

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА, ПРИГОТОВЛЕННОГО НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Блещик Н.П., Рак Н.А.

БГПА, г.Минск, Республика Беларусь

В Республике Беларусь проводится комплекс исследований, направленных на разработку эффективных композиций и технологии получения высокопрочных (марок 600 ÷ 800) и особопрочных (марок 800 ÷ 1200) модифицированных бетонов, а также рациональных конструкций из них для зданий и сооружений массового назначения [1].

Для изучения особенностей работы железобетонных конструкций из высокопрочного бетона, изготовленного на материалах промышленных предприятий Беларуси без дополнительной физико-механической активации, были отформованы и испытаны экспериментальные образцы сжатых и изгибаемых элементов.

Экспериментальные образцы сжатых элементов (далее колонны) имели размеры 200x200x1100 мм, а изгибаемых элементов (далее балок) – 150x250x2300 мм.

Образцы изготавливались в условиях полигона Минского завода ЖБИ-1 ассоциации “Стройиндустрия” из бетонной смеси подвижностью 0 ... 8 см осадки конуса. Удельное содержание материалов (в кг на 1 м³ бетона) находилось в следующих пределах:

цемент Волковысского завода ПЦ 500-Д20	- 550;
зола сланцевая	- 55;
щебень гранитный 5-20 мм (карьер “Микашевичи”)	- 1100 ... 1150;
песок кварцевый Мкр 2,54 (карьер “Волма”)	- 600 ... 650;
вода	- 160 ... 180;
суперпластификатор С-3 Мозырского ЗСЖБ № 12 (в расчете на сухое вещество)	- 3,6;
полиметаллический водный концентрат ПВК	- 21,6.

Бетонная смесь приготавливалась на БСЦ завода в бетоносмесителях гравитационного действия. Формование образцов производилось в зимний период при температуре воздуха -1. -3°С. Уплотнение бетонной смеси осуществляли при помощи глубинных вибраторов.

Тепловая обработка экспериментальных образцов (колонн и балок), а также контрольных образцов (кубов) производилась в ямных камерах. Предварительная выдержка составляла 4÷5 часов. Температурный режим пропаривания вынужденно принимался аналогичным заводскому режиму, обусловленному условиями снабжения завода паром. В соответствии с этим режимом тепловая обработка образцов производилась поэтапно. Каждый этап включал прогрев изделий в течение 2÷3 часов и затем медленное остывание в камере в течение суток. Тепловая обработка образцов вклю-

чала 2 этапа (за исключением колонны К-1 и балки Б-5, которые проходили обработку соответственно в 1 и 3 этапа.

Испытание опытных образцов производилось в возрасте 16÷18 суток. Испытания контрольных кубов, произведенные в этом возрасте, показали, что прочность бетона составила 59,4÷90,3 МПа

Основные параметры экспериментальных образцов и результаты испытаний представлены в таблицах 1 и 2.

Образцы колонн испытывались на центральное сжатие на гидравлическом прессе грузоподъемностью 5 МН. При испытаниях с помощью установленных по четырем боковым граням колонны индикаторов часового типа фиксировались деформации бетона в средней по длине образца зоне.

Фактический эксцентриситет продольной силы определяется по показаниям пар индикаторов, расположенных на противоположных гранях колонны. Величина эксцентриситета не превышала перед разрушением 0,1÷0,6 см.

Предельная сжимаемость бетона в опытных образцах определялась как среднее из значений по всем четырем граням и составила 230÷270 × 10⁻⁵. Разрушение всех образцов происходило в результате раздробления бетона в среднем по длине сечения колонны.

Сопоставление расчетных величин N_1 несущей способности сжатых образцов, определенных согласно положениям норм [2], с опытными величинами N_u показало их хорошую сходимость (среднее отношение составило 0,979). При этом призмная прочность определялась по нормативной зависимости

$$R_b = R (0,77 - 0,001R) < 0,72R, \quad (1)$$

а напряжения в сжатой арматуре колонн принималось равным 400 МПа.

Кроме того был проведен расчет несущей способности образцов с использованием полученной экспериментально зависимости призмной прочности R_b (в МПа) от кубиковой прочности R (в МПа)

$$R_b = R (0,814 - 0,00105R). \quad (2)$$

Эта зависимость пригодна для применения в диапазоне кубиковой прочности R от 50 до 90 МПа и дает величины призмной прочности более высокие, чем приведенная выше нормативная зависимость. Следует отметить, что при кубиковой прочности 90 МПа величина призмной прочности получается одинаковой при использовании обеих формул.

Величина напряжений в сжатой арматуре принималась при расчете по опытным зависимостям напряжений от относительных деформаций арматуры при опытной величине предельной сжимаемости бетона. Для арматуры класса А-III величина напряжения соответствовала фактическому пределу текучести стали и составила 450 МПа. Для арматуры класса Ат-600с, при полученной опытной предельной сжимаемости, величина напряжений не достигла условного предела текучести и составила при разрушении колонн 437÷513 МПа.

Сопоставление расчетных величин N_2 несущей способности сжатых образцов с опытными величинами N_d показало, что использование экспериментальной зависимости (2) и опытных величин напряжений позволило несколько повысить степень сходимости результатов (среднее отношение составило 1,011).

Нагружение образцов балок производилось на испытательном стенде. Нагрузка прикладывалась в третях пролета балки. При испытаниях измерялись деформации расположенного в зоне чистого изгиба сечения балки, а также прогибы балки по ее длине.

Разрушение нормально армированных опытных балок из высокопрочного бетона происходило в результате достижения арматурой растянутой зоны предела текучести при одновременном раздроблении бетона сжатой зоны. В стадии разрушения относительные деформации крайне сжатого волокна бетона составили в среднем 350×10^{-5} .

Образцы балок с минимальным продольным армированием разрушались в результате достижения текучести в растянутой арматуре. При этом зафиксированные перед разрушением относительные деформации бетона сжатой зоны не превысили 60×10^{-5} .

Расчет несущей способности образцов производился согласно положениям норм [2] с учетом коэффициента γ_{s6} для арматуры класса Ат-600с. В расчете приняты фактические прочностные характеристики арматуры и призмочная прочность бетона, определяемая по нормативной зависимости (1). Сопоставление полученных расчетом величин N_1 несущей способности балок с опытными величинами M_d показало, что расчет обеспечивает некоторый запас прочности (среднее отношение составило 0,893).

Кроме того был проведен расчет несущей способности M_2 балок согласно положениям норм [2] при призмочной прочности бетона, определенной по экспериментальной зависимости (2). Сопоставление величин M_2 и полученных ранее величин M_1 показало, что для слабоармированных элементов они практически равны, а для нормально армированных M_2 незначительно превышает M_1 .

Ограниченный объем экспериментальных данных не позволяет сделать обоснованные окончательные выводы. В настоящее время исследования работы сжатых и изгибаемых элементов из высокопрочного бетона, изготовленного с применением материалов Республики Беларусь, продолжаются. После накопления достаточного объема экспериментальных данных предполагается разработать рекомендации по расчету и конструированию конструкций из высокопрочного бетона, учитывающие особенности структуры бетона, технологии изготовления и его физико-механических свойств.

Литература

1. Блещик Н.П., Рак Н.А. Технологические особенности, физико-механические свойства и расчетные показатели высоко- и особопрочных бетонов /Инженерные проблемы современного железобетона. Иваново, 1995. - с. 66-71.
2. СНиП 2. 03. 01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. - 80 с.

Параметры экспериментальных образцов сжатых элементов и результаты испытаний

Марка образца	R, МПа	Диаметр, класс	μ , %	N_u , кН	ϵ_{bu} , 10^{-5}	Характер разрушения	N_1 , кН	N_1/N_u	N_2 , кН	N_2/N_u
К-1	59,4	4Ø8 А-III	0,5	1922	250	Раздробление бетона с	1792	0,932	1876	0,976
К-2	75,0	"	"	2648	240	одновременным вы-	2240	0,846	2296	0,867
К-5	75,0	4Ø8 А-600с	1,54	2569	230	пучиванием арматуры	2406	0,937	2471	0,962
К-6	74,0	"	"	2609	270		2402	0,921	2520	0,966
К-7	88,9	"	"	2393	250		2778	1,161	2828	1,182

Таблица 2

Параметры экспериментальных образцов изгибаемых элементов и результаты испытаний

Марка образца	R, МПа	Диаметр, класс	μ , %	σ_u , МПа	σ_c , МПа	M_u , кНм	ϵ_{bu} , 10^{-5}	Характер разрушения	M_1 , кНм	M_1/M_u	M_2 , кНм	M_2/M_u
Б-2	72,6	2Ø28 А-III	3,82	450	630	104,1	-	Раздробление	94,8	0,911	95,2	0,915
Б-2'	72,6	"	"	"	"	100,1	370	бетона сжатой	94,8	0,941	95,2	0,945
Б-4	69,4	4Ø14 Ат-600с	1,90	651	790	84,0	400	зоны	72,1	0,858	72,6	0,864
Б-4'	72,6	"	"	"	"	86,5	290		72,9	0,843	73,3	0,847
Б-5	90,3	2Ø6 А-III	0,17	450	630	6,8	40	Текучесть рас-	6,3	0,926	6,3	0,926
Б-6	72,6	2Ø8 А-III	0,30	"	"	12,4	60	тянутой арма-	10,3	0,831	10,3	0,831
Б-7	77,3	2Ø6 Ат-600с	0,17	651	790	10,8	45	туры	10,2	0,944	10,2	0,944