

Рис. 2.1.2. Узлы сопряжения ростверка, свай и колонн заданы с применением абсолютно жестких тел, узлы которых установлены по периметру сечения (шаг триангуляции пластин ростверка – 150мм)

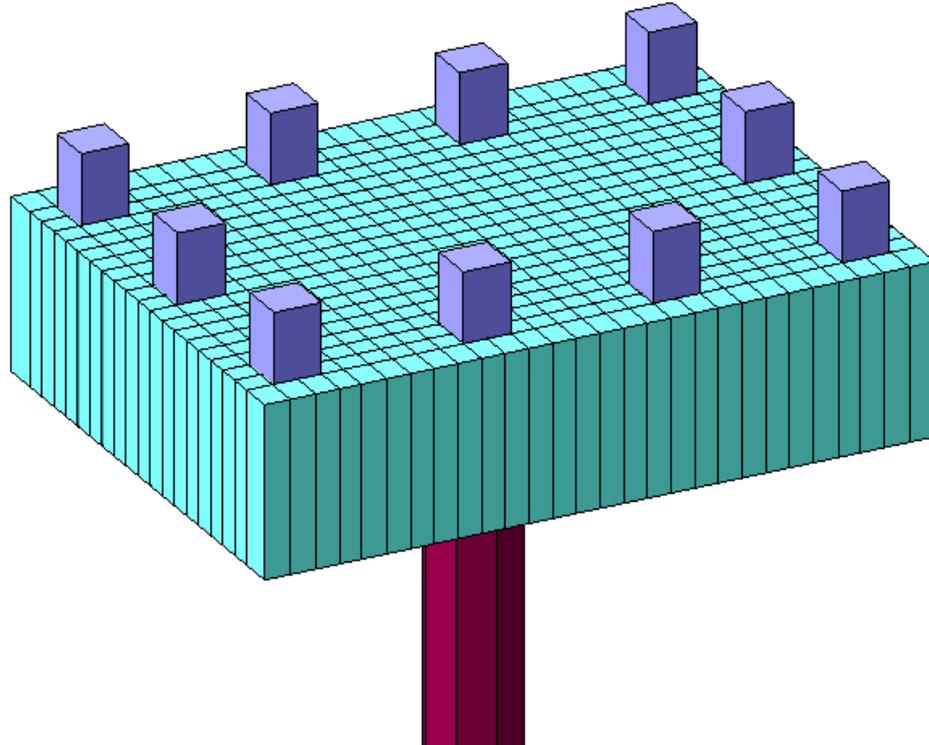


Рис. 2.1.3. Объемный вид расчетной модели ростверка в осях 23'/X; свая задана 12-ю отрезками стержней длиной 1м, в узлах сопряжения отрезков установлены одноузловые КЭ-57

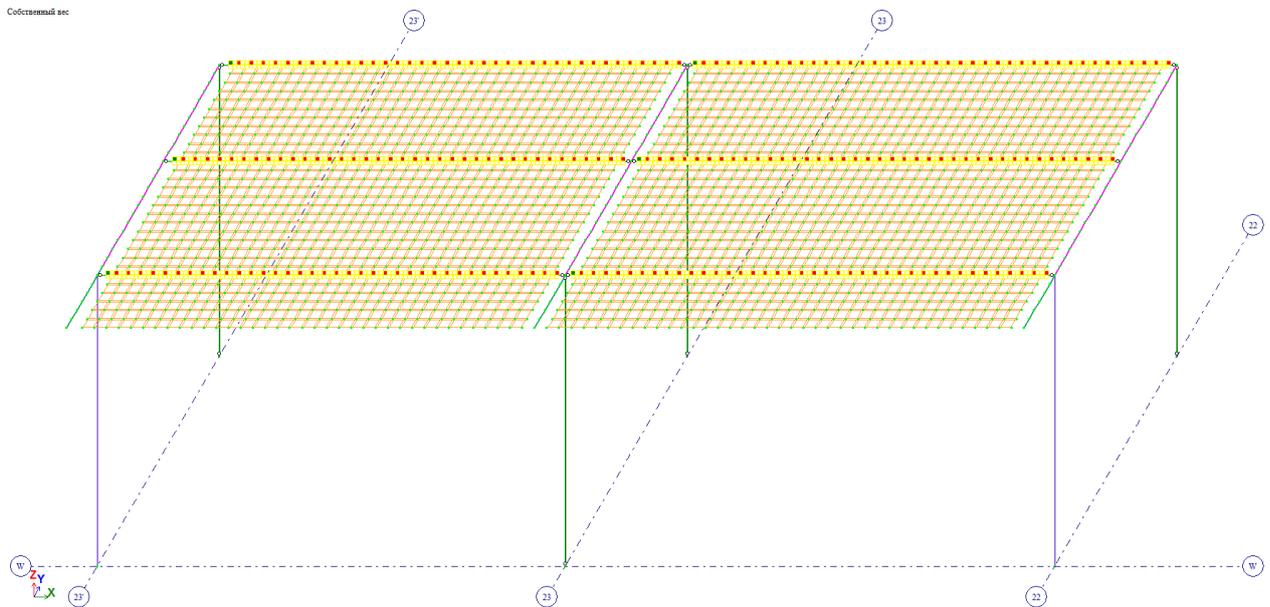


Рис. 2.1.4. Узлы опирания профлиста на отметке +9.900 реализованы объединением перемещений в направлении вертикальной оси Z (с расшивкой узлов в остальных направлениях); сопряжение главных балок и колонн выполнено жестким, в местах примыкания второстепенных балок к главным установлены шарниры в направлении MY

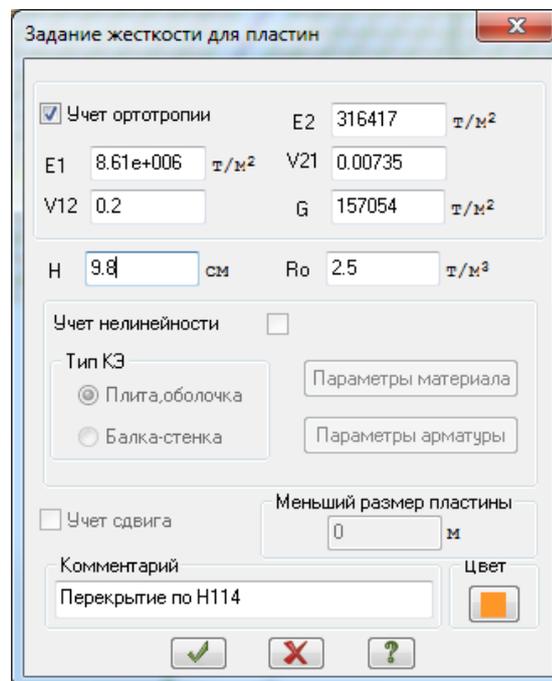
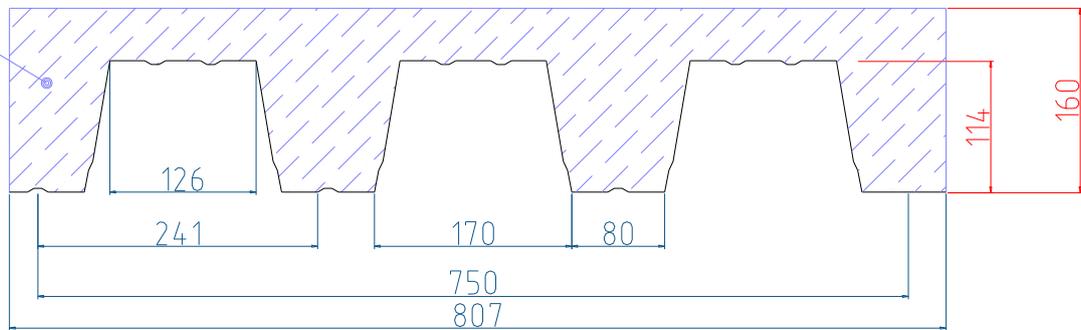


Рис. 2.1.6. Жесткость перекрытия по профлисту задана с учетом ортотропной жесткости, определение расчетных параметров см. раздел 2.4; Направление локальных осей плит перекрытий соответствует направлению осей глобальной системы координат

2.4. Расчетные характеристики плит перекрытий

Перекрытие на отметке +9.900 имеет толщину $t = 160$ мм и уложена по профлисту Н114; толщина плитной части составит $t_1 = 160 - 114 = 46$ мм; приведенная толщина – 98мм.

$S = 0.079$ м², приведенная S_1 на 1м.п. – 0,098м²



Толщина материала, мм	Масса на 1 м ² , кг	Площадь сечения А, см ²	Масса 1м, кг	Справочная величина на 1 м ширины		
				Момент инерции, Ix, см ⁴	Момент сопротивления, Wx ₁ , см ³	Момент сопротивления, Wx ₂ , см ³
0,7	11,7	9,8	8,3	260,1		
0,8	12,53	11,2	9,4	294,8		
0,9	14,00	12,6	10,5			
1,0	15,60	14	11,7			
1,2	18,40	16,8	13,8			

H114 – 750

Рис. 2.4.1. Определение геометрических параметров сечения плиты перекрытия

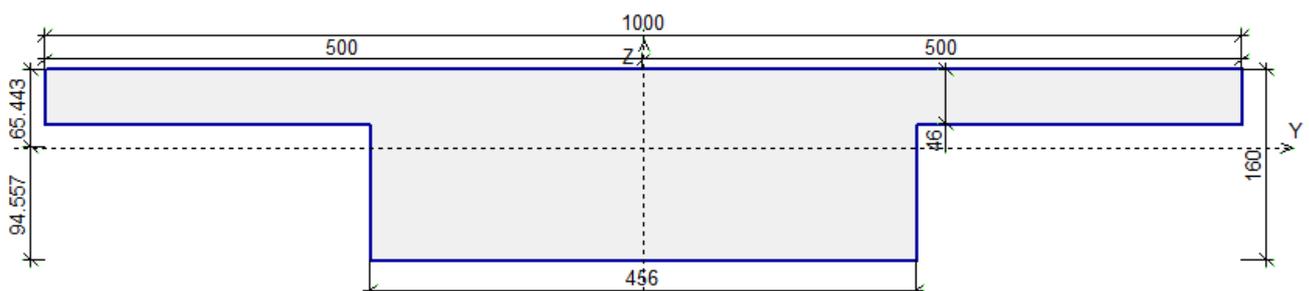
Материалы конструкций:

Бетон тяжелый. Класс прочности на сжатие В25:

- $R_{b,n} = R_{b,ser} = 18.5$ МПа;
- $R_{bt,n} = R_{bt,ser} = 1,55$ МПа;
- $R_b = 14,5$ МПа;
- $R_{bt} = 1,05$ МПа;
- $\gamma_{b1} = 0,9$;
- $E_b = 3.06 \cdot 10^3$ МПа.

Геометрические хар.-ки сечения определены с использованием КС-САПР 2017:

а) Вдоль волны профлиста:



Характеристики сечения

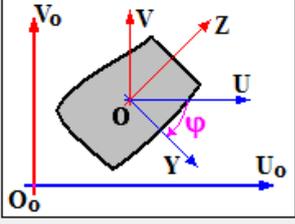
Исходные данные

$E = 3.06e+006$ т/м²

$\nu = 0.2$

$G = 1.275e+006$ т/м²

$R_0 = 2.5$ т/м³

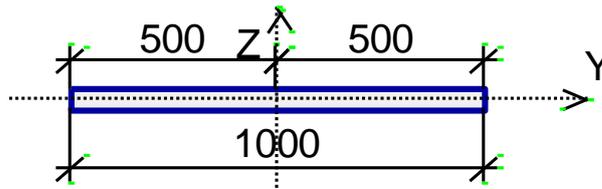


Наименование	Обозначение	Значение	Ед.изм.
Площадь	F	979.84	см ²
Момент инерции относительно оси U	Iu	22060	см ⁴
Момент инерции относительно оси V	Iv	473411	см ⁴
Центробежный момент инерции в системе координат UOV	Iuv	-1.35525e-0...	см ⁴
Габаритная ширина сечения	b	100	см
Габаритная высота сечения	h	16	см
Периметр внешнего контура	Pext	232	см
Периметр внутренних контуров	Pint	0	см
Угол поворота главных осей инерции	Fi	-90	°
Главный момент инерции относительно оси Y	Iy	473411	см ⁴
Момент сопротивления изгибу относительно оси Y (Z+)	Wy+	9468.22	см ³
Момент сопротивления изгибу относительно оси Y (Z-)	Wy-	9468.22	см ³
Главный радиус инерции относительно оси Y	Ry	21.9807	см
Максимальная абсцисса ядрового расстояния	Y+	2.38098	см
Минимальная абсцисса ядрового расстояния	Y-	3.44023	см
Главный момент инерции относительно оси Z	Iz	22060	см ⁴
Момент сопротивления изгибу относительно оси Z (Y+)	Wz+	3370.88	см ³
Момент сопротивления изгибу относительно оси Z (Y-)	Wz-	2332.98	см ³
Главный радиус инерции относительно оси Z	Rz	4.74488	см
Максимальная ордината ядрового расстояния	Z+	9.66303	см
Минимальная ордината ядрового расстояния	Z-	9.66303	см
ЖЕСТКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:			
Осевая жесткость	EF	299831	т
Изгибная жесткость относительно оси Y	Ely	14486.4	т*м ²
Изгибная жесткость относительно оси Z	Elz	675.035	т*м ²

Справка Закрыть

Момент инерции сечения относительно оси U – 22060 см⁴;

б) Поперек волны профлиста – толщина плитной части 46мм, приведенная ширина 1м



Исходные данные		Наименование	Обозначение	Значение	Ед.изм.
E =	3.06e+006	ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:			
ν =	0.2	Координаты центра тяжести в системе координат UoOoVo:	Uoc	-5.175e-014	см
G =	1.275e+006	Площадь	F	460	см ²
Ro =	2.5	Момент инерции относительно оси U	Iu	811.133	см ⁴
		Момент инерции относительно оси V	Iv	383333	см ⁴
		Центробежный момент инерции в системе координат UOV	Iuv	-3.59989e-0...	см ⁴
		Габаритная ширина сечения	b	100	см
		Габаритная высота сечения	h	4.6	см
		Периметр внешнего контура	Pext	209.2	см
		Периметр внутренних контуров	Pint	0	см
		Угол поворота главных осей инерции	Fi	-90	°
		Главный момент инерции относительно оси Y	Iy	383333	см ⁴
		Момент сопротивления изгибу относительно оси Y (Z+)	Wy+	7666.67	см ³
		Момент сопротивления изгибу относительно оси Y (Z-)	Wy-	7666.67	см ³
		Главный радиус инерции относительно оси Y	Ry	28.8675	см
		Максимальная абсцисса ядрового расстояния	Y+	0.766666	см
		Минимальная абсцисса ядрового расстояния	Y-	0.766667	см
		Главный момент инерции относительно оси Z	Iz	811.133	см ⁴
		Момент сопротивления изгибу относительно оси Z (Y+)	Wz+	352.667	см ³
		Момент сопротивления изгибу относительно оси Z (Y-)	Wz-	352.666	см ³
		Главный радиус инерции относительно оси Z	Rz	1.32791	см
		Максимальная ордината ядрового расстояния	Z+	16.6667	см
		Минимальная ордината ядрового расстояния	Z-	16.6667	см
		ЖЕСТКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:			

Момент инерции сечения относительно оси U – 811 см⁴.

Приведенная толщина перекрытия составляет 10см, определим модуль упругости E₂ для приведенного сечения в направлении поперек гофры профлиста (полагая EI = const) из уравнения:

$$\frac{I_{4.6}}{E_2} = \frac{I_{9.8}}{3.06 \cdot e6};$$

$$I = \frac{bh^3}{12}; I_{4.6} = \frac{100 * 4.6^3}{12} = 811 \text{ см}^4; I_{9.8} = \frac{100 * 9.8^3}{12} = 7843 \text{ см}^4$$

$$E_2 = 3.06 \cdot e6 * \frac{811}{7843} = 316417 \frac{\text{Т}}{\text{М}^2}$$

Соотношение моментов инерции сечения плиты в направлении вдоль и поперек гофры профлиста прямо пропорционально отношению модулей упругости E₁ и E₂:

$$K = \frac{I_{u1}}{I_{u2}} = \frac{22060}{811} = 27.2$$

$$E_1 = E_2 * K = 316417 * 27.2 = 8606547 \sim 8.61 \text{ е}6 \frac{\text{Т}}{\text{М}^2}$$

Принимая коэффициент Пуассона для сечения поперек гофры величиной $\nu_{12} = 0.2$, определим ν_{21} для ортогонального сечения из соотношения:

$$E_1 * \nu_{12} = E_2 * \nu_{21};$$

$$\nu_{21} = \frac{E_2 * \nu_{12}}{E_1} = \frac{316417 * 0.2}{8606547} = 0.00735;$$

Модуль сдвига G для однородного изотропного материала связан с модулем Юнга через коэффициент Пуассона:

$$G = \frac{E_2}{2(1 + \nu_{21})} = \frac{316417}{2(1 + 0.00735)} = 157054 \frac{\text{Т}}{\text{М}^2}$$

Произведем расчет балки Бс2-2 (I35Б1), расположенной в осях X/22-23:

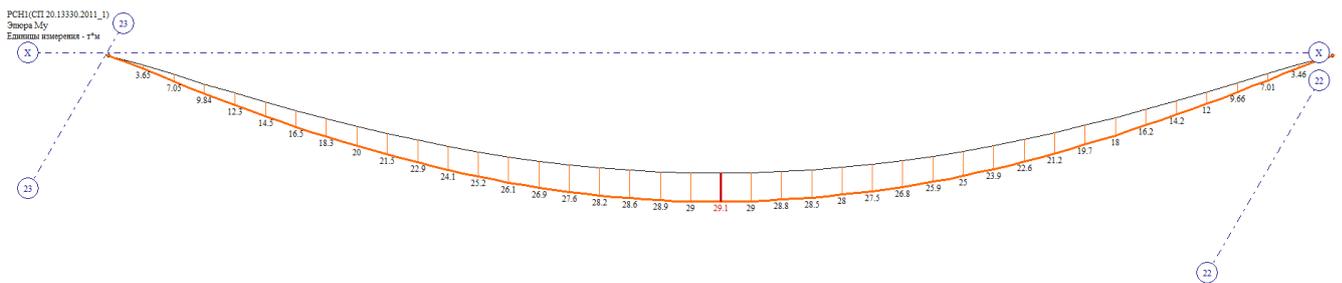


Рис. 2.4.2. Эпюра изгибающего момента M_U – макс. 29.1тм в середине пролета

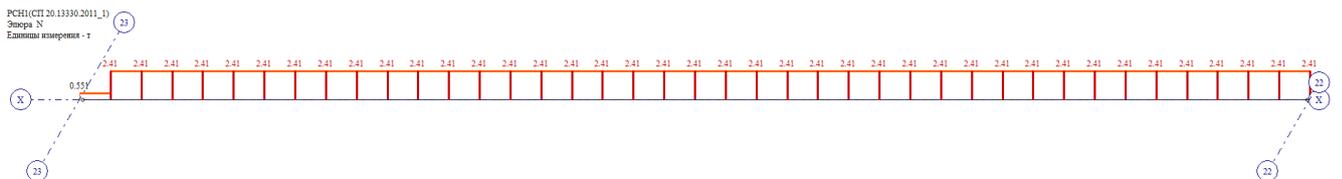


Рис. 2.4.3. Эпюра продольных усилий N – 2.41т (растяжение)



Рис. 2.4.4. Эпюра крутящего момента – $0,2 * 10^{-3}$ тм

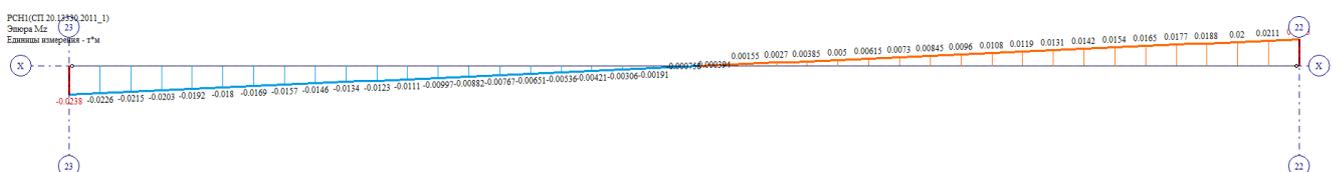


Рис. 2.4.5. Эпюра изгибающего момента в гориз. плоскости M_Z – макс. 0,02тм

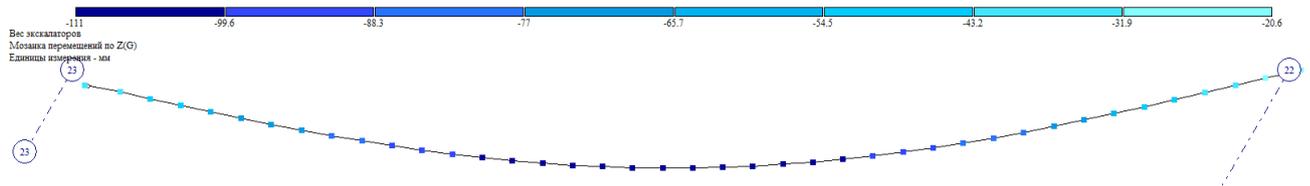


Рис. 2.4.6. Мозаика вертикальных перемещений Z – полная осадка 111мм, вертикальное смещение опор – 21 и 36мм, собственный прогиб балки 82,5мм, допустимый прогиб $8000/205=39$ мм, коэффициент использования по 2ПС – 2.11.

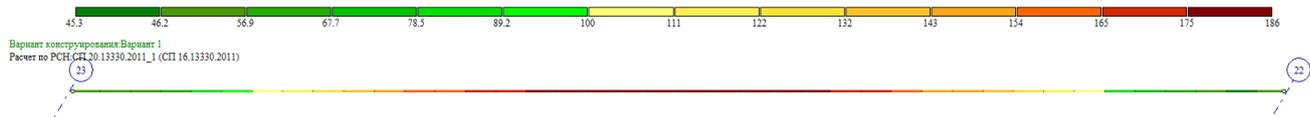


Рис. 2.4.7. Мозаика результатов проверки назначенных сечений, коэффициент использования достигает значения 1.86

Произведен дополнительный расчет данной балки при ее загрузке равномерно распределенной нагрузкой без учета жесткости пластин перекрытия (ширина грузовой площади балки составляет 4м, суммарная нагрузка от перекрытия, в соответствии с таблицей 2.2 сбора нагрузок, составляет 955 кг/м², таким образом погонная распределенная нагрузка на балку составит $955 \cdot 4 = 3820$ кг/м.п.):

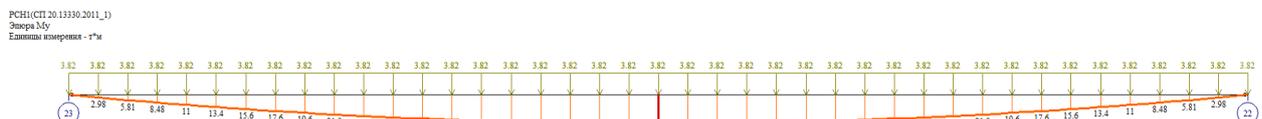


Рис. 2.4.8. Эпюра изгибающего момента MY – макс. 30.7тм взамен 29.1тм в середине пролета при загрузке балки распределенной нагрузкой 3.82 т/м.п., корреляция результатов расчета более 95% (N=0,53т, MZ=0, MX=0)

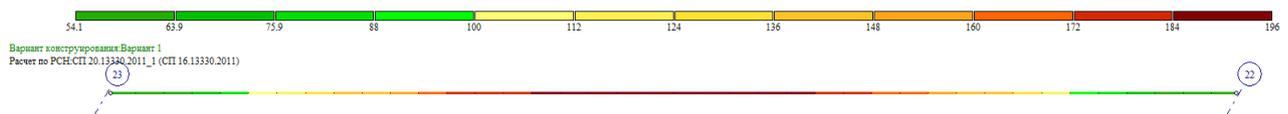


Рис. 2.4.9. Мозаика результатов проверки назначенных сечений, коэффициент использования достигает значения 1.96

Для оценки сходимости результатов ниже приведены результаты поверочных расчетов балки средствами SCAD Office (сателлит КРИСТАЛЛ):

РСН(СП 20.13330.2011_1)
Изополя напряжений по Mx
Единицы измерения - (т*м)/м

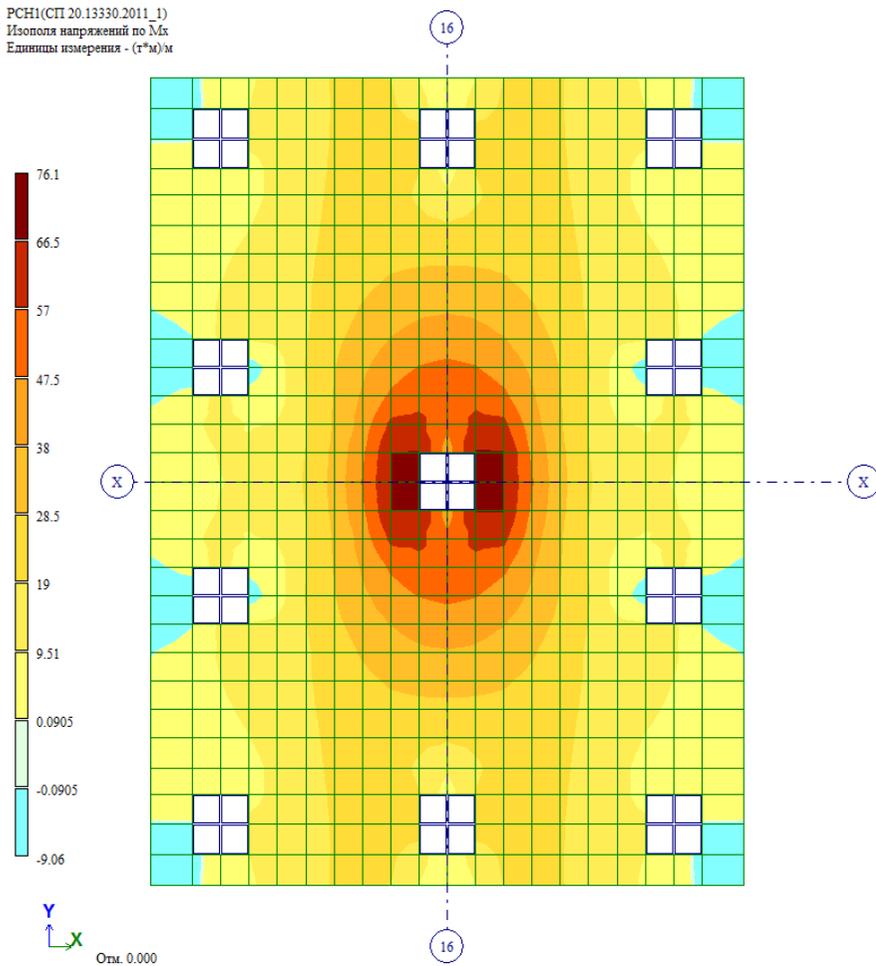


Рис. 3.19. Mx – 76.1 тм

РСН(СП 20.13330.2011_1)
Изополя напряжений по My
Единицы измерения - (т*м)/м

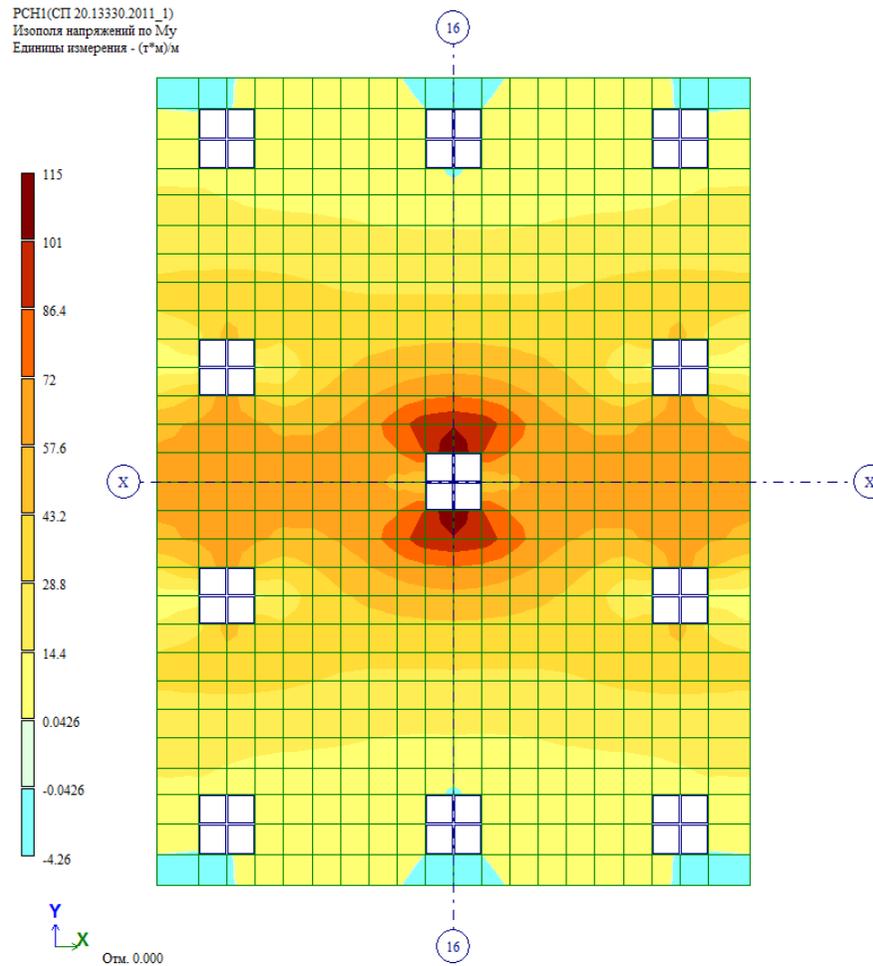


Рис. 3.20. My – 115 тм

Результаты анализа усилий в ростверке с наибольшим коэффициентом использования, расположенном в осях 16/X (продольное усилие в колонне составляет 423т)

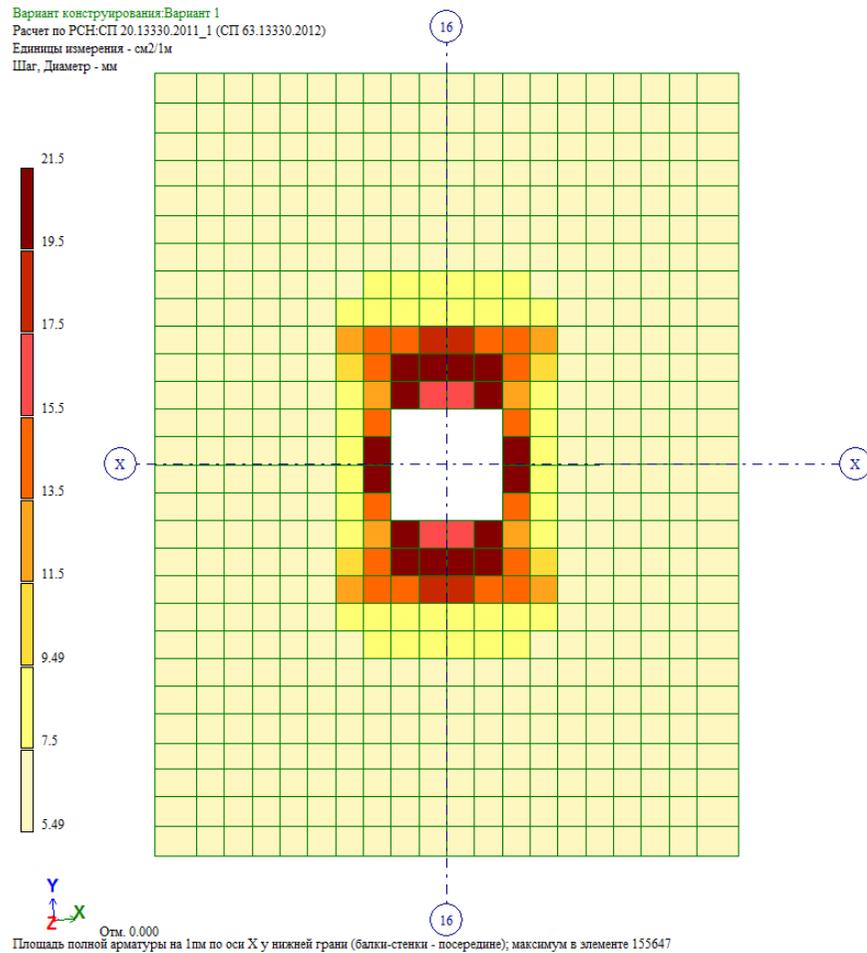


Рис. 3.21. В направлении оси X – 21.5 см²

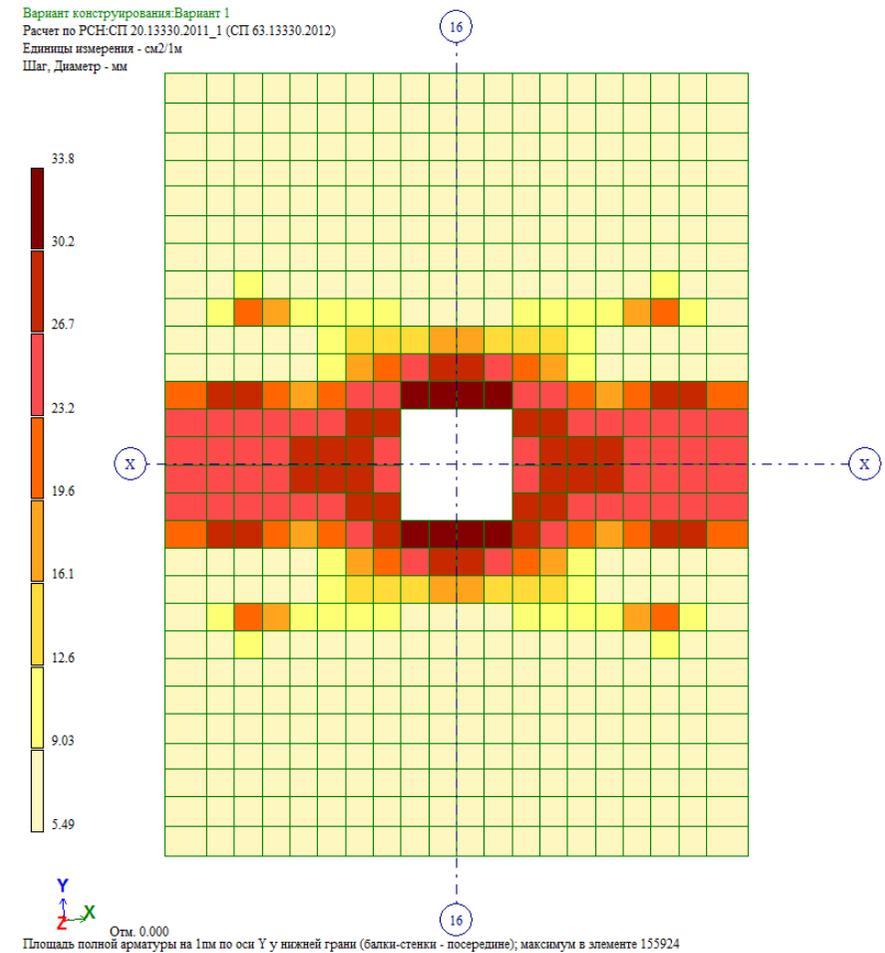


Рис. 3.22. В направлении оси Y – 33.8 см²

Результаты анализа требуемого армирования у нижней грани ростверка, расположенного в осях 16/W; фактическое армирование выполнено в виде стержней d16+d28 A500, уложенных с шагом 200мм – итого 40.82 см². В пределах контура сечения колонны d600мм удалены фрагменты мозаики, поскольку плита на данных участках рассматривается абсолютно жестким телом.

Наибольший коэффициент использования ростверков основания здания оценивается как $33,8/40,82=0,83$

Адьяга МЕГА v80.13d
Вариант конструирования Вариант 1
Площадь верхней арматуры на 1 п. м. с учетом трещиностойкости по направлению оси X1
Единицы измерения - см²/м

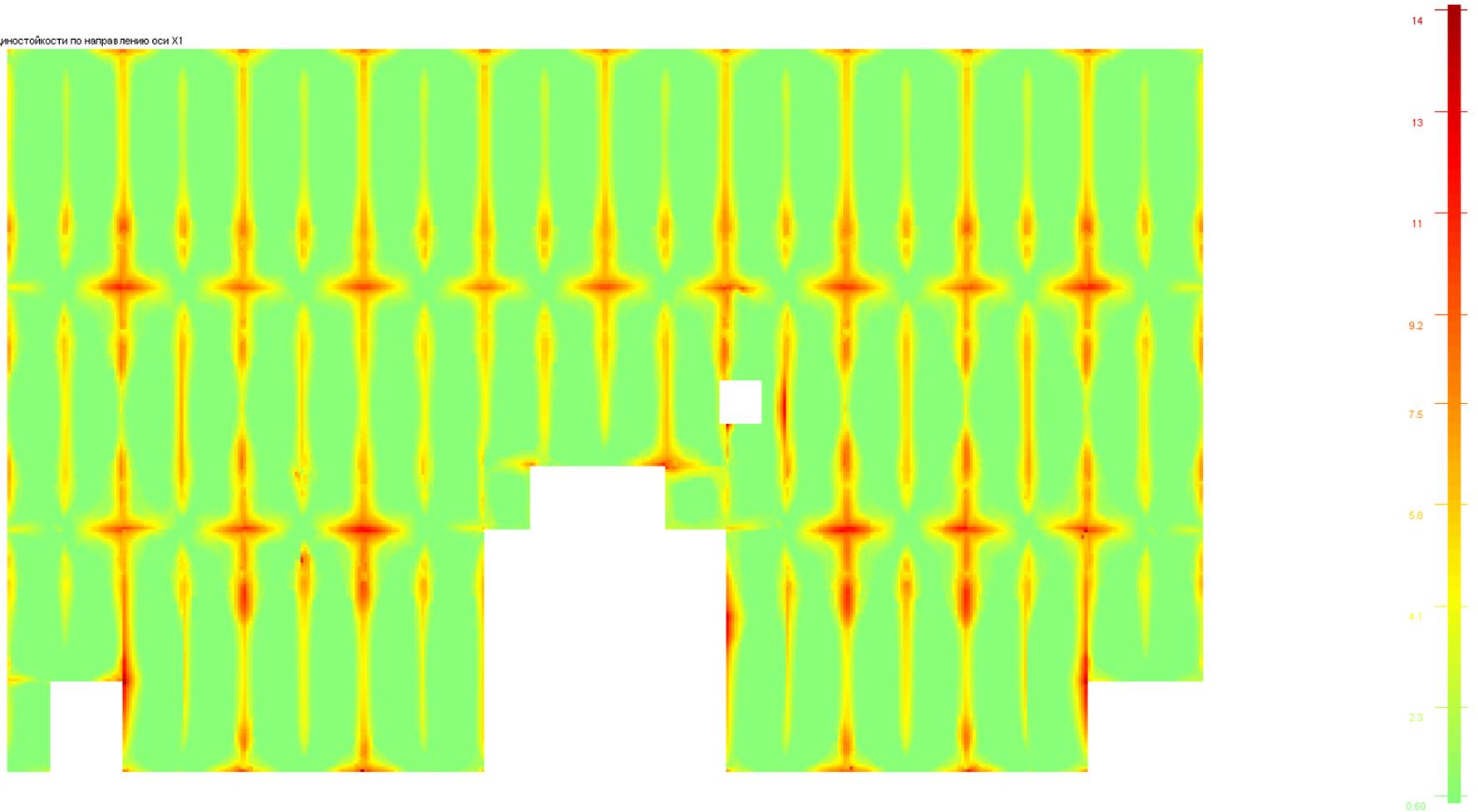


Рис. 3.40. Мозаика требуемого армирования у верхней грани в направлении оси X в плите перекрытия на отметке +5.100, требуемое армирование 3.16 см², на локальных участках до 14 см²; фактическое армирование 3.92 см² (d10 s200 A500)

Адьяга МЕГА v80.13d
Вариант конструирования Вариант 1
Площадь верхней арматуры на 1 п. м. с учетом трещиностойкости по направлению оси Y1
Единицы измерения - см²/м

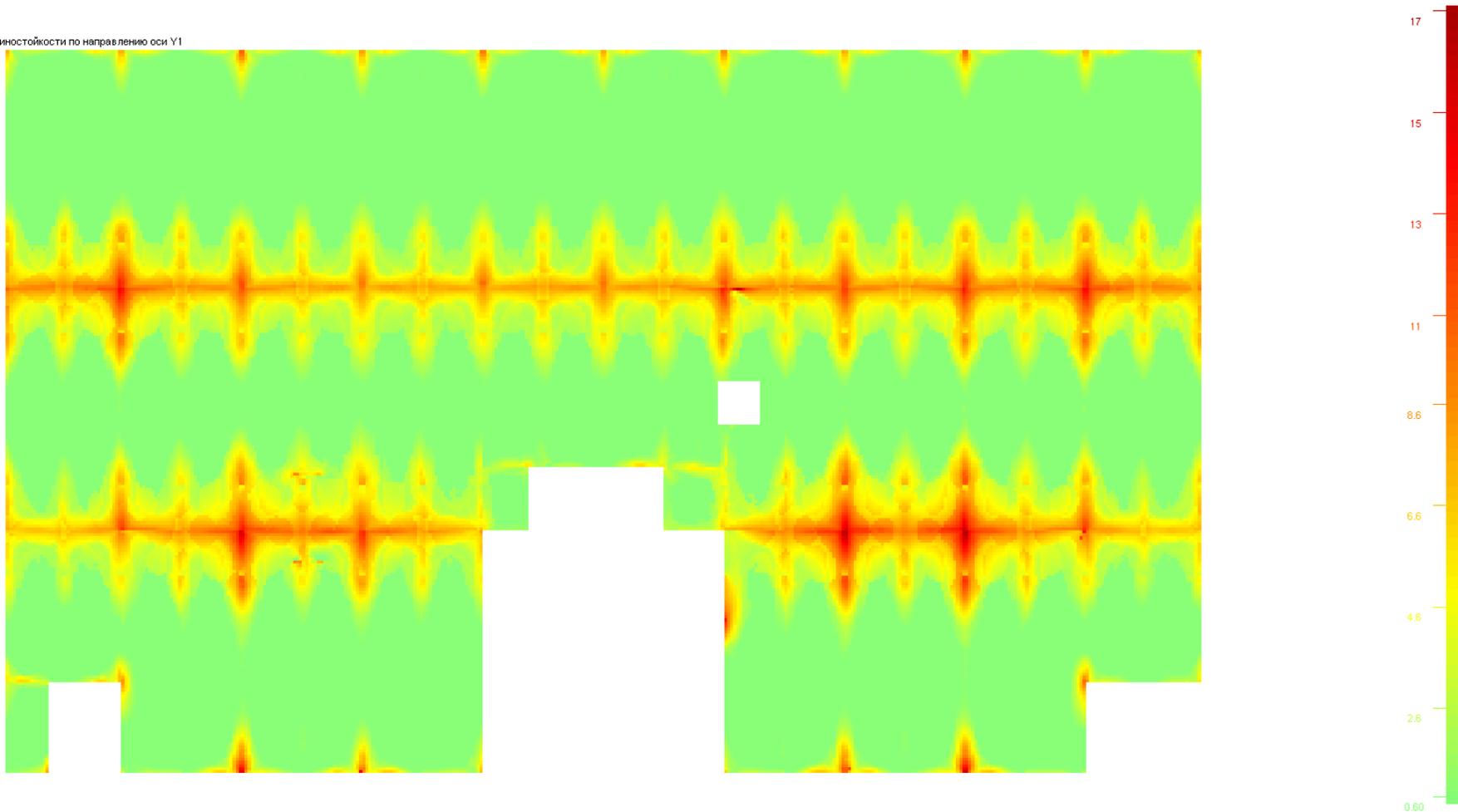


Рис. 3.41. Мозаика требуемого армирования у верхней грани в направлении оси Y в плите перекрытия на отметке +5.100, требуемое армирование 4.11 см², на локальных участках до 17 см², фактическое армирование 3.92 см² (d10 s200 A500)