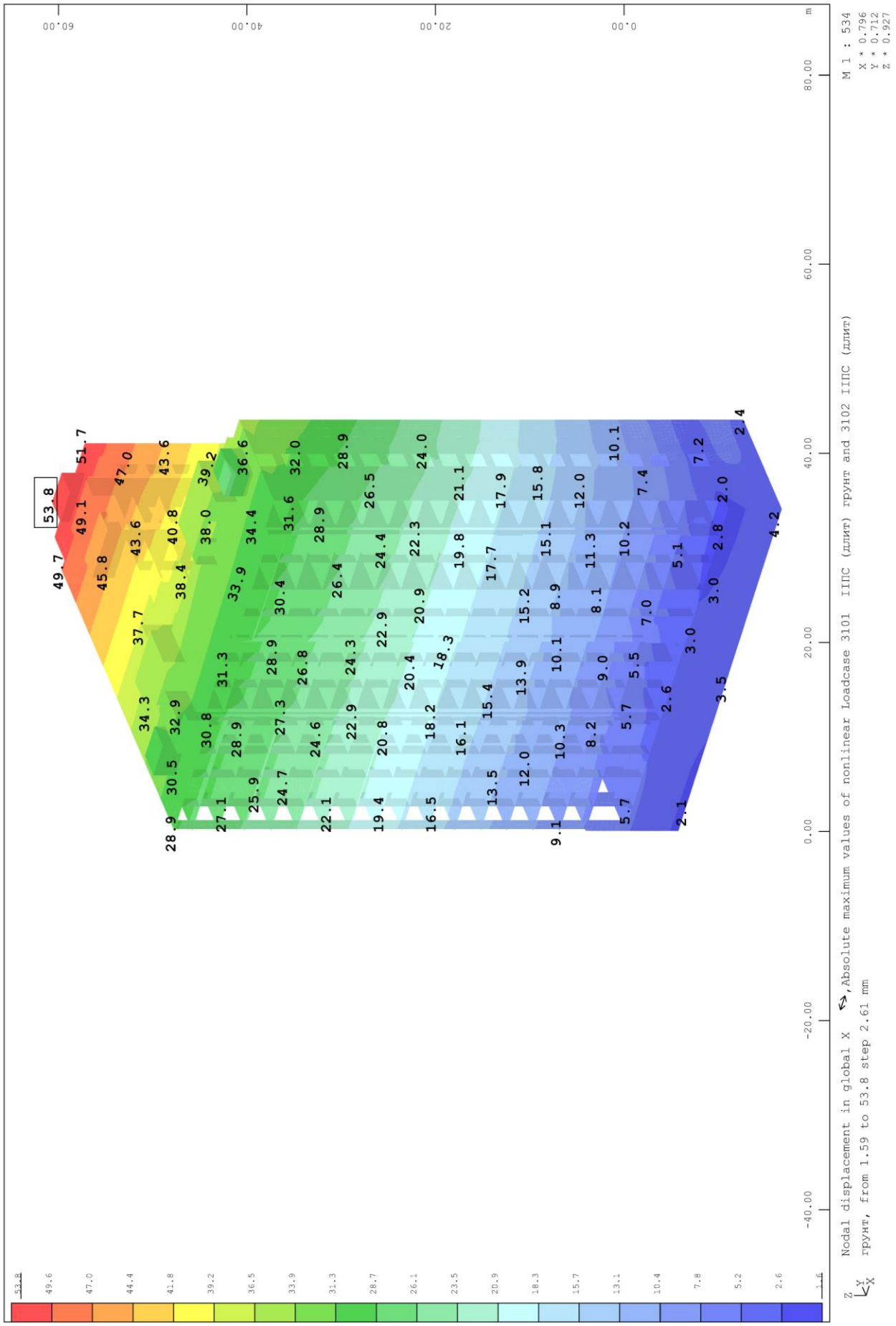
Среднее давление под подошвой фундамента (от нагрузок для расчета основания по деформациям) (R_z) – 303,1 кН/м² не превышает расчетного сопротивления грунта основание ИГЭ-4 (R) – 2667 кН/м².



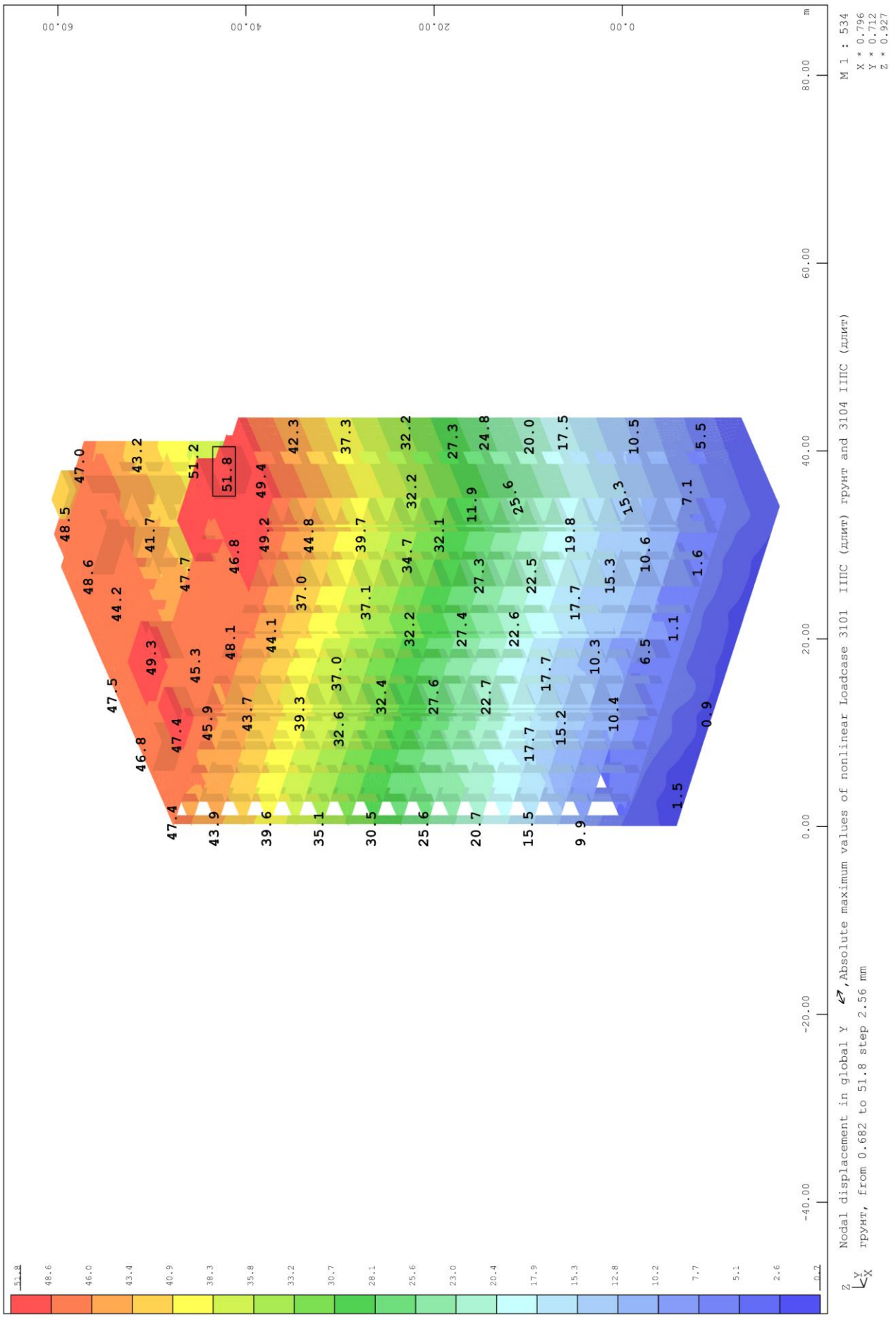
Значение расчетного сопротивления грунта основания (R) вычислено по формуле 5.7из СП 22.13330.2016.

5.4. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ

Перемещения по оси X, мм

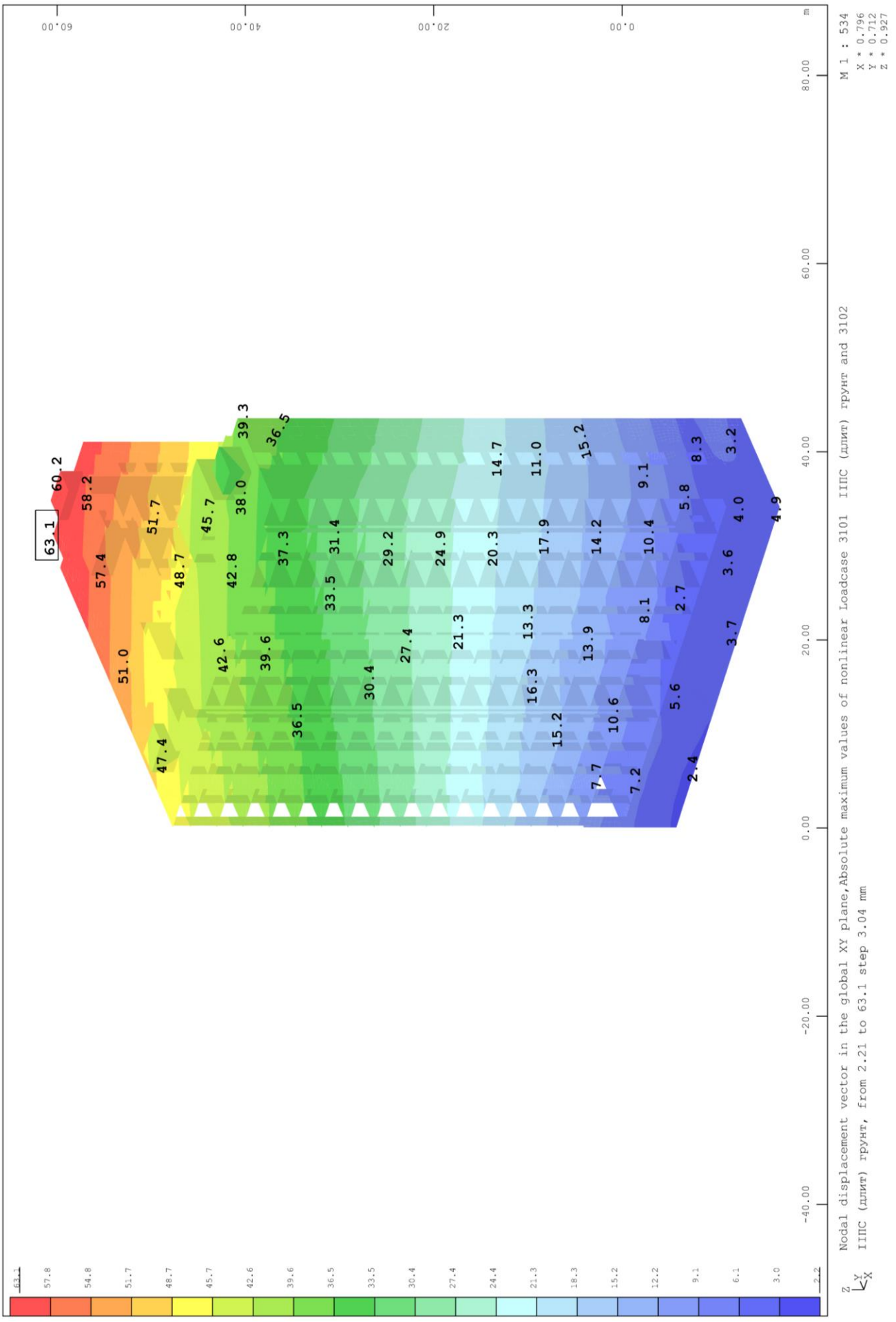


Перемещения по оси Y, мм



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		185

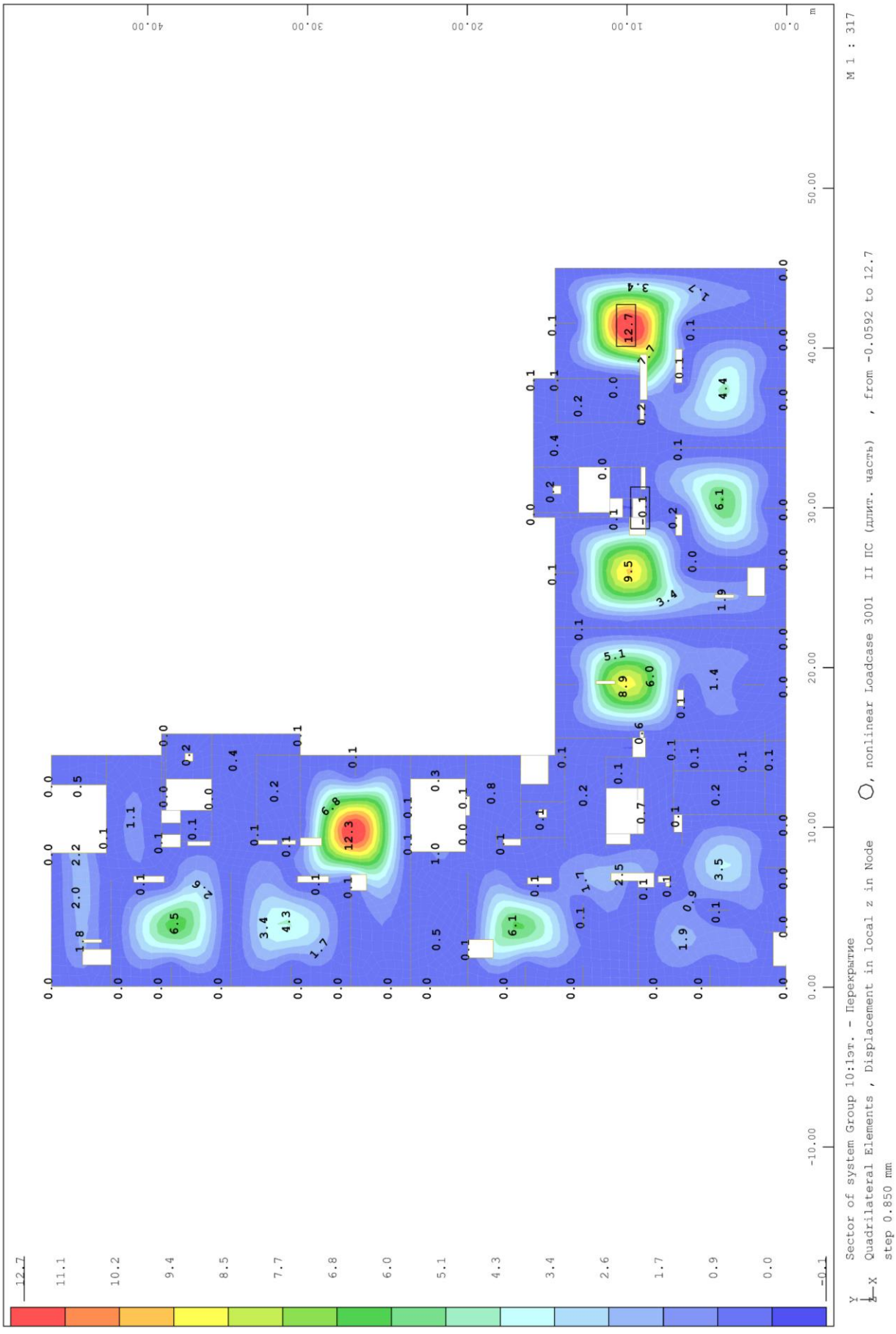
Перемещения по оси XY, мм



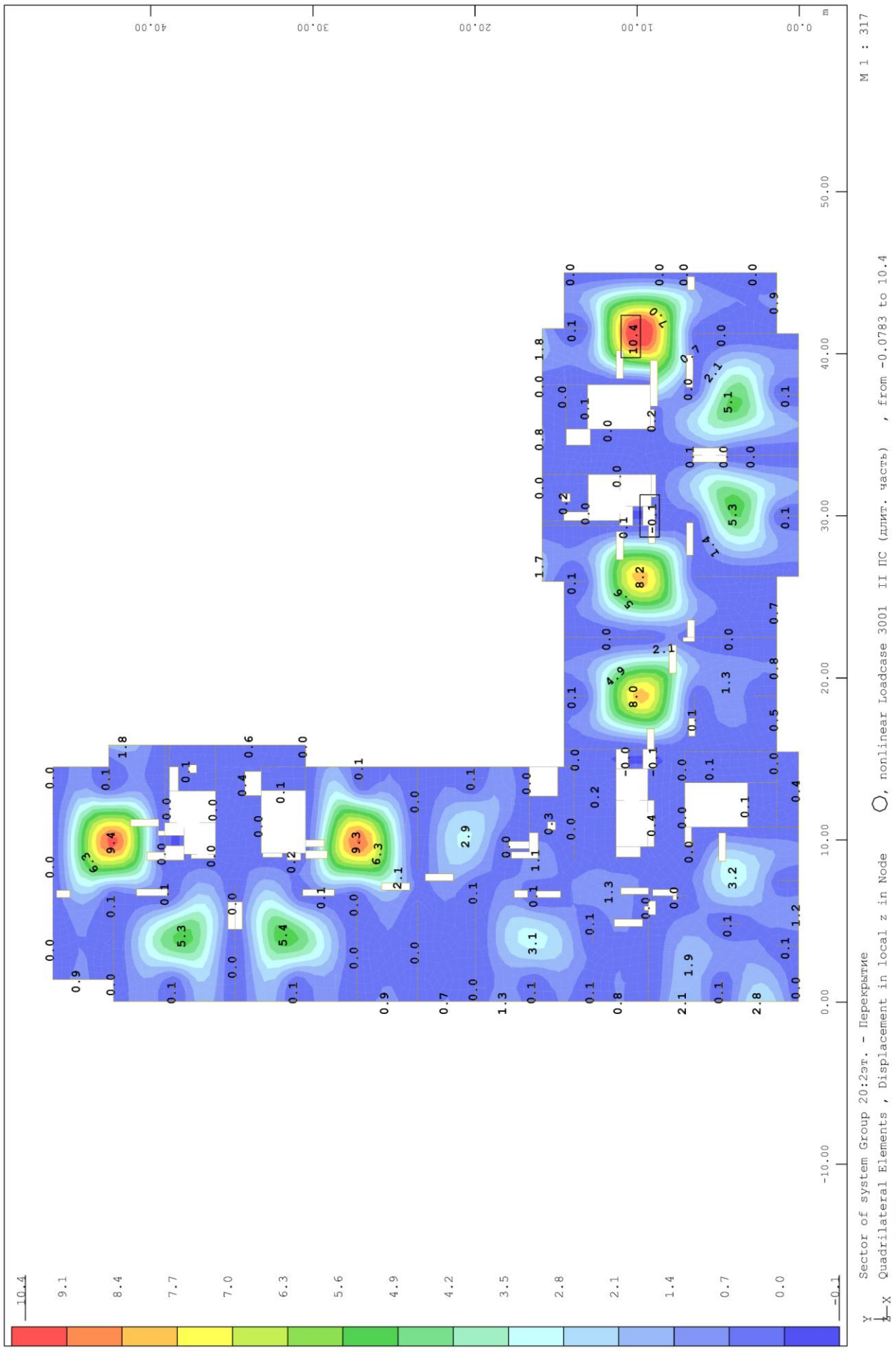
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 186

5.5. ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

Прогибы плиты перекрытия над -1 этажом, мм

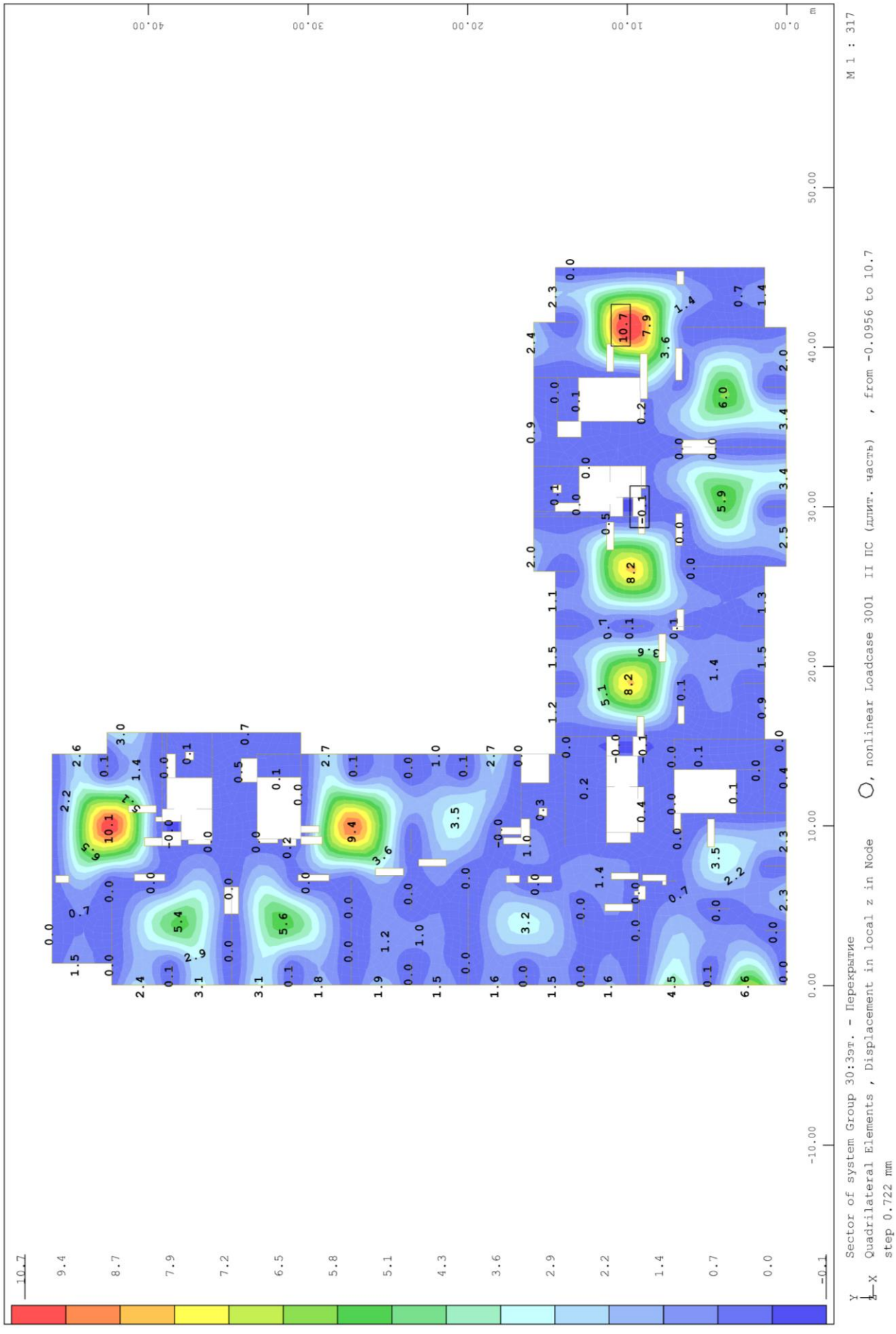


Прогибы плиты перекрытия над 1 этажом, мм



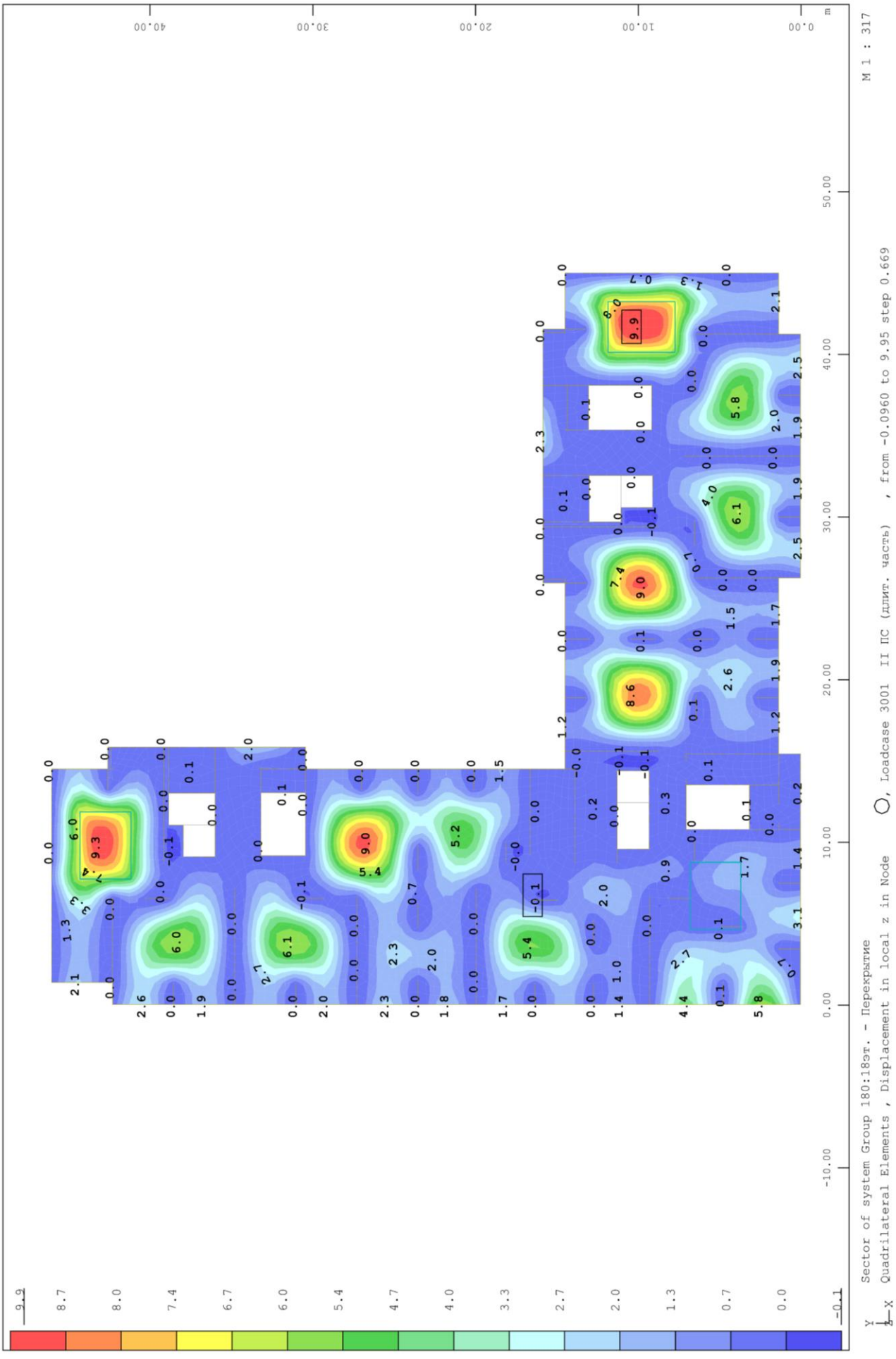
						1190-01-КР.РЗ	Лист
							188
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		

Прогибы плиты перекрытия над типовым этажом, мм



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		189

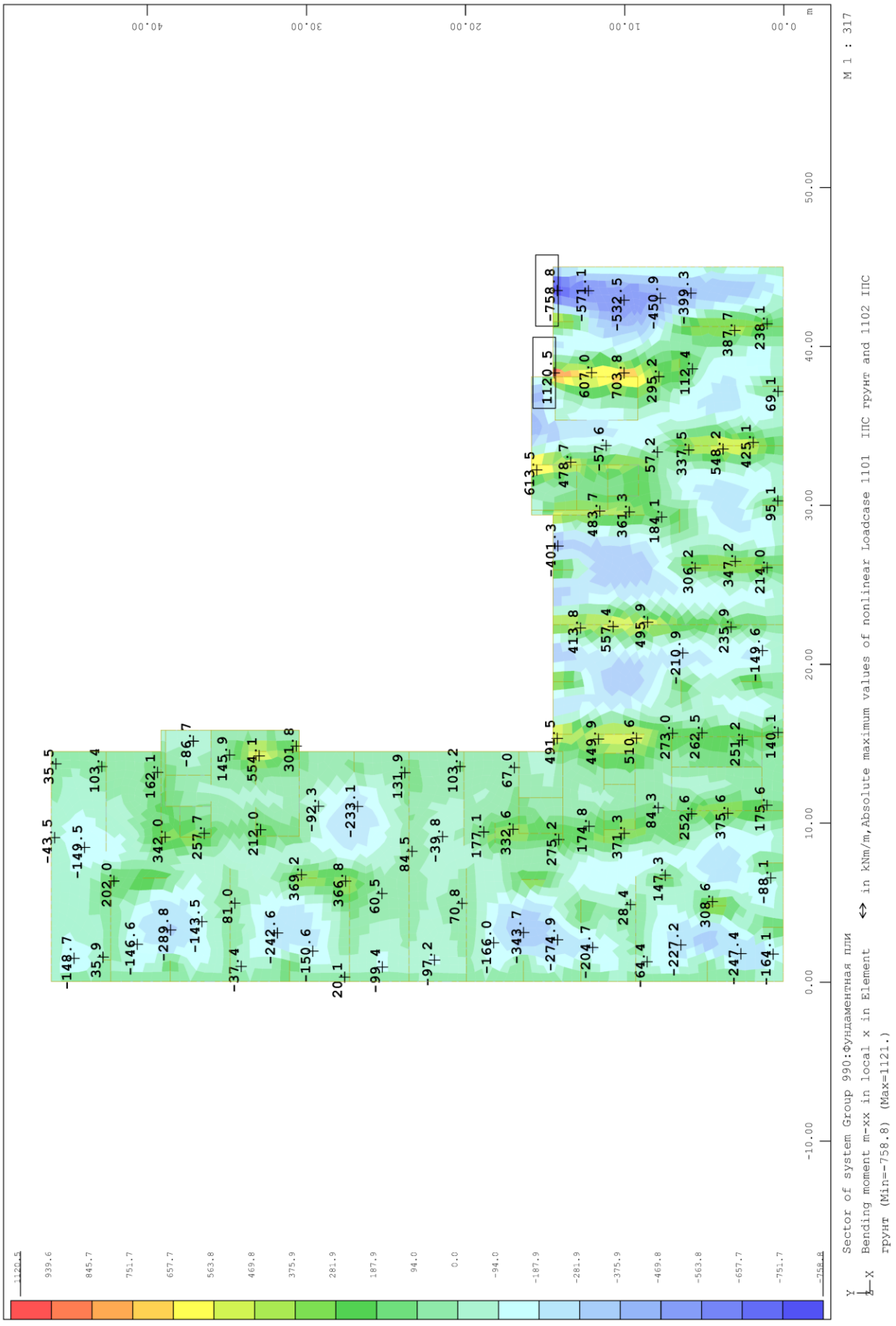
Прогибы плиты покрытия, мм



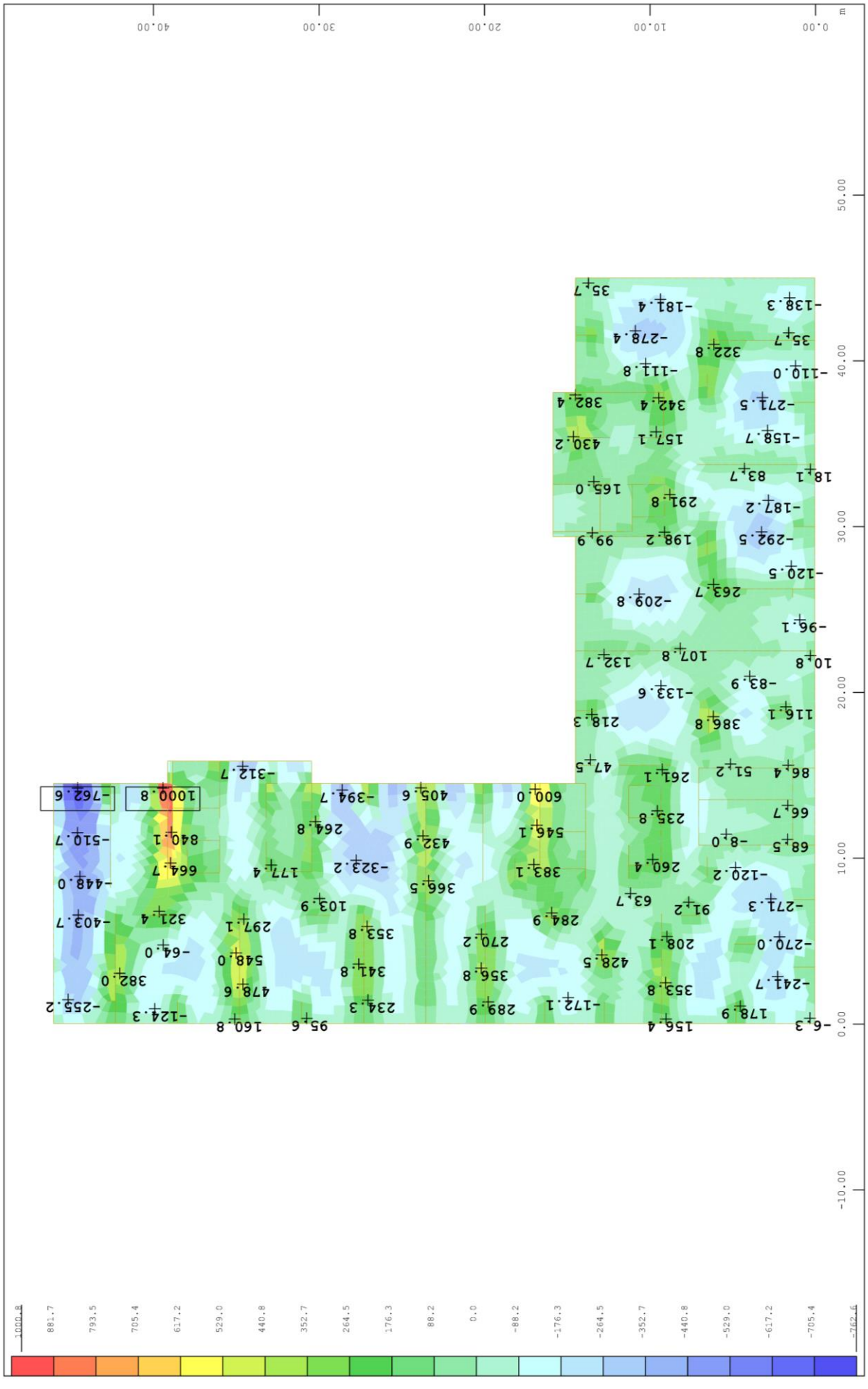
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		190

5.6. ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА

Момент M_x, кН·м/м

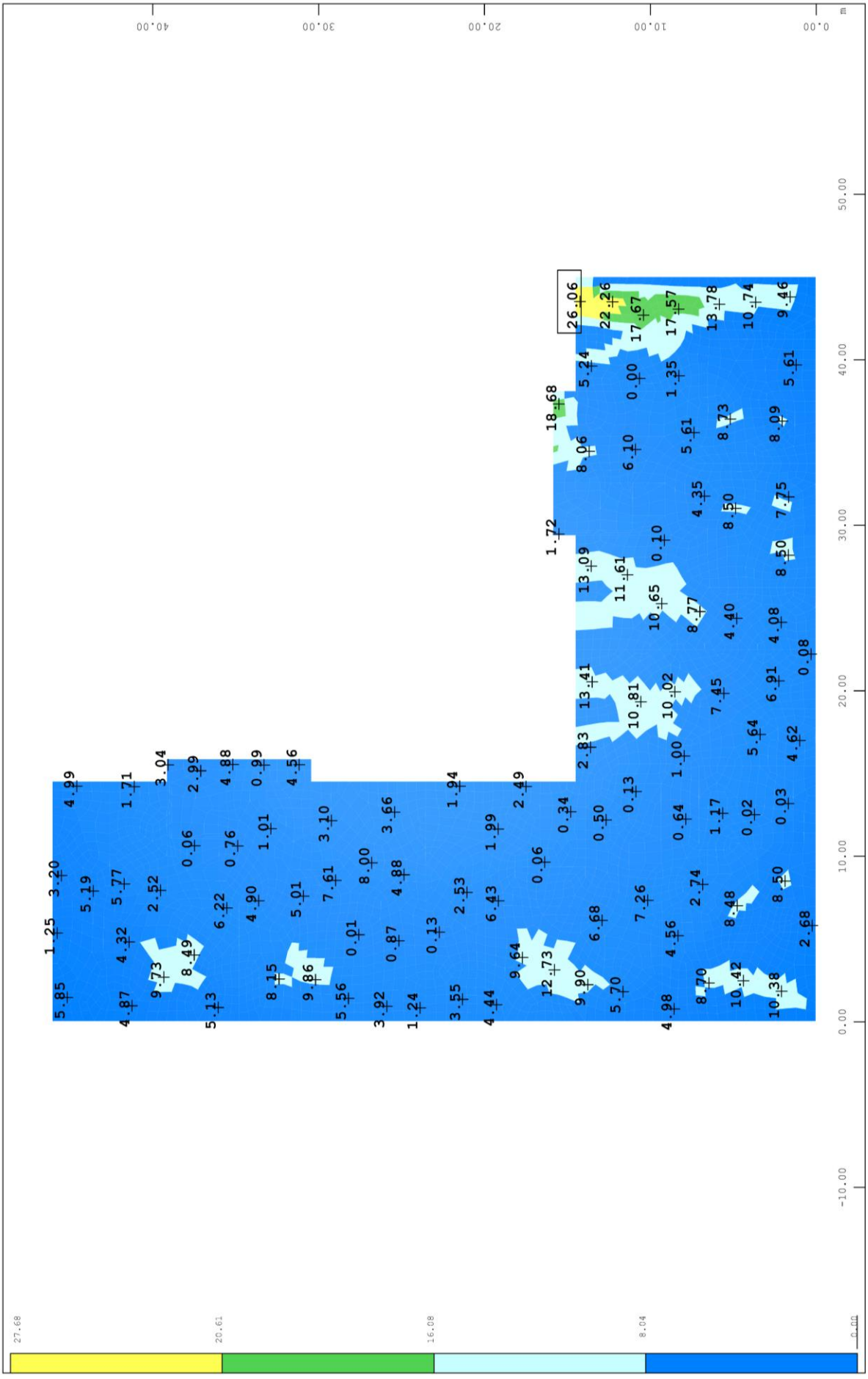


Момент M_y, кН·м/м



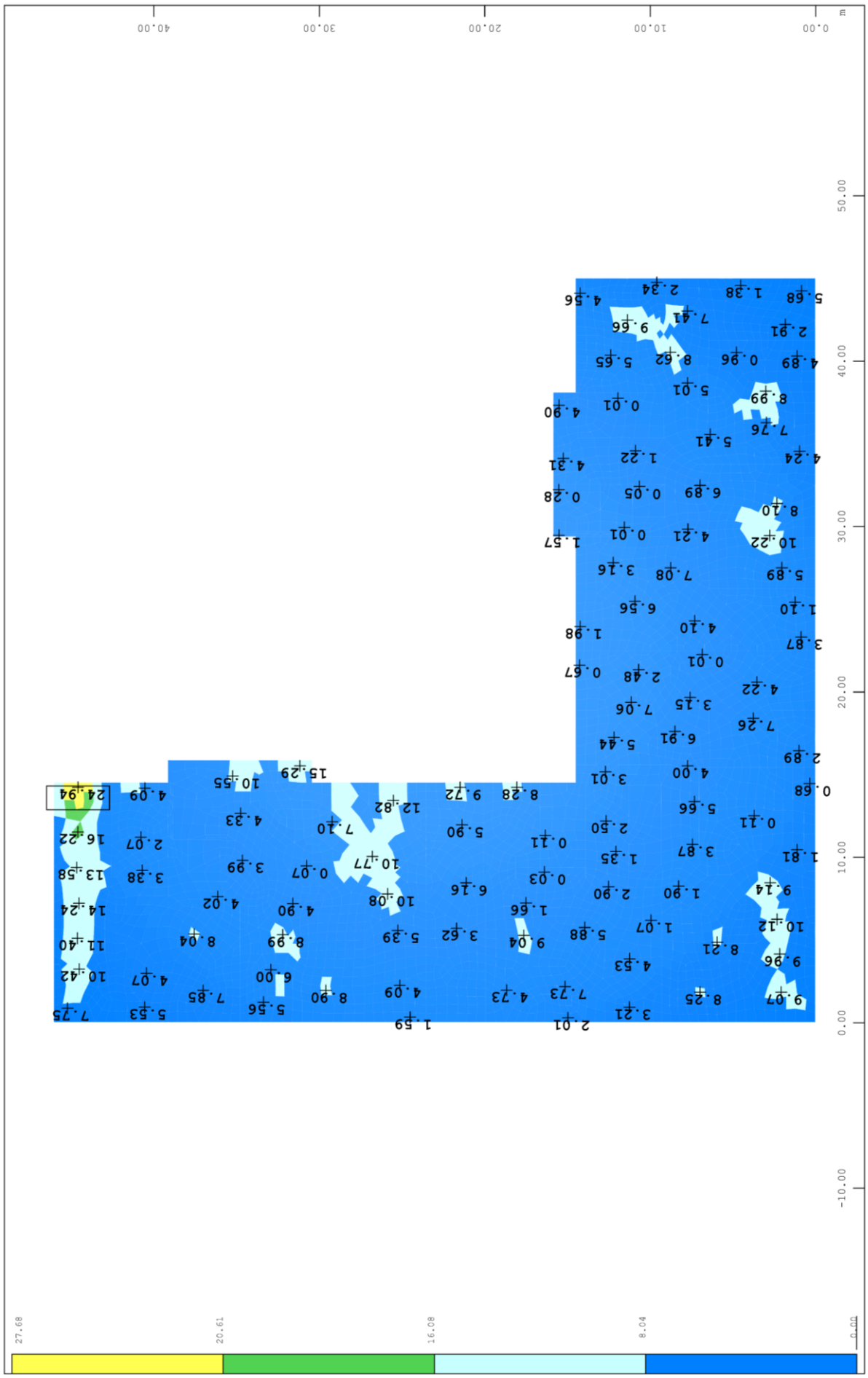
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 192

Верхнее армирование по оси X, см^2/м



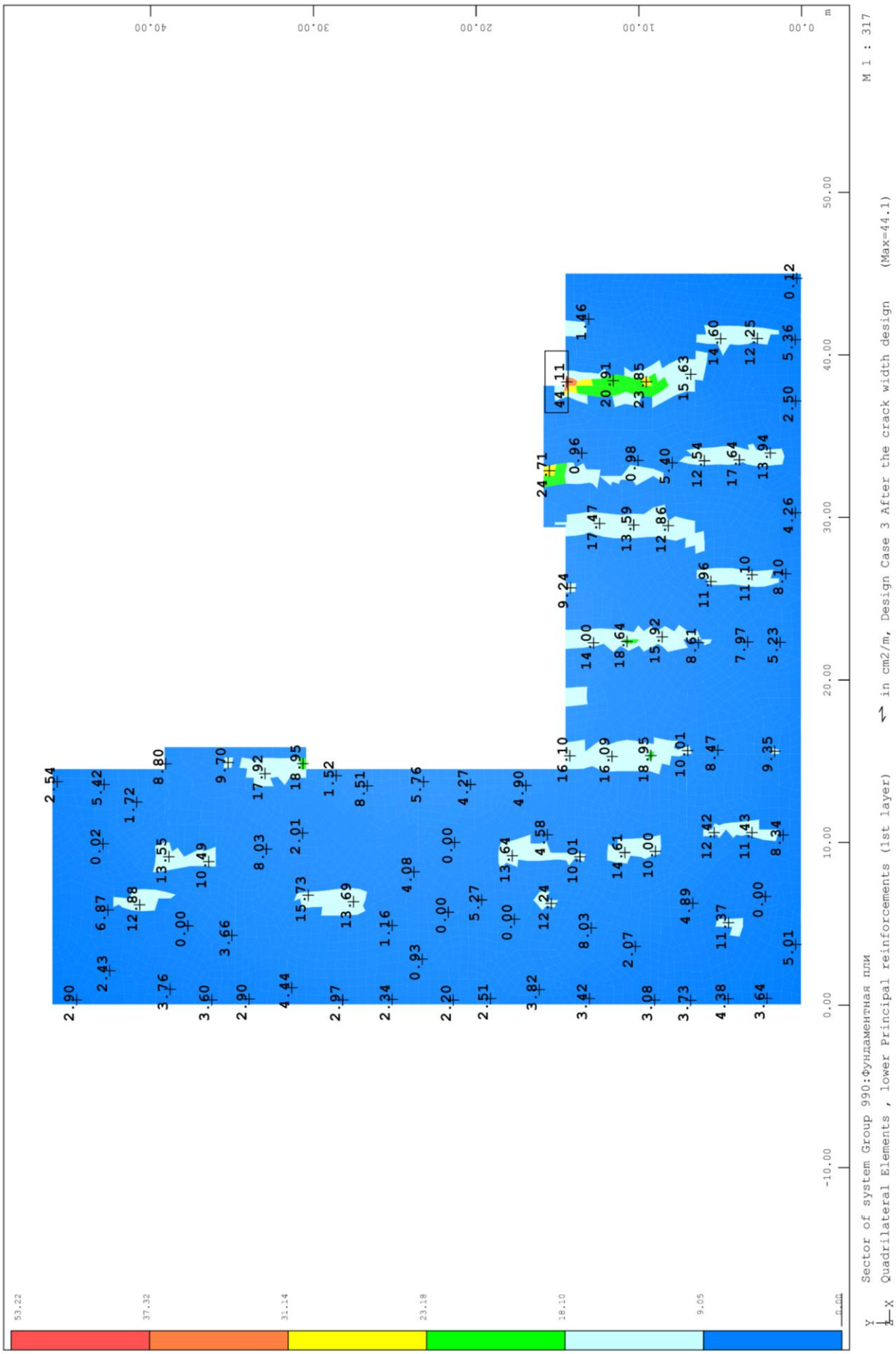
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 193

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



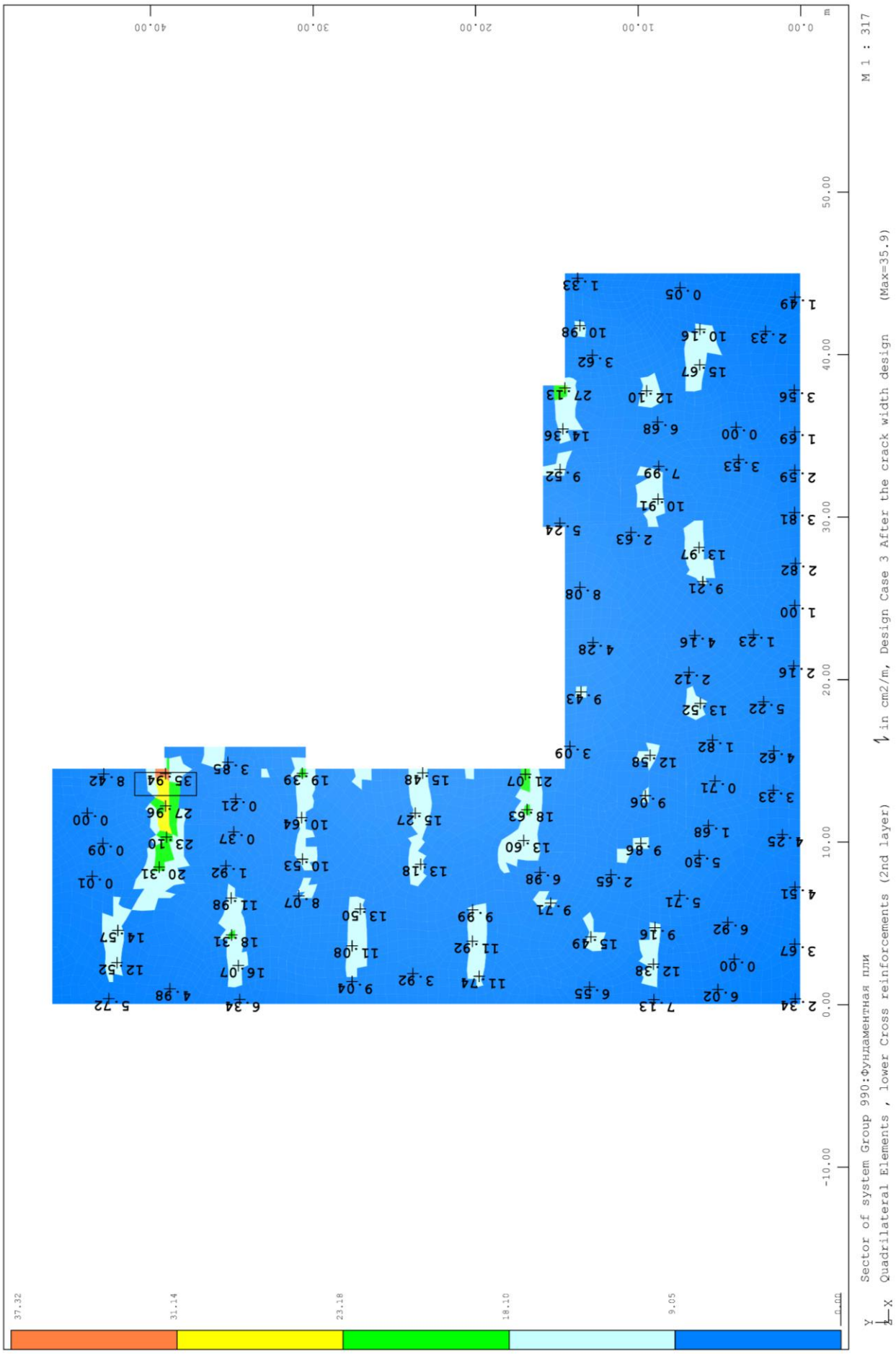
						1190-01-КР.РЗ	Лист
							194
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 195

Нижнее армирование по оси Y см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		196

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона: B30 | Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	800	мм	-толщина плиты
a_x=	58	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	54	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	742	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	74	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	38	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	726	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	25	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	100	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	49,1	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	59,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	14,2	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,19		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	176,7	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$=	96,4	тс· м	
$M_{дл}$=	89,1	тс· м	
M_{crc}=	25,7796	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0,5		
φ_3=	1		
$a_{кратк}$=	0,26	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$=	0,25	мм	-продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	25	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	100	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	49,1	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	59,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	14,2	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,20		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	173,2	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$=	85,9	тс· м	
$M_{дл}$=	80,1	тс· м	
M_{crc}=	25,7796	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0,5		
φ_3=	1		
$a_{кратк}$=	0,23	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$=	0,22	мм	-продолжительное раскрытие трещин

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона: B30 — Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	800	мм	-толщина плиты
a_x=	54	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	58	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	746	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	38	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	74	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	762	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	25	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	24,5	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	34,6	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 108,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 65,1 тс· м

$M_{дл}$= 60,3 тс· м

M_{crc}= 25,3421 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,26 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,24 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	25	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	24,5	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	34,6	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 109,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 65,7 тс· м

$M_{дл}$= 61,4 тс· м

M_{crc}= 25,3421 тс· м -момент образования трещин

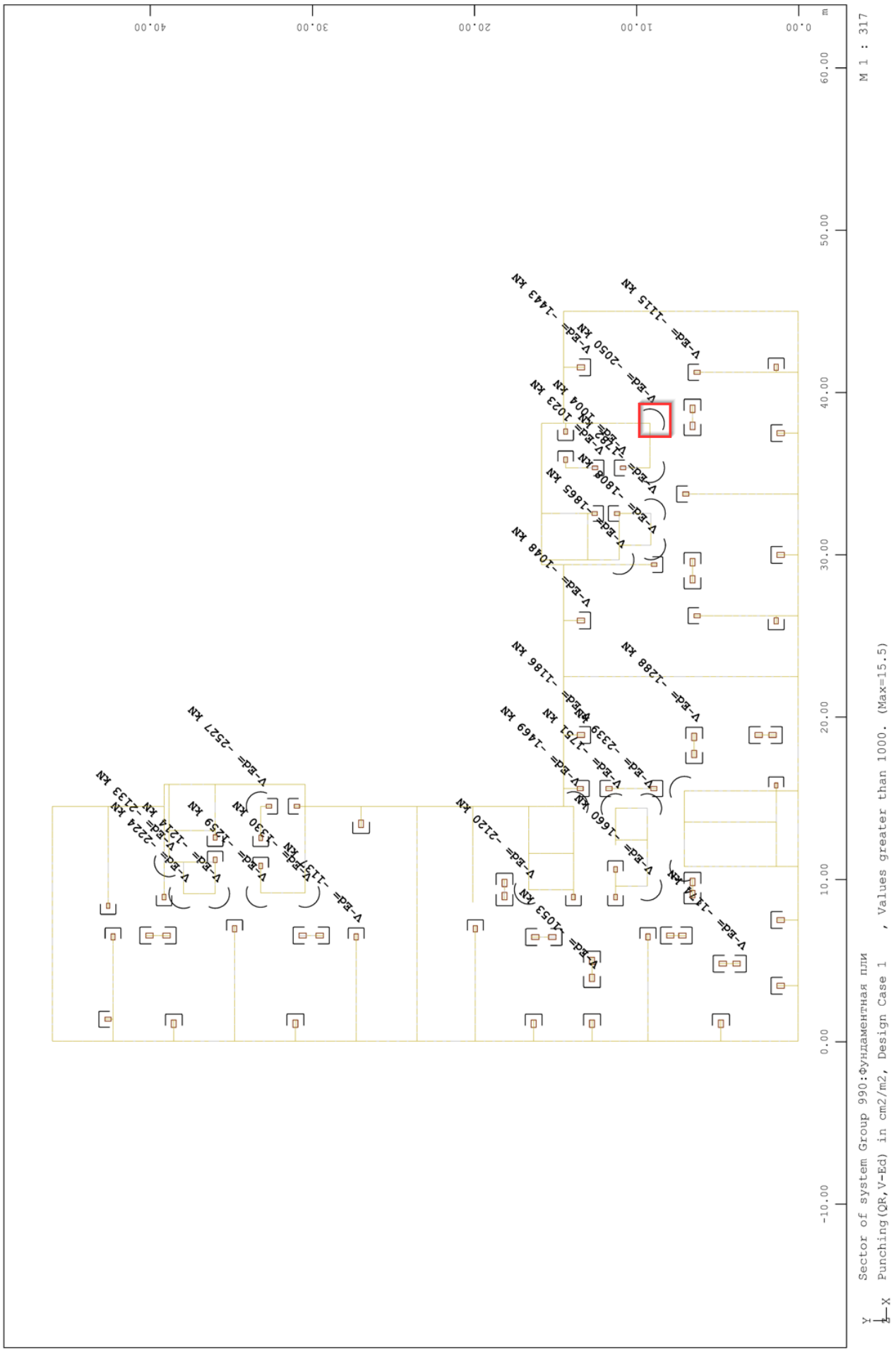
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,26 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,24 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		199

Расчет железобетонных элементов на продавливание по СП 63

с учетом положений научно-технического отчета ГУП НИИЖБ (договор № 709 от 01.10.2002 г.)

Фундаментная плита

Сечение колонны

b_1, мм	220
a_1, мм	220
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	800
a_x, мм	58
a_y, мм	74
h_0, мм	734

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	203,2	0
M_{xi}, тм	2,7	0
M_{yi}, тм	5,4	0
q_i, т/м^2		

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	0,954
l_y, м	0,954
u, м	2,145
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	0,910
A_q, м^2	2,849
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

N_{sup}, т	203,200	$M_{x,sup+int}$, тм	2,700	$M_{y,sup+int}$, тм	5,400
N_{int}, т		$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	1,837	0.5·$M_{x,loc}$, тм	1,350	0.5·$M_{y,loc}$, тм	2,700
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	205,037	M_x, тм	1,350	M_y, тм	2,700

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон					
Класс	B30	I_{bx1}, м^3	0,1447	I_{by1}, м^3	0,1447
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx2}, м^3	0,4341	I_{by2}, м^3	0,4341
γ_{b1}	0,9	I_{bx}, м^3	0,5788	I_{by}, м^3	0,5788
A_b, м^2	1,5744	W^-_{bx}, м^2	1,2135	W^-_{by}, м^2	1,2135
		W^+_{bx}, м^2	1,2135	W^+_{by}, м^2	1,2135
$F_{b,ult}$, т	165,787	$M_{bx,ult}$, тм	93,791	$M_{by,ult}$, тм	93,791
$F/F_{b,ult}$	1,237	$M_x/M_{bx,ult}$	0,014	$M_y/M_{by,ult}$	0,029

1,280 > 1 — Условие прочности не выполнено.

Сечение плиты достаточно. Необходимо установить поперечную арматуру:

$q_{sw}^{тр}$ =

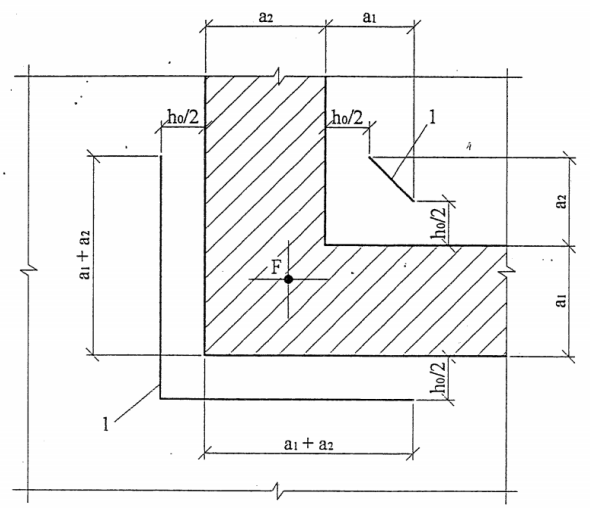
Арматура

Класс	A500
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	12
n, шт	2
A_{sw}, см^2	2,262
s_w, мм	100
q_{sw}, т/м	69,216

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

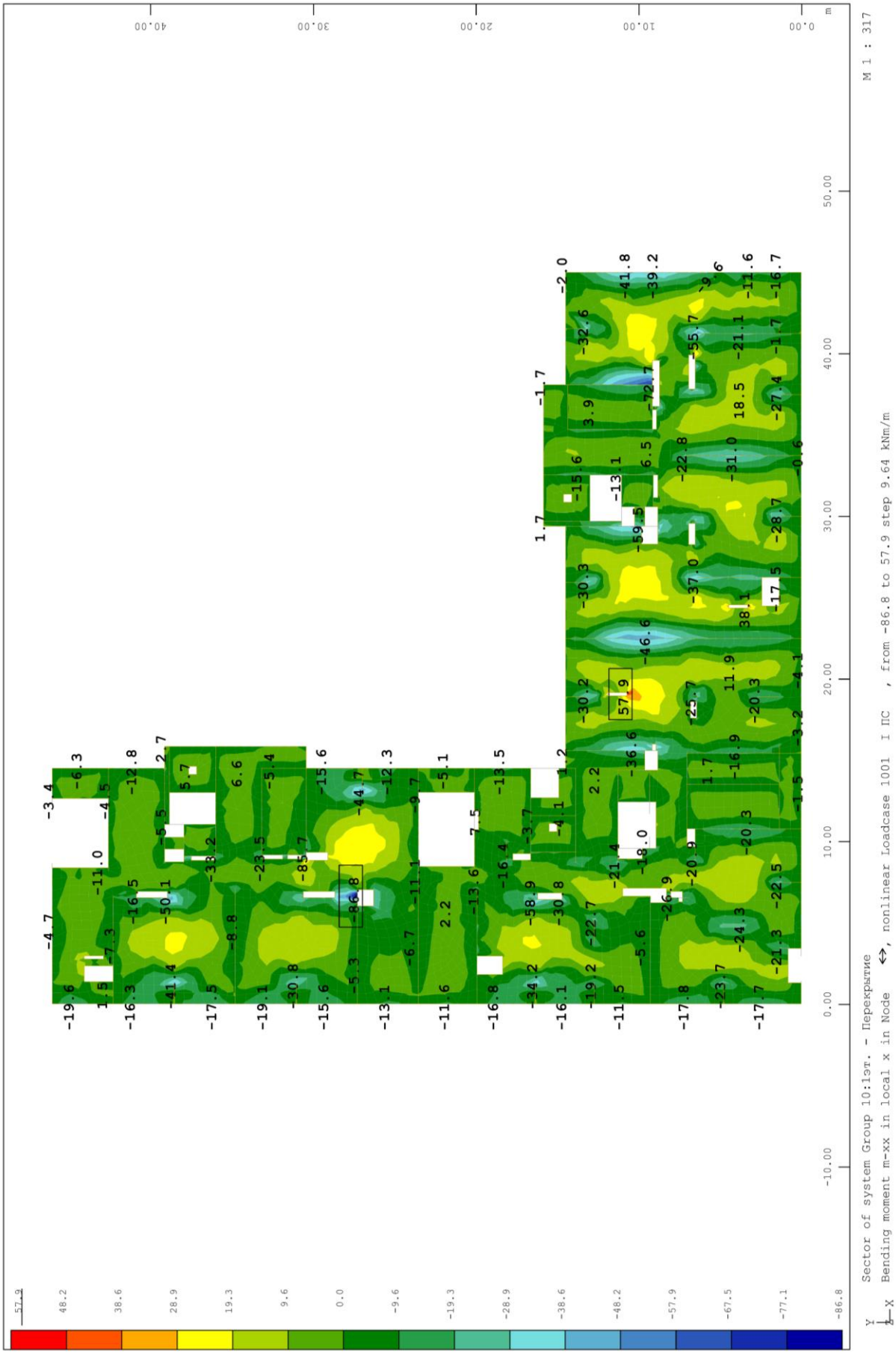
$F_{sw,ult}$, т	118,774	$M_{swx,ult}$, тм	67,194	$M_{swy,ult}$, тм	67,194
F_{ult}, т	284,561	$M_{x,ult}$, тм	160,985	$M_{y,ult}$, тм	160,985
F/F_{ult}	0,721	$M_x/M_{x,ult}$	0,008	$M_y/M_{y,ult}$	0,017

0,746 < 1 — Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена

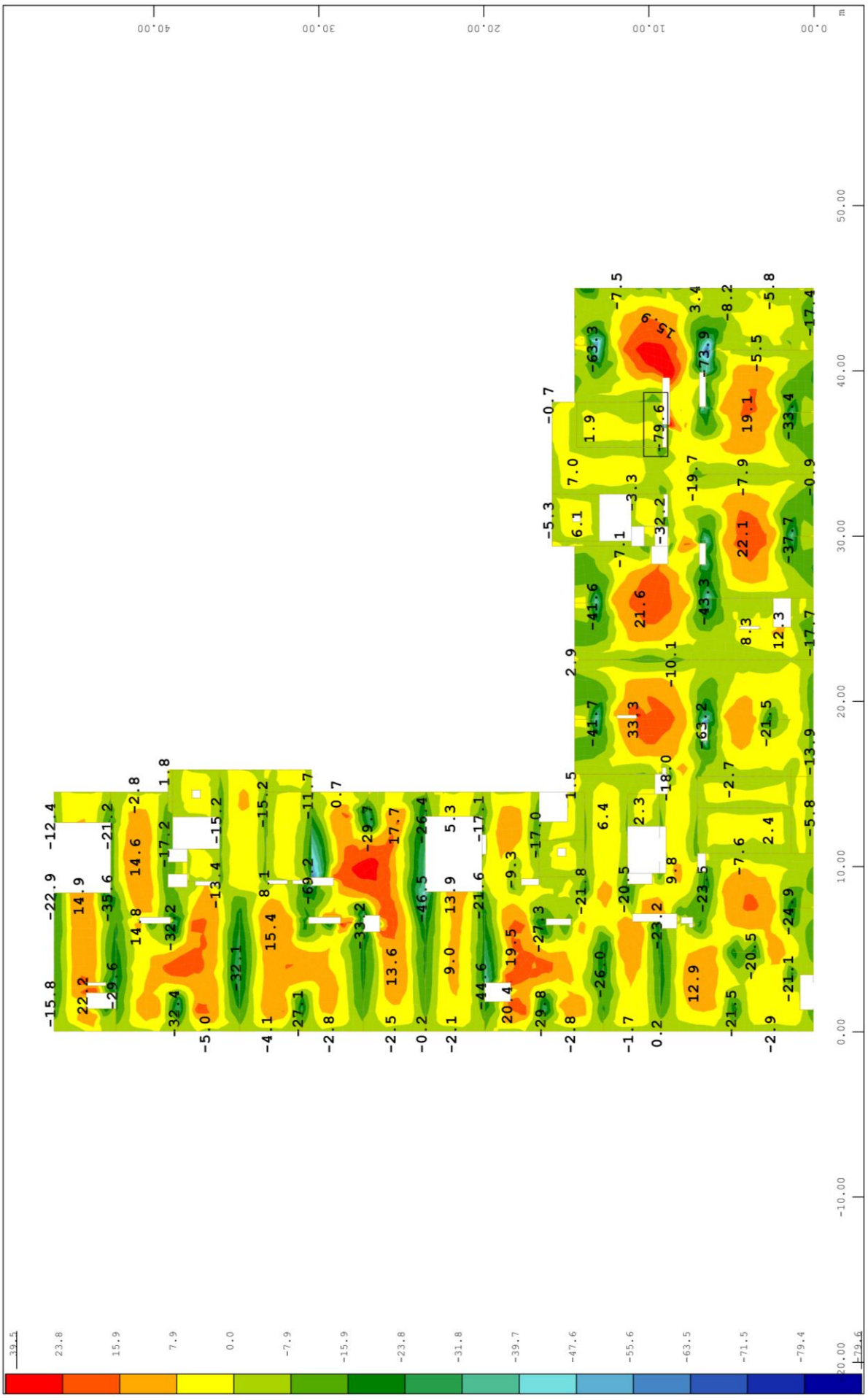


5.7. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ

Момент M_x, кН·м/м

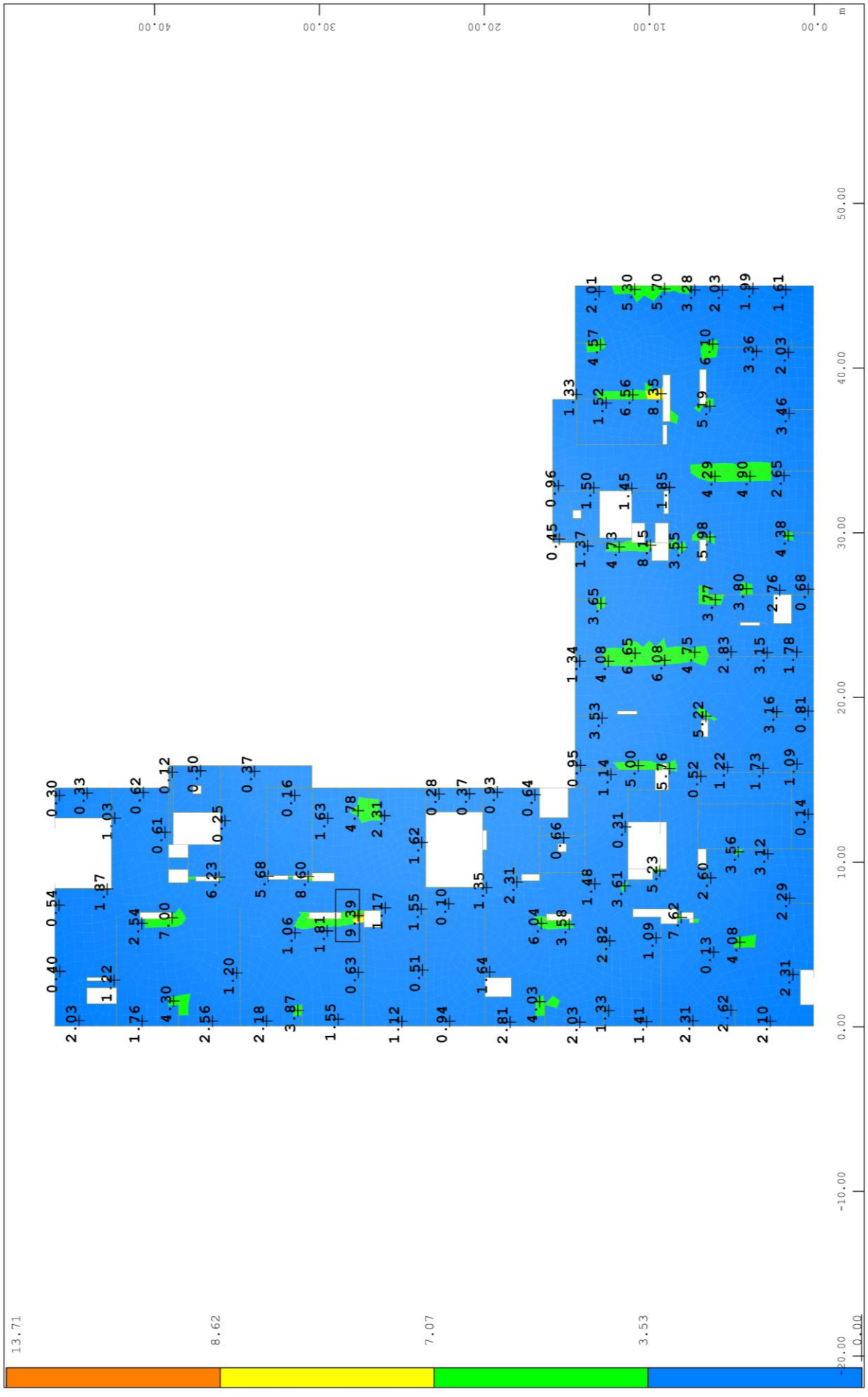


Момент M_y, кН·м/м



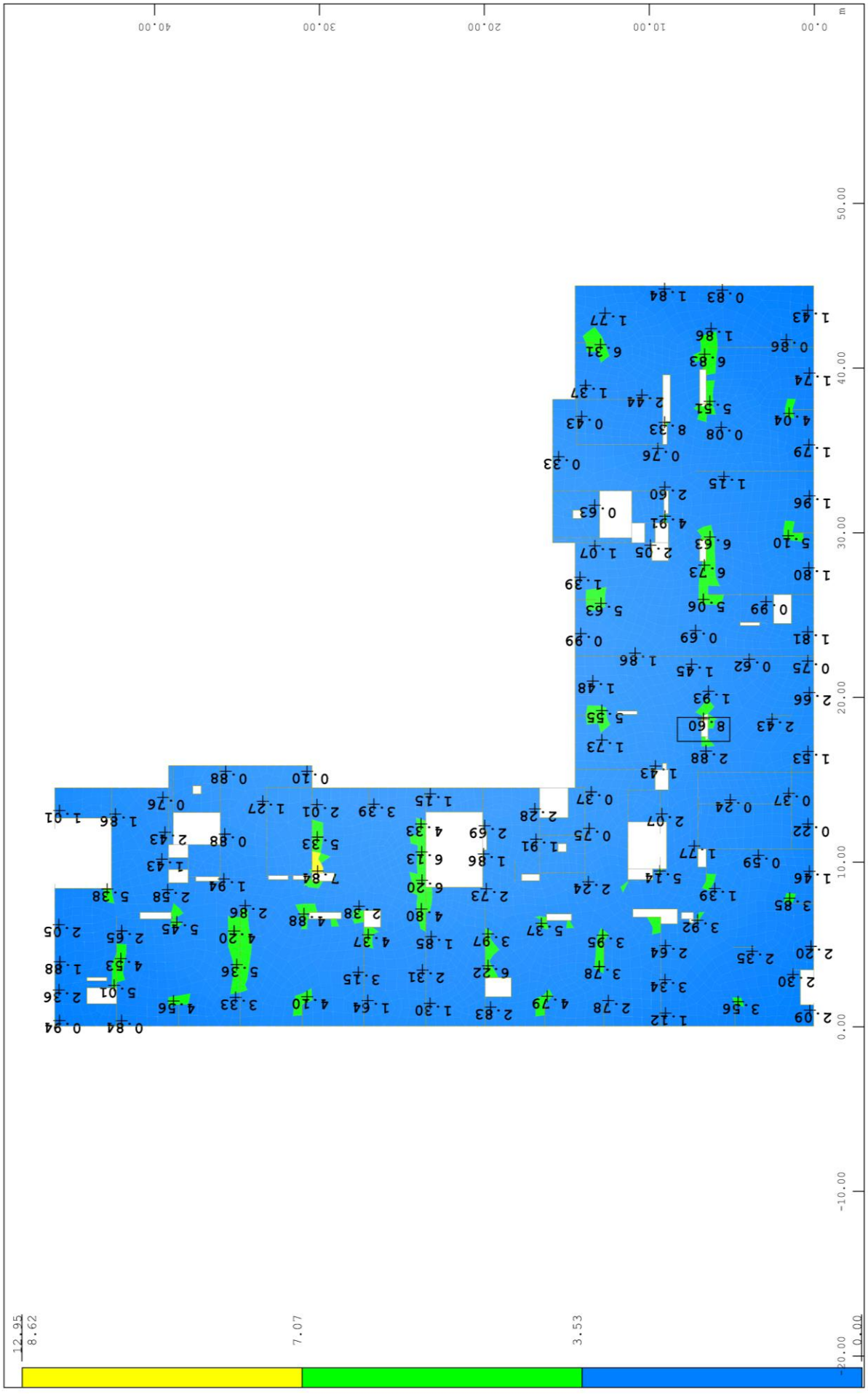
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		202

Верхнее армирование по оси X, см^2/м



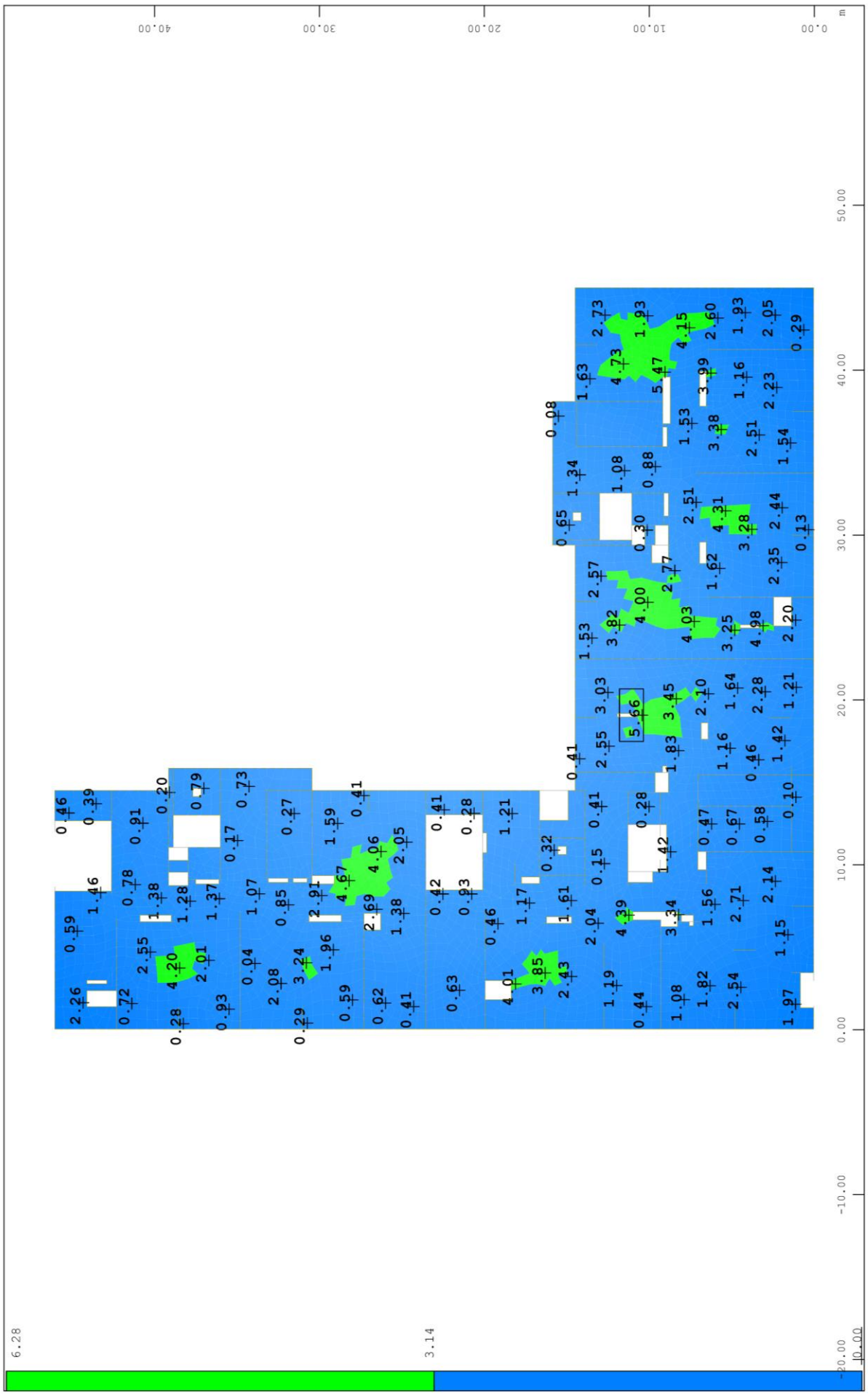
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 203

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



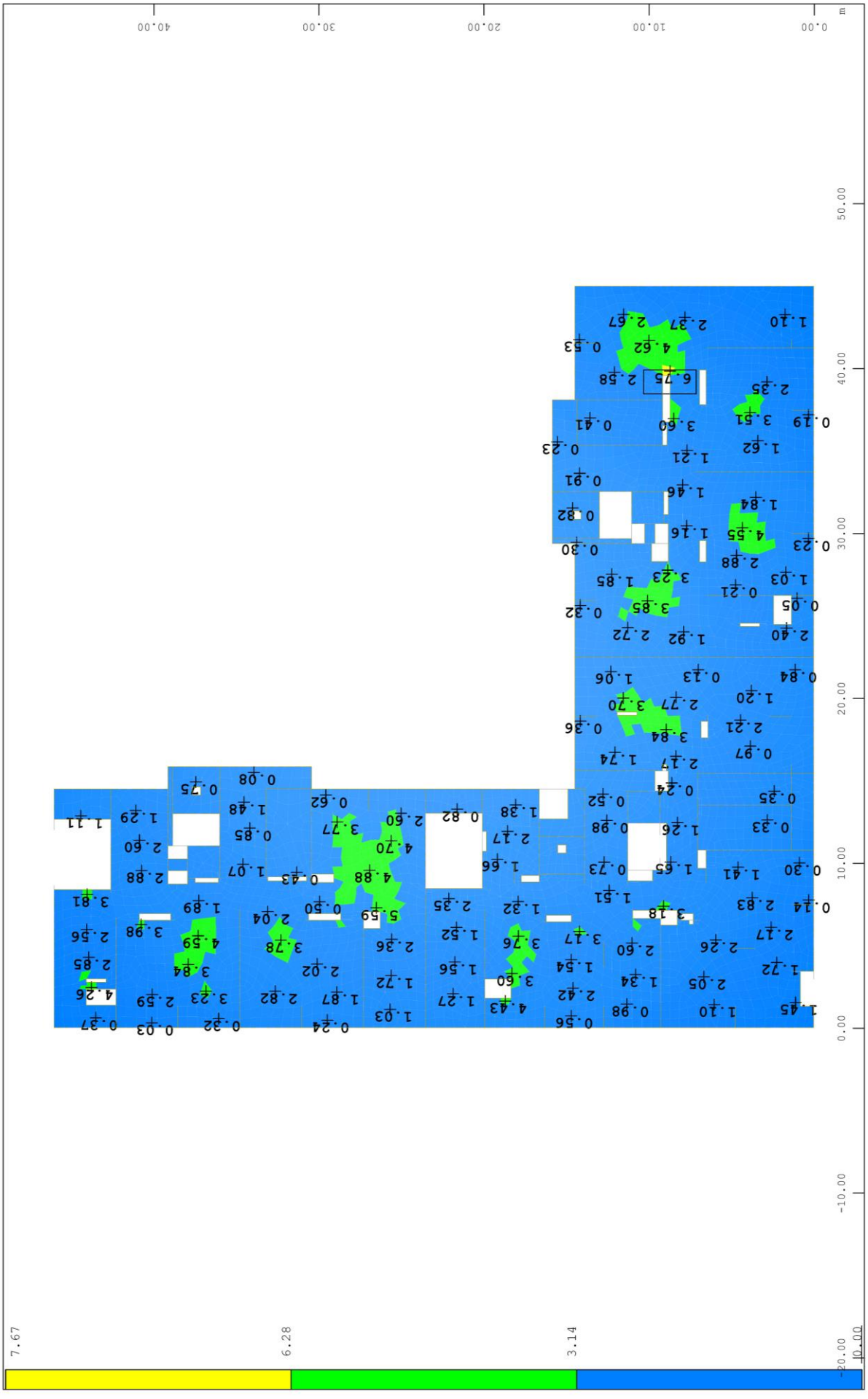
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 204

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 205

Нижнее армирование по оси Y см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		206

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b,ser}$	224.3	кгс/см²	$R_{s,n}$, $R_{s,ser}$	5098.6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt,ser}$	17.8	кгс/см²	$R_{sc,n}$, $R_{sc,ser}$	5098.6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	173.4	кгс/см²	R_s	4435.8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	11.7	кгс/см²	R_{sc}	4078.9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059.1	кгс/см²
γ_{b2}	1.0	кгс/см²	γ_s	1.0	кгс/см²
ξ_R	0.5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6.2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты

a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)

a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)

$h_{0,x}$= 190 мм -рабочая высота сечения(по оси X)

a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)

a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)

$h_{0,y}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 16 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 10.1 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 14 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 0 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3.93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2.65 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0.14 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 10.5 тс·м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

M_{sp}= 6 тс·м

M_{dl}= 3.9 тс·м

M_{crc}= 1.92683 тс·м -момент образования трещин

φ_2= 0.5

φ_3= 1

$a_{crc,sh}$= 0.2 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{crc,long}$= 0.13 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 5.65 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 9.58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 0 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3.93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1.53 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0.08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 6.6 тс·м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

M_{sp}= 5.9 тс·м

M_{dl}= 4.3 тс·м

M_{crc}= 1.92683 тс·м -момент образования трещин

φ_2= 0.5

φ_3= 1

$a_{crc,sh}$= 0.32 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{crc,long}$= 0.25 мм -продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-толщина плиты
a_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	180	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,7 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,4 тс· м

$M_{дл}$= 2,3 тс· м

M_{crc}= 1,89486 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,09 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,09 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,4 тс· м

$M_{дл}$= 2,1 тс· м

M_{crc}= 1,89486 тс· м -момент образования трещин

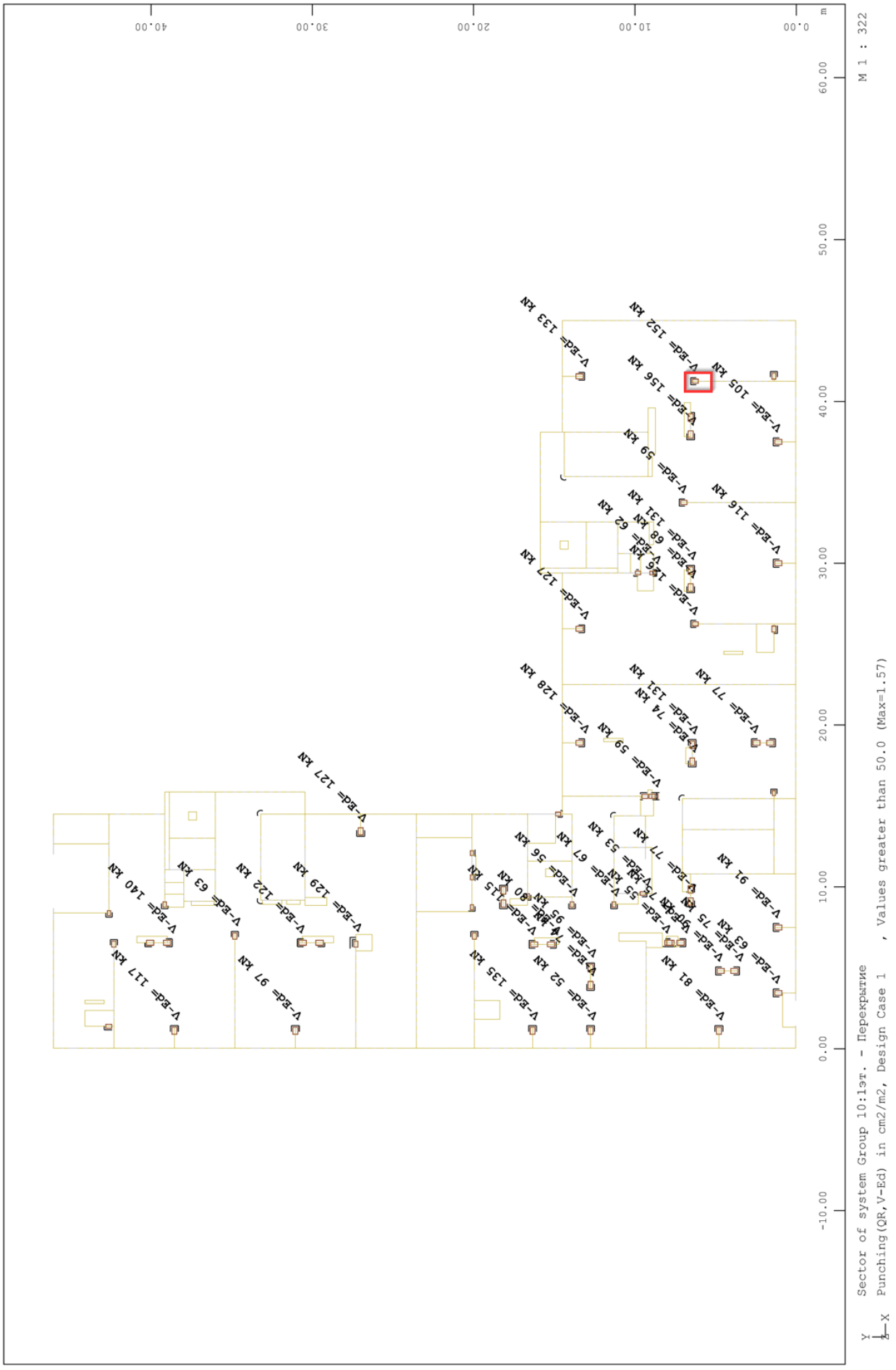
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,1 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,09 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		209

Расчет плиты на продавливание

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположение
Стена	Плита перекрытия	Торец стены

Сечение стены

вдоль оси X, мм	250

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	40
a_y, мм	50
h_0, мм	175

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т	0	15.2
M_x, т		0
M_y, т	0	1.7
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
$0.25 \cdot R_{bt} \cdot b$	6.40

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	1.7
N_{int}, т	15.2	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.09	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0.85
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	0.00
F, т	15.11	M_x, тм	0.00	M_y, тм	0.85

Расчетный контур

l_x, м	0.43
l_y, м	0.43
u, м	1.28
A_{q1}, м^2	0.181
A_q, м^2	0.223

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

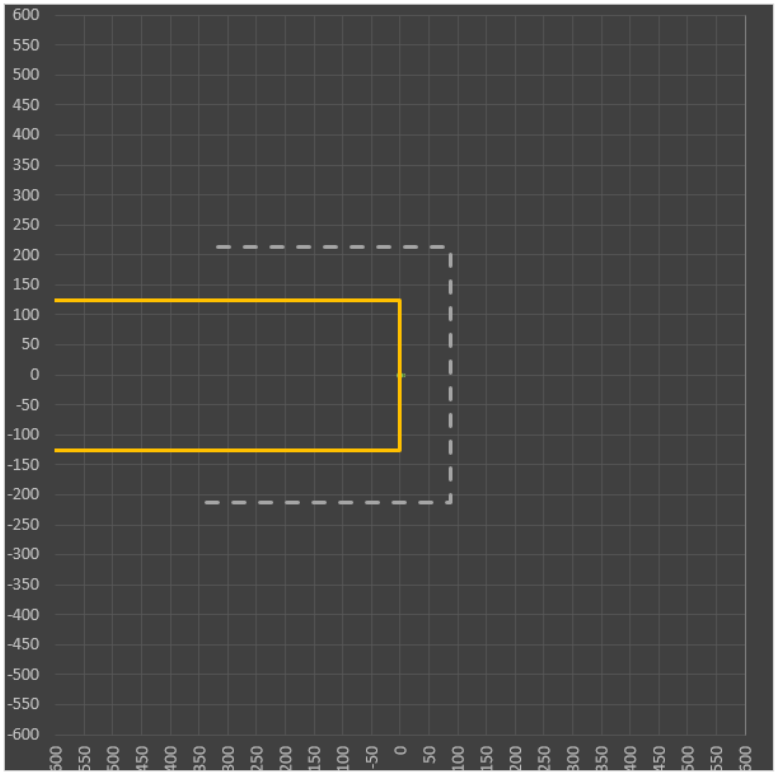
Бетон		I_{bx1}, м^3		I_{by1}, м^3	0.0064
Класс	B30	I_{bx2}, м^3		I_{by2}, м^3	0.0384
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx}, м^3		I_{by}, м^3	0.0448
γ_{b1}	1	W^-_{bx}, м^2		W^-_{by}, м^2	0.2107
A_b, м^2	0.22	W^+_{bx}, м^2		W^+_{by}, м^2	0.2107
$F_{b,ult}$, т	26.11	$M_{bx,ult}$, тм		$M_{by,ult}$, тм	4.315
$F/F_{b,ult}$	0.579	$M_x/M_{bx,ult}$	0.000	$M_y/M_{by,ult}$	0.197

0.776 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

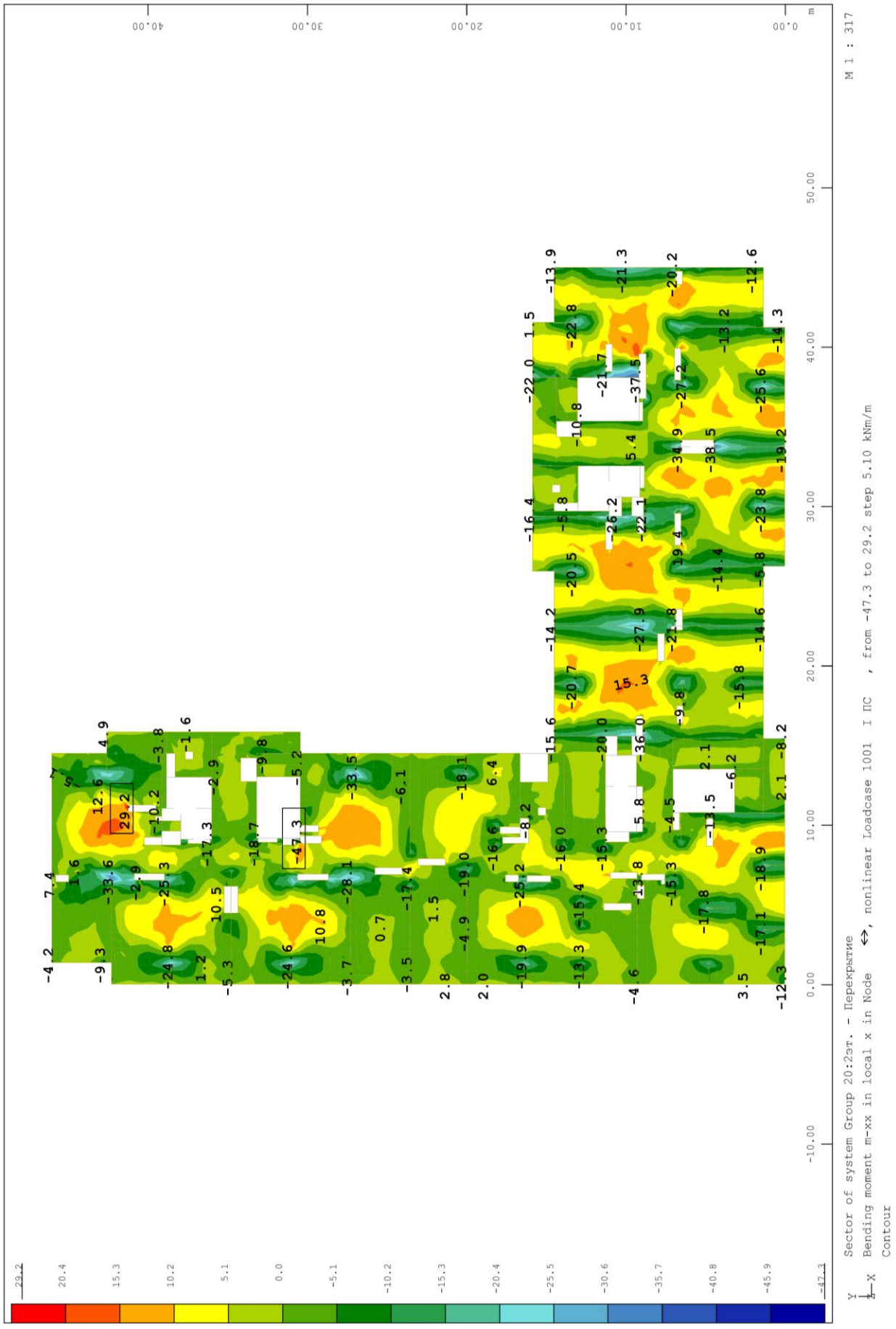
$F_{sw,ult}$, т	156.889			$M_{swy,ult}$, тм	25.930
F_{ult}, т	52.211			$M_{y,ult}$, тм	8.629
F/F_{ult}	0.289	$M_x/M_{x,ult}$	0.000	$M_y/My_{,ult}$	0.099

0.388 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

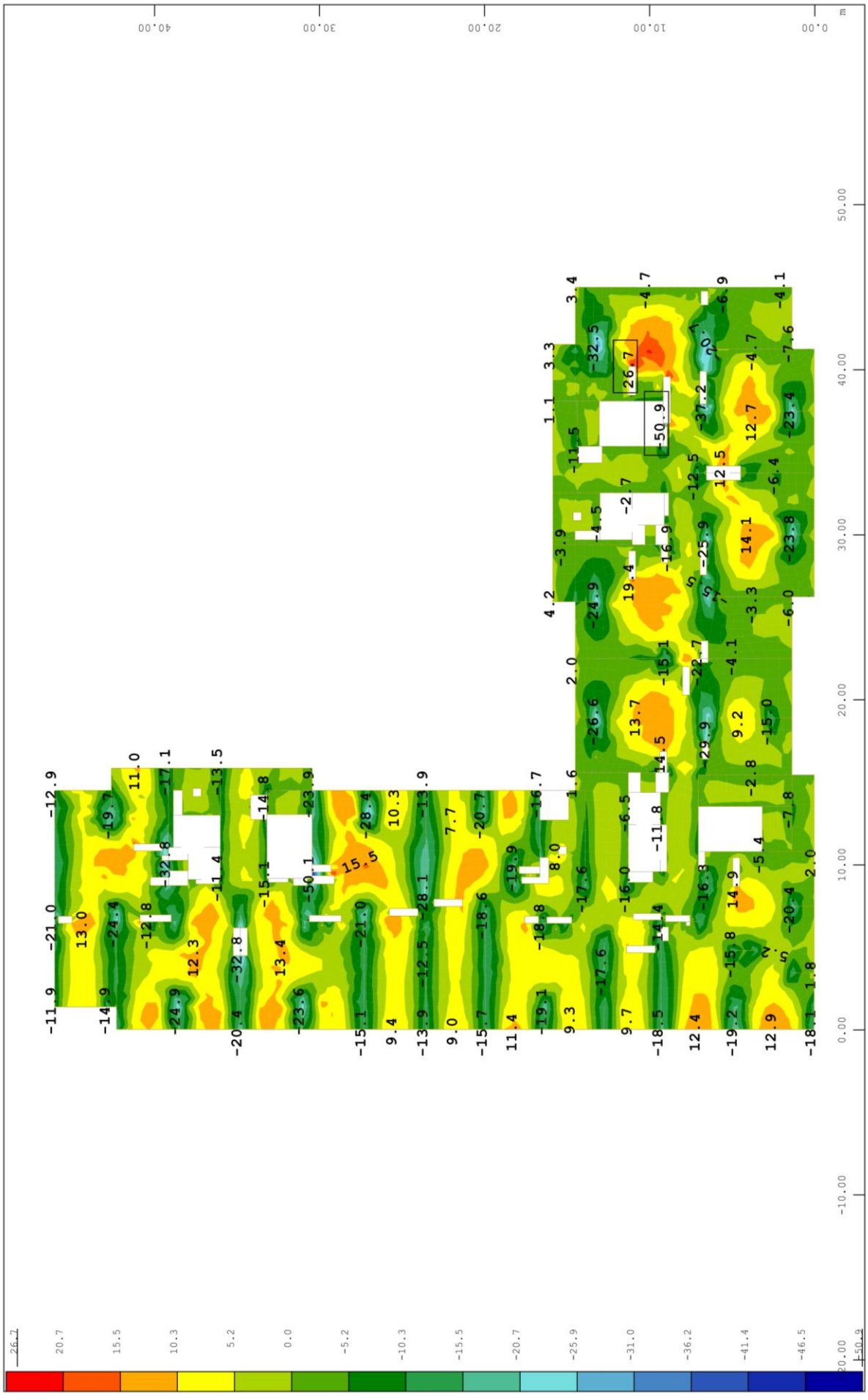


5.8. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ

Момент M_x, кН·м/м

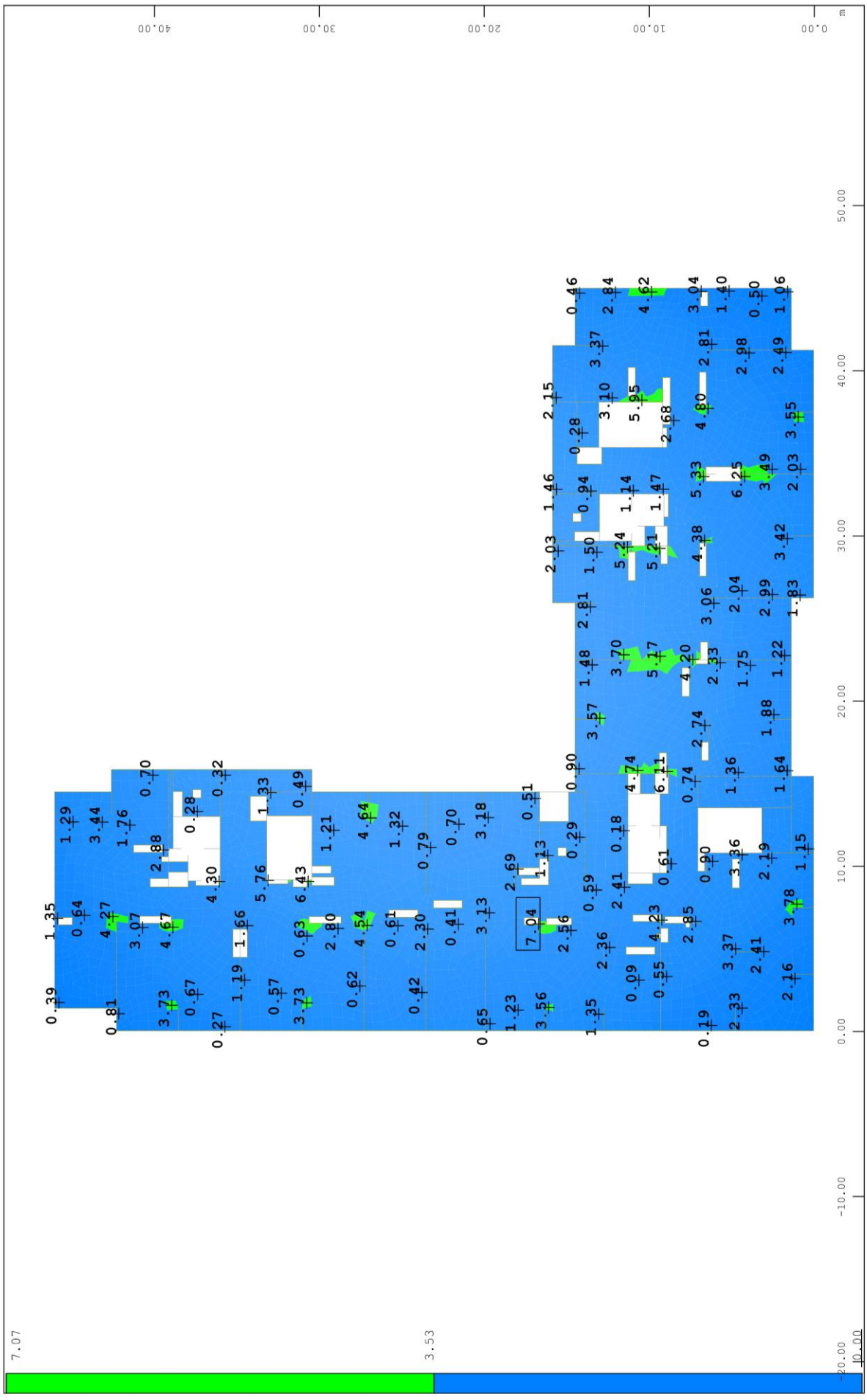


Момент M_y, кН·м/м



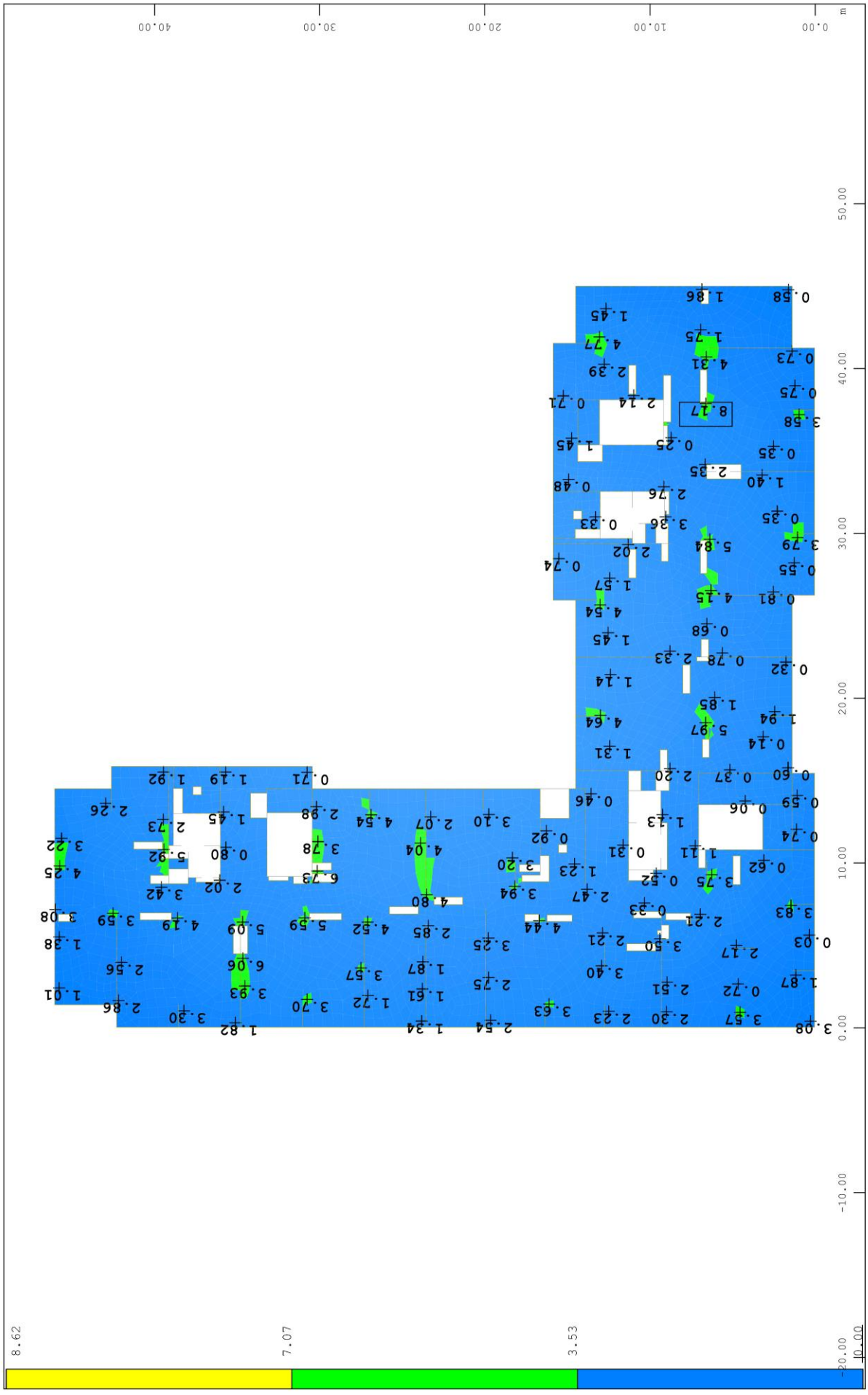
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		212

Верхнее армирование по оси X, см^2/м



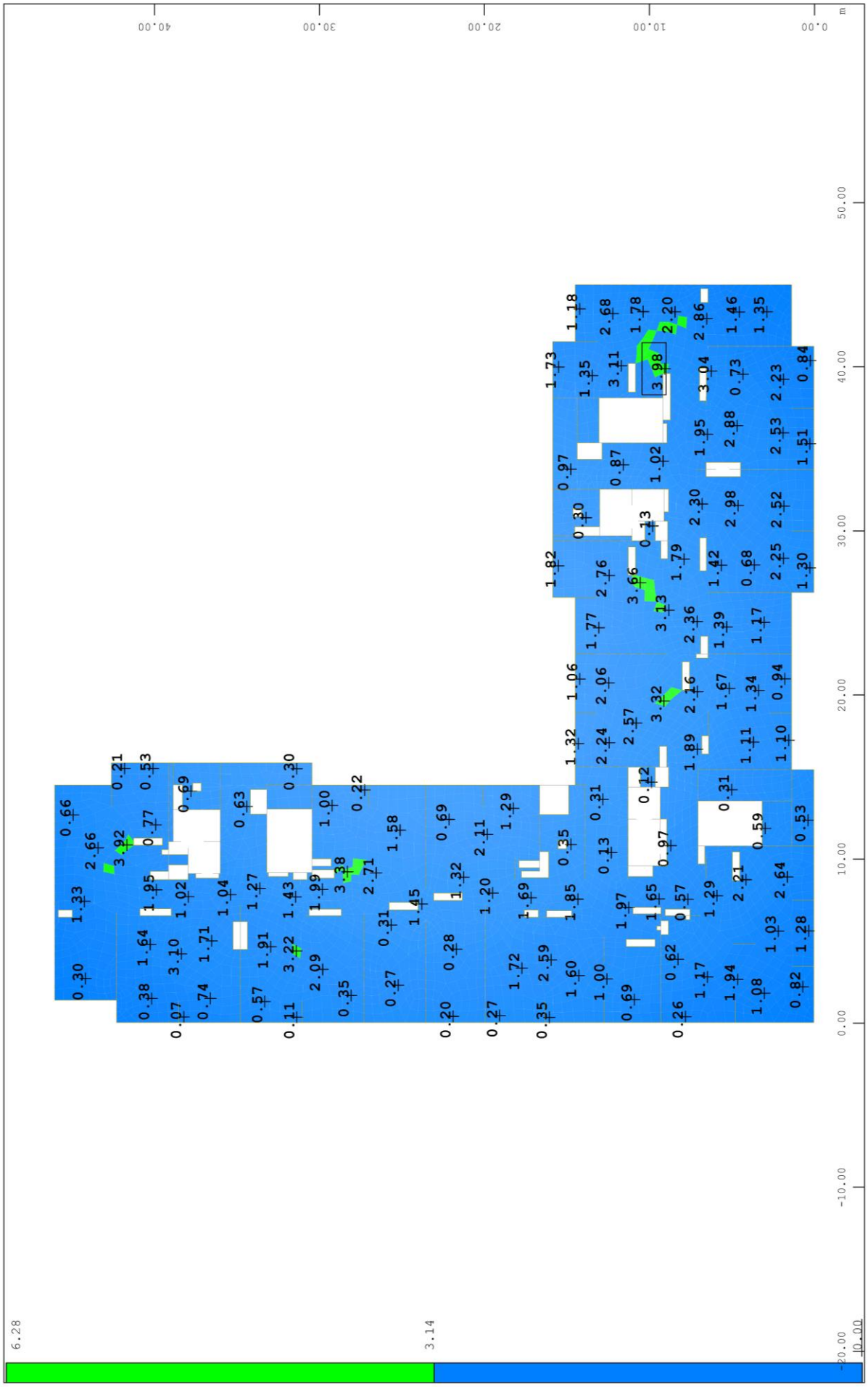
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		213

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



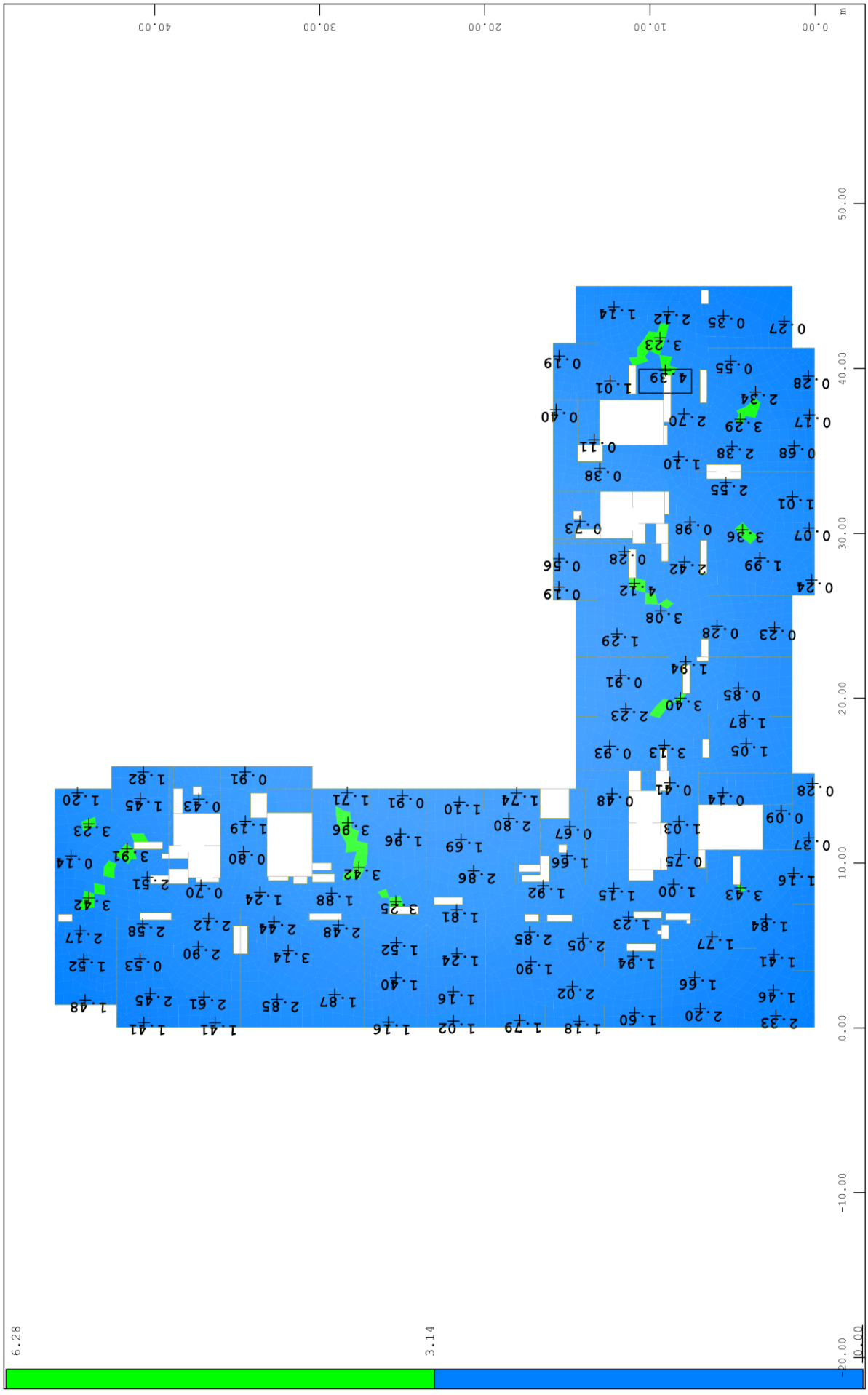
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		214

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 215

Нижнее армирование по оси Y см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		216

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-толщина плиты
a_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	160	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
s_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	1,7	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,10		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	6,4	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$=	3,4	тс· м	
$M_{дл}$=	2,7	тс· м	
M_{crc}=	1,57838	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0,5		
φ_3=	1		
$a_{кратк}$=	0,19	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$=	0,16	мм	-продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
s_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	1,7	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,11		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	5,8	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$=	3,3	тс· м	
$M_{дл}$=	2,4	тс· м	
M_{crc}=	1,57838	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0,5		
φ_3=	1		
$a_{кратк}$=	0,19	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$=	0,15	мм	-продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты

a_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)

a'_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)

$h_{0,x}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси X)

a_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)

a'_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)

$h_{0,y}$= 150 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,0 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,4 тс· м

$M_{дл}$= 1,2 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,02 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,02 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 10 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 3,93 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 7,85 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,5 тс· м

$M_{дл}$= 1,2 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

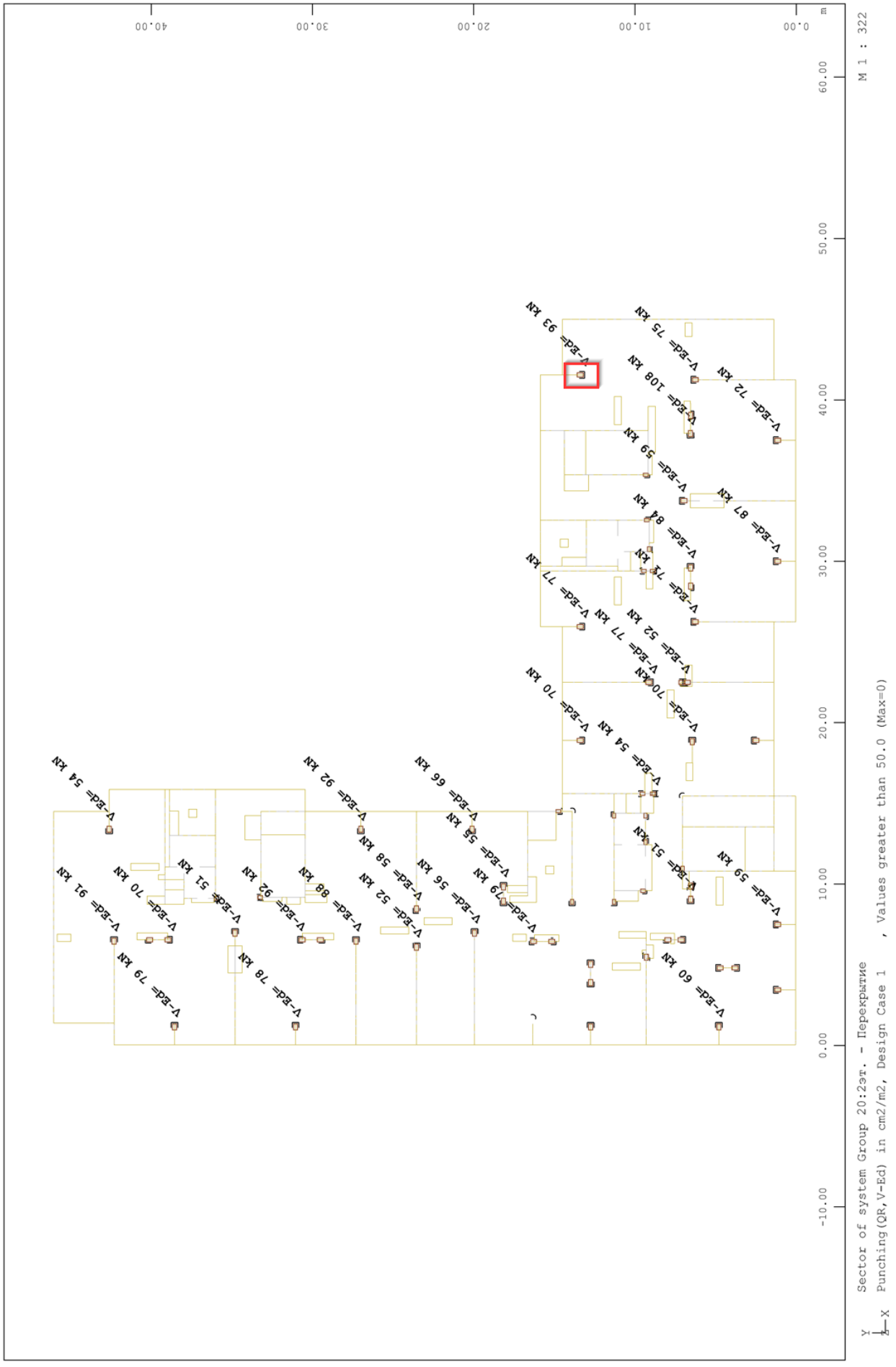
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,01 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,01 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		219

Расчет плиты на продавливание

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположение
Стена	Плита перекрытия	Торец стены

Сечение стены

вдоль оси X, мм	250

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	40
a_y, мм	50
h_0, мм	155

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т	0	9.3
M_x, т		0
M_y, т	0	3.9
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
0.25·R_{bt}·b	5.67

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	3.9
N_{int}, т	9.3	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.07	0.5·$M_{x,loc}$, тм		0.5·$M_{y,loc}$, тм	1.95
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	0.00
F, т	9.23	M_x, тм	0.00	M_y, тм	1.95

Расчетный контур

l_x, м	0.41
l_y, м	0.41
u, м	1.22
A_{q1}, м^2	0.164
A_q, м^2	0.188

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

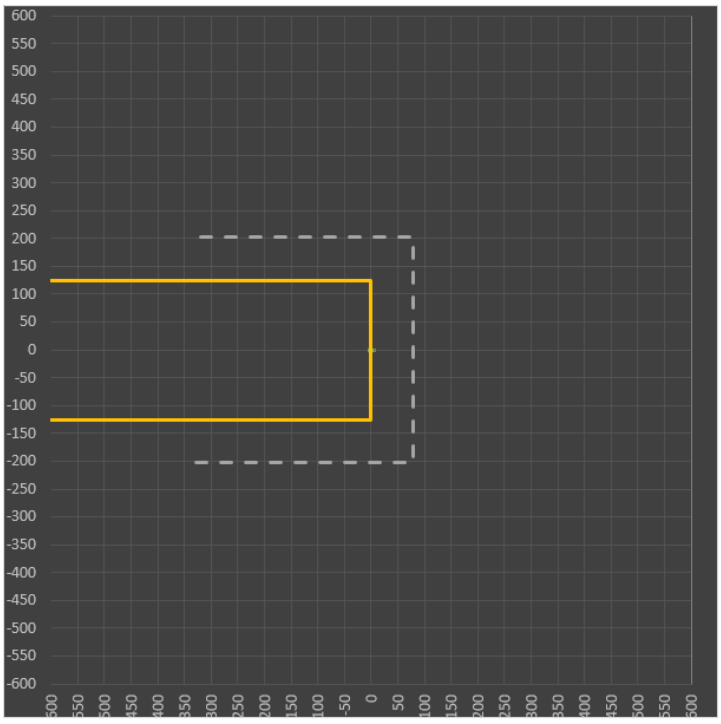
Бетон					
Класс	B30	I_{bx1}, м^3		I_{by1}, м^3	0.0055
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx2}, м^3		I_{by2}, м^3	0.0332
γ_{b1}	1	I_{bx}, м^3		I_{by}, м^3	0.0388
A_b, м^2	0.19	W^-_{bx}, м^2		W^-_{by}, м^2	0.1914
$F_{b,ult}$, т	22.03	W^+_{bx}, м^2		W^+_{by}, м^2	0.1914
$F/F_{b,ult}$	0.419	$M_{bx,ult}$, тм		$M_{by,ult}$, тм	3.470
		$M_x/M_{bx,ult}$	0.000	$M_y/M_{by,ult}$	0.562

0.628 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

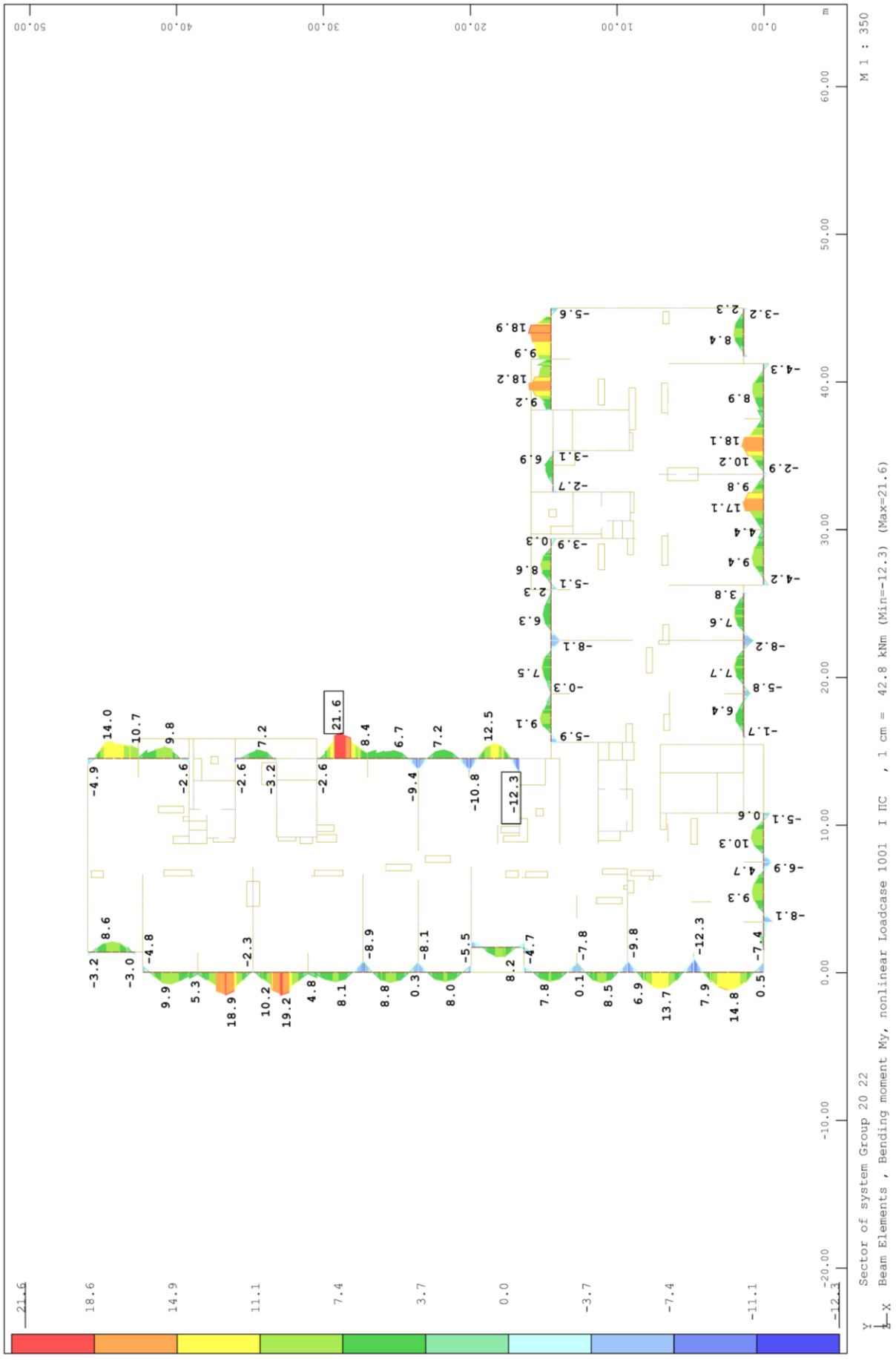
$F_{sw,ult}$, т	149.506			$M_{swy,ult}$, тм	23.547
F_{ult}, т	44.068			$M_{y,ult}$, тм	6.941
F/F_{ult}	0.209	$M_x/M_{x,ult}$	0.000	$M_y/My_{,ult}$	0.281

0.314 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.



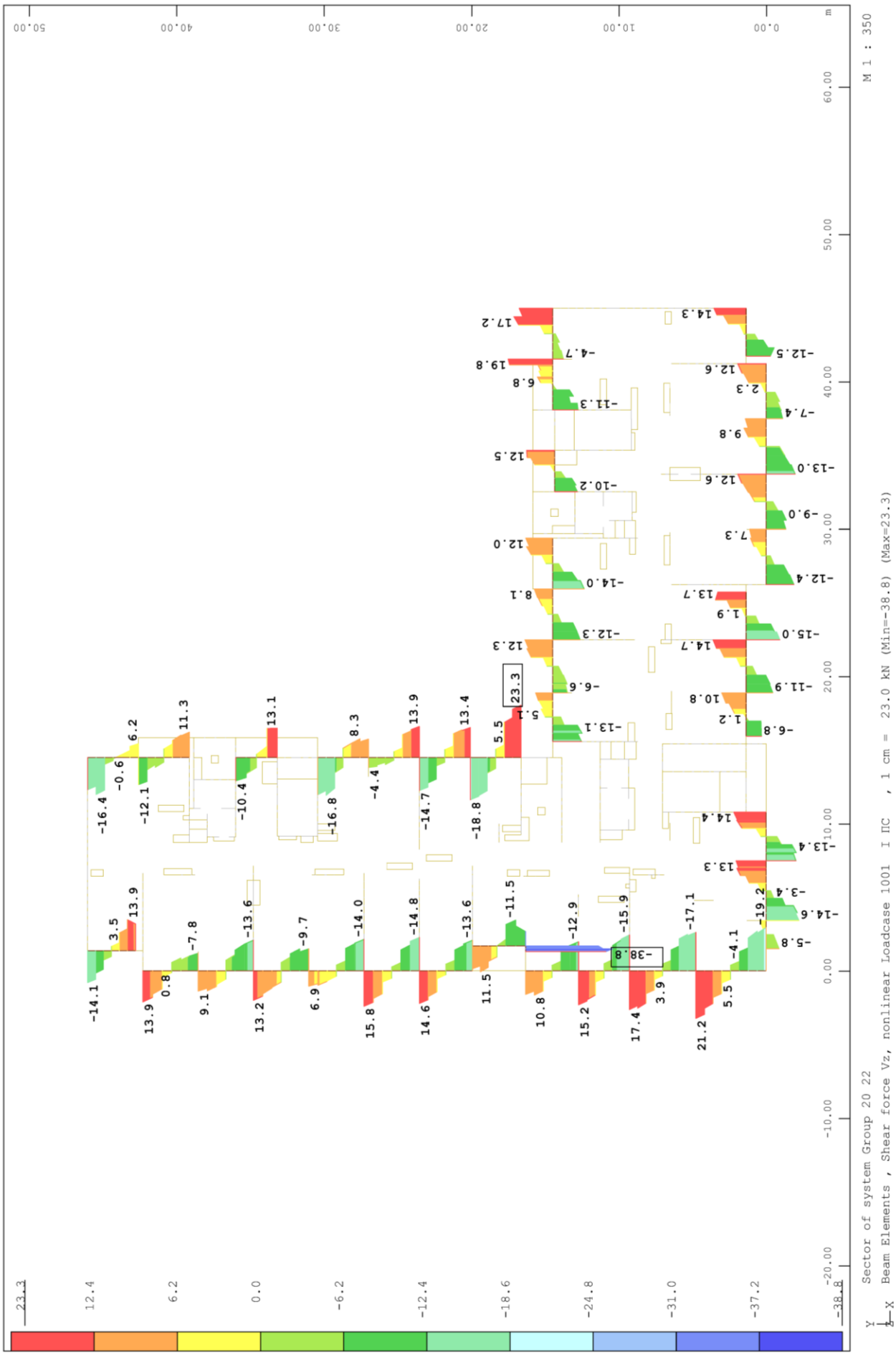
Балки в плите над 1 этажом

Момент My, кН·м/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 221

Поперечная сила Q, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		222

Проверка армирования балки 200x400(h). Опорное сечение.

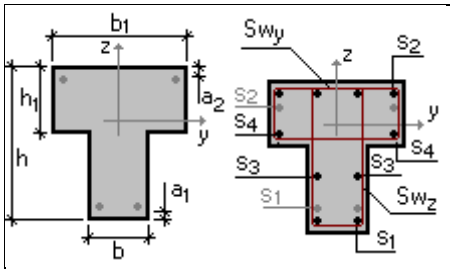
Расчет выполнен по СП 63

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

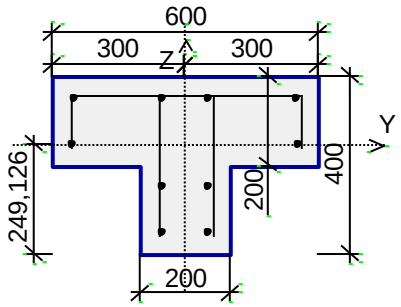
Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 3,45 м
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018
Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018
Конструкция статически неопределимая
Предельная гибкость - 200

Сечение



b = 200 мм
h = 400 мм
b_1 = 600 мм
h_1 = 200 мм
a_1 = 40 мм
a_2 = 40 мм



S_1 - 2∅16
S_2 - 4∅16
S_3 - 1∅12
S_4 - 1∅12
Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм
Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A500	0,8

Бетон
Вид бетона: Тяжелый
Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

Трещиностойкость
Ограниченная ширина раскрытия трещин
Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры
Допустимая ширина раскрытия трещин:
Непродолжительное раскрытие 0,4 мм
Продолжительное раскрытие 0,3 мм

Результаты расчета по комбинациям загружений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	T	T*м	T	T*м	T	T*м				
1	1	-1,2	2,3	0	0	0	1	0,9		

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.1.18	Прочность по предельной продольной силе сечения	0,014
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,103
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,053
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,01
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0,072
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонному сечению	0,137

Коэффициент использования 0,137 - Прочность по наклонному сечению

Проверка армирования балки 200x400(h). Сечение в середине пролета.

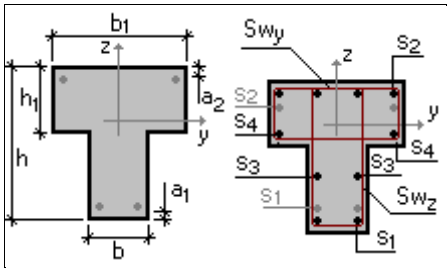
Расчет выполнен по СП 63

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

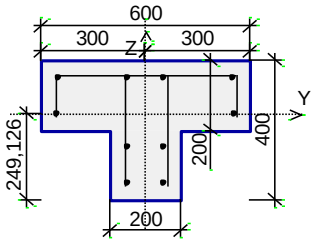
Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 3,45 м
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018
Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018
Конструкция статически неопределимая
Предельная гибкость - 200

Сечение



b = 200 мм
h = 400 мм
b_1 = 600 мм
h_1 = 200 мм
a_1 = 40 мм
a_2 = 40 мм



S_1 - 2∅16
S_2 - 4∅16
S_3 - 1∅12
S_4 - 1∅12
Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм
Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A500	0,8

Бетон
Вид бетона: Тяжелый
Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

Трещиностойкость
Ограниченная ширина раскрытия трещин
Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры
Допустимая ширина раскрытия трещин:
Непродолжительное раскрытие 0,4 мм
Продолжительное раскрытие 0,3 мм

Результаты расчета по комбинациям загружений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	Т	Т*м	Т	Т*м	Т	Т*м				
1	1	2,2	0	0	0	0	1	0,9		

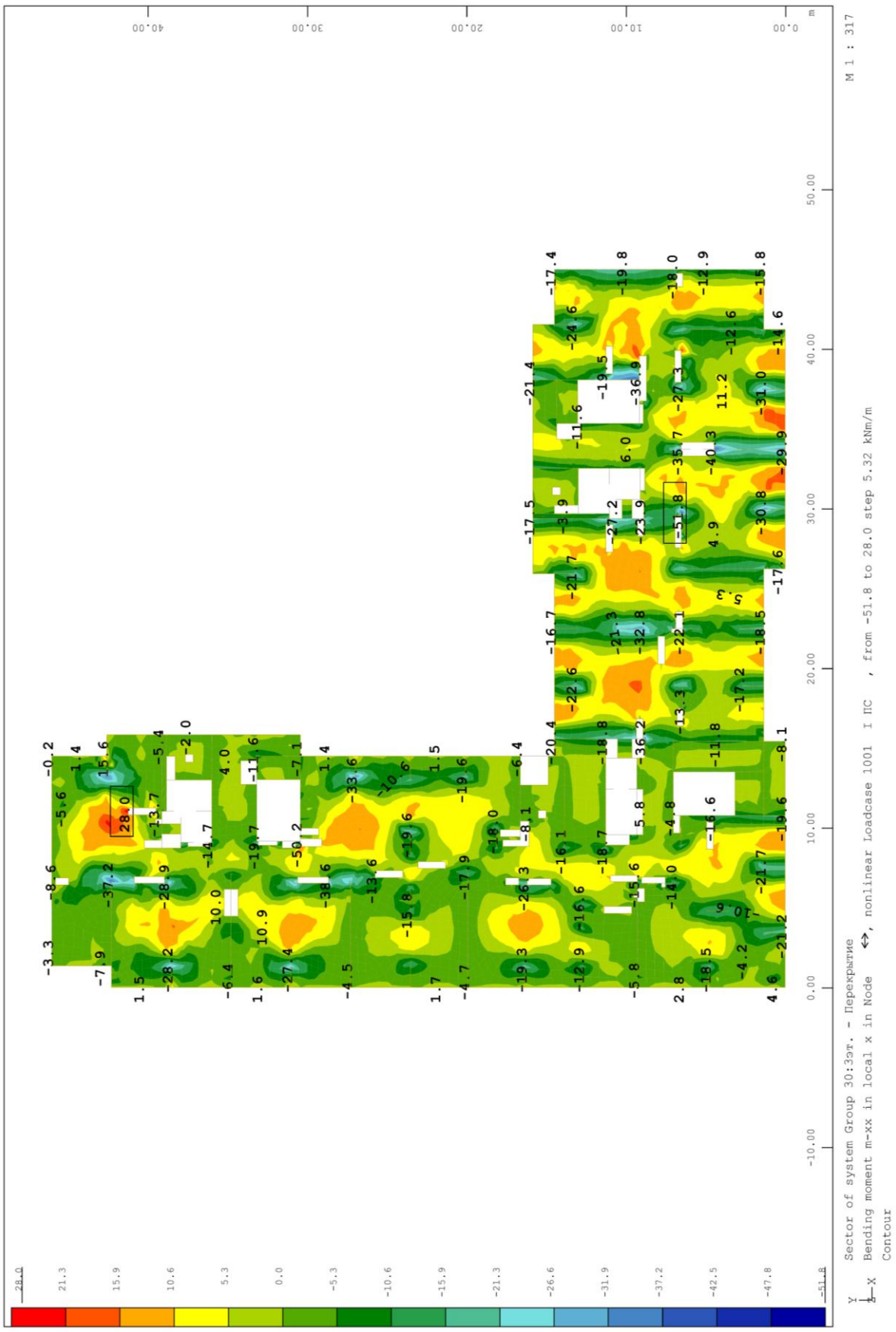
Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.1.18	Прочность по предельной продольной силе сечения	0,014
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,243
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,063
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,028

Коэффициент использования 0,243 - Прочность по предельному моменту сечения

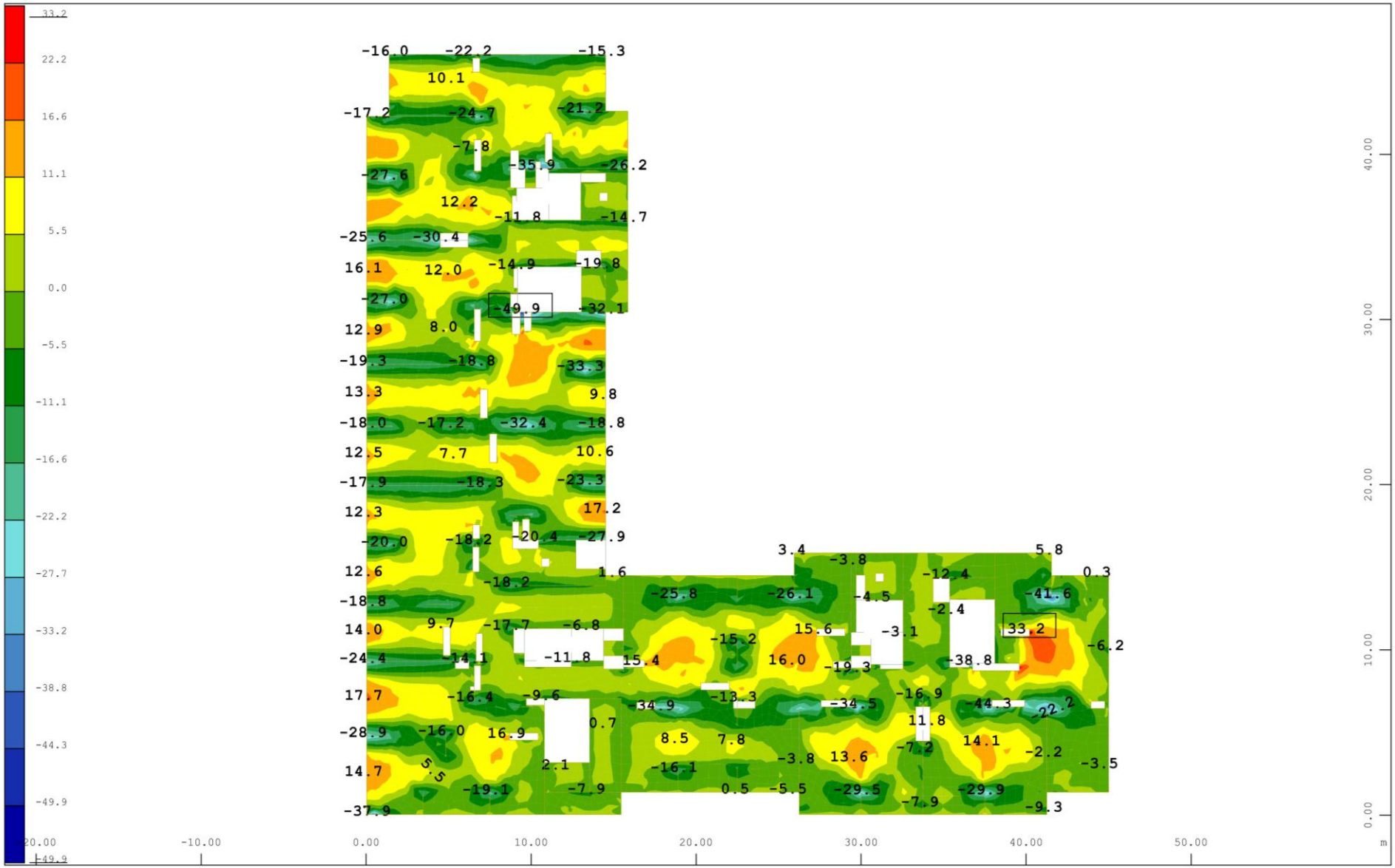
5.9. ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ

Плита перекрытия над 2 этажом

Момент M_x, кН·м/м



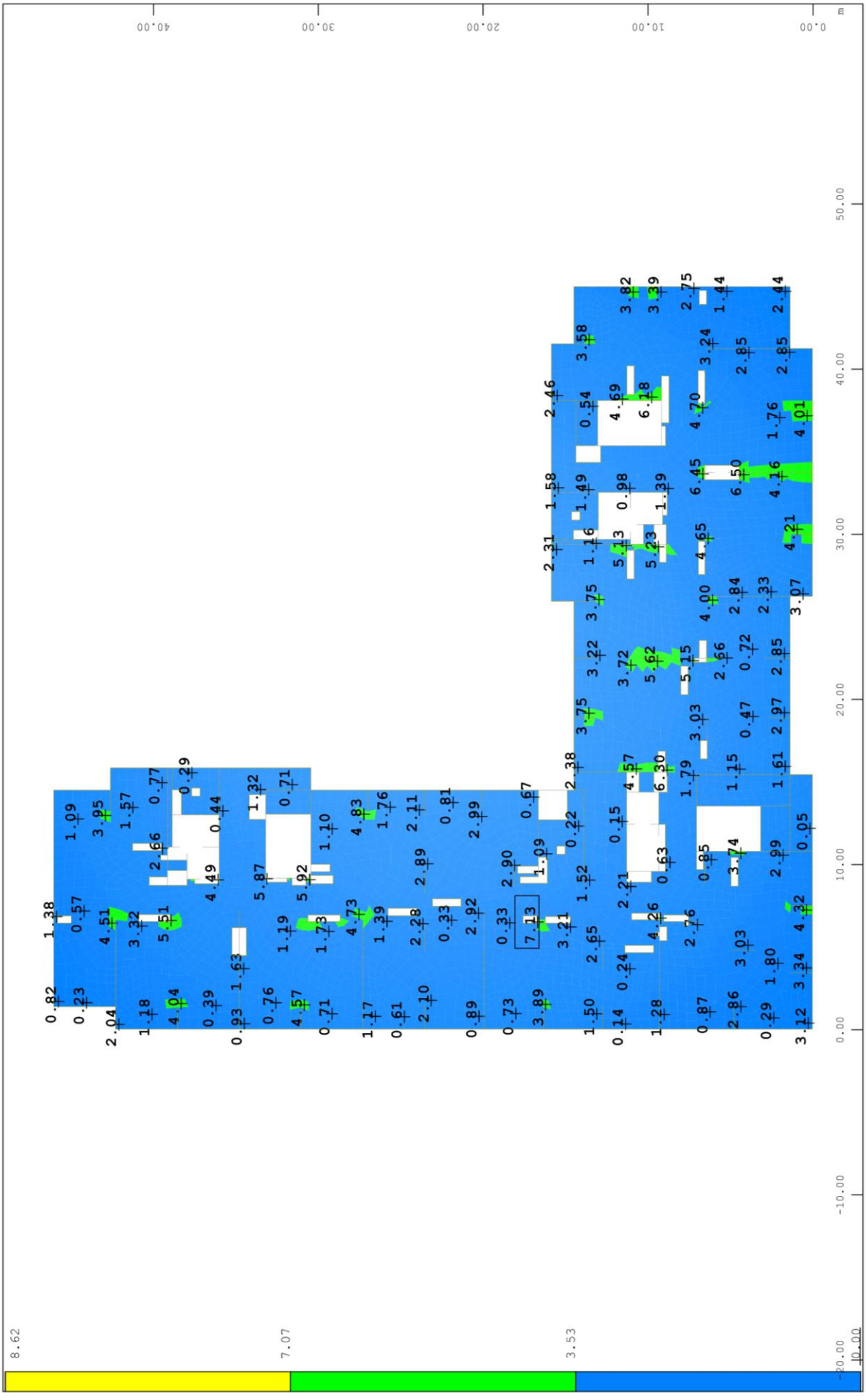
Момент M_y, кН·м/м



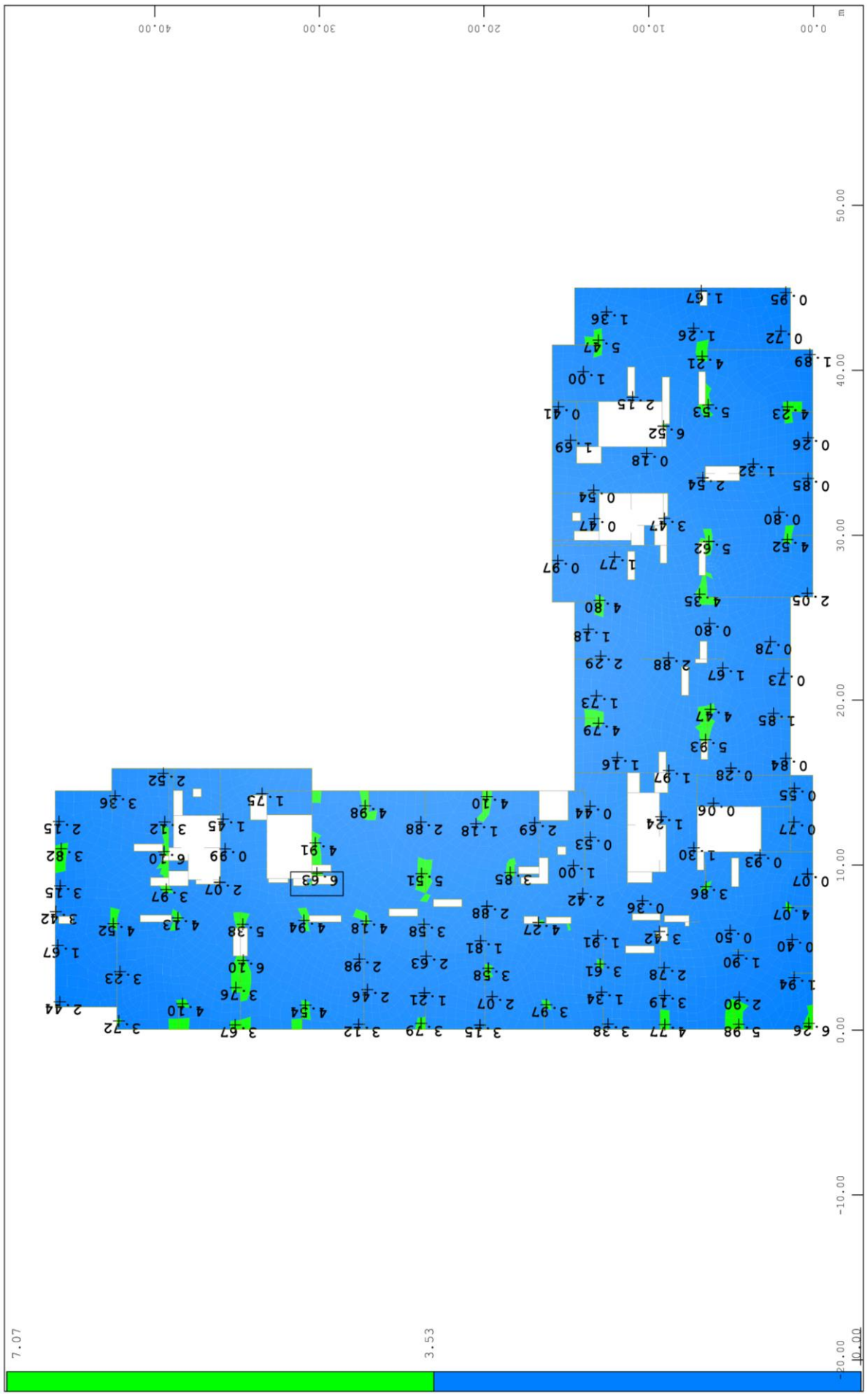
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата

1190-01-КР.РЗ

Верхнее армирование по оси X, см^2/м

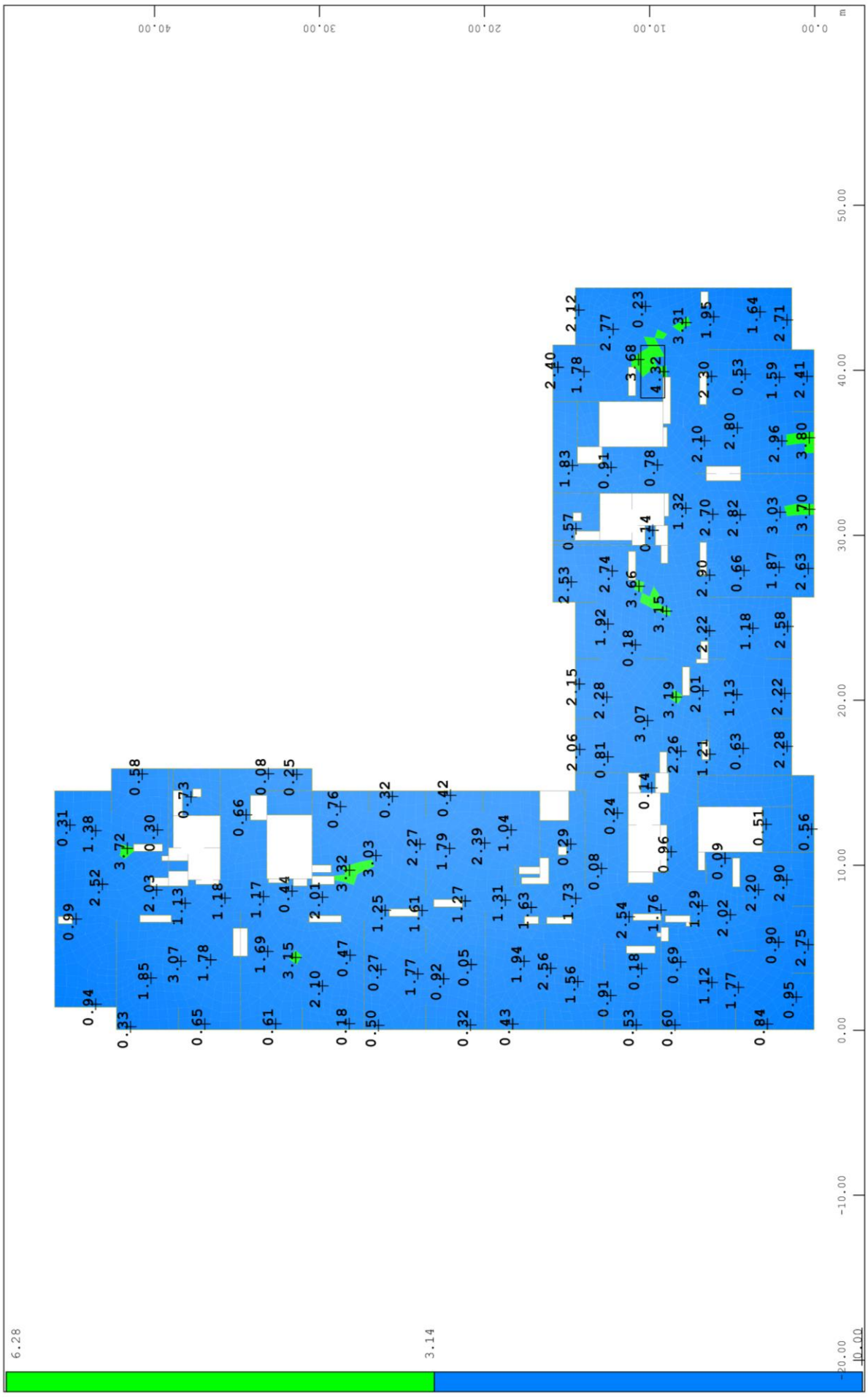


Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



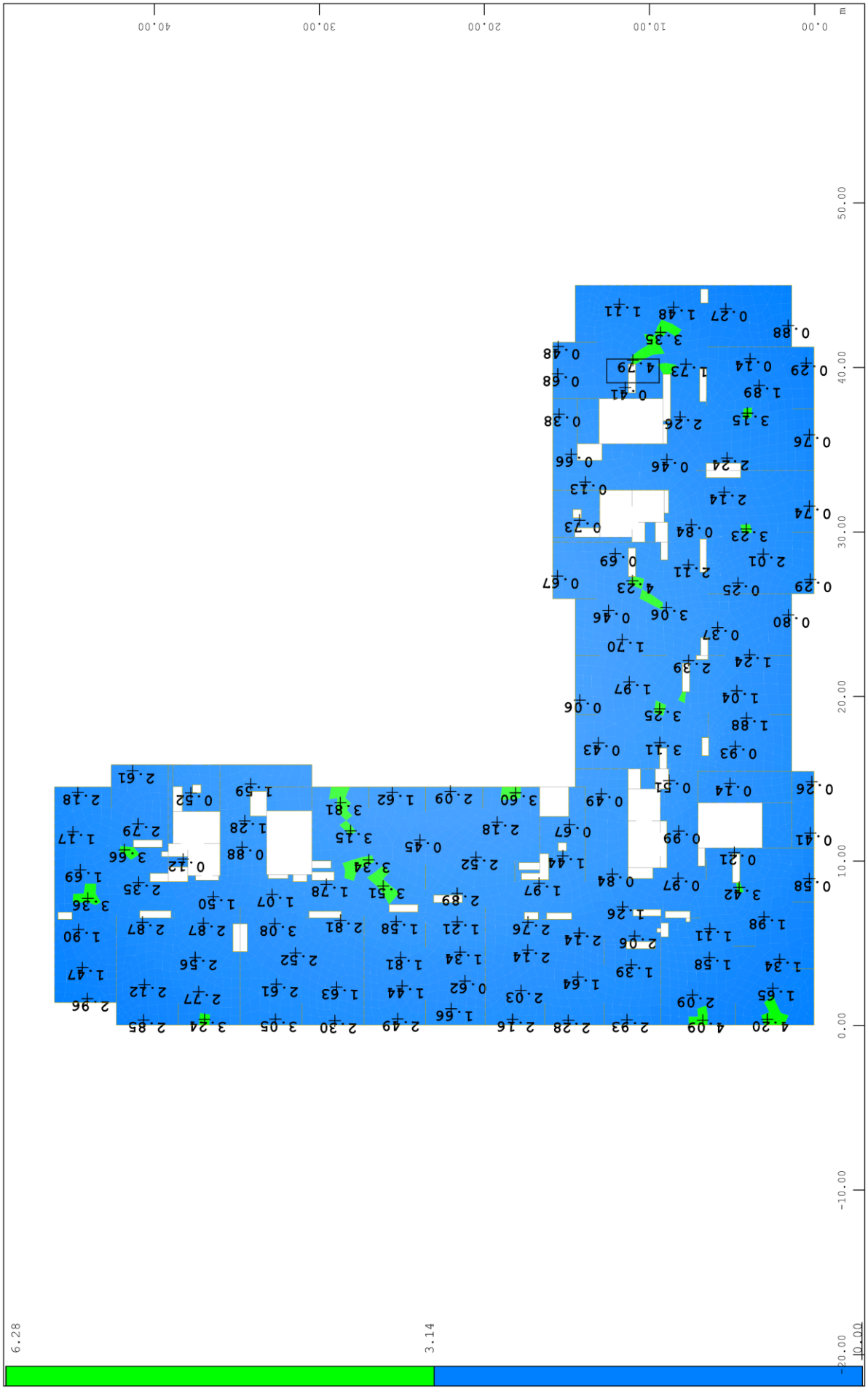
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		229

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		230

Нижнее армирование по оси Y, см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		231

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты

a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)

a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)

$h_{0,x}$= 170 мм -рабочая высота сечения(по оси X)

a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)

a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)

$h_{0,y}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 6,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,9 тс· м

$M_{дл}$= 2,9 тс· м

M_{crc}= 1,57838 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,23 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,19 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,11 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,8 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4,2 тс· м

$M_{дл}$= 3 тс· м

M_{crc}= 1,57838 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,27 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,21 мм -продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-толщина плиты
a_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	160	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	150	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,0 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,4 тс· м

$M_{дл}$= 1,2 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,02 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,02 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,5 тс· м

$M_{дл}$= 1,3 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

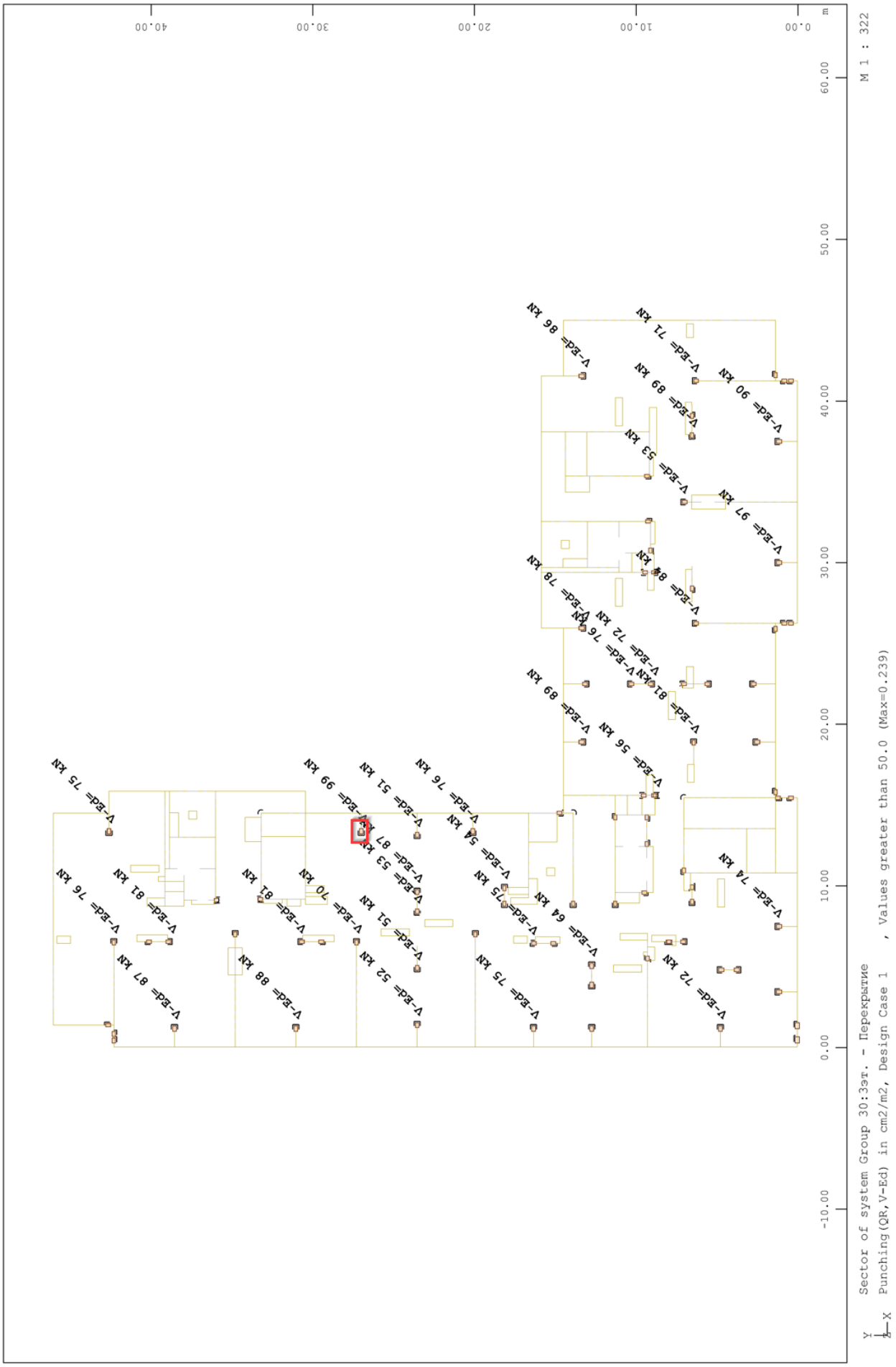
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,01 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,01 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 234

Расчет плиты на продавливание

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположение
Стена	Плита перекрытия	Торец стены

Сечение стены

вдоль оси X, мм	220

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	40
a_y, мм	50
h_o, мм	155

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т	0	9.9
M_x, т		0
M_y, т	0	1.2
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
0.25·R_{bt}·b	5.67

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	1.2
N_{int}, т	9.9	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.06	0.5·$M_{x,loc}$, тм		0.5·$M_{y,loc}$, тм	0.6
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	0.00
F, т	9.84	M_x, тм	0.00	M_y, тм	0.60

Расчетный контур

l_x, м	0.38
l_y, м	0.38
u, м	1.13
A_{q1}, м^2	0.141
A_q, м^2	0.174

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

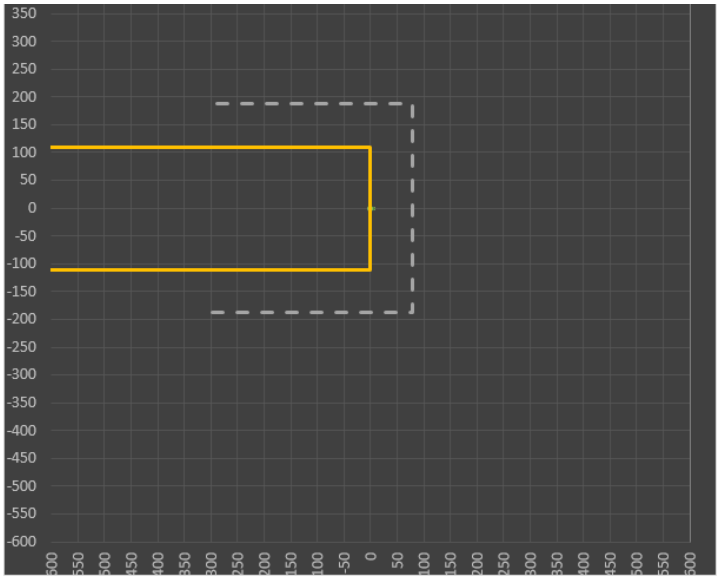
Бетон					
		I_{bx1}, м^3		I_{by1}, м^3	0.0044
Класс	B30	I_{bx2}, м^3		I_{by2}, м^3	0.0264
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx}, м^3		I_{by}, м^3	0.0308
γ_{b1}	1	W^-_{bx}, м^2		W^-_{by}, м^2	0.1641
A_b, м^2	0.17	W^+_{bx}, м^2		W^+_{by}, м^2	0.1641
$F_{b,ult}$, т	20.40	$M_{bx,ult}$, тм		$M_{by,ult}$, тм	2.975
$F/F_{b,ult}$	0.482	$M_x/M_{bx,ult}$	0.000	$M_y/M_{by,ult}$	0.202

0.684 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

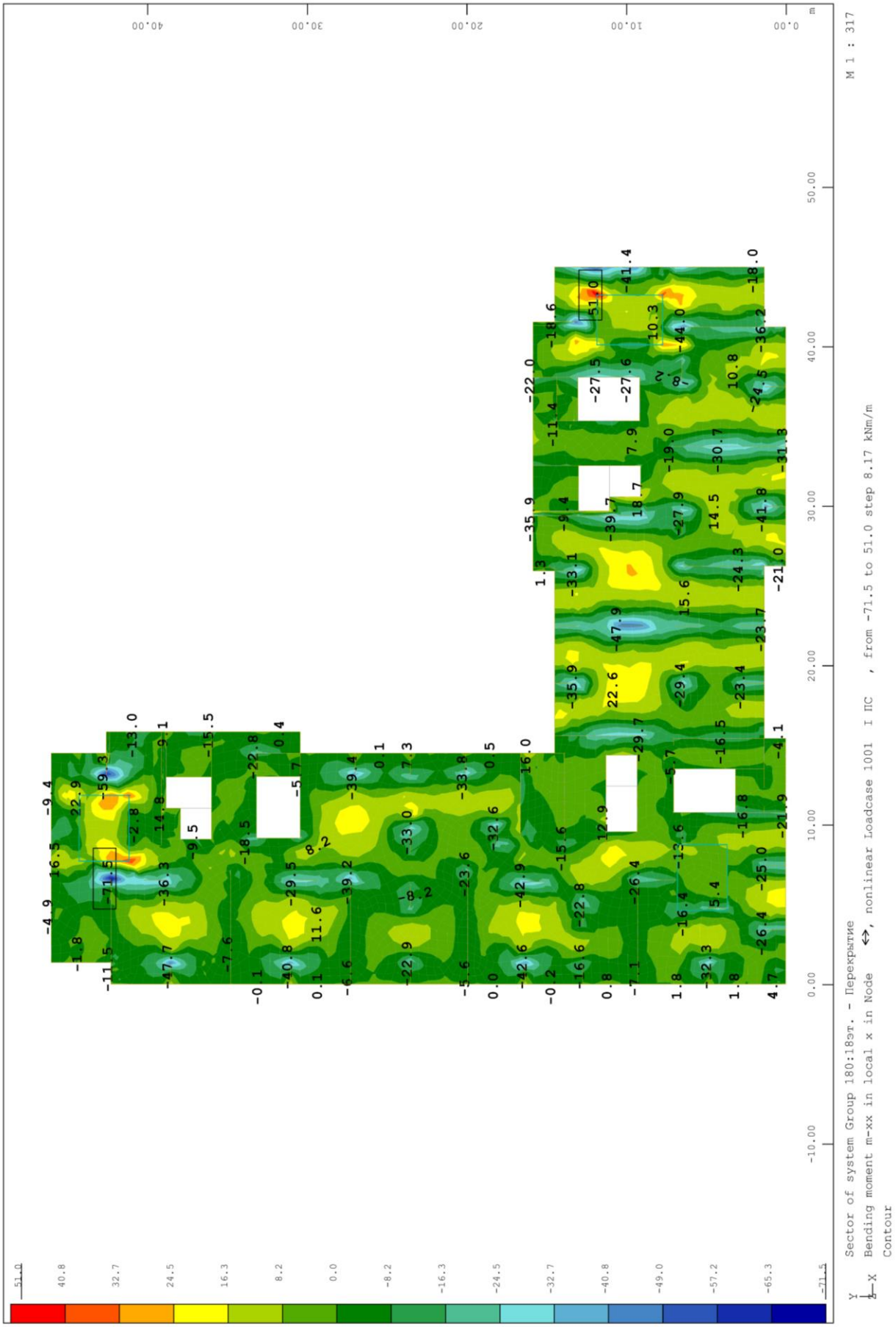
$F_{sw,ult}$, т	138.431			$M_{swy,ult}$, тм	20.188
F_{ult}, т	40.804			$M_{y,ult}$, тм	5.951
F/F_{ult}	0.241	$M_x/M_{x,ult}$	0.000	$M_y/My_{,ult}$	0.101

0.342 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

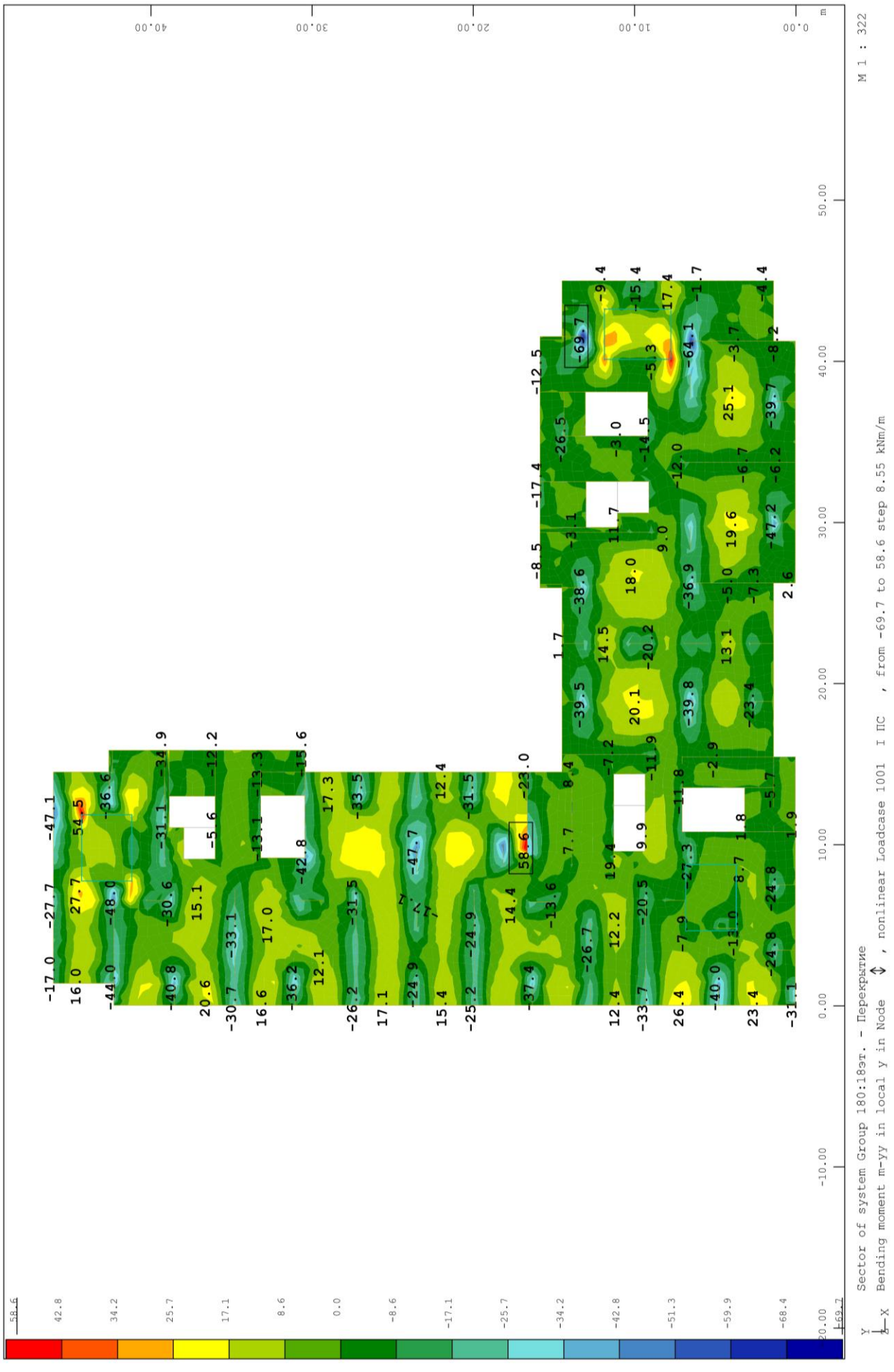


5.10. ПЛИТА ПОКРЫТИЯ

Момент M_x, кН·м/м

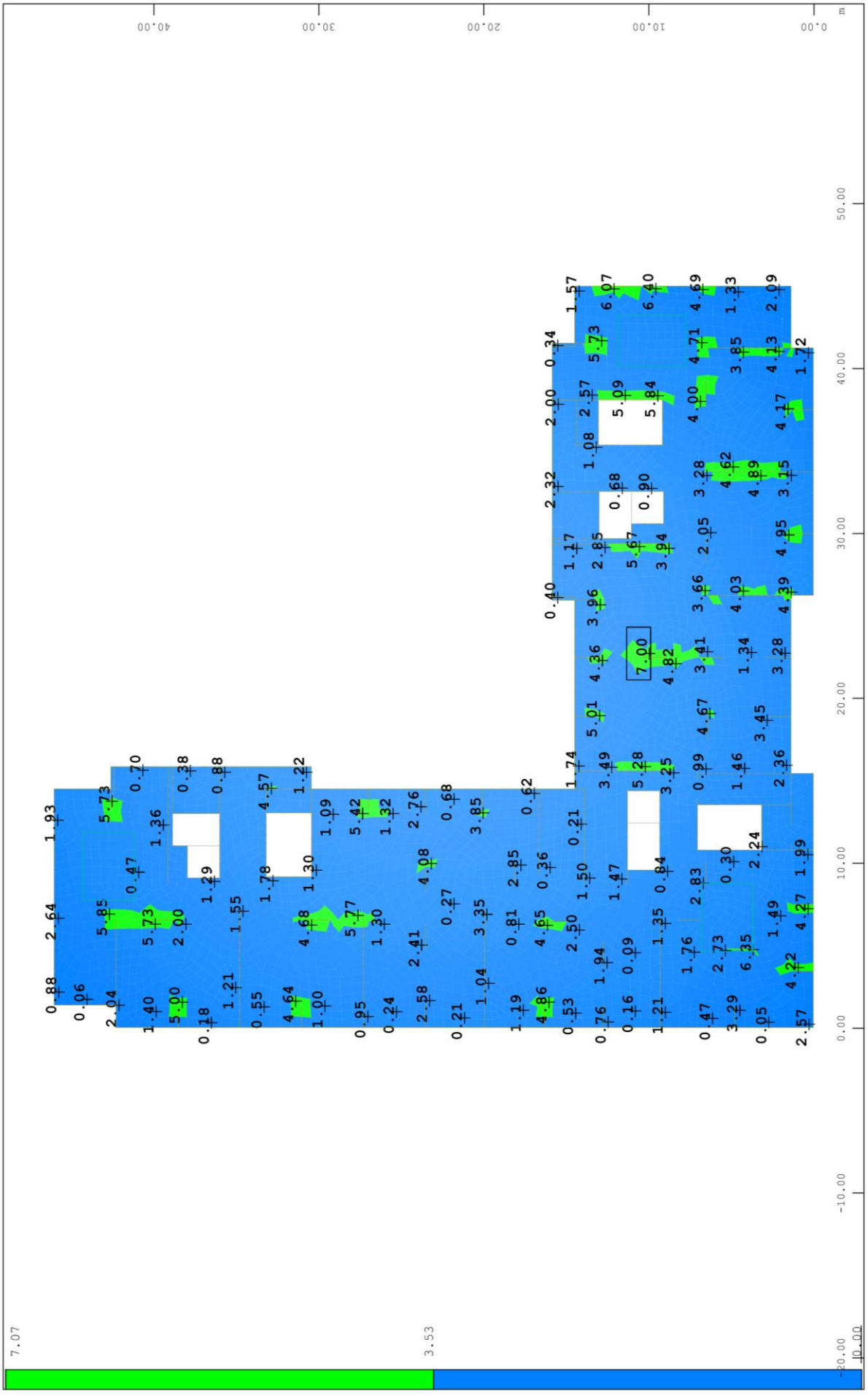


Момент M_y, кН·м/м



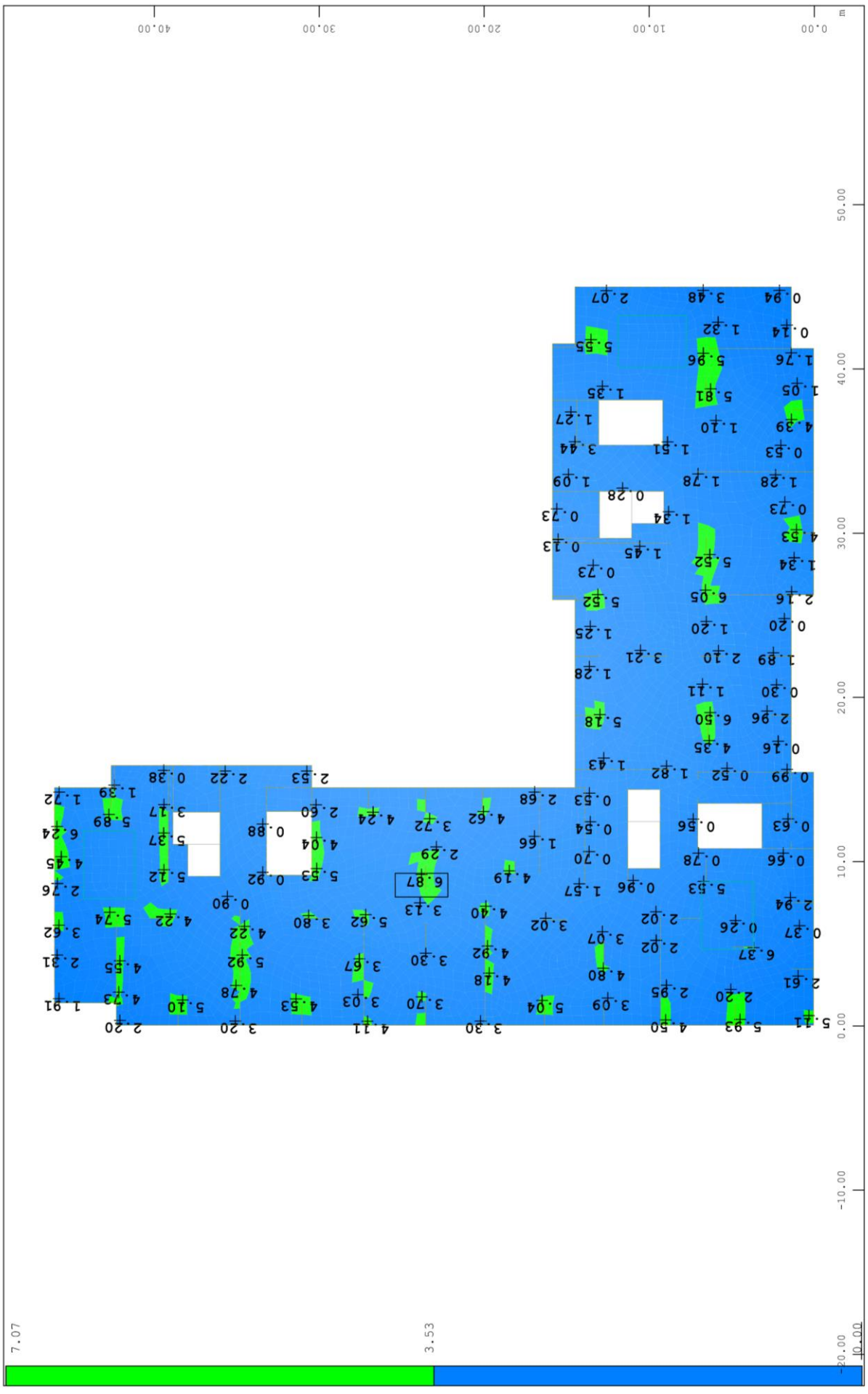
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		237

Верхнее армирование по оси X, см^2/м



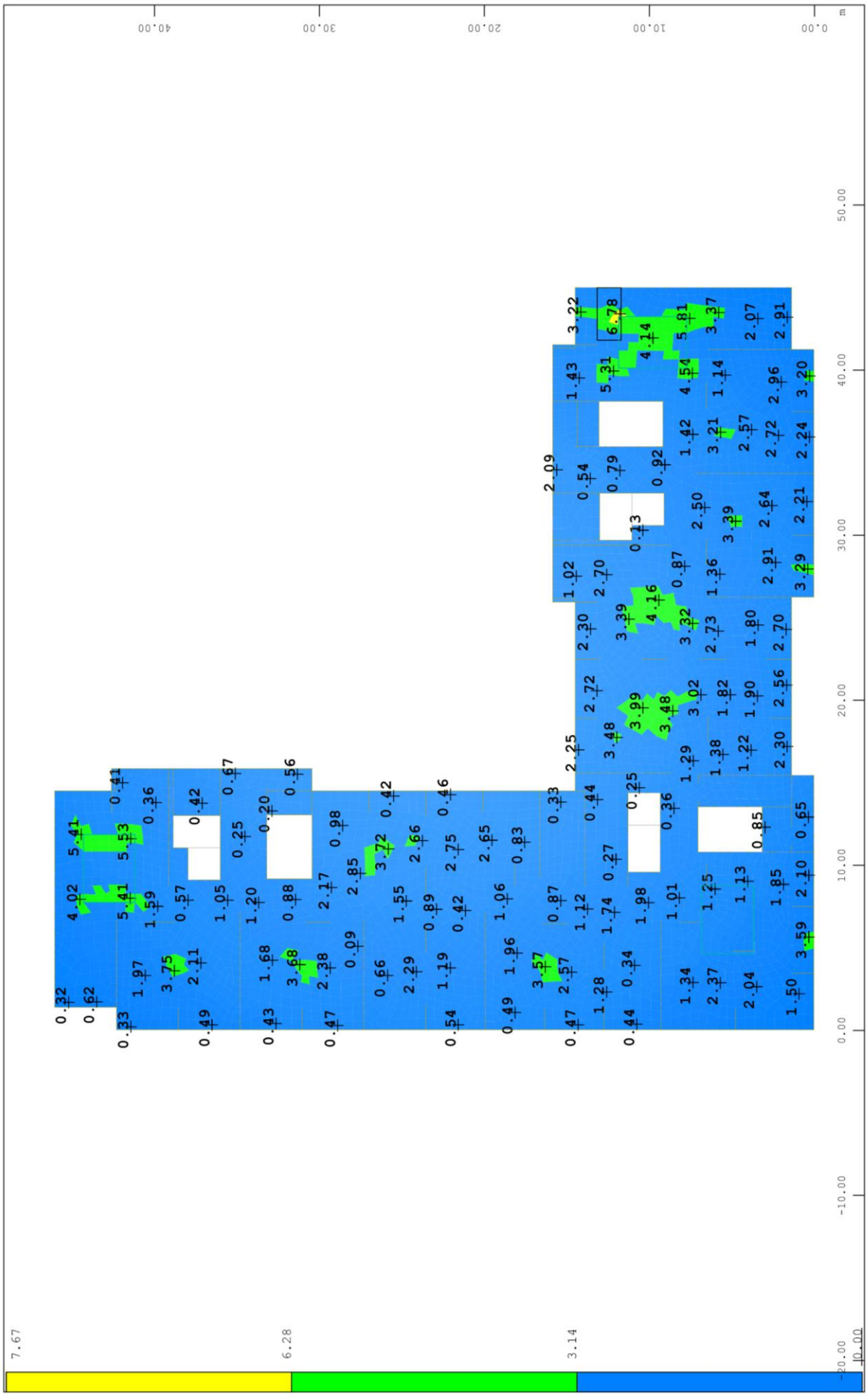
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 238

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



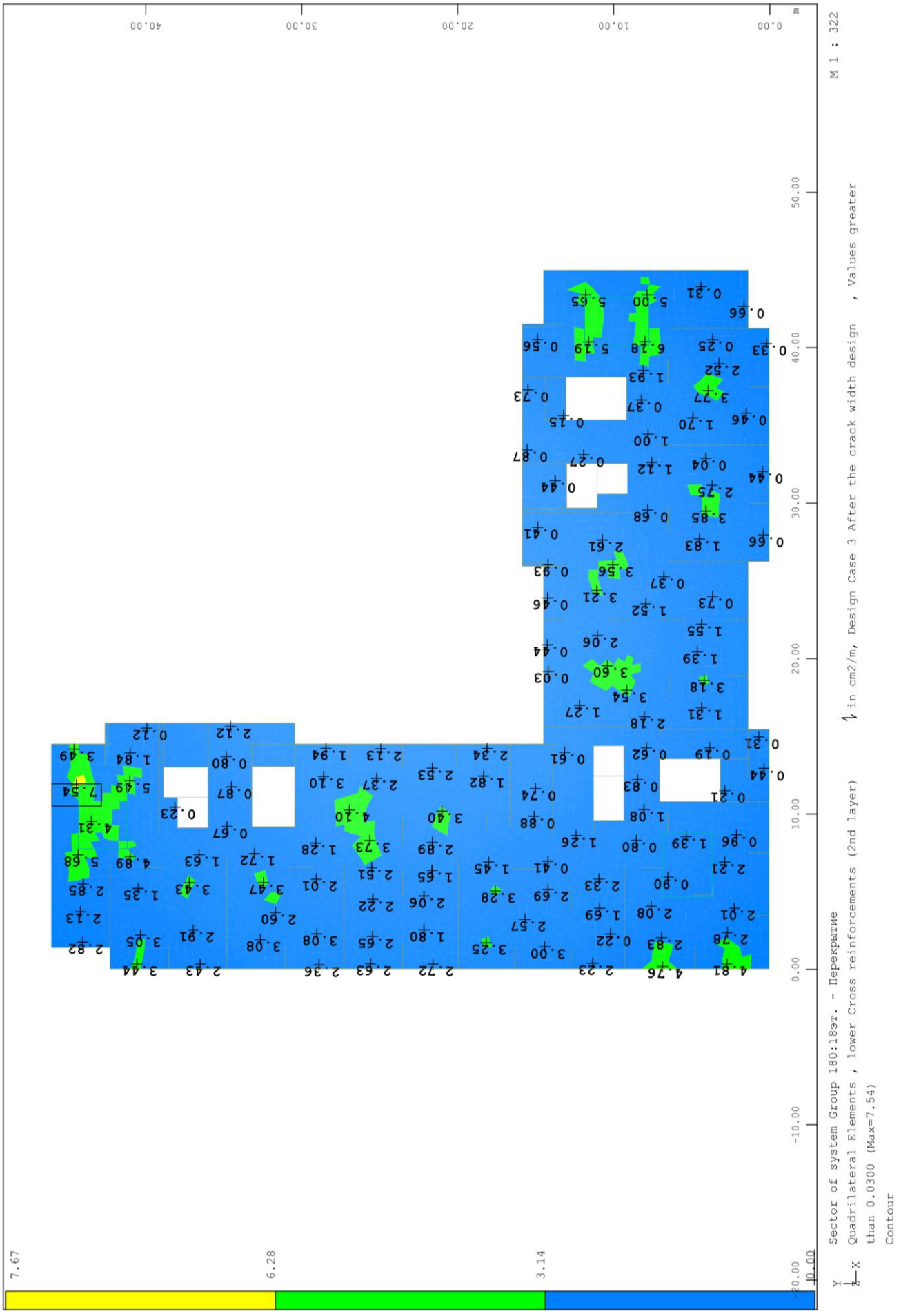
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		239

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 240

Нижнее армирование по оси Y см^2/м



СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-толщина плиты
a_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	190	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	180	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	16	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	10,1	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	14	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,95 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,16 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 10,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 6,6 тс· м

$M_{дл}$= 6,1 тс· м

M_{crc}= 1,92683 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,28 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,27 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	16	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	10,1	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	14	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2,95 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,16 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 9,7 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 6,1 тс· м

$M_{дл}$= 5,6 тс· м

M_{crc}= 1,92683 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,27 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,25 мм -продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-толщина плиты
a_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	180	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 6,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 5,2 тс· м

$M_{дл}$= 4,8 тс· м

M_{crc}= 1,90107 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,32 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,3 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 6,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 4,8 тс· м

$M_{дл}$= 4,4 тс· м

M_{crc}= 1,90107 тс· м -момент образования трещин

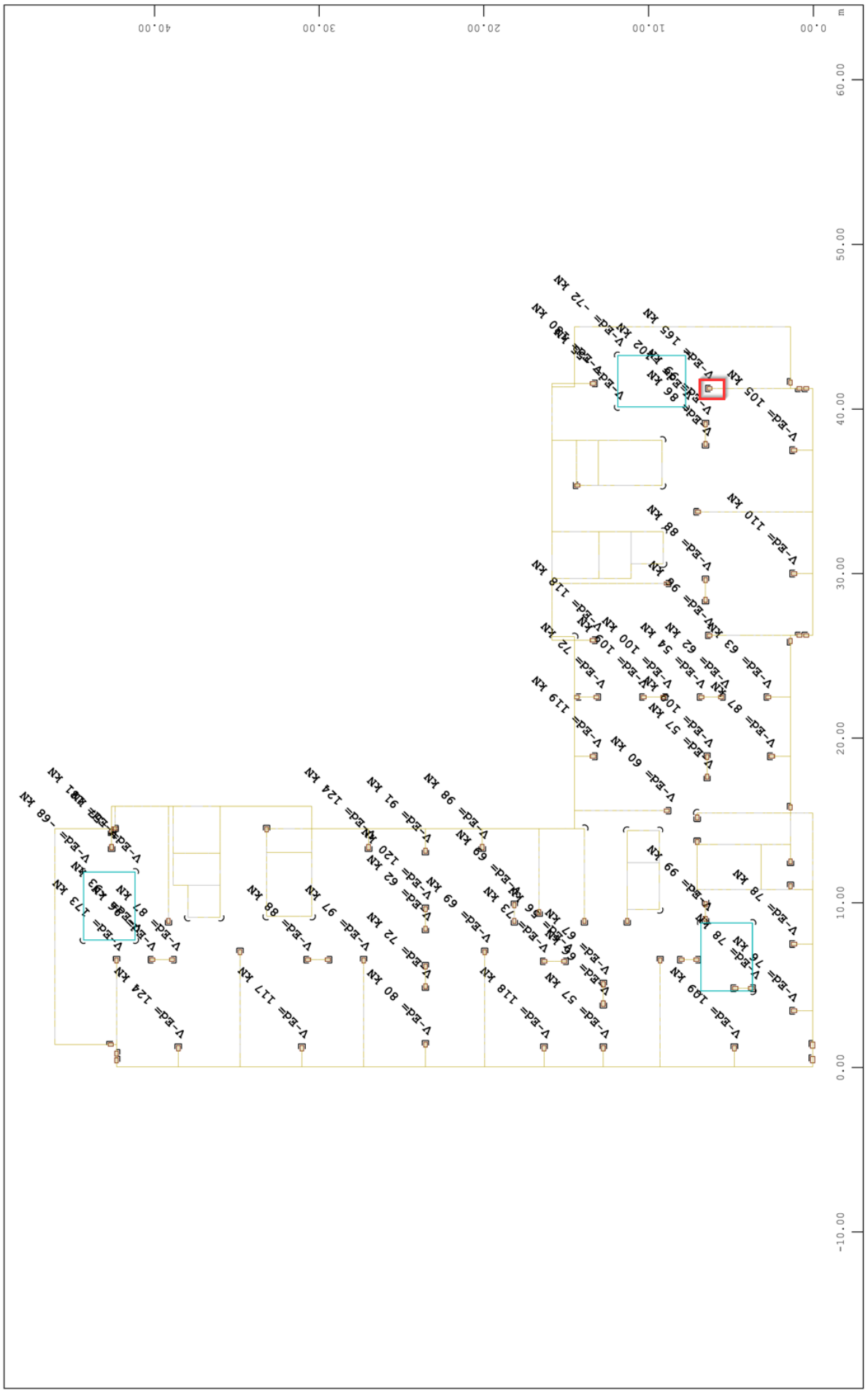
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,3 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,29 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
							244
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		

Расчет плита на продавливание

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположение
Стена	Плита покрытия	Торец стены

Сечение стены

вдоль оси X, мм	200

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	40
a_y, мм	50
h_o, мм	175

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т	0	16.5
M_x, т		0
M_y, т	0	1.9
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
$0.25 \cdot R_{bt} \cdot b$	6.40

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	1.9
N_{int}, т	16.5	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.07	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0.95
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	0.00
F, т	16.43	M_x, тм	0.00	M_y, тм	0.95

Расчетный контур

l_x, м	0.38
l_y, м	0.38
u, м	1.13
A_{q1}, м^2	0.141
A_q, м^2	0.254

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

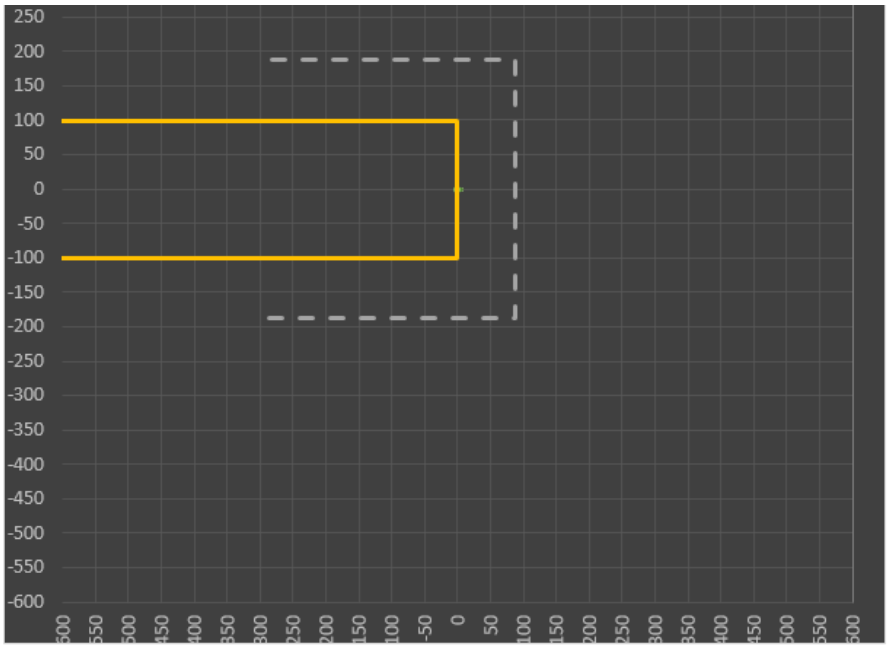
Бетон					
		I_{bx1}, м^3		I_{by1}, м^3	0.0044
Класс	B30	I_{bx2}, м^3		I_{by2}, м^3	0.0264
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx}, м^3		I_{by}, м^3	0.0308
γ_{b1}	1	W^-_{bx}, м^2		W^-_{by}, м^2	0.1641
A_b, м^2	0.20	W^+_{bx}, м^2		W^+_{by}, м^2	0.1641
$F_{b,ult}$, т	23.03	$M_{bx,ult}$, тм		$M_{by,ult}$, тм	3.359
$F/F_{b,ult}$	0.713	$M_x/M_{bx,ult}$	0.000	$M_y/M_{by,ult}$	0.283

0.996 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

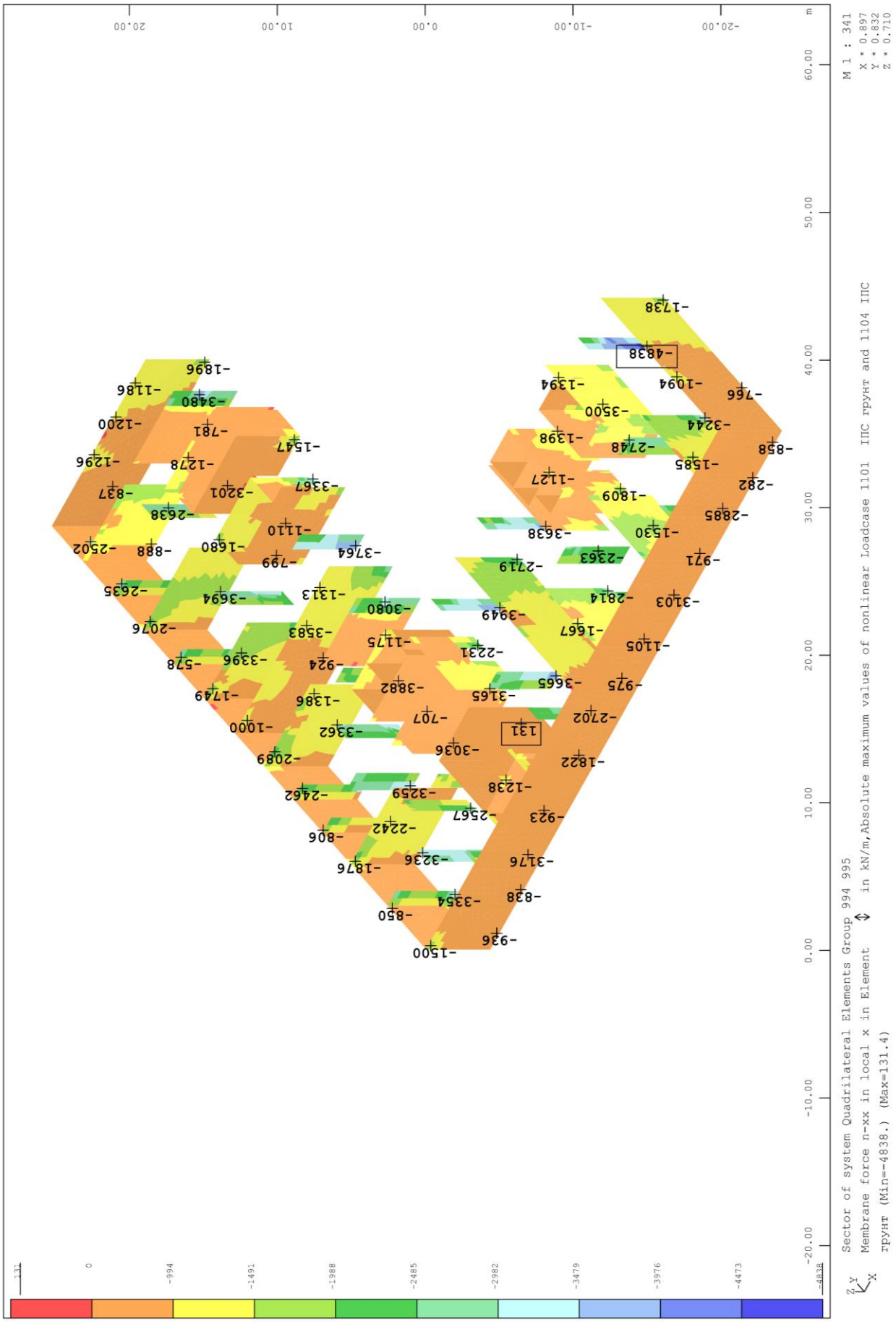
$F_{sw,ult}$, т	138.431			$M_{swy,ult}$, тм	20.188
F_{ult}, т	46.069			$M_{y,ult}$, тм	6.718
F/F_{ult}	0.357	$M_x/M_{x,ult}$	0.000	$M_y/My_{,ult}$	0.141

0.498 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

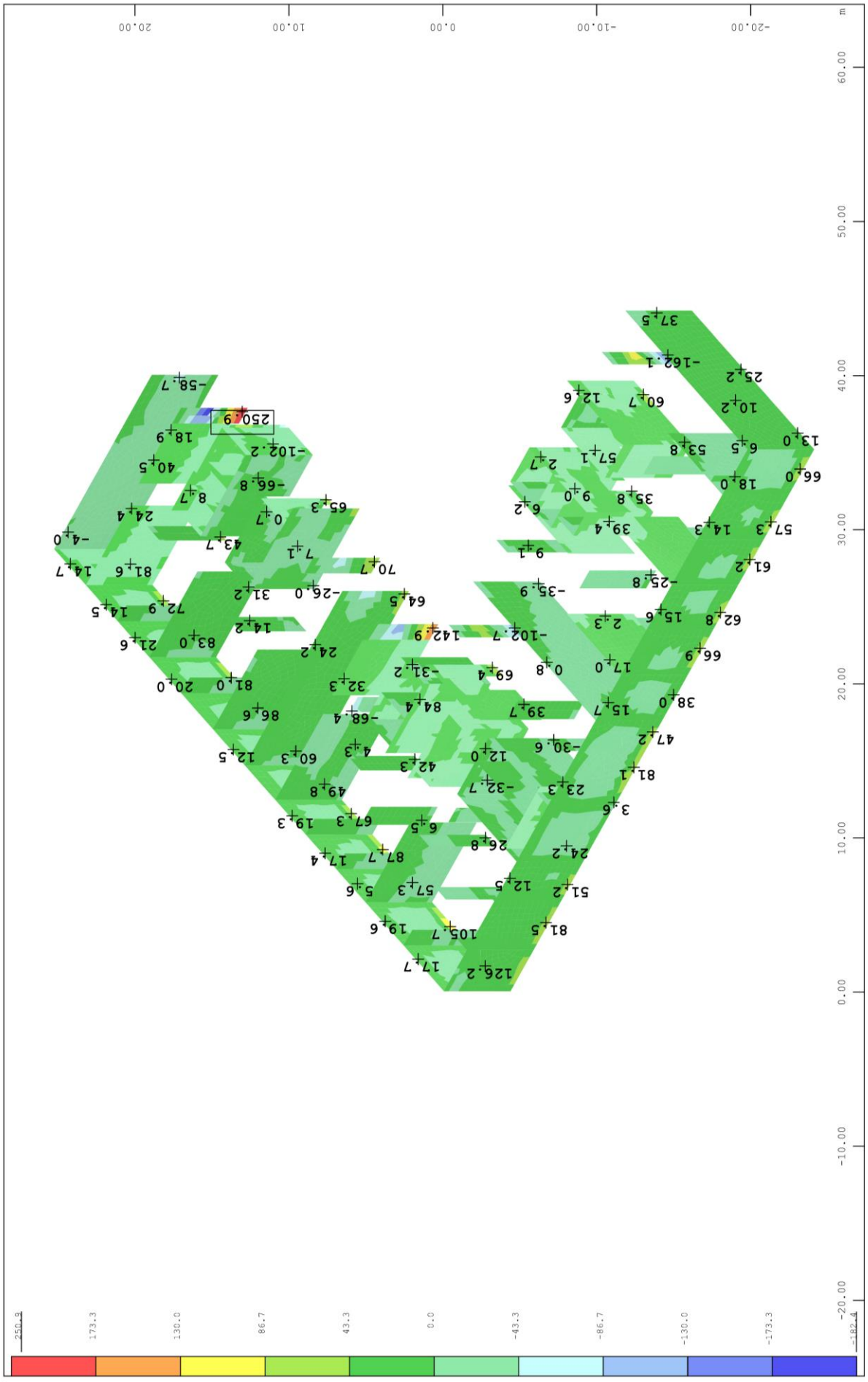


5.11. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

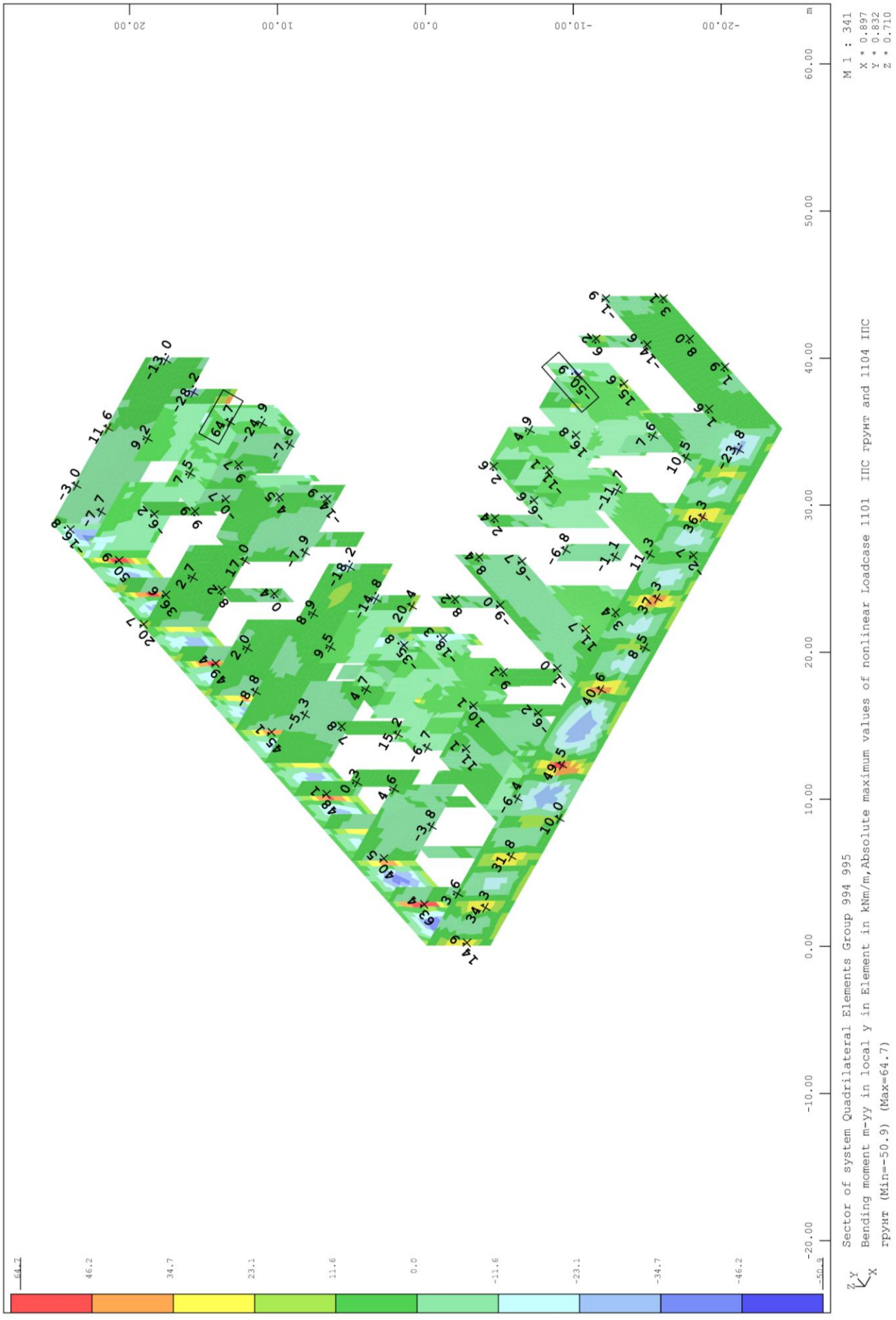
Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах -1 этажа, кН/м



Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м

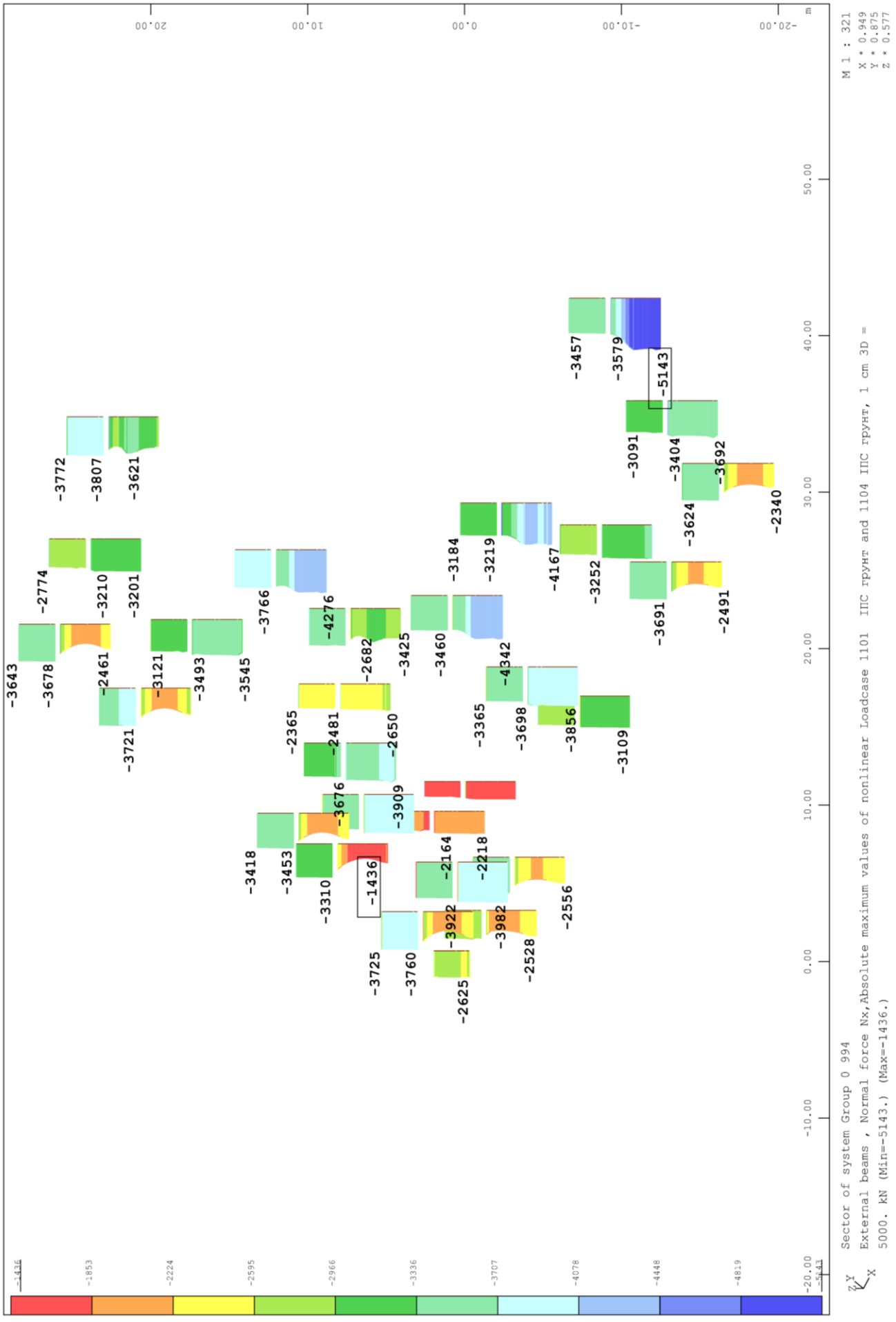


Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м



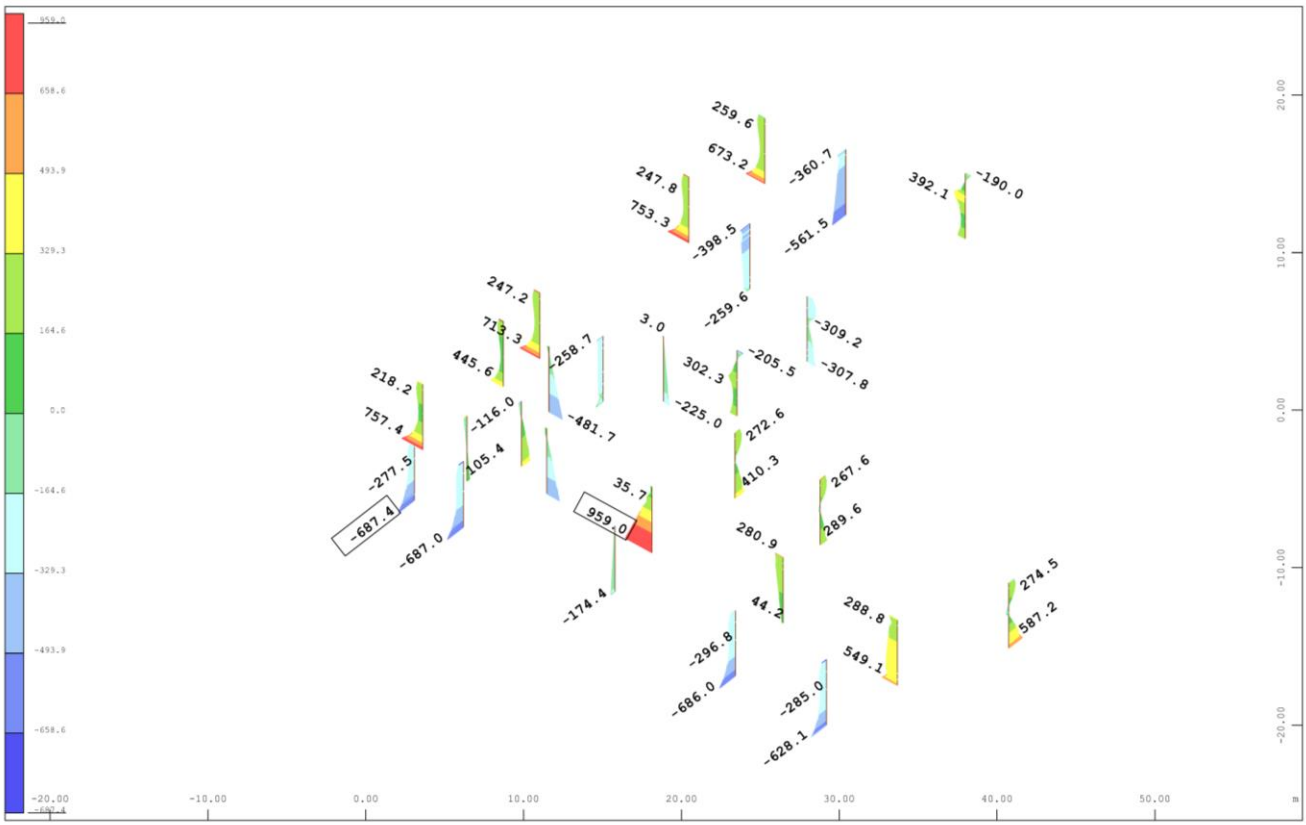
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		248

Вертикальные усилия (N) в пилонах -1 этажа, кН

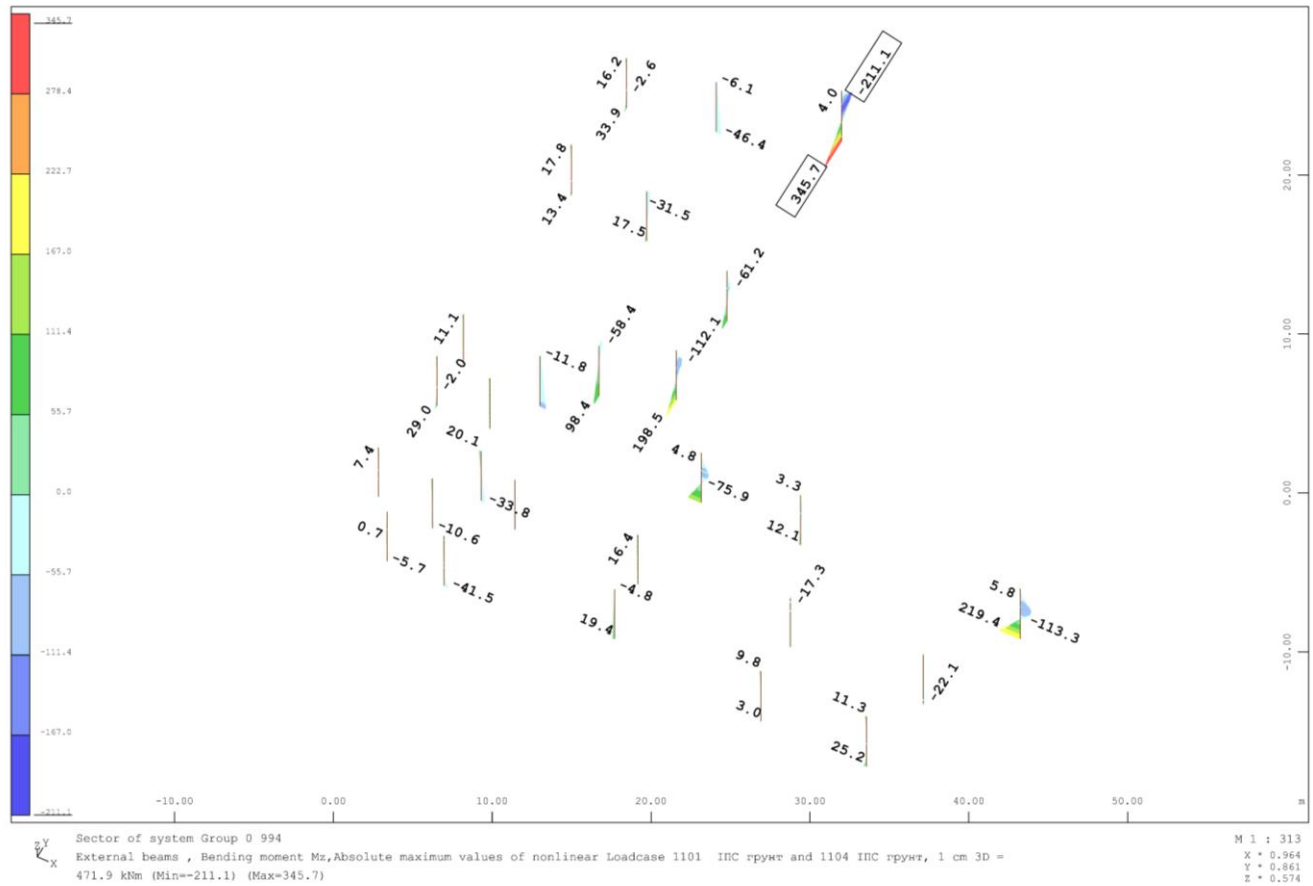


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 249

Изгибающие моменты (My) в пилонах -1 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (Mx) в пилонах -1 этажа, кН*м



ПИЛОН 300Х1200 В ОСЯХ 1.3-1.4/1.Д-1.Е НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2218$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2107.1$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 33.8$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 32.11$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.2 \cdot 0.25) = 0.94\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 33.8/2218 = 0.015\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.015/0.3 = 0.051$$

Так как $\delta_e = 0.051 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 33.8 + 2218 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 255.6\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 32.11 + 2107.1 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 242.82\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 242.82/255.6 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 2.70000E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 1.4074E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.8149E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.70000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.81487E - 005$$
$$= 18940.81\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 18940.81)/(4.88\text{^}2) = 7849.8\text{кН}$$

Условие $N = 2218\text{кН} \le N_cr = 7849.8\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 2218/7849.8) = 1.394$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.015 \cdot 1.394 + (0.25 - 0.05)/2 = 0.121\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$

$$= (2218 + 435000 \cdot 1.4074E - 003 - 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$

$$= 0.131\text{м}$$

$$\#\xi = x/h_0 = 0.131/0.25 = 0.523 < \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны принмается равной $\#x = 0.131$м

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 2218 \cdot 0.121 = 268.91\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.131(0.25 - 0.5 \cdot 0.131) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.25 - 0.05)$$

$$= 531.18\text{кНм}$$

$$Ne = 268.91\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 531.18\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5062

ПИЛОН 300Х1260 В ОСЯХ 1.4-1.5/1.Л'-1.М НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2650$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2517.5$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 98.4$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 93.48$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 126$ см $= 1.26$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.26 \cdot 0.25) = 0.89\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 98.4/2650 = 0.037\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.037/0.3 = 0.124$$

Так как $\delta_e = 0.124 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 98.4 + 2650 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 363.4\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 93.48 + 2517.5 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 345.23\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 345.23/363.4 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.26 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 2.83500E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 1.4074E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.8149E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.83500E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.81487E - 005$$
$$= 19690.81\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 19690.81)/(4.88\text{^}2) = 8160.63\text{кН}$$

Условие $N = 2650\text{кН} \le N_cr = 8160.63\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 2650/8160.63) = 1.481$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.037 \cdot 1.481 + (0.25 - 0.05)/2 = 0.155\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (2650 + 435000 \cdot 1.4074E - 003 - 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.26)$$
$$= 0.148\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.148/0.25 = 0.593 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (2650 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.26 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.25(1 - 0.527))) = 0.142\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 2650 \cdot 0.155 = 410.72\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.26 \cdot 0.142(0.25 - 0.5 \cdot 0.142) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.25 - 0.05)$$
$$= 575.92\text{кНм}$$

$$Ne = 410.72\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 575.92\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7132

ПИЛОН 300Х1300 В ОСЯХ 1.9/1.Ж-1.И НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4342$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4124.9$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 139.6$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 132.62$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(3.9270E-003 + 3.9270E-003)/(1.3 \cdot 0.25) = 2.42\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 139.6/4342 = 0.032\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.032/0.3 = 0.107$$

Так как $\delta_e = 0.107 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 139.6 + 4342 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 573.8\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 132.62 + 4124.9 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 545.11\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 545.11/573.8 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.3 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 2.92500E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 3.9270E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 3.9270E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 7.8540E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.92500E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 7.85398E - 005$$
$$= 27245.57\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 27245.57)/(4.88\text{^}2) = 11291.62\text{кН}$$

Условие $N = 4342\text{кН} \le N_cr = 11291.62\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 4342/11291.62) = 1.625$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.032 \cdot 1.625 + (0.25 - 0.05)/2 = 0.152\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (4342 + 435000 \cdot 3.9270E - 003 - 400000 \cdot 3.9270E - 003)/(14450 \cdot 1.3)$$
$$= 0.238\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.238/0.25 = 0.954 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (4342 + 435000 \cdot 3.9270E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 3.9270E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.3 + (2 \cdot 435000 \cdot 3.9270E - 003)/(0.25(1 - 0.527))) = 0.174\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 4342 \cdot 0.152 = 661.02\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.3 \cdot 0.174(0.25 - 0.5 \cdot 0.174) + 400000 \cdot 3.9270E - 003(0.25 - 0.05)$$
$$= 846.65\text{кНм}$$

$$Ne = 661.02\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 846.65\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7807

ПИЛОН 300Х1500 В ОСЯХ 1.7-1.9/1.Г-1.Д НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3856$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3663.2$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 16.4$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 15.58$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.5 \cdot 0.25) = 1.34\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 16.4/3856 = 0.004\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.004\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.3 = 0.034$$

Так как $\delta_e = 0.034 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 16.4 + 3856 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 402\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 15.58 + 3663.2 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 381.9\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 381.9/402 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 3.37500E - 003\text{м^}4$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.5133E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 5.0265E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 3.37500E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 5.02655E - 005$$
$$= 25787.17\text{кНм^}2$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 25787.17)/(4.88\text{^}2) = 10687.2\text{кН}$$

Условие $N = 3856\text{кН} \le N_cr = 10687.2\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 3856/10687.2) = 1.564$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.564\ +\ (0.25\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.116\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3856\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.5)$$
$$=\ 0.182\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.182/0.25 = 0.728\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3856 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.5 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.25(1 - 0.527))) = 0.159\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3856 \cdot 0.116\ =\ 446.93\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.5 \cdot 0.159(0.25 - 0.5 \cdot 0.159) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.25 - 0.05)$$
$$= 788.36\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 446.93\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 788.36\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5669

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 300 в осях 1.У-1.Ф/1.1

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	300	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	6100	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	250	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	488	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	83	тс	-продольная сила
M=	8,2	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	7,7	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,24	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	9,1	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	9,88	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	5,88	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	225000	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	2013,8961	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,33		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,94		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,12		
k_s=	0,7		
D=	8,375E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	347,08	тс	-условная критическая сила
η=	1,31		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	23	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 27{,}304 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 19,077 тс· м

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 250 в осях 1.П/1.1-1.4

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b,ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s,n}$, $R_{s,ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt,ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc,n}$, $R_{sc,ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	250	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	6100	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	200	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	488	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	184	тс	-продольная сила
M=	1,3	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'$_s$=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,24	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	6,9	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,02	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	11,7	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	130208,33	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	1134,2502	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,77		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,19		
k_s=	0,7		
D=	6,497E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	269,27	тс	-условная критическая сила
η=	3,16		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	10,7	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 30,496 тс· м

условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 19,707 тс· м

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 220 в осях 1.Т-1.У/1.5-1.7

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	6100	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	170	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	488	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	126	тс	-продольная сила
M=	3,3	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	3	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'$_s$=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,24	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	5,5	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	2,62	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	8,63	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	88733,333	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	727,09975	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,91		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,17		
k_s=	0,7		
D=	4,119E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	170,7	тс	-условная критическая сила
η=	3,82		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	16	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 21,047 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 20,163 \text{ тс· м}$$

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 200 в осях 1.Т/1.5-1.7

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b,ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s,n}$, $R_{s,ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt,ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc,n}$, $R_{sc,ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	6100	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	150	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	488	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	81	тс	-продольная сила
M=	2,1	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,8	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	5,65	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'$_s$=	5,65	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,14	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	2,6	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	2,59	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	5,63	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	66666,667	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	283,78014	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,86		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,18		
k_s=	0,7		
D=	2,784E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	115,4	тс	-условная критическая сила
η=	3,35		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	13,7	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 12,421 тс· м

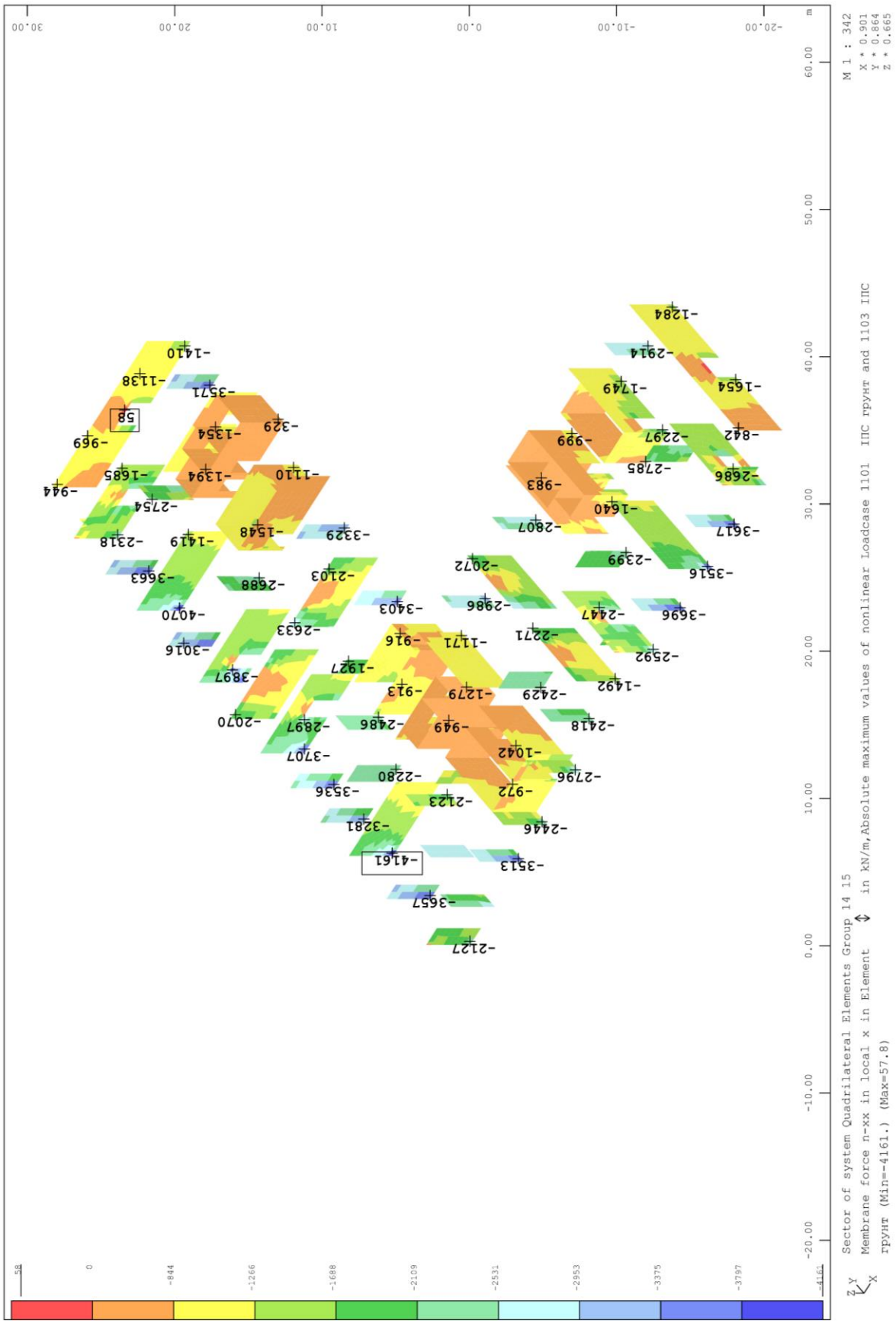
условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 11,095 тс· м

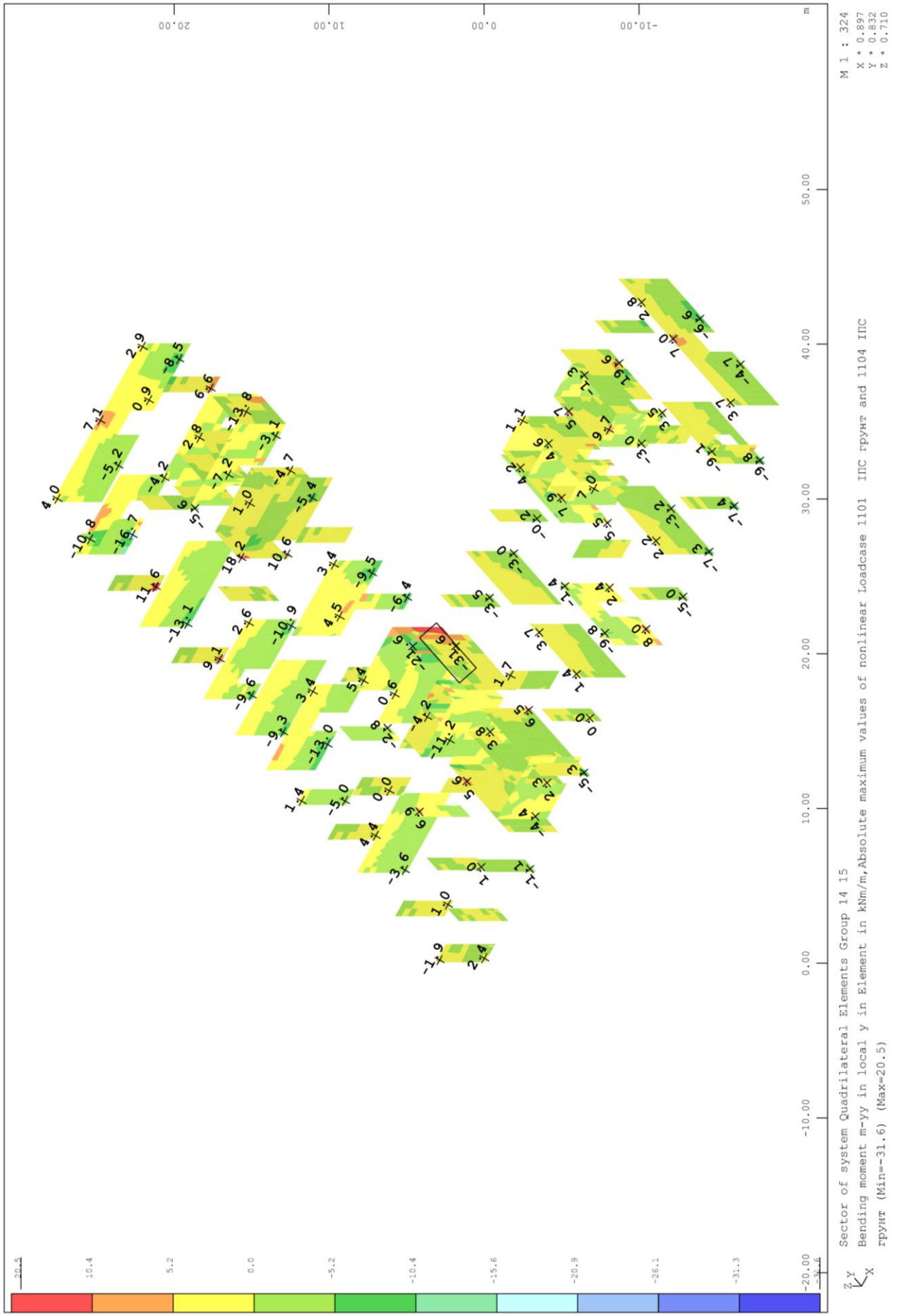
5.12. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

5.12.1. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 1 этажа, кН/м

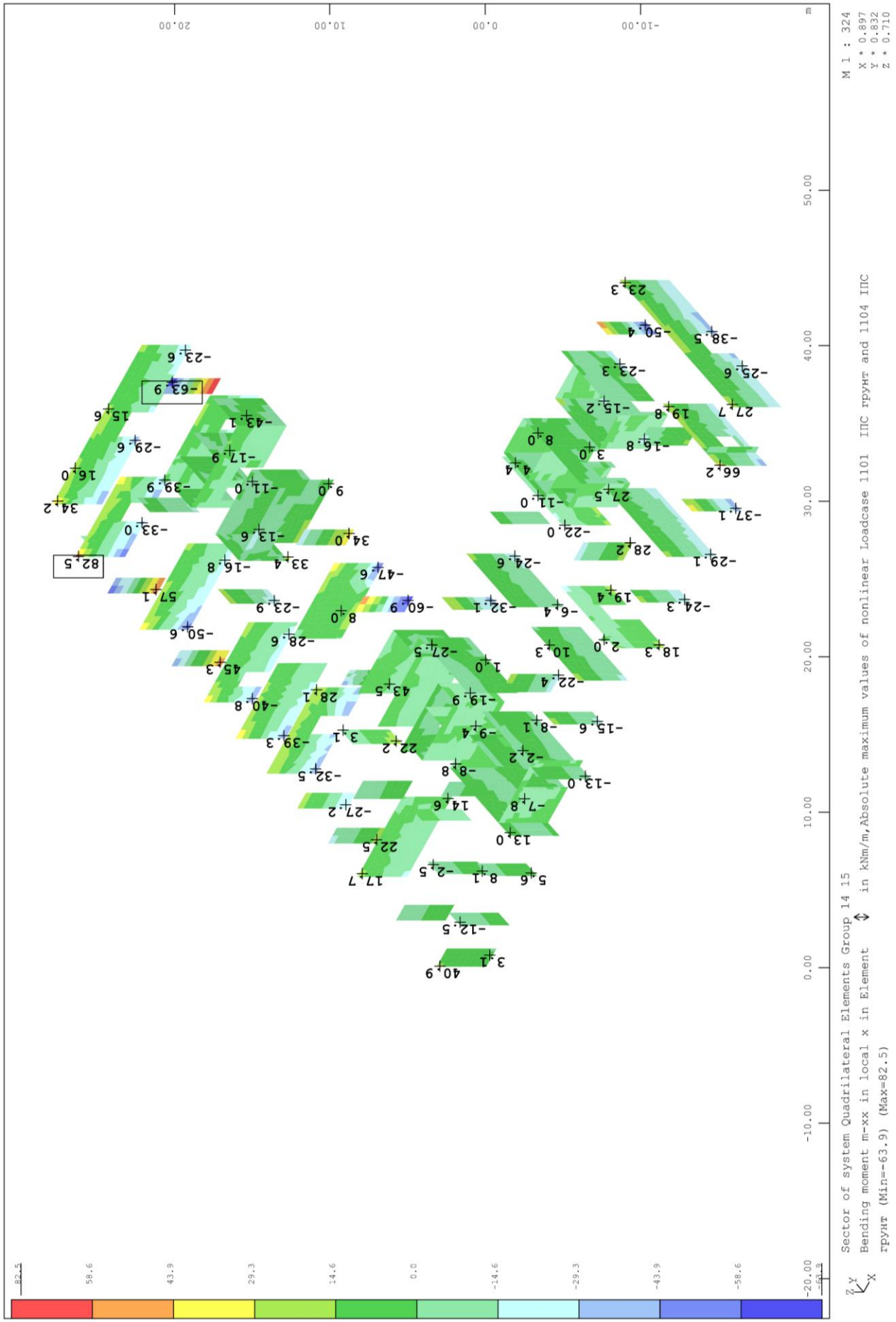


Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м



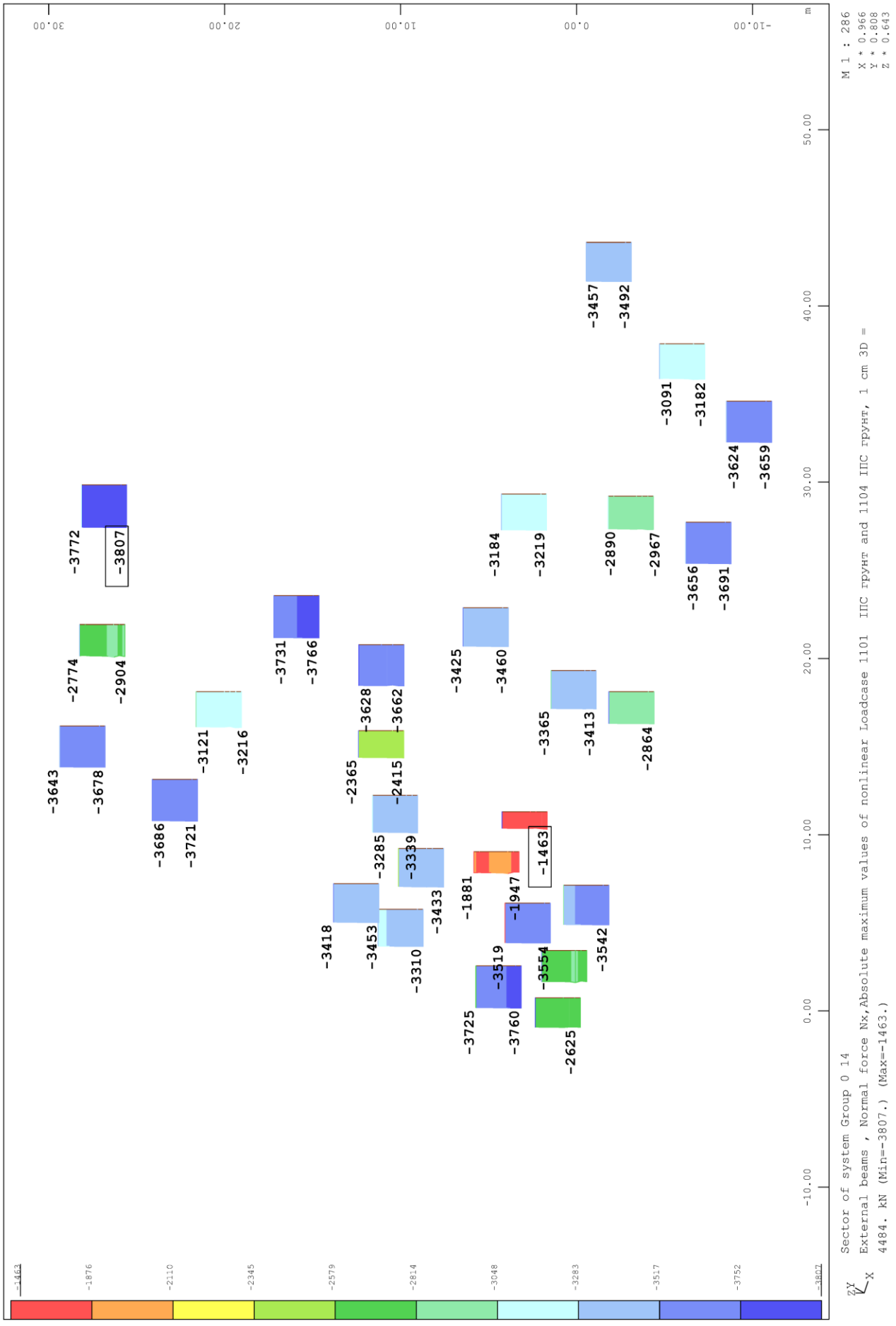
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		268

Изгибающие моменты (Мх) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м

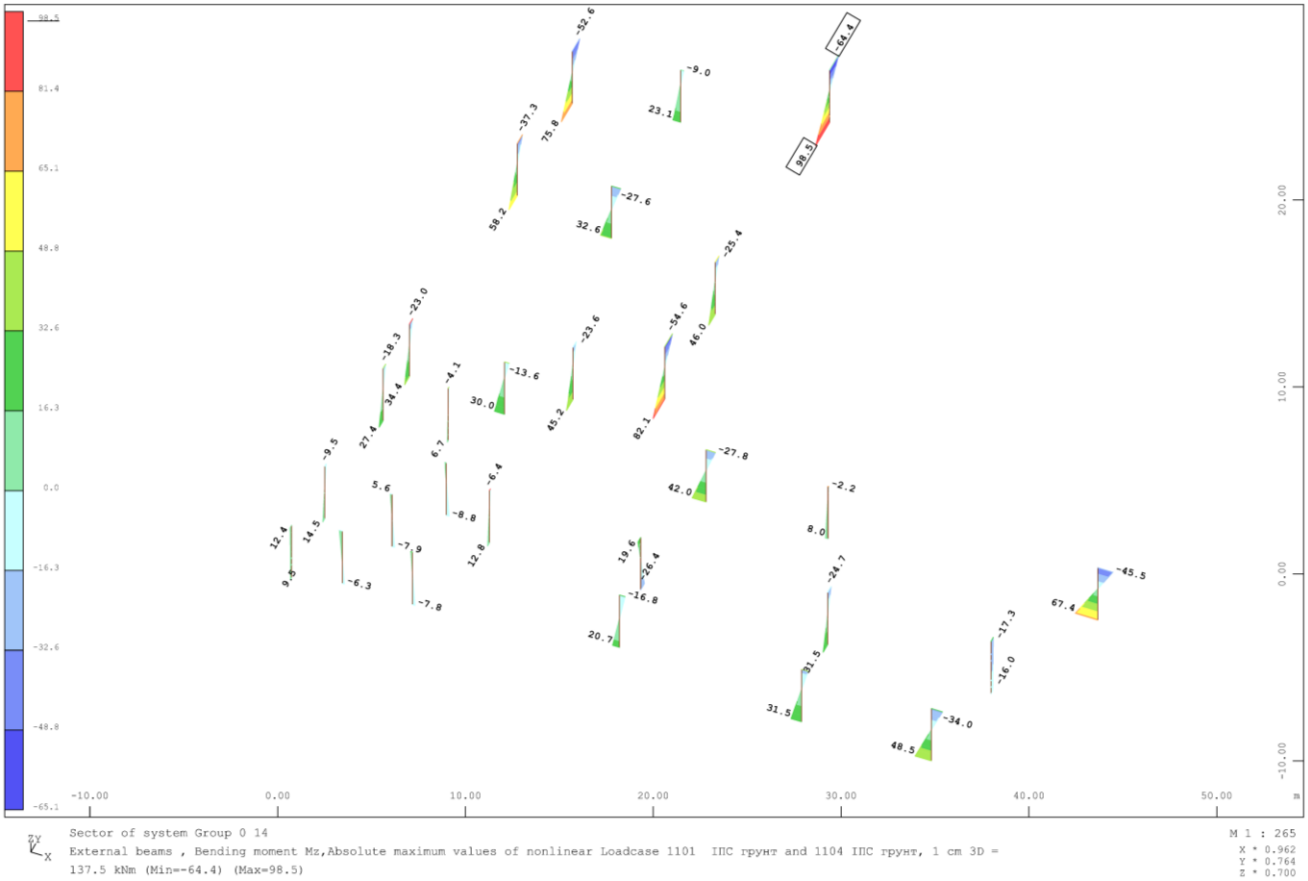


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 269

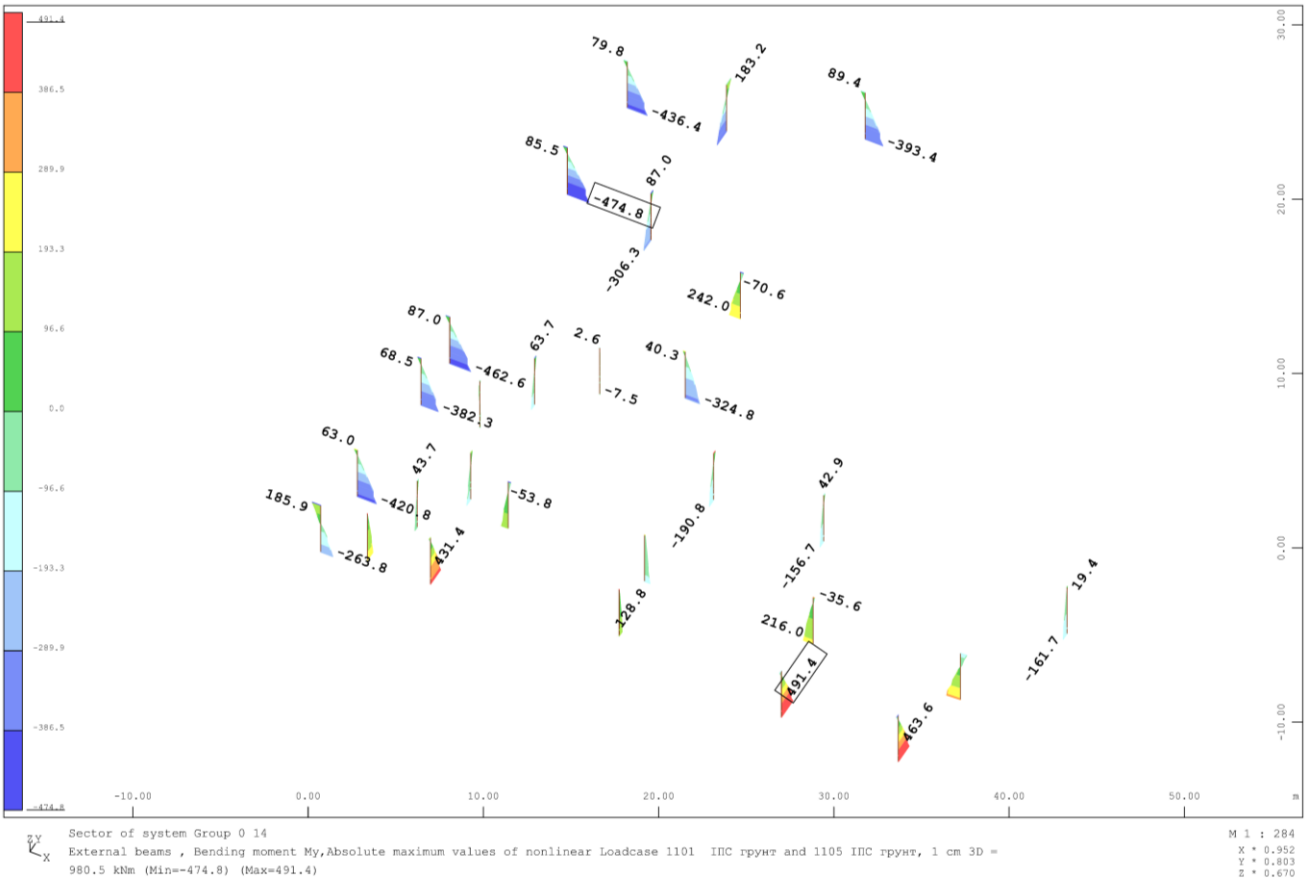
Вертикальные усилия (N) в пилонах 1 этажа, кН



Изгибающие моменты (Mx) в пилонах 1 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в пилонах 1 этажа, кН*м



ПИЛОН 250Х1200 В ОСЯХ 1.3-1.4/1.Д-1.Е НА 1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 1881$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 1786.95$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 8.8$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 8.36$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.2 \cdot 0.2) = 1.17\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 = 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 4.5/600 = 0.008\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 8.8/1881 = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 8.8 + 1881 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 149.88\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 8.36 + 1786.95 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 142.38\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 142.38/149.88 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.56250E - 003\text{м^}4$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 1.4074E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.5834E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.56250E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.58336E - 005$$
$$= 10897.26\text{кНм^}2$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 10897.26)/(3.6\text{^}2) = 8298.74\text{кН}$$

Условие $N = 1881\text{кН} \le N_cr = 8298.74\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 1881/8298.74) = 1.293$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.293\ +\ (0.2\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.088\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (1881\ +\ 435000 \cdot 1.4074E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$=\ 0.111\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.111/0.2 = 0.557\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (1881 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.109\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 1881 \cdot 0.088\ =\ 165.4\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.109(0.2 - 0.5 \cdot 0.109) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 359.12\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 165.4\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 359.12\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.4606

ПИЛОН 250Х1260 В ОСЯХ 1.3-1.4/1.Л'-1.М НА 1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2415$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2294.25$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 45.2$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 42.94$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 126$ см $= 1.26$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.26 \cdot 0.2) = 1.12\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 = 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 4.5/600 = 0.008\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 45.2/2415 = 0.019\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.019/0.25 = 0.075$$

Так как $\delta_e = 0.075 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 45.2 + 2415 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 226.33\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 42.94 + 2294.25 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 215.01\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 215.01/226.33 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.26 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.64063E-003\text{м^4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E-003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 1.4074E-003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.5834E-005\text{м^4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.64063E-003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.58336E-005$$
$$= 11331.29\text{кНм^2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 11331.29)/(3.6\text{^}2) = 8629.27\text{кН}$$

Условие $N = 2415\text{кН} \le N_cr = 8629.27\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 2415/8629.27) = 1.389$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.019 \cdot 1.389 + (0.2 - 0.05)/2 = 0.101\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (2415 + 435000 \cdot 1.4074E - 003 - 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.26)$$
$$= 0.135\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.135/0.2 = 0.677 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (2415 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.26 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.123\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 2415 \cdot 0.101 = 243.89\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.26 \cdot 0.123(0.2 - 0.5 \cdot 0.123) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 394.48\text{кНм}$$

$$Ne = 243.89\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 394.48\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6183

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3807$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3616.65$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 98.5$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 93.58$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(3.9270E-003 + 3.9270E-003)/(1.3 \cdot 0.2) = 3.02\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона B30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры A500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 = 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 4.5/600 = 0.008\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 98.5/3807 = 0.026\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.026/0.25 = 0.103$$

Так как $\delta_e = 0.103 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 98.5 + 3807 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 384.03\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 93.58 + 3616.65 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 364.82\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 364.82/384.03 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.3 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.69271E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 3.9270E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 3.9270E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 4.4179E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.69271E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 4.41786E - 005$$
$$= 15588.95\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 15588.95)/(3.6\text{^}2) = 11871.66\text{кН}$$

Условие $N = 3807\text{кН} \le N_cr = 11871.66\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 3807/11871.66) = 1.472$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.026 \cdot 1.472 + (0.2 - 0.05)/2 = 0.113\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\,/\varepsilon_bult\,) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$

$$= (3807\ +\ 435000 \cdot 3.9270E-003\ -\ 400000 \cdot 3.9270E-003)/(14450 \cdot 1.3)$$

$$=\ 0.21\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.21/0.2 = 1.05\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$

$$= (3807 + 435000 \cdot 3.9270E-003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 3.9270E$$

$$-003)/(14450 \cdot 1.3 + (2 \cdot 435000 \cdot 3.9270E-003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.141\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ -0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ -a')$$

$$Ne\ =\ 3807 \cdot 0.113\ =\ 430.52\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ -0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ -a')$$

$$= 14450 \cdot 1.3 \cdot 0.141(0.2 - 0.5 \cdot 0.141) + 400000 \cdot 3.9270E-003(0.2 - 0.05)$$

$$= 578.83\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 430.52\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ -0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ -a') = 578.83\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7438

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3413$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3242.35$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 26.4$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 25.08$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.5 \cdot 0.2) = 1.68\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона B30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры A500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 = 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 4.5/600 = 0.008\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 26.4/3413 = 0.008\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.008\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 26.4 + 3413 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 282.38\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 25.08 + 3242.35 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 268.26\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 268.26/282.38 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.95313E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.8274E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.95313E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E - 005$$
$$= 14809.1\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 14809.1)/(3.6\text{^}2) = 11277.78\text{кН}$$

Условие $N = 3413\text{кН} \le N_cr = 11277.78\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 3413/11277.78) = 1.434$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.434 + (0.2 - 0.05)/2 = 0.089\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (3413 + 435000 \cdot 2.5133E - 003 - 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.5)$$
$$= 0.162\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.162/0.2 = 0.808 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (3413 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.5 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.133\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 3413 \cdot 0.089 = 304.92\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.5 \cdot 0.133(0.2 - 0.5 \cdot 0.133) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 535.01\text{кНм}$$

$$Ne = 304.92\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 535.01\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5699

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены 1 этажа толщиной 250 в осях 1.Е/1.1-1.4

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

$R_{b.n}$, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_{bt.n}$, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	250	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	4500	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	200	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	360	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	236	тс	-продольная сила
M=	1,5	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,2	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,A}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
n_A=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,A}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,A}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
s'_A=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,A}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,24	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	6,9	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	13,9	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	130208,33	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	1134,2502	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,8		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,19		
k_s=	0,7		
D=	6,414E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	488,45	тс	-условная критическая сила
η=	1,93		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	9,43	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 32,852 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 22,266 \text{ тс· м}$$

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены 1 этажа толщиной 200 в осях 1.Е-1.К/1.19-1.21

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

$R_{b.n}$, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_{bt.n}$, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	4500	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	150	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	360	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	145	тс	-продольная сила
M=	2,3	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,9	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	5,65	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	5,65	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,14	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	2,6	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,59	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	9,18	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	66666,667	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	283,78014	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,83		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,18		
k_s=	0,7		
D=	2,825E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	215,13	тс	-условная критическая сила
η=	3,07		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	9,87	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

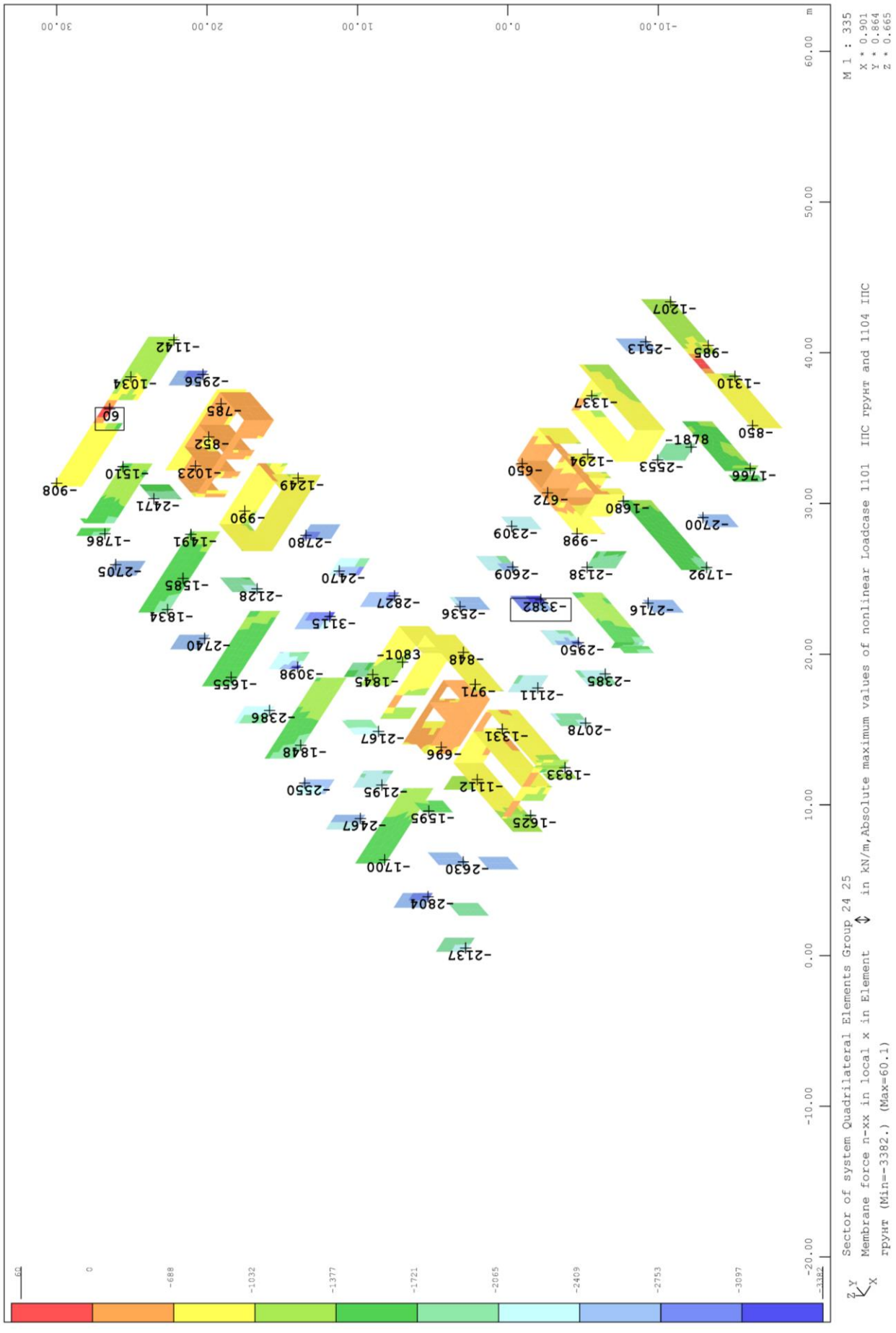
$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 16,388 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

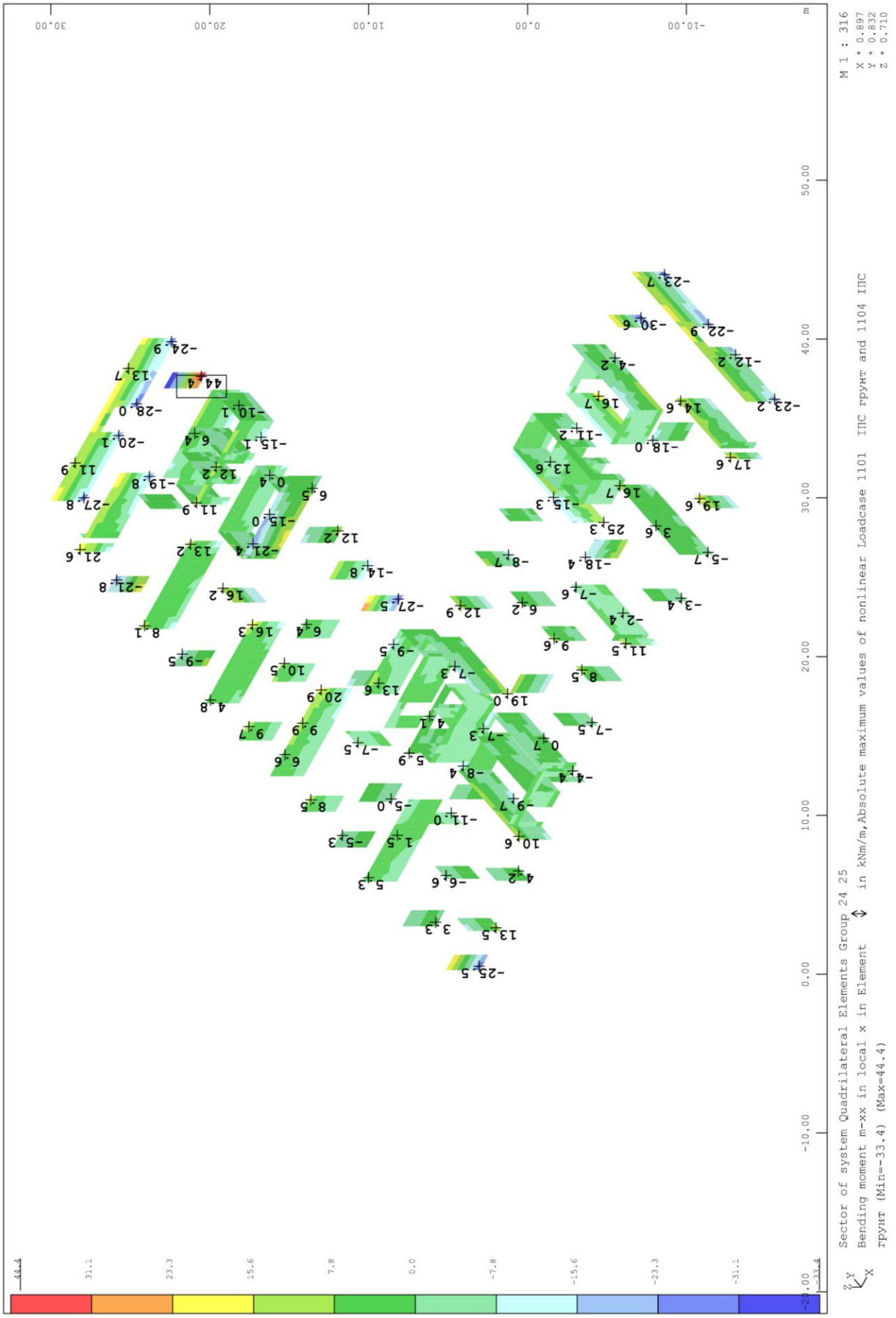
$$N \cdot e = 14,305 \text{ тс· м}$$

5.12.2. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 2 этажа, кН/м

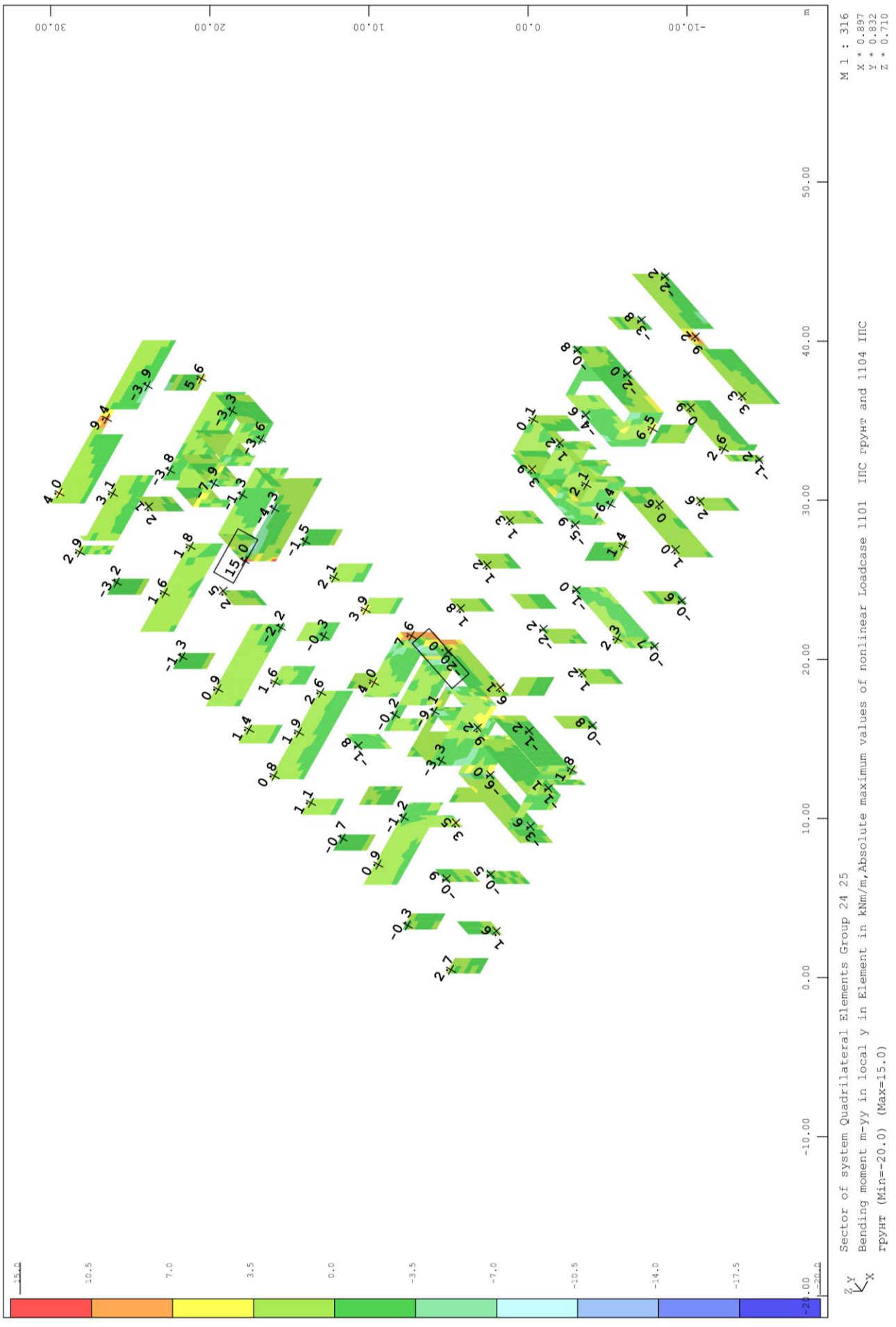


Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м



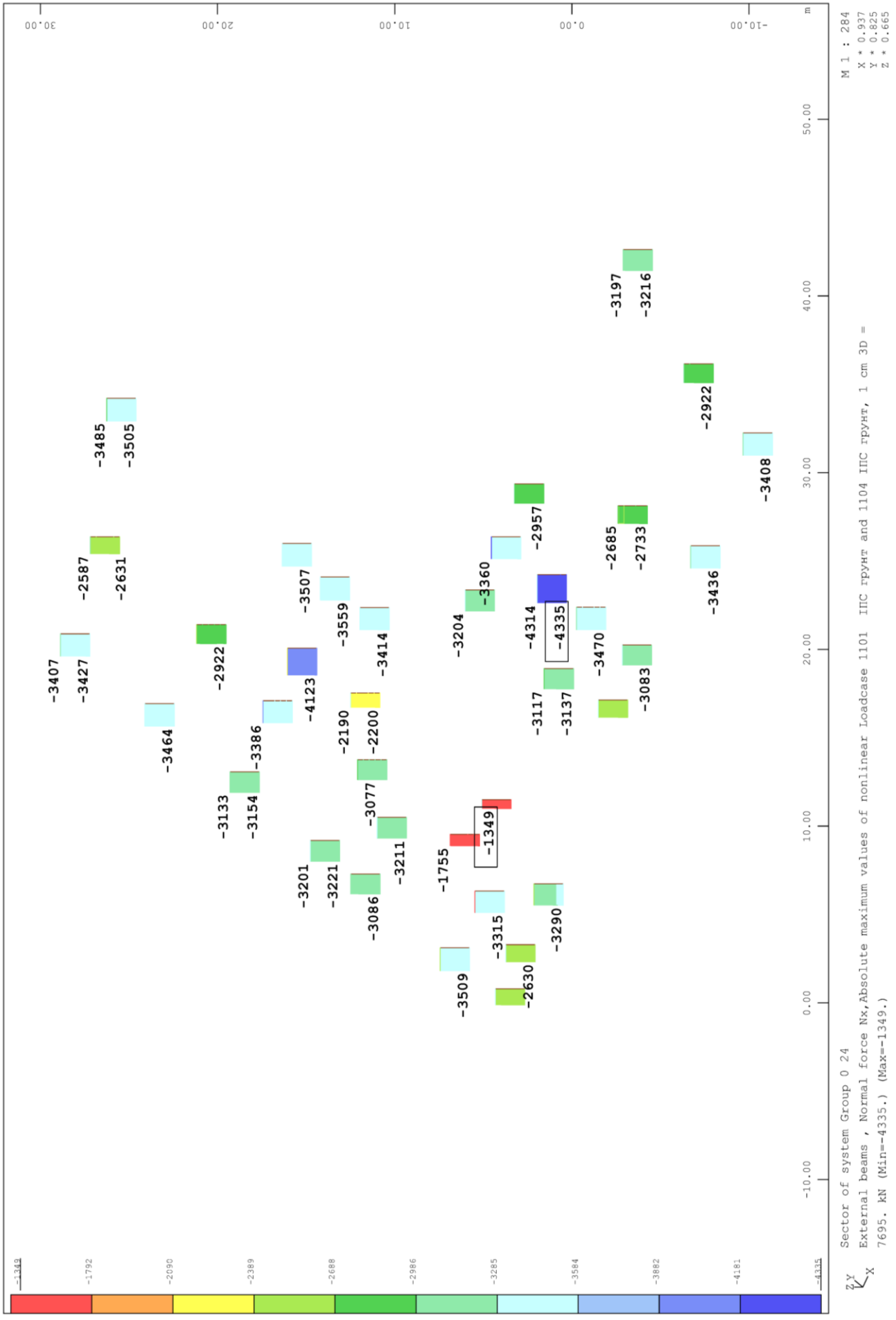
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		287

Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м



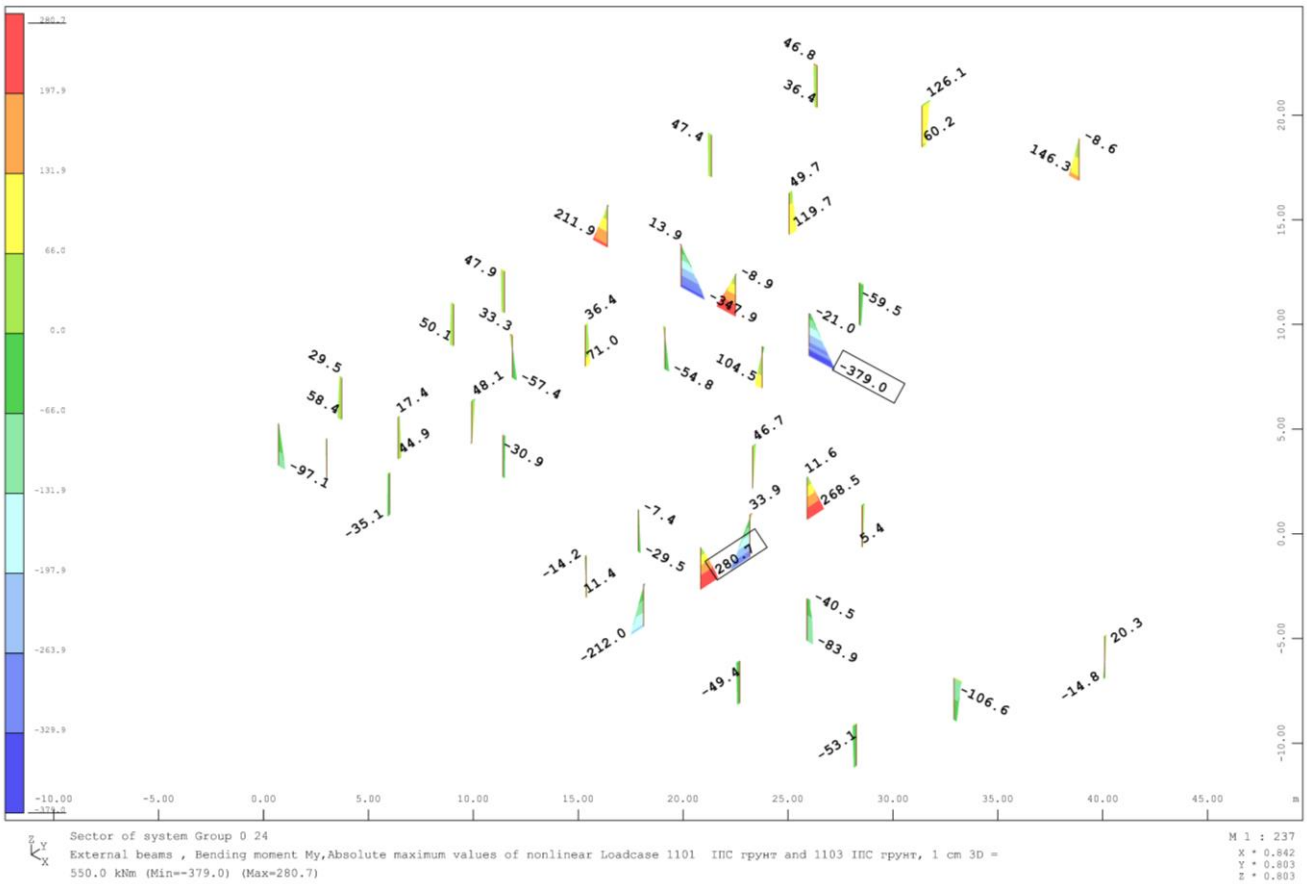
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		288

Вертикальные усилия (N) в пилонах 2 этажа, кН

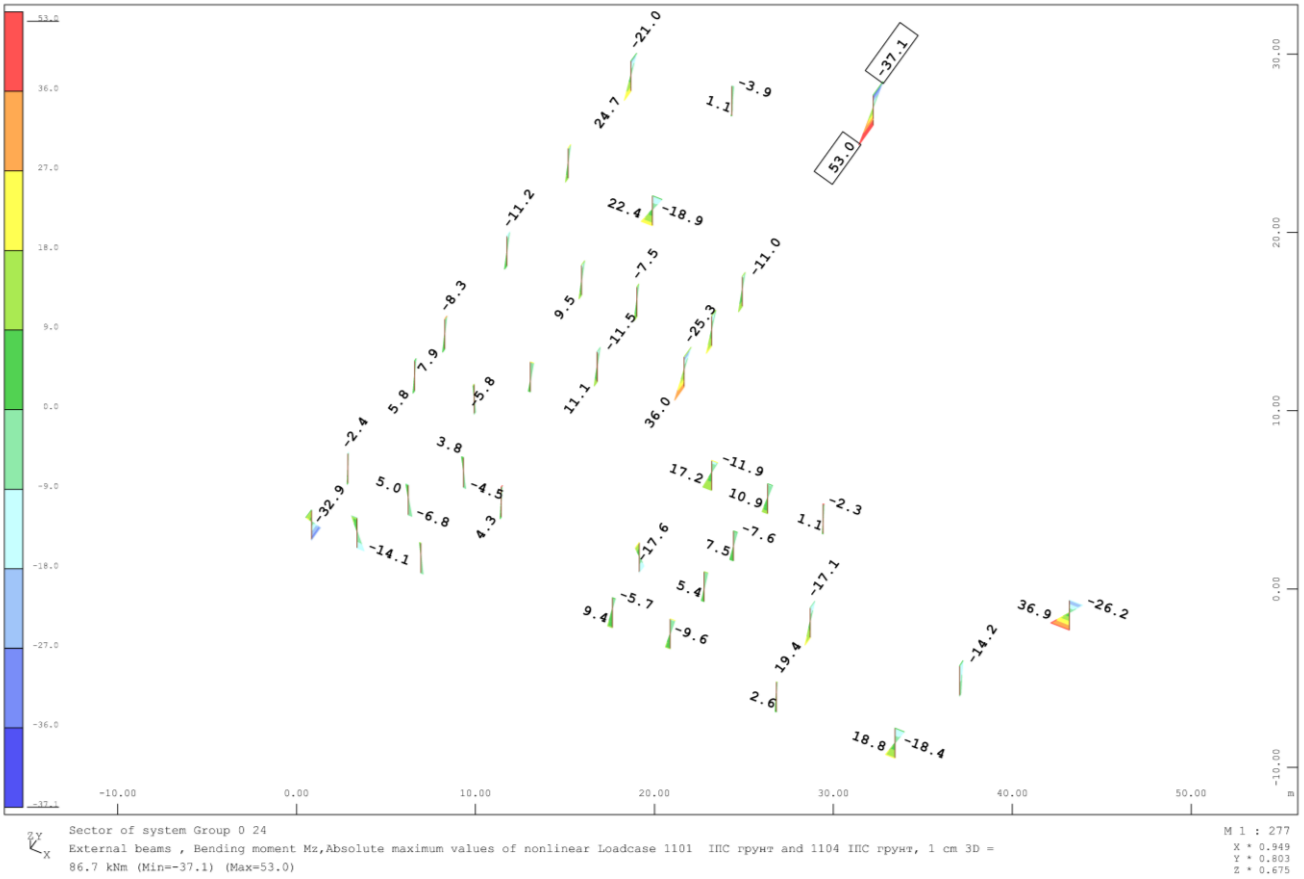


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 289

Изгибающие моменты (Mx) в пилонах 2 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в пилонах 2 этажа, кН*м



ПИЛОН 200Х1200 В ОСЯХ 1.3-1.4/1.Д-1.Е НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 1783$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 1693.85$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 4.5$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 4.28$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0\ ) = 100\%(1.4074E - 003\ +\ 1.4074E - 003\ )/(1.2 \cdot 0.15\ ) =\ 1.56\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.2/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 4.5/1783 = 0.003\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.003\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.2 \ = \ 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 4.5 \ + \ 1783 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 93.65\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 4.28 \ + \ 1693.85 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 88.97\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 88.97/93.65 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.2\text{^}3)/(12) = 8.00000E - 004\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$

$$= 1.4074E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.4074E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2$$

$$= 7.0372E - 006\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 8.00000E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 7.03717E - 006$$

$$= \ 5429.65\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 5429.65)/(2.4\text{^}2) = 9303.56\text{кН}$$

Условие $N = 1783\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 9303.56\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 1783/9303.56) = 1.237$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.237\ +\ (0.15\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.062\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (1783\ +\ 435000 \cdot 1.4074E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$=\ 0.106\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.106/0.15 = 0.704\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (1783 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.15(1 - 0.527))) = 0.092\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 1783 \cdot 0.062\ =\ 111.21\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.092(0.15 - 0.5 \cdot 0.092) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.15 - 0.05)$$
$$= 222.6\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 111.21\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 222.6\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.4996

ПИЛОН 200Х1260 В ОСЯХ 1.4-1.5/1.Л'-1.М НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2200$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2090$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 11.5$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 10.93$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 126$ см $= 1.26$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0\ ) = 100\%(1.4074E-003\ +\ 1.4074E-003\ )/(1.26\ \cdot\ 0.15\ ) =\ 1.49\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b\ \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.2/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 11.5/2200 = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.2 \ = \ 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 11.5 \ + \ 2200 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 121.5\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 10.93 \ + \ 2090 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 115.43\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 115.43/121.5 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.26 \cdot 0.2\text{^}3)/(12) = 8.40000E - 004\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$

$$= 1.4074E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.4074E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2$$

$$= 7.0372E - 006\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 8.40000E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 7.03717E - 006$$

$$= \ 5651.87\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 5651.87)/(2.4\text{^}2) = 9684.33\text{кН}$$

Условие $N = 2200\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 9684.33\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 2200/9684.33) = 1.294$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.294\ +\ (0.15\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.063\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (2200\ +\ 435000 \cdot 1.4074E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.26)$$
$$=\ 0.124\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.124/0.15 = 0.824\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (2200 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.26 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.15(1 - 0.527))) = 0.102\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 2200 \cdot 0.063\ =\ 138.47\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.26 \cdot 0.102(0.15 - 0.5 \cdot 0.102) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.15 - 0.05)$$
$$= 240.06\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 138.47\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 240.06\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5768

ПИЛОН 200Х1500 В ОСЯХ 1.11/1.Е НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4335$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4118.25$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 7.5$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 7.13$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E - 003 + 2.5133E - 003)/(1.5 \cdot 0.15) = 2.23\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.2/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 7.5/4335 = 0.002\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.002\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.2 \ = \ 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 7.5 \ + \ 4335 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 224.25\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 7.13 \ + \ 4118.25 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 213.04\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 213.04/224.25 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.2\text{^}3)/(12) = 1.00000E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 2.5133E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.2566E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.00000E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.25664E - 005$$
$$= \ 7314.85\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 7314.85)/(2.4\text{^}2) = 12533.79\text{кН}$$

Условие $N = 4335\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 12533.79\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 4335/12533.79) = 1.529$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.529\ +\ (0.15\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.065\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (4335\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.5)$$
$$=\ 0.204\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.204/0.15 = 1.36\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (4335 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.5 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.15(1 - 0.527))) = 0.131\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 4335 \cdot 0.065\ =\ 283.02\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.5 \cdot 0.131(0.15 - 0.5 \cdot 0.131) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.15 - 0.05)$$
$$= 340.32\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 283.02\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 340.32\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8316

ПИЛОН 220Х1300 В ОСЯХ 1.5-1.6/1.Н-1.П НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3507$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3331.65$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 13.6$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 12.92$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.3 \cdot 0.17) = 2.27\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.22/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 13.6/3507 = 0.004\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.004\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.22 \ = \ 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 13.6 \ + \ 3507 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 224.02\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 12.92 \ + \ 3331.65 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 212.82\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 212.82/224.02 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.3 \cdot 0.22\text{^}3)/(12) = 1.15353E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 2.5133E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.8096E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.15353E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.80956E - 005$$
$$= \ 8941.9\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 8941.9)/(2.4\text{^}2) = 15321.7\text{кН}$$

Условие $N = 3507\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 15321.7\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3507/15321.7) = 1.297$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.297\ +\ (0.17\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.073\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3507\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.3)$$
$$=\ 0.191\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.191/0.17 = 1.126\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3507 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.3 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.17(1 - 0.527))) = 0.131\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3507 \cdot 0.073\ =\ 255.9\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.3 \cdot 0.131(0.17 - 0.5 \cdot 0.131) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.17 - 0.05)$$
$$= 377.93\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 255.9\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 377.93\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6771

ПИЛОН 220Х1500 В ОСЯХ 1.3-1.4/1.Ж НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3211$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3050.45$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 5.8$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 5.51$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.5 \cdot 0.17) = 1.97\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.22/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 5.8/3211 = 0.002\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.002\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.22 \ = \ 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 5.8 \ + \ 3211 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 198.46\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 5.51 \ + \ 3050.45 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 188.54\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 188.54/198.46 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.22\text{^}3)/(12) = 1.33100E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 2.5133E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.8096E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.33100E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.80956E - 005$$
$$= \ 9927.82\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 9927.82)/(2.4\text{^}2) = 17011.06\text{кН}$$

Условие $N = 3211\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 17011.06\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3211/17011.06) = 1.233$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.233\ +\ (0.17\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.072\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3211\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.5)$$
$$=\ 0.152\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.152/0.17 = 0.895\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3211 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.5 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.17(1 - 0.527))) = 0.117\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3211 \cdot 0.072\ =\ 232.24\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.5 \cdot 0.117(0.17 - 0.5 \cdot 0.117) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.17 - 0.05)$$
$$= 403.82\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 232.24\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 403.82\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5751

ПИЛОН 250Х1500 С МОНТАЖНЫМ ОТВЕРСТИЕМ В ОСЯХ 1.1-1.2/1.А НА 2 ЭТАЖЕ

ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ 250х1250

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2473$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2349.35$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 32.9$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 31.26$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 125$ см $= 1.25$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 21.99$ см^2 $= 2.1991E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.1991E-003 + 2.1991E-003)/(1.25 \cdot 0.2) = 1.76\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.25/30 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 32.9/2473 = 0.013\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.013/0.25 \ = \ 0.053$$

Так как $\delta_e = 0.053 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 32.9 \ + \ 2473 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 218.38\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 31.26 \ + \ 2349.35 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 207.46\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 207.46/218.38 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.25 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.62760E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.1991E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 2.1991E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.4740E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.62760E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.47400E - 005$$
$$= \ 12505.85\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 12505.85)/(2.4\text{^}2) = 21428.44\text{кН}$$

Условие $N = 2473\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 21428.44\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 2473/21428.44) = 1.13$$

$$e = e_0 \ \eta + (h_0 \ - a')/(2) = 0.013 \cdot 1.13 \ + \ (0.2 \ - \ 0.05)/2 \ = \ 0.09\text{м}$$

$$\varepsilon_sel \ = R_s \ /E_s \ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (2473 + 435000 \cdot 2.1991E - 003 - 400000 \cdot 2.1991E - 003)/(14450 \cdot 1.25)$$
$$= 0.141\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.141/0.2 = 0.706 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (2473 + 435000 \cdot 2.1991E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.1991E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.25 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.1991E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.122\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 2473 \cdot 0.09 = 222.67\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.25 \cdot 0.122(0.2 - 0.5 \cdot 0.122) + 400000 \cdot 2.1991E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 438.65\text{кНм}$$

$$Ne = 222.67\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 438.65\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5076

СП 63. **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены 2 этажа толщиной 200 в осях 1.А-1.Д/1.13

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

$R_{b.n}$, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_{bt.n}$, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	3000	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	150	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	240	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	158	тс	-продольная сила
M=	1	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	0,8	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	5,65	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	5,65	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,14	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	2,6	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	9,79	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	66666,667	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	283,78014	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,8		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,19		
k_s=	0,7		
D=	2,86E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	490,05	тс	-условная критическая сила
η=	1,48		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	6,48	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

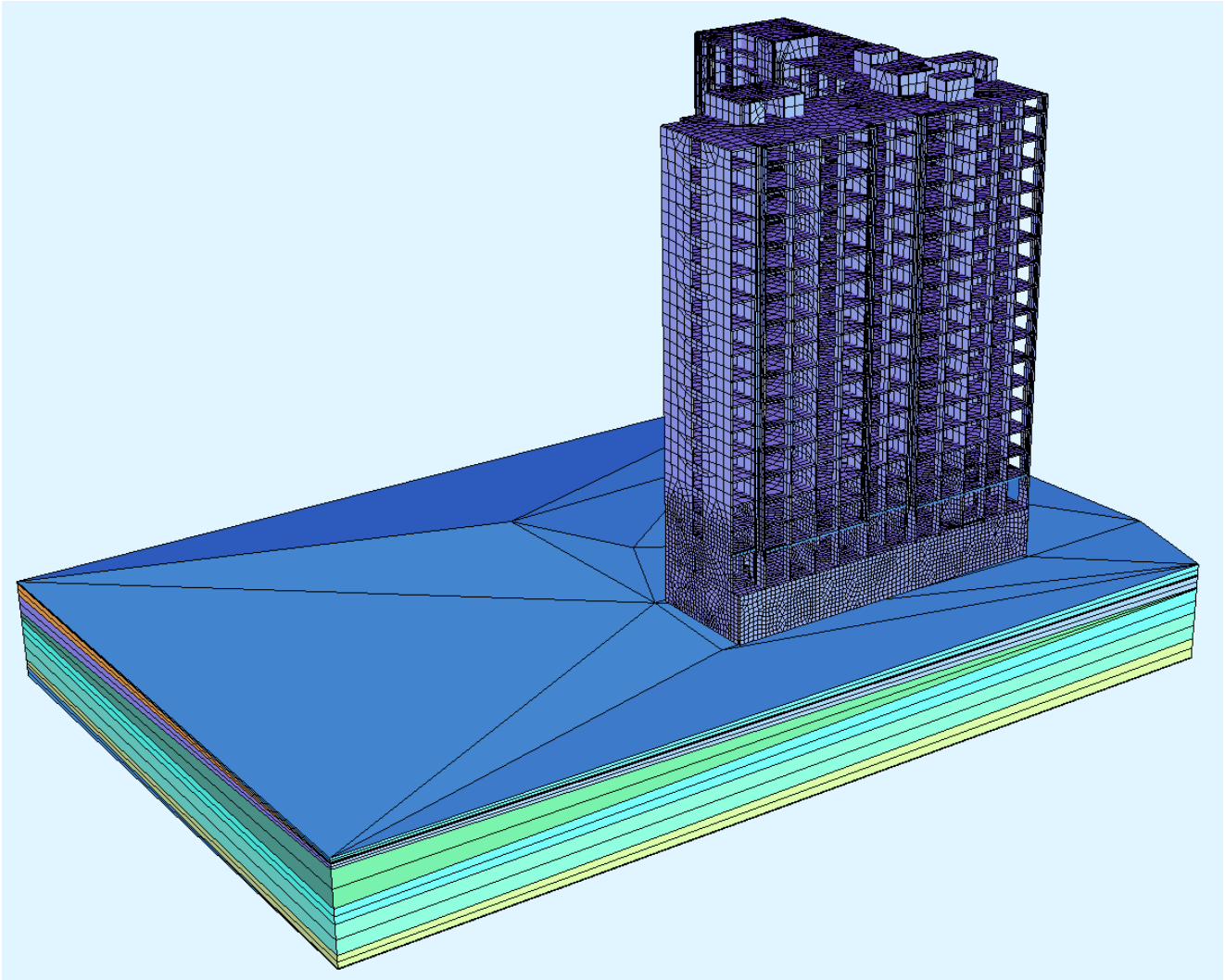
$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 16,883 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 10,232 \text{ тс· м}$$

6. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СЕКЦИИ 7-9

6.1. ОБЩИЙ ВИД РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

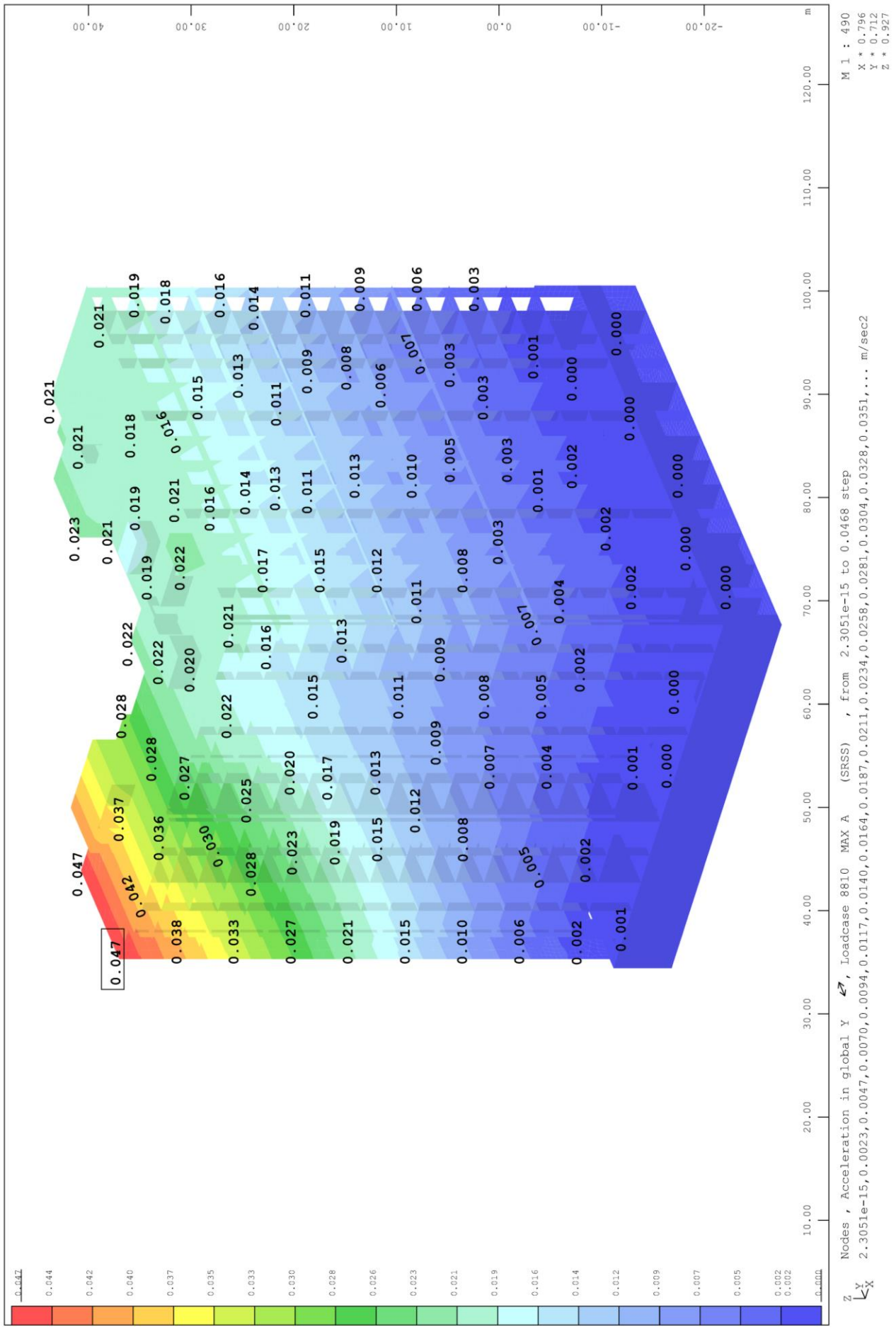


6.2. МАКСИМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ

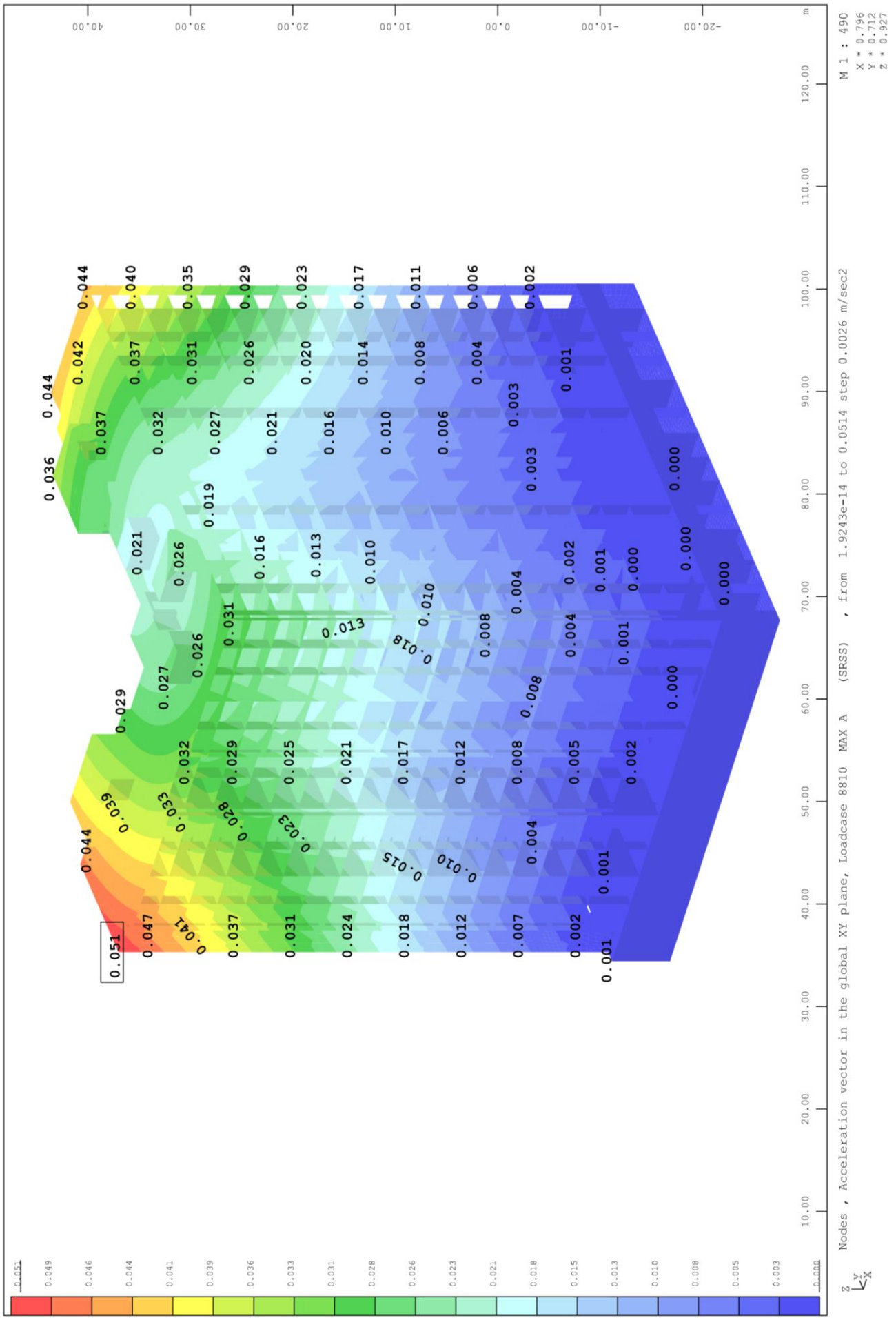
Максимальное ускорение этажей по X, м/с²

Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 311

Максимальное ускорение этажей по Y, м/с²

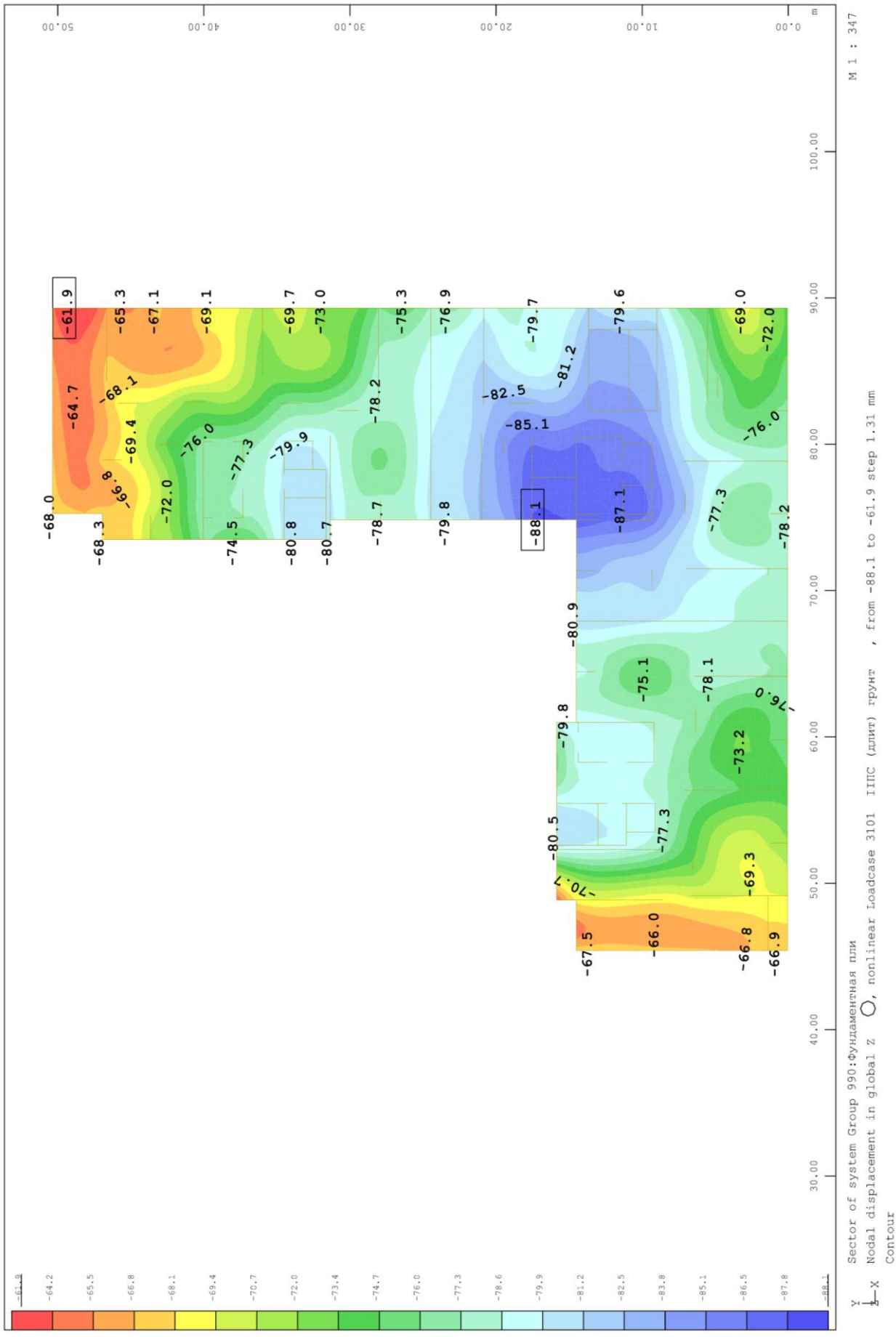


Максимальное ускорение этажей по XY, м/с²



6.3. ОСАДКА И ДАВЛЕНИЕ ПОД ПОДОШВОЙ ФУНДАМЕНТА

Осадка, мм



Расчет осадки фундамента на естественном основании

Допущения и предпосылки. Расчет выполняется согласно СП 22.13330.2016 п.п. 5.6.31.

Исходные данные. Среднее давление под подошвой фундамента $p = 3.07$ кг/см^2; глубина заложения $d_n = 7.15$ м; фундамент прямоугольный; ширина подошвы $b = 15.00$ м; длина подошвы $l = 68.00$ м; объемный вес грунта выше подошвы $\gamma'_{\text{II}} = 1.86$ т/м^3; имеются грунтовые воды на расстоянии 0.00 м от подшвы мощностью 3.40 м; $s_u = 15.0$ см.

Расчет. Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы

$$\sigma_{zg0} = \gamma'_{\text{II}} d_n = 1.86 \cdot 7.15 = 13.299 \text{ т/м}^2 = 1.330 \text{ кг/см}^2$$

Согласно требованиям методики расчета, сжимаемая толща грунта под подошвой разбивается на слои. Необходимые величины для каждого слоя вычисляются в табличной форме по формулам

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i p, \quad \sigma_{z\gamma,i} = \alpha_i \sigma_{zg0}, \quad \sigma_{zg,i} = \sigma_{zg0} + \sum_{i=1}^{n} h_i \gamma_i$$

Минимальная глубина сжимаемой толщи для $10 \leqslant b < 60$ м составляет $H_{min} = 4 + 0.1b = 4 + 0.1 \cdot \cdot 15.00 = 5.50$ м.

Т.к. $p > \sigma_{zg,0}$ то осадка определяется по формуле (5.16)

$$\Delta s_i = \beta \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i}) h_i}{E_i} + \beta \frac{\sigma_{z\gamma,i} h_i}{E_{e,i}}, \quad \beta = 0.8$$

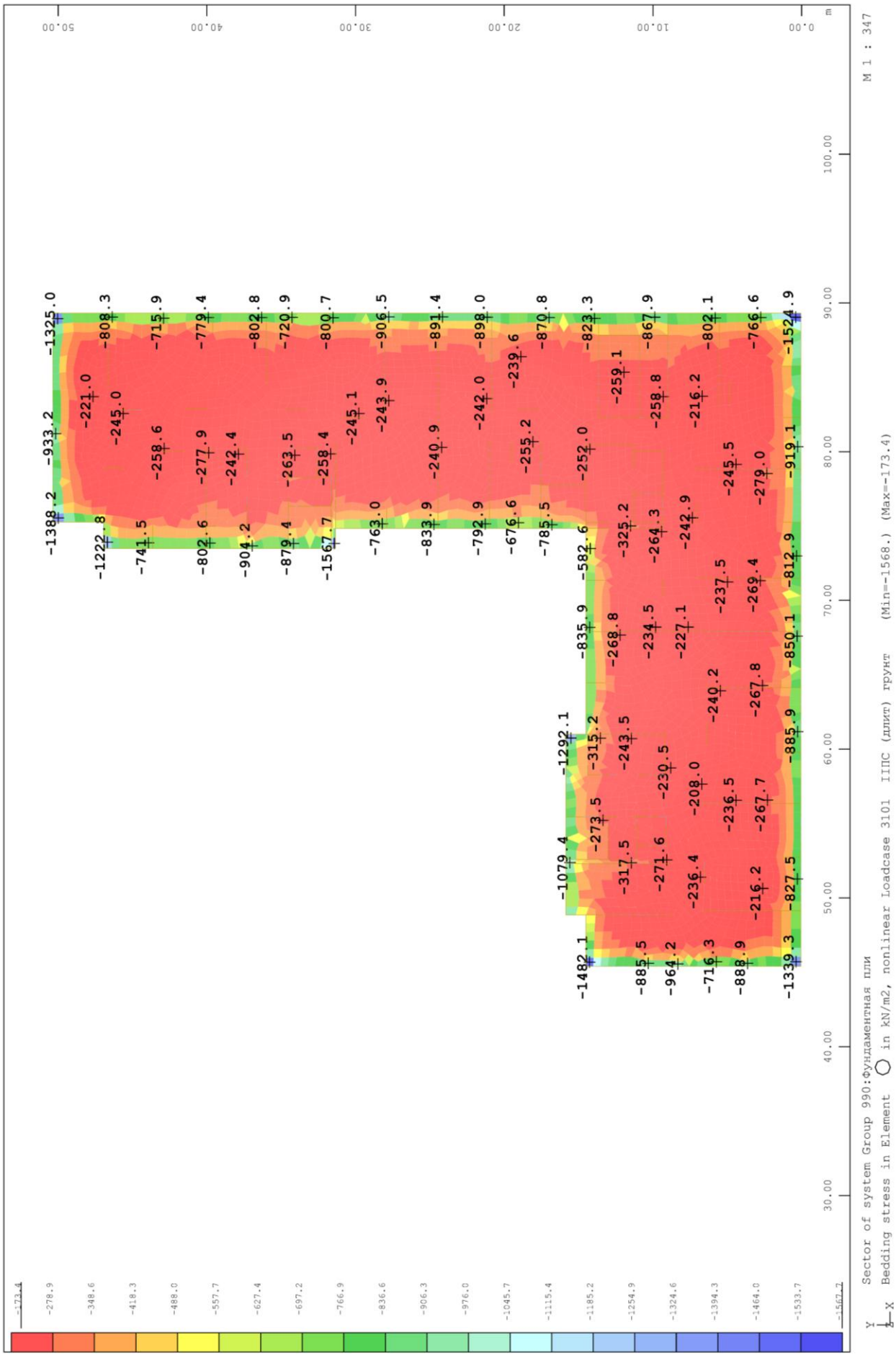
№	Э	h	z	α	σ_{zp}	$\sigma_{z\gamma}$	γ	σ_{zg}	$0.5\sigma_{zg}$	E	E_e	Δs
		м	м	–	кг/см^2	кг/см^2	т/м^3	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	кг/см^2	см
–	–	–	0.00	1.000	3.070	1.330	–	1.330	0.665	–	–	–
1	5	0.40	0.20	1.000	3.070	1.330	1.05	1.351	0.675	306	1530	0.210
2	5	0.40	0.60	1.000	3.069	1.330	1.05	1.393	0.696	306	1530	0.210
3	5	0.40	1.00	0.999	3.067	1.329	1.05	1.435	0.717	306	1530	0.210
4	5	0.40	1.40	0.997	3.062	1.326	1.05	1.477	0.738	306	1530	0.209
5	5	0.40	1.80	0.994	3.053	1.323	1.05	1.519	0.759	306	1530	0.209
6	5	0.40	2.20	0.990	3.040	1.317	1.05	1.561	0.780	306	1530	0.208
7	5	0.40	2.60	0.985	3.023	1.309	1.05	1.603	0.801	306	1530	0.207
8	5	0.40	3.00	0.977	3.000	1.300	1.05	1.645	0.822	306	1530	0.205
9	5	0.20	3.30	0.971	2.980	1.291	1.05	1.676	0.838	306	1530	0.102
10	7	0.40	3.60	0.963	2.957	1.281	1.99	2.066	1.033	204	1020	0.303
11	7	0.40	4.00	0.952	2.923	1.266	1.99	2.146	1.073	204	1020	0.300
12	7	0.40	4.40	0.940	2.885	1.250	1.99	2.226	1.113	204	1020	0.296
13	7	0.40	4.80	0.926	2.844	1.232	1.99	2.305	1.153	204	1020	0.291
14	7	0.40	5.20	0.912	2.799	1.213	1.99	2.385	1.192	204	1020	0.287
15	7	0.40	5.60	0.896	2.752	1.192	1.99	2.464	1.232	204	1020	0.282
16	7	0.40	6.00	0.880	2.703	1.171	1.99	2.544	1.272	204	1020	0.277
17	7	0.20	6.30	0.868	2.665	1.155	1.99	2.604	1.302	204	1020	0.137
18	8	0.40	6.60	0.856	2.627	1.138	1.97	2.663	1.332	132	660	0.416
19	8	0.40	7.00	0.839	2.575	1.115	1.97	2.742	1.371	132	660	0.408
20	8	0.40	7.40	0.822	2.522	1.093	1.97	2.821	1.410	132	660	0.400
21	8	0.40	7.80	0.804	2.470	1.070	1.97	2.899	1.450	132	660	0.391
22	8	0.40	8.20	0.787	2.417	1.047	1.97	2.978	1.489	132	660	0.383
23	8	0.10	8.45	0.777	2.385	1.033	1.97	3.028	1.514	132	660	0.094
24	9	0.40	8.70	0.766	2.352	1.019	2.02	3.078	1.539	275	1375	0.179
25	9	0.40	9.10	0.750	2.301	0.997	2.02	3.159	1.579	275	1375	0.175
26	9	0.40	9.50	0.733	2.251	0.975	2.02	3.239	1.620	275	1375	0.171

27	8	0.40	9.90	0.717	2.201	0.953	1.97	3.319	1.660	132	660	0.349
28	8	0.40	10.30	0.701	2.153	0.932	1.97	3.398	1.699	132	660	0.341
29	8	0.40	10.70	0.686	2.105	0.912	1.97	3.477	1.738	132	660	0.333
30	8	0.40	11.10	0.671	2.059	0.892	1.97	3.556	1.778	132	660	0.326
31	9	0.40	11.50	0.656	2.014	0.872	2.02	3.635	1.818	275	1375	0.153
32	9	0.40	11.90	0.642	1.970	0.853	2.02	3.716	1.858	275	1375	0.150
33	9	0.40	12.30	0.628	1.927	0.835	2.02	3.797	1.898	275	1375	0.147
34	9	0.40	12.70	0.614	1.885	0.817	2.02	3.878	1.939	275	1375	0.143

$$s = \sum_{i=1}^{n} \Delta s_i = 8.500 \text{ см}$$

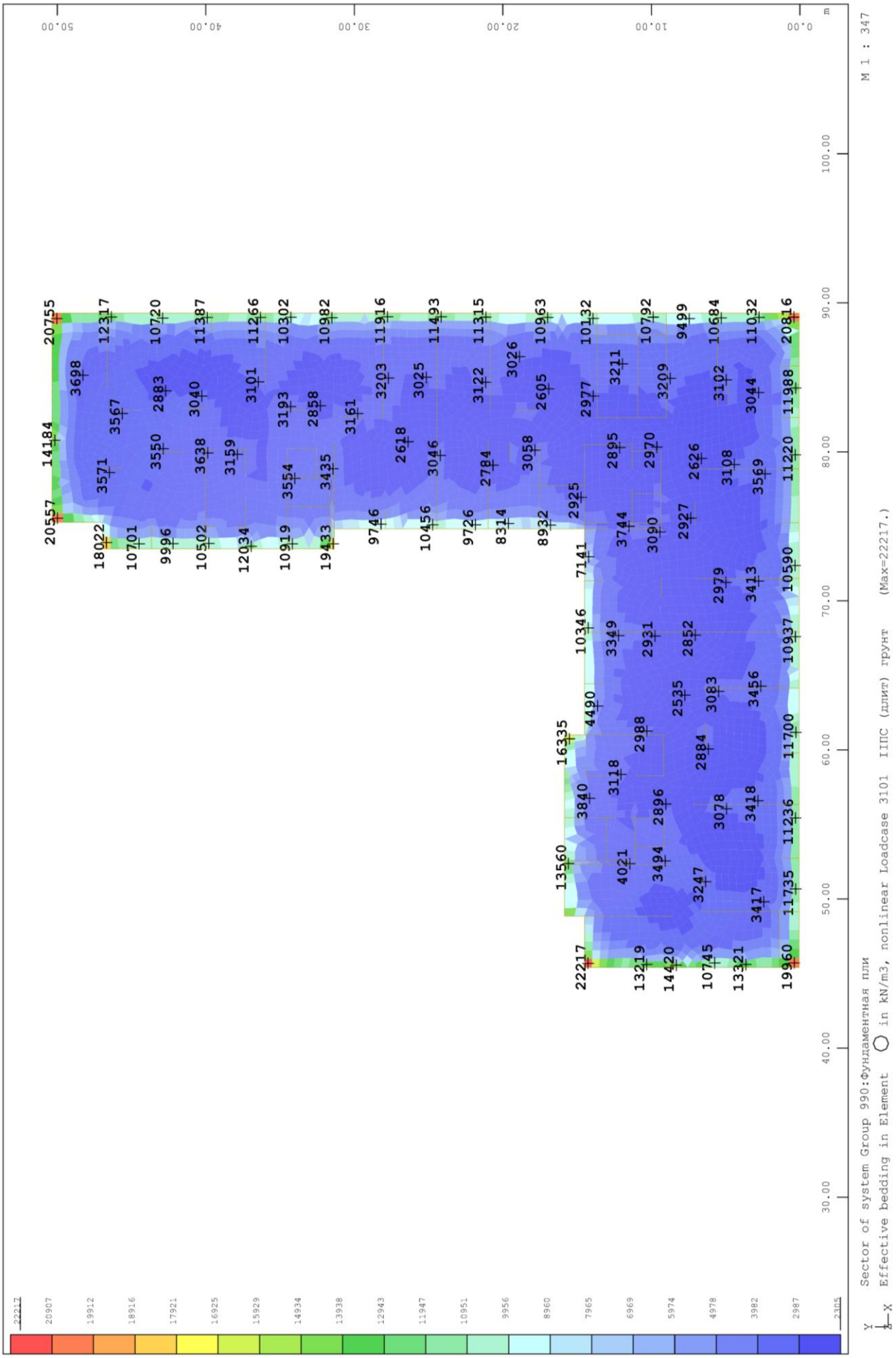
Вывод. Осадка составляет $s = 8.500$ см $\leqslant s_u = 15.0$ см, что не превышает предельно допустимой осадки. Требование выполняется. Глубина сжимаемой толщи определенная по условию $0.5\sigma_{zg}$ составляет $H_c = 12.90$ м.

Давление под подошвой фундамента R_z , кН/м²



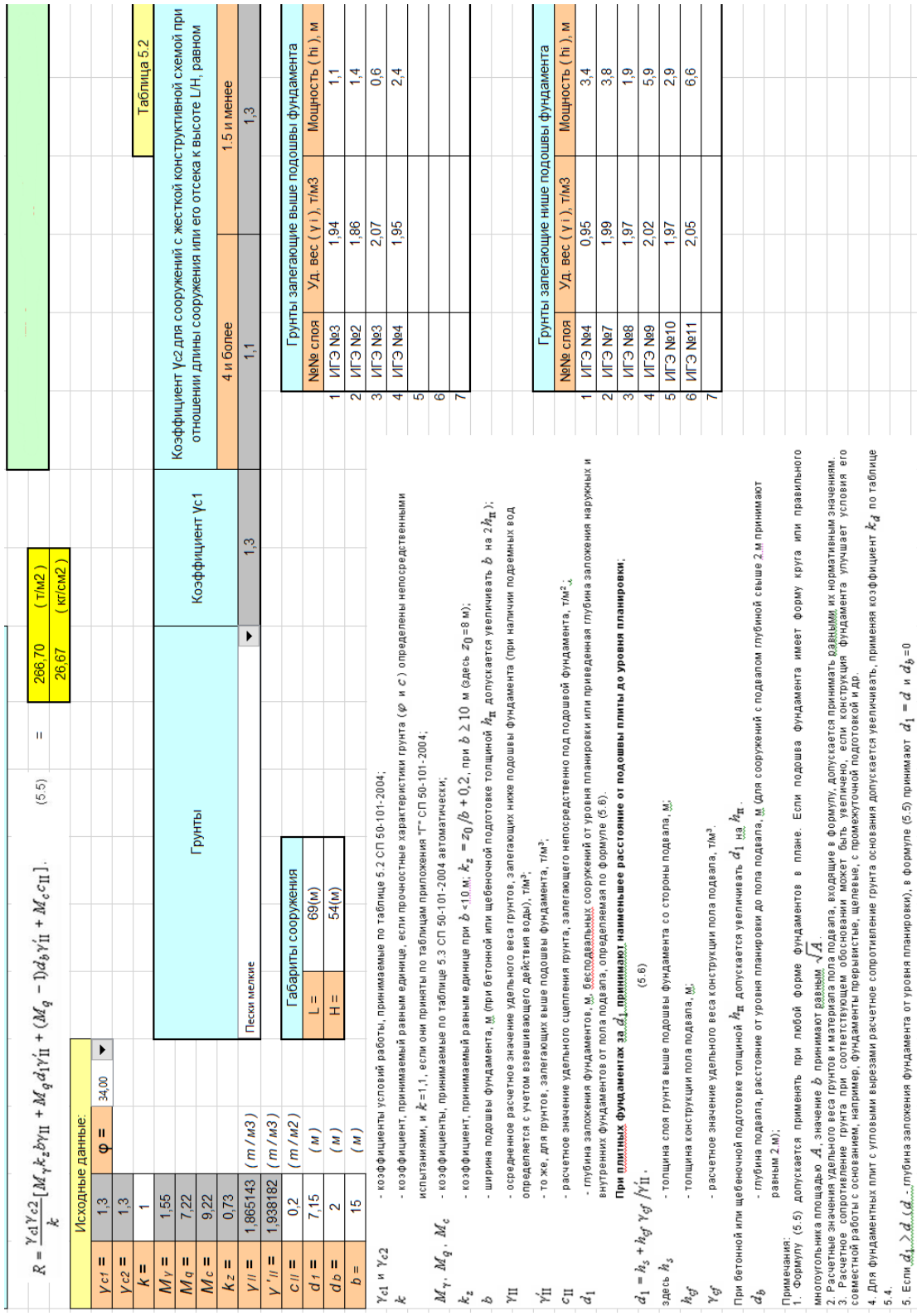
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		317

Коэффициент постели С1, кН/м³



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 318

Среднее давление под подошвой фундамента (от нагрузок для расчета основания по деформациям) (R_z) – 307,4 кН/м² не превышает расчетного сопротивления грунта основание ИГЭ-4 (R) – 2667 кН/м².



$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k}\left[M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1)d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}\right] \quad (5.5) \quad = \quad \begin{matrix} 286,70 & (\text{т/м2}) \\ 26,67 & (\text{кг/см2}) \end{matrix}$$

Исходные данные:

γ_{c1} =	1,3	φ =	34,00
γ_{c2} =	1,3		
k =	1		
M_γ =	1,55		
M_q =	7,22		
M_c =	9,22		
k_z =	0,73		
γ_{II} =	1,865143	(т/м3)	
γ'_{II} =	1,938182	(т/м3)	
c_{II} =	0,2	(т/м2)	
d_1 =	7,15	(м)	
d_b =	2	(м)	
b =	15	(м)	

Грунты: Пески мелкие

Коэффициент γ_{c1}: 1,3

Коэффициент γ_{c2} для сооружений с жесткой конструктивной схемой при отношении длины сооружения или его отсека к высоте L/H, равном

4 и более	1.5 и менее
1,1	1,3

Габариты сооружения

L =	69(м)
H =	54(м)

Таблица 5.2

Грунты залегающие выше подошвы фундамента

№№ слоя	Уд. вес (γ i), т/м3	Мощность (hi), м
1 ИГЭ №3	1,94	1,1
2 ИГЭ №2	1,86	1,4
3 ИГЭ №3	2,07	0,6
4 ИГЭ №4	1,95	2,4
5		
6		
7		

Грунты залегающие ниже подошвы фундамента

№№ слоя	Уд. вес (γ i), т/м3	Мощность (hi), м
1 ИГЭ №4	0,95	3,4
2 ИГЭ №7	1,99	3,8
3 ИГЭ №8	1,97	1,9
4 ИГЭ №9	2,02	5,9
5 ИГЭ №10	1,97	2,9
6 ИГЭ №11	2,05	6,6
7		

γ_{c1} и γ_{c2} - коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 5.2 СП 50-101-2004;

k - коэффициент, принимаемый равным единице, если прочностные характеристики грунта (φ и c) определены непосредственными испытаниями, и k=1,1, если они приняты по таблицам приложения "Г" СП 50-101-2004;

M_γ, M_q, M_c - коэффициенты, принимаемые по таблице 5.3 СП 50-101-2004 автоматически;

k_z - коэффициент, принимаемый равным единице при b <10 м; $k_z = z_0/b + 0,2$, при $b \geq 10$ м (здесь z_0=8 м);

b - ширина подошвы фундамента, м (при бетонной или щебеночной подготовке толщиной $h_п$ допускается увеличивать b на $2h_п$);

γ_{II} - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), т/м³;

γ'_{II} - то же, для грунтов, залегающих выше подошвы фундамента, т/м³;

c_{II} - расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, т/м²;

d_1 - глубина заложения фундаментов, м, бесподвальных сооружений от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, определяемая по формуле (5.6).

При плитных фундаментах за d_1 принимают наименьшее расстояние от подошвы плиты до уровня планировки.

$$d_1 = h_s + h_{cf}\gamma_{cf}/\gamma'_{II}. \quad (5.6)$$

здесь h_s - толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м;

h_{cf} - толщина конструкции пола подвала, м;

γ_{cf} - расчетное значение удельного веса конструкции пола подвала, т/м³.

При бетонной или щебеночной подготовке толщиной $h_п$ допускается увеличивать d_1 на $h_п$.

d_b - глубина подвала, расстояние от уровня планировки до пола подвала, м (для сооружений с подвалом глубиной свыше 2 м принимают равным 2 м);

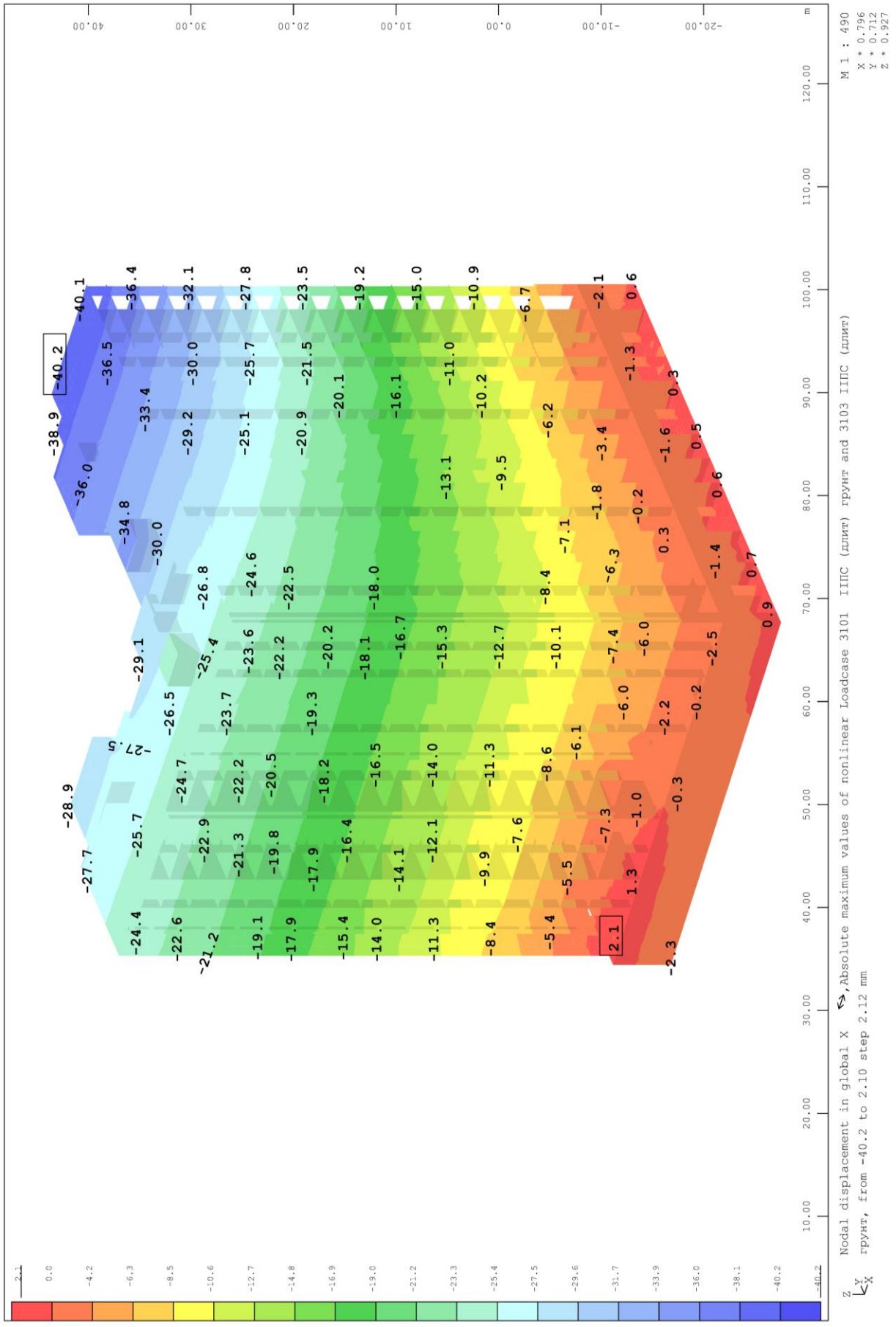
Примечания:

1. Формулу (5.5) допускается применять при любой форме фундаментов в плане. Если подошва фундамента имеет форму круга или правильного многоугольника площадью A, значение b принимают равным $\sqrt{A}$.
2. Расчетные значения удельного веса грунтов и материала пола подвала, входящие в формулу, допускается принимать равными их нормативным значениям.
3. Расчетное сопротивление грунта при соответствующем обосновании может быть увеличено, если конструкция фундамента улучшает условия его совместной работы с основанием, например, фундаменты прерывистые, щелевые, с промежуточной подготовкой и др.
4. Для фундаментных плит с угловыми вырезами расчетное сопротивление грунта основания допускается увеличивать, применяя коэффициент k_d по таблице 5.4.
5. Если $d_1 \geq d$ (d - глубина заложения фундамента от уровня планировки), в формуле (5.5) принимают $d_1 = d$ и d_b=0

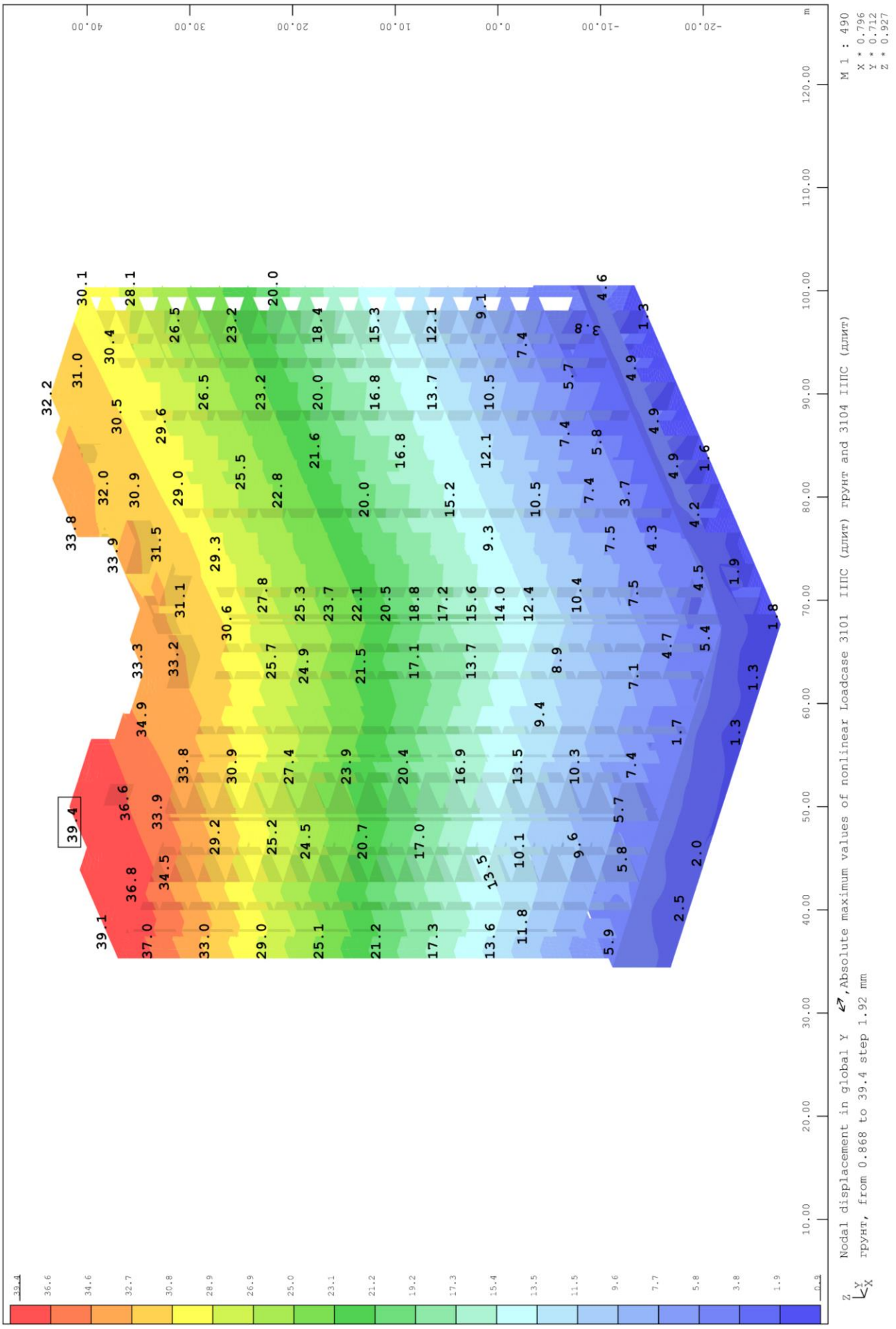
Значение расчетного сопротивления грунта основания (R) вычислено по формуле 5.7из СП 22.13330.2016.

6.4. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ

Перемещения по оси X, мм

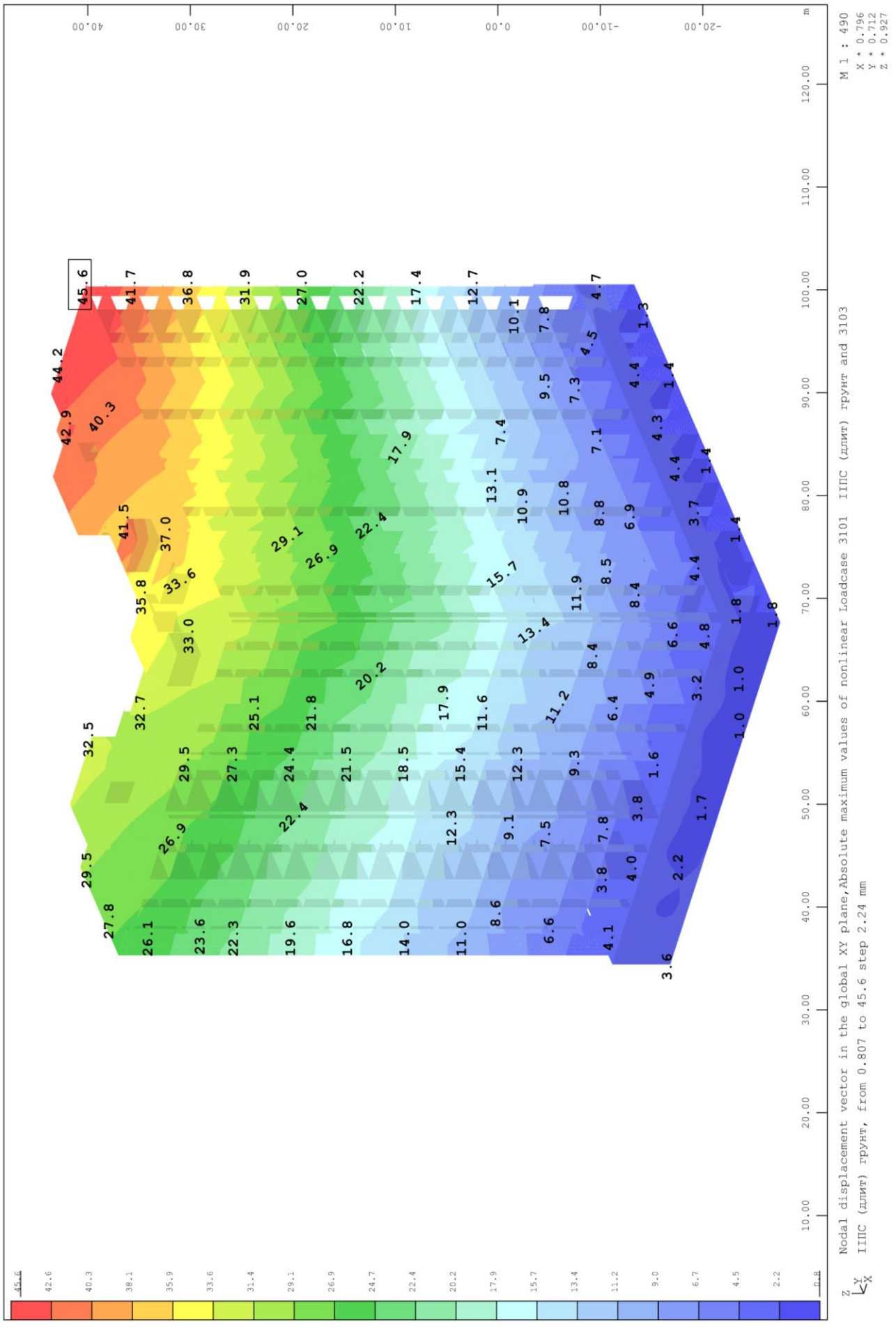


Перемещения по оси Y, мм



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		321

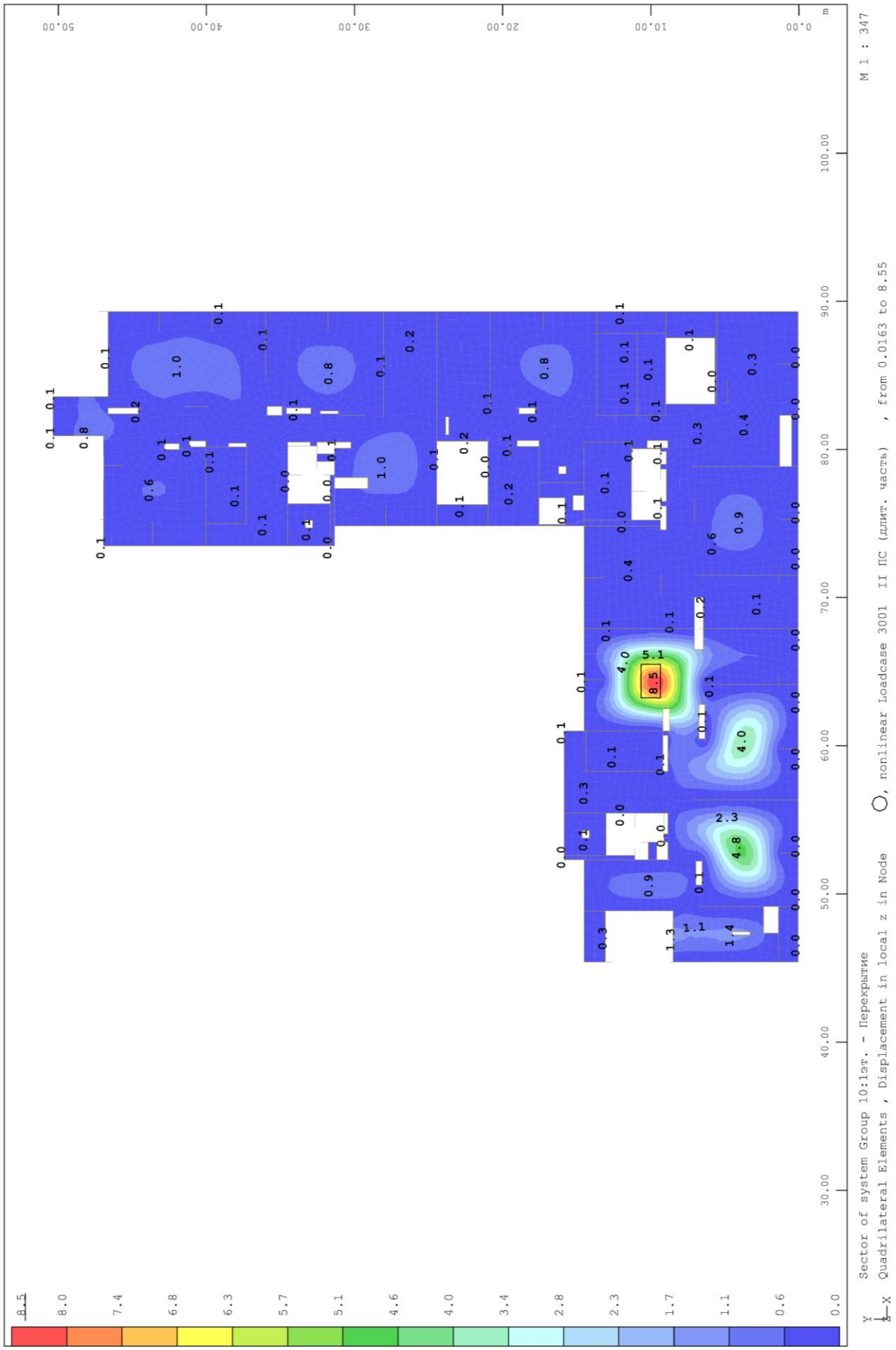
Перемещения по оси XY, мм



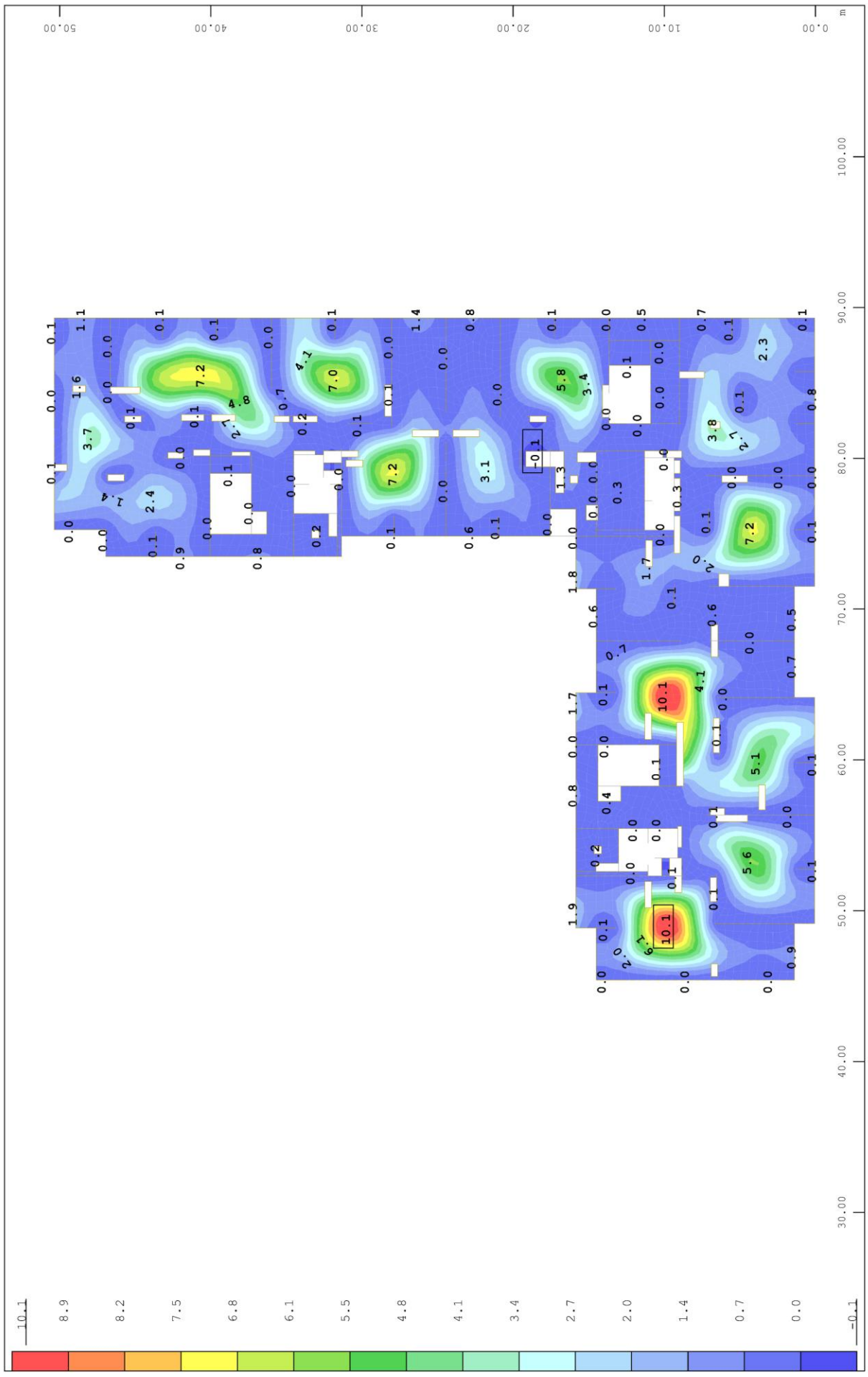
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		322

6.5. ПРОГИБЫ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

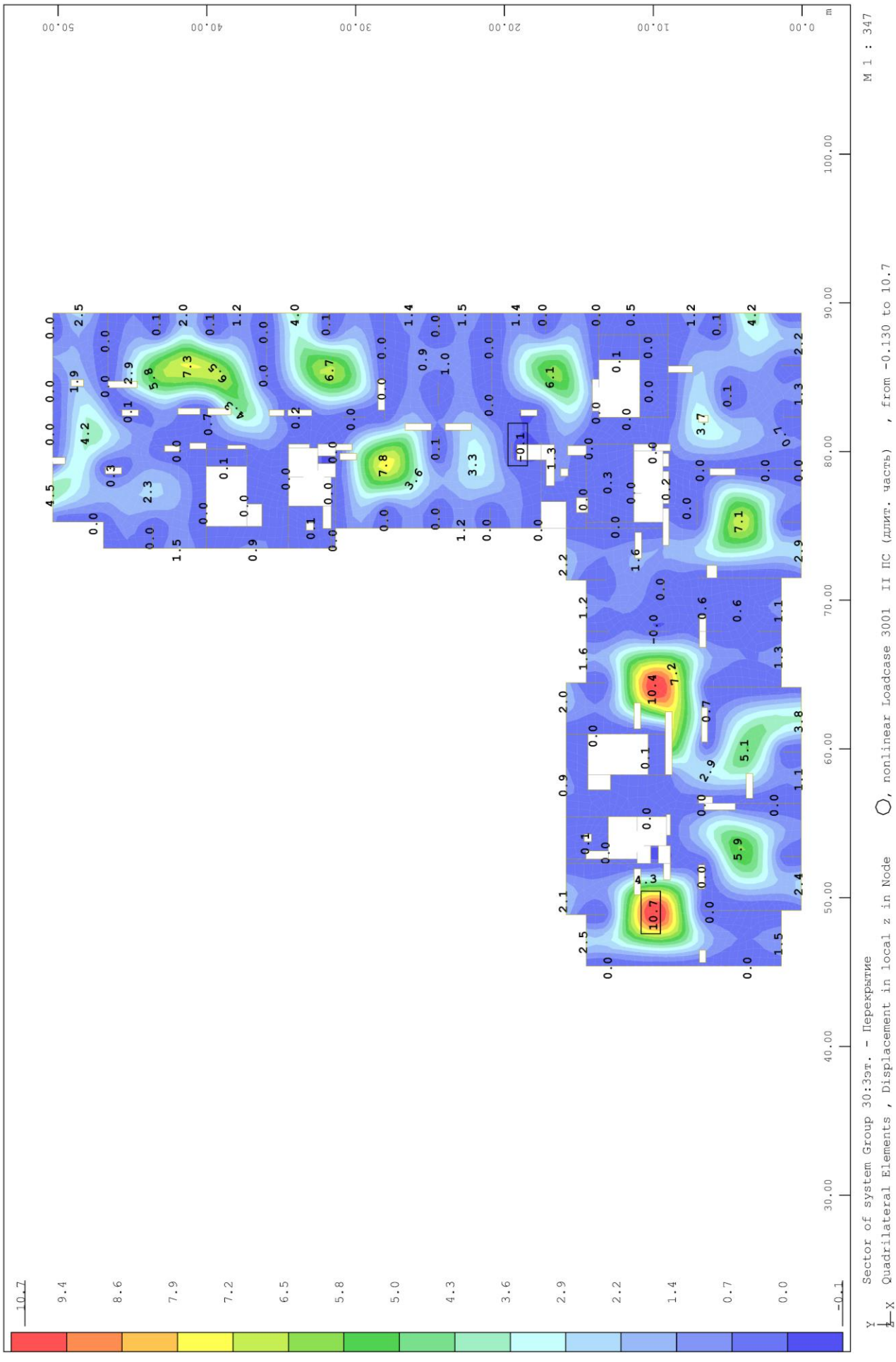
Прогибы плиты перекрытия над -1 этажом, мм



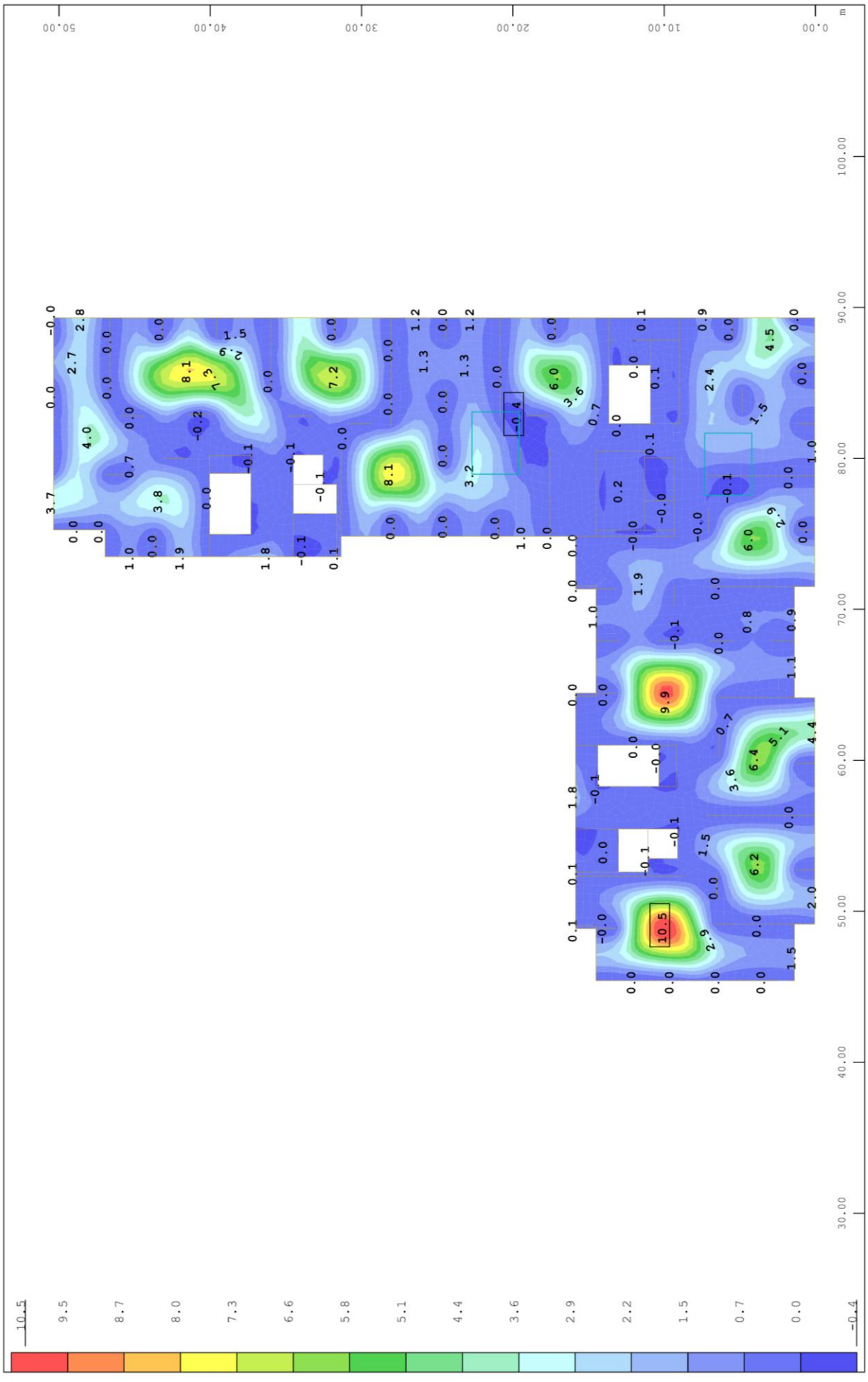
Прогибы плиты перекрытия над 1 этажом, мм



Прогибы плиты перекрытия над типовым этажом, мм



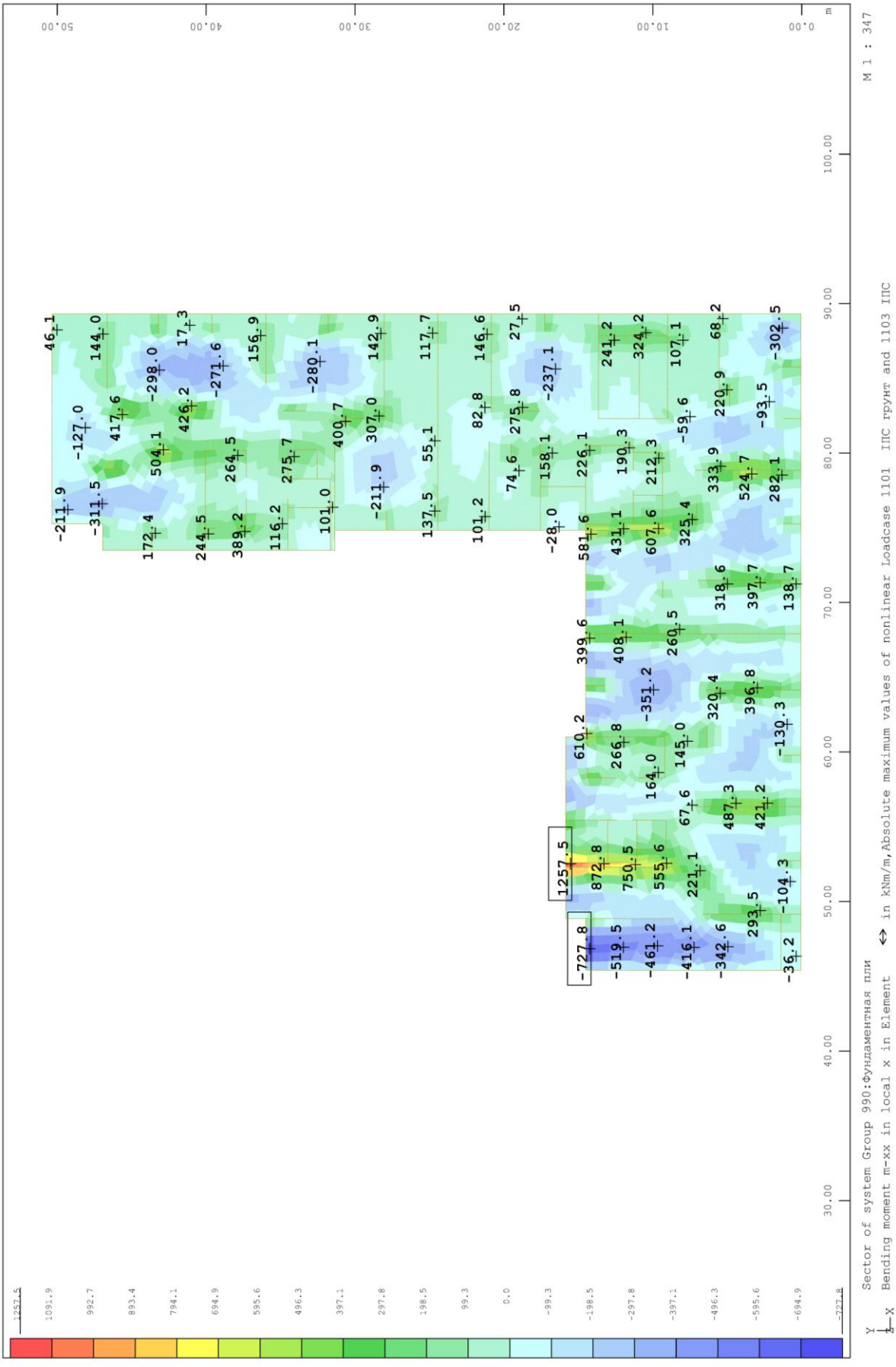
Прогибы плиты покрытия, мм



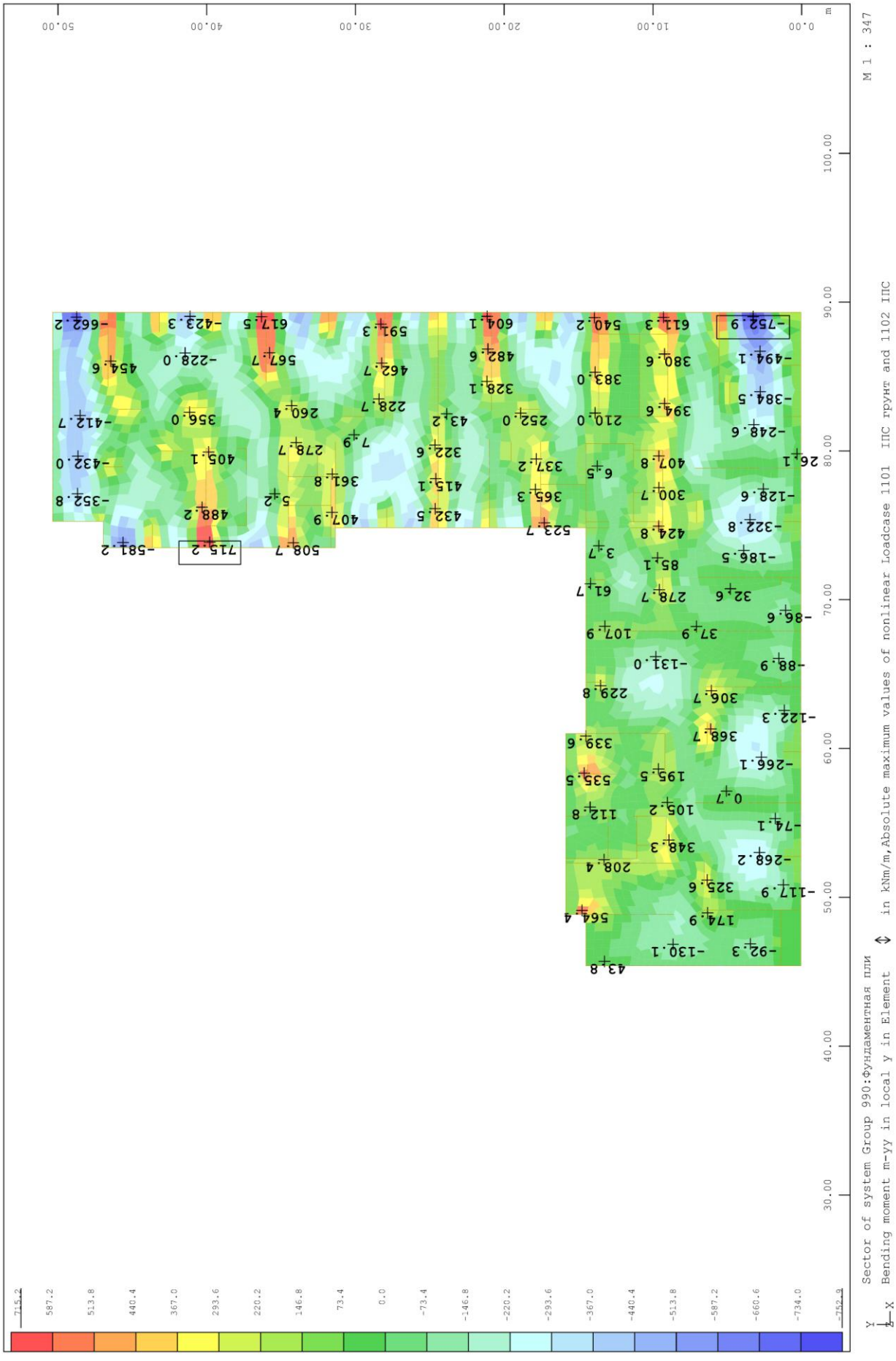
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		326

6.6. ФУНДАМЕНТНАЯ ПЛИТА

Момент M_x, кН·м/м

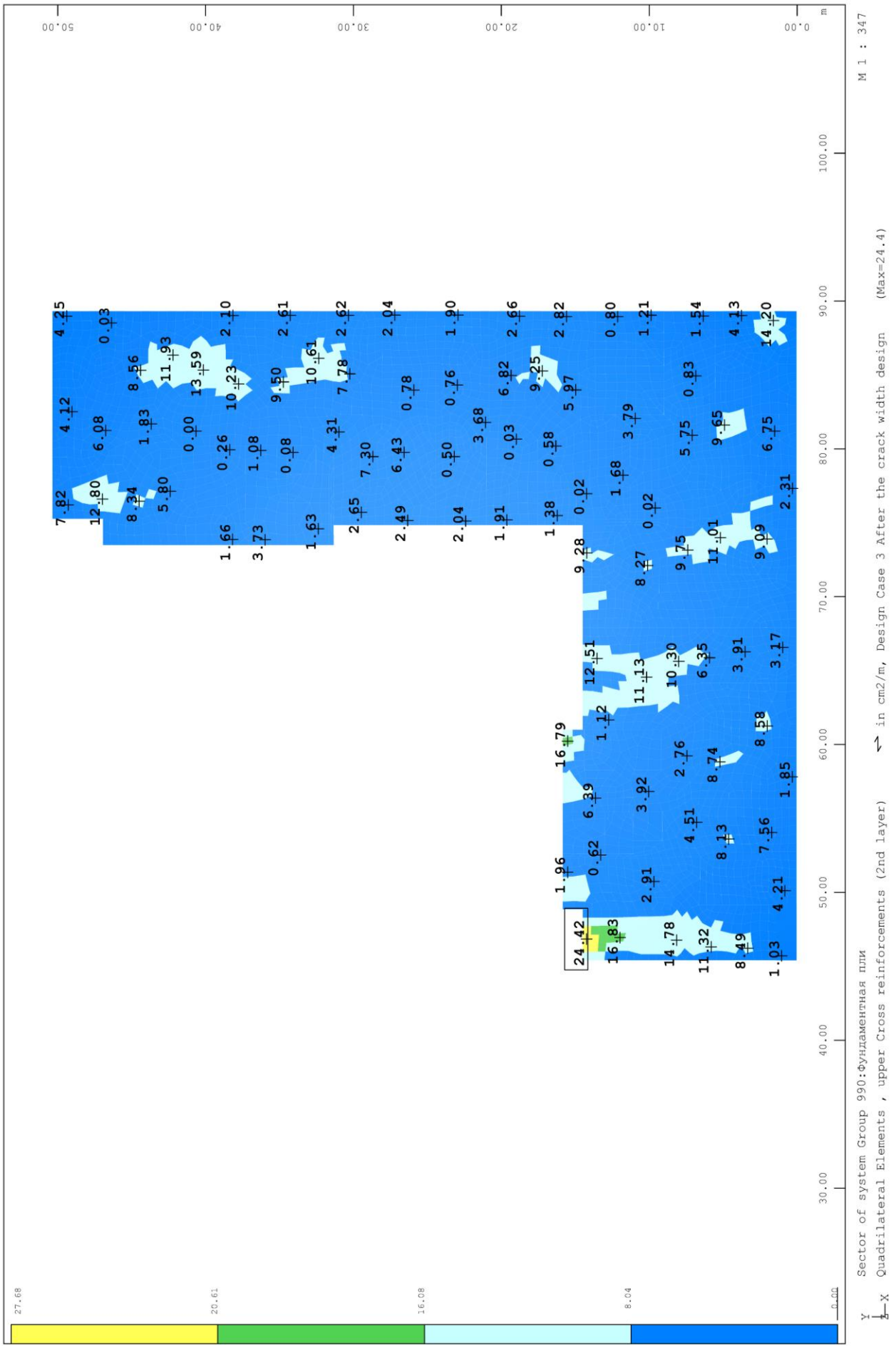


Момент M_y, кН·м/м



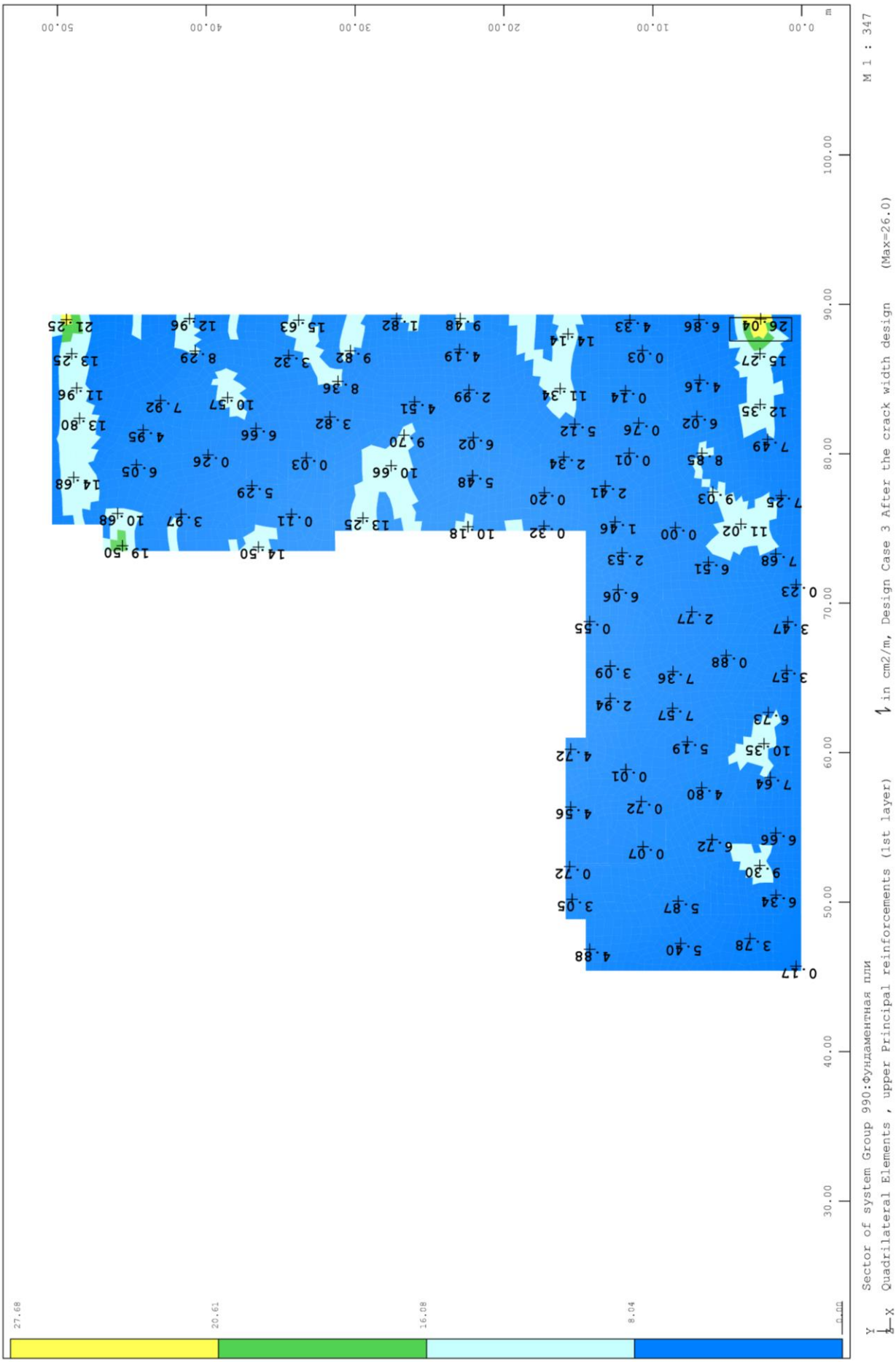
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 328

Верхнее армирование по оси X, см^2/м

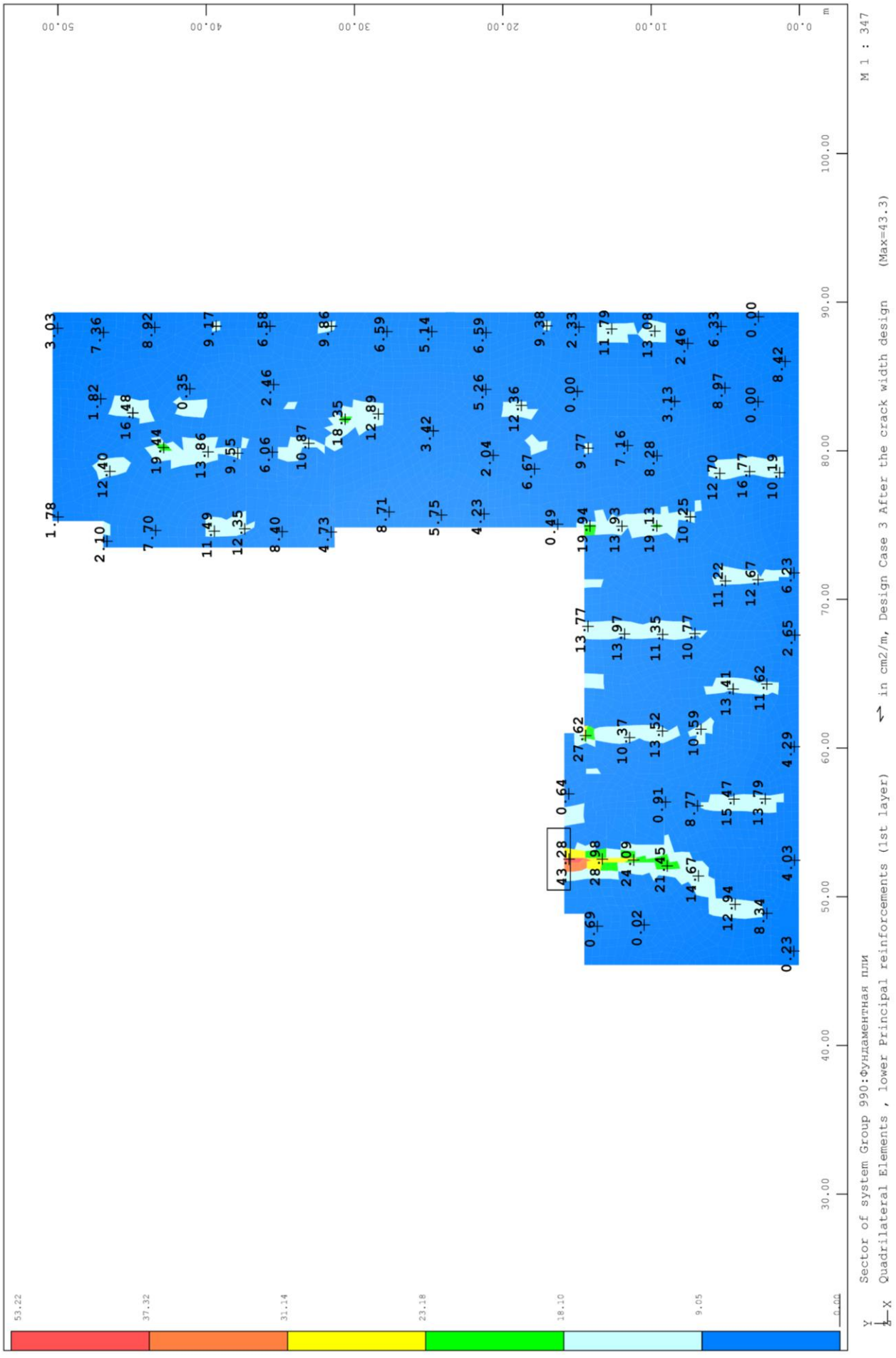


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 329

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м

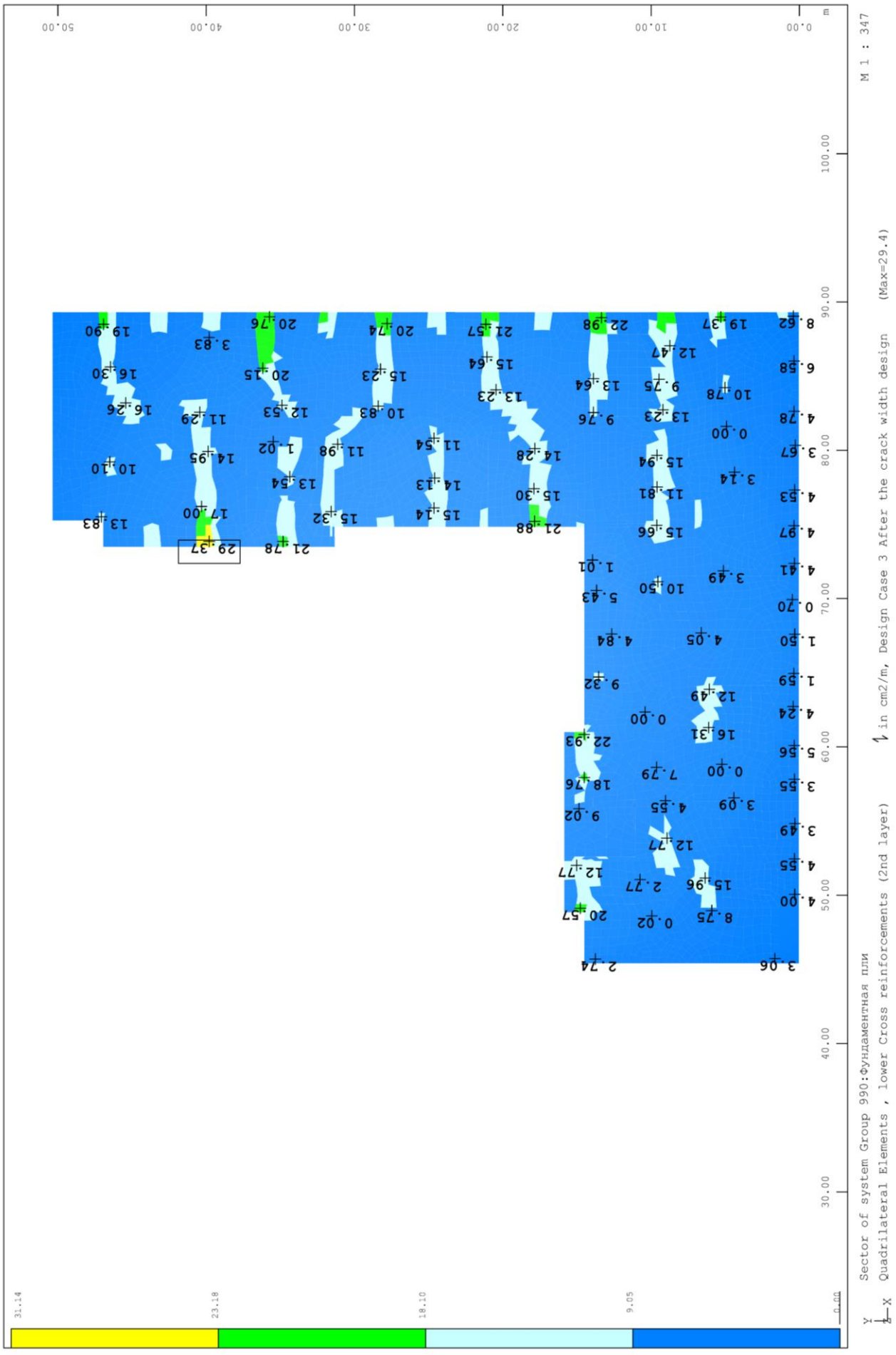


Нижнее армирование по оси X, см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		331

Нижнее армирование по оси Y см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		332

СП 63. Бетонные и железобетонные конструкции
Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 800 мм -толщина плиты
a_x= 58 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x= 54 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$= 742 мм -рабочая высота сечения(по оси X)
a_y= 74 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y= 38 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$= 726 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура
$d_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 25 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 100 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 49,1 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 59,1 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 14,2 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,19 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 176,7 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 108,3 тс· м
$M_{дл}$= 101 тс· м

M_{crc}= 25,7796 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,3 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,29 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура
$d_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры
$d_{s,д}$= 20 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$= 100 мм -шаг дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A_{s,д}$= 31,4 см² -площадь дополнительной арматуры
A_s= 41,5 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура
$d'_{s,\phi}$= 16 мм -диаметр основной арматуры
s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$= 10,1 см² -площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры
A'_s= 10,1 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 9,16 см -высота сжатой зоны бетона
ξ= 0,13 -относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}= 125,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 62 тс· м
$M_{дл}$= 57 тс· м

M_{crc}= 25,7796 тс· м -момент образования трещин
φ_2= 0,5
φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,2 мм -непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$= 0,19 мм -продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	800	мм	-толщина плиты
a_x=	54	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	58	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	746	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	38	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	74	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	762	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	25	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	24,5	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	34,6	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 108,1 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 62,6 тс· м

$M_{дл}$= 58,4 тс· м

M_{crc}= 25,3421 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,24 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,23 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	25	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	24,5	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	34,6	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 7,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 109,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 64,6 тс· м

$M_{дл}$= 60,2 тс· м

M_{crc}= 25,3421 тс· м -момент образования трещин

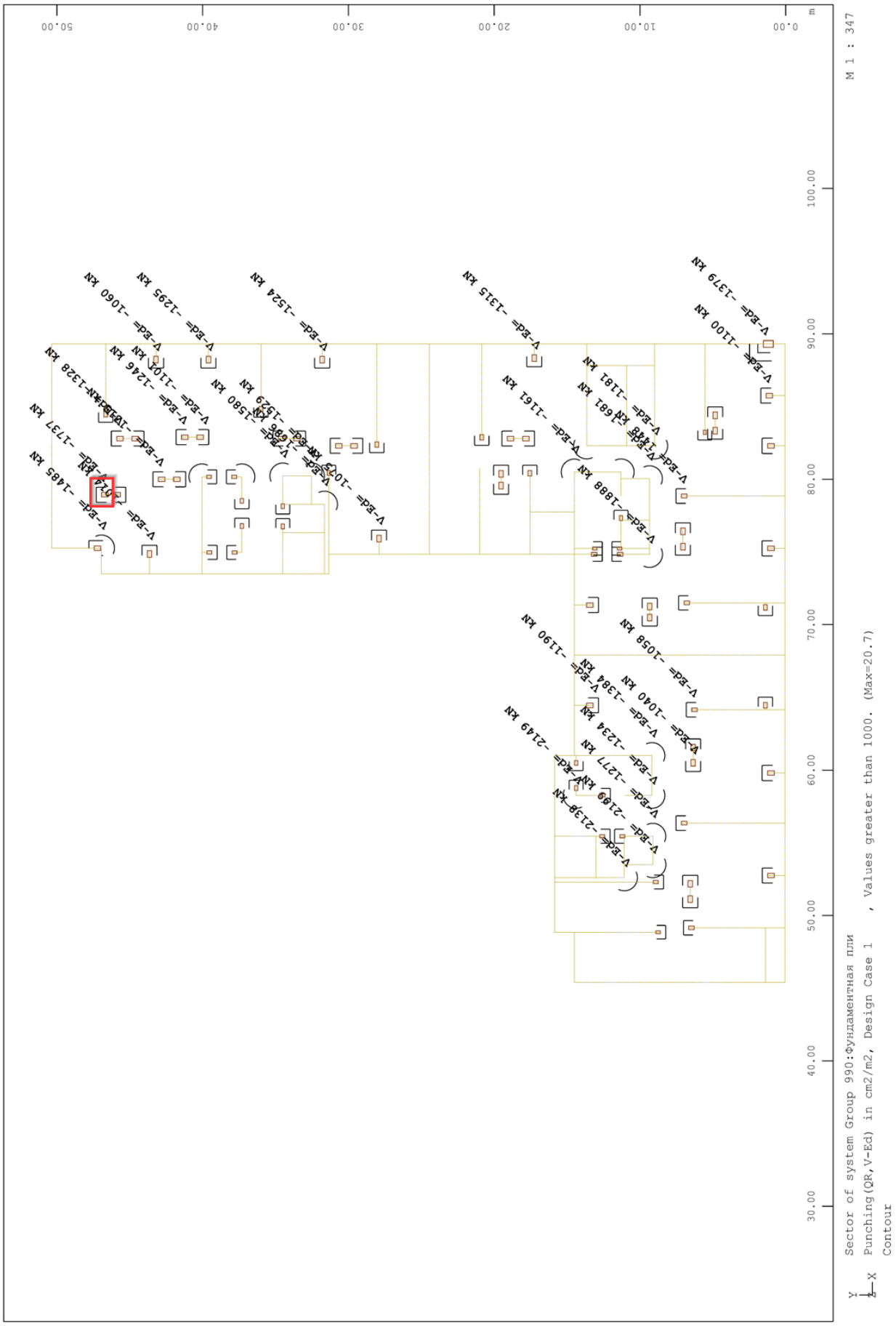
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,25 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,24 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		335

Расчет железобетонных элементов на продавливание по СП 63

с учетом положений научно-технического отчета ГУП НИИЖБ (договор № 709 от 01.10.2002 г.)

Фундаментная плита

Сечение колонны

b_1, мм	300
a_1, мм	300
c_x, мм	
c_y, мм	

Сечение плиты

h, мм	800
a_x, мм	58
a_y, мм	74
h_0, мм	734

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F_i, т	171,6	0
M_{xi}, тм	0	0
M_{yi}, тм	2,8	0
q_i, т/м^2		

Расчетный контур внутри площади плиты

l_x, м	1,034
l_y, м	1,034
u, м	3,102
x_0, м	
y_0, м	
x, м	
y, м	
e_{0x}, м	
e_{0y}, м	
A_{q1}, м^2	1,069
A_q, м^2	3,126
e_{qx}, м	
e_{qy}, м	

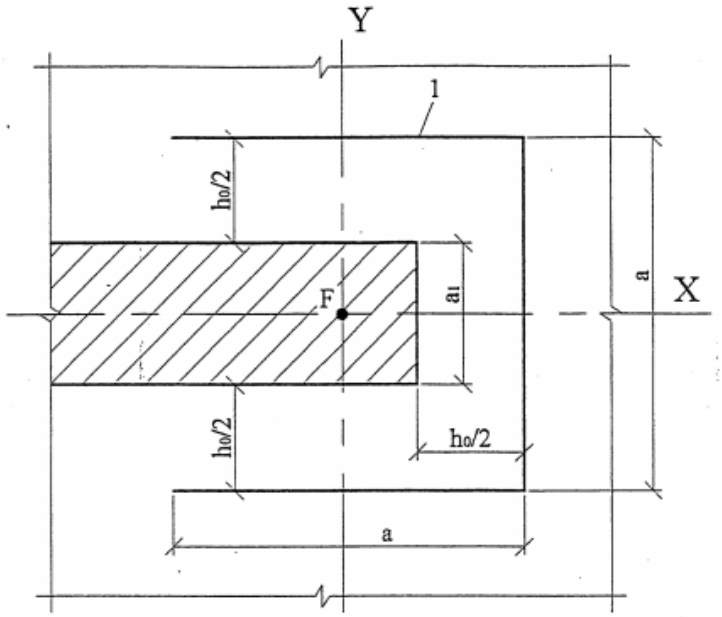
N_{sup}, т	171,600	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	2,800
N_{int}, т		$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	
F_{q1}, т	2,158	0.5·$M_{x,loc}$, тм		0.5·$M_{y,loc}$, тм	1,400
F_q, т		$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	
F, т	173,758	M_x, тм		M_y, тм	1,400

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

Бетон		I_{bx1}, м^3	0,1843	I_{by1}, м^3	0,1843
Класс	B30	I_{bx2}, м^3	0,5528	I_{by2}, м^3	0,5528
R_{bt}, т/м^2	117	I_{bx}, м^3	0,7370	I_{by}, м^3	0,7370
γ_{b1}	0,9	W^-_{bx}, м^2	1,4255	W^-_{by}, м^2	1,4255
A_b, м^2	2,2769	W^+_{bx}, м^2	1,4255	W^+_{by}, м^2	1,4255
$F_{b,ult}$, т	239,754	$M_{bx,ult}$, тм	110,180	$M_{by,ult}$, тм	110,180
$F/F_{b,ult}$	0,725	$M_x/M_{bx,ult}$		$M_y/M_{by,ult}$	0,013

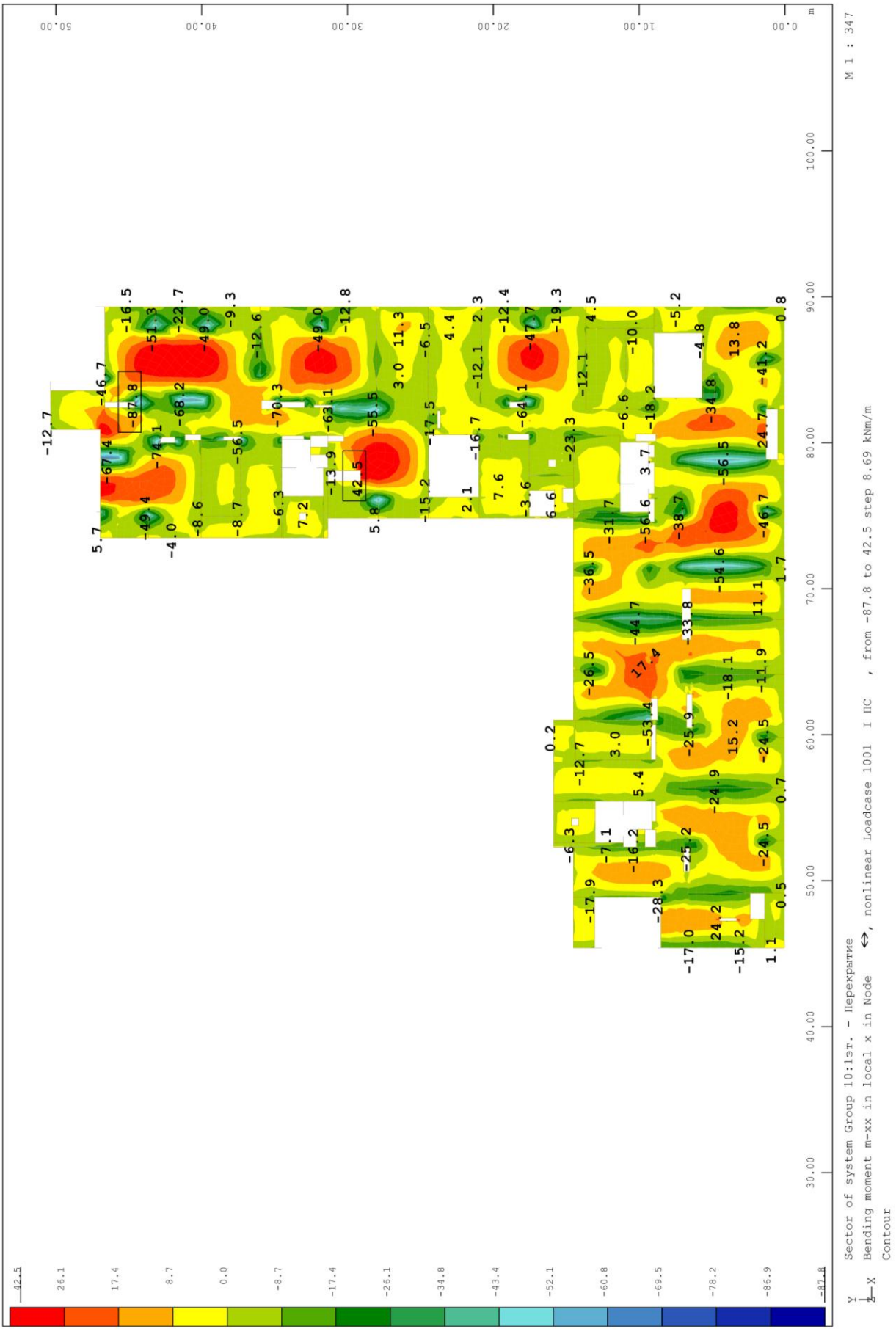
0,737 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

В установке поперечной арматуры нет необходимости.

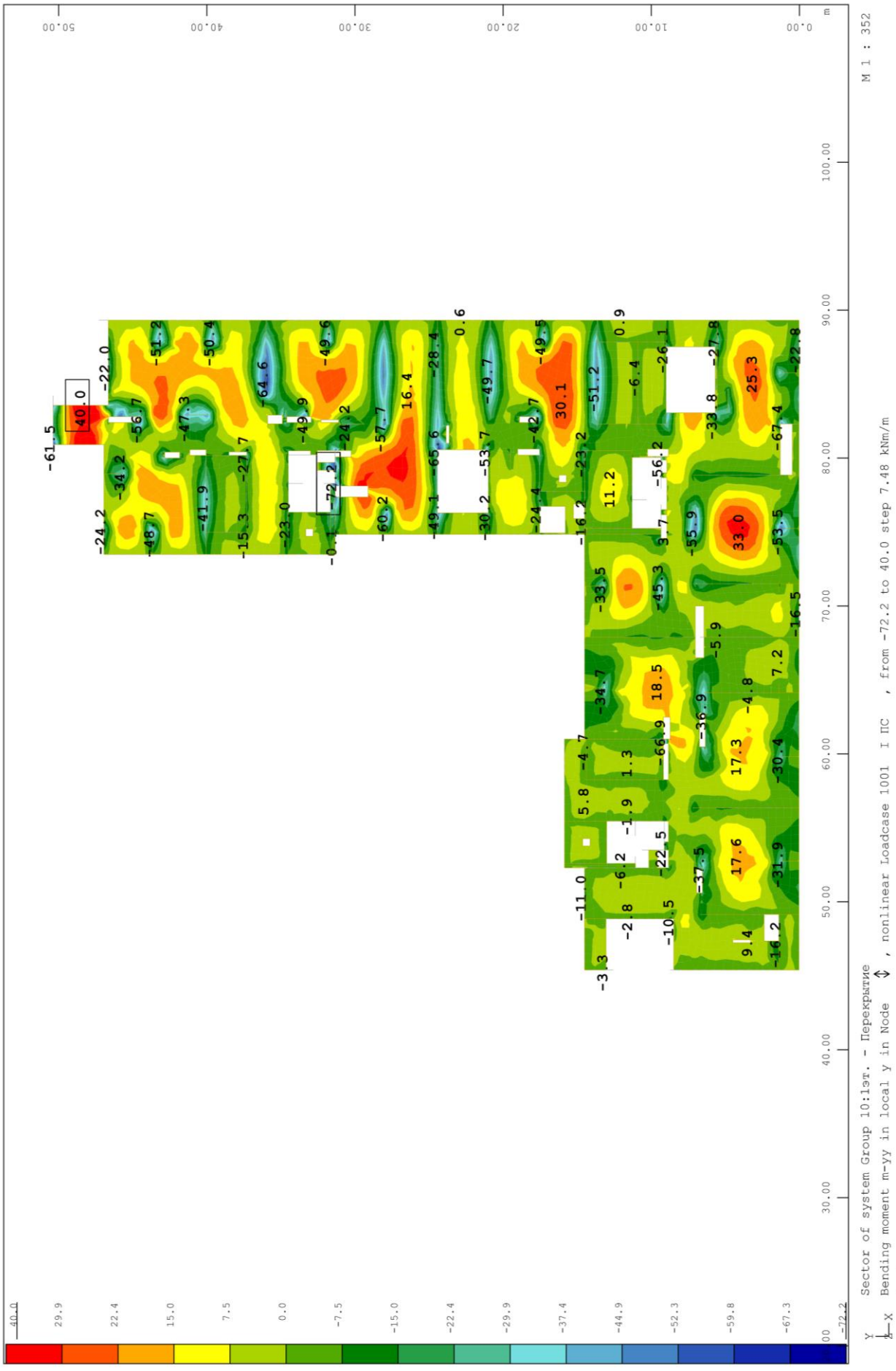


6.7. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД -1 ЭТАЖОМ

Момент M_x, кН·м/м

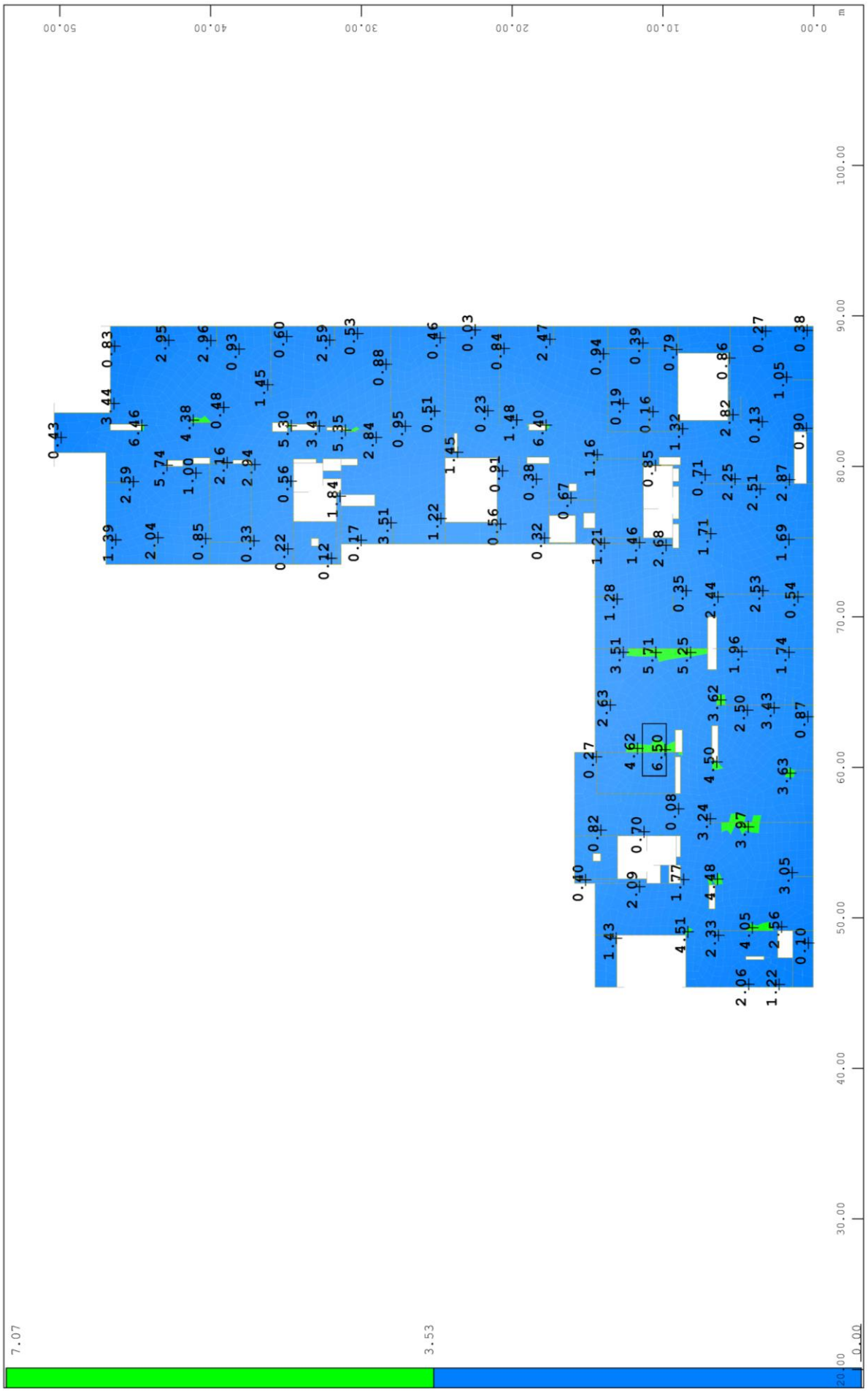


Момент M_y, кН·м/м



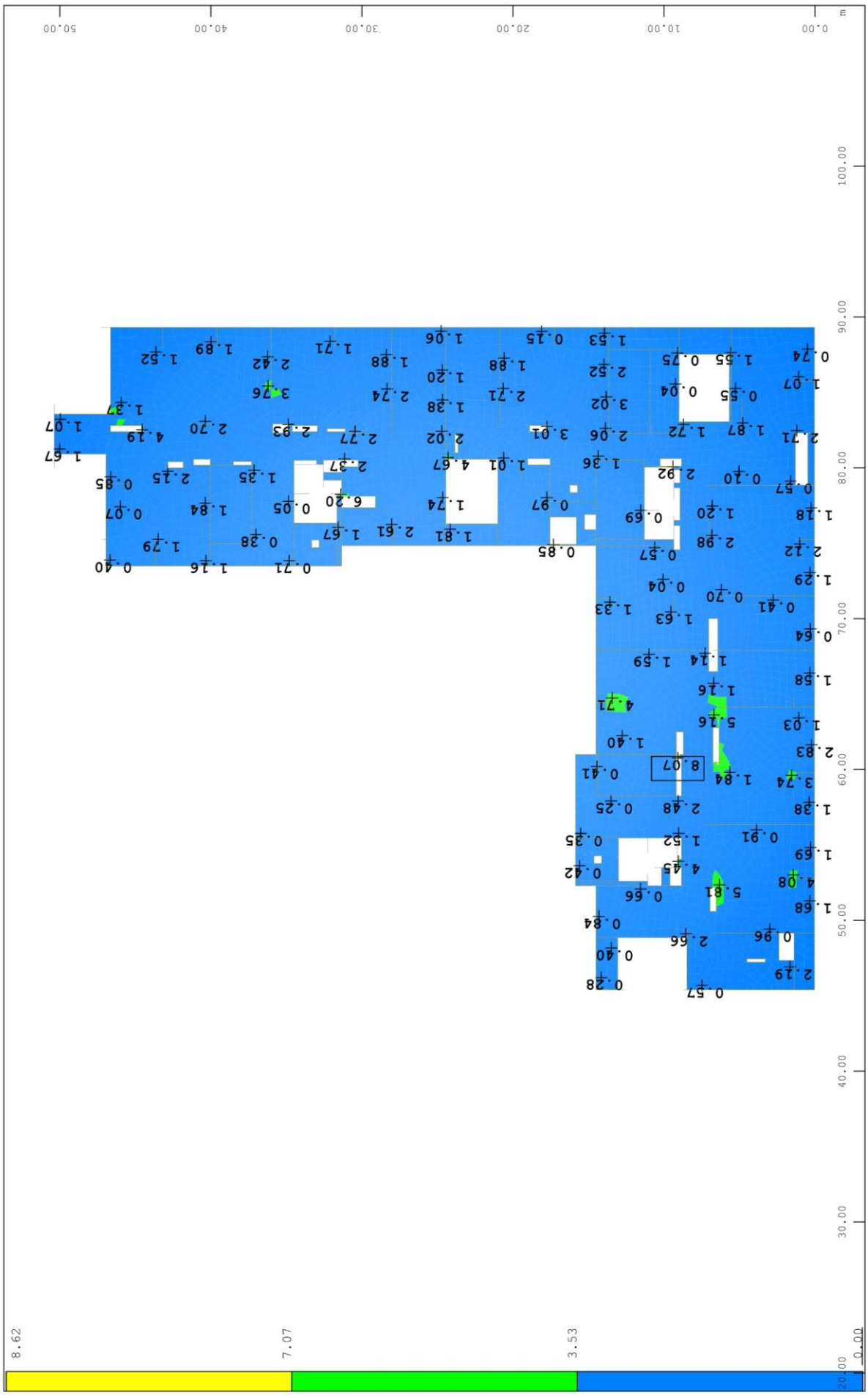
							Лист
						1190-01-КР.РЗ	338
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		

Верхнее армирование по оси X, см^2/м



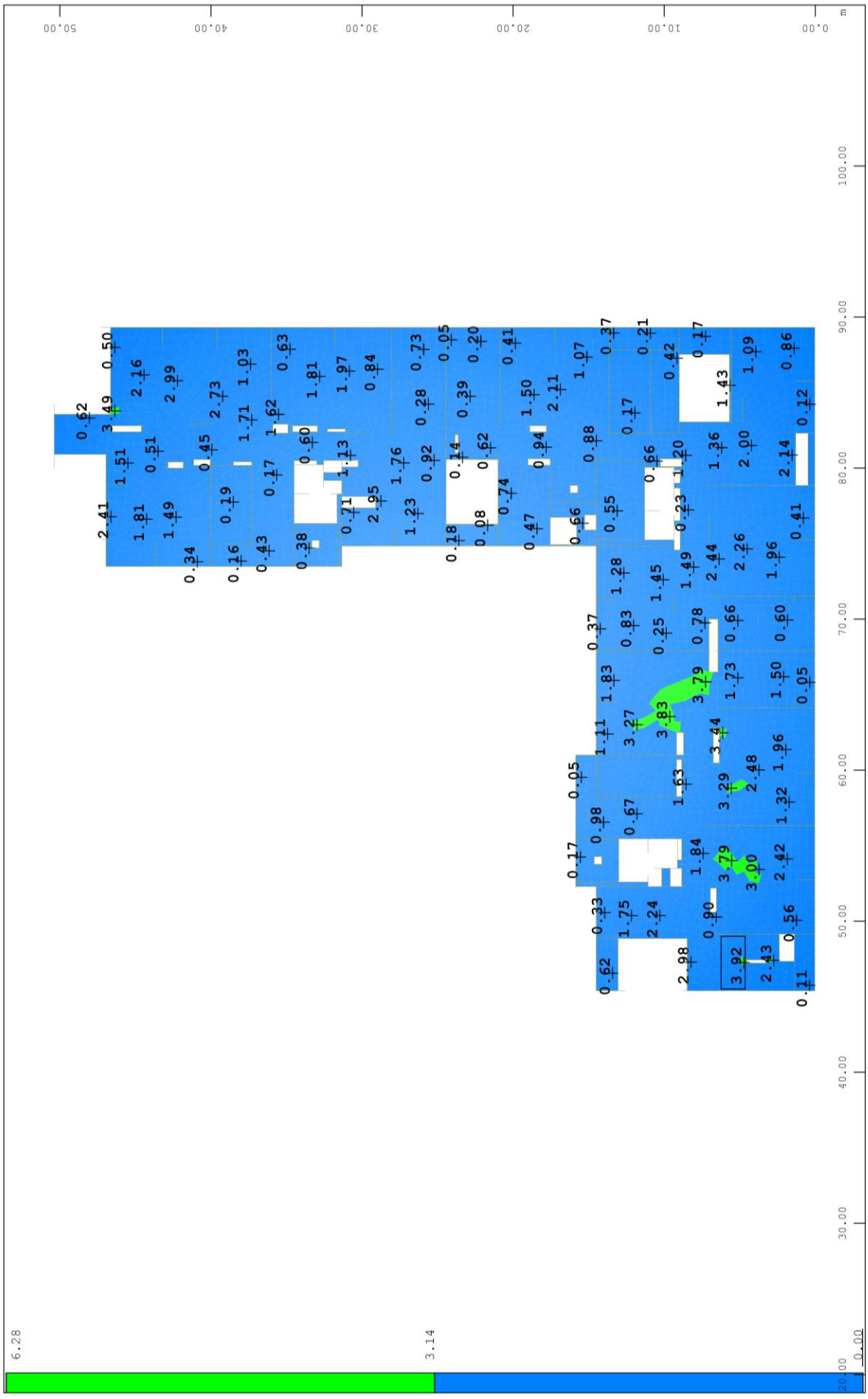
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		339

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м

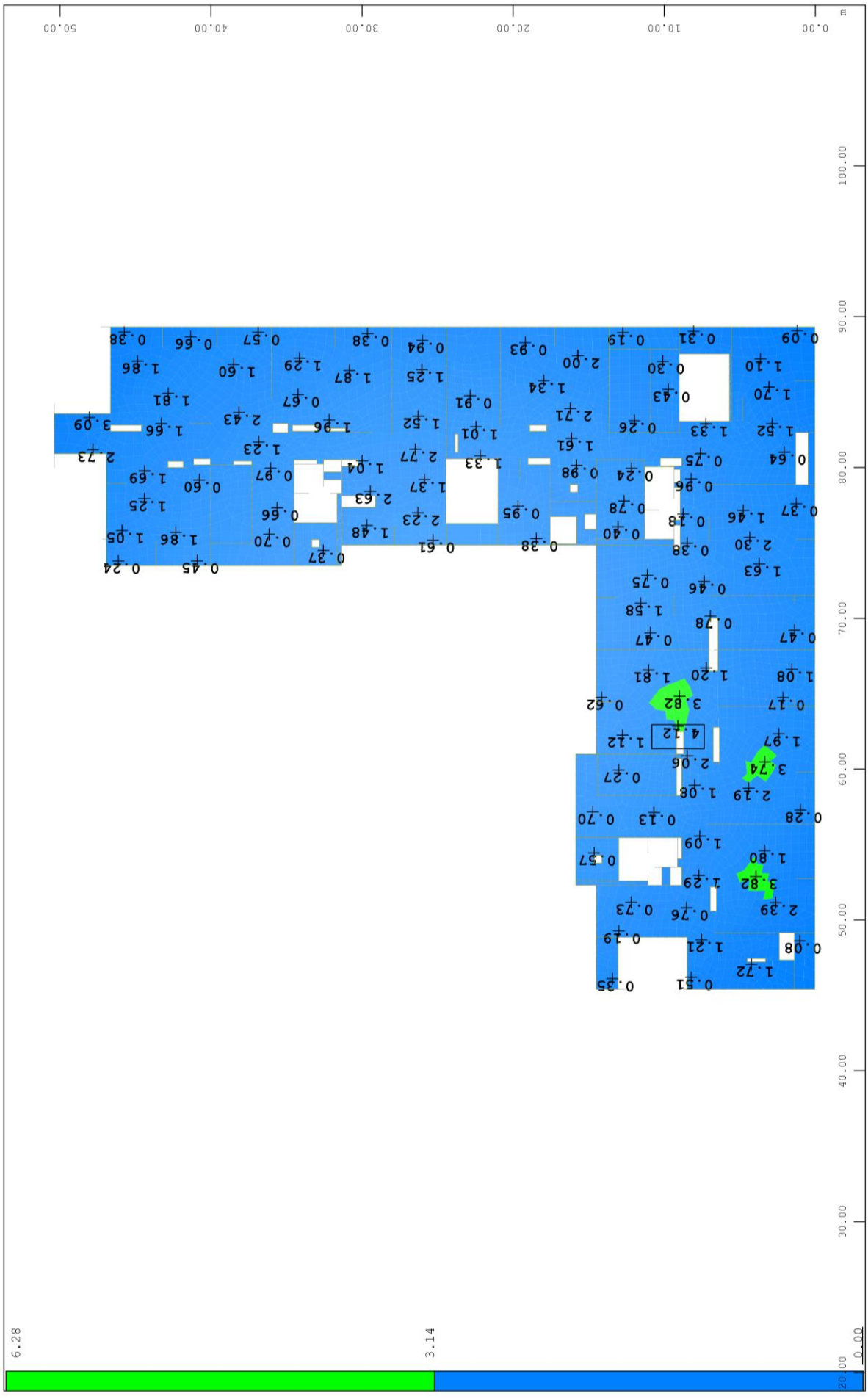


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 340

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Нижнее армирование по оси Y см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		342

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b,ser}$	224.3	кгс/см²	$R_{s,n}$, $R_{s,ser}$	5098.6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt,ser}$	17.8	кгс/см²	$R_{sc,n}$, $R_{sc,ser}$	5098.6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	173.4	кгс/см²	R_s	4435.8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	11.7	кгс/см²	R_{sc}	4078.9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059.1	кгс/см²
γ_{b2}	1.0	кгс/см²	γ_s	1.0	кгс/см²
ξ_R	0.5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6.2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты

a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)

a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)

$h_{0,x}$= 190 мм -рабочая высота сечения(по оси X)

a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)

a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)

$h_{0,y}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 16 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 10.1 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 14 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 0 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3.93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 2.65 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0.14 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 10.5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

M_{np}= 6 тс· м

M_{dl}= 3.9 тс· м

M_{crc}= 1.92683 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0.5

φ_3= 1

$a_{crc,ln}$= 0.2 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{crc,dl}$= 0.13 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 5.65 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 9.58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

s'_ϕ= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 0 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,\phi}$= 3.93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3.93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1.53 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0.08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 6.6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

M_{np}= 5.9 тс· м

M_{dl}= 4.3 тс· м

M_{crc}= 1.92683 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0.5

φ_3= 1

$a_{crc,ln}$= 0.32 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{crc,dl}$= 0.25 мм -продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-толщина плиты
a_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	180	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,7 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,2 тс· м

$M_{дл}$= 2,9 тс· м

M_{crc}= 1,89486 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,18 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,16 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,07 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,1 тс· м

$M_{дл}$= 2,8 тс· м

M_{crc}= 1,89486 тс· м -момент образования трещин

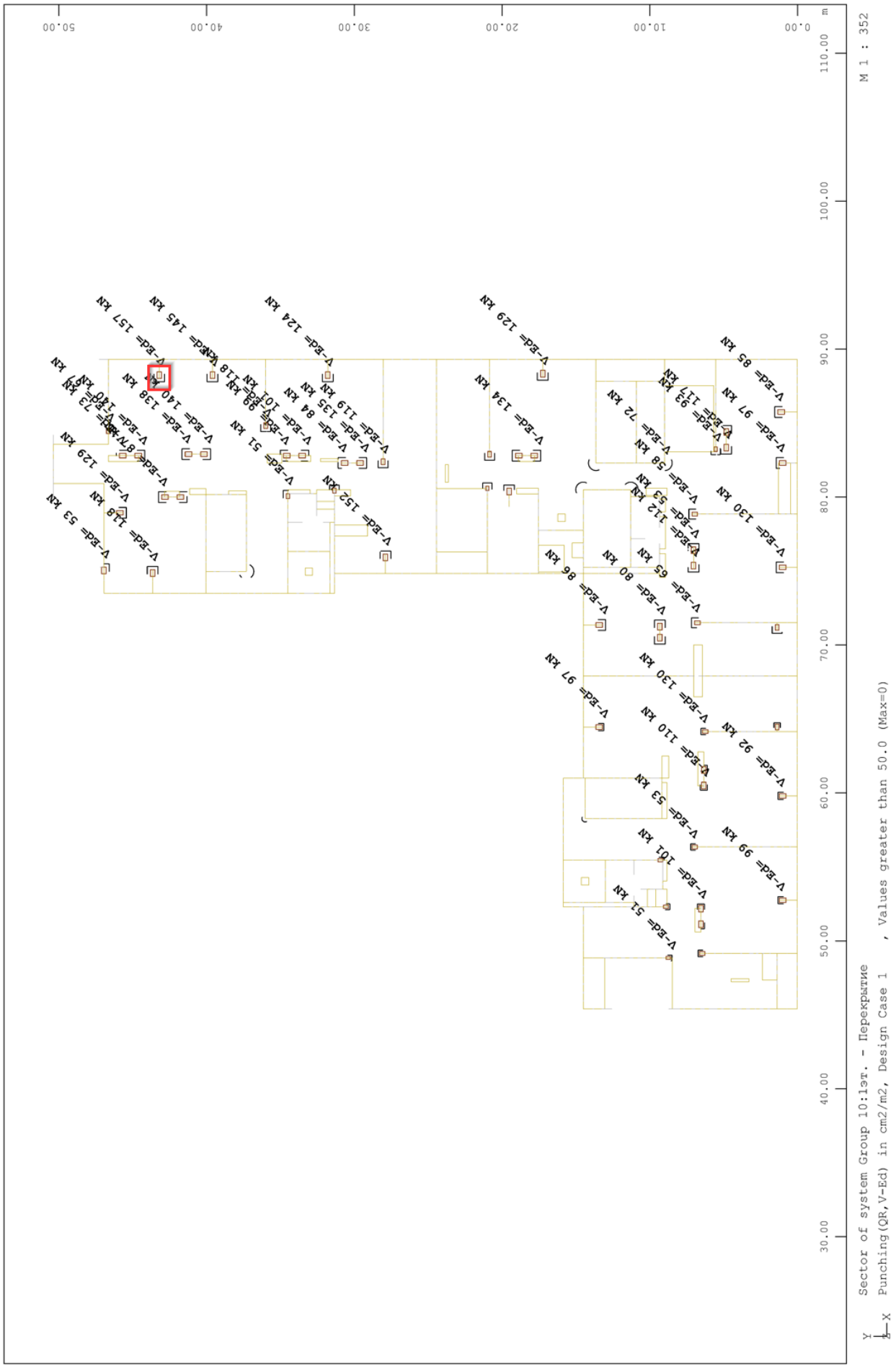
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,18 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,16 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		345

Расчет плиты на продавливание

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположение
Стена	Плита перекрытия	Торец стены

Сечение стены

вдоль оси X, мм	250

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	40
a_y, мм	50
h_0, мм	175

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т	0	15.7
M_x, т		0
M_y, т	0	2.6
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
$0.25 \cdot R_{bt} \cdot b$	6.40

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	2.6
N_{int}, т	15.7	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.09	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	1.3
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	0.00
F, т	15.61	M_x, тм	0.00	M_y, тм	1.30

Расчетный контур

l_x, м	0.43
l_y, м	0.43
u, м	1.28
A_{q1}, м^2	0.181
A_q, м^2	0.223

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

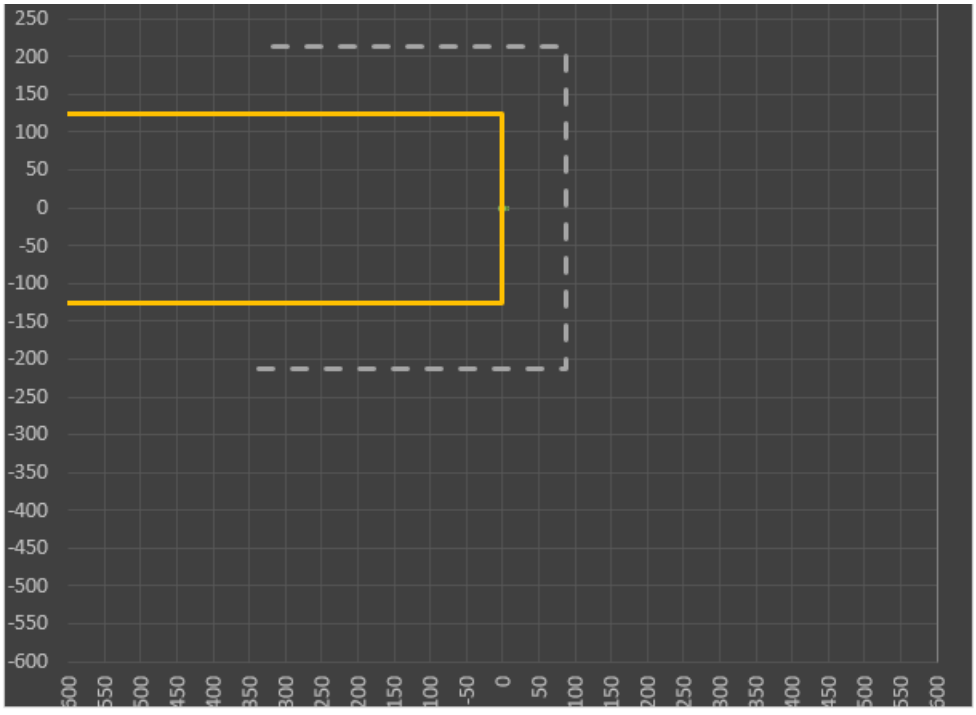
Бетон		I_{bx1}, м^3		I_{by1}, м^3	0.0064
Класс	B30	I_{bx2}, м^3		I_{by2}, м^3	0.0384
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx}, м^3		I_{by}, м^3	0.0448
γ_{b1}	1	W^-_{bx}, м^2		W^-_{by}, м^2	0.2107
A_b, м^2	0.22	W^+_{bx}, м^2		W^+_{by}, м^2	0.2107
$F_{b,ult}$, т	26.11	$M_{bx,ult}$, тм		$M_{by,ult}$, тм	4.315
$F/F_{b,ult}$	0.598	$M_x/M_{bx,ult}$	0.000	$M_y/M_{by,ult}$	0.301

0.897 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

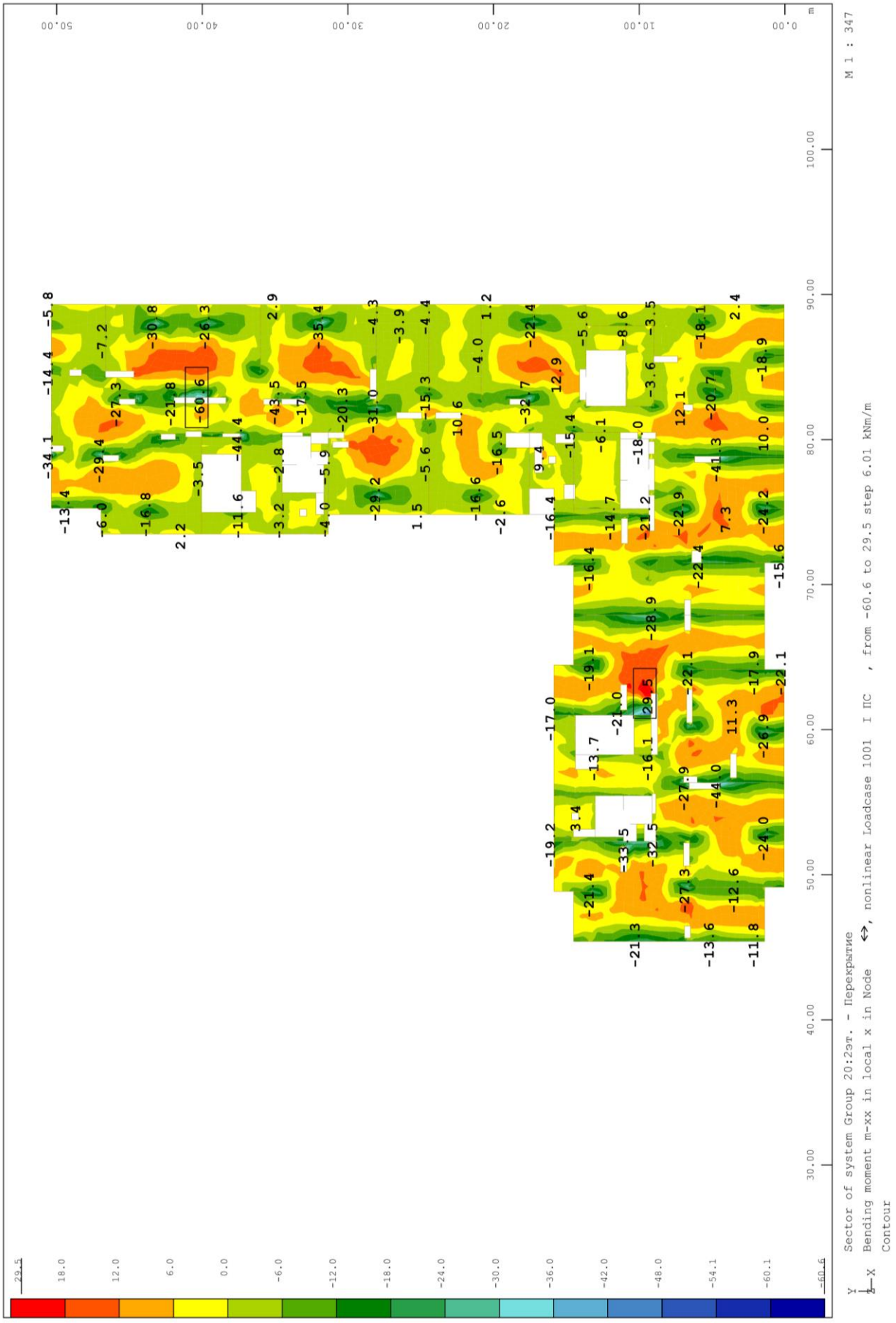
$F_{sw,ult}$, т	156.889			$M_{swy,ult}$, тм	25.930
F_{ult}, т	52.211			$M_{y,ult}$, тм	8.629
F/F_{ult}	0.299	$M_x/M_{x,ult}$	0.000	$M_y/My_{,ult}$	0.151

0.449 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

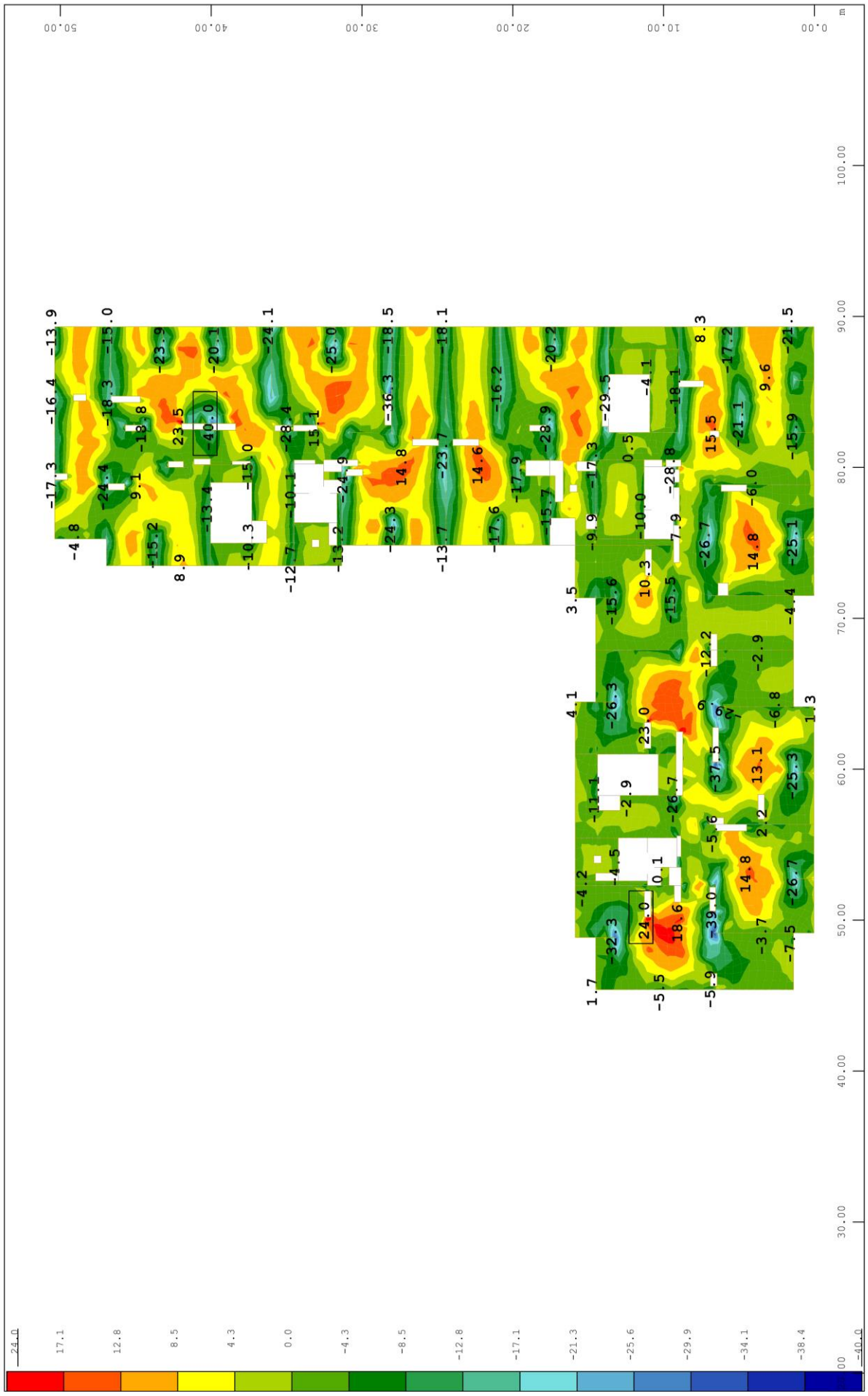


6.8. ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ НАД 1 ЭТАЖОМ

Момент M_x, кН·м/м

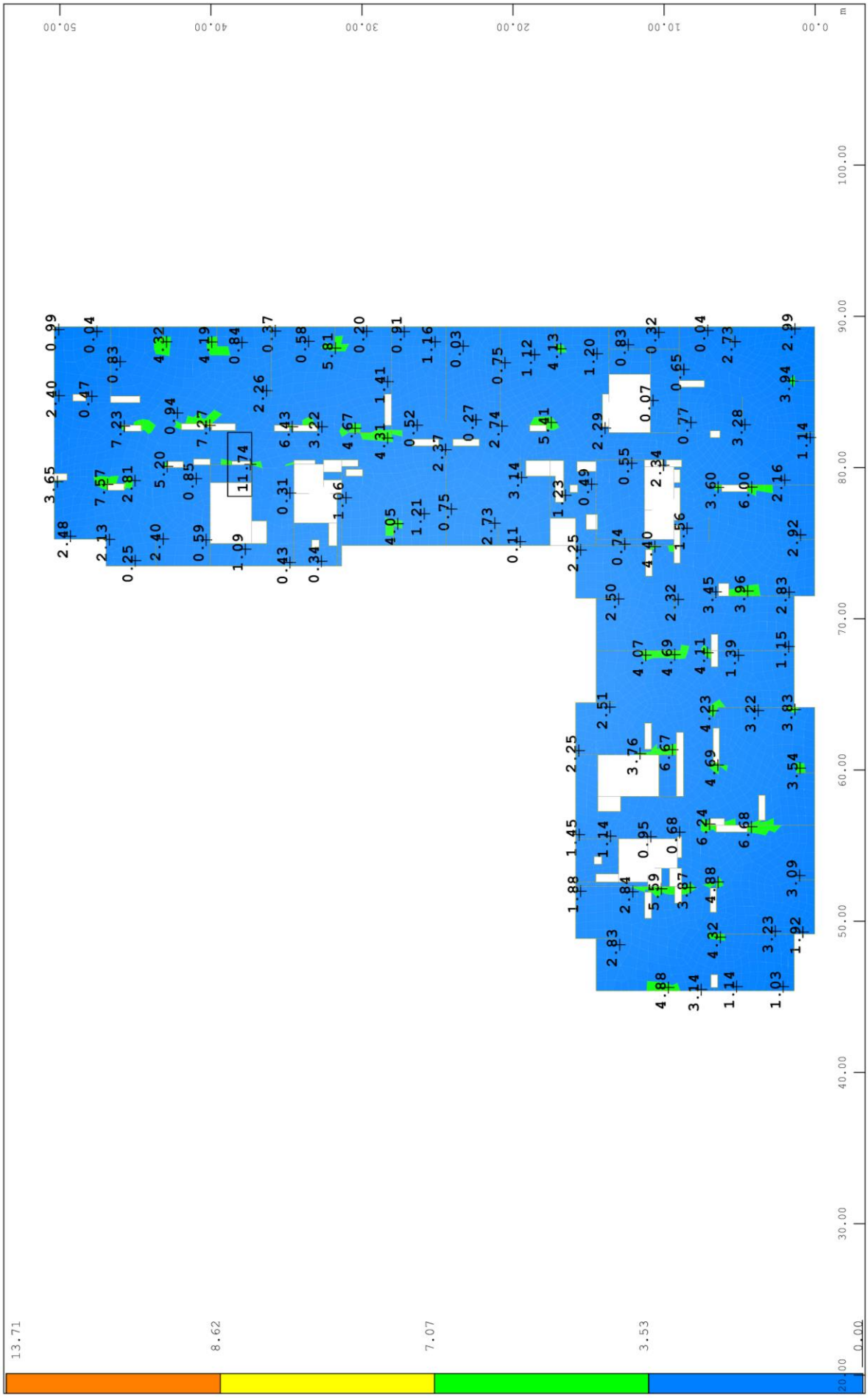


Момент M_y, кН·м/м



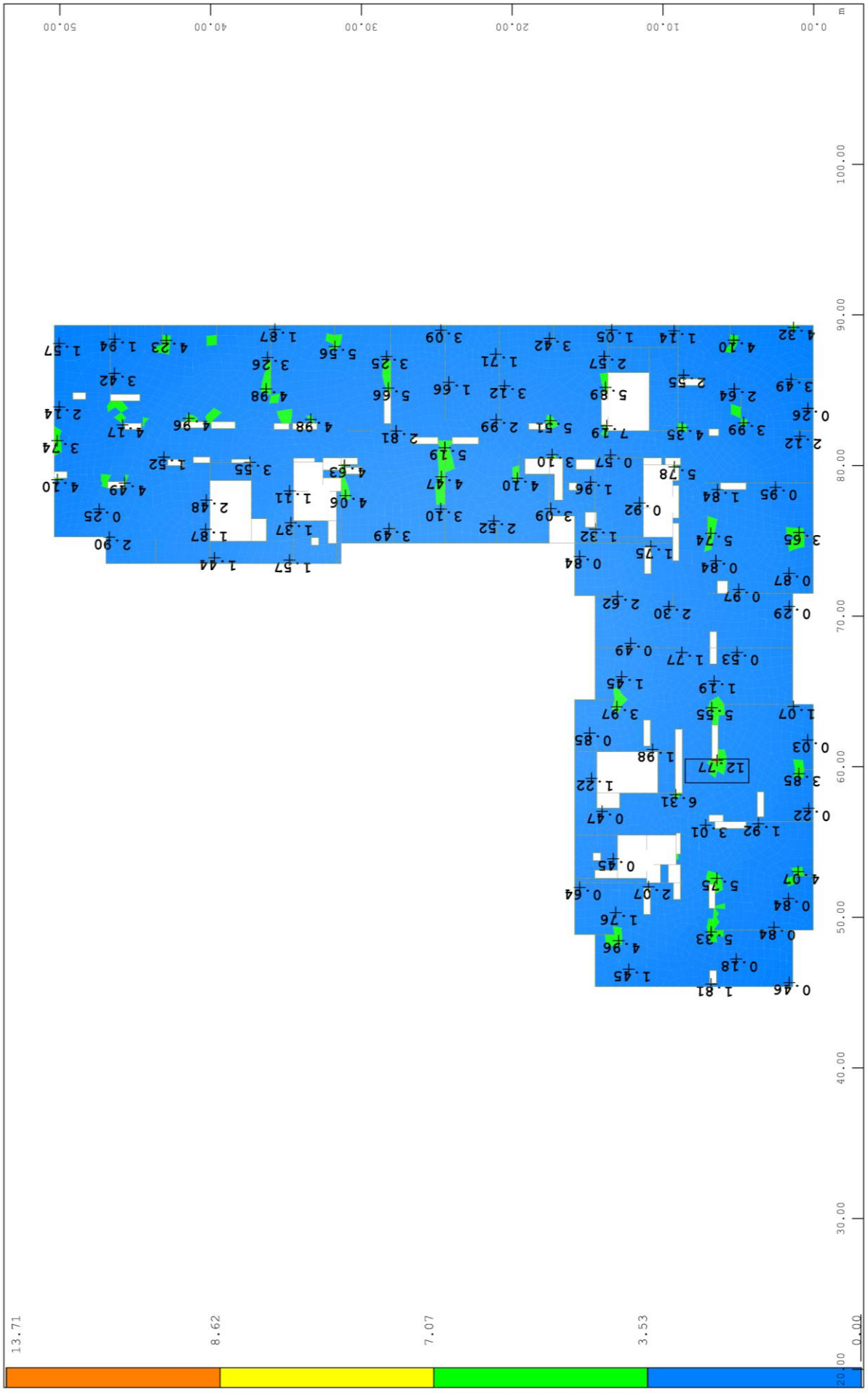
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 348

Верхнее армирование по оси X, см^2/м



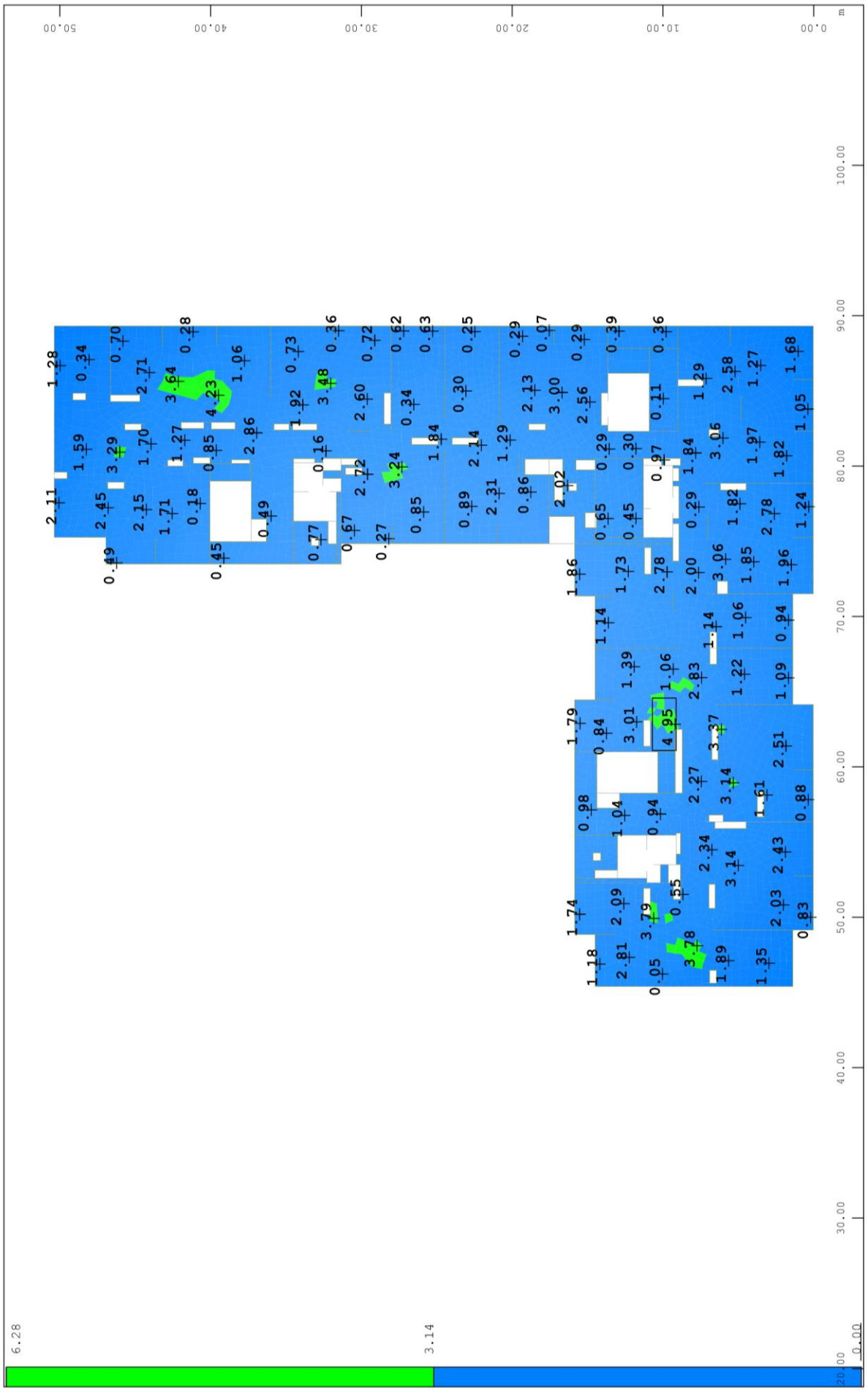
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 349

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



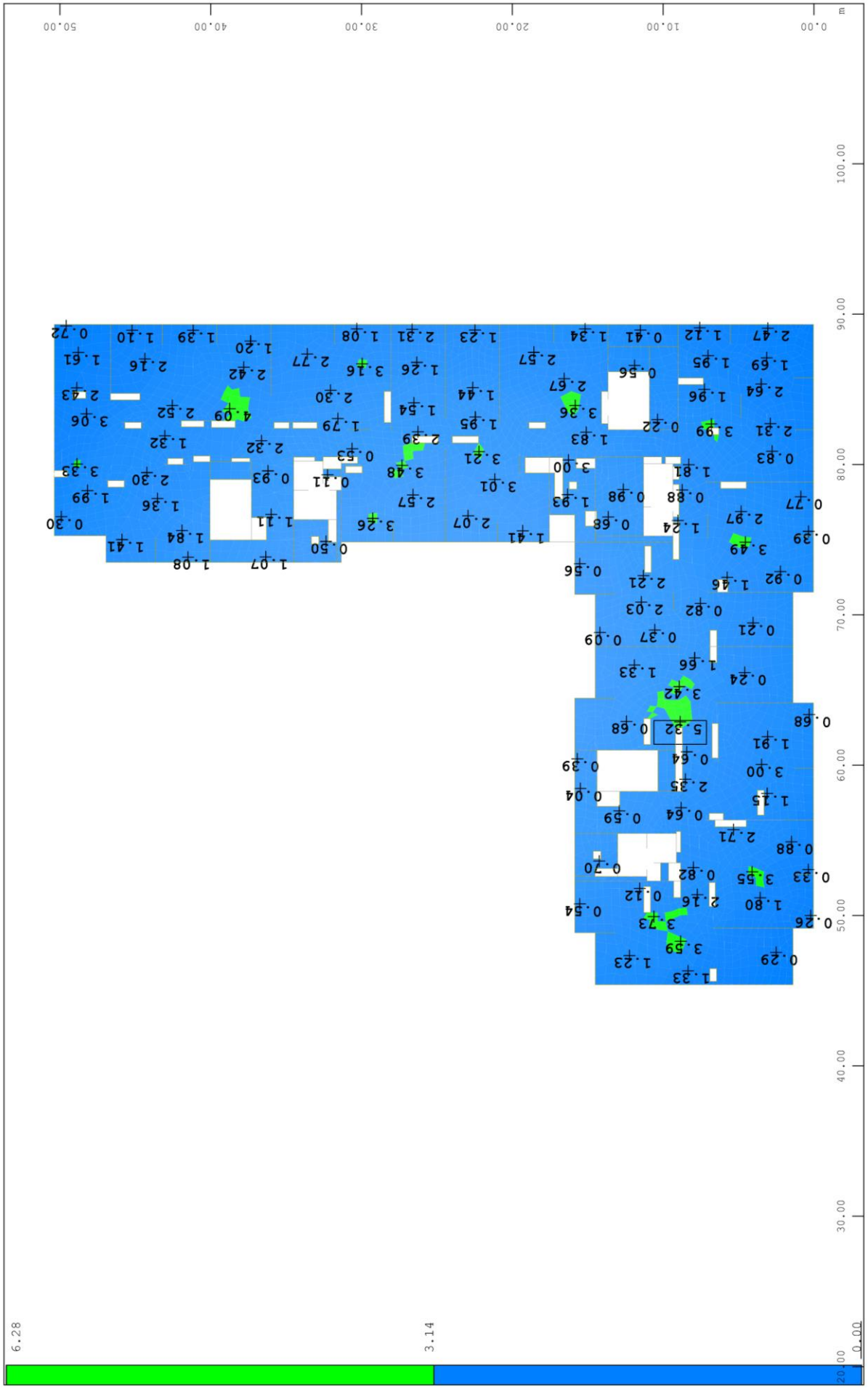
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 350

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		351

Нижнее армирование по оси Y см^2/м



						1190-01-КР.Р3	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		352

СП 63. Бетонные и железобетонные конструкции

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 200 мм -толщина плиты

a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)

a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)

$h_{0,x}$= 170 мм -рабочая высота сечения(по оси X)

a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)

a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)

$h_{0,y}$= 160 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 6,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,6 тс· м

$M_{дл}$= 2,9 тс· м

M_{crc}= 1,57838 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,21 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,18 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,11 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,8 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 3,6 тс· м

$M_{дл}$= 2,7 тс· м

M_{crc}= 1,57838 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,22 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,18 мм -продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-толщина плиты
a_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	160	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	150	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,0 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,5 тс· м

$M_{дл}$= 1,4 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,03 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,03 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,5 тс· м

$M_{дл}$= 1,2 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

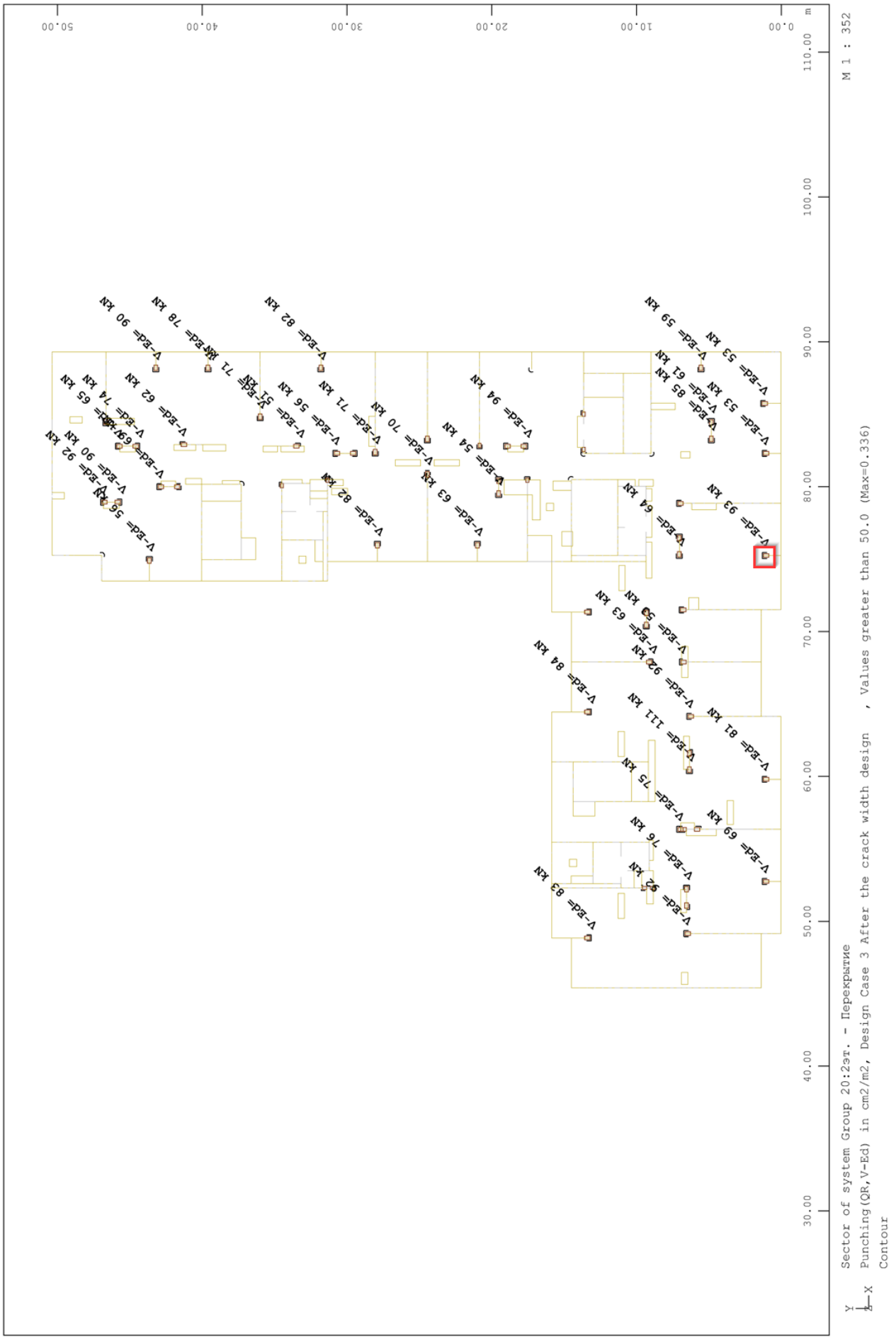
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,01 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,01 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



Расчет плиты на продавливание

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположение
Стена	Плита перекрытия	Торец стены

Сечение стены

вдоль оси X, мм	250

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	40
a_y, мм	50
h_0, мм	155

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т	0	9.3
M_x, т		0
M_y, т	0	0.9
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
$0.25 \cdot R_{bt} \cdot b$	5.67

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	0.9
N_{int}, т	9.3	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.07	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0.45
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	0.00
F, т	9.23	M_x, тм	0.00	M_y, тм	0.45

Расчетный контур

l_x, м	0.41
l_y, м	0.41
u, м	1.22
A_{q1}, м^2	0.164
A_q, м^2	0.188

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

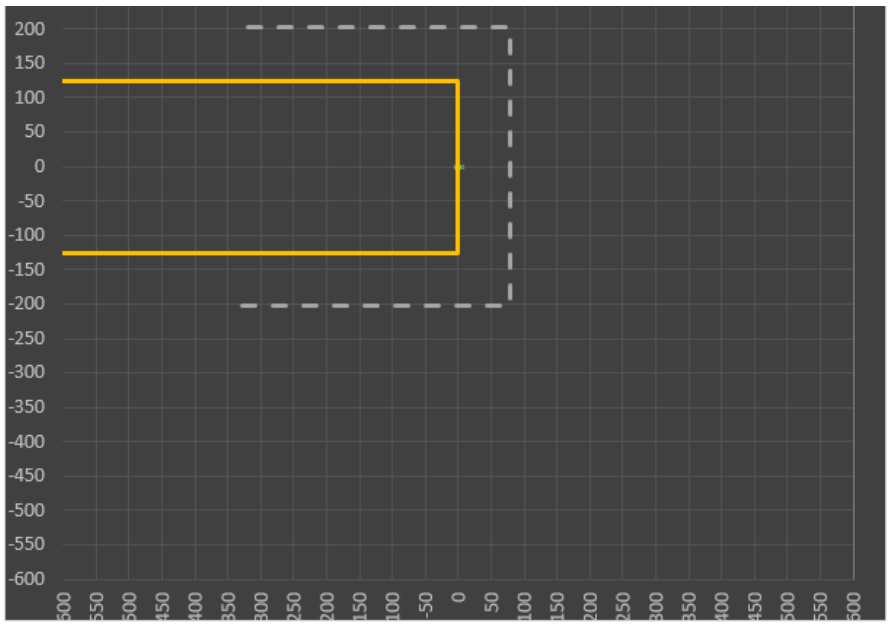
Бетон					
Класс	B30	I_{bx1}, м^3		I_{by1}, м^3	0.0055
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx2}, м^3		I_{by2}, м^3	0.0332
γ_{b1}	1	I_{bx}, м^3		I_{by}, м^3	0.0388
A_b, м^2	0.19	W^-_{bx}, м^2		W^-_{by}, м^2	0.1914
$F_{b,ult}$, т	22.03	W^+_{bx}, м^2		W^+_{by}, м^2	0.1914
$F/F_{b,ult}$	0.419	$M_{bx,ult}$, тм		$M_{by,ult}$, тм	3.470
		$M_x/M_{bx,ult}$	0.000	$M_y/M_{by,ult}$	0.130

0.549 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

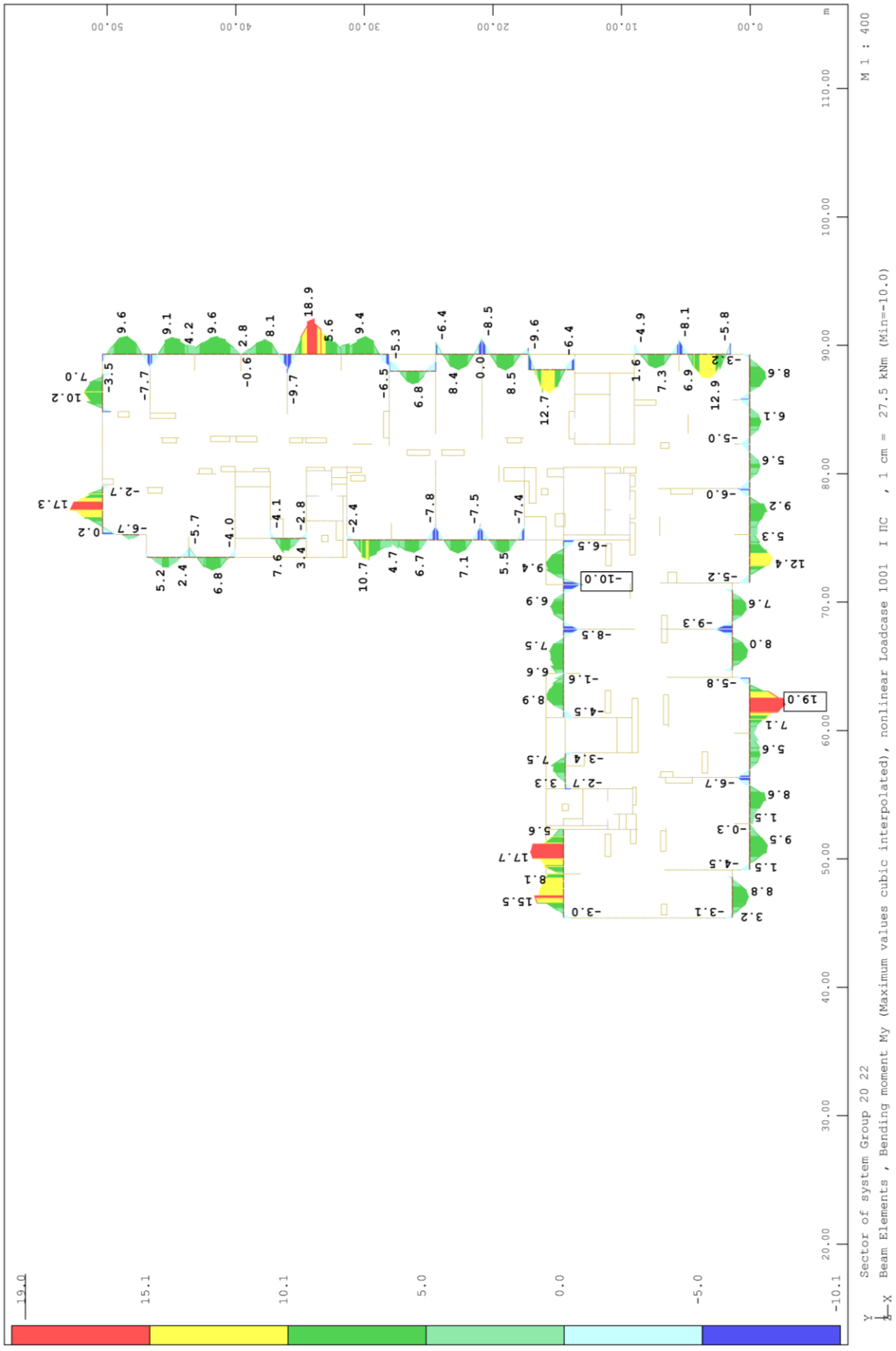
$F_{sw,ult}$, т	149.506			$M_{swy,ult}$, тм	23.547
F_{ult}, т	44.068			$M_{y,ult}$, тм	6.941
F/F_{ult}	0.209	$M_x/M_{x,ult}$	0.000	$M_y/My_{,ult}$	0.065

0.274 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.



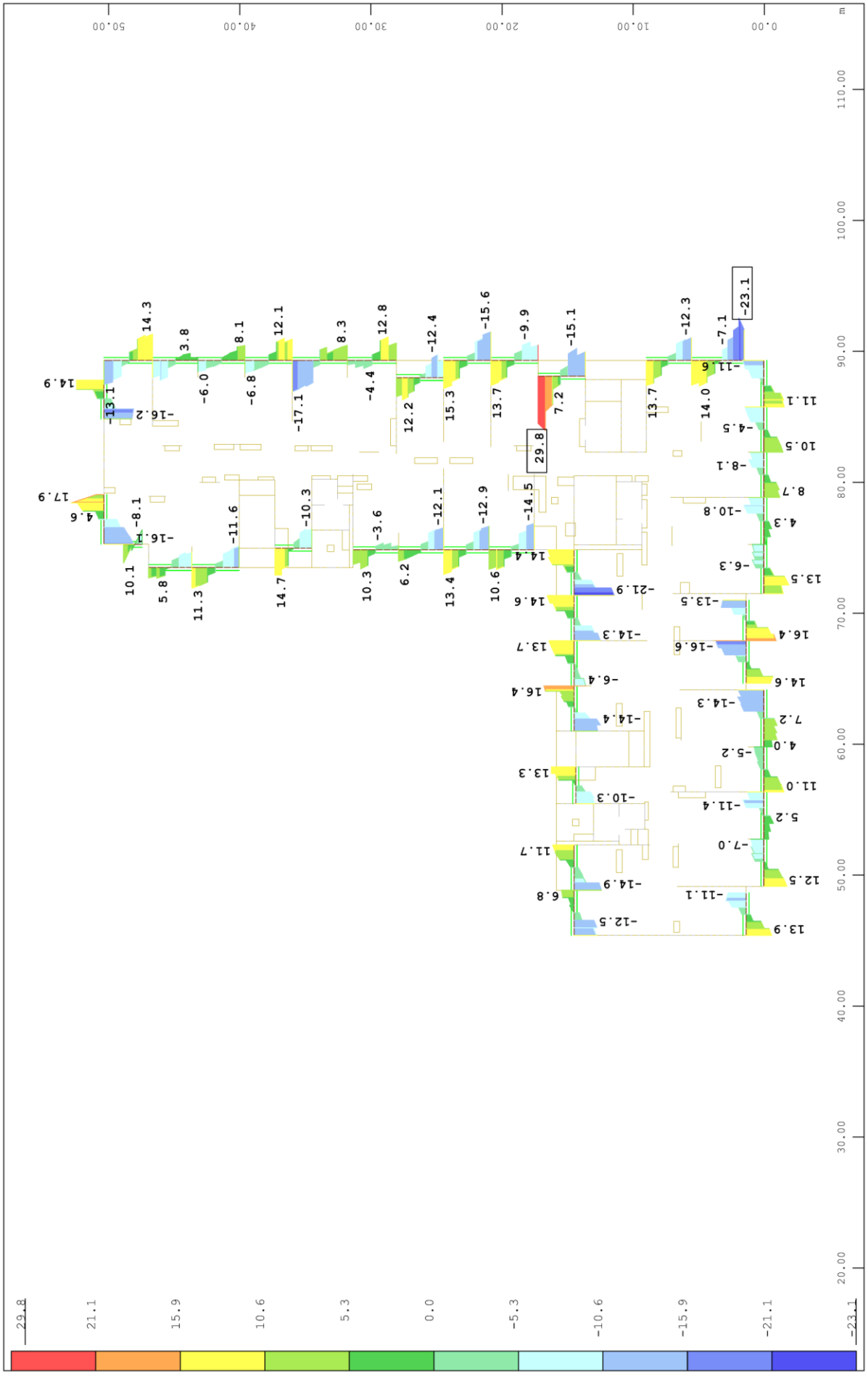
Балки в плите над 1 этажом

Момент My, кН·м/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		357

Поперечная сила Q, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		358

Проверка армирования балки 200x400(h). Опорное сечение.

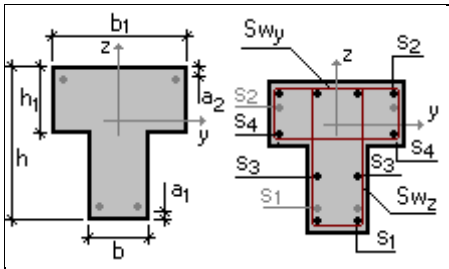
Расчет выполнен по СП 63

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

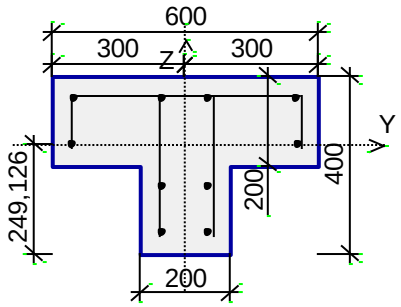
Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 3,45 м
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018
Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018
Конструкция статически неопределимая
Предельная гибкость - 200

Сечение



b = 200 мм
h = 400 мм
b_1 = 600 мм
h_1 = 200 мм
a_1 = 40 мм
a_2 = 40 мм



S_1 - 2∅16
S_2 - 4∅16
S_3 - 1∅12
S_4 - 1∅12
Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм
Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A500	0,8

Бетон
Вид бетона: Тяжелый
Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

Трещиностойкость
Ограниченная ширина раскрытия трещин
Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры
Допустимая ширина раскрытия трещин:
Непродолжительное раскрытие 0,4 мм
Продолжительное раскрытие 0,3 мм

Результаты расчета по комбинациям загружений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	Т	Т*м	Т	Т*м	Т	Т*м				
1	1	-1	2,2	0	0	0	1	0,9		

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.1.18	Прочность по предельной продольной силе сечения	0,014
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,087
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,044
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,009
пп. 8.1.32, 8.1.34	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	0,069
пп. 8.1.33, 8.1.34	Прочность по наклонному сечению	0,131

Коэффициент использования 0,131 - Прочность по наклонному сечению

Проверка армирования балки 200x400(h). Сечение в середине пролета.

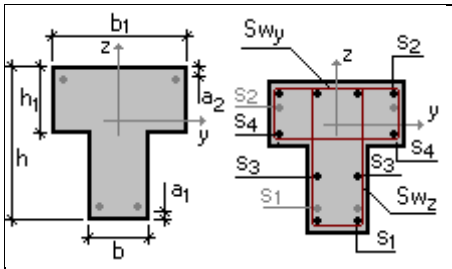
Расчет выполнен по СП 63

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

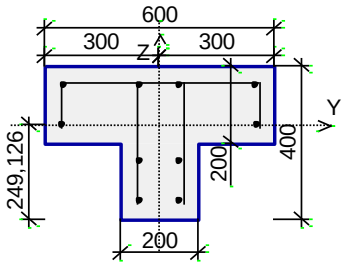
Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1

Длина элемента 4,35 м
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 0,8
Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 0,8
Случайный эксцентриситет по Z принят по СП 63.13330.2018
Случайный эксцентриситет по Y принят по СП 63.13330.2018
Конструкция статически неопределимая
Предельная гибкость - 200

Сечение



b = 200 мм
h = 400 мм
b_1 = 600 мм
h_1 = 200 мм
a_1 = 40 мм
a_2 = 40 мм



S_1 - 2∅16
S_2 - 4∅16
S_3 - 1∅12
S_4 - 1∅12
Поперечная арматура вдоль оси Z 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм
Поперечная арматура вдоль оси Y 2∅10, шаг поперечной арматуры 150 мм

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A500	0,8

Бетон
Вид бетона: Тяжелый
Класс бетона: B30

Коэффициенты условий работы бетона		
γ_{b1}	учет нагрузок длительного действия	0,9
γ_{b2}	учет характера разрушения	1
γ_{b3}	учет вертикального положения при бетонировании	1
γ_{b5}	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%

Трещиностойкость
Ограниченная ширина раскрытия трещин
Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры
Допустимая ширина раскрытия трещин:
Непродолжительное раскрытие 0,4 мм
Продолжительное раскрытие 0,3 мм

Результаты расчета по комбинациям загружений

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	T	Коэффициент надежности по нагрузке	Коэффициент длительной части	Кратковременная	Сейсмика
	T	T*м	T	T*м	T	T*м				
1	1	1,9	0	0	0	0	1	0,9		

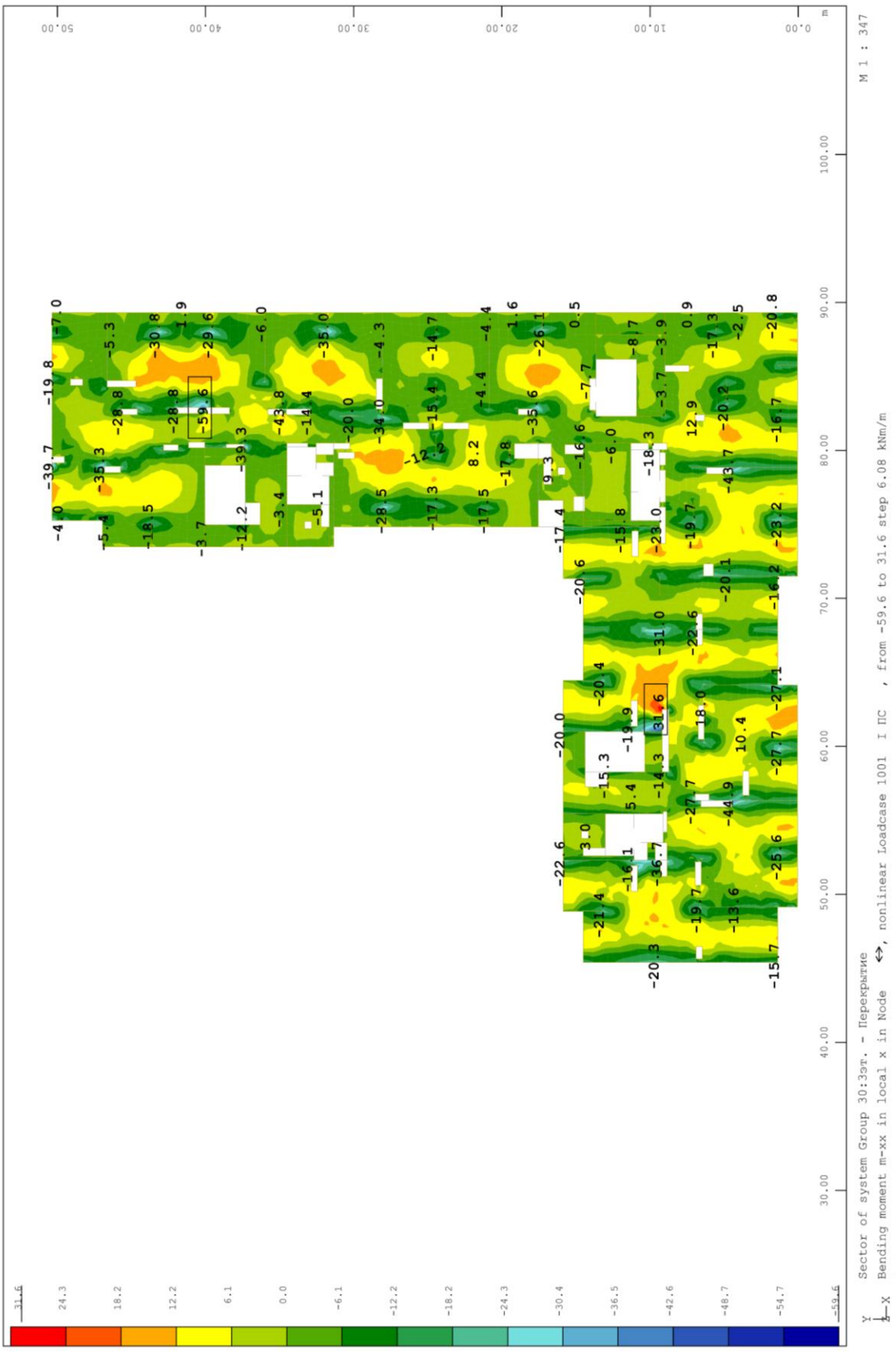
Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.1.18	Прочность по предельной продольной силе сечения	0,014
п.п. 8.1.8-8.1.14	Прочность по предельному моменту сечения	0,211
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в сжатом бетоне	0,054
пп. 8.1.20-8.1.30	Деформации в растянутой арматуре	0,024

Коэффициент использования 0,211 - Прочность по предельному моменту сечения

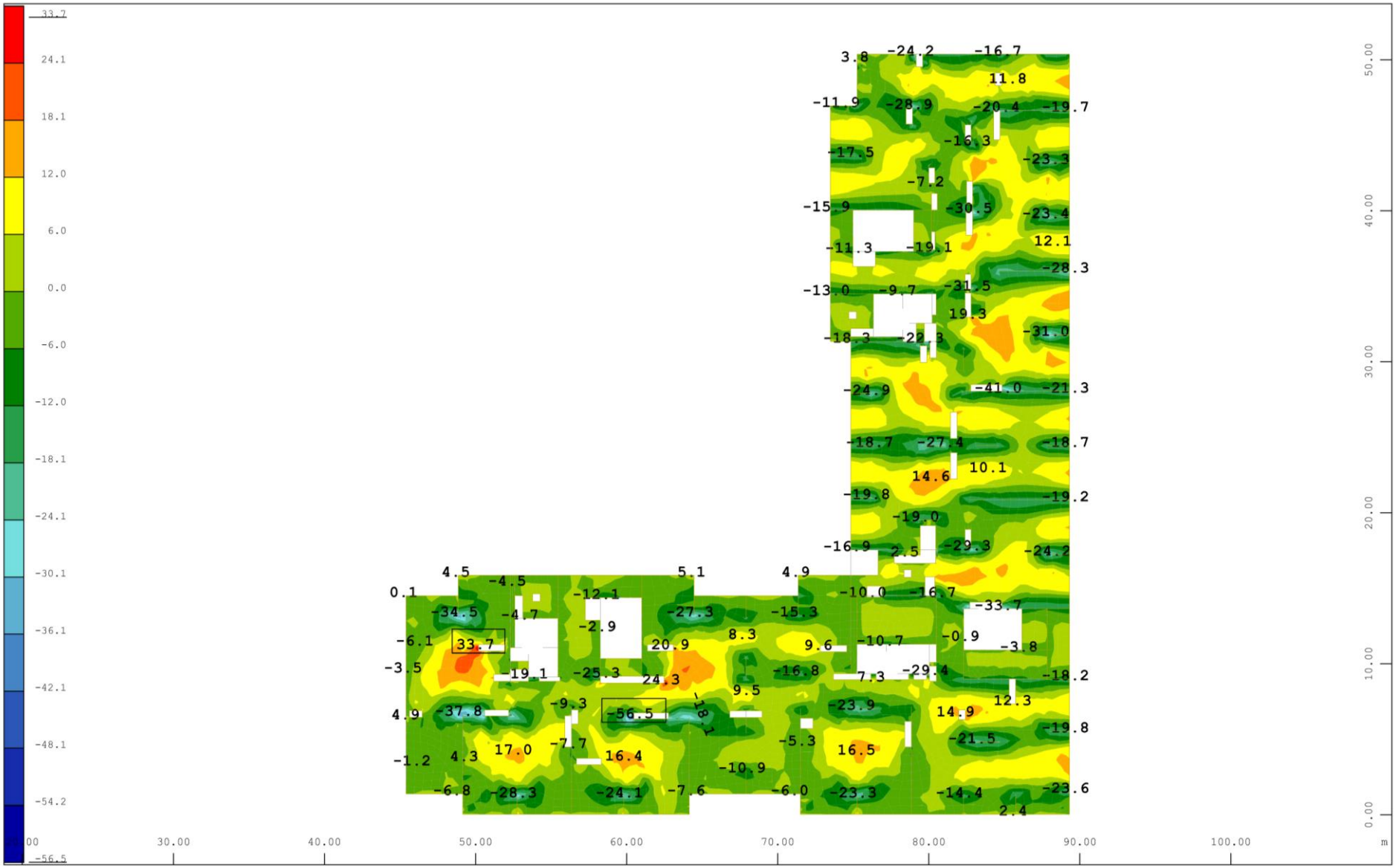
6.9. ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ТИПОВЫХ ЭТАЖЕЙ

Плита перекрытия над 2 этажом

Момент M_x, кН·м/м



Момент M_y, кН·м/м

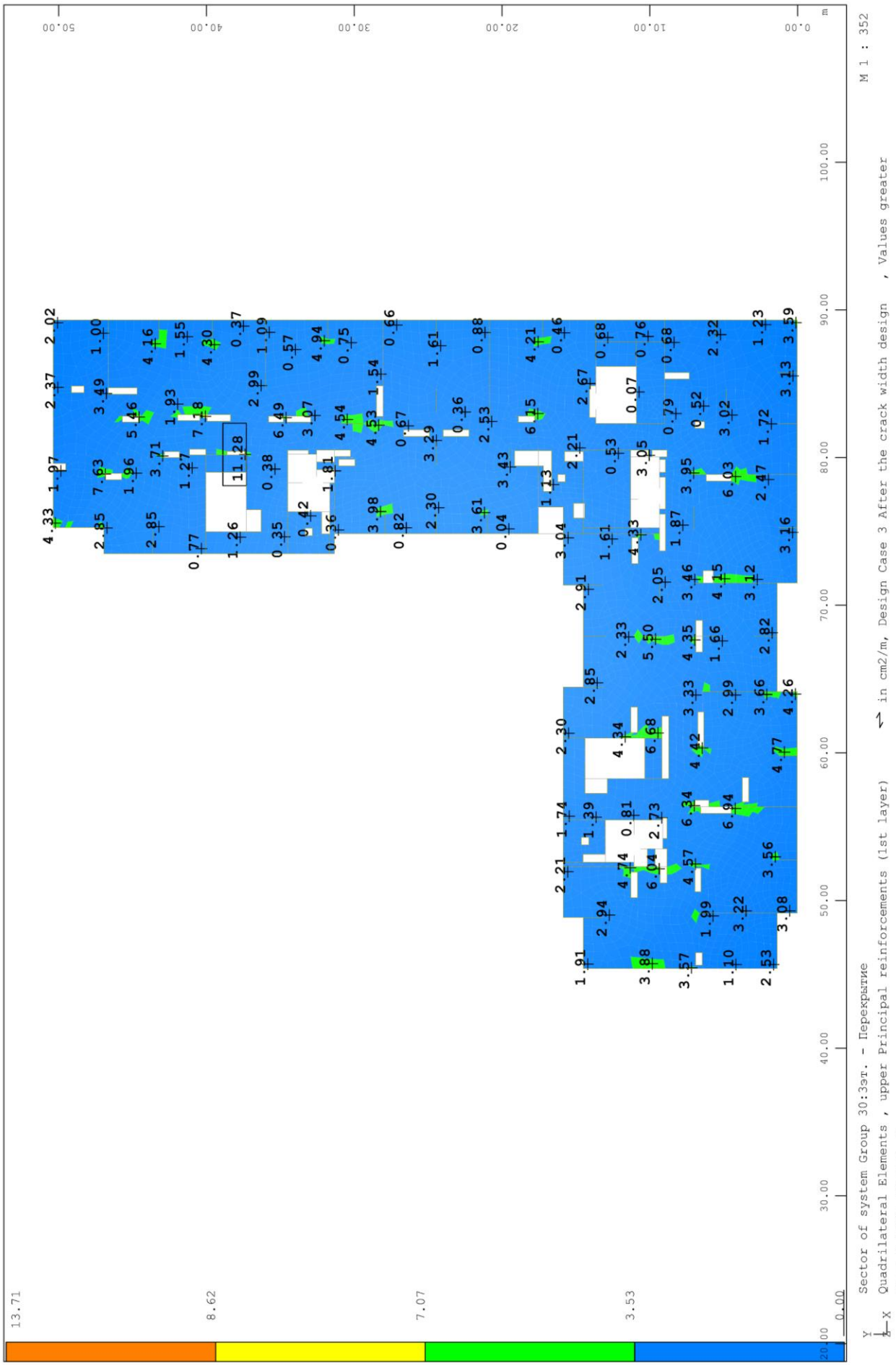


Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата

1190-01-КР.РЗ

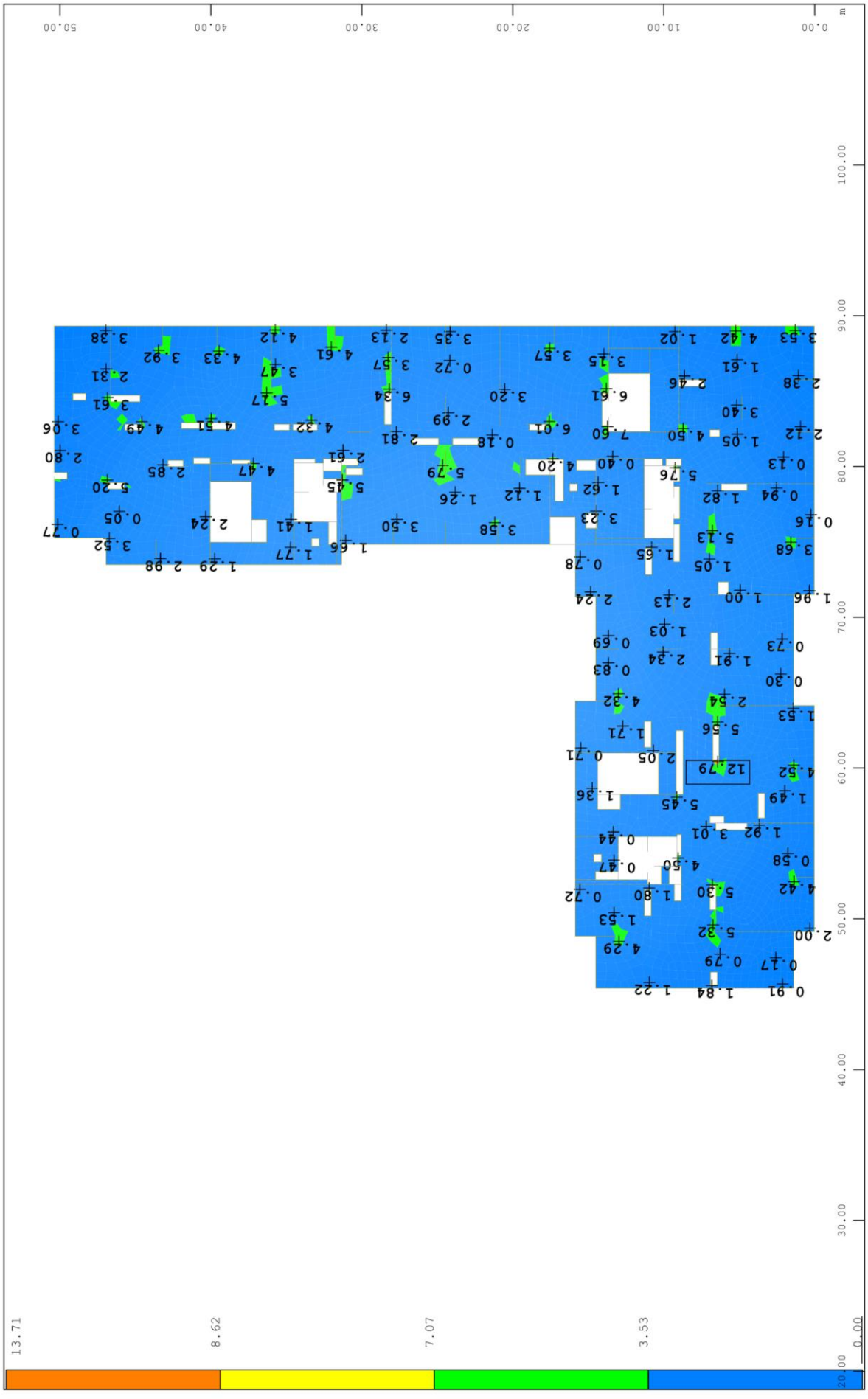
Лист
363

Верхнее армирование по оси X, см^2/м



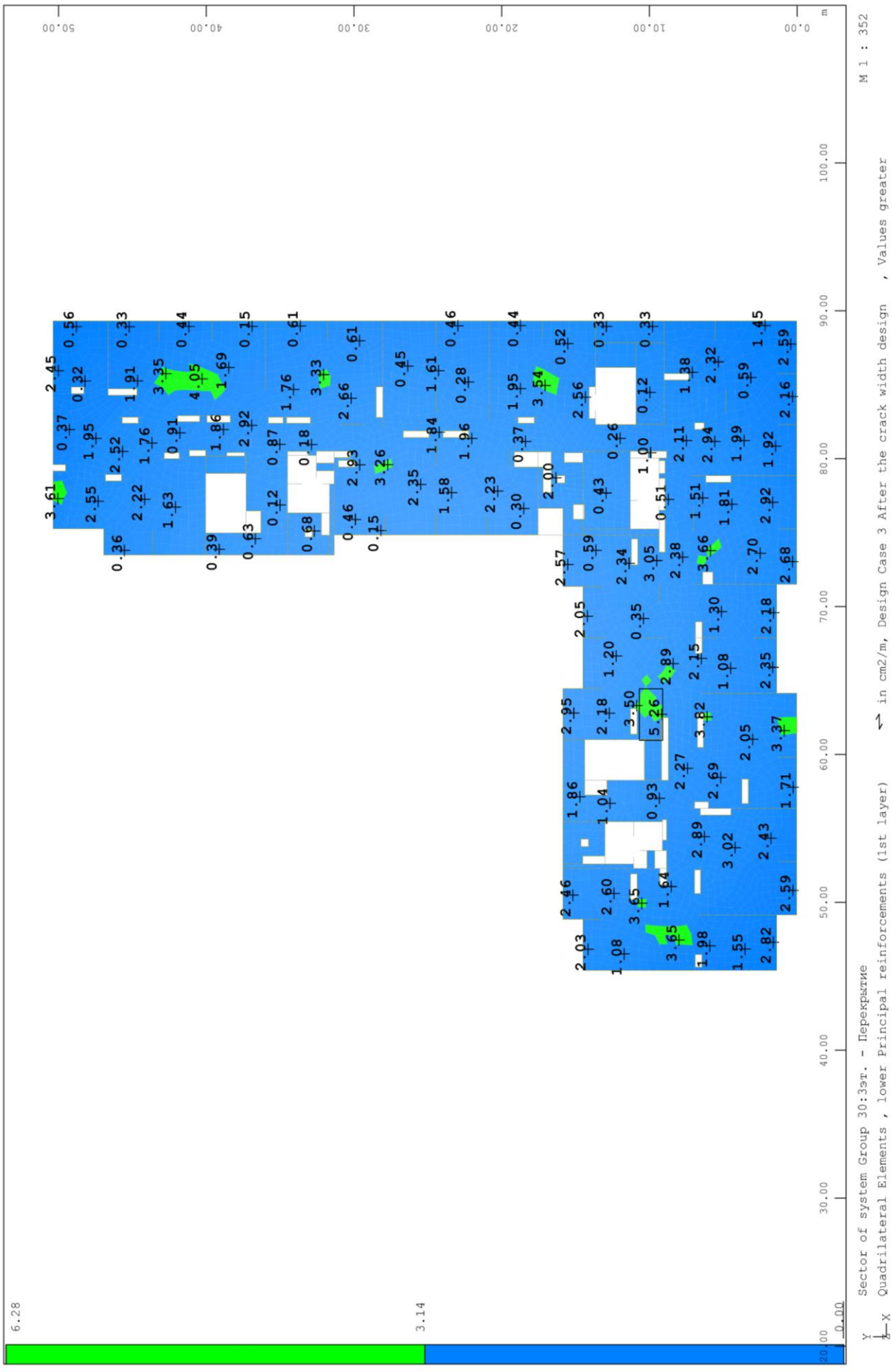
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 364

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



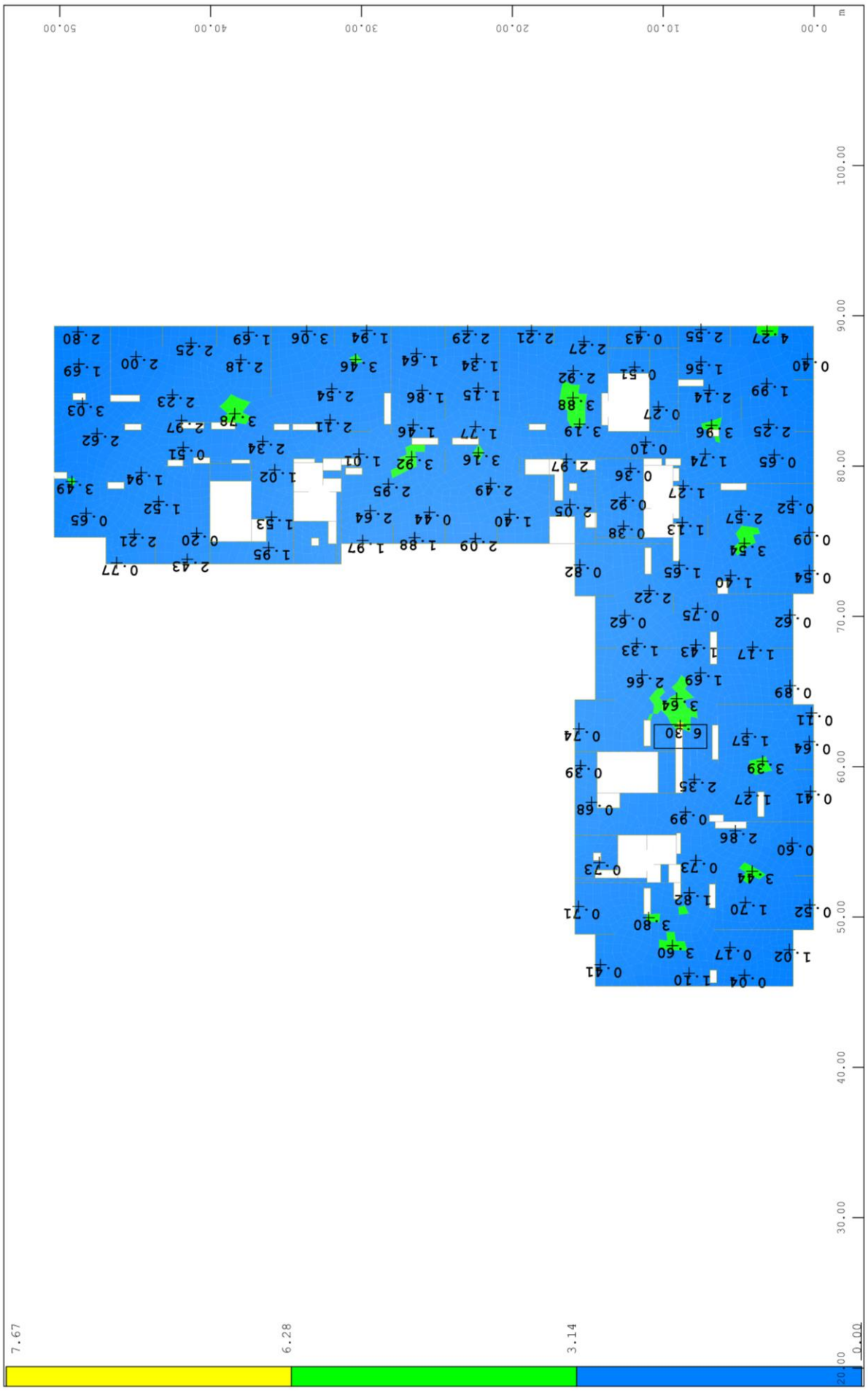
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		365

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 366

Нижнее армирование по оси Y, см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		367

СП 63. Бетонные и железобетонные конструкции

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона: B30 Класс арматуры: A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-толщина плиты
a_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	160	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	1,7	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,10		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	6,4	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$=	4	тс· м	
$M_{дл}$=	3	тс· м	
M_{crc}=	1,57838	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0,5		
φ_3=	1		
$a_{кратк}$=	0,24	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$=	0,19	мм	-продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	1,7	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,11		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	5,8	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$=	3,8	тс· м	
$M_{дл}$=	2,8	тс· м	
M_{crc}=	1,57838	тс· м	-момент образования трещин
φ_2=	0,5		
φ_3=	1		
$a_{кратк}$=	0,24	мм	-непродолжительное раскрытие трещин
$a_{длит}$=	0,19	мм	-продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-толщина плиты
a_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	160	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	150	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 5,0 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,5 тс· м

$M_{дл}$= 1,4 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,03 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,03 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	10	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	3,93	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	7,85	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,21 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,08 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 4,5 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 1,5 тс· м

$M_{дл}$= 1,4 тс· м

M_{crc}= 1,56617 тс· м -момент образования трещин

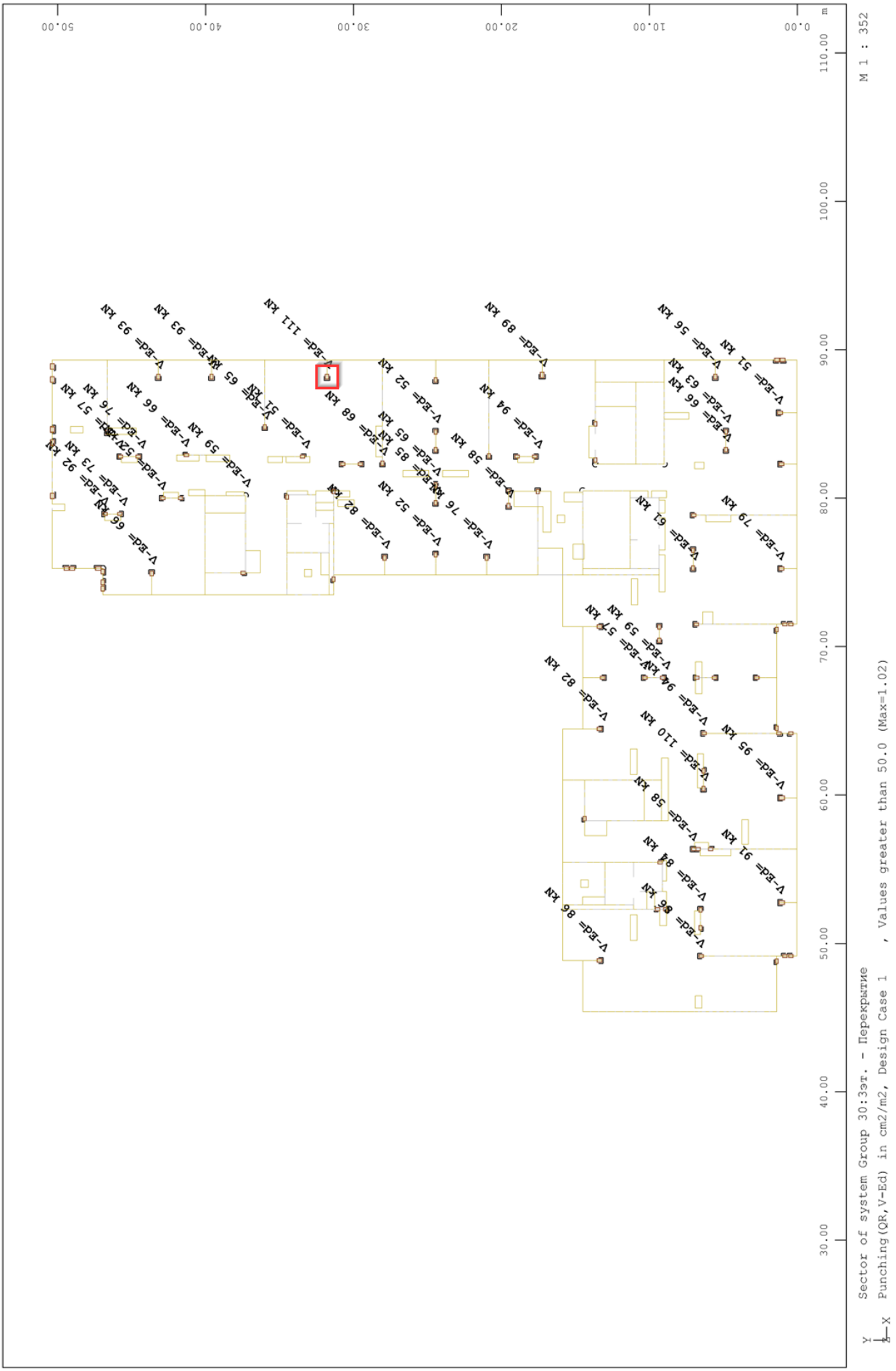
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,01 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,01 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		370

Расчет плиты на продавливание

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположение
Стена	Плита перекрытия	Торец стены

Сечение стены

вдоль оси X, мм	220

Сечение плиты

h, мм	200
a_x, мм	40
a_y, мм	50
h_0, мм	155

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т	0	11.1
M_x, т		0
M_y, т	0	0.8
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
0.25·R_{bt}·b	5.67

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	0.8
N_{int}, т	11.1	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.06	0.5·$M_{x,loc}$, тм		0.5·$M_{y,loc}$, тм	0.4
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	0.00
F, т	11.04	M_x, тм	0.00	M_y, тм	0.40

Расчетный контур

l_x, м	0.38
l_y, м	0.38
u, м	1.13
A_{q1}, м^2	0.141
A_q, м^2	0.174

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

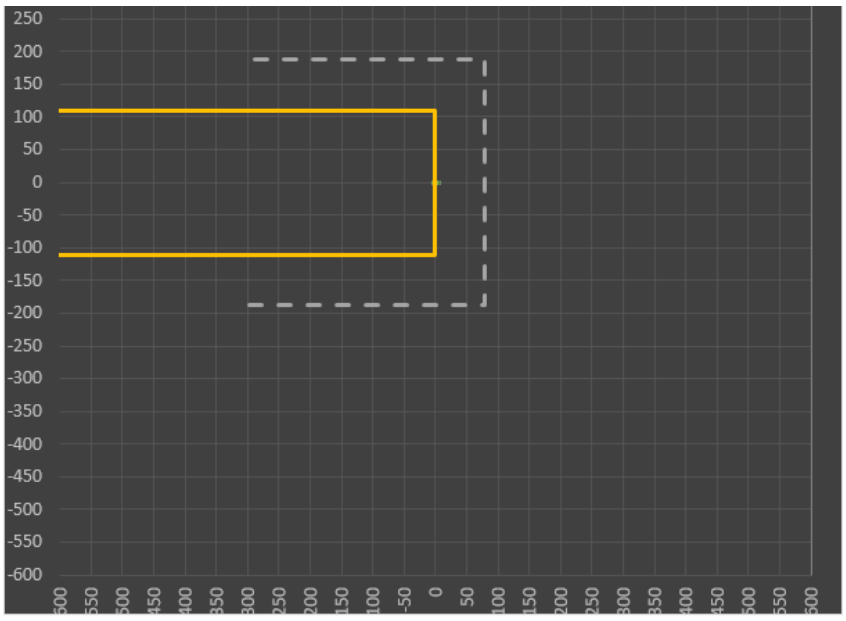
Бетон					
Класс	B30	I_{bx1}, м^3		I_{by1}, м^3	0.0044
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx2}, м^3		I_{by2}, м^3	0.0264
γ_{b1}	1	I_{bx}, м^3		I_{by}, м^3	0.0308
A_b, м^2	0.17	W^-_{bx}, м^2		W^-_{by}, м^2	0.1641
$F_{b,ult}$, т	20.40	W^+_{bx}, м^2		W^+_{by}, м^2	0.1641
F/$F_{b,ult}$	0.541	$M_{bx,ult}$, тм		$M_{by,ult}$, тм	2.975
		M_x/$M_{bx,ult}$	0.000	M_y/$M_{by,ult}$	0.134

0.676 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

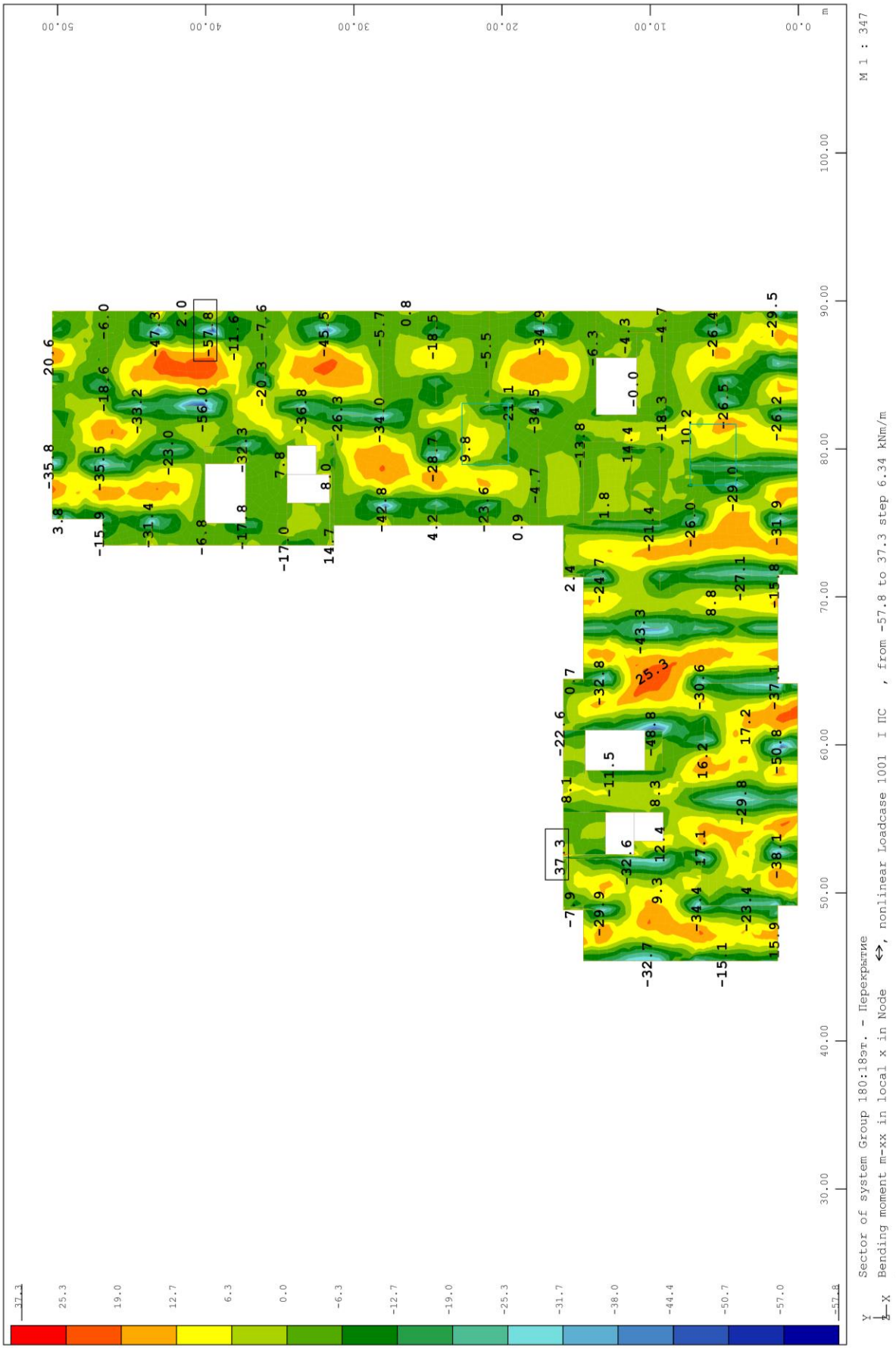
$F_{sw,ult}$, т	138.431			$M_{swy,ult}$, тм	20.188
F_{ult}, т	40.804			$M_{y,ult}$, тм	5.951
F/F_{ult}	0.271	M_x/$M_{x,ult}$	0.000	M_y/$My_{,ult}$	0.067

0.338 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

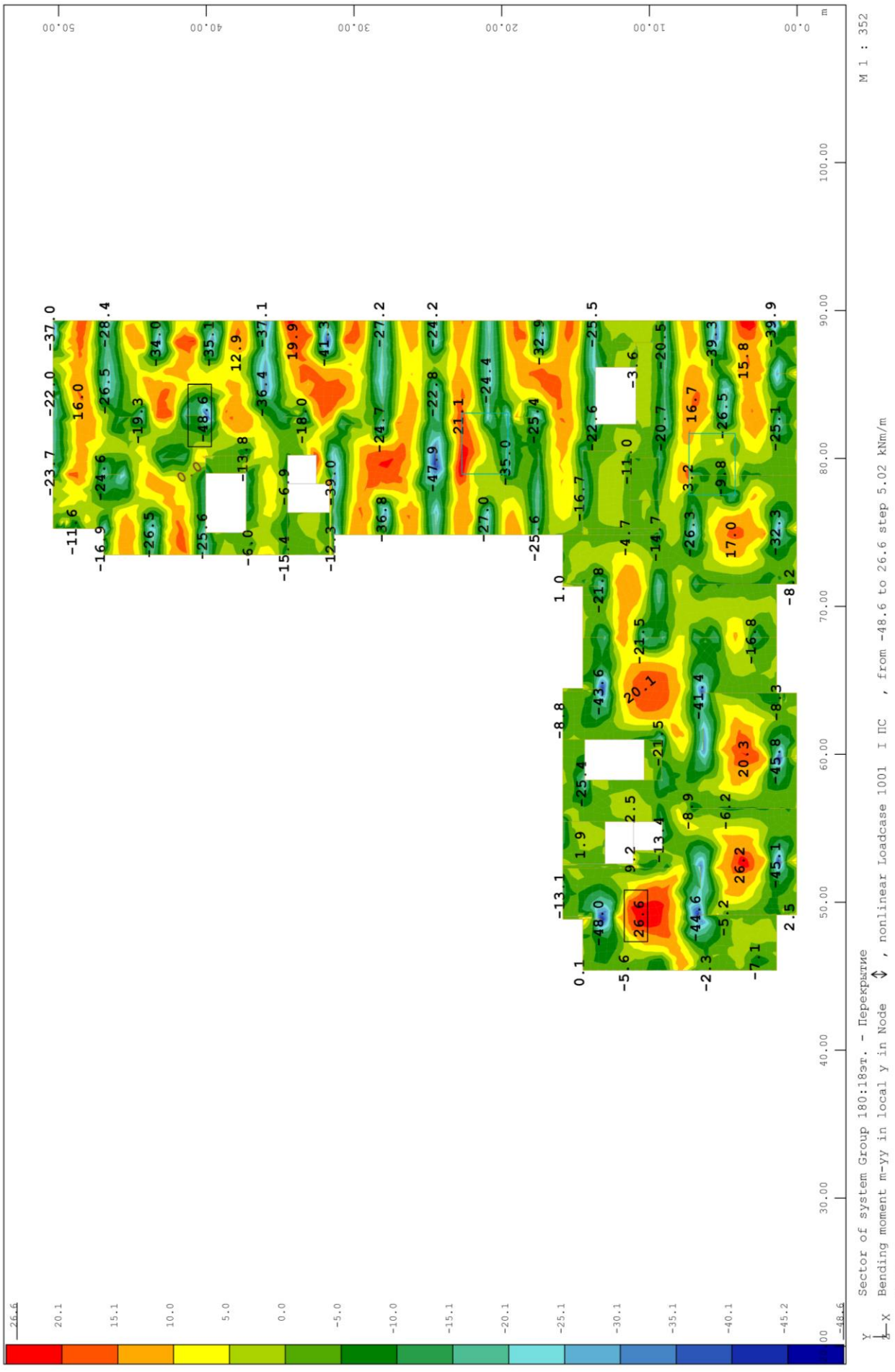


6.10. ПЛИТА ПОКРЫТИЯ

Момент M_x, кН·м/м

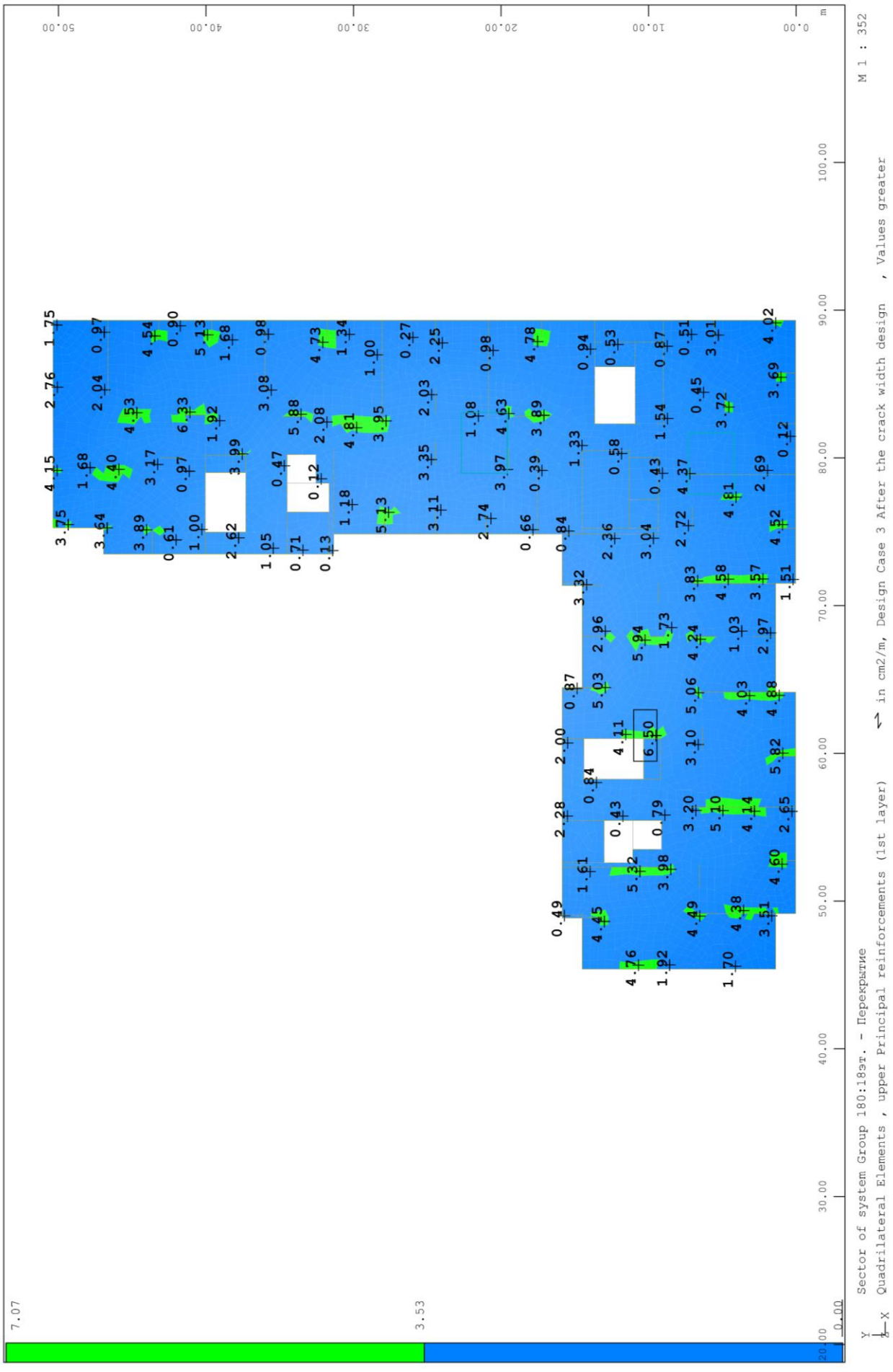


Момент M_y, кН·м/м



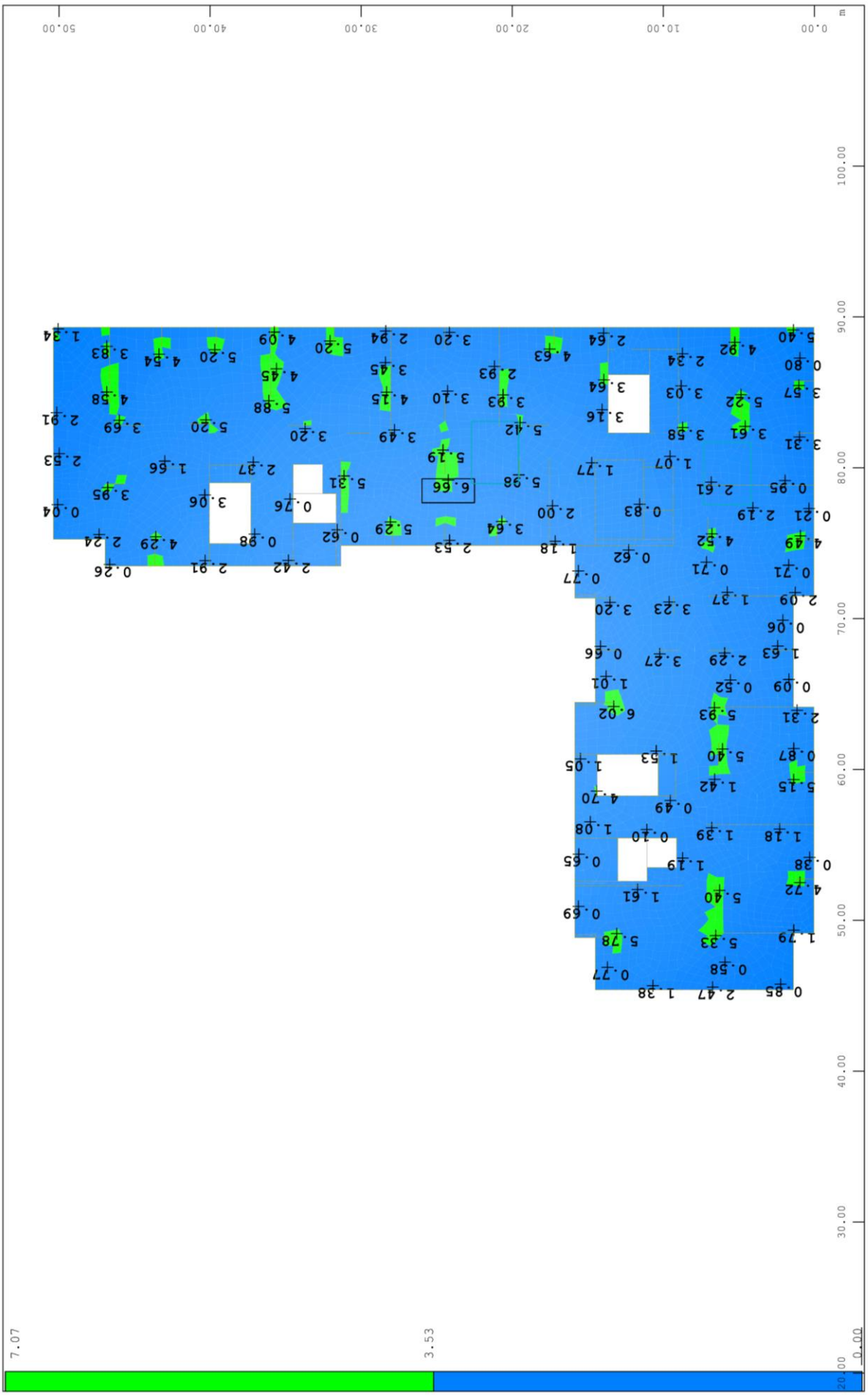
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		373

Верхнее армирование по оси X, см^2/м



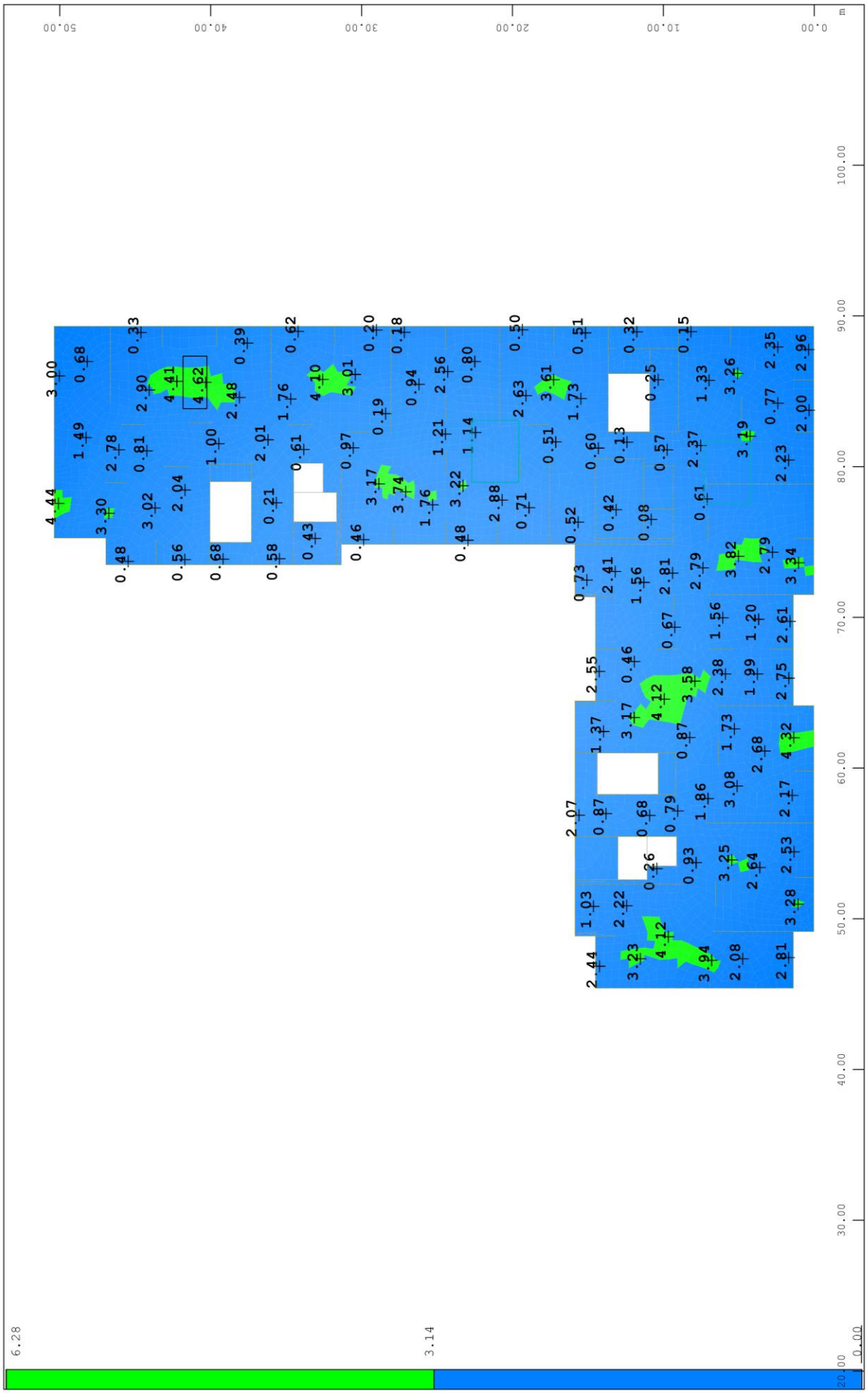
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		374

Верхнее армирование по оси Y, см^2/м



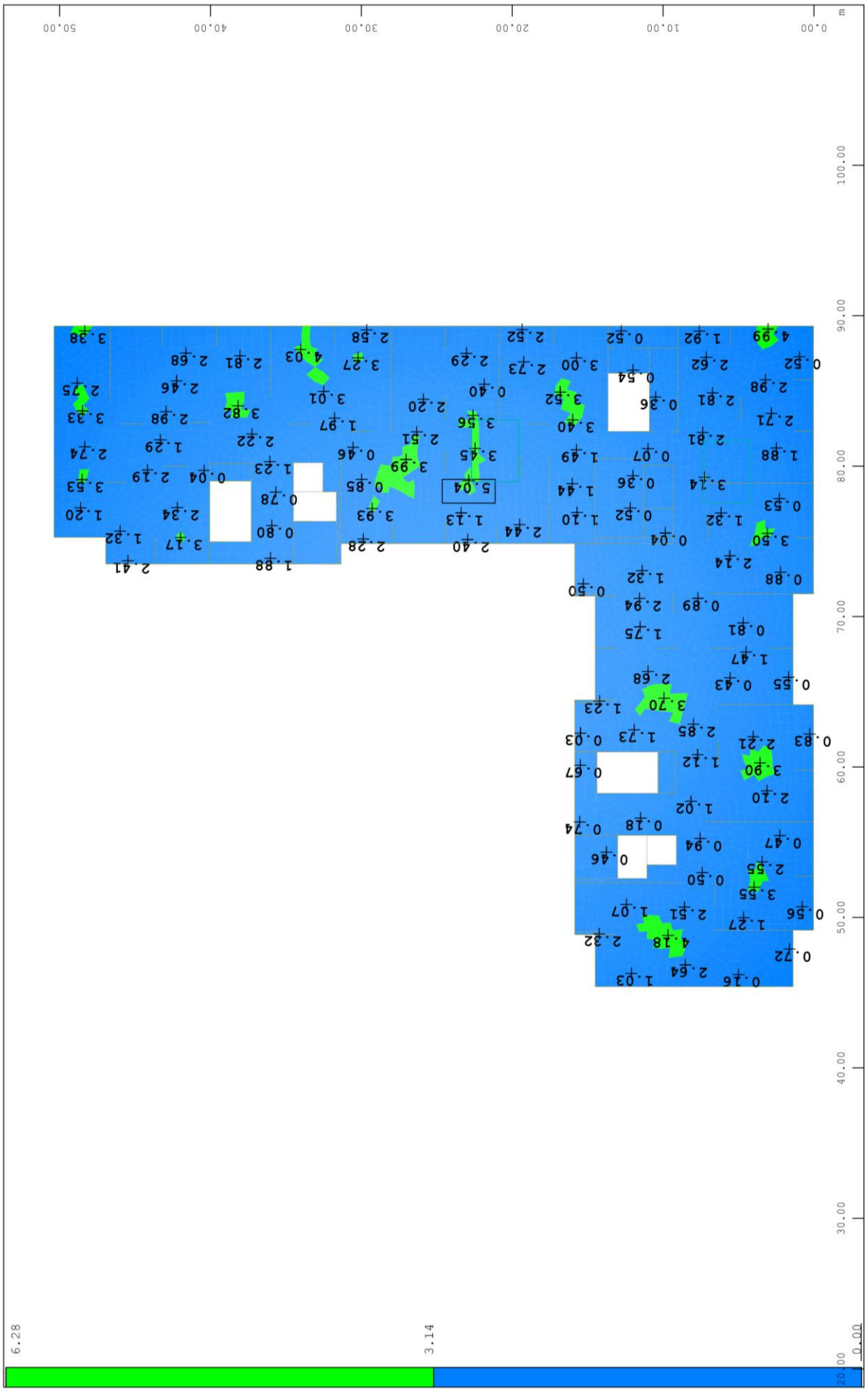
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		375

Нижнее армирование по оси X, см^2/м



Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 376

Нижнее армирование по оси Y см^2/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		377

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты на опоре

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h= 220 мм -толщина плиты

a_x= 30 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)

a'_x= 40 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)

$h_{0,x}$= 190 мм -рабочая высота сечения(по оси X)

a_y= 40 мм -расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)

a'_y= 50 мм -расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)

$h_{0,y}$= 180 мм -рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 7,2 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 5,5 тс· м

$M_{дл}$= 4,1 тс· м

M_{crc}= 1,90793 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,31 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,25 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d_{s,д}$= 12 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A_{s,д}$= 5,65 см² -площадь дополнительной арматуры

A_s= 9,58 см² -суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$= 10 мм -диаметр основной арматуры

$s'_ф$= 200 мм -шаг основной арматуры

$d'_{s,д}$= 0 мм -диаметр дополнительной арматуры арматуры

$s'_д$= 200 мм -шаг дополнительной арматуры

$A'_{s,ф}$= 3,93 см² -площадь основной арматуры

$A'_{s,д}$= 0 см² -площадь дополнительной арматуры

A'_s= 3,93 см² -суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 6,6 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 5,4 тс· м

$M_{дл}$= 3,9 тс· м

M_{crc}= 1,90793 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,32 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,25 мм -продолжительное раскрытие трещин

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования плиты в пролете

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	156,0	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,6	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	331408	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,9	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-толщина плиты
a_x=	40	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси X)
a'_x=	30	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси X)
$h_{0,x}$=	180	мм	-рабочая высота сечения(по оси X)
a_y=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона(по оси Y)
a'_y=	40	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона(по оси Y)
$h_{0,y}$=	170	мм	-рабочая высота сечения(по оси Y)

Армирование по X:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,09 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 6,9 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,1 тс· м

$M_{дл}$= 2 тс· м

M_{crc}= 1,90107 тс· м -момент образования трещин

φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,05 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,05 мм -продолжительное раскрытие трещин

Армирование по Y:

Растянутая арматура

$d_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d_{s,д}$=	12	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	5,65	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	9,58	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,ф}$=	10	мм	-диаметр основной арматуры
$s'_ф$=	200	мм	-шаг основной арматуры
$d'_{s,д}$=	0	мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=	200	мм	-шаг дополнительной арматуры
$A'_{s,ф}$=	3,93	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	3,93	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x= 1,7 см -высота сжатой зоны бетона

ξ= 0,10 -относительная высота сжатой зоны бетона

M_{ult}= 6,4 тс· м -предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет раскрытия трещин:

$M_{кр}$= 2,6 тс· м

$M_{дл}$= 1,9 тс· м

M_{crc}= 1,90107 тс· м -момент образования трещин

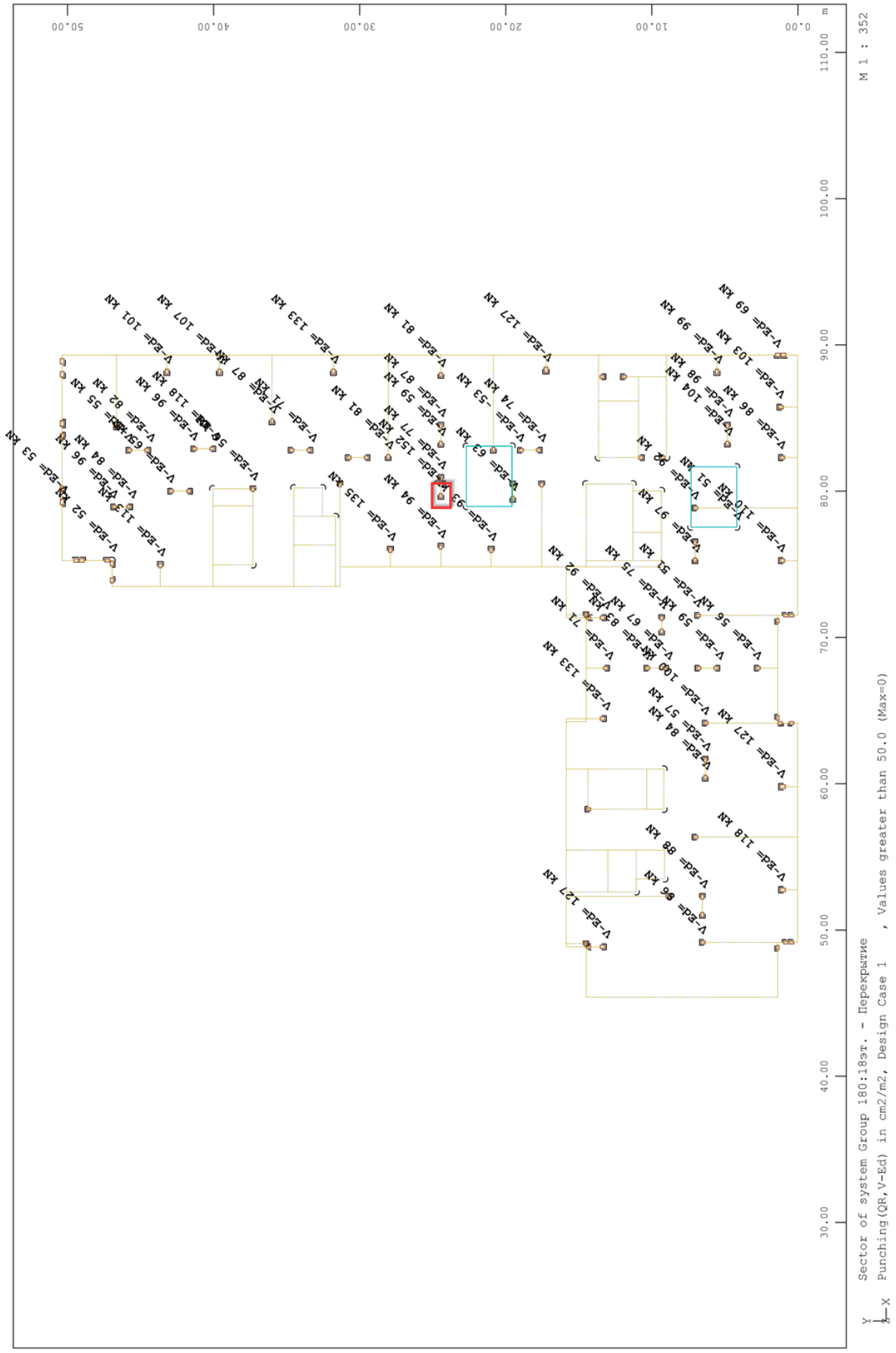
φ_2= 0,5

φ_3= 1

$a_{кратк}$= 0,09 мм -непродолжительное раскрытие трещин

$a_{длит}$= 0,07 мм -продолжительное раскрытие трещин

Продавливание, кН



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		380

Расчет плиты на продавливание

Выберите тип конструкции	Выберите тип плиты	Выберите расположение
Стена	Плита покрытия	Торец стены

Сечение стены

вдоль оси X, мм	200

Сечение плиты

h, мм	220
a_x, мм	40
a_y, мм	50
h_0, мм	175

Нагрузки у граней плиты

	над плитой	под плитой
F, т	0	15.2
M_x, т		0
M_y, т	0	0.7
q, т	0	

Арматура

Класс	A500C
R_{sw}, т/м^2	30600
Ø , мм	8
n, шт	6
A_{sw}, см^2	3.02
s_w, мм	60
q_{sw}, т/м	153.81
$0.25 \cdot R_{bt} \cdot b$	6.40

Нагрузки на расчётный контур

N_{sup}, т	0	$M_{x,sup+int}$, тм		$M_{y,sup+int}$, тм	0.7
N_{int}, т	15.2	$M_{x,q}$, тм		$M_{y,q}$, тм	0.00
F_{q1}, т	0.07	$0.5 \cdot M_{x,loc}$, тм		$0.5 \cdot M_{y,loc}$, тм	0.35
F_q, т	0.00	$M_{x,F}$, тм		$M_{y,F}$, тм	0.00
F, т	15.13	M_x, тм	0.00	M_y, тм	0.35

Расчетный контур

l_x, м	0.38
l_y, м	0.38
u, м	1.13
A_{q1}, м^2	0.141
A_q, м^2	0.254

Несущая способность бетонного сечения без поперечной арматуры

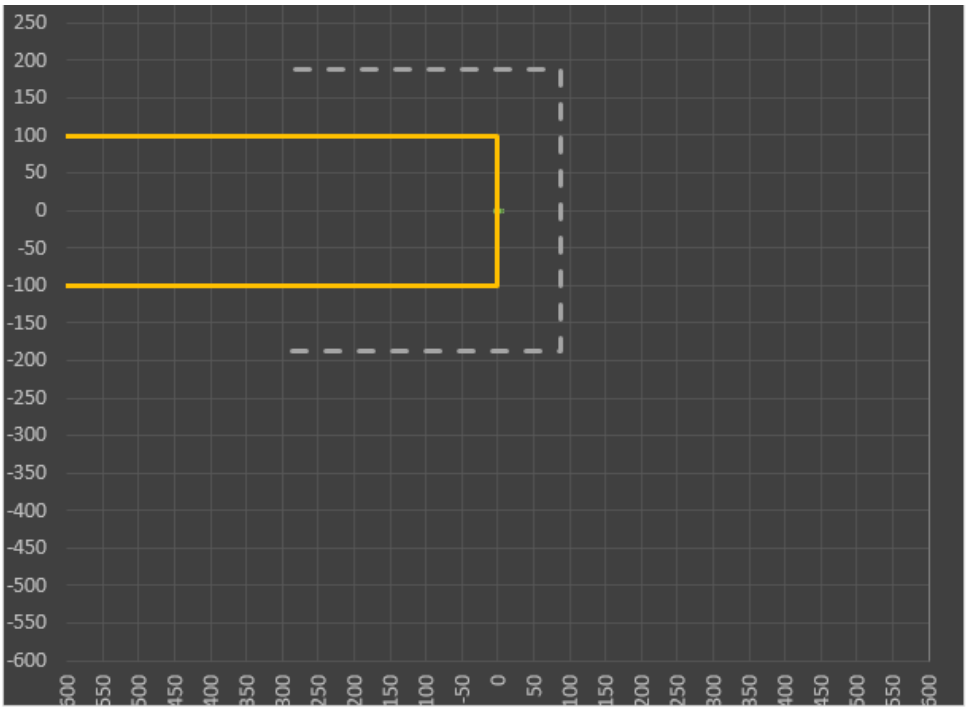
Бетон					
Класс	B30	I_{bx1}, м^3		I_{by1}, м^3	0.0044
R_{bt}, т/м2	117	I_{bx2}, м^3		I_{by2}, м^3	0.0264
γ_{b1}	1	I_{bx}, м^3		I_{by}, м^3	0.0308
A_b, м^2	0.20	W^-_{bx}, м^2		W^-_{by}, м^2	0.1641
$F_{b,ult}$, т	23.03	W^+_{bx}, м^2		W^+_{by}, м^2	0.1641
$F/F_{b,ult}$	0.657	$M_{bx,ult}$, тм		$M_{by,ult}$, тм	3.359
		$M_x/M_{bx,ult}$	0.000	$M_y/M_{by,ult}$	0.104

0.761 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

Несущая способность бетонного сечения с поперечной арматуры

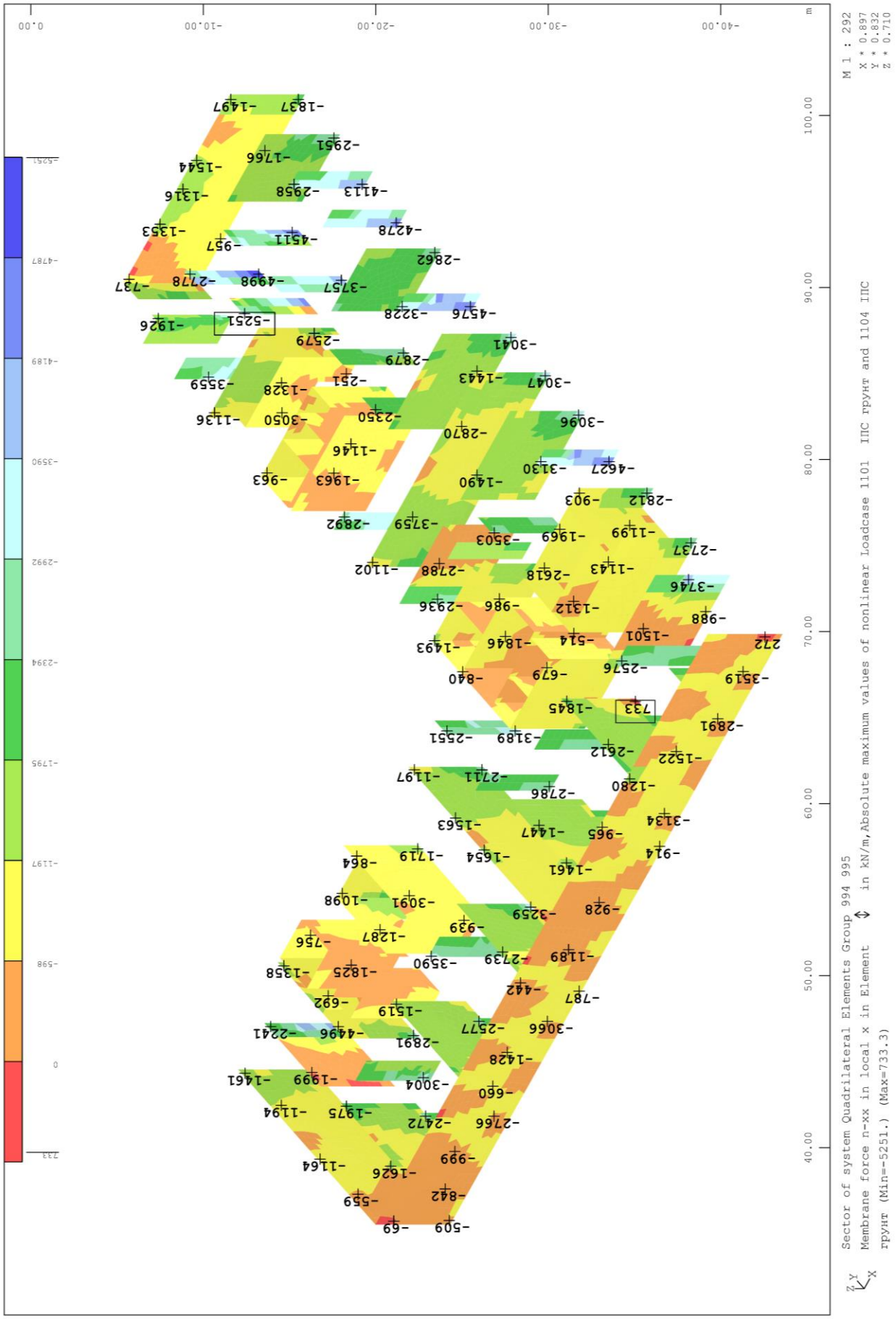
$F_{sw,ult}$, т	138.431			$M_{swy,ult}$, тм	20.188
F_{ult}, т	46.069			$M_{y,ult}$, тм	6.718
F/F_{ult}	0.328	$M_x/M_{x,ult}$	0.000	$M_y/My_{,ult}$	0.052

0.381 < 1 Условие прочности выполнено. Прочность обеспечена.

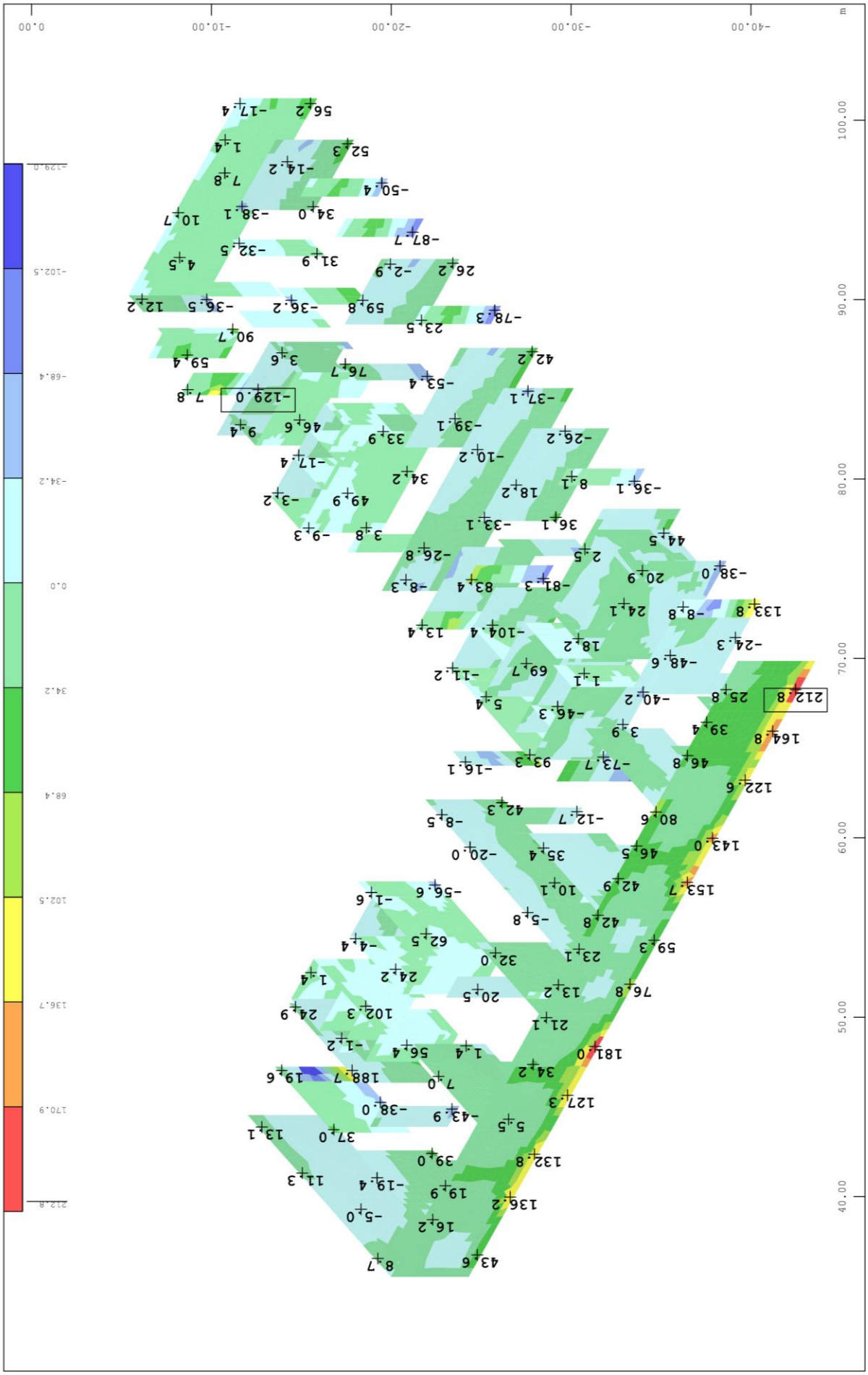


6.11. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах -1 этажа, кН/м

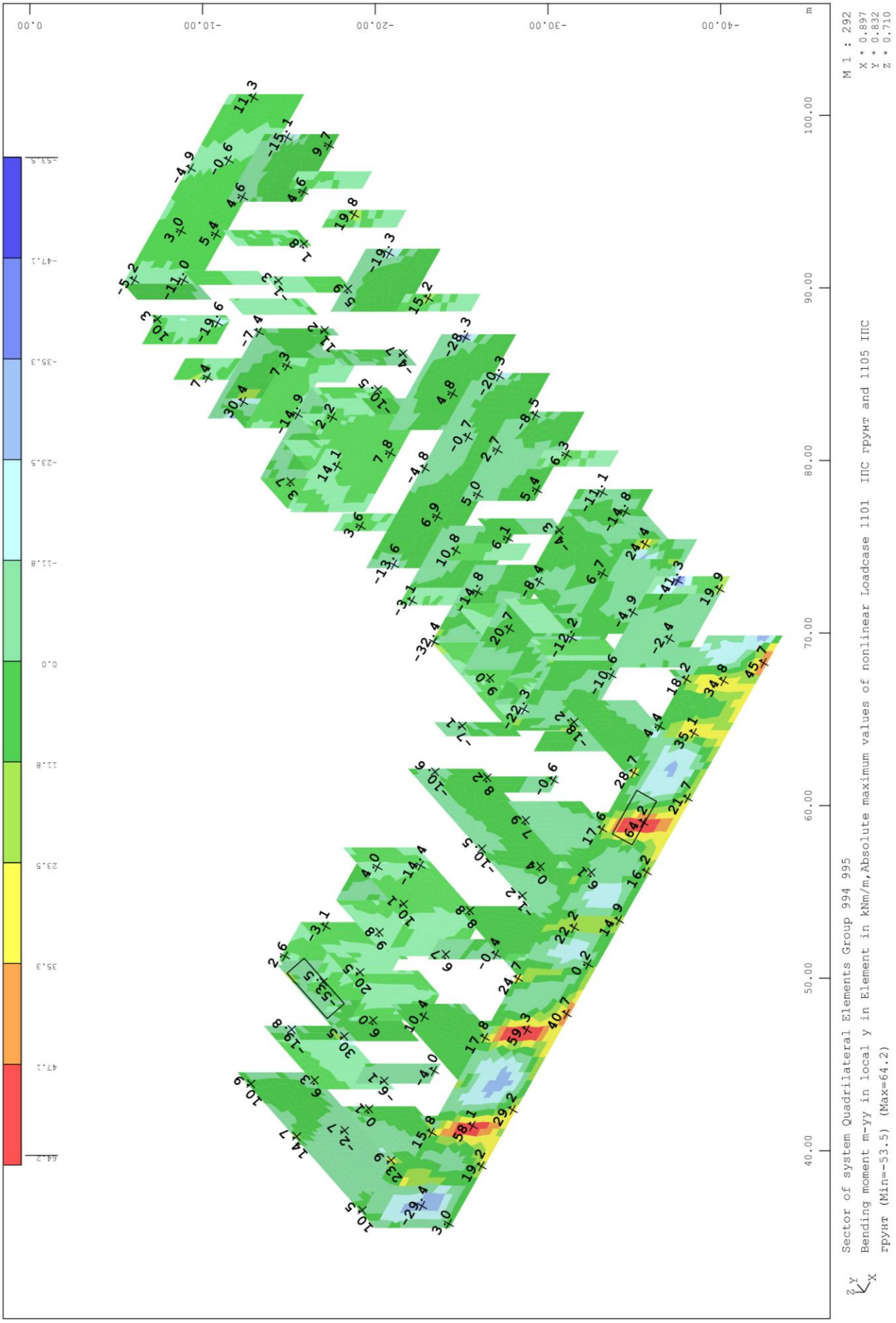


Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м



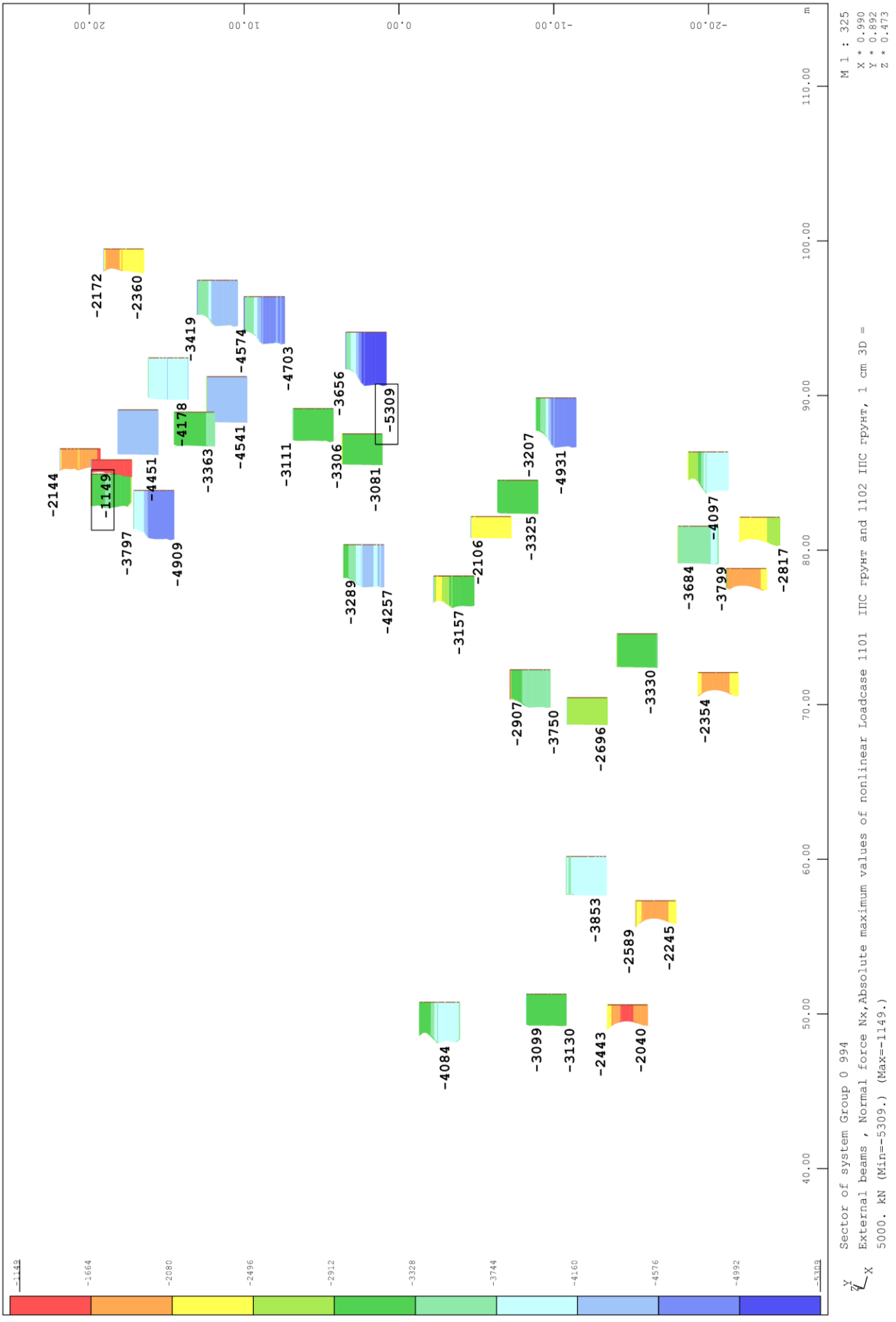
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата	1190-01-КР.РЗ	Лист 383

Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах -1 этажа, кН*м/м



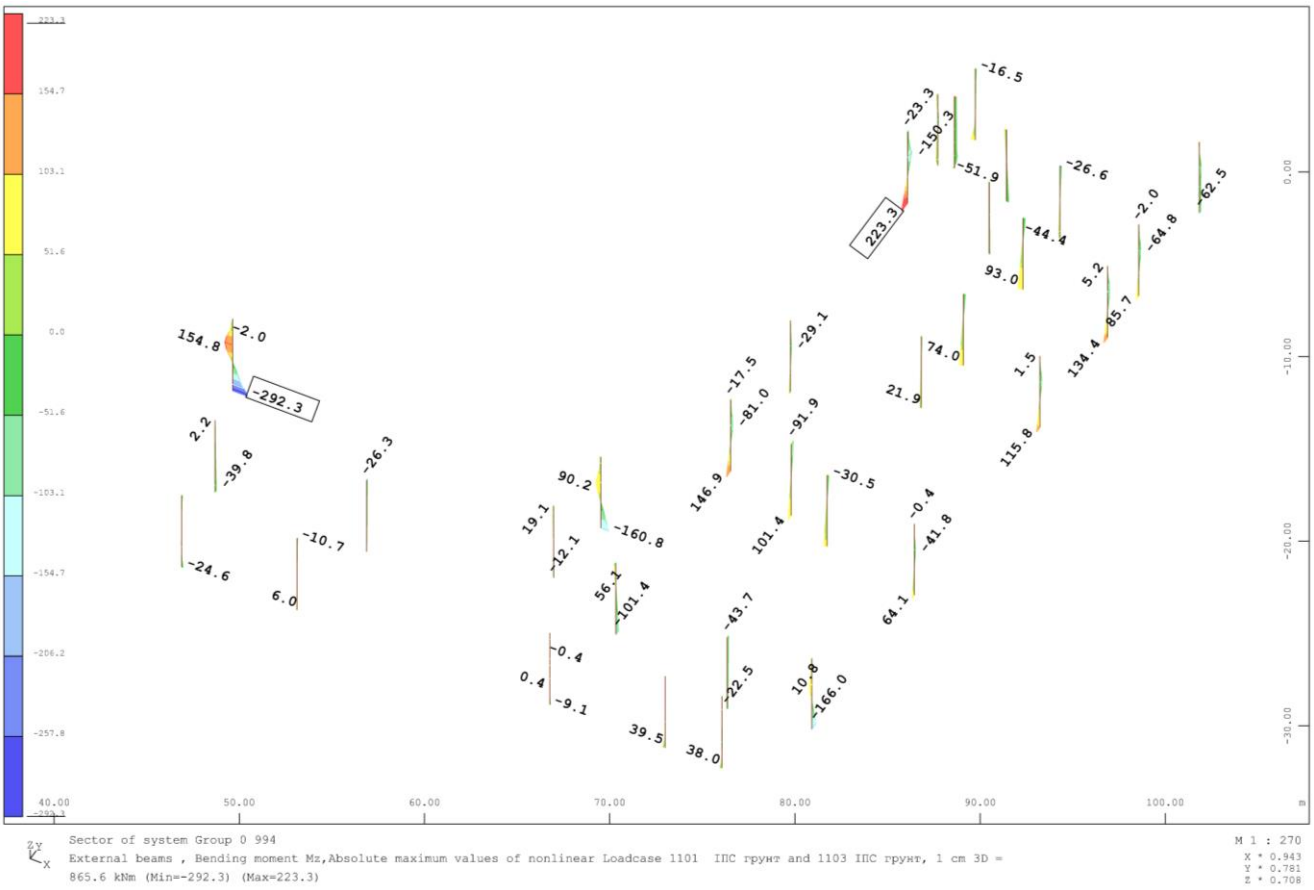
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		384

Вертикальные усилия (N) в пилонах -1 этажа, кН

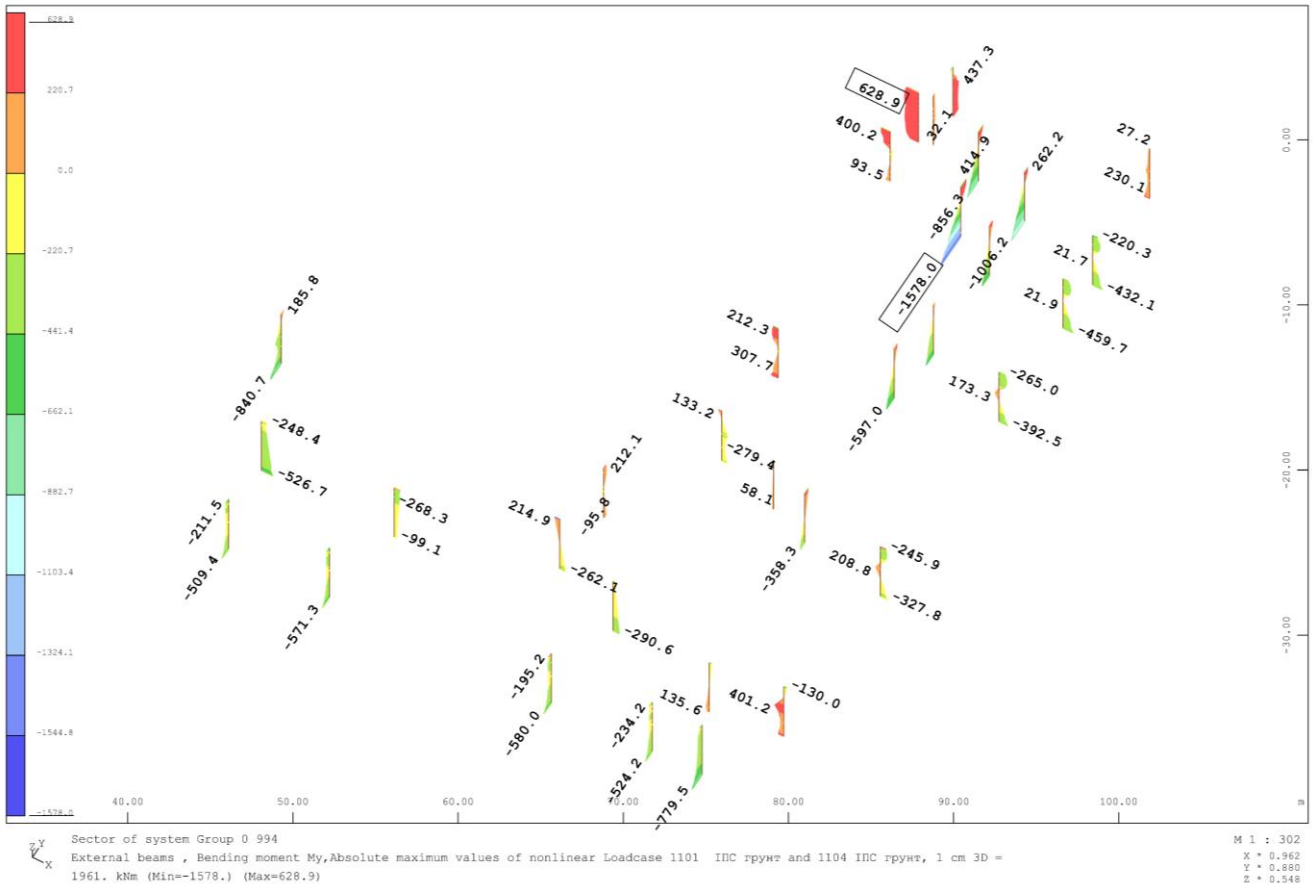


						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		385

Изгибающие моменты (Mx) в пилонах -1 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в пилонах -1 этажа, кН*м



ПИЛОН 300Х1200 В ОСЯХ 1.43-1.44/1.Л'-1.М' НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4931$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4684.45$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 64.1$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 60.9$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.2 \cdot 0.25) = 1.68\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 64.1/4931 = 0.013\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.013/0.3 = 0.043$$

Так как $\delta_e = 0.043 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 64.1 + 4931 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 557.2\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 60.9 + 4684.45 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 529.34\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 529.34/557.2 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 2.70000E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.5133E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 5.0265E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.70000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 5.02655E - 005$$
$$= 22037.17\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 22037.17)/(4.88\text{^}2) = 9133.05\text{кН}$$

Условие $N = 4931\text{кН} \le N_cr = 9133.05\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 4931/9133.05) = 2.173$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.013 \cdot 2.173 + (0.25 - 0.05)/2 = 0.128\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (4931 + 435000 \cdot 2.5133E - 003 - 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$= 0.289\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.289/0.25 = 1.158 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (4931 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.25(1 - 0.527))) = 0.208\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 4931 \cdot 0.128 = 632.42\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.208(0.25 - 0.5 \cdot 0.208) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.25 - 0.05)$$
$$= 727.69\text{кНм}$$

$$Ne = 632.42\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 727.69\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8691

ПИЛОН 300Х1260 В ОСЯХ 1.40-1.41/1.Л'-1.М' НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2134$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2027.3$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 101.4$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 96.33$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 126$ см $= 1.26$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.26 \cdot 0.25) = 0.89\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 101.4/2134 = 0.048\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.048/0.3 = 0.158$$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 101.4 + 2134 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 314.8\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 96.33 + 2027.3 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 299.06\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 299.06/314.8 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.158)) = 0.168$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.26 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 2.83500E - 003\text{м^}4$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 1.4074E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.8149E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.168 \cdot 32500000 \cdot 2.83500E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.81487E - 005$$
$$= 19402.61\text{кНм^}2$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 19402.61)/(4.88\text{^}2) = 8041.19\text{кН}$$

Условие $N = 2134\text{кН} \le N_cr = 8041.19\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 2134/8041.19) = 1.361$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.048 \cdot 1.361 + (0.25 - 0.05)/2 = 0.165\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\,/\varepsilon_bult\,) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$

$$= (2134\ +\ 435000 \cdot 1.4074E-003\ -\ 400000 \cdot 1.4074E-003)/(14450 \cdot 1.26)$$

$$=\ 0.12\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.12/0.25 = 0.48\ <\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны принимается равной $x = 0.12$м

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ -0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ -a')$$

$$Ne\ =\ 2134 \cdot 0.165\ =\ 351.43\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ -0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ -a')$$

$$= 14450 \cdot 1.26 \cdot 0.12(0.25 - 0.5 \cdot 0.12) + 400000 \cdot 1.4074E-003(0.25 - 0.05)$$

$$= 527.51\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 351.43\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ -0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ -a') = 527.51\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6662

ПИЛОН 300Х1300 В ОСЯХ 1.43-1.44/1.Р' НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 5309$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 5043.55$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 115.8$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 110.01$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(3.9270E-003 + 3.9270E-003)/(1.3 \cdot 0.25) = 2.42\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 115.8/5309 = 0.022\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.022/0.3 = 0.073$$

Так как $\delta_e = 0.073 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 115.8 + 5309 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 646.7\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 110.01 + 5043.55 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 614.37\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 614.37/646.7 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.3 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 2.92500E-003\text{м^4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 3.9270E-003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 3.9270E-003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 7.8540E-005\text{м^4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.92500E-003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 7.85398E-005$$
$$= 27245.57\text{кНм^2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 27245.57)/(4.88\text{^}2) = 11291.62\text{кН}$$

Условие $N = 5309\text{кН} \le N_cr = 11291.62\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 5309/11291.62) = 1.887$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.022 \cdot 1.887 + (0.25 - 0.05)/2 = 0.141\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (5309 + 435000 \cdot 3.9270E - 003 - 400000 \cdot 3.9270E - 003)/(14450 \cdot 1.3)$$
$$= 0.29\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.29/0.25 = 1.16 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (5309 + 435000 \cdot 3.9270E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 3.9270E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.3 + (2 \cdot 435000 \cdot 3.9270E - 003)/(0.25(1 - 0.527))) = 0.194\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 5309 \cdot 0.141 = 749.46\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.3 \cdot 0.194(0.25 - 0.5 \cdot 0.194) + 400000 \cdot 3.9270E - 003(0.25 - 0.05)$$
$$= 871.82\text{кНм}$$

$$Ne = 749.46\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 871.82\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.8597

ПИЛОН 300Х1500 В ОСЯХ 1.42-1.43/1.Т'-1.У' НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4541$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4313.95$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 93$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 88.35$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.5 \cdot 0.25) = 1.34\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 93/4541 = 0.02\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.02/0.3 = 0.068$$

Так как $\delta_e = 0.068 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 93 + 4541 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 547.1\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 88.35 + 4313.95 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 519.75\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 519.75/547.1 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 3.37500E-003\text{м^4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E-003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.5133E-003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 5.0265E-005\text{м^4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 3.37500E-003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 5.02655E-005$$
$$= 25787.17\text{кНм^2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 25787.17)/(4.88\text{^}2) = 10687.2\text{кН}$$

Условие $N = 4541\text{кН} \le N_cr = 10687.2\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 4541/10687.2) = 1.739$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.02 \cdot 1.739 + (0.25 - 0.05)/2 = 0.136\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$

$$= (4541 + 435000 \cdot 2.5133E - 003 - 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.5)$$

$$= 0.214\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.214/0.25 = 0.854 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$

$$= (4541 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$

$$- 003)/(14450 \cdot 1.5 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.25(1 - 0.527))) = 0.176\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 4541 \cdot 0.136 = 615.81\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$= 14450 \cdot 1.5 \cdot 0.176(0.25 - 0.5 \cdot 0.176) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.25 - 0.05)$$

$$= 818.9\text{кНм}$$

$$Ne = 615.81\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 818.9\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.752

ПИЛОН 300Х1600 В ОСЯХ 1.37-1.39/1.У'-1.Ш' НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4909$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4663.55$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 223.3$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 212.14$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 30$ см $= 0.3$м
- Ширина сечения $b = 160$ см $= 1.6$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.3 - 0.05 = 0.25$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 18)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 44.18$ см^2 $= 4.4179E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 44.18$ см^2 $= 4.4179E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(4.4179E-003 + 4.4179E-003)/(1.6 \cdot 0.25) = 2.21\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.3/30 = 0.01\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 223.3/4909 = 0.045\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.045/0.3 = 0.152$$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 223.3 + 4909 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 714.2\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 212.14 + 4663.55 \cdot (0.3/2 - 0.05) = 678.49\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 678.49/714.2 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.152)) = 0.17$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.6 \cdot 0.3\text{^}3)/(12) = 3.60000E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 4.4179E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2 + 4.4179E - 003(0.3/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 8.8357E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.17 \cdot 32500000 \cdot 3.60000E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 8.83573E - 005$$
$$= 32298\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 32298)/(4.88\text{^}2) = 13385.54\text{кН}$$

Условие $N = 4909\text{кН} \leq N_cr = 13385.54\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 4909/13385.54) = 1.579$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.045 \cdot 1.579 + (0.25 - 0.05)/2 = 0.172\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\,/\varepsilon_bult\,) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$

$$= (4909\ +\ 435000 \cdot 4.4179E-003\ -\ 400000 \cdot 4.4179E-003)/(14450 \cdot 1.6)$$

$$=\ 0.219\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.219/0.25 = 0.876\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$

$$= (4909 + 435000 \cdot 4.4179E-003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 4.4179E$$

$$-003)/(14450 \cdot 1.6 + (2 \cdot 435000 \cdot 4.4179E-003)/(0.25(1 - 0.527))) = 0.168\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ -0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ -a')$$

$$Ne\ =\ 4909 \cdot 0.172\ =\ 843.52\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ -0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ -a')$$

$$= 14450 \cdot 1.6 \cdot 0.168(0.25 - 0.5 \cdot 0.168) + 400000 \cdot 4.4179E-003(0.25 - 0.05)$$

$$= 998.25\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 843.52\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ -0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ -a') = 998.25\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.845

ПИЛОН 460Х1500 В ОСЯХ 1.37-1.39/1.У'-1.Ш' НА -1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2817$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2676.15$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 38$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 36.1$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 46$ см $= 0.46$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.46 - 0.05 = 0.41$м
- Диаметр стержней $d_s = 25$мм $= 0.025$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 39.27$ см^2 $= 3.9270E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(3.9270E-003 + 3.9270E-003)/(1.5 \cdot 0.41) = 1.28\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 610$ см $= 6.1$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 6.1 \cdot 0.8 = 4.88$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 6.1/600 = 0.01\text{м}$$

$$h/30 = 0.46/30 = 0.015\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.015$м

$$e_0 = M/N = 38/2817 = 0.013\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.013\text{м} < e_a = 0.015\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.015$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.015/0.46 = 0.033$$

Так как $\delta_e = 0.033 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 38 + 2817 \cdot (0.46/2 - 0.05) = 545.06\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 36.1 + 2676.15 \cdot (0.46/2 - 0.05) = 517.81\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 517.81/545.06 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.46\text{^}3)/(12) = 1.21670E-002\text{м^4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 3.9270E-003(0.46/2 - 0.05)\text{^}2 + 3.9270E-003(0.46/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.5447E-004\text{м^4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.21670E-002 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.54469E-004$$
$$= 103220.11\text{кНм^2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 103220.11)/(4.88\text{^}2) = 42778.39\text{кН}$$

Условие $N = 2817\text{кН} \le N_cr = 42778.39\text{кН}$ выполняется.

Согласно п. 8.1.16, при выполнении условий $e_0 \le h/30$ и $l_0/h \le 20$ расчет внецентренно нагруженного элемента допускается выполнять по формуле:

$$N \leq N_ult$$

$$N_ult = \varphi(R_b\, A + R_sc\, A_(s,tot))$$

$$A_(s,tot) = A_s + A_s' = 7.8540E-003 \text{см}\text{\^{}}2$$

$$l_0/h = 4.88/0.46 = 10.61$$

При кратковременном действии нагрузки коэффициент ф определяется по линейному закону $\varphi = 0.90$ при $l_0/h = 10$ и $\varphi = 0.85$ при $l_0/h = 20$

$$\varphi = 0.9$$

$$N_ult = 0.9(14450 \cdot 0.69 + 400000 \cdot 7.8540E-003) = 11761 \text{кН}$$

Условие 8.16 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.3512

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 460 в осях 1.А/1.43-1.44

Класс бетона: В30 Класс арматуры: А500

$R_{b.ser}$, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_{bt.ser}$, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_b\gamma_{b2}$	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
$R_{bt}\gamma_{b2}$	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	460	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	6100	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	410	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	488	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	118	тс	-продольная сила
M=	15,2	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	14,7	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	20	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	15,7	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	15,7	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	20	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	15,7	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	15,7	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,38	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	25,4	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	12,9	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	8,39	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	811133,33	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	10186,76	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,28		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ=	1,97		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,13		
k_s=	0,7		
D=	3,575E+10	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	1481,5	тс	-условная критическая сила
η=	1,09		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	32	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 68,56 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 37,755 \text{ тс· м}$$

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 250 в осях 1.А-1.Д/1.33

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

$R_{b.n}$, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_{bt.n}$, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	250	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	6100	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	200	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	488	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	183	тс	-продольная сила
M=	1,7	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,6	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,24	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	6,9	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,02	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	11,6	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	130208,33	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	1134,2502	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,94		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,17		
k_s=	0,7		
D=	6,065E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	251,37	тс	-условная критическая сила
η=	3,68		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	11,2	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 30,444 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 20,566 \text{ тс· м}$$

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 220 в осях 1.Т'/1.37-1.41

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b,ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s,n}$, $R_{s,ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt,ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc,n}$, $R_{sc,ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	220	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	6100	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	170	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	488	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	133	тс	-продольная сила
M=	2,1	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,8	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'$_s$=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,24	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	5,5	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,58	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	8,91	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	88733,333	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	727,09975	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,86		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,18		
k_s=	0,7		
D=	4,205E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	174,27	тс	-условная критическая сила
η=	4,22		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	12,7	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 21,386 тс· м

условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 16,848 тс· м

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены -1 этажа толщиной 200 в осях 1.Е-1.К/1.27

Класс бетона В30 Класс арматуры А500

$R_{b.n}$, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_{bt.n}$, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	6100	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	150	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	488	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	88	тс	-продольная сила
M=	1,7	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,5	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	5,65	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	5,65	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,14	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	2,6	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,93	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	6,11	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	66666,667	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	283,78014	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,88		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,18		
k_s=	0,7		
D=	2,753E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	114,08	тс	-условная критическая сила
η=	4,37		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	13,5	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 13,06 \text{ тс· м}$$

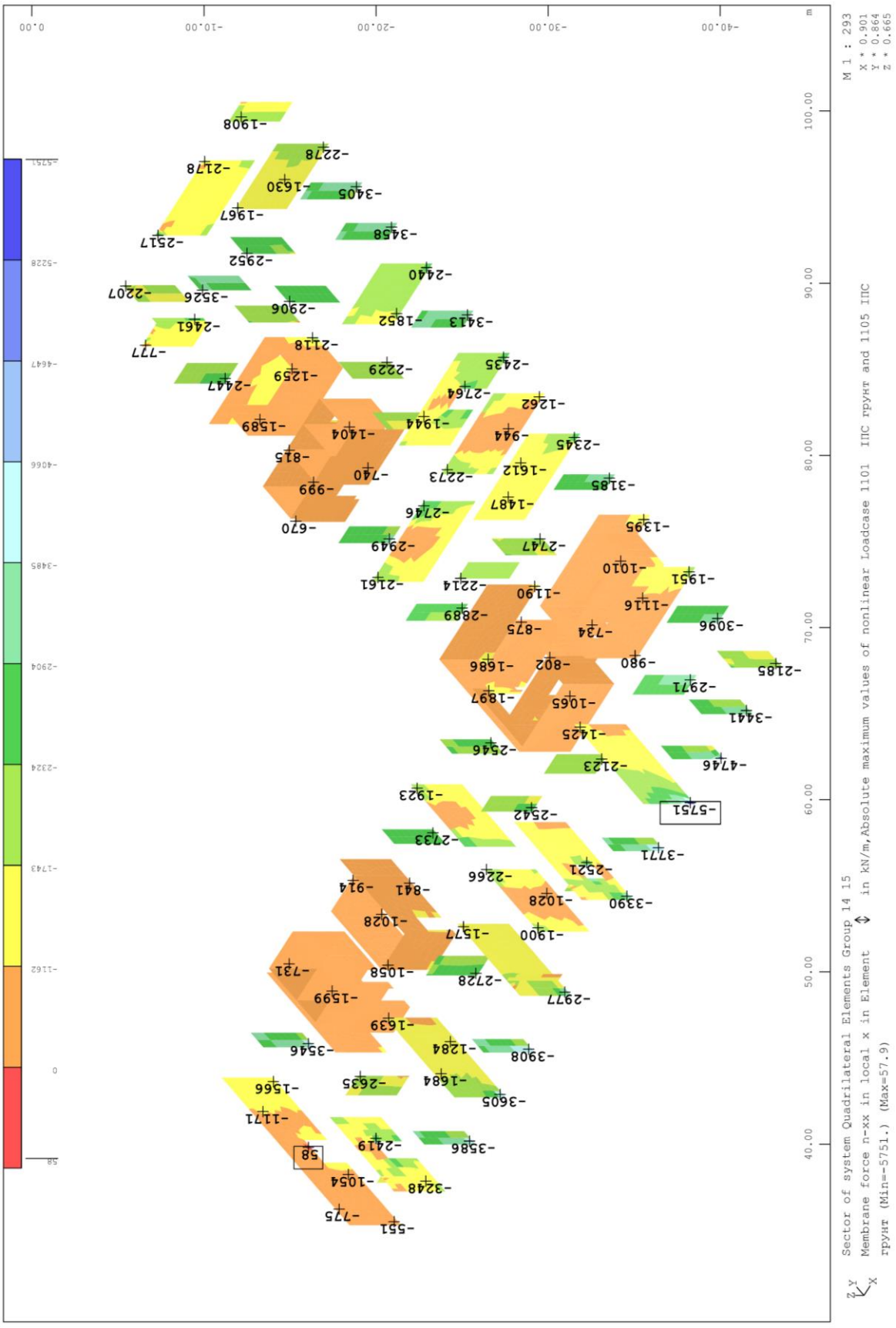
условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 11,837 \text{ тс· м}$$

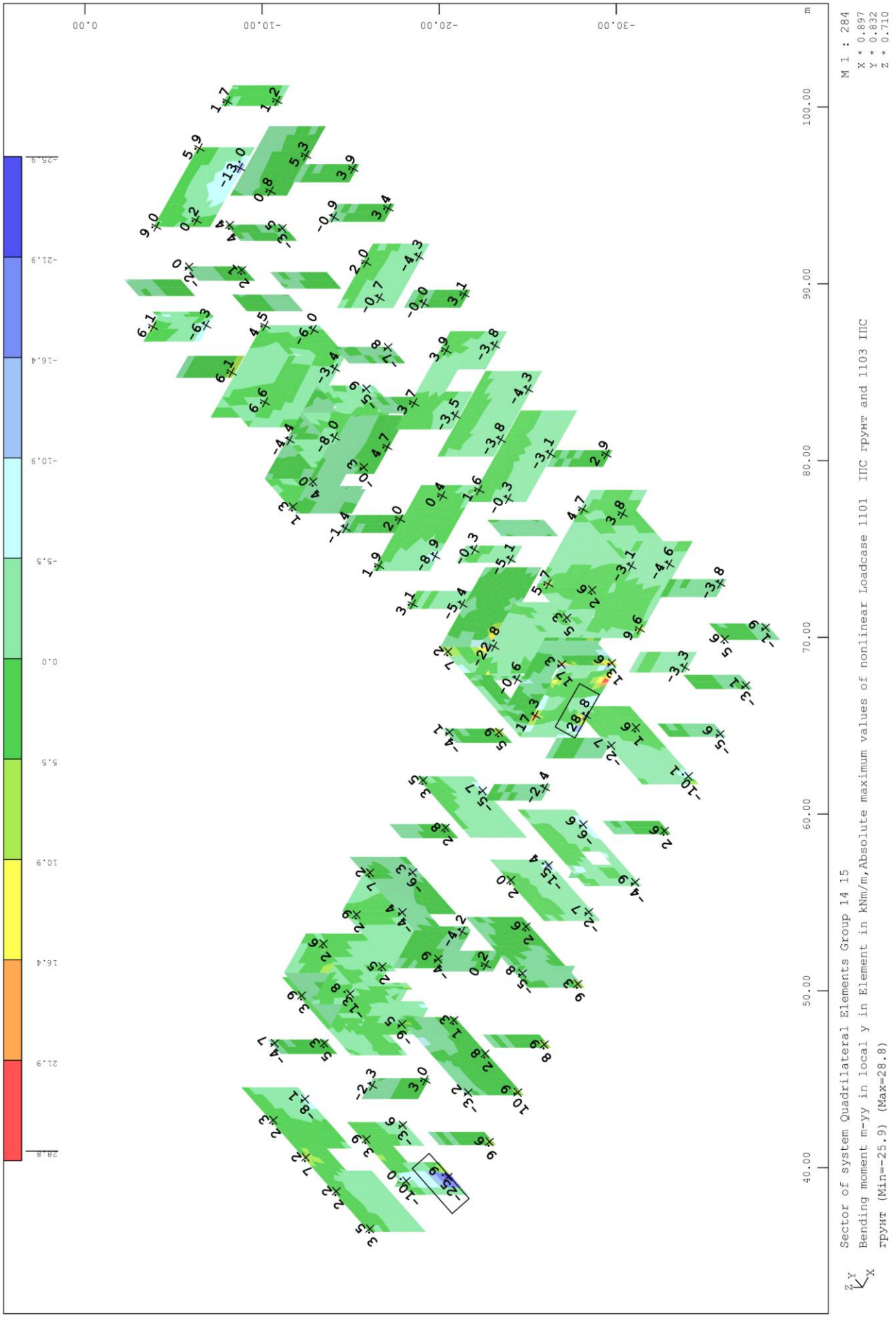
6.12. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ

6.12.1. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 1 ЭТАЖА

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 1 этажа, кН/м

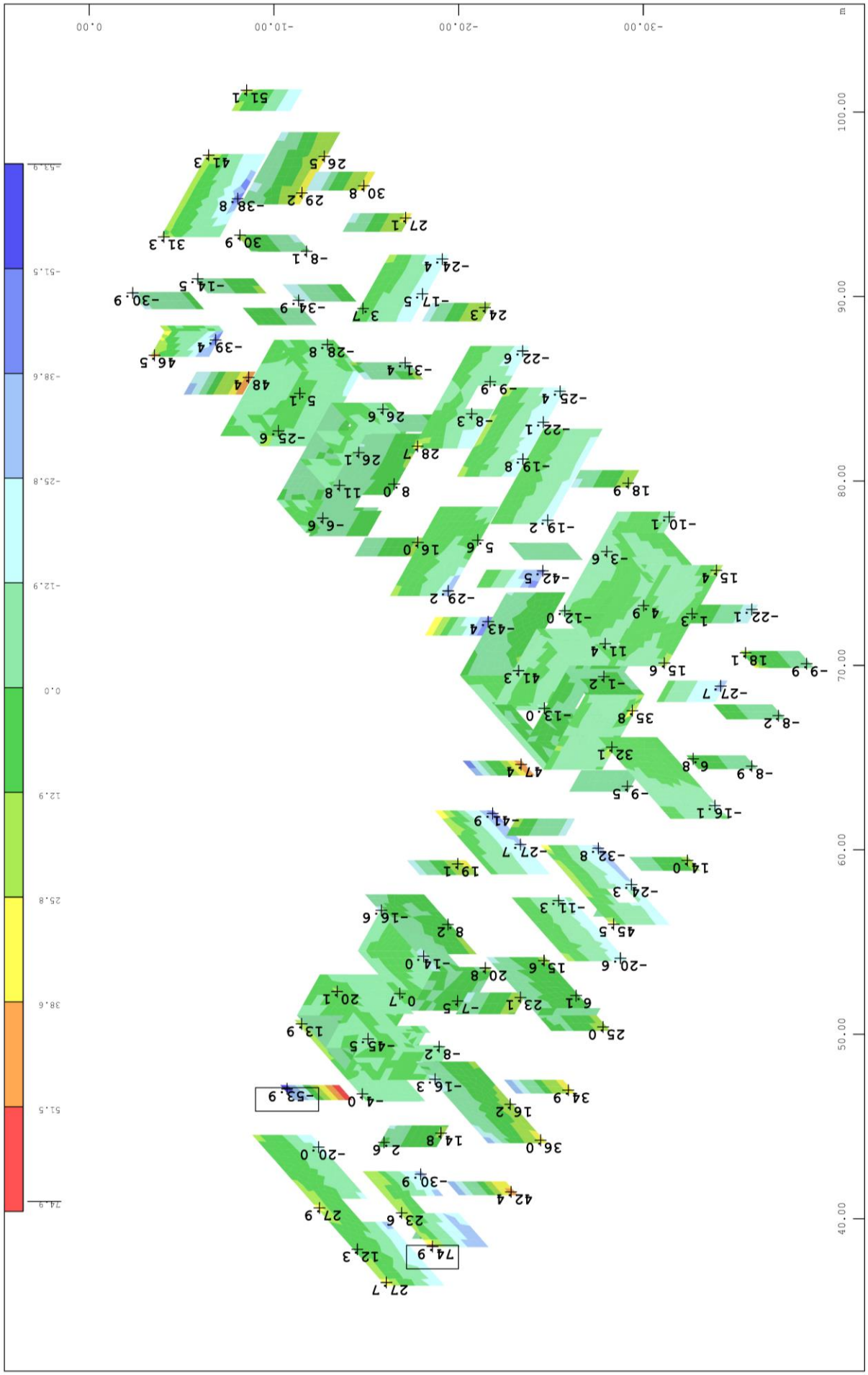


Изгибающие моменты (My) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м



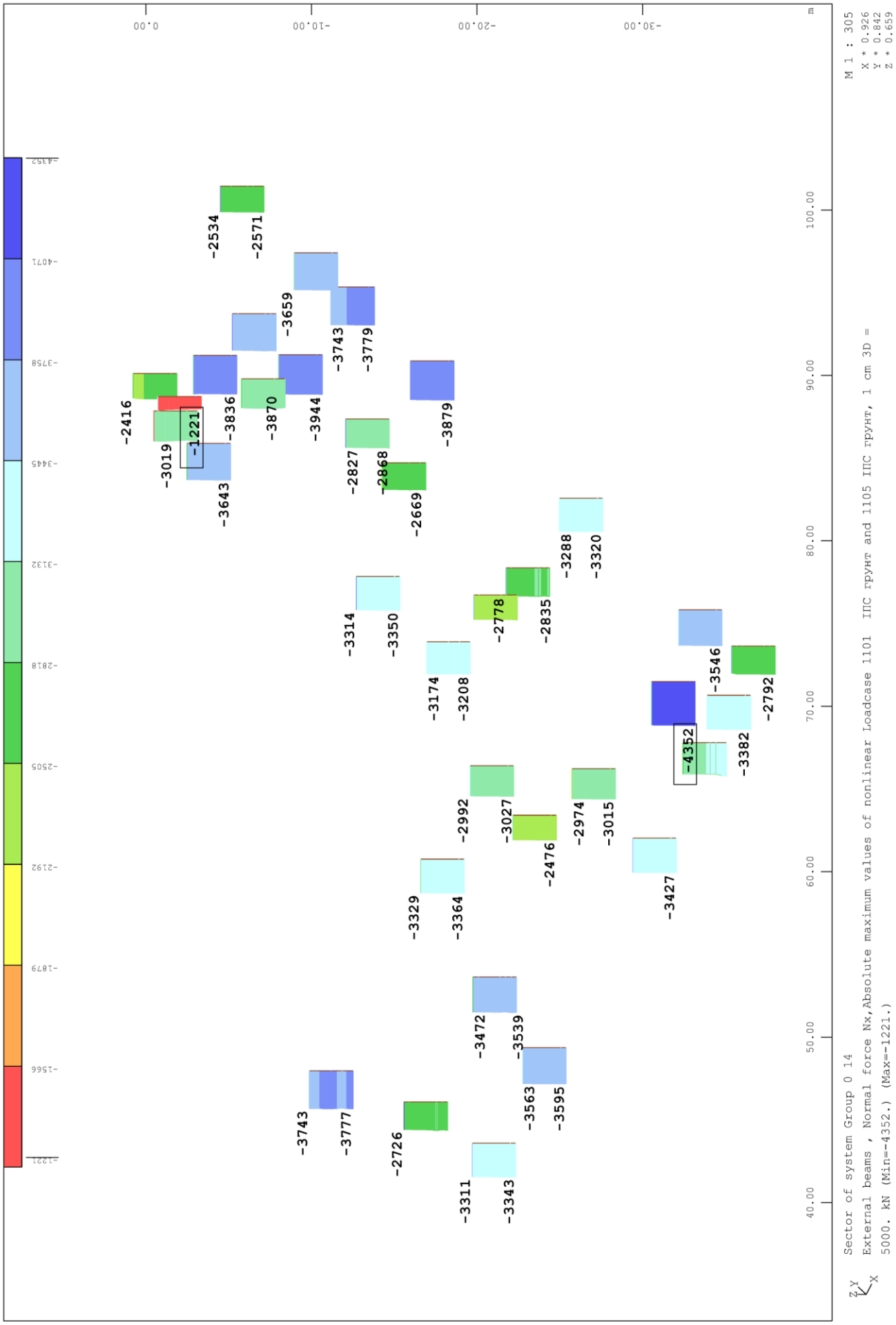
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		410

Изгибающие моменты (Mx) в стенах и пилонах 1 этажа, кН*м/м

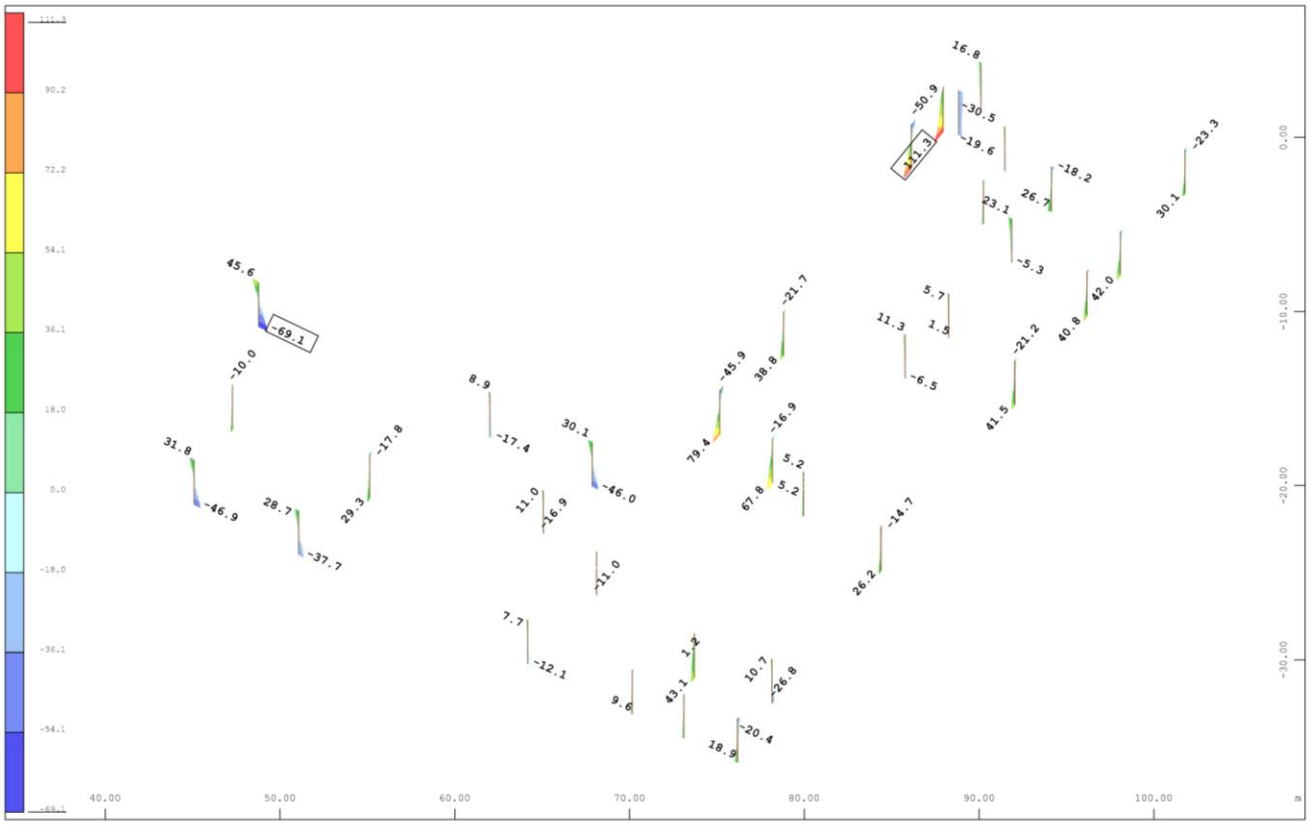


						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		411

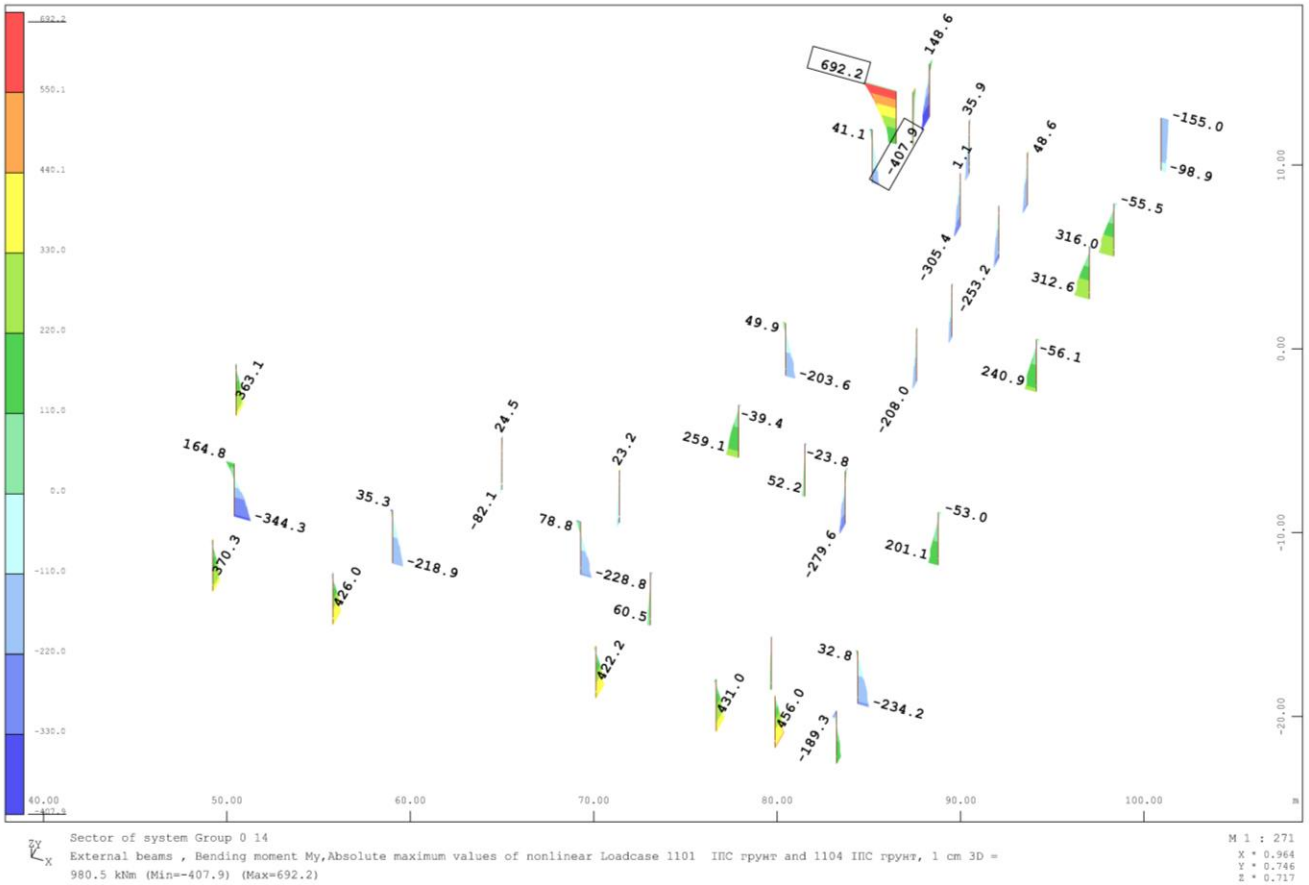
Вертикальные усилия (N) в пилонах 1 этажа, кН



Изгибающие моменты (Мх) в пилонах 1 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (Му) в пилонах 1 этажа, кН*м



ПИЛОН 250Х1200 В ОСЯХ 1.31/1.А-1.Б НА 1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3595$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3415.25$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 37.7$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 35.82$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.2 \cdot 0.2) = 1.17\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 = 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 4.5/600 = 0.008\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 37.7/3595 = 0.01\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 = 0.042$$

Так как $\delta_e = 0.042 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 37.7 + 3595 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 307.33\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 35.82 + 3415.25 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 291.96\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 291.96/307.33 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.56250E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 1.4074E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.5834E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.56250E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.58336E - 005$$
$$= 10897.26\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 10897.26)/(3.6\text{^}2) = 8298.74\text{кН}$$

Условие $N = 3595\text{кН} \le N_cr = 8298.74\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 3595/8298.74) = 1.764$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.764 + (0.2 - 0.05)/2 = 0.094\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (3595 + 435000 \cdot 1.4074E - 003 - 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$= 0.21\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.21/0.2 = 1.051 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (3595 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.165\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 3595 \cdot 0.094 = 336.14\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.165(0.2 - 0.5 \cdot 0.165) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 420.86\text{кНм}$$

$$Ne = 336.14\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 420.86\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7987

ПИЛОН 250Х1260 В ОСЯХ 1.40-1.41/1.Л'-1.М' НА 1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2467$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2343.65$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 67.8$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 64.41$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 126$ см $= 1.26$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0\ ) = 100\%(1.4074E-003\ +\ 1.4074E-003\ )/(1.26\ \cdot\ 0.2\ ) =\ 1.12\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b\ \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 \ = \ 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 4.5/600 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.25/30 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 67.8/2467 = 0.027\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.027/0.25 \ = \ 0.11$$

Так как $\delta_e = 0.11 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 67.8 \ + \ 2467 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 252.83\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 64.41 \ + \ 2343.65 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 240.18\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 240.18/252.83 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.26 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.64063E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.4074E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.5834E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.64063E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.58336E - 005$$
$$= \ 11331.29\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 11331.29)/(3.6\text{^}2) = 8629.27\text{кН}$$

Условие $N = 2467\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 8629.27\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 2467/8629.27) = 1.4$$

$$e = e_0 \ \eta + (h_0 \ - a')/(2) = 0.027 \cdot 1.4 \ + \ (0.2 \ - \ 0.05)/2 \ = \ 0.113\text{м}$$

$$\varepsilon_sel \ = R_s \ /E_s \ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (2467 + 435000 \cdot 1.4074E - 003 - 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.26)$$
$$= 0.138\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.138/0.2 = 0.691 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (2467 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.26 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.125\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 2467 \cdot 0.113 = 279.97\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.26 \cdot 0.125(0.2 - 0.5 \cdot 0.125) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 396.8\text{кНм}$$

$$Ne = 279.97\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 396.8\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7056

ПИЛОН 250Х1300 В ОСЯХ 1.43-1.44/1.Р' НА 1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3879$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3685.05$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 41.5$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 39.43$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.3 \cdot 0.2) = 1.93\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 = 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 4.5/600 = 0.008\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 41.5/3879 = 0.011\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.011/0.25 = 0.043$$

Так как $\delta_e = 0.043 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 41.5 + 3879 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 332.43\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 39.43 + 3685.05 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 315.8\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 315.8/332.43 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.3 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.69271E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.8274E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.69271E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E - 005$$
$$= 13362.34\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 13362.34)/(3.6\text{^}2) = 10176.01\text{кН}$$

Условие $N = 3879\text{кН} \le N_cr = 10176.01\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr) = (1)/(1 - 3879/10176.01) = 1.616$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.011 \cdot 1.616 + (0.2 - 0.05)/2 = 0.092\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (3879 + 435000 \cdot 2.5133E - 003 - 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.3)$$
$$= 0.211\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.211/0.2 = 1.056 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (3879 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.3 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.153\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 3879 \cdot 0.092 = 357.99\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.3 \cdot 0.153(0.2 - 0.5 \cdot 0.153) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 505.6\text{кНм}$$

$$Ne = 357.99\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 505.6\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7081

ПИЛОН 250Х1500 В ОСЯХ 1.42-1.43/1.Г НА 1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4352$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4134.4$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 43.1$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 40.95$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.5 \cdot 0.2) = 1.68\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 = 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 4.5/600 = 0.008\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 43.1/4352 = 0.01\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.01\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 = 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 43.1 + 4352 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 369.5\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 40.95 + 4134.4 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 351.03\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 351.03/369.5 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.95313E - 003\text{м^4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.5133E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 2.8274E - 005\text{м^4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.95313E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 2.82743E - 005$$
$$= 14809.1\text{кНм^2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 14809.1)/(3.6\text{^}2) = 11277.78\text{кН}$$

Условие $N = 4352\text{кН} \le N_cr = 11277.78\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 4352/11277.78) = 1.628$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.628\ +\ (0.2\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.091\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (4352\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.5)$$
$$=\ 0.205\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.205/0.2 = 1.024\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (4352 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.5 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.154\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 4352 \cdot 0.091\ =\ 397.27\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.5 \cdot 0.154(0.2 - 0.5 \cdot 0.154) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 560.89\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 397.27\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 560.89\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7083

ПИЛОН 250Х1600 В ОСЯХ 1.37-1.39/1.У'-1.Ш' НА 1 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3643$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3460.85$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 94.4$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 89.68$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 160$ см $= 1.6$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 18)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 28.27$ см^2 $= 2.8274E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 28.27$ см^2 $= 2.8274E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0\ ) = 100\%(2.8274E-003\ +\ 2.8274E-003\ )/(1.6 \cdot 0.2\ ) =\ 1.77\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 450$ см $= 4.5$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 4.5 \cdot 0.8 = 3.6$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 = 4.5/600 = 0.008\text{м}$$

$$h/30 = 0.25/30 = 0.008\text{м}$$

$$1\text{ см} = 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 94.4/3643 = 0.026\text{м}$$

$$\delta_e = e_0/h = 0.026/0.25 = 0.104$$

Так как $\delta_e = 0.104 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 94.4 + 3643 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 367.63\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l\,(h/2 - a) = 89.68 + 3460.85 \cdot (0.25/2 - 0.05) = 349.24\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1\,/M_1 = 349.24/367.63 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l\,(0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 + 0.15)) = 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.6 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 2.08333E - 003\text{м\^{}4}$$

$$I_s = A_s\,(h/2 - a)\text{^}2 + A'_s\,(h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.8274E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 + 2.8274E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 3.1809E - 005\text{м\^{}4}$$

$$D = k_b\,E_b\,I + k_s\,E_s\,I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 2.08333E - 003 + 0.7 \cdot 200000000 \cdot 3.18086E - 005$$
$$= 16027.28\text{кНм\^{}2}$$

$$N_cr = (\pi\text{^}2\,D)/(l_0\,\text{^}2) = (3.14\text{^}2 \cdot 16027.28)/(3.6\text{^}2) = 12205.47\text{кН}$$

Условие $N = 3643\text{кН} \le N_cr = 12205.47\text{кН}$ выполняется.

$$\eta = (1)/(1 - N/N_cr\,) = (1)/(1 - 3643/12205.47) = 1.425$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0 - a')/(2) = 0.026 \cdot 1.425 + (0.2 - 0.05)/2 = 0.112\text{м}$$

$$\varepsilon_sel = R_s\,/E_s = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel /\varepsilon_bult) = (0.8)/(1 + 0.002175/0.0042) = 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b)$$
$$= (3643 + 435000 \cdot 2.8274E - 003 - 400000 \cdot 2.8274E - 003)/(14450 \cdot 1.6)$$
$$= 0.162\text{м}$$

$$\xi = x/h_0 = 0.162/0.2 = 0.809 > \xi_R = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x = (N + R_s\ A_s\ (1 + \xi_R)/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s)/(R_b\ b + (2R_s\ A_s)/(h_0\ (1 - \xi_R)))$$
$$= (3643 + 435000 \cdot 2.8274E - 003\ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.8274E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.6 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.8274E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.132\text{м}$$

$$Ne \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$

$$Ne = 3643 \cdot 0.112 = 407.79\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.6 \cdot 0.132(0.2 - 0.5 \cdot 0.132) + 400000 \cdot 2.8274E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 578.55\text{кНм}$$

$$Ne = 407.79\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0 - 0.5x) + R_sc\ A'_s\ (h_0 - a') = 578.55\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7048

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены 1 этажа толщиной 250 в осях 1.А-1.Д/1.40

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b,ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s,n}$, $R_{s,ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt,ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc,n}$, $R_{sc,ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	250	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	4500	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	200	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	360	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	259	тс	-продольная сила
M=	1,6	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,5	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'$_s$=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,24	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	6,9	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	14,8	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	130208,33	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	1134,2502	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,94		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,17		
k_s=	0,7		
D=	6,074E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	462,54	тс	-условная критическая сила
η=	2,27		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	9,77	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')$ = 33,664 тс· м

условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 25,311 тс· м

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены 1 этажа толщиной 200 в осях 1.М'/1.42-1.44

Класс бетона В30 Класс арматуры А500

$R_{b.n}$, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
$R_{bt.n}$, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	4500	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	150	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	360	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	155	тс	-продольная сила
M=	1,9	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,6	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	5,65	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	5,65	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,14	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	2,6	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,23	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	9,65	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	66666,667	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	283,78014	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,84		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,18		
k_s=	0,7		
D=	2,804E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	213,53	тс	-условная критическая сила
η=	3,65		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	9,47	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

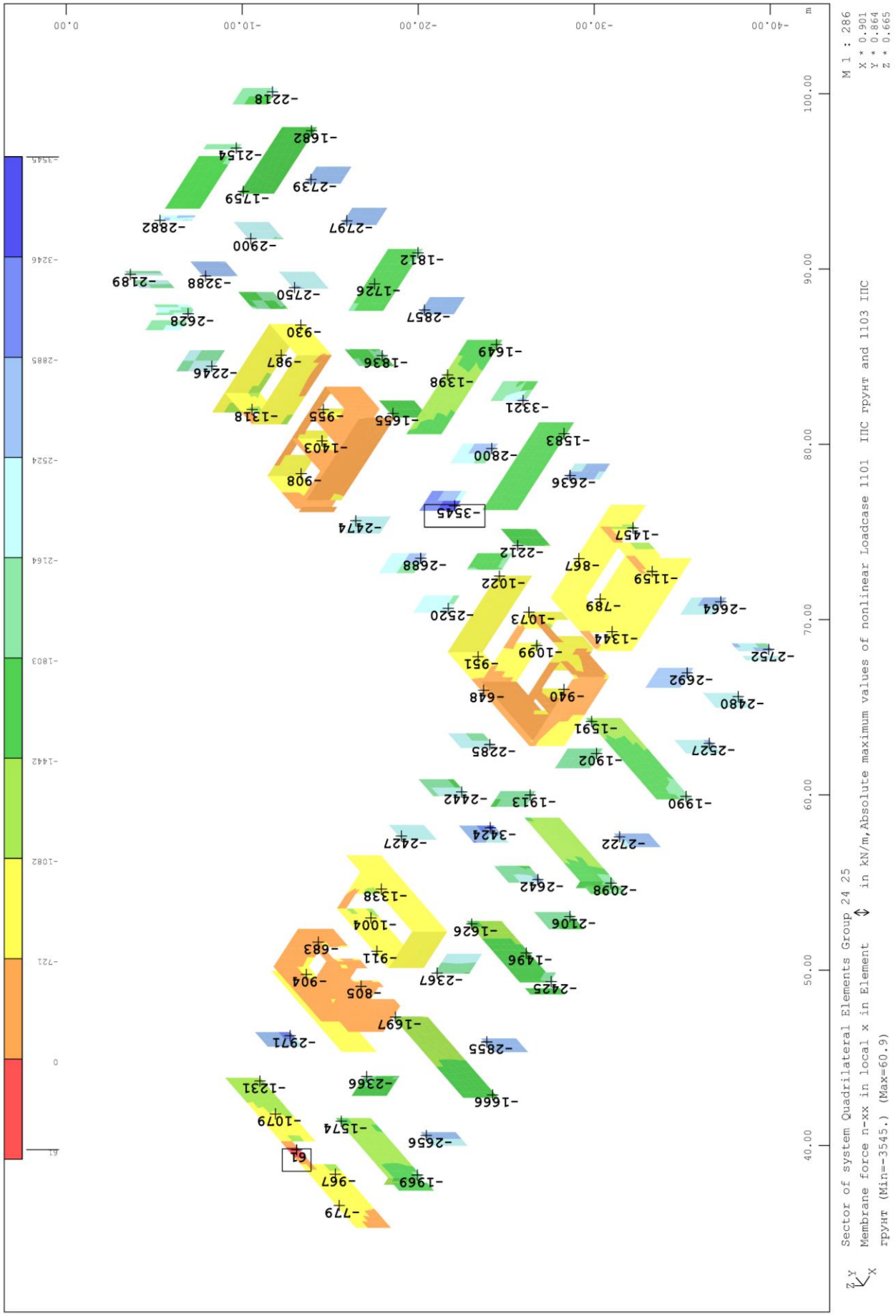
$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 16{,}774 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

$N \cdot e$ = 14,682 тс· м

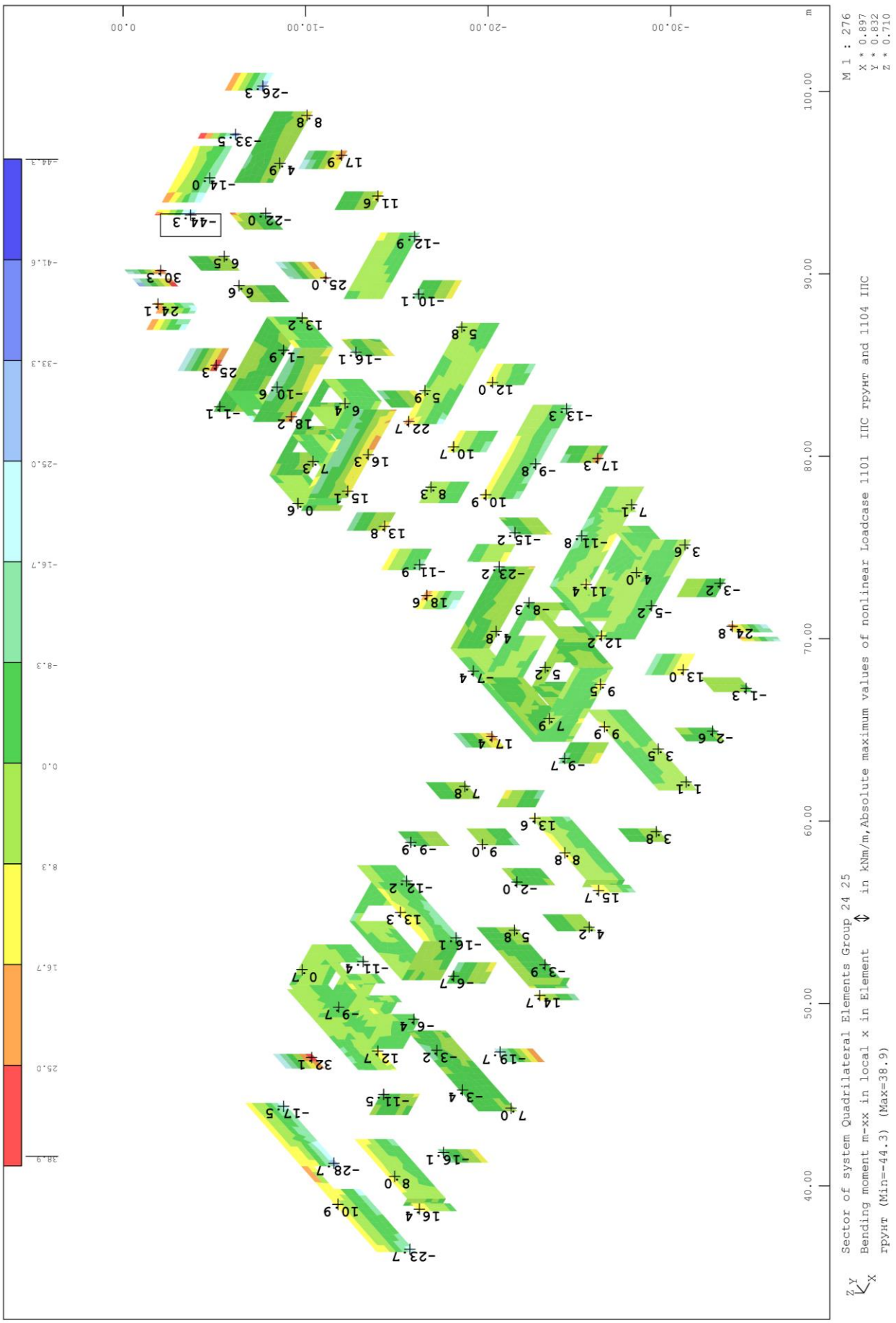
6.12.2. НЕСУЩИЕ СТЕНЫ И ПИЛОНЫ 2 ЭТАЖА

Вертикальные усилия (N) в стенах и пилонах 2 этажа, кН/м



						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		431

Изгибающие моменты (Мх) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м

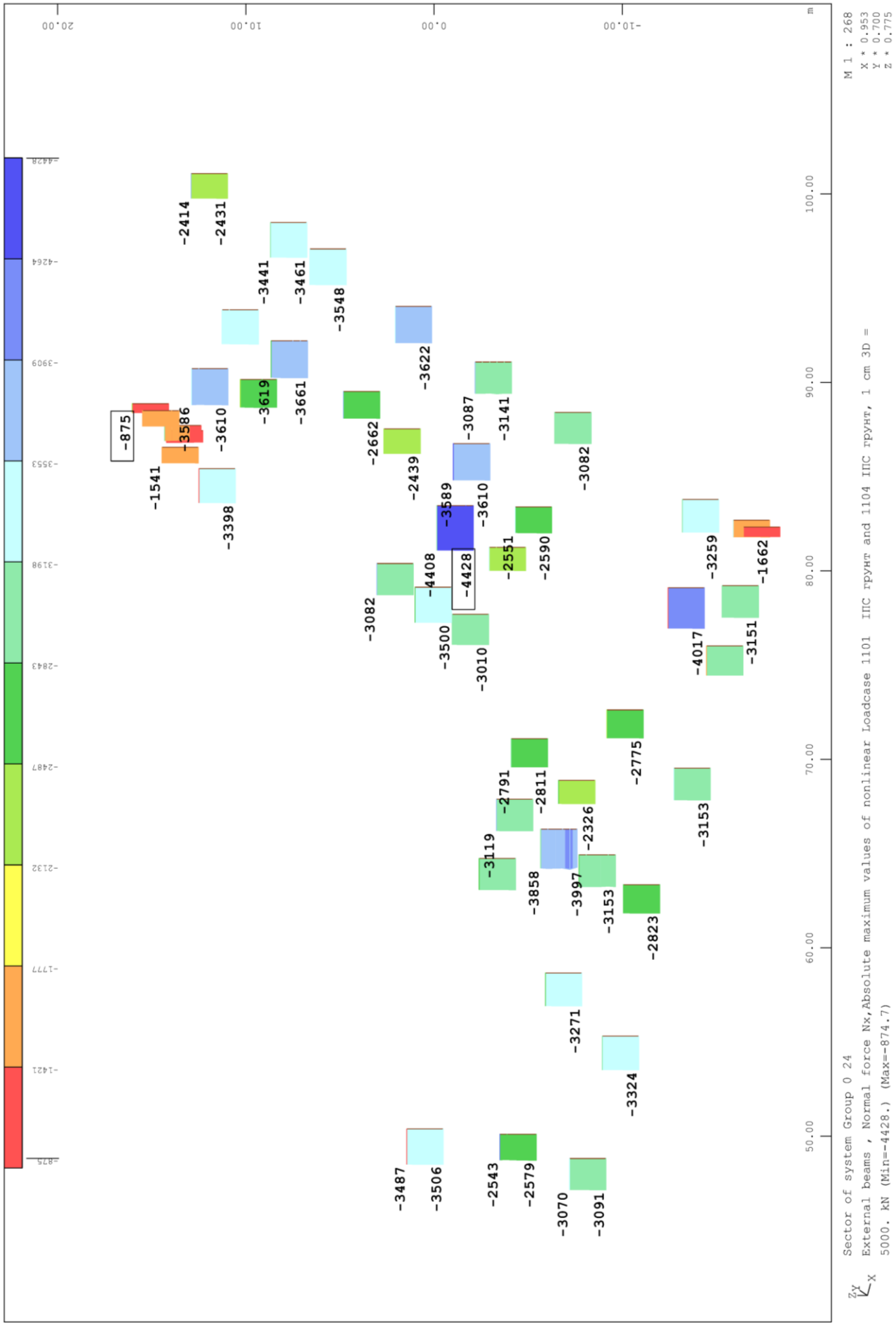


Изгибающие моменты (Му) в стенах и пилонах 2 этажа, кН*м/м

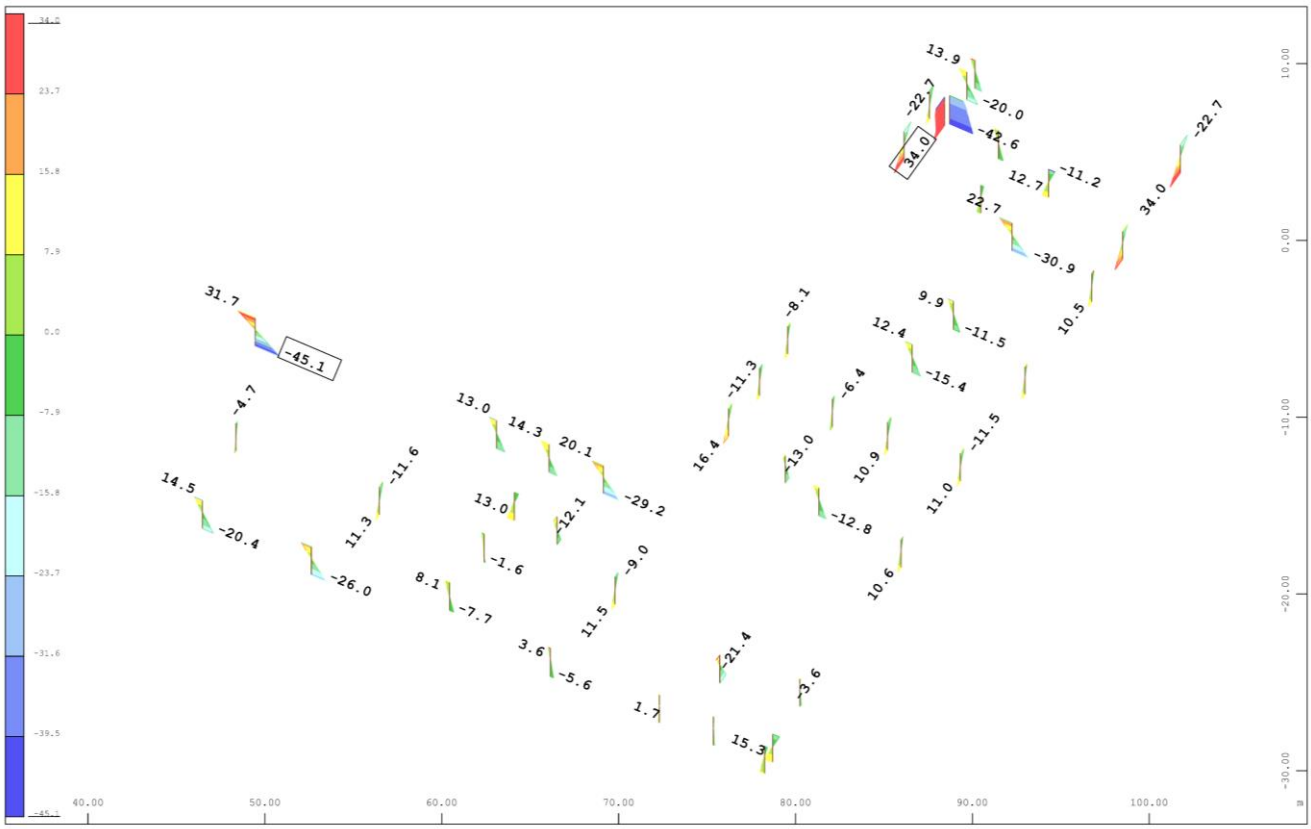
						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		432

						1190-01-КР.РЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подп.	Дата		433

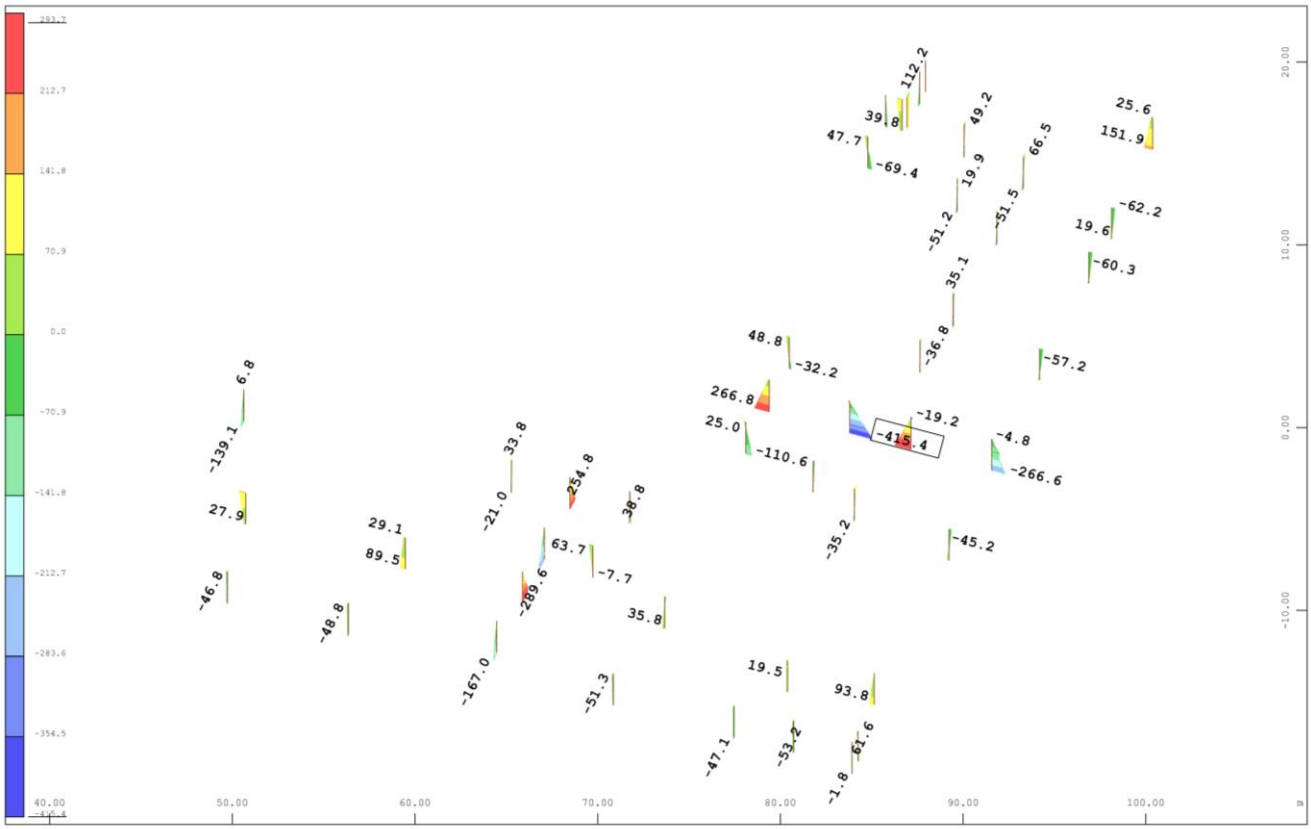
Вертикальные усилия (N) в пилонах 2 этажа, кН



Изгибающие моменты (Mx) в пилонах 2 этажа, кН*м



Изгибающие моменты (My) в пилонах 2 этажа, кН*м



ПИЛОН 200Х1200 В ОСЯХ 1.34-1.36/1.Е НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2326$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2209.7$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 12.1$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 11.5$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0\ ) = 100\%(1.4074E-003\ +\ 1.4074E-003\ )/(1.2 \cdot 0.15\ ) =\ 1.56\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.2/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 12.1/2326 = 0.005\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.005\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.2 \ = \ 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 12.1 \ + \ 2326 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 128.4\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 11.5 \ + \ 2209.7 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 121.98\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 121.98/128.4 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.2\text{^}3)/(12) = 8.00000E - 004\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$

$$= 1.4074E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.4074E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2$$

$$= 7.0372E - 006\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 8.00000E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 7.03717E - 006$$

$$= \ 5429.65\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 5429.65)/(2.4\text{^}2) = 9303.56\text{кН}$$

Условие $N = 2326\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 9303.56\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 2326/9303.56) = 1.333$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.333\ +\ (0.15\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.063\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (2326\ +\ 435000 \cdot 1.4074E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$=\ 0.137\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.137/0.15 = 0.913\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (2326 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.15(1 - 0.527))) = 0.108\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 2326 \cdot 0.063\ =\ 147.31\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.108(0.15 - 0.5 \cdot 0.108) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.15 - 0.05)$$
$$= 236.14\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 147.31\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 236.14\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6238

ПИЛОН 200Х1260 В ОСЯХ 1.40-1.41/1.Л'-1.М' НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 2306$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2190.7$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 13$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 12.35$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 126$ см $= 1.26$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.26 \cdot 0.15) = 1.49\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.2/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 13/2306 = 0.006\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.006\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.2 \ = \ 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 13 \ + \ 2306 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 128.3\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 12.35 \ + \ 2190.7 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 121.89\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 121.89/128.3 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.26 \cdot 0.2\text{^}3)/(12) = 8.40000E - 004\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$

$$= 1.4074E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.4074E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2$$

$$= 7.0372E - 006\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$

$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 8.40000E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 7.03717E - 006$$

$$= \ 5651.87\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 5651.87)/(2.4\text{^}2) = 9684.33\text{кН}$$

Условие $N = 2306\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 9684.33\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 2306/9684.33) = 1.313$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.313\ +\ (0.15\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.063\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (2306\ +\ 435000 \cdot 1.4074E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.26)$$
$$=\ 0.129\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.129/0.15 = 0.862\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (2306 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.26 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.15(1 - 0.527))) = 0.105\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 2306 \cdot 0.063\ =\ 145.57\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.26 \cdot 0.105(0.15 - 0.5 \cdot 0.105) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.15 - 0.05)$$
$$= 242.59\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 145.57\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 242.59\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6

ПИЛОН 200Х1300 В ОСЯХ 1.40-1.41/1.У'-1.Ш' НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3610$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3429.5$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 8.4$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 7.98$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.3 \cdot 0.15) = 2.58\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.2/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 8.4/3610 = 0.002\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.002\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.2 \ = \ 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 8.4 \ + \ 3610 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 188.9\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 7.98 \ + \ 3429.5 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 179.46\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 179.46/188.9 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.3 \cdot 0.2\text{^}3)/(12) = 8.66667E - 004\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 2.5133E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.2566E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 8.66667E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.25664E - 005$$
$$= \ 6574.11\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 6574.11)/(2.4\text{^}2) = 11264.55\text{кН}$$

Условие $N = 3610\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 11264.55\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3610/11264.55) = 1.472$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.472\ +\ (0.15\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.065\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3610\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.3)$$
$$=\ 0.197\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.197/0.15 = 1.312\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3610 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.3 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.15(1 - 0.527))) = 0.124\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3610 \cdot 0.065\ =\ 233.63\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.3 \cdot 0.124(0.15 - 0.5 \cdot 0.124) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.15 - 0.05)$$
$$= 305.35\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 233.63\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 305.35\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7651

ПИЛОН 200Х1500 В ОСЯХ 1.40-1.42/1.Н' НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 4428$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 4206.6$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 7.7$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 7.32$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 20$ см $= 0.2$м
- Ширина сечения $b = 150$ см $= 1.5$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.2 - 0.05 = 0.15$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 25.13$ см^2 $= 2.5133E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(2.5133E-003 + 2.5133E-003)/(1.5 \cdot 0.15) = 2.23\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.2/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 7.7/4428 = 0.002\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.002\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.2 \ = \ 0.05$$

Так как $\delta_e = 0.05 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 7.7 \ + \ 4428 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 229.1\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 7.32 \ + \ 4206.6 \cdot (0.2/2 \ - \ 0.05) \ = \ 217.65\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 217.65/229.1 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.5 \cdot 0.2\text{^}3)/(12) = 1.00000E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 2.5133E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 2.5133E - 003(0.2/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.2566E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.00000E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.25664E - 005$$
$$= \ 7314.85\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 7314.85)/(2.4\text{^}2) = 12533.79\text{кН}$$

Условие $N = 4428\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 12533.79\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 4428/12533.79) = 1.546$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.546\ +\ (0.15\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.065\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (4428\ +\ 435000 \cdot 2.5133E - 003\ -\ 400000 \cdot 2.5133E - 003)/(14450 \cdot 1.5)$$
$$=\ 0.208\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.208/0.15 = 1.389\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (4428 + 435000 \cdot 2.5133E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 2.5133E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.5 + (2 \cdot 435000 \cdot 2.5133E - 003)/(0.15(1 - 0.527))) = 0.132\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 4428 \cdot 0.065\ =\ 289.87\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.5 \cdot 0.132(0.15 - 0.5 \cdot 0.132) + 400000 \cdot 2.5133E - 003(0.15 - 0.05)$$
$$= 341.03\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 289.87\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 341.03\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.85

ПИЛОН 220Х1200 В ОСЯХ 1.39/1.А-1.Б НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3153$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 2995.35$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 5.6$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 5.32$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.2 \cdot 0.17) = 1.38\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.22/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 5.6/3153 = 0.002\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.002\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.22 \ = \ 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 5.6 \ + \ 3153 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 194.78\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 5.32 \ + \ 2995.35 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 185.04\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 185.04/194.78 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.22\text{^}3)/(12) = 1.06480E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.4074E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.0134E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.06480E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.01335E - 005$$
$$= \ 7334.25\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 7334.25)/(2.4\text{^}2) = 12567.04\text{кН}$$

Условие $N = 3153\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 12567.04\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3153/12567.04) = 1.335$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.335\ +\ (0.17\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.073\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3153\ +\ 435000 \cdot 1.4074E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$=\ 0.185\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.185/0.17 = 1.086\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3153 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.17(1 - 0.527))) = 0.14\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3153 \cdot 0.073\ =\ 231.27\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.14(0.17 - 0.5 \cdot 0.14) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.17 - 0.05)$$
$$= 310.43\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 231.27\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 310.43\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.745

ПИЛОН 220Х1300 В ОСЯХ 1.43-1.44/1.Р' НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3622$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3440.9$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 9.8$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 9.31$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 130$ см $= 1.3$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 16)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E - 003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 16.08$ см^2 $= 1.6085E - 003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0\ ) = 100\%(1.6085E - 003\ +\ 1.6085E - 003\ )/(1.3 \cdot 0.17\ ) =\ 1.46\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.22/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 9.8/3622 = 0.003\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.003\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.22 \ = \ 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 9.8 \ + \ 3622 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 227.12\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 9.31 \ + \ 3440.9 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 215.76\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 215.76/227.12 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.3 \cdot 0.22\text{^}3)/(12) = 1.15353E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.6085E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.6085E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.1581E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.15353E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.15812E - 005$$
$$= \ 8029.88\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 8029.88)/(2.4\text{^}2) = 13758.99\text{кН}$$

Условие $N = 3622\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 13758.99\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3622/13758.99) = 1.357$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.357\ +\ (0.17\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.074\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3622\ +\ 435000 \cdot 1.6085E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.6085E - 003)/(14450 \cdot 1.3)$$
$$=\ 0.196\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.196/0.17 = 1.152\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3622 + 435000 \cdot 1.6085E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.6085E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.3 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.6085E - 003)/(0.17(1 - 0.527))) = 0.145\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3622 \cdot 0.074\ =\ 266.48\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.3 \cdot 0.145(0.17 - 0.5 \cdot 0.145) + 400000 \cdot 1.6085E - 003(0.17 - 0.05)$$
$$= 342.65\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 266.48\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 342.65\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.7777

ПИЛОН 220Х1600 В ОСЯХ 1.37-1.39/1.У'-1.Ш' НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3398$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3228.1$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 31.5$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 29.93$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 22$ см $= 0.22$м
- Ширина сечения $b = 160$ см $= 1.6$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.22 - 0.05 = 0.17$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 18)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 18.1$ см^2 $= 1.8096E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 18.1$ см^2 $= 1.8096E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.8096E-003 + 1.8096E-003)/(1.6 \cdot 0.17) = 1.33\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.22/30 \ = \ 0.007\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 31.5/3398 = 0.009\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.009\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.22 \ = \ 0.045$$

Так как $\delta_e = 0.045 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 31.5 \ + \ 3398 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 235.38\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 29.93 \ + \ 3228.1 \cdot (0.22/2 \ - \ 0.05) \ = \ 223.61\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 223.61/235.38 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.6 \cdot 0.22\text{^}3)/(12) = 1.41973E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.8096E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.8096E - 003(0.22/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.3029E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.41973E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.30288E - 005$$
$$= \ 9711.44\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 9711.44)/(2.4\text{^}2) = 16640.29\text{кН}$$

Условие $N = 3398\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 16640.29\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3398/16640.29) = 1.257$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.257\ +\ (0.17\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.073\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3398\ +\ 435000 \cdot 1.8096E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.8096E - 003)/(14450 \cdot 1.6)$$
$$=\ 0.15\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.15/0.17 = 0.881\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3398 + 435000 \cdot 1.8096E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.8096E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.6 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.8096E - 003)/(0.17(1 - 0.527))) = 0.122\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3398 \cdot 0.073\ =\ 246.58\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.6 \cdot 0.122(0.17 - 0.5 \cdot 0.122) + 400000 \cdot 1.8096E - 003(0.17 - 0.05)$$
$$= 394.47\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 246.58\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 394.47\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6251

ПИЛОН 250Х1200 В ОСЯХ 1.27-1.39/1.А-1.Б НА 2 ЭТАЖЕ

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 3324$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 3157.8$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 26$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 24.7$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 120$ см $= 1.2$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 16$мм $= 0.016$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 14)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 14.07$ см^2 $= 1.4074E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.4074E-003 + 1.4074E-003)/(1.2 \cdot 0.2) = 1.17\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.25/30 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 26/3324 = 0.008\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.008\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 \ = \ 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 26 \ + \ 3324 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 275.3\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 24.7 \ + \ 3157.8 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 261.54\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 261.54/275.3 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (1.2 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 1.56250E - 003\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.4074E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.4074E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.5834E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 1.56250E - 003 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.58336E - 005$$
$$= \ 10897.26\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 10897.26)/(2.4\text{^}2) = 18672.17\text{кН}$$

Условие $N = 3324\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 18672.17\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 3324/18672.17) = 1.217$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.217\ +\ (0.2\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.087\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (3324\ +\ 435000 \cdot 1.4074E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.4074E - 003)/(14450 \cdot 1.2)$$
$$=\ 0.195\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.195/0.2 = 0.973\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (3324 + 435000 \cdot 1.4074E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.4074E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 1.2 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.4074E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.156\text{м}$$

$$Ne\ \le\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 3324 \cdot 0.087\ =\ 289.74\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 1.2 \cdot 0.156(0.2 - 0.5 \cdot 0.156) + 400000 \cdot 1.4074E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 414.8\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 289.74\text{кНм} \le R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 414.8\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.6985

ПИЛОН 250Х1500 В ОСЯХ 1.44/1.А-1.Б НА 2 ЭТАЖЕ

ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ 250х700

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 1662$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 1578.9$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 15.3$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 14.54$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 70$ см $= 0.7$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 8)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 12.57$ см^2 $= 1.2566E-003$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 12.57$ см^2 $= 1.2566E-003$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(1.2566E-003 + 1.2566E-003)/(0.7 \cdot 0.2) = 1.8\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона В30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры А500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.25/30 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 15.3/1662 = 0.009\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.009\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 \ = \ 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 15.3 \ + \ 1662 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 139.95\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 14.54 \ + \ 1578.9 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 132.95\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 132.95/139.95 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (0.7 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 9.11458E - 004\text{м^4}$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 1.2566E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 1.2566E - 003(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.4137E - 005\text{м^4}$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 9.11458E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.41372E - 005$$
$$= \ 7042.86\text{кНм^2}$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 7042.86)/(2.4\text{^}2) = 12067.75\text{кН}$$

Условие $N = 1662\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 12067.75\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 1662/12067.75) = 1.16$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.16\ +\ (0.2\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.087\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (1662\ +\ 435000 \cdot 1.2566E - 003\ -\ 400000 \cdot 1.2566E - 003)/(14450 \cdot 0.7)$$
$$=\ 0.169\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.169/0.2 = 0.843\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (1662 + 435000 \cdot 1.2566E - 003\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 1.2566E$$
$$- 003)/(14450 \cdot 0.7 + (2 \cdot 435000 \cdot 1.2566E - 003)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.135\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 1662 \cdot 0.087\ =\ 143.92\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 0.7 \cdot 0.135(0.2 - 0.5 \cdot 0.135) + 400000 \cdot 1.2566E - 003(0.2 - 0.05)$$
$$= 256.28\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 143.92\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 256.28\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5616

ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ 250x400

Проверка прочности внецентренно сжатого элемента. Методика расчета принята согласно СП_63. Сечение прямоугольное. Изгиб в одной плоскости. Арматура расположена у противоположных граней сечения.

Исходные данные

УСИЛИЯ

- Продольная сила от полной нагрузки $N = 929$кН
- Продольная сила от длительной нагрузки $N_l = 882.55$кН
- Изгибающий момент от полной нагрузки $M = 8.5$кНм
- Изгибающий момент от длительной нагрузки $M_l = 8.08$кНм
- Тип загружения: кратковременное

ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ

- Высота сечения $h = 25$ см $= 0.25$м
- Ширина сечения $b = 40$ см $= 0.4$м
- Расстояние до центра арматуры $a = 5$ см $= 0.05$м
- Расстояние до центра арматуры $a' = 5$ см $= 0.05$м
- Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 0.25 - 0.05 = 0.2$м
- Диаметр стержней $d_s = 20$мм $= 0.02$м
- Количество стержней в сечении $n_s = 6)$ шт
- Площадь растянутой арматуры $A_s = 9.42$ см^2 $= 9.4248E-004$м^2
- Площадь сжатой арматуры $A'_s = 9.42$ см^2 $= 9.4248E-004$м^2
- Процент армирования сечения
- $\mu_s = 100\%(A_s + A'_s)/(bh_0) = 100\%(9.4248E-004 + 9.4248E-004)/(0.4 \cdot 0.2) = 2.36\ \%$

ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

- Класс бетона B30
- Суммарный коэффициент работы $\gamma_b = 0.85$
- Расчетное сопротивление сжатию $R_b \cdot \gamma_b = 17 \cdot 0.85 = 14.45$МПа $= 14450$кН\/м^2
- Модуль упругости $E_b = 32500$МПа $= 32500000$ кН\/м^2
- Относительные деформации $\varepsilon_b2 = 0.0042$

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРЫ

- Класс арматуры A500
- Расчетное сопротивление растяжению $R_s = 435$МПа $= 435000$ кН\/м^2
- Расчетное сопротивление сжатию $R_sc = 400$МПа $= 400000$ кН\/м^2
- Модуль упругости $E_s = 200000$МПа $= 200000000$ кН\/м^2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТА

- Высота элемента $L = 300$ см $= 3$м
- Коэффициент приведения длины $\mu = 0.8$
- Расчетная длина элемента $l_0 = L \cdot \mu = 3 \cdot 0.8 \ = \ 2.4$м
- Конструкция статически неопределимая

Расчет

Случайный эксцентриситет определяется как наибольшее из значений:

$$L/600 \ = \ 3/600 \ = \ 0.005\text{м}$$

$$h/30 \ = \ 0.25/30 \ = \ 0.008\text{м}$$

$$1 \text{ см} \ = \ 0.01\text{м}$$

Принимается $e_a = 0.01$м

$$e_0 = M/N = 8.5/929 = 0.009\text{м}$$

Так как $e_0 = 0.009\text{м} < e_a = 0.01\text{м}$, то расчетный эксцентриситет принимается равным случайному $e_0 = 0.01$м

$$\delta_e = e_0/h = 0.01/0.25 \ = \ 0.04$$

Так как $\delta_e = 0.04 < 0.15$, то принимается $\delta_e = 0.15$

$$M_1 = M + N(h/2 - a) = 8.5 \ + \ 929 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 78.18\text{кНм}$$

$$M_l1 = M_l + N_l \ (h/2 - a) = 8.08 \ + \ 882.55 \cdot (0.25/2 \ - \ 0.05) \ = \ 74.27\text{кНм}$$

$$\varphi_l = 1 + M_l1 \ /M_1 \ = 74.27/78.18 = 1.95$$

$$k_b = (0.15)/(\varphi_l \ (0.3 + \delta_e)) = (0.15)/(1.95(0.3 \ + \ 0.15)) \ = \ 0.171$$

$$k_s = 0.7$$

$$I = (bh\text{^}3)/(12) = (0.4 \cdot 0.25\text{^}3)/(12) = 5.20833E - 004\text{м^}4$$

$$I_s \ = A_s \ (h/2 - a)\text{^}2 \ + A'_s \ (h/2 - a')\text{^}2$$
$$= 9.4248E - 004(0.25/2 - 0.05)\text{^}2 \ + 9.4248E - 004(0.25/2 - 0.05)\text{^}2$$
$$= 1.0603E - 005\text{м^}4$$

$$D = k_b \ E_b \ I + k_s \ E_s \ I_s$$
$$= 0.171 \cdot 32500000 \cdot 5.20833E - 004 \ + \ 0.7 \cdot 200000000 \cdot 1.06029E - 005$$
$$= \ 4377.92\text{кНм^}2$$

$$N_cr \ = (\pi\text{^}2 \ D)/(l_0 \ \text{^}2) = (3.14\text{^}2 \ \cdot 4377.92)/(2.4\text{^}2) = 7501.45\text{кН}$$

Условие $N = 929\text{кН} \ \leq \ N_cr \ = 7501.45\text{кН}$ выполняется.

$$\eta \ = \ (1)/(1 \ - \ N/N_cr \ ) = (1)/(1 - 929/7501.45) = 1.141$$

$$e = e_0\,\eta + (h_0\ - a')/(2) = 0.01 \cdot 1.141\ +\ (0.2\ -\ 0.05)/2\ =\ 0.086\text{м}$$

$$\varepsilon_sel\ = R_s\ /E_s\ = 435000/200000000 = 0.002175$$

$$\xi_R\ = (0.8)/(1 + \varepsilon_sel\ /\varepsilon_bult\ ) = (0.8)/(1\ +\ 0.002175/0.0042)\ =\ 0.527$$

$$x = (N + R_s\ A_s\ -\ R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b)$$
$$= (929\ +\ 435000 \cdot 9.4248E - 004\ -\ 400000 \cdot 9.4248E - 004)/(14450 \cdot 0.4)$$
$$=\ 0.166\text{м}$$

$$\xi\ =\ x/h_0 = 0.166/0.2 = 0.832\ >\ \xi_R\ = 0.527$$

Следовательно, высота сжатой зоны вычисляется по формуле:

$$x\ =\ (N\ +\ R_s\ A_s\ \ (1 + \xi_R\ )/(1 - \xi_R) - R_sc\ A'_s\ )/(R_b\ b + (2R_s\ A_s\ )/(h_0\ (1 - \xi_R\ )))$$
$$= (929 + 435000 \cdot 9.4248E - 004\ \ (1 + 0.527)/(1 - 0.527) - 400000 \cdot 9.4248E$$
$$- 004)/(14450 \cdot 0.4 + (2 \cdot 435000 \cdot 9.4248E - 004)/(0.2(1 - 0.527))) = 0.13\text{м}$$

$$Ne\ \leq\ R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$

$$Ne\ =\ 929 \cdot 0.086\ =\ 80.28\text{кНм}$$

$$R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a')$$
$$= 14450 \cdot 0.4 \cdot 0.13(0.2 - 0.5 \cdot 0.13) + 400000 \cdot 9.4248E - 004(0.2 - 0.05)$$
$$= 157.92\text{кНм}$$

$$Ne\ =\ 80.28\text{кНм} \leq R_b\ bx(h_0\ - 0.5x)\ +\ R_sc\ A'_s\ (h_0\ - a') = 157.92\text{кНм}$$

Условие 8.10 СП63.13330.2018 выполняется. Прочность обеспечена.

Коэффициент использования составляет 0.5084

СП 63. **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены 2 этажа толщиной 250 в осях 1.Э'/1.40-1.43

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	250	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	3000	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	200	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	240	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	271	тс	-продольная сила
M=	4,4	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	4	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	10,1	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	16	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	10,1	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'$_s$=	10,1	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,24	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	6,9	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1,62	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	15,4	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	130208,33	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	1134,2502	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,91		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,17		
k_s=	0,7		
D=	6,14E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	1052,1	тс	-условная критическая сила
η=	1,35		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	9,69	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 34,032 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 26,252 \text{ тс· м}$$

СП 63 **Бетонные и железобетонные конструкции**

Проверка армирования стены 2 этажа толщиной 200 в осях 1.А-1.Д/1.33

Класс бетона B30 Класс арматуры A500

R_{bn}, $R_{b.ser}$	224,3	кгс/см²	$R_{s.n}$, $R_{s.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_{btn}, $R_{bt.ser}$	17,8	кгс/см²	$R_{sc.n}$, $R_{sc.ser}$	5098,6	кгс/см²
R_b/γ_{b2}	147,3	кгс/см²	R_s	4435,8	кгс/см²
R_{bt}/γ_{b2}	10,0	кгс/см²	R_{sc}	4078,9	кгс/см²
E_b	198845	кгс/см²	R_{sw}	3059,1	кгс/см²
γ_{b2}	0,85	кгс/см²	γ_s	1,0	кгс/см²
ξ_R	0,5		E_s	2039432	кгс/см²
			E_s/E_b	6,2	кгс/см²

Исходные данные:

h=	200	мм	-высота колонны
b=	1000	мм	-ширина колонны
a=	50	мм	-расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до грани бетона
a'=	50	мм	-расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона
L=	3000	мм	-высота колонны
μ=	0,8		-коэффициент расчетной длины
h_0=	150	мм	-рабочая высота сечения
L_0=	240	см	-расчетная высота колонны

Усилия:

N=	173	тс	-продольная сила
M=	1,4	тс· м	-момент от полной нагрузки
M_l=	1,3	тс· м	-момент от длительных нагрузок

Армирование:

Растянутая арматура

$d_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
n_ϕ=	5	шт	-количество основной арматуры
$d_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$n_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A_s=	5,65	см²	-суммарная площадь растянутой арматуры

Сжатая арматура

$d'_{s,\phi}$=	12	мм	-диаметр основной арматуры
s'_ϕ=	5	шт	-колчество основной арматуры
$d'_{s,д}$=		мм	-диаметр дополнительной арматуры арматуры
$s'_д$=		шт	-количество дополнительной арматуры
$A'_{s,\phi}$=	5,65	см²	-площадь основной арматуры
$A'_{s,д}$=	0	см²	-площадь дополнительной арматуры
A'_s=	5,65	см²	-суммарная площадь сжатой арматуры

Проверка прочности:

x=	0,14	см	-высота сжатой зоны бетона
ξ=	0,01		-относительная высота сжатой зоны бетона
M_{ult}=	2,6	тс· м	-предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением

Расчет:

e_0=	1	см	-эксцентриситет приложения продольной силы к сечению
x=	10,5	см	-высота сжатой зоны бетона
I=	66666,667	см⁴	-момент инерции площади бетона
I_s=	283,78014	см⁴	-момент инерции площади арматуры
δ_e=	0,15		-относительное значение эксцентриситета продольной силы
φ_l=	1,93		-коэффициент, учитывающий влияние длительности нагрузки
k_b=	0,17		
k_s=	0,7		
D=	2,696E+09	кгс· см²	-жесткость железобетонного элемента в предельной по прочности стадии
N_{cr}=	462,01	тс	-условная критическая сила
η=	1,6		-коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба
e=	6,6	см	-расстояние от точки приложения продольной силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой арматуры

$$N \cdot e \le R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') = 17,386 \text{ тс· м}$$

условие прочности выполнено

$$N \cdot e = 11,416 \text{ тс· м}$$

7. ВЫВОДЫ

Горизонтальные перемещения здания, вертикальные перемещения фундаментной плиты, давление под подошвой фундаментной плиты, прогибы плит перекрытий, коэффициенты использования несущей способности сечений вертикальных ж.б. элементов не превышают предельно допустимых.

Давление под подошвой фундаментной плиты корпуса 1

Секции	Расчетное сопротивление грунта в основании фундаментной плиты R, кН/м²	Среднее давление под подошвой фундаментной плиты, кН/м²
Секции 1-3	2667	299,1
Секции 4-6	2667	303,1
Секции 7-9	2667	307,1

Деформации основания (осадка) фундаментной плиты корпуса 1

Секции	Предельно допустимое значение перемещений	Средняя осадка Su, мм	Относительная разность осадок (ΔS/L)
Секции 1-3	Su =150 мм* (ΔS/L) = 0.003	80,2	0.0004
Секции 4-6	Su =150 мм* (ΔS/L) = 0.003	83,3	0,0007
Секции 7-9	Su =150 мм* (ΔS/L) = 0.003	85	0,0007

* - предельная средняя осадка по приложению Д табл. Д.1 СП 22.13330.2016 "Основания зданий и сооружений" для сооружений, возводимых на едином монолитном железобетонном фундаменте.

Горизонтальные перемещения корпуса 1 в уровне покрытия

Секции	Направление	Предельно допустимое значение перемещений, мм	Перемещение, мм
Секции 1-3	X	h/500=53940/500=107,9*	30,7
	Y		-48,6
	XY		51,3
Секции 4-6	X	h/500=53940/500=107,9*	53,8
	Y		51,8
	XY		63,1
Секции 7-9	X	h/500=53940/500=107,9*	-40,2
	Y		39,4
	XY		45,6

* - предельное перемещение по табл. Е.4 СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия"

h - расстояние от верха фундаментной плиты до верха плиты покрытия

Ускорения верхних этажей корпуса 1 от воздействия ветра

Секции	Направление	Предельно допустимое значение, м/с²	Максимальное ускорение полученное по результатам расчета, м/с²
Секции 1-3	X	0.08	0,038
	Y		0,048
	XY		0,052
Секции 4-6	X	0.08	0,039
	Y		0,039
	XY		0,043
Секции 7-9	X	0,08	0,040
	Y		0,047
	XY		0,051

* - предельное ускорение этажа здания по п. 11.4. СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия"

Прогибы плит перекрытий 1 корпуса

Секции	Плита перекрытия	Предельно допустимое значение прогиба, мм	Максимальный прогиб, полученный по результатам расчета, мм
Секции 1-3	Плита перекрытия над -1 этажом	L/186,7=5200/186,7=27,9	8,1
	Плита перекрытия над 1 этажом	L/186,7=5200/186,7=27,9	7,3
	Плита перекрытия над типовым этажом	L/186,7=5200/186,7=27,9	7,3
	Плита покрытия	L/186,7=5200/186,7=27,9	7,9
Секции 4-6	Плита перекрытия над -1 этажом	L/206,3=6760/206,3=32,8	12,7
	Плита перекрытия над 1 этажом	L/206,3=6760/206,3=32,8	10,4
	Плита перекрытия над типовым этажом	L/206,3=6760/206,3=32,8	10,7
	Плита покрытия	L/206,3=6760/206,3=32,8	9,9
Секции 7-9	Плита перекрытия над -1 этажом	L/206,3=6760/206,3=32,8	8,5
	Плита перекрытия над 1 этажом	L/204,7=6560/204,7=32,0	10,1
	Плита перекрытия над типовым этажом	L/204,7=6560/204,7=32,0	10,7
	Плита покрытия	L/204,7=6560/204,7=32,0	10,5

* - предельные прогибы по Д.2.1 СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия"

Коэффициенты использования балок

Секции	Балка 200x400(h)	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секции 1-3	На опоре	100	15
	В пролете	100	61
Секции 4-6	На опоре	100	14
	В пролете	100	24
Секции 7-9	На опоре	100	13
	В пролете	100	21

Коэффициенты использования пилонов

Пилон	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 1-3		
Пилоны -1-го этажа		
250х1200 в осях 1.16-1.18/1.ИИ-1.КК	100	59
300х1200 в осях 1.3-1.4/1.ГГ	100	64
300х1300 в осях 1.16/1.ГГ-1.ДД	100	76
300х1400 в осях 1.30/1.ИИ-1.КК	100	58
300х1500 в осях 1.14/1.ИИ-1.КК	100	66
Пилоны 1-го этажа		
200х1200 в осях 1.16-1.18/1.ИИ-1.КК	100	63
250х1200 в осях 1.1-1.2/1.Ю	100	79
250х1300 в осях 1.1-1.2/1.ЖЖ	100	71
250х1400 в осях 1.30/1.ИИ-1.КК	100	60
250х1500 в осях 1.14-1.16/1.ИИ-1.КК	100	67
Пилоны 2-го этажа		
200х1200 в осях 1.16-1.18/1.ИИ-1.КК	100	79
200х1400 в осях 1.30/1.ИИ-1.КК	100	61
200х1500 в осях 1.20/1.ИИ-1.КК	100	74
220х1300 в осях 1.16/1.ГГ-1.ДД	100	66
220х1500 в осях 1.14/1.ЕЕ-1.ЖЖ	100	68
250х1200 в осях 1.1-1.2/1.Ю	100	74
250х1300 в осях 1.30-1.32/1.ММ	100	65

250х1500 с монтажным отверстием в осях 1.1/1.ММ на 2 этаже проверка сечения 250х700	100	52
250х400	100	51

Пилон	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 4-6		
Пилоны -1-го этажа		
300х1200 в осях 1.3-1.4/1.Д-1.Е	100	51
300х1260 в осях 1.4-1.5/1.Л'-1.М	100	71
300х1300 в осях 1.9/1.Ж-1.И	100	78
300х1500 в осях 1.7-1.9/1.Г-1.Д	100	57
Пилоны 1-го этажа		
250х1200 в осях 1.3-1.4/1.Д-1.Е	100	46
250х1260 в осях 1.3-1.4/1.Л'-1.М	100	62
250х1300 в осях 1.5-1.6/1.У-1.Ф	100	74
250х1500 в осях 1.7-1.9/1.Г-1.Д	100	57
Пилоны 2-го этажа		
200х1200 в осях 1.3-1.4/1.Д-1.Е	100	50
200х1260 в осях 1.4-1.5/1.Л'-1.М	100	58
200х1500 в осях 1.11/1.Е	100	83
220х1300 в осях 1.5-1.6/1.Н-1.П	100	68
220х1500 в осях 1.3-1.4/1.Ж	100	57
250Х1500 с монтажным отверстием в осях 1.1-1.2/1.А на 2 этаже проверка сечения 250х1250	100	50

Пилон	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 7-9		
Пилоны -1-го этажа		
300х1200 в осях 1.43-1.44/1.Л’-1.М’	100	86
300х1260 в осях 1.40-1.41/1.Л’-1.М’	100	66
300х1300 в осях 1.43-1.44/1.Р’	100	85
300х1500 в осях 1.42-1.43/1.Т’-1.У’	100	75
300х1600 в осях 1.37-1.39/1.У’-1.Ш’	100	84
460х1500 в осях 1.37-1.39/1.У’-1.Ш’	100	35
Пилоны 1-го этажа		
250х1200 в осях 1.31/1.А-1.Б	100	79
250х1260 в осях 1.31/1.А-1.Б	100	70
250х1300 в осях 1.43-1.44/1.Р’	100	70
250х1500 в осях 1.42-1.43/1.Г	100	71
250х1600 в осях 1.37-1.39/1.У’-1.Ш’	100	70
Пилоны 2-го этажа		
200х1200 в осях 1.34-1.36/1.Е	100	62
200х1260 в осях 1.40-1.41/1.Л’-1.М’	100	60
200х1300 в осях 1.40-1.41/1.У’-1.Ш’	100	76
200х1500 в осях 1.40-1.42/1.Н’	100	85
220х1200 в осях 1.39/1.А-1.Б	100	74
220х1300 в осях 1.43-1.44/1.Р’	100	77
220х1600 в осях 1.37-1.39/1.У’-1.Ш’	100	

250х1200 в осях 1.27-1.39/1.А-1.Б	100	69
250х1500 с монтажным отверстием в осях 1.44/1.А-1.Б проверка сечения 250х700	100	56
250х400	100	50

Коэффициенты использования стен

Стены	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 1-3		
Стены -1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	58
Стены толщиной 220 мм	100	87
Стены толщиной 250 мм	100	75
Стены толщиной 300 мм	100	97
Стены 1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	91
Стены толщиной 250 мм	100	79
Стены 2-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	61

Стены	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 4-6		
Стены -1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	89
Стены толщиной 220 мм	100	95
Стены толщиной 250 мм	100	63
Стены толщиной 300 мм	100	70
Стены 1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	87
Стены толщиной 250 мм	100	69
Стены 2-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	63

Стены	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 7-9		
Стены -1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	84
Стены толщиной 220 мм	100	76
Стены толщиной 250 мм	100	66
Стены толщиной 460 мм	100	54
Стены 1-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	83
Стены толщиной 250 мм	100	75
Стены 2-го этажа		
Стены толщиной 200 мм	100	64
Стены толщиной 250 мм	100	76

Коэффициенты использования плит

Плита	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 1-3		
Фундаментная плита 800 мм		
По нормальным напряжениям под опорой	100	65
По нормальным напряжениям в пролете	100	70
По продавливанию, процент использования по бетону	100	79
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита 220 мм над -1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	75
По нормальным напряжениям в пролете	100	55
По продавливанию, процент использования по бетону	100	65
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита 200 мм над 1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	73
По нормальным напряжениям в пролете	100	33
По продавливанию, процент использования по бетону	100	52
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита типового этажа 200мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	89
По нормальным напряжениям в пролете	100	40
По продавливанию, процент использования по бетону	100	58
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-

Плита покрытия 220 мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	72
По нормальным напряжениям в пролете	100	80
По продавливанию, процент использования по бетону	100	106
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	53

Плита	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 4-6		
Фундаментная плита 800 мм		
По нормальным напряжениям под опорой	100	63
По нормальным напряжениям в пролете	100	70
По продавливанию, процент использования по бетону	100	128
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	74
Плита 220 мм над -1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	78
По нормальным напряжениям в пролете	100	98
По продавливанию, процент использования по бетону	100	73
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита 200 мм над 1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	79
По нормальным напряжениям в пролете	100	58
По продавливанию, процент использования по бетону	100	66
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-

Плита типового этажа 200мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	83
По нормальным напряжениям в пролете	100	62
По продавливанию, процент использования по бетону	100	54
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита покрытия 220 мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	67
По нормальным напряжениям в пролете	100	84
По продавливанию, процент использования по бетону	100	107
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	53

Плита	Предельно допустимый коэффициент использования, %	Максимальный коэффициент использования, полученный по результатам расчета, %
Секция 7-9		
Фундаментная плита 800 мм		
По нормальным напряжениям под опорой	100	71
По нормальным напряжениям в пролете	100	69
По продавливанию, процент использования по бетону	100	73
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита 220 мм над -1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	82
По нормальным напряжениям в пролете	100	73
По продавливанию, процент использования по бетону	100	88
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-

Плита 200 мм над 1-м этажом		
По нормальным напряжениям на опоре	100	94
По нормальным напряжениям в пролете	100	58
По продавливанию, процент использования по бетону	100	55
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита типового этажа 200мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	93
По нормальным напряжениям в пролете	100	66
По продавливанию, процент использования по бетону	100	63
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-
Плита покрытия 220 мм		
По нормальным напряжениям на опоре	100	79
По нормальным напряжениям в пролете	100	53
По продавливанию, процент использования по бетону	100	83
По продавливанию, процент использования с учетом поперечного армирования	100	-

Учитывая приведенные расчёты по Объекту, можно сделать выводы:

- Осадки фундаментной плиты не превышают предельных нормативных;
- Относительная разность осадок не превышает предельных нормативных значений;
- Давление под подошвой фундаментной плиты не превышает расчётного сопротивления грунта основания;
- Принятые конструктивные решение обеспечивают прочность и устойчивость вертикальных несущих конструкций;
- Прогибы и перемещения конструкций не превышают предельных нормативных значений;
- Принятые конструктивные решения обеспечивают прочность фундаментной плиты, плит перекрытий и покрытия, в том числе на продавливание вертикальными несущими конструкциями;

Анализ полученных результатов расчётов позволяет сделать заключение, что проектные решения несущих элементов, принятые в проекте, при действии нормативно регламентированных сочетаний нагрузок, удовлетворяют требованиям нормативных документов и обеспечивают необходимую надёжность зданий (несущую способность, устойчивость, геометрическую неизменяемость).

8. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И НОРМАТИВНАЯ БАЗА

1. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».
2. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений».
3. СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии».
4. СП 45.13330.2017 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».
5. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции».
6. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»
7. СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты».
8. 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
9. ГОСТ 27751-2014 «Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования».
10. СТО 36554501-006-2006 Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций.

9.ПРИЛОЖЕНИЯ

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Добровольная сертификация

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ **RA.DE.АБ86.Н01215**

Срок действия с 04.09.2019 по 04.09.2022

№ 0536627

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ RA.RU.11АБ86

ООО ЦСПС. Орган по сертификации программной продукции в строительстве
125057 г. Москва, Ленинградский проспект, дом 63, тел. (499) 157-1990

ПРОДУКЦИЯ **Программа SOFiSTiK**
для прочностного расчета строительных конструкций методом конечных элементов

код ОК
58.29.29.000

обеспечение программное прикладное прочее на электронном носителе, серийный выпуск

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

код ТН ВЭД

ГОСТ 28195-89, разд. 2, п.2.1 (пп.1.1, 1.2, 2.1 - 2.3, 3.1 - 3.3, 6.1, 6.2), ГОСТ 28806-90, разд. 2, пп.13 – 16, ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93, разд. 4, пп.4.1 – 4.4, ГОСТ Р ИСО 9127-94, разд. 6, пп.6.1.1, 6.3.1, 6.3.3, 6.5.1 – 6.5.3, ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000, разд. 3, пп.3.1.1, 3.1.3, 3.2.1 – 3.2.5

ИЗГОТОВИТЕЛЬ **SOFiSTiK AG**
Bruckmannring 38, D-85764 Oberschleissheim, Germany, tel.: +49 89 3158780, fax: +49 89 31587823

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН **SOFiSTiK AG, Bruckmannring 38, D-85764 Oberschleissheim, Germany, tel.: +49 89 3158780, fax:+ 49 89 31587823; ООО "ПСС" ИНН 7842346242, Россия, 191040, г. Санкт-Петербург, Лиговский просп., д. 56, лит. Г, тел. (812) 6221014, факс (812) 7643868**

НА ОСНОВАНИИ

Заключения ООО ЦСПС № 01-72-19 от 03 сентября 2019 г. на 8-и страницах.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ **Схема сертификации 3**

РОСАККРЕДАЦИЯ * АБ 86 * ООО ЦСПС * для сертификатов * Система Сертификации ГОСТ Р

М.П.

Руководитель органа _____ (подпись) **С.Д.Ратнер** (инициалы, фамилия)

Эксперт _____ (подпись) **Т.Н.Бубнова** (инициалы, фамилия)

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 01-72-19

ОРГАНА ПО СЕРТИФИКАЦИИ ПРОГРАММНОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
на базе ООО «Центр сертификации программной продукции в строительстве» (ООО ЦСПС)

о соответствии разделам и пунктам нормативных документов программы SOFiSTiK от 03.09.2019г.
(к сертификату соответствия № RA.DE.АБ86.Н01215, срок действия 04.09.2019 – 04.09.2022)

1. Обозначение программной продукции

Программа SOFiSTiK.

2. Название программной продукции

Программа прочностного расчета строительных конструкций методом конечных элементов SOFiSTiK.

3. Назначение программной продукции

Прочностной расчет строительных конструкций методом конечных элементов с возможностью индивидуальной настройки под конкретный строительный объект.

4. Версия - 2020

5. Решаемые задачи

Модульная концепция программы позволяет осуществлять индивидуальную настройку под конкретный строительный объект для решения широкого спектра задач, в том числе:

- сочетания нагрузок;
- статический и динамический расчеты;
- расчеты по деформациям;
- сейсмические расчеты.

6. Соответствует требованиям пунктов нормативных документов по состоянию на 03 сентября 2019 г.

ГОСТ Р ИСО 9127-94 "Документация пользователя и информация на упаковке потребительских программных пакетов":

- раздел 6. Справочная документация (ОБ). Подраздел 6.1. Обозначение пакета (ОБ), п.6.1.1. Подраздел 6.3. Функциональное описание программного средства (ОБ), пп.6.3.1, 6.3.3. Подраздел 6.5. Использование программного средства (ОБ), пп.6.5.1 – 6.5.3.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 "Информационная технология. Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование":

- раздел 3. Требования к качеству. Подраздел 3.1. Описание продукта, пп.3.1.1, 3.1.3. Подраздел 3.2. Документация пользователя, пп.3.2.1 – 3.2.5.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 "Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению":

- раздел 4. Характеристики качества программного обеспечения, пп.4.1 – 4.4.

ГОСТ 28195-89 "Оценка качества программных средств. Общие положения"

- раздел 2. Номенклатура показателей качества программных средств, п.2.1 (пп.1.1, 1.2, 2.1 - 2.3, 3.1 - 3.3, 6.1, 6.2).

ГОСТ 28806-90 "Качество программных средств. Термины и определения":

- раздел 2. Общие характеристики качества программного средства, пп.13 – 16.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС — **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт — **Т.Н.Бубнова**

7. Адекватность и эффективность в части прикладных характеристик подтверждена соответствием требованиям пунктов нормативных документов по состоянию на 03 сентября 2019 г.

СП 14.13330.2014 - Актуализированная редакция СНиП II-7-81* "Строительство в сейсмических районах":

- раздел 5. Расчетные нагрузки, пп.5.1 - 5.4.

СП 14.13330.2018 - Актуализированная редакция СНиП II-7-81* "Строительство в сейсмических районах":

- раздел 5. Расчетные сейсмические нагрузки, пп.5.1 - 5.4.

СП 15.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП II-22-81* "Каменные и армокаменные конструкции":

- раздел 7. Расчет элементов конструкций по предельным состояниям первой группы (по несущей способности). Центрально-сжатые элементы, п.7.1. Внецентренно-сжатые элементы, п.7.7. Косое внецентренное сжатие, п.7.12. Изгибаемые элементы, п. 7.18. Центрально-растянутые элементы, п.7.19;
- раздел 8. Расчет элементов конструкций по предельным состояниям второй группы (по образованию и раскрытию трещин и по деформациям), пп.8.1 - 8.3.

СП 16.13330.2011 - Актуализированная редакция СНиП II-23-81* "Стальные конструкции":

- раздел 4. Общие положения. Подраздел 4.2. Основные расчетные требования, пп.4.2.4, 4.2.5;
- раздел 7. Расчет элементов стальных конструкций при центральном растяжении и сжатии. Подраздел 7.1. Расчет элементов сплошного сечения, п.7.1.1;
- раздел 8. Расчет элементов стальных конструкций при изгибе. Подраздел 8.2. Расчет на прочность изгибаемых элементов сплошного сечения, п.8.2.1.

СП 16.13330.2017 - Актуализированная редакция СНиП II-23-81* "Стальные конструкции":

- раздел 4. Общие положения. Подраздел 4.2. Основные расчетные требования, пп.4.2.4, 4.2.5;
- раздел 7. Расчет элементов стальных конструкций при центральном растяжении и сжатии. Подраздел 7.1. Расчет элементов сплошного сечения, п.7.1.1;
- раздел 8. Расчет элементов стальных конструкций при изгибе. Подраздел 8.2. Расчет на прочность изгибаемых элементов сплошного сечения, п.8.2.1.

СП 20.13330.2011 - Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* "Нагрузки и воздействия":

- раздел 4. Общие требования, пп.4.1 - 4.3;
- раздел 6. Сочетания нагрузок, пп.6.1 – 6.3;
- раздел 7. Вес конструкций и грунтов, п.7.2;
- раздел 8. Нагрузки от оборудования, людей, животных, складируемых материалов и изделий. Подраздел 8.1. Определение нагрузок от оборудования, складируемых материалов и изделий, пп.8.1.3, 8.1.4. Подраздел 8.2. Равномерно распределенные нагрузки, пп.8.2.1, 8.2.2;
- раздел 11. Воздействия ветра. Подраздел 11.1. Ветровые нагрузки, пп.11.1 - 11.3;
- раздел 13. Температурные климатические воздействия, пп.13.1, 13.2;
- раздел 15. Прогибы и перемещения. Подраздел 15.1. Общие указания, п.15.1.1. Подраздел 15.2. Предельные прогибы, п.15.2.1.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

СП 20.13330.2016 – Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* "Нагрузки и воздействия":

- раздел 4. Общие требования, пп.4.1 – 4.3;
- раздел 6. Сочетания нагрузок, пп.6.1 – 6.3;
- раздел 7. Вес конструкций и грунтов, п.7.2;
- раздел 8. Нагрузки от оборудования, людей, животных, складируемых материалов и изделий Подраздел 8.1. Определение нагрузок от оборудования, складируемых материалов и изделий, пп.8.1.3 8.1.4. Подраздел 8.2. Равномерно распределенные нагрузки, пп.8.2.1, 8.2.2;
- раздел 11. Воздействия ветра. Подраздел 11.1. Ветровые нагрузки, пп.11.1 - 11.3;
- раздел 13. Температурные климатические воздействия, пп.13.1, 13.2;
- раздел 15. Прогибы и перемещения. Подраздел 15.1. Общие указания, п.15.1.1. Подраздел 15.2. Предельные прогибы, п.15.2.1.

СП 22.13330.2011 - Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* "Основания зданий и сооружений":

- раздел 5. Проектирование оснований. Подраздел 5.1. Общие указания, пп.5.1.1, 5.1.2. Подраздел 5.2. Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах оснований, пп.5.2.1 - 5.2.5.

раздел 9. Особенности проектирования оснований подземных частей сооружений и геотехнический прогноз, пп.9.1 – 9.39.

СП 22.13330.2016 - Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* "Основания зданий и сооружений":

- раздел 5. Проектирование оснований. Подраздел 5.1. Общие указания, пп.5.1.1, 5.1.2. Подраздел 5.2. Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах оснований, пп.5.2.1 - 5.2.5.

раздел 9. Особенности проектирования оснований подземных частей сооружений и геотехнический прогноз, пп.9.1 – 9.39.

СП 24.13330.2011 - Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85* "Свайные фундаменты":

- раздел 7. Проектирование свайных фундаментов. Подраздел 7.1. Основные указания по расчету, пп.7.1.1 - 7.1.4.

СП 35.13330.2011 - Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* "Мосты и трубы":

- раздел 5. Основные положения. Общие указания, пп.5.2, 5.3. Расположение мостов и труб, п.5.5. Основные требования к конструкциям, пп.5.9, 5.10. Расчет несущих конструкций и оснований мостов и труб, пп.5.35. – 5.38;
- раздел 6. Нагрузки и воздействия. Сочетания нагрузок, пп.6.1. – 6.3. Постоянные нагрузки и воздействия, пп.6.4. – 6.10. Временные нагрузки и воздействия, пп.6.11 – 6.23. Прочие временные нагрузки и воздействия, пп.6.24 – 6.32;
- раздел 7. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные расчётные требования, пп.7.1 - 7.10, 7.13 - 7.15. Бетон. Характеристики материалов, пп.7.18, 7.24 -7.32. Арматура. Характеристики материалов, пп.7.33 – 7.48. Расчёт по предельным состояниям первой группы, пп.7.49 - 7.85. Расчёт по предельным состояниям второй группы, пп.7.95 – 7.98, 7.104 – 7.115;
- раздел 8. Стальные конструкции. Общие положения, пп.8.1 – 8.3. Учет условий работы и назначения конструкций, пп.8.25 – 8.32. Расчет на прочность и ползучесть стальных канатов, п.8.33. Расчёты по устойчивости, пп.8.36 – 8.43;
- раздел 9. Сталежелезобетонные конструкции. Расчёты, пп.9.4 – 9.18, 9.19 – 9.36;
- приложение Р. Потери предварительного напряжения арматуры, табл.Р.1 - Р.2.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

СП 36.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* "Магистральные трубопроводы":

- раздел 12. Расчет трубопроводов на прочность и устойчивость. Расчетные характеристики материалов, пп.12.1, 12.2. Нагрузки и воздействия, п.12.4.

СП 38.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82* "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) ":

- раздел 4. Общие положения;
- раздел 5. Нагрузки и воздействия волн на гидротехнические сооружения;
- раздел 6. Нагрузки от судов (плавучих объектов) на гидротехнические сооружения;
- раздел 7. Ледовые нагрузки на гидротехнические сооружения.

СП 41.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87 "Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений":

- раздел 5. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций. Бетон, пп.5.5 - 5.8, 5.13 - 5.28. Арматура, пп.5.30 - 5.35;
- раздел 6. Конструктивные требования, пп.6.1, 6.1.1. Устройство постоянных и временных швов, п.6.2. Назначение продольного и поперечного армирования, пп.6.6 – 6.8, 6.10 – 6.13, 6.15 – 6.22. Дополнительные указания по конструированию предварительно напряженных элементов, пп.6.26 – 6.31;
- раздел 7. Основные расчетные положения;
- раздел 8 Расчеты элементов бетонных и железобетонных конструкций на прочность и выносливость;
- раздел 9. Расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций по образованию и раскрытию трещин и по деформациям;
- раздел 10. Расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций на температурные и влажностные воздействия.

СП 45.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 "Земляные сооружения, основания и фундаменты":

- раздел 6. Вертикальная планировка, разработка выемок, подготовка территории под застройку гидронамывом. Подраздел 6.1. Вертикальная планировка, разработка выемок, пп.6.1.10, 6.1.12, 6.1.14 - 6.1.16, 6.1.19, 6.1.21;
- раздел 8. Земляные работы в особых грунтовых условиях, пп.8.3, 8.19;
- раздел 11. Фундаменты мелкого заложения, пп.11.30, 11.43;
- раздел 12. Свайные фундаменты, шпунтовые ограждения, анкеры, нагели. Подраздел 12.1. Погружаемые сваи, сваи-оболочки, шпунт, табл.12.7. Подраздел 12.8. Грунтовые инъекционные анкеры, п.12.8.18, табл.12.2;
- раздел 14. Сооружения, возводимые способом "стена в грунте". Подраздел 14.1. Общие требования, пп.14.1.29, табл. 14.4.

СП 58.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 "Гидротехнические сооружения. Основные положения":

- раздел 4. Общие указания по проектированию гидротехнических сооружений;
- раздел 8. Основные расчетные положения;
- приложение Г (обязательное). Перечень нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения;
- приложение Д (обязательное). Значения коэффициента надежности по нагрузке при расчетах по предельным состояниям первой группы.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

СП 63.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения":

- раздел 5. Требования к расчёту бетонных и железобетонных конструкций. Подраздел 5.1 Общие положения, пп.5.1.1 – 5.1.5, 5.1.7, 5.1.8. Подраздел 5.2. Требования к расчёту бетонных и железобетонных элементов по прочности, п.5.2.1. Расчёт железобетонных элементов по образованию трещин, пп.5.2.2 - 5.2.10. Общие требования к расчету бетонных и железобетонных элементов, пп.5.3.1, 5.3.3, 5.3.4. Подраздел 5.4. Требования к расчёту железобетонных элементов по раскрытию трещин;

- раздел 6. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций. Подраздел 6.1. Бетон, пп.6.1.10, 6.1.11, 6.1.13 - 6.1.22. Подраздел 6.2. Арматура, пп.6.2.7 – 6.2.14;

- раздел 7. Бетонные конструкции. Подраздел 7.1. Расчёт бетонных элементов по прочности, пп.7.1.2 - 7.1.4, 7.1.9 - 7.1.12;

- раздел 8. Железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. Подраздел 8.1. Расчёт элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы, пп.8.1.1 - 8.1.10, 8.1.23, 8.1.31 - 8.1.44. Подраздел 8.2. Расчёт элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы, пп.8.2.4, 8.2.8 - 8.2.10, 8.2.15 - 8.2.16;

- раздел 9. Предварительно напряжённые железобетонные конструкции. Подраздел 9.1. Предварительные напряжения арматуры, пп.9.1.2 - 9.1.10. Подраздел 9.2. Расчёт предварительно напряжённых элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы, пп.9.2.2, 9.2.8 - 9.2.14. Подраздел 9.3. Расчёт предварительно напряжённых элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы, пп.9.3.8, 9.3.11.

СП 63.13330.2018 - Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения":

- раздел 5. Требования к расчёту бетонных и железобетонных конструкций. Подраздел 5.1. Общие положения, пп.5.1.1 – 5.1.5, 5.1.7, 5.1.8. Подраздел 5.2. Требования к расчёту бетонных и железобетонных элементов по прочности, п.5.2.1. Расчёт железобетонных элементов по образованию трещин, пп.5.2.2 - 5.2.10. Общие требования к расчету бетонных и железобетонных элементов, пп.5.3.1, 5.3.3, 5.3.4. Подраздел 5.4. Требования к расчёту железобетонных элементов по раскрытию трещин;

- раздел 6. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций. Подраздел 6.1. Бетон, пп.6.1.10, 6.1.11, 6.1.13 - 6.1.22. Подраздел 6.2. Арматура, пп.6.2.7 – 6.2.14;

- раздел 7. Бетонные конструкции. Подраздел 7.1. Расчёт бетонных элементов по прочности, пп.7.1.2 - 7.1.4, 7.1.9 - 7.1.12;

- раздел 8. Железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. Подраздел 8.1. Расчёт элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы, пп.8.1.1 - 8.1.10, 8.1.23, 8.1.31 - 8.1.44. Подраздел 8.2. Расчёт элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы, пп.8.2.4, 8.2.8 - 8.2.10, 8.2.15 - 8.2.16;

- раздел 9. Предварительно напряжённые железобетонные конструкции. Подраздел 9.1. Предварительные напряжения арматуры, пп.9.1.2 - 9.1.10. Подраздел 9.2. Расчёт предварительно напряжённых элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы, пп.9.2.2, 9.2.8 - 9.2.14. Подраздел 9.3. Расчёт предварительно напряжённых элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы, пп.9.3.8, 9.3.11.

СП 101.13330.2012 - Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87 "Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения":

- раздел 5. Общие положения, пп.5.3 - 5.8.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

- раздел 6. Подпорные стены, пп.6.4 - 6.12;
- раздел 10. Основные расчетные положения.

СП 159.1325800.2014 "Сталежелезобетонные пролётные строения автодорожных мостов. Правила расчёта":

- раздел 4. Общие положения, пп.4.1 – 4.3;
- раздел 5. Нагрузки и воздействия, пп.5.1 – 5.5;
- раздел 7. Учёт образования трещин, пп.7.1, 7.2;
- раздел 11. Расчёт на временные нагрузки, пп.11.1, 11.2.

СП 260.1325800.2016 "Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованныхых профилей и гофрированных листов. Правила проектирования":

- раздел 5. Основные положения. Подраздел 5.2. Основные расчётные требования, п.5.2.1. Подраздел 5.3. Учёт коэффициентов надежности по нагрузкам и сопротивлению материала, пп.5.3.1, 5.3.2. Подраздел 5.5. Учет начальных несовершенств элементов несущего каркаса, пп.5.5.1, 5.5.2.

СП 266.1325800.2016 "Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования":

- раздел 4. Общие положения. Подраздел 4.3. Основные положения по расчетам, пп.4.3.1 – 4.3.6. Подраздел 4.4. Требования к расчетам, пп.4.4.1 – 4.4.3;
- раздел 5. Материалы. Подраздел 5.1. Бетон, пп.5.1.1 – 5.1.3. Подраздел 5.2. Арматура, п.5.2.1. Подраздел 5.3. Сталь, пп.5.3.1, 5.3.2.

СП 267.1325800.2016 "Здания и комплексы высотные. Правила проектирования":

- раздел 4. Общие положения;
- раздел 7. Общие положения расчета причальных сооружений;
- раздел 8. Нагрузки и воздействия;
- раздел 9. Определение расположения поверхностей скольжения при глубинном сдвиге;
- раздел 10. Проектирование причальных сооружений гравитационного типа;
- раздел 11. Проектирование причальных сооружений типа больверк. Подраздел 11.2. Основные положения расчёта;
- раздел 12. Проектирование причальных сооружений эстакадного типа. Подраздел 12. 2. Основные положения расчёта;
- раздел 13 Проектирование отбойного пала. Подраздел 13.3 Основные положения расчета;
- раздел 14 Проектирование конструкций из цилиндрических ячеек и узких засыпных пирсов. Подраздел 14.2 Расчет конструкций из цилиндрических ячеек, Подраздел 14.3 Расчет конструкций узких засыпных пирсов;
- раздел 16 Особенности проектирования портовых сооружений в сейсмических районах. Подраздел 16.1 Основные положения расчета.

СП 268.1325800.2016 "Транспортные сооружения в сейсмических районах. Правила проектирования":

- раздел 8. Мосты. Подраздел 8.3. Нагрузки и воздействия, пп.8.3.1 - 8.3.3, 8.3.8, 8.3.13 – 8.3.17, 8.3.21, 8.3.22, 8.3.30, 8.3.31, 8.3.34 – 8.3.37. Подраздел 8.4. Расчёты на сейсмостойкость, пп.8.4.1, 8.4.2.

СП 287.1325800.2016 "Сооружения морские причальные. Правила проектирования и строительства":

- раздел 7. Нагрузки и воздействия. Подраздел 7.1. Общие положения, пп.7.1.2, 7.1.3. Подраздел 7.2. Равномерно распределённые и временные нагрузки, пп.7.2.1, 7.2.2. Подраздел 7.4. Ветровые нагрузки. Подраздел 7.6. Температурные климатические воздействия.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

СП 294.1325800.2017 "Конструкции стальные. Правила проектирования":

- раздел 4. Основные положения расчета. Подраздел 4.1. Общие положения, пп.4.1.1, 4.1.3 - 4.1.4, 4.1.6 – 4.1.15. Подраздел 4.2. Предельные состояния стальных конструкций, пп.4.2.1 – 4.2.8.

СП 52-101-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры":

- раздел 4. Общие указания. Подраздел 4.1. Основные положения, пп.4.1.1, 4.1.2. Подраздел 4.2. Основные расчетные требования, пп.4.2.1 - 4.2.5;

- раздел 5. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций. Подраздел 5.1. Бетон Нормативные значения прочностных характеристик бетона, п.5.1.8. Расчетные значения прочностных характеристик бетона, пп.5.1.9, 5.1.10;

- раздел 6. Расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы. Подраздел 6.2. Расчет железобетонных элементов по прочности. Общие положения, п.6.2.3. Расчет по прочности нормальных сечений по предельным усилиям, пп.6.2.5, 6.2.6. Расчет изгибаемых элементов, п.6.2.9;

- раздел 7. Расчет элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы. Подраздел 7.1. Общие положения, пп.7.1.1 – 7.1.3. Подраздел 7.3. Расчет элементов железобетонных конструкций по деформациям. Общие положения, п.7.3.1.

СП 52-102-2004 "Предварительно напряженные железобетонные конструкции":

- раздел 1. Общие указания. Подраздел 1.2. Основные расчетные требования, пп.1.2.1 - 1.2.4;

- раздел 2. Материалы для предварительно напряженных железобетонных конструкций. Подраздел 2.1. Бетон. Подраздел 2.1.2. Нормативные и расчетные значения характеристик бетона, пп.2.1.2.1, 2.1.2.2.

СП 53-102-2004 "Общие правила проектирования стальных конструкций":

- раздел 5. Общие положения. Подраздел 5.2. Основные расчетные требования, пп.5.2.3 - 5.2.5.

СП 52-103-2007 "Железобетонные монолитные конструкции зданий":

- раздел 6. Расчет несущих конструктивных систем. Подраздел 6.1 Расчетная схема, пп.6.1.1 - 6.1.6. Подраздел 6.2. Требования к расчету, пп.6.2.1 - 6.2.11. Подраздел 6.3. Методы расчета, пп.6.3.1 - 6.3.11.

СП 50-101-2004 "Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений":

- раздел 5. Проектирование оснований. Подраздел 5.1. Общие указания, пп.5.1.1 - 5.1.6. Подраздел 5.2. Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах оснований, пп.5.2.1 - 5.2.4.

СП 50-102-2003 "Проектирование и устройство свайных фундаментов":

- раздел 7. Проектирование свайных фундаментов. Подраздел 7.1. Основные указания по расчету, пп.7.1.1 - 7.1.4, 7.1.8.

СП 31-114-2004 "Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах":

- раздел 4. Общие положения, п.4.2;

- раздел 6. Расчет на сейсмические воздействия. Подраздел. 6.1. Расчетная модель сооружения и воздействия, пп.6.1.1 - 6.1.3. Подраздел 6.2. Методы расчетов на сейсмические воздействия, п.6.2.2;

- раздел 7. Жилые и общественные здания. Подраздел 7.1. Основные положения, пп.7.1.1, 7.1.2.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубноваё**

СТО 02494680-0049-2005 "Конструкции стальные строительные. Основные принципы расчета на прочность, устойчивость, усталостную долговечность и сопротивление хрупкому разрушению":

- раздел 4. Общие положения, пп.4.2 – 4.5;
- раздел 5. Требования по составлению расчетных схем сооружений, конструкций и их элементов. Подраздел 5.1, пп.5.1.1, 5.1.2.

СТО 36554501-006-2006 "Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций":

- раздел 4. Общие требования, пп.4.2, 4.10, 4.12, 4.13.

8. Программная документация

SOFiSTiK. Пакет программ анализа. Версия 2020. SOFISTIK AG, Oberschleissheim.

Заместитель генерального директора ООО ЦСПС **Д.Ю.Бубнов**

Эксперт **Т.Н.Бубнова**

E-1e

End-User License Agreement

between Licensor:	and Licensee:	
SOFiSTiK AG Bruckmannring 38 85764 Oberschleißheim Germany **("SOFiSTiK")**	PB APEKS OOO Derbenevskaya nab, 7, str. 9 115114 Moscow Russische Föderation **("Customer")**	
Date: 2018-02-20	ID: 135885/001U	Cust. No.: 5962

SOFiSTiK agrees to license to the Customer the software products identified in the table below on a permanent basis. SOFiSTiK's End-User License Terms (current as of: 01-07-2015) apply accordingly. SOFiSTiK is not the seller of the Software.

Pos.	Product Name	Version No.	Software License Number of Licenses Local	 Network
1	3D-FEM-PREM	2018	1	5
2	AQBS	2018	1	
3	ASE3	2018	1	
4	ASE4	2018	1	
5	DOLFYN	2018	1	
6	ELLA	2018	1	
7	HASE-3D	2018	1	
8	HISOLV	2018	1	
9	HYDRA	2018	1	
10	NONL-DYN	2018	1	
11	RHINOINT	2018	1	
12	SOFILOAD-DW	2018	1	
13	SOFILOAD-W	2018	1	
14	TENDON	2018	1	
15	WINTUBE-3D+	2018	1	

Attachments: SOFiSTiK's End-User License Terms - current as of: 01-07-2015 (all attachments are available under www.sofistik.com/en/home/legal-notes)
Software Service Agreement 135885/001US dated 2017-09-28

Oberschleißheim, Date: 15/03/2018

Moscow, Date:

SOFiSTiK
Bruckmannring 38, 85764 Oberschleißheim
T +49 (0)89 315878-0 F +49 (0)89 315878-23
www.sofistik.de - info@sofistik.de

Signature (SOFiSTiK)

Signature (Customer)

191040, г.Санкт-Петербург,
Лиговский пр., 56 литер Г
(812) 622-10-14, 764-38-68
cad@pss.spb.ru www.pss.spb.ru

ПСС ГРАЙТЕК Москва 7-911-032-28-18 msk@pss.spb.ru
ПСС ГРАЙТЕК Новосибирск (383) 221-58-80 nsk@pss.spb.ru
ПСС ГРАЙТЕК Юг (Краснодар) (861) 299-96-95 ug@pss.spb.ru
ПСС ГРАЙТЕК Тула (4872) 25-21-19 tula@pss.spb.ru

ООО «ПСС ГРАЙТЕК»

Всем заинтересованным лицам

Информационное письмо

Настоящим письмом информируем Вас, что компания «ПСС ГРАЙТЕК» - Авторизованный Реселлер SOFiSTiK на территории Российской Федерации подтверждает приобретение по Договору ДГ – 54778/18 Обществом с ограниченной ответственностью "Проектное бюро АПЕКС" лицензий SOFiSTIk:

Продукт	Кол-во	Версия	Тип
3D FEM PREMIUM сетевая лицензии	5	2018, 2020	Бессрочная
3D FEM ULTIMATE сетевая лицензии	1	2018, 2020	Бессрочная

Генеральный директор
ООО «ПСС ГРАЙТЕК»
П.М.Балобанов



16 мая 2017

SOFiSTiK

СЕРТИФИКАТ

Настоящим подтверждается, что

Общество с ограниченной ответственностью
«Проектное бюро АПЕКС»

имеет статус

ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИИ

по расчетам строительных конструкций,
решению геотехнических и газодинамических задач
с использованием программного комплекса

SOFiSTiK

(подпись)

Christine Katz

Директор администрации
SOFiSTiK AG - Oberschleißheim

(подпись)

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПСС ГРАЙТЕК» PSS GRAITEC САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

А.А.Кукин

Генеральный директор ПСС ГРАЙТЕК,
авторизованный дистрибьютор
SOFiSTiK в России и СНГ