

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ИЗ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА И МЕЛКОЯЧЕЙСТЫХ СЕТОК ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАЛОК

Введение. Балка – это конструктивный элемент, горизонтальный или наклонный брус, работающий преимущественно на изгиб (рис.1). На практике, горизонтально расположенная балка воспринимает вертикальную поперечную весовую нагрузку, необходимо учитывать влияние и вероятных горизонтальных поперечных сил (например, ветровую нагрузку или при учёте возможного землетрясения). Нагруженная балка воздействует на опоры, которыми могут являться колонны, подвесы, стены или другие балки. Затем нагрузка передаётся далее и в итоге, воспринимается конструктивными элементами, работающими на сжатие — опорами. Отдельно можно выделить случай ферменной конструкции, в которой стряжни покоятся на горизонтальной балке [1].

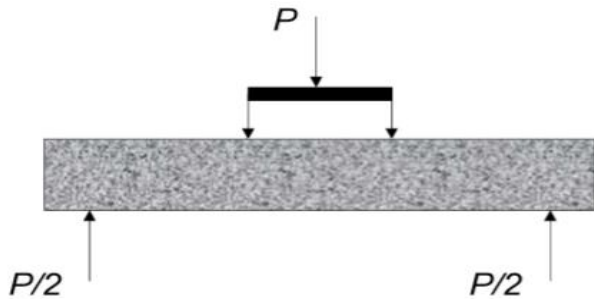


Рис. 1. Железобетонная балка.

Особенностью железобетонных балок является то, что балка часто даёт трещины, которые со временем растут. По окончании срока службы и при экстремальных нагрузках появляются глубокие трещины, что отражается на её функциональности. Частично эта потребность покрывалась асбестоцементом. Ввиду отсутствия в Украине асбеста, значительное внимание начало придаваться густоармированному бетону, получившему наименование армоцемент (ferrocement).

Основная часть армоцемента – композиционный материал, представляющий собой рациональное сочетание стальных

сеток с мелкозернистым бетоном. Армоцемент бетон марок 300–400 на заполнителе 3 мм, армированный (в несколько рядов по толщине) ткаными или тонкими сварными сетками с ячейками до 10×10 мм из проволоки диаметром 0,8–1мм (рис. 2).

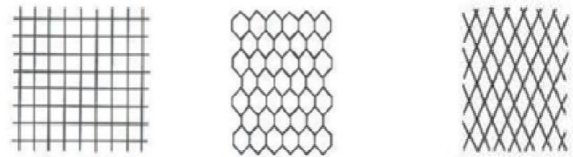


Рис.2. Виды сетки, используемые в армоцементе.

Прочность армоцементных конструкций зависит от силы сцепления арматуры с цементным камнем. Опыт производства армоцементных изделий показывает, что для получения материала с повышенной упругостью и растяжимостью без образования трещин необходимо, чтобы количество проволочных сеток составляло не менее 400–500 кг на 1 м³ бетона. Следует отметить, что в обычном железобетоне на 1 м³ бетона средний расход арматуры 100–150 кг.



Рис.3. Соотношение между количеством сеток и максимальным изгибающим моментом

Благодаря интенсивному насыщению структуры мелкозернистого бетона стальными сетками, армоцемент обладает высокой сопротивляемостью удару, вибрации,

и динамическим нагрузкам. Механические характеристики армоцемента зависят и от качества цементно-песчаного раствора. Способность бетона (раствора) воспринимать растягивающие напряжения тем больше, чем больше поверхность сцепления арматуры с бетоном. В табл. 1 приведены некоторые механические характеристики армоцемента и асбестоцемента [2].

Таблица 1- Физико-механические показатели армоцемента марки 400, армированного тканями стальными сетками с $K_{уд.п}=2 \text{ см}^2/\text{см}^3$, и асбестоцемента.

Вид напряженного состояния	Армоцемент		Асбестоцемент
	Нормативное сопротивление	Модуль упругости	Нормативное сопротивление
Растяжение	65	5×10^4	200
Сжатие	320	2×10^5	600
Растяжение при изгибе	120	5×10^4	300
Сжатие при изгибе	320	1.5×10^5	-
Скалывание	65	-	-
Срез	100	-	-

Увеличение механических характеристик армоцемента становится возможным при условии разработки прочной цементной матрицы и использования для армирования армосеток, изготовленных из металлической проволоки диаметром менее 0,8 мм.

Свойства мелкозернистого бетона определяются прочностью упаковки зерен заполнителя и силой сцепления между ним и цементом. Повысить прочность упаковки мелкозернистого бетона можно уменьшив состав заполнителя, используя заполнитель фракции менее 3мм. Данный способ увеличивает площадь контактной зоны между цементным камнем и заполнителем, поскольку мелкий заполнитель имеет развитую удельную поверхность. Разработан состав нового особо мелкозер-

нистого бетона - микробетона [3]. В качестве крупного заполнителя использовались отходы Полтавского ГОКа (хвосты) с крупностью частиц: $d = 0.08- 0,35\text{мм}$, минералогическим составом – SiO_2 , истинная плотность $2,8 \text{ г/см}^3$, удельная поверхность $2800 \text{ см}^2/\text{г}$. В качестве микрозаполнителя принят микрокремнезем (ЧП «Капри», г. Стаханов) с удельной поверхностью $8500 \text{ см}^2/\text{г}$, $\rho=2,68 \text{ г/см}^3$, с содержанием $\text{SiO}_2 = 93-95\%$.

Применение особомелкозернистого бетона является основанием для создания композиционного материала, в котором волокна могут быть расположены значительно ближе, чем в армоцементе.

Новый композиционный материал основан на армировании структуры микробетона [3] сетками, состоящими из металлической проволоки диаметром менее 0,8мм с размерами ячейки менее 10х10мм. В упругой стадии работы бетонной матрицы с арматурой под воздействием усилия, матрица удлиняется пропорционально растягивающему напряжению. Контактующее с матрицей стальное волокно с более высоким, чем у микробетона модулем упругости, ограничивает это удлинение, при условии, что расстояние между волокном и бетоном не выходит за пределы их взаимодействия.

Для установления прочностных показателей нового материала была изготовлена серия образцов – балочек $4 \times 4 \times 16 \text{ см}$. Бетон особомелкозернистый на хвостах Полтавского ГОКа, состава Ц:3=1:3, В/Ц=0,5. Бетон армирован различным количеством сеток из стальной проволоки (размер ячейки $5 \times 10\text{мм}$) и стекловолокна (размер ячейки $5 \times 5 \text{ мм}$). Результаты испытания образцов на изгиб представлены на рис. 4.

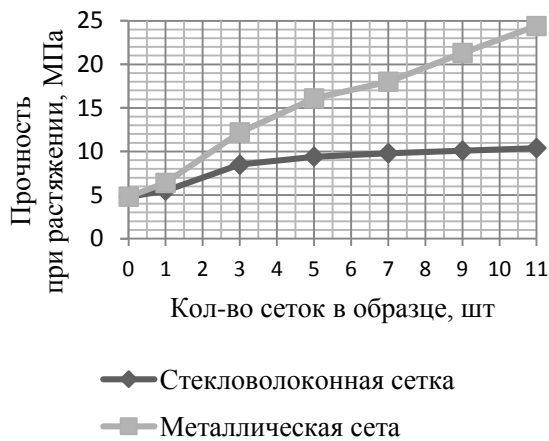


Рис. 4 - Прочность армированного композиционного материала (в возрасте 7 сут)

Таким образом, путем использования мелкоячеистых сеток и мелкозернистого раствора можно получить композиционный материал с повышенными прочностными характеристиками, близкими к характеристикам асбестоцемента. По данным проведенных экспериментов прочность при растяжении усовершенствованного армоцемента составляет 370 кг/см^2 (37 МПа).

Было отмечено, что работа армоцемента при изгибе может быть оценена тремя стадиями напряженно-деформированного состояния. Ниже рассмотрим картину этих состояний по данным наших и других исследований.



Рис. 5. Диаграмма оптимальной деформации.

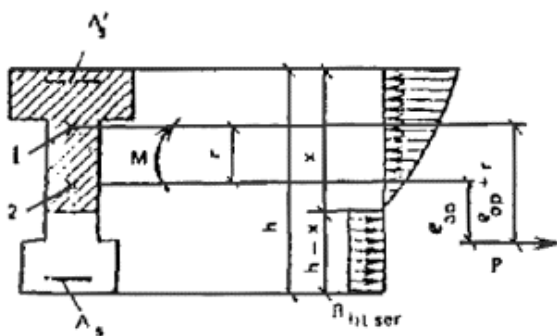


Рис. 6. Схема усилий предварительного напряжения в арматуре и сетках в поперечном сечении армоцемента его элемента

M - изгибающий момент; P - усилие предварительного обжатия; A'_s, A_s - площади сечения ненапрягаемой стержневой арматуры на единицу ширины соответственно в сжатой и растянутой зонах; h - высота прямоугольного, таврового или

двутаврового сечения; x - высота сжатой зоны бетона; ξ - относительная высота сжатой зоны бетона, равная $\xi = x/h$; r - радиус инерции поперечного сечения элемента относительно центра тяжести сечения.

В начальной стадии нагружения, до появления микротрещин, зависимость между напряжениями и деформациями растянутой и сжатой зон носит линейный характер (рис. 6). Эпюры деформации близки к треугольной форме. Опытные образцы на этом этапе загрузки прогибаются согласно закону упругости, прогибы выражены на рисунке 5 (А, Б) прямолинейным участком. Нейтральная ось незначительно перемещается от середины сечения изгибаемого образца в сторону сжатых волокон. Физико-механические свой-

ства армоцемента на этой стадии характеризуются величиной модуля упругости, который в значительной степени зависит от процентного содержания и сортамента арматуры (сеток) [1].

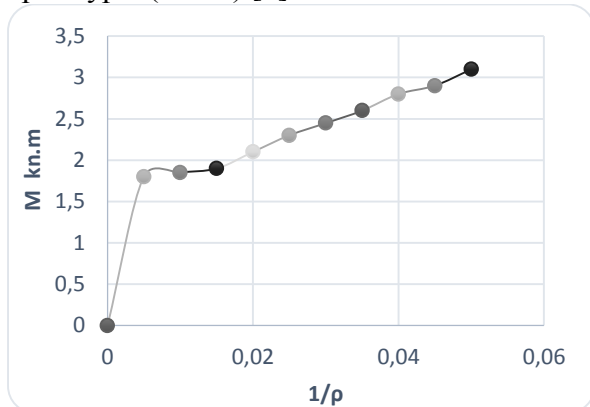


Рис.7. Отношение изгибающего момента и кривизны балки.

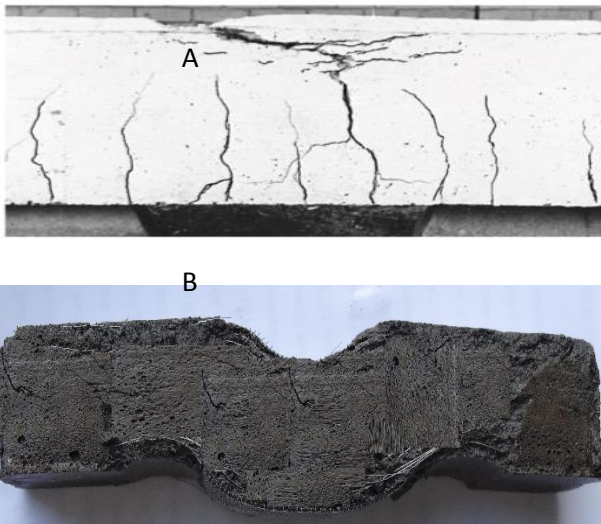


Рис.8. Воздействие изгиба на балку
А-железобетонная балка; В- балка из композиционных материалов.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: разрушающая нагрузка для

балки, армированной мелкоячеистой сеткой более высокая, чем у стальной сетки; бетонные балки, включающие мелкоячеистые сетки и мелкозернистый раствор имеет хорошую прочность, трещиностойкость, жаростойкость и свойства поглощения энергии в сравнении с обычными; предложенные балки имеют преимущества благодаря легкому весу, низкой стоимости, высокой пластичности стали сетки, малому удельному весу, простоте намотки и обработки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Нерви П. Л., Строить правильно. Пути развития железобетонных конструкций, пер. с итал., М., 1956; Инструктивные указания по проектированию армоцементных конструкций. М., 1961; Новые тонкостенные конструкции – армоцемент, Л., 1961.
2. Бирюкович К.Л., Бирюкович Ю.Л., Бирюкович Д. Л. Мелкие суда из стеклоцемента и армоцемента. – Л.: Издательство «судостроение», 1965. – С. 37-44.
3. Вандаловский А.Г., Казимагомедов И.Э., Чайка В.Н., Прочностные свойства бетона на отходах горнообогатительных комбинатов в качестве заполнителя / Науковий вісник будівництва / Харьков ХОТВ. АБУ №64 – 2011. с. 98-101
4. Бочарников А.С., Корнеев А.Д. Зона взаимодействия систем «бетон-стальное волокно» в сталефибробетоне и рациональная степень дисперсного армирования мелкозернистого бетона / Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века / Москва. №8 – 2005. с.58-59
5. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. Композиционные строительные материалы // Строительные материалы. – М.,1986. - Стройиздат. – С.614-618.