

УДК 666:539.5

О РАЗМЕРЕ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ БЕТОНА

Варламов Андрей Аркадьевич,

ОАО «Проектный институт гражданского строительства, планировки и застройки городов и поселков «Магнитогорскгражданпроект», г. Магнитогорск,

кандидат технических наук, профессор, главный строитель.

Пяхн Евгений Игоревич,

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск,

магистрант кафедры «Проектирование зданий и строительных конструкций».

Ащеулова Татьяна Александровна,

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск,

магистрант кафедры «Проектирование зданий и строительных конструкций».

Аннотация

Рассмотрены вопросы испытаний малых контрольных образцов бетона. Образцы выпиливают из конструкции. Проведены сравнительные испытания стандартных и малых образцов бетона. Приведена методика и результаты испытаний. Результаты испытаний позволяют предположить возможность испытаний малых образцов для контроля характеристик бетона.

Ключевые слова: стандартные образцы бетона, малые образцы бетона, испытание образцов, методика изготовления, результаты испытаний, модуль упругости, прочность бетона.

ABOUT THE SIZE OF CONTROL SAMPLES OF CONCRETE

Varlamov Andrey Arkadyevich,

Open joint company “Projecting Institute of civil construction, planning and building system for towns and villages “Magnitogorskgrazhdanproekt”, Magnitogorsk,

Candidate of Sciences, Professor, the Chief Builder.

Pyakhn Evgeny Igorevich,

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk,

undergraduate of the department “Designing of buildings and constructions”.

Ashheulova Tatiana Aleksandrovna,

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk,

undergraduate of the department “Designing of buildings and constructions”.

Abstract

Discussed the testing of small test samples of concrete. Samples cut out from construction. The results of comparative tests of standard and small samples of concrete. The methodology and results of the tests. The test results suggest the possibility of testing small samples for quality control of concrete.

Keywords: standard concrete samples, small samples of concrete, testing of samples, methods of manufacture, test results, modulus of elasticity, the strength of concrete.

Сложившиеся стандартные методы определения основных физико-механических характеристик бетона и каменных материалов базируются на испытаниях стандартных призматических образцов, минимальный размер которых нормируется размером зерна заполнителя (или неоднородностью):

Для горных пород это 30 мм при соотношении неоднородности к минимальному размеру образца не менее 1:10 (зерно не более 3 мм) – (для базы измерения минимальный размер 15 мм при соотношении зерна к базе 1:10 и менее).

Для бетона минимальное соотношение наибольшей крупности заполнителя к наименьшему размеру призмы (или диаметру цилиндра) – 1 : 5, для образцов, извлекаемых из конструкций допускается соотношение 1: 2 при минимальном размере сечения образца 44 мм.

Прочность раствора допускается определять на кубах с минимальным размером ребра 2 см (соотношение 1:4).

Такие соотношения определяются исходным положением об однородности испытываемого образца и получаемых с помощью этого образца результатов. Если соотношение «размер неоднородности – размер образца» нарушается, образец считается неоднородным и результат его испытания не принимается.

Существуют два прямых метода определения физико-механических характеристик бетона: метод параллельного изготовления конструкции и образцов-близнецов (иногда формы для формования образцов при изготовлении изделия помещают в тело изделия) и метод извлечения образцов бетона из конструкции. Использование первого метода требует строгого соблюдения технологии, но даже при этом всегда сохраняются различия в масштабе, особенностях уплотнения и твердения образцов и основного тела бетона. Такой метод применим только при специально разработанной методике исследования (т.е. при проектировании конструкции). Для обычных исследований эксплуатируемых конструкций, второй метод практически единственный.

Однако при существующих особенностях извлечение стандартных образцов из эксплуатируемой конструкции часто невозможно, вследствие размера образца, или же недостаточно, вследствие разброса характеристик бетона.

Предполагаем, что если убрать условие однородности образца, то можно уменьшить размер извлекаемого образца примерно до 2 см (и меньше) и значительно облегчить и ускорить процесс испытания.

На кафедре проектирования зданий и строительных конструкций МГТУ, было разработано несколько методик, связанных с извлечением образцов малых размеров [1-4]:

- 1) метод определения напряженно-деформированного состояния (НДС) бетона эксплуатируемых конструкций;
- 2) метод определения характеристик бетона способом пиления;
- 3) метод определения критического коэффициента интенсивности напряжений (ККИН) бетона путем вылома малых образцов.

Параллельно с разработкой указанных методов были разработаны и исследованы двухфакторные модели бетона, построенные на основе проведения статистических анализов многочисленных экспериментальных данных по исследованию физико-механических характеристик бетона. Исследование этих моделей позволило предложить зависимости, позволяющие учитывать неоднородность структуры бетона при испытании.

Все эти работы в конечном итоге потребовали применения малых образцов бетона и, соответственно, более детальных исследований таких образцов. Поэтому были выделены, как первоочередные для дальнейших исследований, следующие задачи:

1. экспериментально проверить предложенные модели бетона, учитывающие влияние заполнителя на его упругие деформации;
2. разработать методику испытаний малых образцов бетона;
3. разработать методику определения структурных характеристик бетона.

Как показали исследования, существует тесная взаимосвязь и взаимовлияние упругих и пластических характеристик материала: для бетона пластические деформации в основном определяются ростом дефектов, но, в тоже время, дефектность определяется уровнем загрузки, т.е. уровнем упругих деформаций, но и величина упругих деформаций изменяется с ростом дефектов в бетоне.

Здесь под дефектом понимается изменение пластической или упругой характеристики бетона независимо от фактически происходящего физического

явления. Поэтому упругие деформации бетона определяют пластические и служат необходимым элементом изучения общих деформаций материала.

Для принятых двухфакторных моделей были выведены теоретические зависимости, связывающие модули упругости образца, матрицы и заполнителя [5]. Модели составлены для плоской и объемных систем, для шарообразных и эллипсообразных заполнителей. Сравнение теоретических моделей с компьютерными двухфакторными моделями позволило определить две наиболее простые модели для экспериментальной их проверки.

Для экспериментальной проверки теоретических и компьютерных моделей изготовлены две серии экспериментальных образцов. Серии отличались размерами крупного заполнителя в бетоне. В первой серии использовали гранитный щебень фракции 10...12 мм во второй известковый щебень фракции 10...20 мм. Методика изготовления образцов была построена с максимальным сохранением характеристик растворной части у всех изготовленных партий образцов (изготавливали раствор, делили его по весу на одинаковые части, к ним добавляли разное количество щебня, щебень предварительно сутки замачивали в воде, потом вытирали полотенцем). В первой серии получили пять партий образцов (по две призмы и шесть кубов в партии) с разным соотношением раствора и заполнителя. Во второй серии аналогично получили четыре партии образцов разного состава. В первой партии каждой серии щебень не добавляли. По три куба и призмы из каждой партии были испытаны по гостовским методикам.

В двухфакторных упругих моделях бетона связаны модули упругости щебня, матрицы и в целом призматического образца с относительным составом бетона. Поэтому, зная состав бетона и модуль упругости бетонного образца можно составить уравнение, зависящее только от модулей упругости заполнителя и матрицы. При наличии двух уравнений получаем систему из двух уравнений с двумя неизвестными. Для экспериментальных серий получили: для первой серии десять систем уравнений с двумя неизвестными (уравнения по 1-й -2-й призмам; 1-3; 1-4; 1-5; 2-3; 2-4; 2-5; 3-4; 3-5; 4-5), для второй

серии шесть систем уравнений. Решая эти системы, получали 10 и 6 пар чисел, сравнивая которые можно судить о точности использованной упругой модели. Полученные результаты позволили предложить две модели упругого поведения бетона.

При извлечении образца из тела бетона по срезам боковых граней определяем содержание заполнителя и структурный параметр (содержание заполнителя-дефекта). В результате испытаний на сжатие определяем модуль упругости. По результатам испытаний двух малых образцов определяем модули упругости заполнителя и матрицы. Далее строим диаграмму работы бетона.

Особенности испытаний малых образцов бетона:

- 1) малые образцы явно неоднородны, и поэтому при их испытании очень трудно создать и сохранить центральное приложение нагрузки,
- 2) влияние трения по поверхности этих образцов отличается от такого влияния, наблюдающегося при испытании стандартных образцов,
- 3) на испытания влияет и масштабный фактор (предположительно определяемый количеством дефектов в единице объема или соотношением загружаемой площади к объему бетона – чем больше размер, тем больше это соотношение, тем больше влияние размера – при уменьшении размеров это влияние уменьшается).

Для устранения возникших вопросов появилась необходимость проведения параллельных испытаний малых образцов и образцов стандартного размера.

Испытывали образцы одного состава Ц:П:Щ:В=1:0.67:2:0,4 (плотность щебня $\gamma = 3,1 \text{ г/см}^3$, песка $\gamma = 2,6 \text{ г/см}^3$, теоретическая плотность бетона $2,41 \text{ г/см}^3$). Образцы твердели во влажных опилках 28 суток и до испытаний 240 суток в лаборатории при температуре $20 \pm 2^\circ \text{C}$. В каждой серии по четыре призмы размером 100x100x400 мм. Результаты испытаний кубов приведены в таблице 1, призм – в таблице 2.

Таблица 1 – Характеристики кубов

№	Плотность ρ , кг/м ³	Прочность R , МПа	№	Плотность ρ , кг/м ³	Прочность R , МПа	E_{б,дин} , МПа
1	2,44	48,5	5	2,31	43,4	53,9
2	2,45	50,1	7	2,32	46,5	55,2
3	2,35	48,7	9	2,35	42,5	51,3
4	2,36	47,1	11	2,33	39,7	49,2
6	2,33	40,0	12	2,33	-	50,1
8	2,44	52,2	14	2,42	46,1	52,0
Среднее				2,37	45,9	51,3

Таблица 2 – Результаты испытаний стандартных призм

№, серии	Показатели по сериям			
	ρ , кг/м ³	E_{б,дин} , МПа	R_б , МПа	E_{б,п} , МПа
1	2,40	47,8	33,2	29,7
2	2,41	48,0	33,6	27,9
3	2,40	45,3	33,3	28,5

На боковые поверхности куба №10 были наклеены тензодатчики базой 20 (шесть штук) и 50 мм (шесть штук) по три датчика через один с каждой стороны. К кубу гипсом были приклеены кубы прочностью В25 с двух сторон. Образовавшуюся призму нагружали до 20 МПа с измерением деформаций на ступенях 4, 9, 14, 19 МПа. Центрирование проводили только по рискам. Результаты измерений приведены на рисунке 1.

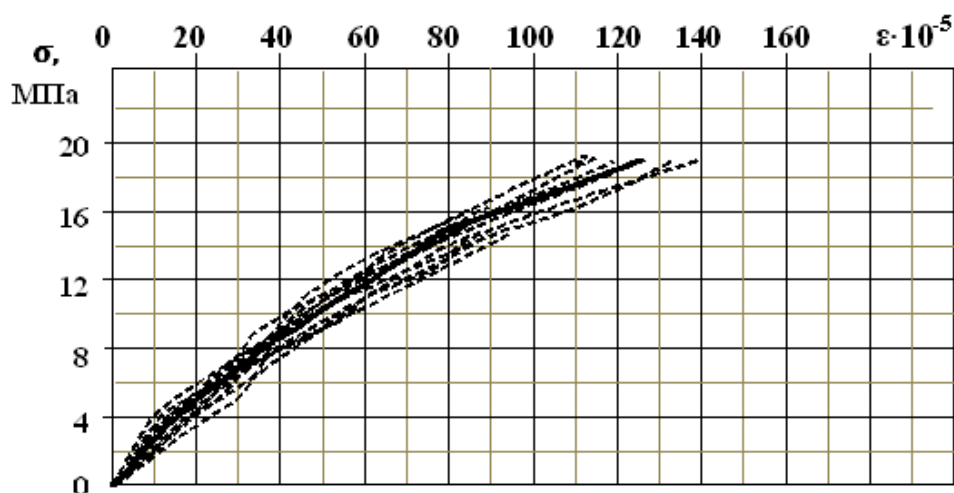


Рисунок 1 – Деформации при загрузении куба

Призму с наклеенными датчиками в последствие попытались распилить на призмы. Однако вследствие образования сетки трещин на кубе это сделать не удалось. Образование значительного числа трещин связывается с низкой прочностью приклеенных кубов. В дальнейшем на призмы в соответствии со схемой рисунке 2 был распилен куб №13. Размеры стороны сечения полученных призм находились в пределах 23,1...23,3 мм, высота 100 мм. На боковые поверхности призм в середине сечения наклеивали датчики базой 50 мм. Призмы испытывали в поршневой установке с центрированием по рискам. Торцевые поверхности при установке покрывали гипсом. Призмы устанавливали в установку, центрировали и выставляли вертикально по шаблону, и прижимали поршнем. Испытания проводили через два часа после схватывания гипса. Предварительно призмы прозвучивали ультразвуком и определяли динамический модуль упругости.

Для испытания малых призм применяли специально разработанную поршневую установку. Поршень, плотно установленный в цилиндре, жестко связывали с основанием. Поверхности основания и поршня были строго параллельны. Точность вертикальной установки образцов составляла 0,1 мм:100 мм. Поршень обеспечивал строго горизонтальное деформирование сечений малых призм. Поршневую установку помещали в гидравлический пресс.

Результаты испытаний призм приведены в таблице 3 и на рисунках 2 и 3.

4	8	12	16	37,0	28,5	33,0	33,0	38	45	28	44
3	7	11	15	29,5	30,3	27,5	26,8	26	30	22	25
2	6	10	14	27,5	28,6	28,2	29,5	26	19	22	30
1	5	9	13	32,5	27,7	26,5	28,5	41	20	24	17

Модуль по графику средний $E_{b0} = 28,8$ МПа $R_b = 29,6$ МПа

Рисунок 2 – Схема распила и распределения характеристик по сечению

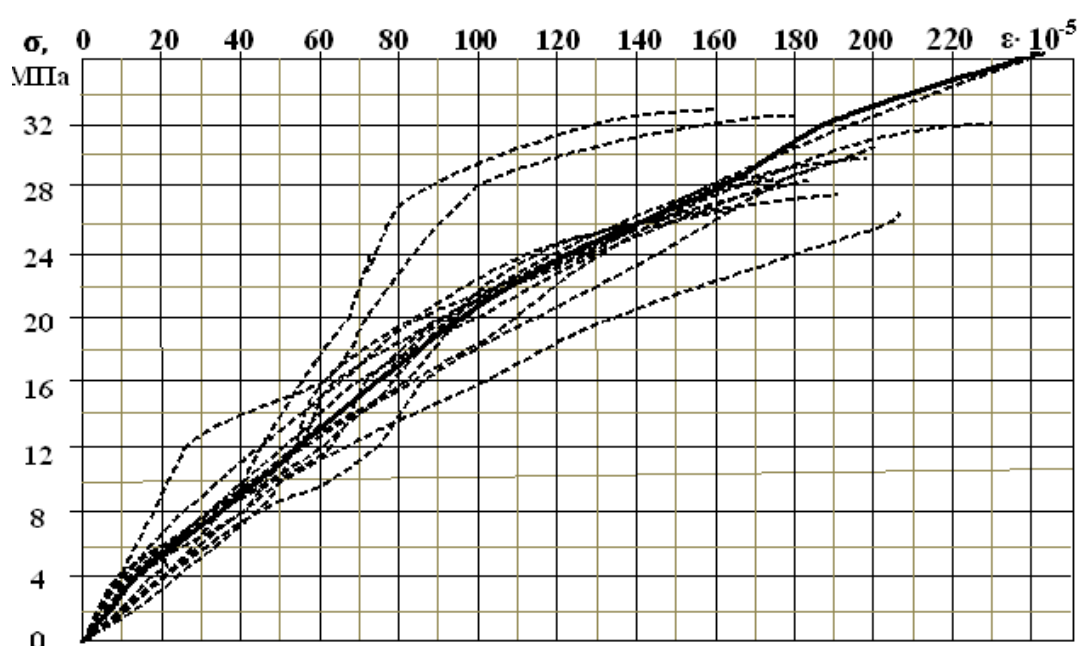


Рисунок 3 – Диаграммы работы малых призм

Из результатов испытаний видно, что прочность бетона и упругие характеристики бетона разбросаны по сечению кубика случайным образом. Усредненные результаты испытаний показывают на возможность испытания малых образцов бетона при контроле материала конструкции. В дальнейшем для подтверждения полученных результатов предполагается повторить их с большим количеством образцов.

Таблица 3 – Результаты испытаний малых призм

№	Плотность ρ , кг/м ³	Скорость УЗК, м/с	$E_{b,дин}$, МПа	$E_{b,п}$, МПа	R_b , МПа
1	2,37	4608	51,3	41	32,5
2	2,37	4521	49,4	26	27,5
3	2,29	4226	41,7	26	29,5
4	2,35	4492	48,4	38	37,0
5	2,36	4698	53,1	20	27,7
6	2,31	4892	56,4	19	28,6
7	2,43	4525	50,7	30	30,3
8	2,18	4436	43,7	45	28,5
9	2,4	4730	54,7	24	26,5
10	2,39	4699	53,8	22	28,2
11	2,43	4579	51,9	22	27,5
12	2,19	4464	44,5	28	33,0
13	2,45	4730	55,9	17	28,5
14	2,27	4653	50,1	30	29,5
15	2,28	4668	50,64	25	26,8
16	2,20	4105	37,8	44	33,0
Среднее	2,33		49,6	28,8	29,6

Библиографический список:

1. Варламов А.А., Круциляк Ю.М. Оценка изменений структурно-деформативных характеристик бетона в процессе его эксплуатации // Бетон и железобетон. 2003. № 5. С. 14-16.

2. Круциляк Ю.М., Варламов А.А. Способ оценки напряженно-деформированного состояния бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций // Бетон и железобетон. 2005. № 6. С. 18-20.

3. Круциляк Ю.М., Круциляк М.М., Варламов А.А. Определение силовых и энергетических характеристик трещиностойкости бетона // Бетон и железобетон в Украине. 2006. № 3. С. 18-20.

4. Варламов А.А., Гаврилов В.Б. Определение прочностных характеристик бетона в конструкциях методом локального разрушения // Предотвращение аварий зданий и сооружений: Межвуз. сб. науч. тр. Магнитогорск: МГТУ, 2003. Вып. 3. С. 122-129.

5. Варламов А.А. Размер структурного элемента бетона // Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций: Сборник научных статей XX научно-методической конференции ВИТУ (29 марта 2016 года) / ВИ(ИТ)ВА МТО (ВМТУ). СПб., 2016. С. 118-121.