

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА СЖАТИЕ ОТ ТИПОРАЗМЕРОВ ОБРАЗЦОВ

ДРОЗД А. А., БОНДАРОВИЧ А. И., БЕЛОУС М. Б., КУРГУН Н. О.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Введение. Методика стандартизированных испытаний при определении прочности бетона на сжатие и изгиб применительно к мелкоштучным вибропрессованным изделиям (тротуарным плитам, бортовому камню) предложена в 1999 году и введена в действие СТБ 1152-99 [1]. Общеввропейские стандарты на плиты бетонные и камни бордюрные бетонные СТБ EN 1339-2007 [2] и СТБ EN 1340-2007 [3] определение прочности бетона этих изделий устанавливают по определению прочности на растяжение при изгибе. Прошедшие годы пользования стандартом показали, что, с одной стороны, появилось однообразие в оценке прочности бетона вибропрессованных изделий на основе единой для всех методики, а с другой – выявилось ее несовершенство в части определения переходного коэффициента от испытаний специально изготовленных образцов-кубов (по ГОСТ 10180 или ГОСТ 28570) или базовых образцов и «небазовых» образцов в виде изделий или их фрагментов (для бортового камня, например).

Размеры изделий и (или) их фрагментов для определения прочности бетона на сжатие и стальных пластин для проведения испытаний должны соответствовать указанным в табл. 1.

Таблица 1

Размеры изделий			Размеры стальных пластин, мм		
Длина	Ширина	Высота	Длина	Ширина	Толщина
70–150	70–100	50–70	70	70	20
100–200	101–150	71–100	100	100	20
150–300	151–200	101–150	150	150	20

Целью настоящих исследований является выявление закономерностей влияния типоразмера испытываемых образцов бетона или изделий из него и площади (размеров) стальных пластин для испытаний на значение прочности на сжатие и разработка рекомендаций для осуществления таких испытаний. В частности, проверка положений действующего СТБ 1152-99 в части определения прочности на сжатие плит тротуарных и камней бортовых, изготовленных вибропрессованием. В соответствии с этой целью подвергли испытаниям на сжатие серии образцов, специально изготовленных с различной высотой слоя формируемого бетона (30–150 мм), а также натуральные серийно изготавливаемые предприятиями (на базе ОАО «Минскжелезобетон».

Проведены испытания бетона на прочность на сжатие в зависимости от высоты образцов (в таблице размеры указаны: $a \times b \times h$ (высота)). Их изготавливали (серии I–УІ) из цементно-песчаного бетона, и пропаривали ($t \sim 80^\circ\text{C}$) по режиму: 2 + 3 + 6 + 9 ч. (остывание в пропарочной камере). Через 24 часа после распалубки образцы испытывали на сжатие, с целью получения сравнительных данных по прочности на сжатие при прочих равных условиях. Из полученных данных по специально изготовленным образцам следует однозначно выраженная зависимость прочности бетона на сжатие от их высоты при равенстве во всех случаях площади поперечного сечения, равной в анализируемых сериях образцов: $F = 100 \text{ см}^2$.

Так, если принять за 100 % относительную прочность образцов высотой базового стандартного размера, равной 15 см, то относительная прочность бетона при иной высоте образца составит: для $h = 10 \text{ см} \sim 102,5 \%$; для $h = 8 \text{ см} \sim 114 \%$; для $h = 6 \text{ см} \sim 119 \%$; для $h = 5 \text{ см} \sim 138 \%$ и для $h = 3 \text{ см} \sim 173 \%$.

Отсюда можно сделать вывод о необходимости обязательного определения переходных коэффициентов для оценки прочности бетона элементов благоустройства.

Влияние типоразмера пластин на показатель прочности бетона. Частично результаты сравнительных испытаний бетона в изделиях по [1] при различных типоразмерах пластин и прочих равных условиях приведены в табл. 2 на образцах изделиях (тротуарных плитах) указанных ранее заводов изготовителей.

Таблица 2

Влияние типоразмера пластины на показатель прочности бетона

№ серии и образ- цов- изде- лий	Вид образцов (маркировка, конфигурация, размерность)	Размер пластин/ площадь, см/см ²	Размеры об- разцов, а × b × h, см	Разруша- ющая нагрузка, кН	Прочность бетона, МПа		
					В образ- цах	Среднее значение	
1	2	3	4	5	6	7	
а) Предприятие № 1							
1	П16.11.8 МА	7x7/49	11,7×15,7×8,2	150	30,6	31,0	
				164	33,5		
				11,8×15,7×8,1	158		32,2
					135		27,6
			10x10/100	11,7×15,8×8,1	341	34,1	36,0
				11,6×15,7×8,2	380	38,0	
2	К20.8 без 1/4	7x7/49	19,7×19,8×7,5	120	24,5	30,7	
			19,8×19,7×7,5	120	24,5		
					213		43,5
			10x10/100	19,7×19,7×7,4	343,5	34,4	37,2
				19,7×19,7×7,6	400	40,0	
3	Ф24.22.8	7x7/49	21,5×23,4×8,2	150	30,6	29,1	
				135	27,6		
			10x10/100	21,6×23,3×8	315		31,5
б) Предприятие № 2							
4	П20.10.6 МА	7x7/49	19,8×9,8×6,0	197	40,2	41,3	
					201		41,2
				19,8×9,8×6,1	235		48,0
					181		36,9
			10x10/100	19,9×9,8×5,9	354	35,4	43,1
					479	47,9	
					498	49,8	
					393	39,3	

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
5	Ф20.16.8 МА	7x7/49	19,9×16,4×8,0	153	31,2	34,8
			11,5×7,9×8,0	188	38,4	
		10x10/100	19,9×16,4×8,0	362	36,2	36,2
			11,4×7,9×8,0	380	38,0	
			20,0×16,4×8,0	393	39,3	
			312	31,2		
6	Треуг. с прямоуг. основ.	7x7/49	23,8/9,9× 28,1×8,1	158	32,2	30,8
				144	29,4	
		10x10/100	23,7/10,0× 28,1×8,0	336	33,6	32,1
			23,7/9,9× 28,1×8,0	325	32,5	
				300	30,0	
		325	32,5			

Анализ полученных данных по группам изделий равной толщины (в частности, для разнообразных плит номинальной толщины слоя (высотой) бетона 8 см и 6 см) показывает общую тенденцию некоторого снижения показателя прочности бетона при использовании пластин меньшего типоразмера, в сравнении с данными для пластин 10×10 см, при равенстве высоты слоя бетона в испытываемых изделиях.

Очевидно, с уменьшением площади приложения нагрузки (при уменьшении типоразмера пластин) одновременно уменьшается длина их периметра. В результате снижается объем бетона, вовлеченного в совместную «работу» с пластинами по их кромке и подверженный «смятию-срезу», что отражается в снижении показателя прочности бетона при сжатии через пластины меньшего типоразмера. Кроме этого, с уменьшением размера пластин изменяется соотношение между площадью приложения нагрузки и высотой слоя испытываемого бетона. Так, с уменьшением площади пластины со 100 см² (10×10 см) до 49 см² (7×7 см) при равной высоте испытываемого изделия относительное соотношение «высота образца / размер (площадь) поперечного сечения зоны сжатия» возрастает. То есть, косвенно проявляется фактор роста высоты образца.

Таким образом, на основании изложенного следует признать целесообразной градацию размеров испытательных пластин в зависимости от типоразмеров и, особенно, высоты испытываемых изделий.

В данном отношении подход, отраженный в [1] (см. табл. 1 настоящего раздела), имеет физическое обоснование и целесообразен с позиций достоверного определения прочности бетона на сжатие в изделиях или по их фрагментам.

Влияние размеров образцов в плане (ширина, длина, конфигурация) на показатель прочности бетона. При оценке прочности бетона в образцах-изделиях вынужденно приходится иметь дело с образцами разнообразной конфигурации. При этом форма образцов-изделий может быть, как близкой к стандартизированным типоразмерам, так и существенно отличаться от них.

В настоящих исследованиях были выполнены испытания образцов-изделий основных типов конфигурации в плане, выпускаемых предприятиями г. Минска. Конфигурация образцов-плит в плане соответствовала прямоугольной, квадратной, треугольной, волнообразной; образцы бортового камня представлены фрагментами с размерами в плане $\sim 20 \times 100$ см (при $h = 8$ см) и 50×30 см (при $h = 15$ см); все образцы-изделия были испытаны в проектном (или превышающем проектный) возраст.

Анализ результатов испытаний свидетельствует о том, что явно выраженной зависимости показателя прочности бетона на сжатие (определенной с помощью испытательных пластин) от изменения как конфигурации образцов, так и их типоразмеров в плане не выявлено. Разброс значений прочности при ее определении с помощью пластин разной площади (типоразмера) на одинаковых образцах-изделиях подтверждает ранее установленную и приведенную в предыдущем разделе закономерность: при меньшем типоразмере пластин и равенстве других условий (включая высоту слоя испытываемого бетона) показатель прочности ниже, чем при испытании с помощью пластин большего типоразмера. Экспериментальные данные подтверждают закономерное снижение показателя прочности бетона, определенной при прочих равных условиях, с ростом высоты испытываемых образцов-изделий (или высоты слоя испытываемого (сжимаемого) бетона).

Основной вывод может быть сформулирован следующим образом: при прочих равных условиях показатель прочности бетона практически не зависит от конфигурации или типоразмера изделия в плане, а связан в основном с толщиной испытываемого слоя бетона (высотой изделия) и типоразмером испытательных пластин.

Кроме этого, может быть существенным влияние места расположения испытательных пластин: у края или по центру изделия. В последнем случае, при размере пластин меньшем размера изделий в плане, на «сжатие-срез» работает весь периметр пластин, и показатель прочности будет выше.

Испытание изделий на сжатие. Прямые испытания изделий в виде тротуарных плит различных типоразмеров (в основном – правильной геометрической формы в виде прямоугольного параллелепипеда) и фрагментов бортового камня выполнили в возрасте бетона не менее проектного (≥ 28 сут.).

Данные, полученные в результате прямого определения прочности бетона на сжатие образцов-изделий, из которых следует, что показатель прочности бетона образцов-плит и плитообразных образцов бортового камня (испытаны «плашмя», при $h = 8$ см) прямо зависит (при прочих равных условиях) от площади поперечного сечения и возрастает при снижении высоты слоя испытываемого бетона.

Разброс значений прочности бетона по образцам-плитам, изготовленным из бетона сопоставимых составов и номинальной прочности, для изделий «предприятия № 1» достиг: $(64,6-35,7) / 35,7 \times 100 \sim 80 \%$, и для таких же изделий «предприятия № 2», примерно: $(64,4 - 41,3) / 41,3 \times 100 \sim 55 \%$.

Показатель прочности бетона бортового камня, определенной сжатием фрагментов размерами $19,9 \times 12$ см в плане при высоте 8 см, составил 71,2 МПа, что на: $(71,2-39) : 39 \times 100 \sim 83 \%$, превышает номинальную контролируемую прочность класса C25/30.

Таким образом, очевидно, что прямое определение прочности бетона путем испытания образцов-изделий (даже правильной геометрической формы, соответствующей прямоугольному параллелепипеду) практически невозможно, т.к. не обеспечивает достоверной оценки фактической прочности бетона в изделии.

В этой связи подход определения прочности бетона на сжатие в изделии посредством использования испытательных пластин, через которые нагрузка передается на определенный участок бетона конструкции по некоторой установленной площади, является оправданным с позиций получения более достоверной информации о прочностных характеристиках бетона.

Следует отметить логичность градации типоразмеров испытательных пластин в привязке к стандартным типоразмерам образцов-кубов по ГОСТ 10180 для определения прочности бетона на сжатие по контрольным образцам, что делает «привычными» для пользователя проведение испытаний.

Заключение. Основываясь на результатах исследований можно сформулировать следующие общие выводы.

Прямые испытания вибропрессованных изделий или их фрагментов, включая такие, которые характеризуются правильной геометрической формой (прямоугольные параллелепипеды различных типоразмеров), дают искаженные результаты по прочности бетона на сжатие. В этой связи обоснован подход СТБ 1152-99 с определением прочности бетона на сжатие с помощью специальных испытательных пластин.

Установлено, что показатель прочности бетона при испытаниях на сжатие с помощью пластин непосредственно зависит от типоразмера последних и, при прочих равных условиях, величина показателя определяемой прочности будет возрастать с увеличением размера пластин.

Выявлено, что для одного и того же типоразмера пластин показатель прочности бетона на сжатие непосредственно зависит от высоты сжимаемого слоя бетона (изделия), снижаясь с ее ростом и наоборот, возрастая с уменьшением высоты слоя бетона (изделия). Установить четкое корреляционное отражение этой закономерности в рамках данной работы не представляется возможным - необходимы соответствующие исследования.

Определено, что величина прочности, оцениваемая путем сжатия с помощью пластин некоторых объемов бетона образцов-изделий, мало зависит от конфигурации последних в плане.

Эта зависимость проявляется в связи с расположением пластин на поверхности изделий и показатель прочности может различаться, если пластины располагают, например, в углах образца-изделия (фрагмента) или по его центру. В последнем случае показатель прочности возрастает, т.к. играет роль «работа» кромки пластины: по ее периметру бетон сминается, фактически сопротивляясь в этих объемах срезу, дополняя сопротивление сжатию.

Определяющим фактором зависимости показателя прочности бетона на сжатие от конфигурации и типоразмера образцов-изделий является их высота или высота сжимаемого слоя бетона.

В этой связи, чтобы полностью исключить влияние конфигурации изделий в плане на показатель прочности бетона, определяемой с помощью пластин, следует однозначно устанавливать место их расположения (всегда одно и то же) при определении поправочного коэффициента по СТБ 1152–99 и в процессе дальнейших испытаний контролируемых изделий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плиты бетонные и железобетонные для тротуаров и дорог. Технические условия. СТБ 1071-2007. Введ. 18.07.2007. – Минск: Госстандарт, 2007. – 15 с.
2. СТБ ЕН 1339-2007 Плиты бетонные. Требования и методы испытаний.
3. СТБ ЕН 1340-2007 Камни бортовые бетонные. Требования и методы испытаний.

УДК 624.01/.04

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ КОРРОЗИИ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ В КАРБОНИЗИРОВАННОМ БЕТОНЕ ДЛЯ АГРЕССИВНОЙ АТМОСФЕРНОЙ СРЕДЫ

ВАСИЛЬЕВ А. А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Карбонизация бетона, нейтрализуя защитный слой, создает условия для возникновения и развития коррозии стальной арматуры. В процессе ее развития происходит уменьшение поперечного сечения стальной арматуры с одновременным снижением механических характеристик, поэтому одним из важнейших вопросов является установление зависимости скорости коррозии стальной арматуры при карбонизации защитного слоя бетона от его толщины,