

СибНИТ

✉ 630049, г.Новосибирск-49
ул. Дуси Ковальчук, 191

Закрытое акционерное общество

«СибНИТ»

☎ (383) 328-03-32
факс (383) 328-04-91
факс (383) 328-04-04

Согласовано
Гл. конструктор
ООО «Инженерное бюро Феликова Д.А.»

Утверждаю
Генеральный директор
ЗАО «СибНИТ»

_____ Нартовский А.Л.

_____ Усольцев А.М.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Шифр Н01-13-ПЗ

**Разработка проекта усиления колонны 1/Б на объекте
«Гостиница с подземной автостоянкой общего пользования
и трансформаторной подстанцией по проспекту Димитрова
в Железнодорожном районе г. Новосибирска»**

Руководитель работ:

Неровных А.А.

Научный консультант:
Д.т.н., профессор

Бокарев С.А.

2013 г.

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

СОСТАВ ПРОЕКТА

№	Обозначение	Наименование	Примечания
1	Н01-13-ПЗ	Пояснительная записка	
2	Н01-13-РЧ	Рабочие чертежи	
3	Н01-13-СД	Сметная документация	

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

					<i>Н01-13-ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Ген. дир.</i>	<i>Усольцев А.М.</i>				Состав проекта	2	29	
<i>Н. контроль</i>	<i>Рыбалов Ю.В.</i>					Организация		
<i>Науч. конс.</i>	<i>Бокарев С.А.</i>							
<i>Руковод.</i>	<i>Неровных А.А.</i>							
<i>Разраб.</i>	<i>Кобелев К.В.</i>							

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	4
1.1	Введение	4
1.2	Нормативные документы.....	4
1.3	Сведения о колонне	4
2	ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО УСИЛЕНИЮ	4
2.1	Монтаж системы внешнего армирования	6
2.2	Ведомость объемов работ и материалов	6
3	ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УСИЛЕНИЮ	7
3.1	Порядок производства работ	7
3.2	Контроль качества работ.....	8
3.3	Техника безопасности	8
	Приложение 1	10
	Приложение 2	11
	Приложение 5	14
	Приложение 4	18
	Приложение 5	26

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

					<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">Н01-13-ПЗ</p>	<p style="font-size: 0.8em; margin: 0;">Лист</p>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		<p style="font-size: 0.8em; margin: 0;">3</p>

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Введение

Рабочий проект усиления колонны разработан специалистами ЗАО «СибНИТ» в соответствии с договором № 31/07-11 от 30 мая 2013 года между ООО «СекторСтрой» и ЗАО «СибНИТ».

Проект составлен на основании технической документации, предоставленной заказчиком, предпроектном осмотре колонны и расчетов колонны по прочности, проведенных специалистами ЗАО «СибНИТ» в июне 2013 года.

1.2 Нормативные документы

При проектировании использованы нормативные документы:

Шифр	Наименование нормативного документа
СП 63.13300.2012	Бетонные и железобетонные конструкции
	Руководством по усилению железобетонных конструкций композиционными материалами

1.3 Сведения о колонне

Объект усиления расположен на четвертом этаже объекта «Гостиница с подземной автостоянкой общего пользования и трансформаторной подстанцией по проспекту Димитрова в Железнодорожном районе г. Новосибирска».

Необходимость проведения работ по усилению обусловлена низким, не совпадающим с проектным, классом бетона.

На основании предоставленных ООО «СекторСтрой» данных об армировании колонны (Приложение 1), проектных значений внутренних усилий в колонне (Приложение 2), а также по результатам предпроектного осмотра и расчетов колонны по прочности (Приложение 3) была подтверждена необходимость усиления.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО УСИЛЕНИЮ

В качестве конструкции усиления используется система внешнего армирования BASF MBrace из композиционных материалов на основе

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

Н01-13-ПЗ

4

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

углеродного волокна. Для восстановления несущей способности колонны на нее наклеивается обойма из композиционного материала. Подбор необходимого количества материала ведется из условия приближения прочности бетона на сжатие к проектной. Кроме того, для восприятия изгибающего момента, возникающего в верхнем сечении колонны (отметка 13,820 м), на грани колонны наклеивается композиционный материал с продольной ориентацией волокон. Подбор необходимого количества слоев обоям, а также слоев композиционного материала с продольной ориентацией волокон и длины его заводки за расчетное сечение приведен в приложении 4.

Обойма из композиционного материала - холста из углеродного волокна толщиной 0,293 мм - устанавливается по всей высоте колонны в 3 слоя с расположением волокон перпендикулярным продольной оси колонны. Полосы холста с расположением волокон вдоль оси колонны наклеиваются в верхней части колонны в два слоя. Схема усиления с указанием ширины полос композиционного материала и их расположения приведена на рисунке 2.1.

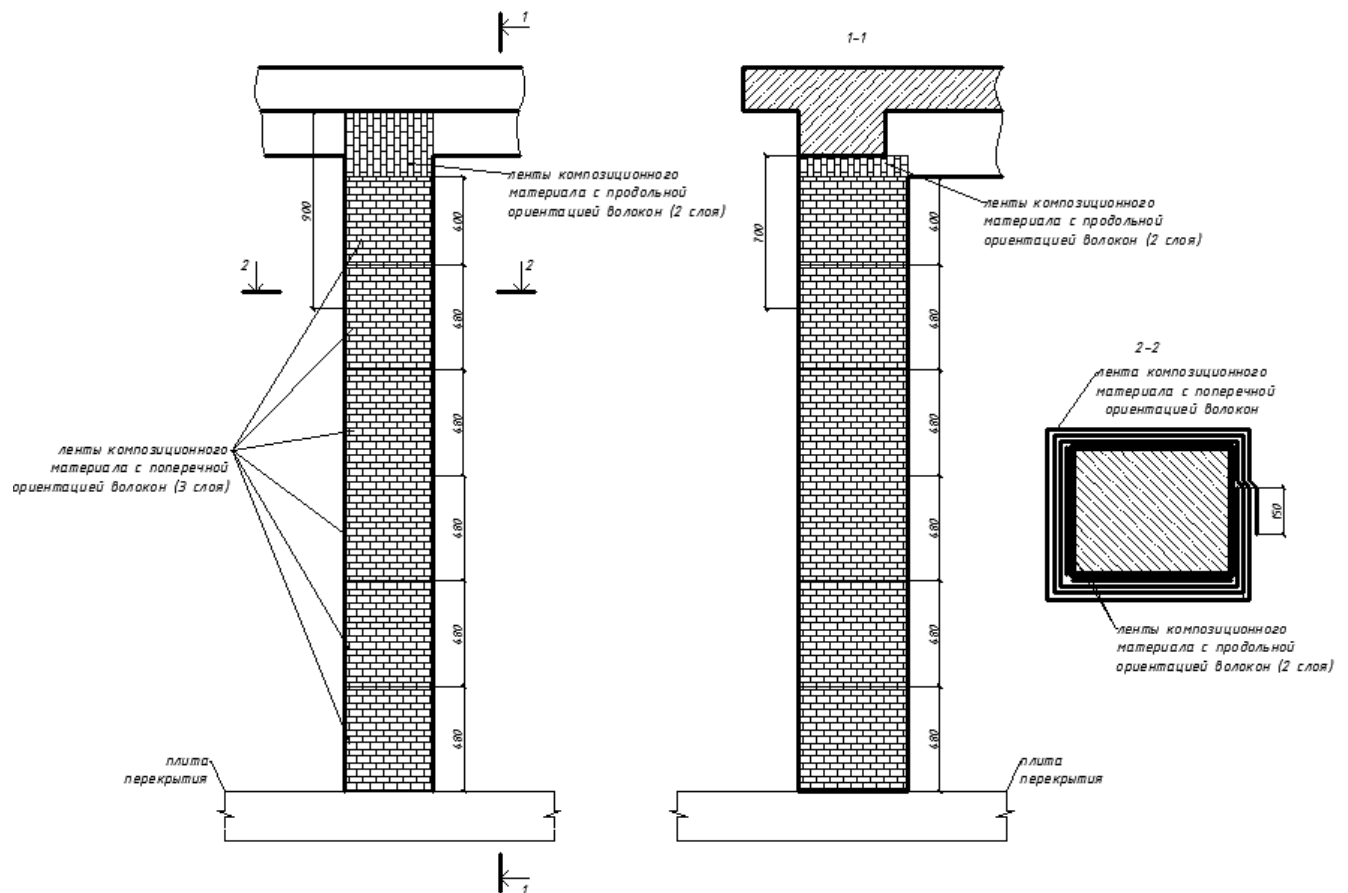


Рисунок 2.1 – Схема усиления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Перв. примен.

Применение данной конструкции усиления позволяет повысить условную расчетную прочность бетона на сжатие до 17,5 МПа, а также обеспечить восприятие максимальных изгибающих моментов в обеих плоскостях. Расчет несущей способности усиленной колонны приведен в Приложении 5. Для защиты усиления от пожара наносится огнезащитный состав.

Справ. №

2.1 Монтаж системы внешнего армирования

- Очистка поверхности колонны щетками от пыли и грязи;
- Стесывание неровностей;
- Снятие поверхностного слоя бетона;
- Разметка поверхности колонны под скругление углов;
- Скругление углов (радиус 6,5 см);
- Обеспыливание поверхности;
- Заполнение ремонтным составом Emaco Nanocrete R4 выбоин;
- Снятие ремонтного состава под габариты колонны;
- Обеспыливание поверхности;
- Обезжиривание поверхности;
- Разметка поверхности колонны под наклейку холста;
- Нанесение праймера MBrace Primer;
- Наклейка холста MBrace Fib CF 230/4900.530g (3 слоя);
- Обсыпка кварцевым песком;
- Нанесение огнезащитного покрытия.

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

2.2 Ведомость объемов работ и материалов

Таблица 2.1 – Ведомость объемов работ

№	Наименование работ	Материалы	Ед. изм.	Кол-во
1	Очистка поверхности колонны щетками от пыли и грязи		м ²	5,21
2	Стесывание неровностей		м ²	5,21
3	Снятие поверхностного слоя бетона		м ²	5,21

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Н01-13-ПЗ

Лист

6

Продолжение таблицы 2.1

№	Наименование работ	Материалы	Ед. изм.	Кол-во
4	Разметка поверхности колонны под скругление углов		м ²	5,21
5	Скругление углов (радиус 6,5 см)		м. п.	10,4
6	Обеспыливание поверхности		м ²	5,21
7	Заполнение ремсоставом выбоин	Emaco Nanocrete R4	м ²	5,21
8	Снятие ремсостава под габариты колонны		м ²	5,21
9	Обеспыливание поверхности		м ²	5,21
10	Обезжиривание поверхности		м ²	5,21
11	Разметка поверхности колонны под наклейку холста		м ²	5,21
12	Нанесение праймера	MBrace Primer	м ²	5,21
13	Наклейка холста	Клей MBrace Saturant, Холст MBrace FIB CF 230/4900.530g	м ²	16,96
14	Обсыпка кварцевым песком		м ²	5,21
15	Нанесение огнезащитного покрытия		м ²	5,21

Таблица 2.2 – Ведомость объемов материалов

№	Наименование материала	Требуемый объем
1	Праймер MBrace Primer	1,1 кг
2	Клей MBrace Saturant	28,0 кг
3	Холст MBrace FIB CF 230/4900.530g/5	36,6 м.п.
4	Ремонтный состав Emaco Nanocrete R4	28,6 кг
5	Огнезащитный состав	100 кг

3 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УСИЛЕНИЮ

Установка системы внешнего армирования осуществляется силами заказчика.

3.1 Порядок производства работ

- 1) Очистка поверхности колонны щетками от пыли и грязи;
- 2) Стесывание неровностей;
- 3) Снятие поверхностного слоя бетона;

Лист

Н01-13-ПЗ

7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

- 4) Разметка поверхности колонны под скругление углов;
- 5) Скругление углов (радиус 6,5 см);
- 6) Обеспыливание поверхности;
- 7) Заполнение ремсоставом выбоин;
- 8) Снятие ремсостава под габариты колонны;
- 9) Обеспыливание поверхности;
- 10) Обезжиривание поверхности;
- 11) Разметка поверхности колонны под наклейку холста в соответствии со схемой наклеивания композиционного материала (Н01-13-РЧ-03);
- 12) Раскрой композиционного материала в соответствии со схемой его наклеивания;
- 13) Приготовление адгезионного состава для наклеивания композиционного материала;
- 14) Наклеивание композиционного материала на поверхность колонны в соответствии с технологией монтажа системы усиления, предоставленной производителем материалов;
- 15) Нанесение защитного песчаного покрытия на холст;
- 16) Нанесение огнезащитного покрытия.

3.2 Контроль качества работ

Контроль качества работ осуществляется сотрудниками ЗАО «СибНИТ» в соответствии с требованиями нормативных документов:

Шифр	Наименование нормативного документа
СП 48.13330.2011	Организация строительства
СНиП 12-03-2001	Безопасность труда в строительстве
	Руководство по усилению железобетонных конструкций композиционными материалами

3.3 Техника безопасности

Под техникой безопасности подразумевается система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на персонал опасных производственных факторов.

Перв. примен.	
Справ. №	

При производстве работ по усилению должны выполняться требования СНиП 12-03-2001, «Руководством по усилению железобетонных конструкций композиционными материалами».

Техника безопасности складывается из следующих основных элементов:

- технологические вопросы (подбор и расстановка вспомогательного оборудования, выбор безопасных способов ведения работ на высоте и с композиционными материалами и т.п.);
- организационные вопросы;
- использование технически совершенного оборудования и материалов;
- использование заземляющих устройств элементов энергоустановок.

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

					H01-13-ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Арматурный чертеж колонны

Справ. № Перв. примен.

Взам. инв. № Инв. № дубл.

Подпись и дата Подпись и дата

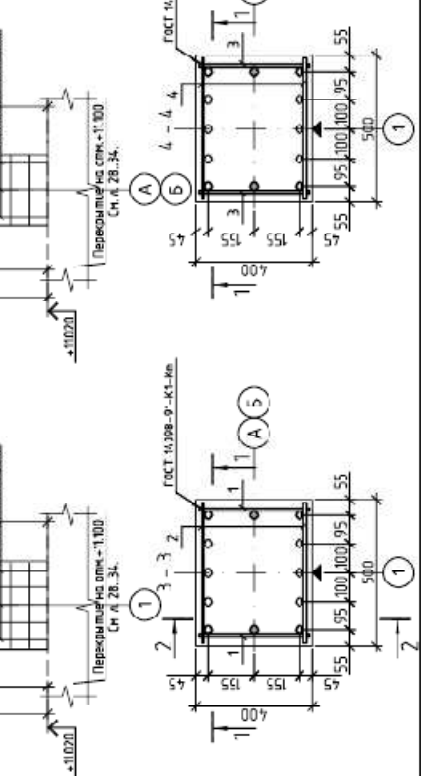
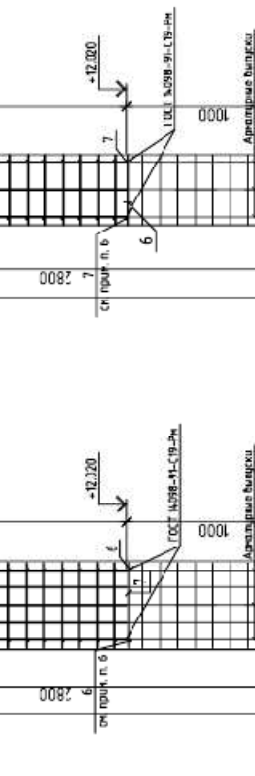
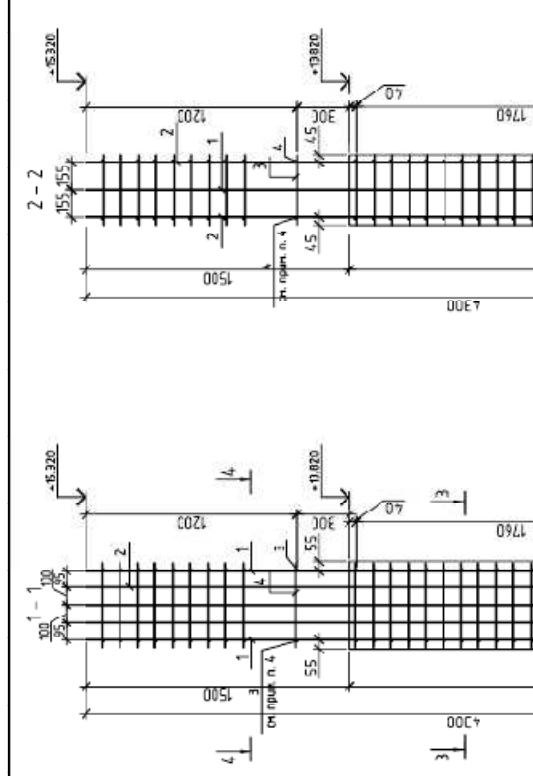
Спецификация элементов колонн К5-17-1 и К5-17-2

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. №	Примечание
1	Ф.174.07-1-КЖ2.И-КР5-27	Сборочные единицы Каркас КР5-27	2	54,06	
2	Ф.174.07-1-КЖ2.И-КР5-28	Каркас КР5-28	2	55,95	
5	Ф.174.07-1-КЖ2.И-М1	Изделие закладное М1	2	1,26	
Детали					
3	В-А-1 (А240)	ГОСТ 5781-82* l=380	6	0,15	для К5-17-1
3	В-А-1 (А240)	ГОСТ 5781-82* l=380	4	0,15	для К5-17-2
4	В-А-1 (А240)	ГОСТ 5781-82* l=400	2	0,19	для К5-17-1
4	В-А-1 (А240)	ГОСТ 5781-82* l=480	4	0,19	для К5-17-2
6	Ю-А-1 (А240)	ГОСТ 5781-82* l=380	2	0,23	
7	Ю-А-1 (А240)	ГОСТ 5781-82* l=480	2	0,3	
Материалы					
			Вязан кл. В33, R=50		
			0,60 м ³		

Ведомость расхода стали на элемент, кг

Марка элемента	Изделия арматурные		Изделия закладные		Общая расход
	Арматура класса А500С		Арматура класса Прокат марки С245		
	ГОСТ 5781-82* (ст3пс)	ГОТ АСЧМ 7-93	ГОСТ 5287-82* (25Г2С)	ГОСТ 19913-74	
К5-17-1	φ8	Итого	φ8	Итого	224,9
	1,28	29,71	1914,3	222,42	2,12
К5-17-2	φ8	Итого	φ8	Итого	225
	1,36	29,71	1914,3	222,5	2,12

- Общие указания см. лист 1.
- Схема расположения колонн см. л. 5.
- В разрезе детона на колонну указан объем бетона - полный перекрытия на стл. -11,100.
- Устанавливать в проектное положение после монтажа арматуры доток перекрытия.
- Знак ориентации ▲ см. на схеме расположения колонн.
- Устанавливать в проектное положение после сборки арматуры колонны и вылук-коб.
- Отпуск см. л. 334.



Имя	Кол.	Лист	№ Док.	Подп.	Датс
Гл. констр.					
Рук. группы					
Выполнил					
Проверил					
Н. контр.					

Листов	Лист	Листов
	Р	335

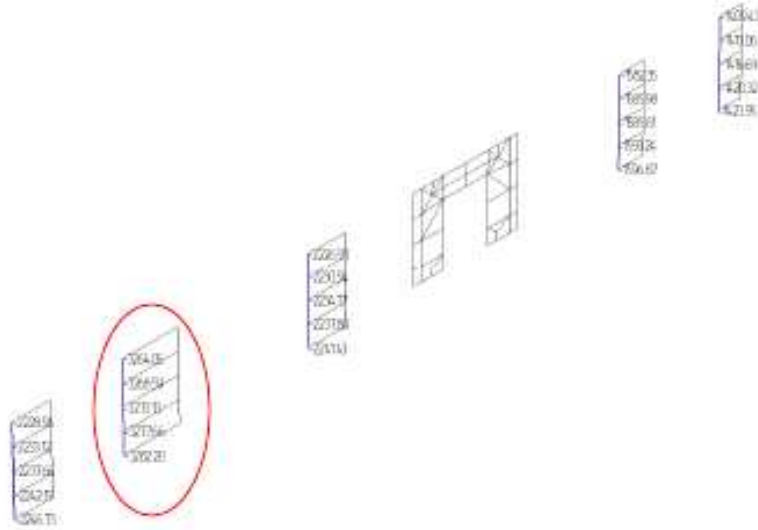
Колонны К5-17-1, К5-17-2
Арматурные

ООО "Инженерное бюро Феликс ЛА"

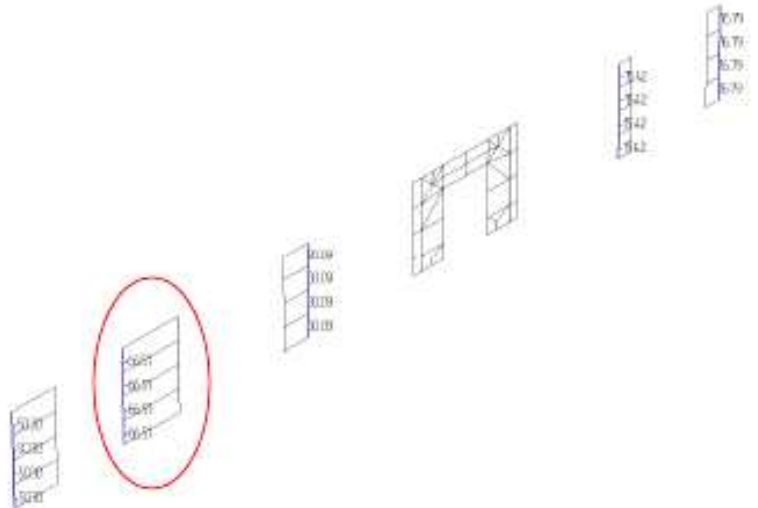
Внутренние усилия в колонне

Проект		Стр.	1
Модель		Позиция	каркас_sr_r6_6.fea
Дата	20.05.13	Программа	MicroFe 2011
		Разработчик	А.Л. Нартовский

Усилия в колоннах по оси 1



Max N=-1409.43 кН (Elem N 56869), Min N=-3282.2 кН (Elem N 56780)
Комбинация = 8



Max Qs=30.0874 кН (Elem N 56810), Min Qs=-66.51 кН (Elem N 56777)
Комбинация = 8

Перв. примен.
Справ. №

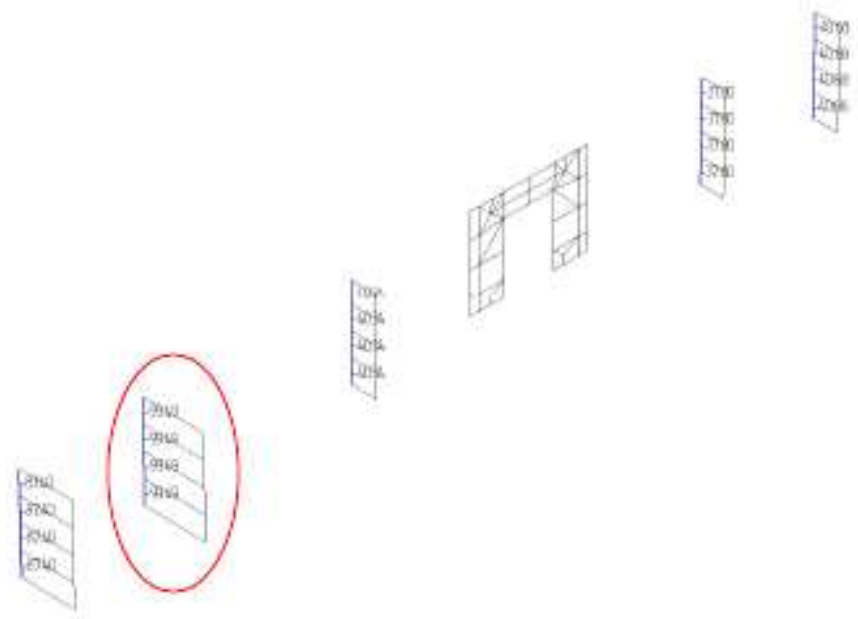
Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	H01-13-ПЗ

Перв. примен.
Справ. №

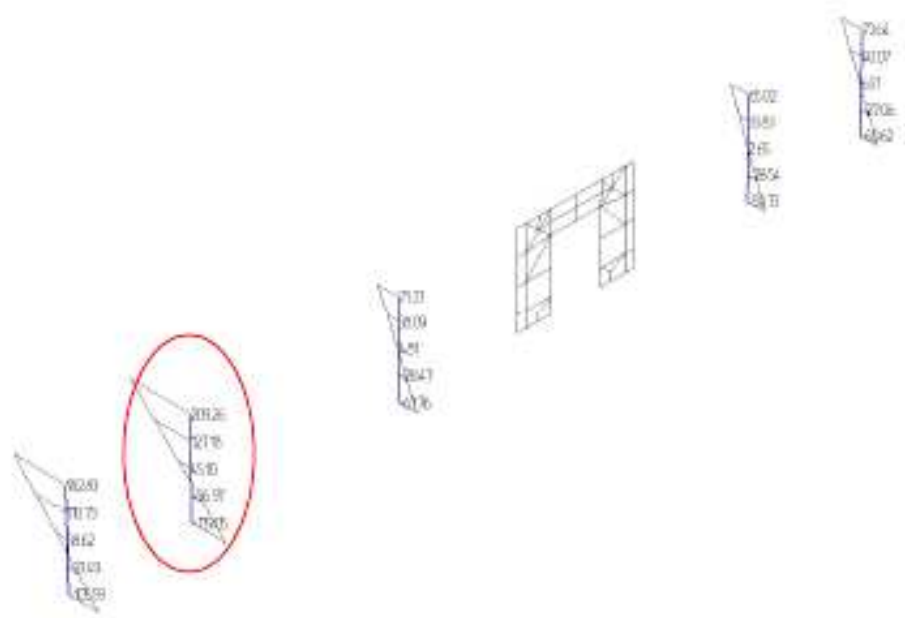
Проект		Стр.	2
Модель		Позиция	каркас_sr_r6_b.fea
Дата	20.05.13	Программа	MicroFe 2011
		Разработчик	А.Л. Нартовский

Усилия в колоннах по оси 1



Max Qt=-37.8038 кН (Elem N 56862), Min Qt=-99.4866 кН (Elem N 56778)
Комбинация = 8

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.



Max Ms=209.255 кНм (Elem N 56777), Min Ms=-119.05 кНм (Elem N 56780)
Комбинация = 8

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	H01-13-ПЗ

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

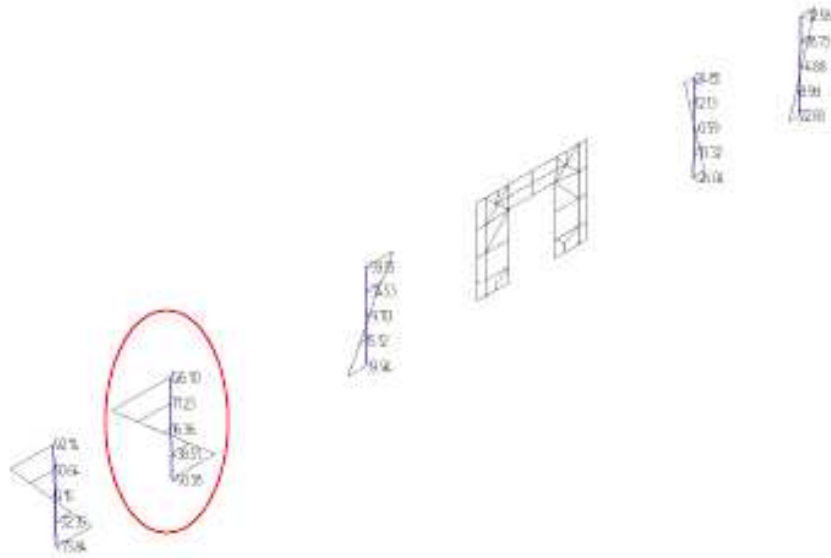
Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Проект		Стр.	3
Модель		Позиция	каркас_sr_r6_6.fea
Дата	20.05.13	Программа	MicroFe 2011
		Разработчик	А.Л. Нартовский

Усилия в колоннах по оси 1



Max M_t=126.101 кНм (Elem N 56777), Min M_t=-93.3817 кНм (Elem N 56780)
 Комбинация = 8

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

H01-13-ПЗ

Лист

13

Перв. примен.

Справ. №

Предпроектный расчет по прочности колонны 1/Б на объекте «Гостиница с подземной стоянкой общего пользования и трансформаторной подстанцией по проспекту Димитрова в железнодорожном районе г. Новосибирска»

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

					Н01-13-ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Экспертиза колонны

Расчет выполнен по СНиП 52-01-2003 (Россия)

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

Длина элемента 2,8 м

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 1,2

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 1,2

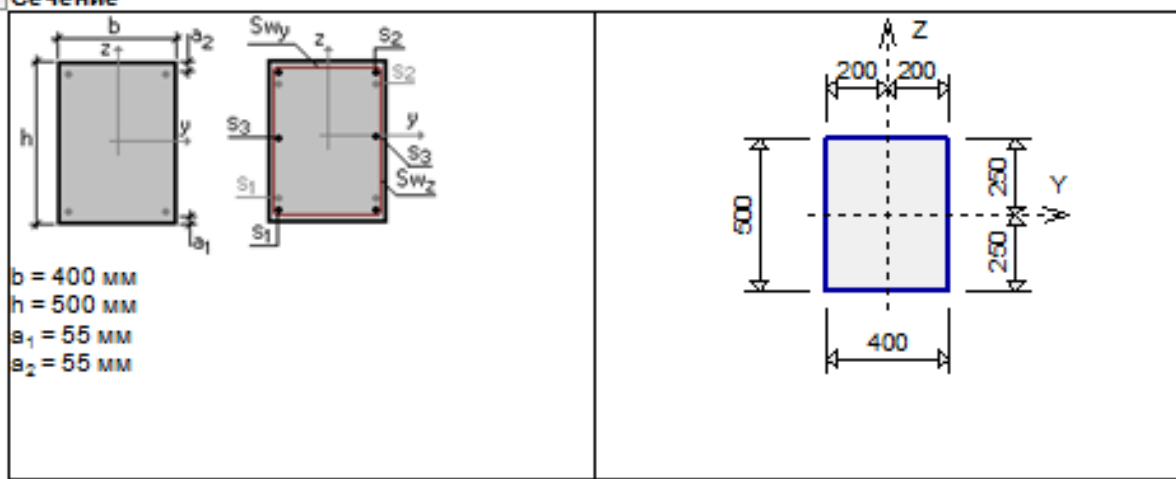
Случайный эксцентриситет по Z 4,7 мм

Случайный эксцентриситет по Y 4,7 мм

Конструкция статически определимая

Предельная гибкость - 120

Сечение



Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500C	1
Поперечная	A-I	1

Бетон

Вид бетона: Тяжелый

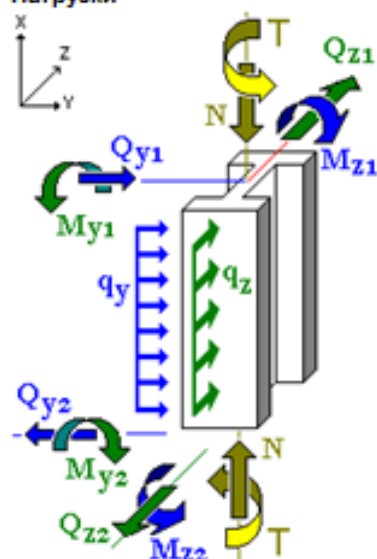
Класс бетона: B12,5

Плотность бетона $2,5 \text{ т/м}^3$

Условия твердения: Естественное

Коэффициенты условий работы бетона

Нагрузки



Загружение 1

Тип: постоянное
 Коэффициент надежности по нагрузке: 1,1
 Коэффициент длительной части: 1

N	334,58 Т	T	0 Т*м
My1	21,33 Т*м	Mz1	12,85 Т*м
Qz1	-11,954 Т	Qy1	-7,989 Т
My2	-12,14 Т*м	Mz2	-9,52 Т*м
Qz2	-11,954 Т	Qy2	-7,989 Т
qz	0 Т/м	qx	0 Т/м

Результаты расчета			
Участок	Коэффициент использования	Проверка	Проверено по СНиП
1	0,701	Прочность по предельной продольной силе сечения	п.п. 6.2.25, 6.2.31
	1,115	Прочность по предельному моменту сечения	п.п. 6.2.25, 6.2.31
	0,984	Деформации в сжатом бетоне	п.п. 6.2.21-6.2.31
	0,088	Деформации в растянутой арматуре	п.п. 6.2.21-6.2.31
	0,19	Продольная сила при учете прогиба при гибкости $L0/l > 14$	п. 6.2.16
	0,405	Прочность по наклонной полосе между наклонными сечениями	п. 6.2.33, п. 3.52 Пособия
	0,373	Прочность по наклонному сечению	п. 6.2.34, пп. 3.52, 3.71 Пособия
	0,242	Предельная гибкость в плоскости X _o Y	п.8.2.2
	0,194	Предельная гибкость в плоскости X _o Z	п. 8.2.2

Отчет сформирован программой АРБАТ, версия: 11.5.1.1 от 03.09.2011

Учет нагрузок длительного действия γ_{b2} 0,9

Результирующий коэффициент без γ_{b2} 1

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

Схема участков



Заданное армирование

Участок	Длина (м)	Арматура	Сечение
1	2,8	S_1 - 3 \varnothing 28 S_2 - 3 \varnothing 28 S_3 - 3 \varnothing 28 Поперечная арматура вдоль оси Z 2 \varnothing 8, шаг поперечной арматуры 100 мм Поперечная арматура вдоль оси Y 2 \varnothing 8, шаг поперечной арматуры 100 мм	<p>A cross-section diagram showing three vertical bars (top, middle, bottom) and two horizontal bars (left, right) arranged in a rectangular pattern. The bars are represented by small black circles.</p>

Подбор схемы усиления колонны 1/Б на объекте «Гостиница с подземной стоянкой общего пользования и трансформаторной подстанцией по проспекту Димитрова в железнодорожном районе г. Новосибирска»

Колонна прямоугольного сечения со сторонами 0,5 м и 0,4 м (рисунок 1.1).
Длина колонны $l = 2,8$ м.

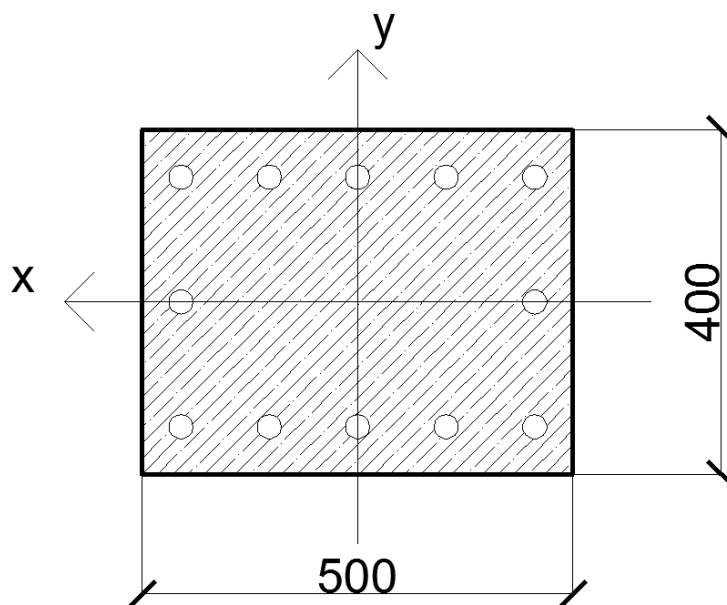


Рисунок 1.1 – Поперечное сечение колонны

Подбор схемы усиления колонны ведется в соответствии с СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции», руководством по усилению железобетонных конструкций композиционными материалами, составленном в развитие СП 52-101-2003 ООО «Интераква» и НИИЖБ, а так же на основании первой редакции свода правил по усилению железобетонных конструкций композиционными материалами, составленного ЗАО «Триада – Холдинг».

В качестве материала усиления принят холст компании BASF на основе углеродных волокон - MbraceFib CF 230/4900.530g.

Характеристики материала усиления:

- толщина $t_f = 0,293$ мм;
- нормативная прочность $R_f = 3225$ МПа;
- нормативный модуль упругости $E_f = 200$ ГПа.

Перв. примен.					
Справ. №					
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
H01-13-ПЗ					Лист 18

Перв. примен.

Нормативные характеристики композиционного материала приняты по результатам испытаний холста, выполненных ФБГОУ ВПО «СГУПС» по договору с ООО «БАСФ Строительные системы».

Расчетная прочность композиционного материала:

$$R_{ft} = \frac{C_E R_f}{\gamma_f},$$

Расчетные значения модуля упругости при растяжении E_{ft} принимаются равными их нормативным значениям.

где γ_f – коэффициента надежности, равный 1,1 при расчетах по первой группе предельных состояний;

C_E – коэффициент условия работы, равный 0,9, учитывающий влияние окружающей среды.

$$R_{ft} = \frac{0,9 \cdot 3225}{1,1} = 2638,6(\text{МПа}).$$

При проектировании должно соблюдаться условие:

$$E_f \varepsilon_f \leq 0,75 R_f.$$

где ε_f – нормативная деформация растяжения композиционного материала, равная 0,012.

$$200000 \cdot 0,012 = 2400(\text{МПа});$$

$$2400(\text{МПа}) < 2418,75(\text{МПа}).$$

Усиление сжатых железобетонных элементов обоймами из композиционных материалов ограничивает поперечные деформации бетона, что приводит к увеличению прочности бетона. Прочность на сжатие железобетонного элемента с напряжением в обойме σ_f можно вычислить с помощью выражения:

$$R_{bf} = R'_b \left[2,25 \sqrt{1 + 7,9 \frac{\sigma_f}{R'_b}} - 2 \frac{\sigma_f}{R'_b} - 1,25 \right].$$

Максимальные расчетные напряжения в обойме определяются выражением:

$$\sigma_f = \frac{k_a \rho_f \sigma_{fu}}{2} = \frac{k_a \rho_f \varepsilon_{fe} E_f}{2}.$$

где ρ_f – коэффициент армирования композиционным материалом;

k_a – коэффициент эффективности усиления;

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

Н01-13-ПЗ

19

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ε_{fe} – расчетная деформация в обойме, равная 0,004.

Коэффициент армирования прямоугольных сечений ρ_f вычисляется из выражения:

$$\rho_f = \frac{2nt_f(b+h)}{bh},$$

где n – количество слоев, примем для усиления 3 слоя материала;

b и h – размеры поперечного сечения колонны.

$$\rho_f = \frac{2 \cdot 3 \cdot 0,000293(0,5 + 0,4)}{0,5 \cdot 0,4} = 0,0079.$$

Коэффициент эффективности усиления для квадратных и прямоугольных сечений определяется на основе размеров поперечного сечения и степени армирования стержневой арматурой:

$$k_a = 1 - \frac{(b-2r)^2 + (h-2r)^2}{3bh(1-\mu_{\bar{n}})},$$

где r – радиус закругления углов в прямоугольном сечении, назначим радиус закругления равным 0,06 м;

μ_s – коэффициент армирования стержневой арматурой, равный 0,0369.

$$k_a = 1 - \frac{(0,5 - 2 \cdot 0,065)^2 + (0,4 - 2 \cdot 0,065)^2}{3 \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,0369)} = 0,6369.$$

Расчетные напряжения в обойме:

$$\sigma_f = \frac{0,0079 \cdot 0,6369 \cdot 0,004 \cdot 200000}{2} = 2,015(\text{МПа}).$$

Расчетная прочность бетона усиленного обоймой из композитного материала:

$$R_{bf} = 7,31 \left[2,25 \sqrt{1 + 7,9 \cdot \frac{2,015}{7,31}} - 2 \cdot \frac{2,015}{7,31} - 1,25 \right] = 17,52(\text{МПа}).$$

Расчетная прочность усиленного бетона колонны на сжатие соответствует прочности бетон класса В30.

Для обеспечения восприятия конструкцией моментов возникающих от действия продольной силы N производится наклейка композиционного материала с продольным расположением волокон.

Перв. примен.						
Справ. №						
Подпись и дата						
Инв. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Н01-13-ПЗ	Лист
						20

Перв. примен.	<p>Подбор необходимого количества композиционного материала производим из условия:</p> $N \cdot e \leq R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0.5 \cdot x) + R_{sc} A_s' (h_0 - a') + A_{ft} \cdot \sigma_{ft} \cdot h_0,$ <p>где R_b – расчетные сопротивления бетона осевому сжатию;</p> <p>σ_{ft} – напряжение в композиционном материале, воспринимающем усилие растяжения;</p> <p>b – ширина прямоугольного сечения;</p> <p>x – высота сжатой зоны бетона;</p> <p>h_0 – рабочая высота сечения, равная соответственно $h-a'$;</p> <p>R_{sc} – расчетное сопротивление арматуры сжатию;</p> <p>A_s' – площади сечения сжатой арматуры, использована рабочая арматура диаметром 28 мм; площадь одного стержня в соответствии с ГОСТ Р 52544-2006 равна 615,8 мм²; для расчета в плоскости x: $A_s' = 3 \cdot 0,0006158 = 0,001847$ м²; для расчета в плоскости y: $A_s' = 5 \cdot 0,0006158 = 0,003077$ м².</p> <p>a' – расстояние от равнодействующей усилий в арматуре до ближайшей грани сечения; A'</p> <p>e – расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой (при полностью сжатом сечении элемента) арматуры, равное:</p> $e = e_0 \cdot \eta + \frac{h_0 - a'}{2}.$ <p>здесь η – коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба (прогиба) элемента на его несущую способность.</p> <p>Значение коэффициента η при расчете конструкций по недеформированной схеме определяют по формуле:</p> $\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}}$ <p>где N_{cr} – условная критическая сила, определяемая по формуле:</p> $N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot D}{l_0^2}$				
	Справ. №				
Подпись и дата					
	Инв. № дубл.				
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
H01-13-ПЗ					Лист
					21

Перв. примен.

где D – жесткость железобетонного элемента;

l_0 – расчетная длина элемента, в данном случае равная $1,2l = 3,36$ м.

Допускается значение D определять по формуле:

$$D = k_b E_b I_b + k_s E_s I_s,$$

где E_b, E_s – модули упругости соответственно бетона и арматуры;

I_b, I_s – моменты инерции площадей сечения соответственно бетона и всей продольной арматуры относительно центра тяжести поперечного сечения элемента;

$$k_b = \frac{0,15}{\phi_l (0,3 + \delta_e)};$$

ϕ_1 – коэффициент, учитывающий влияние длительности действия нагрузки, равен 2.

δ_e – относительное значение эксцентриситета продольной силы e_0/h , где $e_0 = M/N$; δ_e принимается не менее 0,15.

Необходимо определить эксцентриситет для усилий, действующих в двух перпендикулярных плоскостях x и y .

1) Расчет по усилиям, действующим в плоскости y .

Так как $\frac{M}{N} = \frac{126,1}{3264,05} = 0,0386$ м, $\delta_e = 0,0386/0,355 = 0,109$, принимаем $\delta_e = 0,15$.

$$k_b = \frac{0,15}{2 \cdot (0,3 + 0,15)} = 0,167;$$

$$k_s = 0,7;$$

$$I_b = 0,0029 \text{ м}^4;$$

$$I_s = 50 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4.$$

$$D = 0,167 \cdot 22,8 \cdot 0,0029 + 0,7 \cdot 0,00050 \cdot 200000 = 70011 (\text{кН} \cdot \text{м}^2);$$

$$N_{cr} = \frac{3,14^2 \cdot 70011}{3,36^2} = 61143 (\text{кН});$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{3264,05}{61143}} = 1,06;$$

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

Н01-13-ПЗ

22

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$e = 0,0386 \cdot 1,06 + \frac{0,355 - 0,045}{2} = 0,196(\text{м}).$$

Высоту сжатой зоны x определяют по формуле:

$$x = \frac{N + R_s \cdot A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \zeta_R} - R_{sc} \cdot A_s}{R_b b + \frac{2 \cdot R_s \cdot A_s}{h_0(1 - \xi_R)}},$$

где ζ_R – предельная высота сжатой зоны, определяемая по формуле:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b,ult}}};$$

где $\varepsilon_{b,ult}$ – относительная деформация сжатого бетона при напряжениях, равных R_b , принимаемая равной 0,0035;

$\varepsilon_{s,el}$ – относительная деформация растянутой арматуры:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435}{200000} = 0,00218.$$

Отсюда:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{0,00218}{0,0035}} = 0,493$$

$$x = \frac{3264,05 + 435000 \cdot 0,003077 \frac{1 + 0,493}{1 - 0,493} - 435000 \cdot 0,003077}{17520 \cdot 0,5 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 0,003077}{0,355 \cdot (1 - 0,493)}} = 0,248(\text{м}).$$

$$\sigma_{ft} = 0,41 \cdot \sqrt{\frac{E_{ft} \cdot R_b \cdot 1}{t_f}};$$

$$\sigma_{ft} = 0,41 \cdot \sqrt{\frac{200000 \cdot 17,52 \cdot 1}{2 \cdot 0,293}} = 1002,6(\text{МПа});$$

Проверка прочности:

$$3264,05 \cdot 0,196 \leq 17520 \cdot 0,5 \cdot 0,248(0,355 - 0,5 \cdot 0,248) + 435000 \cdot 0,003077(0,355 - 0,045) + 1002,6 \cdot 0,000293 \cdot 0,355$$

$$639,8(\text{кН} \cdot \text{м}) \leq 916,88(\text{кН} \cdot \text{м}).$$

Условие прочности выполняется.

2) Расчет по усилиям, действующим в плоскости x

Перв. примен.					
Справ. №					
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
H01-13-ПЗ					Лист
					23

Так как $\frac{M}{N} = \frac{209,26}{3264,05} = 0,064 \text{ м}$, $\delta_e = 0,064/0,5 = 0,128$, принимаем $\delta_e = 0,15$.

$$k_b = \frac{0,15}{2 \cdot (0,3 + 0,15)} = 0,166;$$

$$k_s = 0,7;$$

$$I_b = 0,0046 \text{ м}^4;$$

$$I_s = 69,9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4.$$

$$D = 0,166 \cdot 22,8 \cdot 0,0046 + 0,7 \cdot 0,000699 \cdot 200000 = 97877 \text{ (кН} \cdot \text{м}^2);$$

$$N_{cr} = \frac{3,14^2 \cdot 97877}{3,36^2} = 85479 \text{ (кН)};$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{3264,05}{85479}} = 1,04;$$

$$e = 0,064 \cdot 1,04 + \frac{0,445 - 0,055}{2} = 0,262 \text{ (м)}.$$

Относительная деформация растянутой арматуры:

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{435}{200000} = 0,00218.$$

Отсюда предельная высота сжатой зоны:

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{0,00218}{0,0035}} = 0,493$$

Высота сжатой зоны равна:

$$x = \frac{3264,05 + 435000 \cdot 0,001847 \frac{1 + 0,493}{1 - 0,493} - 435000 \cdot 0,001847}{7310 \cdot 0,4 + \frac{2 \cdot 435000 \cdot 0,001847}{0,445 \cdot (1 - 0,493)}} = 0,342 \text{ (м)}.$$

$$\sigma_{ft} = 0,41 \cdot \sqrt{\frac{200000 \cdot 17,52 \cdot 1}{0,293 \cdot 2}} = 1002,6 \text{ (МПа)};$$

Проверка прочности:

$$3264,05 \cdot 0,262 \leq 17520 \cdot 0,4 \cdot 0,342 \cdot (0,445 - 0,5 \cdot 0,342) + 435000 \cdot 0,001847 (0,445 - 0,055) + 1002,6 \cdot 0,000234 \cdot 0,445$$

$$851,9 \text{ (кН} \cdot \text{м)} \leq 970,2 \text{ (кН} \cdot \text{м)}.$$

Условие прочности выполняется.

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

Н01-13-ПЗ

24

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Длины заводки композиционного материала за расчетное сечение (сечение колонны с отметкой 13,820 м) определяются по формуле:

$$\omega = \frac{Q}{2 \frac{R_{sw} A_{sw}}{s}} + 5,64 \sqrt{A_f},$$

где Q – поперечная сила, действующая в сечении, кН;

R_{sw} – расчетная прочность на растяжение арматуры хомутов, МПа;

A_{sw} – площадь поперечного сечения ветви хомутов, м²;

s – шаг хомутов по высоте колонны, м.

Для полосы композиционного материала, расположенного на грани колонны шириной 500 мм (усилия действуют в плоскости у):

$$\omega = \frac{7,02}{2 \frac{215 \cdot 10^3 \cdot 10^{-4}}{0,1}} + 5,64 \sqrt{2 \cdot 0,5 \cdot 0,000293} = 0,1 м.$$

Для полосы композиционного материала, расположенного на грани колонны шириной 400 мм (усилия действуют в плоскости х):

$$\omega = \frac{10,14}{2 \frac{215 \cdot 10^3 \cdot 10^{-4}}{0,1}} + 5,64 \sqrt{2 \cdot 0,4 \cdot 0,000293} = 0,1 м.$$

Длину заводки композиционного материала усиления за сечение колонны с отметкой 13,820 м принимаем 100 мм для грани колонны шириной 500 мм и 300 мм для грани шириной 300 мм.

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Перв. примен.

Справ. №

Проверочный расчет усиленной колонны 1/Б на объекте «Гостиница с подземной стоянкой общего пользования и трансформаторной подстанцией по проспекту Димитрова в железнодорожном районе г. Новосибирска»

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

H01-13-ПЗ

Лист

26

Экспертиза колонны

Расчет выполнен по СНиП 52-01-2003 (Россия)

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_c = 1$

Длина элемента 2,8 м

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoY 1,2

Коэффициент расчетной длины в плоскости XoZ 1,2

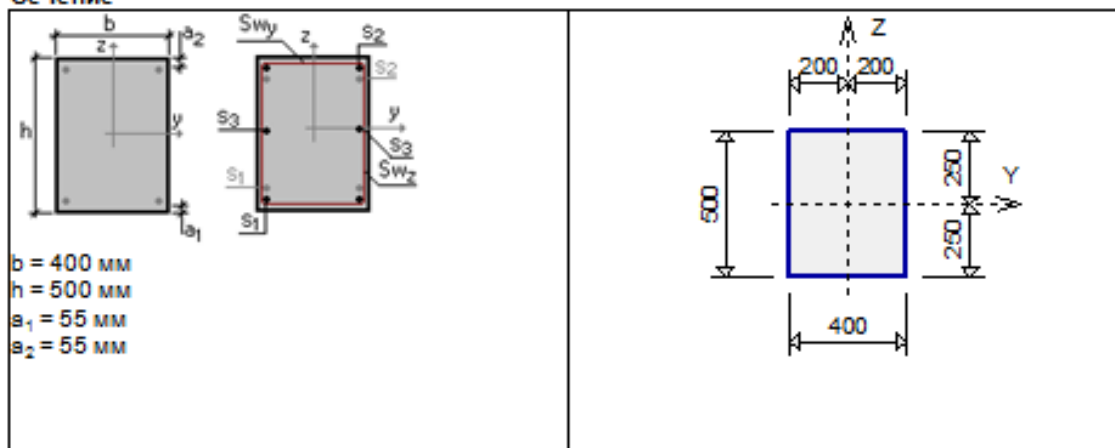
Случайный эксцентриситет по Z 4,7 мм

Случайный эксцентриситет по Y 4,7 мм

Конструкция статически определимая

Предельная гибкость - 120

Сечение



Арматура	Класс	Коэффициент условий работы
Продольная	A500	1
Поперечная	A240	1

Бетон

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: В30

Плотность бетона $2,5 \text{ т/м}^3$

Коэффициент условий твердения 1

Коэффициенты условий работы бетона

1

Учет нагрузок длительного действия γ_{b1} 0,9
 Результирующий коэффициент без γ_{b1} 1

Трещиностойкость

Ограниченная ширина раскрытия трещин

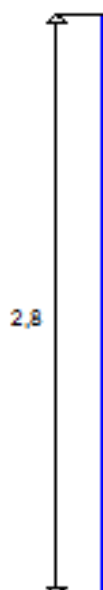
Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры

Допустимая ширина раскрытия трещин:

Непродолжительное раскрытие 0,4 мм

Продолжительное раскрытие 0,3 мм

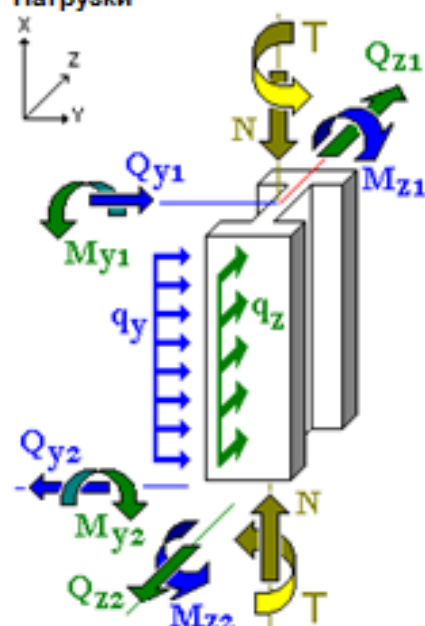
Схема участков



Заданное армирование

Участок	Длина (м)	Арматура	Сечение
1	2,8	S_1 - 3 \varnothing 28 S_2 - 3 \varnothing 28 S_3 - 3 \varnothing 28 Поперечная арматура вдоль оси Z 2 \varnothing 8, шаг поперечной арматуры 100 мм Поперечная арматура вдоль оси Y 2 \varnothing 8, шаг поперечной арматуры 100 мм	<p>The cross-section diagram shows a rectangular area with a blue border. It contains 6 vertical bars (3 on each side) and 2 horizontal bars (one on each side), representing the reinforcement layout.</p>

Нагрузки



Загрузка 1

Тип: постоянное

Коэффициент надежности по нагрузке: 1,1

Коэффициент длительной части: 1

N	334,58 Т	T	0 Т*м
My1	21,33 Т*м	Mz1	12,85 Т*м
Qz1	-11,954 Т	Qy1	-7,989 Т
My2	-12,14 Т*м	Mz2	-9,52 Т*м
Qz2	-11,954 Т	Qy2	-7,989 Т
qx	0 Т/м	qx	0 Т/м

Результаты расчета

Участок	Коэффициент использования	Проверка	Проверено по СНиП
1	0,545	Прочность по предельной продольной силе сечения	п.п. 6.2.25, 6.2.31
	0,994	Прочность по предельному моменту сечения	п.п. 6.2.25, 6.2.31
	0,772	Деформации в сжатом бетоне	п.п. 6.2.21-6.2.31
	0,026	Деформации в растянутой арматуре	п.п. 6.2.21-6.2.31
	0,128	Продольная сила при учете прогиба при гибкости $L_0/i > 14$	п. 6.2.16
	0,423	Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями	п. 6.2.33, п. 3.52 Пособия
	0,659	Прочность по наклонному сечению	п. 6.2.34, пп. 3.52, 3.71 Пособия
	0,242	Предельная гибкость в плоскости X σ Y	п.8.2.2
	0,194	Предельная гибкость в плоскости X σ Z	п.8.2.2

Отчет сформирован программой АРБАТ, версия: 11.5.1.1 от 03.09.2011