


РАСЧЕТ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО РИГЕЛЯ Р1 С ПОМОЩЬЮ
СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ УГЛЕВОЛОКНОМ

ВЫПОЛНИЛ:
ИНЖЕНЕР ООО «ЗИКА»
САФОНОВА А.В.

МОСКВА-201__

					ПРИМЕР РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Сафонова А.В.			Лит.	Лист	Листов
Провер.					РАСЧЕТ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО РИГЕЛЯ Р1 С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ УГЛЕВОЛОКНОМ		
Реценз.							
Н. Контр.							
Утверд.							
					ООО «ЗИКА» 		

РАСЧЕТ РИГЕЛЯ Р1 НА ОТМ.+7,200 ПО ОСИ «36/Б-В» НА ПРОЧНОСТЬ ПО НОРМАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Ригель Р1 сборный железобетонный (разрезной).

Сечение ригеля – тавровое с полкой внизу.

Расчетное сечение – прямоугольное.

Размеры сечения: ширина $b=400$ мм, высота $h=800$ мм.

Пролет: $L=6$ м.

Расчетный пролет ригеля: $l=5,6$ м.

ФАКТИЧЕСКОЕ АРМИРОВАНИЕ:

Сечение в середине пролета

Растянутая арматура нижняя (вскр.1.11, 1.12: $5\text{Ø}28$ А400 (А-III)).

Площадь сечения растянутой арматуры $A_s=3079$ мм².

Высота до ц.т. нижней арматуры с учетом дефекта балки (по данным обследования):
 $a=60$ мм.

Сжатая арматура (верхняя в пролете): $3\text{Ø}32$ А400 (А-III).

Площадь сечения сжатой арматуры $A'_s=2413$ мм².

Высота до ц.т. верхней арматуры – согласно чертежу: $a'=30$ мм.

Расчетная прочность арматурной стали на растяжение/сжатие $R_s = R_{sc} = 365$ МПа.

Модуль упругости стальной арматуры $E_s=200\,000$ МПа.

Бетон:

Фактическое значение прочности бетона: **класс В25**

Расчетная прочность бетона на сжатие - $R_b = 14,5$ МПа.

Расчетные усилия от внешней нагрузки

Элемент - шарнирно-опертый на двух опорах

Равномерно-распределенная нагрузка на ригель: $q=35$ кПа= 35 кН/м²

В середине пролета $M = \frac{q \cdot 6 \cdot l^2}{8} = \frac{35 \cdot 6 \cdot 5,6^2}{8} = 823,2$ кНм.

					ПРИМЕР РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПОДБОР ПЛОЩАДИ ЭЛЕМЕНТОВ УСИЛЕНИЯ Sika Wrap 530C И ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ УСИЛЕННОГО СЕЧЕНИЯ РИГЕЛЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ УГЛЕПЛАСТИКА

Необходимо запроектировать усиление из углепластика холодного отверждения (холстов)

Sika Wrap 530C со следующими характеристиками ламината:

- нормативная прочность $R_{f,n} = 3200$ МПа
- модуль упругости $E_{f,n} = 225000$ МПа;
- расчетная толщина ламината $t_f = 0,29$ мм;
- ширина ленты 300 мм;
- площадь сечения ленты 87 мм².

Конструкция эксплуатируется во внутреннем помещении, тогда коэффициент условий работы (табл.5.1 [2]) $\gamma_e = 0,9$.

Принимаем материал усиления ленту из углеродных волокон. Коэффициент надежности по материалу для расчета по предельным состояниям первой группы (п.5.2.5[1]) $\gamma_f = 1,2$.

Расчетная прочность ФАП на растяжение по формуле 5.1 [2] равна (при коэффициенте сцепления $K_m=1$):

$$R_f = \frac{\gamma_e \cdot K_m}{\gamma_f} \cdot R_{f,n} = \frac{0,9 \cdot 1}{1,2} \cdot 3200 = 2400 \text{ МПа}$$

Расчетный модуль упругости $E_f = E_{f,n} = 225000$ МПа.

Расчетная предельная относительная деформация растяжения композита ФАП:

$$\varepsilon_{fu} = \frac{R_f}{E_f} = \frac{2400}{225000} = 0,0107$$

В соответствии с требованиями п.5.2.5 [2] для предотвращения отслаивания ФАП, необходимо ограничить уровень его деформаций.

Проверяем условие отслаивания 5.2 [2]:

$$nE_f t_f = 1 \cdot 225000 \cdot 0,29 = 65250$$
$$K_m = \gamma_{f2} = \frac{1}{2,5 \varepsilon_{fu}} \sqrt{\frac{R_b}{nE_f t_f}} = \frac{1}{2,5 \cdot 0,0107} \cdot \sqrt{\frac{14,5}{65250}} = 0,56 < 0,9$$

Так как K_m не должен превышать 0,9, то принимаем $K_m = 0,56$.

Расчетная прочность ФАП на растяжение по формуле 5.1 [2] равна (при коэффициенте сцепления $K_m=0,56$):

$$R_f = \frac{\gamma_e \cdot K_m}{\gamma_f} \cdot R_{f,n} = \frac{0,9 \cdot 0,56}{1,2} \cdot 3200 = 1344 \text{ МПа}$$

Принимаем в расчет прочность ламината: $R_f = 1344$ МПа.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПРИМЕР РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ				

Подбор ведем по дефициту армирования.

Дефицит растянутой арматуры равен $\Delta A_s = 533 \text{ мм}^2 = 5,33 \text{ см}^2$

$$\frac{R_f}{R_s} = \frac{1344}{365} = 3,7; A_f = \frac{\Delta A_s}{3,7} = \frac{5,33}{3,7} = 1,44 \text{ см}^2$$

На ширину балки 400 мм приходится количество лент шириной 300мм:

$$n = \frac{1,44}{0,87} = 1,6 \text{ шт.} \rightarrow 2 \text{ ленты.}$$

Предварительно принимаем на нижней поверхности ригеля 1 ленту Sika Wrap 530C шириной 300мм в 1 слой + по 1 ленте шириной 150 мм в 1 слой на боковых поверхностях ригеля.

Определяем предельное значение относительной высоты сжатой зоны бетона для внешней арматуры по п.7.1.11. [1]:

$$a = 0,85$$

$$w = a - 0,008R_b = 0,85 - 0,008 \cdot 14,5 = 0,734$$

В формулу для ξ_{Rf} (7.8 [1]) подставляем значение прочности R_{fu}

$$\xi_{Rf} = \frac{\omega}{1 + \frac{R_f}{\varepsilon_{bul} E_f} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,734}{1 + \frac{1344}{0,002 \cdot 225000} \left(1 - \frac{0,734}{1,1}\right)} = 0,368$$

$\varepsilon_{bul} = \varepsilon_{b0} = 0,002$ – это предельная относительная деформация бетона при сжатии (п.6.1.14 [4]).

Площадь сечения внешней арматуры:

$$A_f = n_f b_f t_f = 1 \cdot 2 \cdot 300 \cdot 0,29 = 174 \text{ мм}^2$$

При определении значения M_{ult} для изгибаемых элементов прямоугольного сечения

следует соблюдать условие $\xi = \frac{x}{h} \leq \xi_{Rf}$.

Определим высоту сжатой зоны с учетом сжатой арматуры (6.7) [2]:

$$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s + R_f A_f}{R_b b} = \frac{365 \cdot 3079 - 365 \cdot 2413 + 1344 \cdot 174}{14,5 \cdot 400} = 82,2 \text{ мм}$$

$$\xi = \frac{x}{h} = \frac{82,2}{800} = 0,103 < \xi_R = 0,368 \text{ – условие выполняется.}$$

Прочность сечения проверяем из условия (6.6) [2] с учетом сжатой арматуры:

$$\begin{aligned} R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') + R_f A_f a = \\ = 14,5 \cdot 400 \cdot 82,2 \cdot (740 - 0,5 \cdot 82,2) + 365 \cdot 2413 \cdot (740 - 30) + 1344 \cdot 87 \cdot 60 - 1344 \cdot 87 \cdot 46 = \\ = 960,2 \cdot 10^6 \text{ Н*мм} = 960,2 \text{ кН*м} > M = 823,2 \text{ кН*м} \text{ – прочность сечения в середине пролета с учетом усиления обеспечена!} \end{aligned}$$

ВЫВОД: окончательно принимаем продольное армирование в нижней зоне ригеля - 1 ленту Sika Wrap 530C шириной 300мм в 1 слой + 2 ленты шириной 150 мм в 1 слой на обеих боковых гранях ригеля. Поперечное армирование принимаем конструктивно.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПРИМЕР РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ				

ЛИТЕРАТУРА:

1. СТО 13613997-001-2011 «СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами» - М.: ЦНИИПромзданий», 2011г.
2. СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования». – Москва, 2015г.
3. СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры». – Москва, 2008г.
«Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. – М.;ОАО «ЦНИИПромзданий», 2005г.
4. СП 63.13330. 2012 (актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». – Москва, 2012г.

000 «ЗИКА» BUILDING TRUST

					ПРИМЕР РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		