



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

**СО 100% ГОСУДАРСТВЕННЫМ КАПИТАЛОМ
«КОНСТРУКТОРСКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА»**

ОАО «КТБ ЖБ»

109428, Москва, 2-я Институтская ул., д.6, т.171-09-01, ф.171-64-10, E-mail: ktb@ktbbeton.ru



УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
ОАО «КТБ ЖБ»

А.Н. Давидюк

03 2011г.



ГОСТ Р ИСО 9001-2001
RULACSAO.001.003.1.0M.00003

ПРОЕКТ УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Разработка проекта усиления ребристых плит покрытия углепластиком.

договор №19 от 22.02.11г.

Зав. отделом ПНК и ИТ

В.Г. Асатрян

Москва, 2011 г.

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящий проект разработан сотрудниками Открытого Акционерного Общества «Конструкторско - технологическое бюро Бетона и Железобетона» (ОАО «КТБ ЖБ») в соответствии договором №19 от 22.02.2011г. Заказчиком работ является ГОУ ДОСН «Дворец детского спорта», расположенному по адресу: г. Москва, ул. Рабочая, д.53, строение 1.

Необходимость усиления ребер плиты покрытия здания ГОУ ДОСН «Дворец детского спорта» с большепролетными конструкциями в осях 4-5/А-Б, 2-3/Д, 2-5/Д-Г, 7-11/А-Б, 10-11/Д-Г, 13-14/Д, 13-14/Д-Е, 15-16/Е, 19-20/Д-Г, 17-18/А-Б, 19-21/А-Б, вызвана пониженной фактической прочностью бетона плиты покрытия.

В качестве исходных данных для проектирования использованы:

- проектная и исполнительная документация здания;
 - материалы заключений (в т.ч. повторных) о фактической прочности бетона.
- Работа по договору проводилась в феврале 2011 года.

2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Конструктивная схема здания представляет собой одноэтажный каркас с железобетонными колоннами и металлическими фермами. Пространственная жесткость здания в поперечном направлении обеспечивается рамами, а в продольном направлении диском покрытия и вертикальными связями между колоннами.

В большепролетном здании сборные ж/б ребристые плиты опираются на металлические фермы с шагом 6м. Фермы опираются на железобетонные колонны.

3. ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Усиление ребер плиты покрытия предусматривается путем наклеивания внешнего армирования из высокопрочных углеволоконных тканей

Углеволоконное покрытие на основе ткани

характеризуется повышенным модулем упругости и значительной прочностью на разрыв. Оно не подвержено коррозии и позволяет увеличивать несущую способность конструкций без увеличения размеров сечений элементов. Физико-механические свойства по данным производителя:

Свойство	Значение
Прочность на разрыв (МПа)	>4800
Модуль упругости (МПа)	230000
Относительная деформация при разрыве (%)	2,1
Адгезия к бетону (МПа)	>3
Плотность (г/м ²)	300
Толщина сухого покрытия (мм)	0,167
Площадь сопротивления на единицу ширины в 1 м (мм ²)	167,6

Углеволоконное покрытие устанавливается «сухим» способом, применением следующих составов:

- эпоксидный грунт для подготовки основания;
- шпаклевка для выравнивания поверхности и заделки отверстий;
- пропитка для укладки покрытия «сухим» способом;
- жидкий эпоксидный двухкомпонентный состав, не содержащий растворителей.

Свойство	Значение
Удельная плотность (г/см ³)	1,1
Время высыхания смеси (час): при +10°C	5-6
При +20°C	3-4
При +30°C	2-3
Температура нанесения смеси (°C)	10-30
Полное высыхание(сут)	7
Адгезия к бетону (МПа)	>3

- тиксотропная двухкомпонентная шпаклевка на эпоксидной основе из мелкофракционных наполнителей и специальных добавок.

Свойство	Значение
Удельная плотность (г/см ³)	1,55
Время высыхания смеси (час): при +10°C	7-8
При +20°C	3-3,5
При +30°C	1,5-2
Температура нанесения смеси (°C)	5-23
Полное высыхание(сут)	7
Адгезия к бетону (МПа)	>3
Прочность на растяжение, ASTM C 638 (МПа)	30
Относительное удлинение при растяжении, ASTM C 638 (%)	1
Прочность на сжатие, ASTM C 579 (МПа)	70
Прочность на изгиб, ISO 178 (МПа)	40
Модуль упругости при сжатии, ASTM C 579 (МПа)	8000
Модуль упругости при изгибе, ISO 178 (МПа)	4000

- полимерный эпоксидный состав средней вязкости, не содержащий растворителей, для пропитки покрытия для укладки покрытия «сухим» способом.

Свойство	Значение
Удельная плотность (г/см ³)	1,06
Время высыхания смеси (час): при +10°C	90
При +20°C	50
При +30°C	30
Температура нанесения смеси (°C)	5-30
Полное высыхание(сут)	7
Адгезия к бетону (МПа)	>3
Прочность на растяжение, ASTM C 638 (МПа)	30
Относительное удлинение при растяжении, ASTM C 638 (%)	1,2
Прочность на сжатие, ASTM C 579 (МПа)	80
Прочность на изгиб, ISO 178 (МПа)	70
Модуль упругости при сжатии, ASTM C 579 (МПа)	3000
Модуль упругости при изгибе, ISO 178 (МПа)	3800

4. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Конструктивные параметры усиления ребер плиты покрытия определены расчетом в соответствии с СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции».

Также были использованы «Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами» и СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия».

5. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ

Усиление ребер плиты покрытия осуществляется путем наклеивания внешнего армирования из углеволоконных тканей

Данная методика усиления повышает трещиностойкость изгибаемых элементов и уменьшает прогибы за счет совместной работы растянутого бетона и внешней арматуры, распределенной по поверхности бетона.

Для определения площади поперечного сечения внешней арматуры был проведен проверочный расчет участка покрытия в осях 4-5/А-Б, 2-3/Д, 2-5/Д-Г, 7-11/А-Б, 10-11/Д-Г, 13-14/Д, 13-14/Д-Е, 15-16/Е, 19-20/Д-Г, 17-18/А-Б, 19-21/А-Б с учетом фактической средней прочности бетона, полученной по данным обследования конструкций. Расчет производился по деформационной модели согласно СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции», «Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами» и СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» с учетом физической нелинейности бетона и учетом напряженно-деформированного состояния конструкции, полученной до усиления.

6. ВЫВОДЫ

В результате усиления обеспечиваются нормативные требования по деформативности и несущей способности конструкции перекрытия при фактической пониженной прочности бетона.

Предварительный расчет

Ребристая плита:

Ширина = 2980 мм, высота = 300 мм, длина = 5970 мм

$$b'_f = 2980 - 2 \times 15 = 2950 \text{ мм}$$

$$h_o = 270 \text{ мм}$$

$$b = 75 \times 2 = 150 \text{ мм}$$

- вес плиты на 1 м² площади $g_{пл}$ = 150 – 200 кг/м²

Постоянная нагрузка на плиту покрытия

Таблица 1

№ п/п	Вид нагрузки	Норм. наг р. кгс/м ²	Коэфф. пер.	Расчетная нагрузка, кгс/м ²
1	Рулонный материал, 10 рулонов	50	1,2	60
2	Цементная стяжка, h=0.046м	82,8	1,3	108
3	Утеплитель, h=0.046м	180	1,2	196
4	Железобетонная плита	200	1,1	220
5	ИТОГО постоянная нагрузка	413	-	484
6	Снег	129	1,4	180
7	ВСЕГО	542	-	664

Расчет по проекту:

Класс бетона В 22,5 $R_b = 13.2 \text{ МПа}$

Определение площади и класса рабочей арматуры

Расчетный пролет $b_0 = 600 - 10 = 590 \text{ см}$

$$M = \frac{q \times l_0^2}{8} = \frac{2.95 \times 0.664 \times 5.90^2}{8} = 8.53 \text{ т*с*м}$$

$$A = \frac{M}{R_b \times h_o^2 \times b'_f} = \frac{853000}{132 \times 295 \times 27^2} = 0.030$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2A} = 1 - \sqrt{1 - 0.060} = 0.031$$

Нейтральная ось проходит в полке

$$\eta = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,031 = 0,985$$

При А III

$$A_s = \frac{M}{R_b \times h_0 \times \eta} = \frac{853000}{3600 \times 27 \times 0,985} = 8,91$$

2 Ø25

При А III_b

$$A_s = \frac{853000}{5000 \times 27 \times 0,985} = 6,41$$

2 Ø20

А III_b с $A_s = 6,28 \text{ см}^2$

Определение фактической несущей способности плиты

$$M^f = R_s^f \times A_s^f \times h_0 \times \eta = 4546 \times 5,34 \times 27 \times 0,986 = 646124 \frac{\text{кгс}}{\text{см}} < M^p$$

$$= 853000 \text{ кгс} \cdot \text{см}$$

Несущая способность уменьшена на 25-30%

Расчет усиления углепластиком:

Углеткань

Толщина- 0,167 мм, ширина 300 мм

$E_f = 230 \text{ ГПа}$; $R_f = 4800 \text{ МПа}$, $\varepsilon_f = 1,6\%$

Рёбристая плита: ширина=2980 мм, высота =300 мм, длина = 5970 мм.

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta l}{5950} = \frac{0,016 \times 5950}{5950} = 16 \times 10^{-3}$$

$$R_{ft} = \frac{C_E \times R_F}{\gamma_f} = \frac{0,9 \times 4800}{1,1} = 3927 \text{ МПа}$$

$$\varepsilon_{ft} = \frac{C_E \times \varepsilon_f}{\gamma_f} = \frac{0,9 \times 0,016}{1,1} = 0,0131$$

$$E_{ft} = E_f' = \frac{R_F}{\varepsilon_f} = \frac{4800}{0,016} = 300\,000 \text{ МПа} = 300 \text{ ГПа}$$

$$\begin{aligned}
 R_m &= \frac{1}{60 \times \varepsilon_{ft}} \times \left(1 - \frac{n \times E_{ft} \times t_f}{360000} \right) \\
 &= \frac{1}{60 \times 0.0131} \times \left(1 - \frac{3 \times 300000 \times 0.167}{360000} \right) \\
 &= \frac{1}{60 \times 0.0131} \times (1 - 0.4) = 0.76 < 0.9
 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{fu} = K_m \times \varepsilon_{ft} = 0.76 \times 0.0131 = 8.384 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_{fu} = E_f' \times \varepsilon_{fu} = 300000 \times 8.384 \times 10^{-3} = 2515.2 = 2515.2 \text{ МПа} = R_{fu}$$

Высота сжатой зоны элемента с усилением:

$$x = \frac{R_{fu} \times A_f + R_s^f \times A_s^f}{R_b^f \times h_f'}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ubl} &= A_f \times R_{fu} \times (h - 0.5x) + A_s^f \times R_s^f \times (h_0 - 0.5x) \\
 &= A_f \times R_{fu} \times h + A_s^f \times R_s^f \times h_0 - 0.5x \times (A_f \times R_{fu} + A_s^f \times R_s^f)
 \end{aligned}$$

$$x = \frac{A_f \times R_{fu} \times h + A_s^f \times R_s^f \times h_0 - M_{ubl}}{0.5 \times (A_f \times R_{fu} + A_s^f \times R_s^f)}$$

$$\frac{25152 \times A_f + 4546 \times 5.34}{107 \times 295} = \frac{A_f \times 25152 \times 30 + 4546 \times 5.34 \times 27 - 853000}{0.5 \times (25152 \times A_f + 4546 \times 5.34)}$$

$$0.80A_f + 0.77 = \frac{62.17A_f - 16.28}{1.04A_f + 1}$$

$$(0.80A_f + 0.77) \times (1.04A_f + 1) = 62.17A_f - 16.28$$

$$0.832 \times A_f^2 + 0.80A_f + 0.80A_f + 0.77 = 62.17A_f - 16.28$$

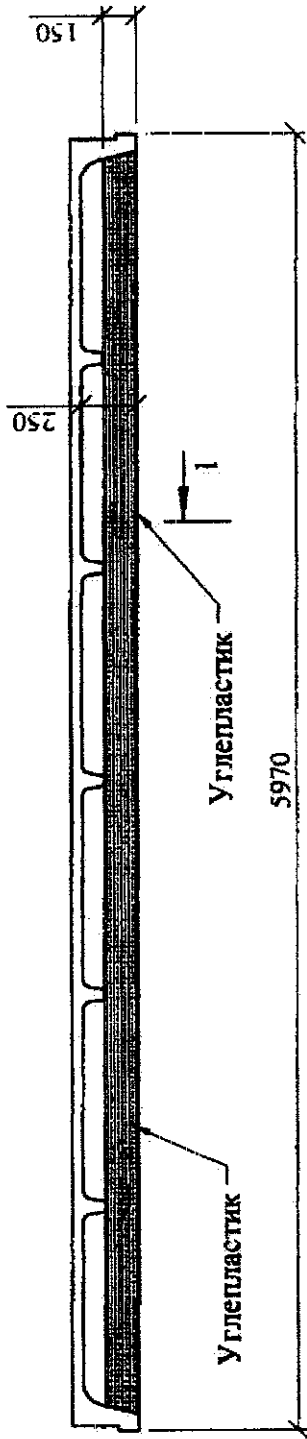
$$0.832 \times A_f^2 - 60.57A_f + 17.05 = 0$$

$$A_f = \frac{60.57 - \sqrt{60.57^2 + 4 \times 0.832 \times 17.05}}{2 \times 0.832} = 0.28 \text{ см}^2$$

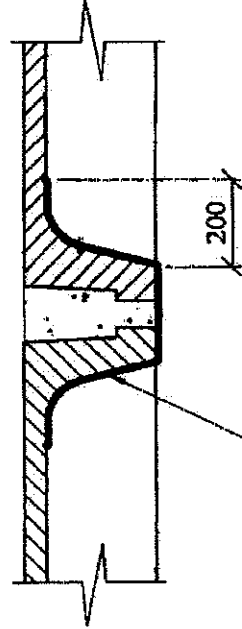
$$\delta = \frac{A_f}{l} = \frac{0.28}{7.5} = 0.04 \text{ см} = 0.4 \text{ мм}$$

Для усиления необходимо принять 3 слоя ткани $\delta = 0,167$ мм с приведенными выше характеристиками.

Эскиз усиления плиты



1-1



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Сливко Н.А.			
Проб.				
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				
Схема усиления плиты				
Лист	Масса	Листов	Масштаб	
			1:1	
ОАО "КТБ ЖБ" г. Москва				

Формат А4

Копирбал

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № докум.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	---------------	--------------

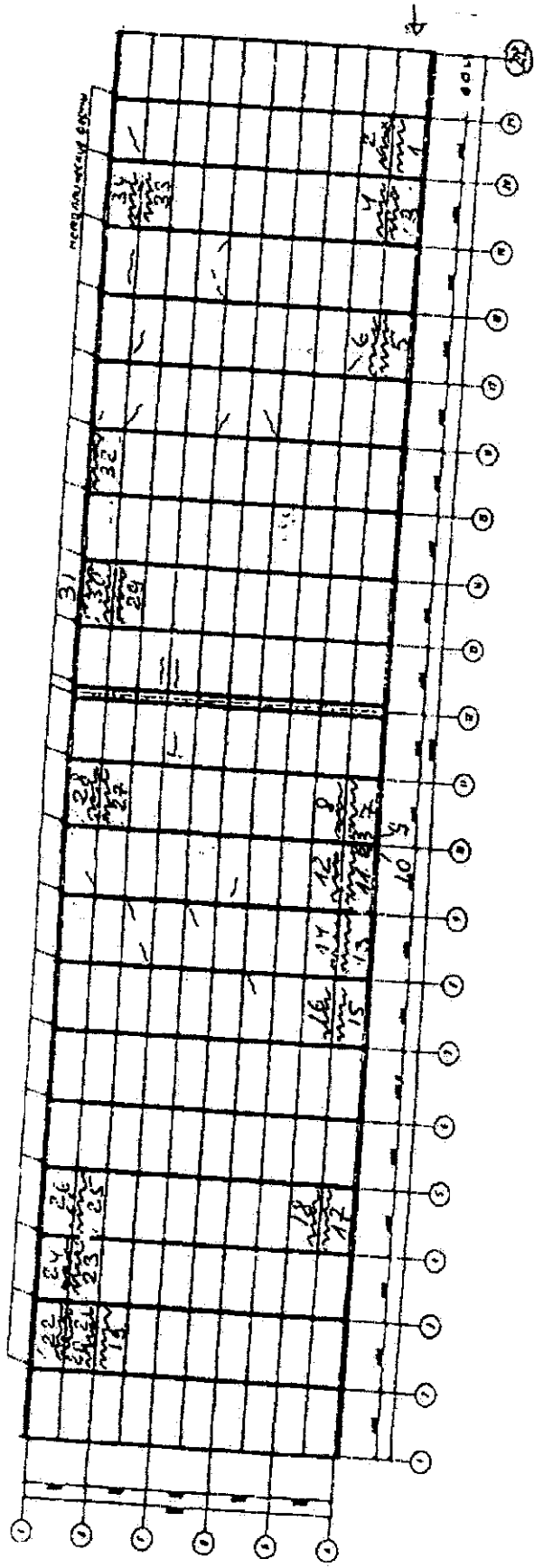


Рис. 1. План покрытия (ребристых плит)