

5. Киреев В. А. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций. – М., 1975. – 256 с.
6. Взрывная камера для синтеза детонационных наноалмазов: пат. № 2323772 РФ кл. В01J3/08 / В.В. Даниленко, Е.В. Даниленко – М., 2008.
7. Селиванов В.В., Кобылкин И.Ф., Новиков С.А. Взрывные технологии. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 650 с.
8. Яковлев С. В., Карелин Я.А. Канализация: Учебник для вузов. Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
9. <http://www.kti-git.nsc.ru/index.html>
10. <http://www.nki.ru/archive/2000/5/>
11. <http://www.ntpo.com/technologists/>
12. <http://www.we.ur.ru/obzor/traditional.htm>

УДК 624.012.36

Мельничук М. П.

Научные руководители: к.т.н., доцент Кондратчик А.А., аспирантка Санникова О.Г.

КОСВЕННОЕ АРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА

Повышение долговечности железобетонных конструкций связано не только с точным определением условий эксплуатации, но и с применением новых материалов, имеющих специфические характеристики, не присущие, например, обычному тяжелому бетону на портландцементе. К таким материалам относится бетон на напрягающем цементе. Не только повышенные плотность, стойкость к сульфатной и хлорной коррозии, но и способность деформировать арматуру при расширении определяют интерес к нему. Исследования железобетонных конструкций из напрягающего бетона позволяют непрерывно расширять область его применения.

В настоящей работе приведены данные экспериментальных исследований влияния косвенного армирования на деформации напрягающего бетона.

1. Работа косвенной арматуры в элементах

Влияние косвенного армирования на сцепление арматуры с бетоном. На необходимость установки косвенной арматуры указывали Е. Мерш (1904 г.), Ф. Эмпергер, В. Мурашев, И. Ахвердов, Т. Гараи (1933-1939 гг.), Б. Соловьев, И. Овчинников, С. Дмитриев, А. Оатул, М. Холмянский (1970-1981 гг.), Р. Шарипов, Ю. Изотов, Г. Судаков, А. Веселов и т.д. (1982-2006 гг.), отводя ей в основном роль противодействия продольным трещинам в зоне анкеровки продольной арматуры. И.Г. Овчинников [1], проводя целенаправленно исследование влияния косвенной арматуры на сцепление арматуры с бетоном, установил следующее. Косвенная арматура препятствует поперечным деформациям бетона в пределах области силового взаимодействия (область, ограниченная окружностью, на поверхности которой вертикальные перемещения не превышают 5% от величины смещения стержня) и срезу бетона между рифлениями. Увеличивается (до 2 раз) количество трещин, а ширина их раскрытия уменьшается по сравнению с элементом без косвенной арматуры. В образцах без косвенной арматуры разрушающая нагрузка на 25% выше нагрузки, при которой появились радиальные трещины и на 10% выше нагрузки начала скольжения, а в образцах с косвенной арматурой эти показатели были соответственно на 70% и 60% выше.

Все исследователи отмечают, что активное включение косвенной арматуры в работу происходит при появлении и раскрытии трещин, т. е. в элементах из обычного бетона косвенная арматура играет пассивную роль до определенного момента.

Установка сеток косвенного армирования на длине зоны анкеровки в элементах из напрягающего бетона приведет к созданию плоского напряженного состояния [2] в результате преднапряжения арматуры физико-химическим способом (рисунок 1), параметры которого определяются по следующим зависимостям.

Усилие предварительного обжатия бетона, созданного физико-химическим способом, при предварительном напряжении арматуры сеток косвенного армирования:

$$\begin{aligned} P_{CE,x} &= \sum \sigma_{CE,x} \cdot A_x = \sum \epsilon_{CE,x} \cdot E_s \cdot A_x, \\ P_{CE,y} &= \sum \sigma_{CE,y} \cdot A_y = \sum \epsilon_{CE,y} \cdot E_s \cdot A_y. \end{aligned} \quad (1)$$

Величина самоупреждения в бетоне по направлению осей X и Y:

$$\begin{aligned} \sigma_{CE,x} &= P_{CE,x} / A_x = P_{CE,x} / (h \cdot S), \\ \sigma_{CE,y} &= P_{CE,y} / A_y = P_{CE,y} / (b \cdot S), \end{aligned} \quad (2)$$

где S — шаг сеток косвенного армирования.

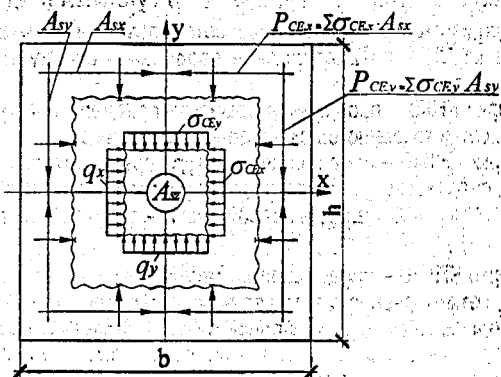


Рисунок 1 - Схема действия усилий в сечении с арматурной сеткой, стержни которой напрягаются физико-химическим способом

Величина связанных деформаций при центральном положении упругого ограничения деформациям с учетом соотношения ρ_x и ρ_y :

а) при $\rho_x \leq \rho_y$

$$\begin{aligned} \epsilon_{CE,x} &= (0,98 + 16\rho_y - 12\rho_x) \epsilon_{CE,x,0}, \\ \epsilon_{CE,y} &= (0,98 + 16\rho_x - 12\rho_y) \epsilon_{CE,y,0}. \end{aligned} \quad (3)$$

б) при $\rho_x > \rho_y$

$$\begin{aligned} \epsilon_{CE,x} &= (0,98 + 16\rho_x - 12\rho_y) \epsilon_{CE,x,0}, \\ \epsilon_{CE,y} &= (0,98 + 16\rho_y - 12\rho_x) \epsilon_{CE,y,0}. \end{aligned} \quad (4)$$

Величина условных связанных деформаций по направлению соответствующих осей:

$$\epsilon_{CE,x,0} = \frac{\sigma_{HCE}}{E_s} = \frac{\sigma_{CE}}{\rho_x \cdot E_s}; \quad \epsilon_{CE,y,0} = \frac{\sigma_{sv,CE}}{E_s} = \frac{\sigma_{CE}}{\rho_y \cdot E_s} \quad (5)$$

Величина самоупреждения бетона:

$$\begin{aligned} \sigma_{CE,x} &= f_{CE,d} \cdot k_{pc} \cdot k_s \cdot k_e \cdot k_w \cdot k_{c,0}, \\ \sigma_{CE,y} &= f_{CE,d} \cdot k_{py} \cdot k_s \cdot k_e \cdot k_w \cdot k_{c,0}, \end{aligned} \quad (6)$$

где $f_{CE,d}$ — расчетное самоупреждение (МПа), соответствующее марке напрягающего бетона по самоупреждению (S_p);

k_{px}, k_{py} – коэф-ты, учитывающие влияние величины упругого ограничения расширения;

$$k_{px} = \sqrt{\frac{1,57 \rho_{lx}}{0,0057 + \rho_{lx}}}; \quad k_{py} = \sqrt{\frac{1,57 \rho_{ly}}{0,0057 + \rho_{ly}}} \quad (7)$$

$k_e = 1,0$ (так как элементы упругого ограничения расположены симметрично);

$k_w = 1,0 - 0,18$ (зависит от условий увлажнения элемента);

$k_{c,0} = 1,0$ (при прочности бетона к началу интенсивного увлажнения в пределах 7,5...10 МПа).

2. Результаты экспериментальных исследований влияния косвенной арматуры на деформации напрягающего бетона

Исследования были выполнены на образцах размером 120x120x1500 мм из напрягающего бетона. Все образцы имели продольное армирование из 1Ø14 S800 ($\rho_l = 1,06\%$). Образцы отличались наличием или отсутствием предварительного напряжения арматуры до изготовления образцов и сеток косвенного армирования, а именно:

- образец марки СН – преднапряжение продольной арматуры и сетки косвенного армирования отсутствуют;

- образец марки КНК0 – продольная арматура предварительно напряжена механическим способом, сетки косвенного армирования отсутствуют;

- образец марки КНК40 – продольная арматура предварительно напряжена механическим способом, сетки косвенного армирования установлены (в левой части – сетки С-1, шаг 40 мм, $\rho_{sk} = 0,82\%$, $r/\varnothing = 2,86$; в правой части – сетки С-2, шаг 40 мм, $\rho_{sk} = 0,82\%$, $r/\varnothing = 2,14$);

- образец марки КНК80 – продольная арматура предварительно напряжена механическим способом, сетки косвенного армирования установлены (в левой части – сетки С-1, шаг 80 мм, $\rho_{sk} = 0,41\%$, $r/\varnothing = 2,86$; в правой части – сетки С-3, шаг 80 мм, $\rho_{sk} = 0,41\%$, $r/\varnothing = 1,43$).

Конструктивное решение сеток дано на рисунке 2. Сетки установлены на участке длиной 160 мм, начиная с сечения, отстоящего от торца образца на 40 мм.

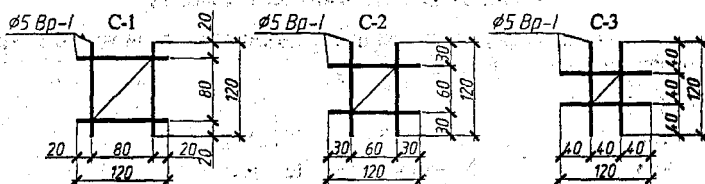


Рисунок 2 – Конструктивное решение сеток косвенного армирования

Предварительное напряжение арматуры выполнялось механическим способом (величина предварительного напряжения арматуры составила 508,25 МПа, 496,43 МПа, 514,15 МПа для образцов марки КНК0, КНК40 и КНК80 соответственно) с последующим закреплением на торцах силовой рамы (рисунок 3).

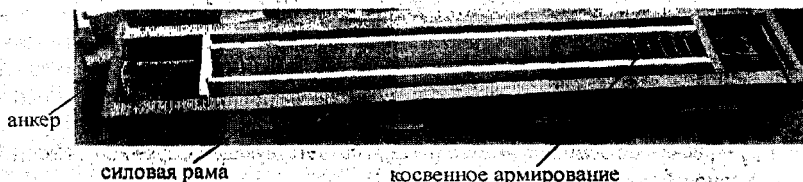
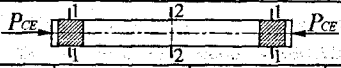


Рисунок 3 – Армирование опытных образцов

Самонапряжение бетона составило 1,75 МПа, 1,80 МПа, 1,85 МПа в возрасте 10 суток, 17 суток и 28 суток соответственно, а кубиковая прочность бетона – 24,2 МПа и 40,7 МПа в возрасте 9 суток и 28 суток соответственно. Измерение деформаций бетона выполняли переносной миссурой по реперам, наклеенным на бетонную поверхность образцов. Первые сутки образцы хранились в воздушно-сухих условиях; начиная со 2 по 28, сутки, образцы увлажнялись раз в сутки и укрывались полиэтиленовой пленкой.

Деформации бетона припорного участка образца марки СН с арматурой, напрягаемой физико-химическим способом, отличаются от деформаций бетона образца марки КНК0 на таком же участке на +47,5% и -11,5% в возрасте 3 и 28 суток, от деформаций бетона образца марки КНК40 на +25% и -25%, а для образца марки КНК80 на – 12,5% и – 8,75% соответственно. Это указывает на существенное влияние сеток косвенного армирования на величину деформаций напрягающего бетона. На рисунке 4 приведено сопоставление средних деформаций бетона на припорном и среднем по длине образца участках. Отношение $\epsilon_c^{-1}/\epsilon_c^{-2}$ указывает не только на эффективность содержания косвенной арматуры ($\rho_{sk} = 0,82\%$ и $\rho_{sk} = 0,41\%$), но и на влияние наличия арматуры в активной зоне взаимодействия продольной арматуры с бетоном ($\rho_{sk} = 0,82\%$, $r/\varnothing = 2,86$ и $\rho_{sk} = 0,82\%$, $r/\varnothing = 2,14$).



Возраст	$\epsilon_c^{-1}/\epsilon_c^{-2}, \%$				
28 сут.	66,1%	98%	95,6%	75,6%	60,9%
10 сут.	73%	98%	85,3%	77,2%	55,6%
7 сут.	87,6%	81,4%	93%	74,1%	70,6%
6 сут.	74,4%	97,4%	89,7%	61,1%	63,2%
4 сут.	30,7%	166,6%	75%	66,7%	44,5%
3 сут.	26,3%	166,6%	222,2%	150%	100%
Марка образца	КНК0	КНК40		КНК80	
		левая часть	правая часть	левая часть	правая часть
ρ_{sk}	0%	0,82%	0,82%	0,41%	0,41%
r/\varnothing	-	2,86	2,14	1,43	2,86

Рисунок 4 – Влияние косвенного армирования на деформации расширения напрягающего бетона

Закключение. Для железобетонных элементов из напрягающего бетона могут быть искусственно созданы участки с фиксированным обжатием продольной арматуры бетоном, что приведет к увеличению сцепления на локальном участке. Такой участок предлагается называть линейным самонапряженным анкером, а в зависимости от его положения по длине элемента – торцевым или внутренним.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников И.Г. Влияние косвенного армирования на сцепление стержневой арматуры с бетоном / И. Г. Овчинников // Материалы Всесоюзного научно-технического совещания в г. Челябинск. "Сцепление арматуры с бетоном" – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1971. – С. 88-94.
2. Марчук В. А. Деформации и собственные напряжения несимметрично двухосно армированных плоских элементов из напрягающего бетона на стадии его расширения: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Марчук Виталий Алексеевич. – Брест., 2002. – 176 с.