

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ И НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АРМОКРЕМНЕБЕТОННЫХ БАЛОК

Половец В.И., Твардовский И.А. Калинина Т.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

У роботі наводяться експериментальні дані щодо визначення фізико-механічних характеристик кременебетону та вивчення впливу тривалого навантаження експлуатаційного рівня на деформативність й несучу здатність армокременебетонних балок.

Кварцевый кремнебетон предназначен для изготовления крупноразмерных элементов строительных конструкций, эксплуатируемых в условиях кислотных или других сильноагрессивных для традиционных конструкционных материалов средах. Широкое применение кварцевый кремнебетон получил при обкладке тоннелей метрополитенов, устройстве опор мостов на быстроходных реках, облицовке стен и строительных конструкций, эксплуатируемых в условиях повышенной влажности.

По результатам исследований многих авторов создана группа безцементных бетонов, в которых роль вяжущего выполняют различные модификации кремнезема: кварц, тридимит, кристоболит и распорядочные формы диоксида кремния с присадками оксидов щелочных металлов в количестве 0,1÷4% в зависимости от назначения бетонов и других щелочнокремнеземных материалов.

Исходными компонентами вяжущего тридимито-кристоболитового минералогического состава (ТК-вяжущего) является однородная смесь из природного кварцевого песка или кварцевых отходов и технической кальцинированной соды (Na_2CO_3), каустической соды (NaOH), едкого калия (KOH), бикарбоната натрия (NaHCO_3) или побочных продуктов и очищенных отходов различных производств, таких как содовый сплав при производстве капролактана.

Кварцевый песок рекомендуется применять мелкий, используемый в стекольной промышленности или при формовании изделий на металлургических предприятиях.

Технология изготовления ТК-вяжущего основывается на использовании обычного технологического оборудования по подготовке стекольной сырьевой смеси с последующим его обжигом при температуре 1350 °С в цементных вращающихся печах. На основе ТК-вяжущего можно получать бетоны с различными потребительскими свойствами как по автоклавной, так и по безавтоклавной технологии.

Одним из видов кремнеземистого бетона (кременебетона) рассматриваемых в данной статье, является конструкционный химически стойкий кремнебетон, представляющий собой искусственный кремнеземный конгломерат, в котором мелкие заполнители сцементированы синтетической кварцевой связкой в процессе автоклавной обработки смеси из ТК-вяжущего в виде зерен размером до 1÷1,5мм молотого кварцевого песка.

Физико-механические характеристики конструктивного кремне-бетона при кратковременном действии нагрузки в достаточной степени изучены и изложены в работах [1,2]. В то же время деформативность и несущая способность армокременебетонных конструкций при длительном действии нагрузок изучена недостаточно.

В предлагаемой статье приведены экспериментальные данные, позволяющие выполнить сравнительный анализ деформативности и прочности кремнебетона в условиях кратковременного и длительного приложения нагрузки.

В качестве опытных образцов исследовались армокременебетонные балки, призмы и кубы, изготовленные из кремнебетонной смеси состава [1].

Изготовлено 4 балки размером 8×17×150см с расчетным пролетом $l_p=137$ см и коэффициентом армирования $\mu=0,0227$, рабочая арматура ненапрягаемая класса 2Ø12A500с. Защитный слой $a=46$ мм. Замкнутая поперечная арматура на приопорных участках состоит из 32 Ø5 Вр. Призм- 48шт; кубовов-30шт.

Физико-механические характеристики кремнебетона определяли на кубах с ребром 7см, призменная прочность и модуль упруго-мгновенных деформаций на призмах 7×7×30м. Кратковременные испытания опытных образцов выполняли на гидравлическом прессе ГРМ-2 мощностью до 1000 кН.

Испытание кремнебетона на растяжение проводили путем раскалывания кубов по методике ГОСТ 12001-81. Прочность кремнебетона на растяжение для 1 и 2 серий по результатам испытаний соответственно в среднем равна 6,0 и 5,5 МПа.

Модуль упруго-мгновенных деформаций определяли на трех призмах в каждой серии. Каждая призма предварительно обжималась 2-3 раза усилием равным $(0,1\div 0,2)R_{bn}(t)$ с целью ее центровки по физической оси. Призмы трижды загружали ступенями по $0,1R_{bn}(t_0)$ со сбросом нагрузки по достижению уровня $0,4R_{bn}(t_0)$. Деформации замеряли на противоположных гранях двумя индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 на базе 200мм.

Величина модуля упругости при нагружении образцов до уровня напряжений, равных $0,4R_{bn}$, существенно не отличается между собой. При повышении уровня напряжений до $0,7\div 0,8) R_{bn}(t_0)$ модуль упругости уменьшился до 15% от начального.

В таблице 1 приведены средние значения, полученные при испытании кубов и призм.

Таблица 1

№ п/п	Кубиковая прочность $R_{bn}(t_0)$	Призменная прочность $R_{bn}(t_0)$	Модуль упругости $E(t_0)\cdot 10^{-4}$ МПа
1	93,1	86,4	4,39
2	77,3	74,6	4,45
3	80,8	71,1	4,32
4	85,2	71,4	4,23

Из результатов, полученных при испытании призм, следует, что кремнебетон упругий материал, сохраняющий это свойство практически до исчерпания прочности образца.

Кратковременные испытания балок БР проводили на прессе УИМ-50. Нагрузка виде двух сосредоточенных сил $P/2$, располагалась на расстоянии по 53,5 см от каждой опоры. Нагрузка на балки всех типов в процессе кратковременных испытаний до уровня $0,8P_p$ прикладывалась ступенями, равными 10% от ожидаемой разрушающей. В области выше $0,8P_p$ - ступенями по $0,05P_p$.

Установку измерительной аппаратуры в сжатой зоне проводили с помощью реперов, наклеенных эпоксидным клеем, а в зоне растянутой арматуры репера фиксировались на сварке.

Средние деформации кремнебетона сжатой зоны и растянутой арматуры при кратковременном и длительном действии нагрузки замеряли на базе 160мм стационарно установленными индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм.

Прогибы балок всех типов замеряли в середине пролета прогибомерами ПАО-6.

На каждой ступени прикладываемой нагрузки производили выдержку по 5 мин. Замеры деформаций и перемещений балок производили в начале и конце каждой ступени.

В процессе загрузки и выдержки балок с помощью лупы и микроскопа с 24-х кратным увеличением производили наблюдения за появлением и развитием трещин. Первые трещины в балках БР появлялись при нагрузке $(0,3\div 0,35)P_p$. При нагрузке $0,5P_p$ образовалось 3-4 трещины, ширина которых составляла $(0,1\div 0,15)$ мм, высота в пределах $5\div 6$ см от центра растянутой арматуры.

Средние разрушающие моменты для трех балок БР равны 16.2 кНм. Средние предельные относительные деформации при испытании балок БР сжатой зоны кремнебетона $\epsilon_{и} = 190 \cdot 10^{-6}$, а для растянутой арматуры $\epsilon_{р} = 310 \cdot 10^{-6}$; предельный прогиб балок $f = 9,5$ мм.

Длительные испытания армокремнебетонных балок БИ проводили в специальных рычажных установках. Основу установки составляет двутавр, на который устанавливается испытываемая балка. Посередине двутавра прикреплена стойка, воспринимающая реактивное растягивающее усилие, состоящая из двух швеллеров №40, приваренных друг к другу с зазором, не значительно превышающим толщину рычага. Нагрузка к балке прикладывалась через распределительную траверсу в виде двух сосредоточенных сил $P/2$, создающихся рычагом, который крепится к швеллерам с помощью цилиндрического вала. На краю рычага подвешивается грузовая площадка, на которую укладываются тарированные чугунные грузы.

Величина длительно действующей нагрузки для балок принята $M_{дл} = 0,5 \cdot M_p(t_0) = 8,09$ кНм,

где: $M_p(t_0)$ - разрушающий момент, полученный в результате кратковременных результатов испытаний балок БР.

Длительно действующая нагрузка прикладывалась к балкам БИ ступенями, как при испытании балок БР. После приложения последней ступени нагрузка оставалась постоянной. Средние упругие относительные деформации составляют: в сжатой зоне бетона - $\epsilon_{в} = 67,2 \cdot 10^{-6}$; в растянутой арматуре - $\epsilon_{р} = 58,6 \cdot 10^{-6}$; прогиб - 1,83 мм.

Скорость развития деформации $\epsilon_{в}(t)$ и прогибов $f(t)$ примерно до 100 суток после приложения последней ступени длительной нагрузки была достаточно высокой. В процессе дальнейших испытаний при длительном действии нагрузки развитие деформаций носило явно затухающий характер. Как видно по приведенным данным в Таблице 2, развитие деформаций растянутой арматуры в 1,75 раз больше деформаций сжатой зоны балок. Так средняя относительная деформация арматуры $\epsilon_{р}(t)$ к концу опыта равна $175 \cdot 10^{-6}$, а средняя относительная деформация сжатой зоны $\epsilon_{в}(t)$ составила $102 \cdot 10^{-6}$.

Прогиб в процессе длительно действующей нагрузки эксплуатационного уровня балок составил 1 мм (см. Табл.2).

Полученные результаты характеризуются тем, что относительные деформации ползучести кремнебетона малы в сравнении с соответствующими параметрами тяжелого бетона и перераспределение усилий между арматурой и сжатой зоной кремнебетона проходит медленней. После длительных испытаний в течении 185 суток балки БИ-3 и БИ-4 были доведены до разрушения. Влияние длительной нагрузки эксплуатационного уровня на несущую способность балок определялось на гидравлическом прессе путем догружения балок до разрушения.

Таблица 2

Относительные деформации	Время длительно действующей нагрузки (сутки)						
	3	6	12	25	50	100	185
$\epsilon_{в} \cdot 10^{-6}$	10	15,4	43,8	55,2	71,0	92,3	102
$\epsilon_{р} \cdot 10^{-6}$	50	82	93,1	100	110	143	175
Прогиб (мм)	0,2	0,31	0,42	0,5	0,63	0,78	1,0

Скорость развития деформаций сжатой зоны балок, растянутой арматуры и прогибов, а так же влияние длительной нагрузки на несущую способность при догружении практически не отличается от кратковременных испытаниях балок БР. Влияние уплотнения кремнебетона на несущую способность испытываемых образцов оказывается только при высоких уровнях длительно действующей нагрузки.

Выводы

1. Длительно действующая нагрузка эксплуатационного уровня не оказывает существенного влияния на несущую способность и деформативность армокремнебетонных балок с $\mu=0,0227$.
2. Влияние уплотнения кремнебетона на несущую способность испытуемых образцов оказывается только при высоких уровнях длительно действующей нагрузки.

SUMMARY

This paper presents an experimental data to determine the physical and mechanical properties of silicon concrete. And studying the effect of sustained load on deformability and loa carrying capacity of beams, made of silicon concrete.

1. Кирилишин В.П., Половец В.И., Гапшенко В.С., Деформативность и длительное сопротивление кремнебетона при нагрузках близких к разрушающим. В сб. Работоспособность строительных материалов на основе и с применением местного сырья и отходов промышленности. Казань 1989, с 79÷93. Половец В.И., Гапшенко В.С. Деформативность и длительное сопротивление кремнебетона при нагрузках близких к разрушающим. Весник Одесской государственной академии строительства и архитектуры. №28, Одесса 2007, с.208÷272.