

УДК 691.32

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ИЗДЕЛИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ВИРОБУ НА ЗМІНУ МІЦНОСТІ БЕТОНУ

EFFECT OF GEOMETRIC FORMS OF CONSTRUCTION TO CHANGE THE STRENGTH OF CONCRETE

Елькин А. В., асп., Выровой В. Н., д.т.н., проф., Загорчменная Н.О. к.т.н., доц (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Єлькін А. В., асп., Вировий В. Н., д.т.н., проф., Загорчменна Н.О. к.т.н., доц. (Одеська державна академія будівництва та архітектури)

Elkin A. V., Vyrovoy V. N., Zakorchemnaya N. O., candidate of technical sciences, associate professor, doctor of technical sciences, professor (The Odessa State Academy of Building and Architecture).

Проведен анализ влияния геометрической формы бетонных конструкций на характер распределения остаточных (технологических, наследственных, начальных) деформаций. Выявлено, что изменяя геометрические характеристики, можно управлять распределением локальных деформаций изделий, изменяя тем самым характер строупрообразования и прочностные характеристики конструкций.

Проведено аналіз впливу геометричної форми бетонних конструкцій на характер розподілу залишкових (технологічних, спадкових, початкових) деформацій. Виявлено, що змінюючи геометричні характеристики, можна управляти розподілом локальних деформацій виробів, змінюючи тим самим характер строупроутворення та характеристики міцності конструкцій.

It was conducted the analysis of the influence of geometric shapes of concrete structures on the distribution of the residual (technological, hereditary, primary) strains. It was revealed that changing the geometric characteristics, you can control the distribution of local deformations of products, thereby changing the nature of structure and strength characteristics of the structures.

Ключевые слова:

Остаточные деформации, коэффициент формы, структурообразование.
Залишкові деформації, коефіцієнт форми, структурообразование.
Residual deformation, the form coefficient, structure.

Введение. Введение. Технологический период получения строительных материалов самой широкой номенклатуры (материалы на основе неорганических и органических вяжущих, керамические материалы и т.п.) и переработки их в изделия сопровождается возникновением и развитием в них начальных (первичных, технологических, предварительных, остаточных) напряжений и деформаций. Эти напряжения присутствуют в изделиях и конструкциях до приложения к ним внешних нагрузок и несут ответственность за обеспечение их эксплуатационной долговечности [1, 2].

По мнению специалистов [3,4,5] одной из причин возникновения технологических деформаций являются объемные изменения твердеющего материала. При этом отмечается, что на распределение интегральных начальных деформаций оказывает влияние геометрия изделия или конструкции. Поэтому существует реальная возможность управления распределением остаточных деформаций за счет изменения геометрических характеристик изделий и конструкций. В связи с этим была предопределена задача анализа – исследовать влияние особенностей геометрии конструкций на развитие интегральных технологических деформаций и проанализировать это влияние на прочностные характеристик бетона.

Методика проведения исследований. Анализ распределения интегральных технологических деформаций проводили в бетонных изделиях размером $100 \times 150 \times 1200$ мм с различными коэффициентами формы [6,7]. Коэффициент формы K_ϕ определяли отношением длины нижней грани образца l_0 к измененной длине нижней грани l : $K_\phi = l_0/l$. При анализе приняты следующие значения коэффициентов формы: $K_{\phi 1} = 1,0$; $K_{\phi 2} = 0,997$. (рис.1)

Контролировали прочность бетона в различных сечениях изделия неразрушающим методом. Испытания проводились неразрушающими методами по определению скорости прохождения ультразвука и при помощи прибора ИПС-МГ 4.03. Скорость ультразвука в каждой точке вычисляли как среднее из трех определений с последующим пересчетом полученных результатов на прочностные показатели по ГОСТ 17624-87. По методике определения прочности при сжатии неразрушающим методом при помощи прибора ИПС-МГ 4.03 среднее значение вычисляли из шести показаний.

Изделия изготавливали из бетона класса В25, подвижностью П4. Плотность бетона составила 2400 кг/м^3 , водопоглощение – $5,9\%$. Твердение бетонных изделий проходило в нормальных условиях в течении 7 суток. После распалубки изделия хранились в естественных условиях ($t = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительная влажность $\phi = 80 \pm 15 \%$) в течении 360 суток.

Анализ механизмов формирования интегральных остаточных деформаций.

Распределение объемных изменений, вызванных физико-химическими превращениями твердеющих вяжущих, определяется формой образца, формируя поле остаточных деформаций. Возникающие на уровне образца градиенты деформаций изменяют условия организации структуры в локальных объемах материала.

Для экспериментального подтверждения выдвинутых положений были определены прочностные свойства бетонных балок.

На Рис.1 приведена схема расположения характерных точек на бетонных балках в которых определяли скорость прохождения ультразвука и прочность при сжатии при помощи прибора ИПС-МГ 4.03.

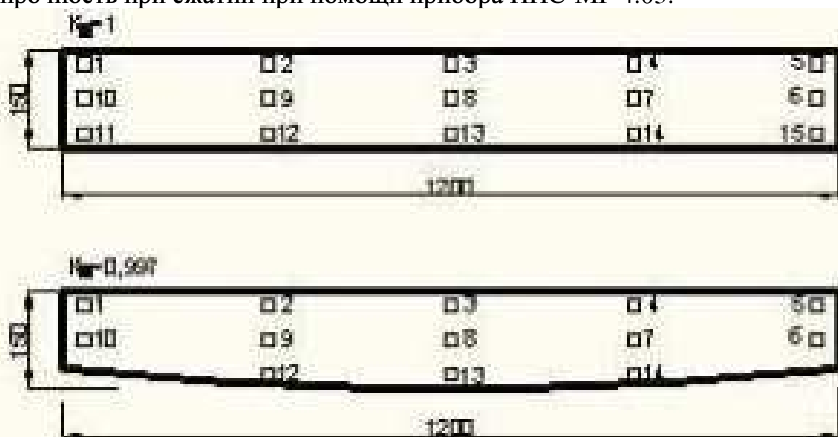


Рис.1. Схема определения прочности бетона в отдельных зонах балок с различными значениями коэффициента формы с помощью прибора ИПС-МГ4.01 и при определении скорости ультразвуком.

1 – балка с $K_f=1$; 2 – балка с $K_f=0,997$.

В таблице 1 приведены результаты прочностных характеристик полученные методом определения скорости ультразвука в бетонных балках с коэффициентами формы $K_f=1$ и $K_f=0,997$.

Проведенный анализ показал, что средняя прочность бетона при оценке скорости ультразвука бетонной балки с $K_f=1$ составляет 36,3 МПа, а прочность бетонной балки с $K_f=0,997$ составляет 41,1 МПа. Полученные данные позволяют предположить, что различия в прочностных характеристиках данных балок связано с различным формированием остаточных деформаций в указанных изделиях. Для подтверждения данной теории был проведен сравнительный анализ прочностных характеристик отдельных участков балок.

Таблица 1

Влияние коэффициентов формы балок на изменение прочности бетона

№ точек	Предел прочности при сжатии, МПа														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		15
Кф=1	35,6	35,8	34,9	35,6	34,8	37,2	36,1	38,2	37,1	36,2	35,9	36,1	37,0	36,8	35,9
Кф=0,997	38,0	36,0	38,0	30,9	34,0	46,0	38,0	37,0	45,0	41,0	-	43,0	50,5	47,0	-

Таблица 2

Прочностные характеристики отдельных участков балок при использовании прибора ИПС-МГ4.01

№ точек	Предел прочности при сжатии, МПа														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		15
Кф=1	35,6	35,8	34,9	35,6	34,8	37,2	36,1	38,2	37,1	36,2	35,9	36,1	37,0	36,8	35,9
Кф=0,997	38,0	36,0	38,0	30,9	34,0	46,0	38,0	37,0	45,0	41,0	-	43,0	50,5	47,0	-

В балке с коэффициентом формы $K_f=1$ минимальное значение показателя прочности находится в т.5 (34,8 МПа), которая расположена в верхней сжатой зоне балки. Максимальное значение показателя прочности данной балки находится в т.8 (38,2 МПа), которая расположена в самом центре балки. Данные показатели объясняются тем, что направление перемещений всех точек сходится в центре тяжести бетонной балки с $K_f=1,0$.

Если рассматривать балку с коэффициентом формы $K_f=0,997$, то минимальное значение показателя прочности так же находится в т.5 (34,0 МПа), которая расположена в верхней сжатой зоне балки. Но максимальное значение переместилось в т.13 (50,5 МПа), где за счет изменения формы грани произошло перемещение формирования остаточных деформаций к нижней измененной грани балки, следовательно произошло увеличение показателя прочности при сжатии в затвердевшем бетоне.

При сравнении минимальных и максимальных значений показателей прочности бетона в балках с $K_f=1$ и $K_f=0,997$ можно увидеть, что распределение деформаций у верхних граней балок практически не отличается, самые слабые участки находятся в одинаковых точках и имеют похожие значения (точка №5, рис.4.6). Что касается максимальных значений,

то при изменении коэффициента формы меняется место формирования начальных деформаций, что приводит к перемещению наиболее прочного участка из центра к нижней грани с увеличением показателя прочности на 12,3МПа.

Для более глубокого анализа каждая балка была условно разбита на три зоны:

1-зона включает в себя точки 1;2;3;4;5 (рис.1).

2-зона включает в себя точки 6;7;8;9;10 (рис.1).

3-зона включает в себя точки 11;12;13;14;15 (рис.1).

Прочностные характеристики верхней зоны (балок с $K_f=1$ и $K_f=0,997$) имеют показатель 35,34МПа и 35,38МПа соответственно. В обеих балках первая (верхняя) зона имеют идентичные прочностные характеристики, что свидетельствует об одинаковом распределении остаточных деформаций верхних граней балок.

Что касается второй (средней) зоны – то балка с $K_f=1$ имеет показатель 36,96 МПа, а балка с $K_f=0,997$ – 41,4МПа. Данные показатели позволяют сделать выводы, о перераспределении остаточных деформаций и изменению структурных параметров балки с $K_f=0,997$ по отношению к балке с $K_f=1$.

При рассмотрении третьей (нижней) зоны прочностные показатели в балке с $K_f=1$ составили 36,34 МПа а в балке с $K_f=0,997$ – 46,8 МПа.

Проведенный анализ показал, что балка с $K_f=1$ во всех трех зонах имеет примерно одинаковые прочностные характеристики. Зона максимума находится в средней части. При рассмотрении балки с $K_f=0,997$ точка формирования остаточных деформаций переместилось в нижнюю грань, следовательно, зона максимума находится в нижней грани и составляет 50,5 МПа, что превышает прочностные показатели балки с $K_f=1$ на 9,84 МПа.

Результаты прочностных характеристик измеренные с помощью прибора ИПС-МГ 4.03. в бетонных балках с коэффициентами формы $K_f=1$ и $K_f=0,997$ приведены в таблице 2.

Полученные данные позволяют заключить, что при использовании прибора ИПС-МГ4.01 средняя прочность бетонной балки с $K_f=1$ составляет 39,2 МПа, а прочность бетонной балки с $K_f=0,997$ составляет 42,3 МПа.

В балке с коэффициентом формы $K_f=1$ минимальное значение показателя прочности находится в т.5 (37,5 МПа), которая расположена в верхней сжатой зоне балки. Максимальное значение показателя прочности данной балки находится в т.8 (41,5 МПа), которая расположена в самом центре балки.

В балке с коэффициентом формы $K_f=0,997$ минимальное значение показателя прочности находится в т.5 (36,9 МПа), которая расположена в верхней сжатой зоне балки. Максимальное значение показателя прочности данной балки находится в т.13 (49,1 МПа) которая расположена у нижней грани балки.

Если сравнивать минимальные и максимальные значения показателей прочности бетона в балках с $K_f=1$ и $K_f=0,997$, то самые слабые участки находятся в одинаковых точках (точка №5, рис.4.6). Причем показатель прочности бетонного участка в балке с $K_f=1$ больше бетонного участка с $K_f=0,997$ на 0,6МПа. Если рассматривать максимальные значения, то в балке $K_f=0,997$ наблюдается перемещение максимально прочного участка по отношению к балке с $K_f=1$ с т.8 в т.13, где показатель прочности бетона увеличился на 7,6МПа.

При сравнении зоны с максимальными и минимальными прочностными показателями данных балок зона минимальных показателей в обеих балках находится у верхней грани (рис.1.,т.1-5,) . Зона максимальных значений в балке с $K_f=1$ находится в средней грани (рис.1.,т.6-10), а в балке с $K_f=0,997$ находится в нижней грани (рис.1.,т.12-14.). Согласно вышесказанному данные изменения прочностных показателей связано с изменением места формирования начальных деформаций при изменении коэффициента формы балок.

Проведенный анализ показал, что при определении прочностных характеристик бетонных балок с $K_f=1$ и $K_f=0,997$ удалось подтвердить гипотезу о том, что при изменении геометрической формы изделия формирование остаточных деформаций протекает по разному, что приводит к изменению прочностных характеристик бетона

Выводы. Проведенный анализ показал, что на формирование распределения интегральных начальных деформаций оказывает влияние геометрия изделия или конструкции, что позволяет влиять на формирование структуры и механических характеристик конструкций.

В данном случае средняя прочность бетона в балке с $K_f=0,997$ на 3,5 МПа выше чем прочность бетона в балке с $K_f=1$. Так, как формирование остаточных деформаций в балках с различными коэффициентами формы протекает по разному, то прочностные показатели будут отличаться друг от друга на разных участках данных балок. При испытании обеими методами, удалось определить, что верхняя грань балок имеет похожую структуру, и в прочностных характеристиках не наблюдается значительных отличий. Но при исследовании нижней зоны изделий, структура балки с $K_f=0,997$ в отличии от стандартной балки с $K_f=1$ разбивается на две фазы которые имеют различные прочностные показатели.

1. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. – Одесса: Город мастеров, 1998. – 168 с.
2. В. М. Виноградов. Остаточные напряжения в деталях из пластических масс / Ж. Пластические массы, 1975, №4. – С.20-31.
3. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Фиц С.Б. Бетон в условиях ударных воздействий. Одесса: Внешрекламсервис, 2004.–270 с.
4. Остаточные деформации и их роль в формировании свойств композиционных материалов и конструкций. Выровой В.Н., Макарова С.С., Мартынов В.И., Дорофеев

А.В., Острая Т.В., Резникова Л.И. / Сб. науч. тр. Современные строительные конструкции из металла и древесины. Часть 2. – Одесса – 2006. – С. 6-13. **5.** Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Суханов В.Г. Моделирование конструкций как сложных систем // Вестник ОГАСА, выпуск № 28, 2007. – С. 64 – 70. **6.** Поздеев А.А., Няшин Ю.И., Трусов П.В. Остаточные напряжения: теория и приложения. – М.: Наука, 1982. -112 с. **7.** Острая Т.В., Выровой В.Н. Характер распределения технологических деформаций в строительных изделиях // Вестник ОГАСА, выпуск № 27, 2007. – С. 252 – 260. **8.** И.А. Биргер. Остаточные напряжения / И.А. Биргер. – М.: Машгиз, 1963.-232 с. **9.** Роуланс Р. Остаточные напряжения / Роуланс Р. // Экспериментальная механика. – М.: Мир, 1990. – С. 283-335. **10.** Давиденков Н.Н. Об остаточных напряжениях / Давиденков Н.Н. // Заводская лаборатория. – 1935. – IV. – №6. – С. 688-693. **11.** Томашевский В.Т. О задачах механики в технологии композитных материалов / Томашевский В.Т. // Механика композитных материалов, 1982. – №3. – С. 486-503.

УДК 666.9

**ОЦЕНКА ЭНЕРГО- И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ ВЯЖУЩИХ
НА ОСНОВЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД**

**ОЦІНКА ЕНЕРГО-ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОПОЛІМЕРНОГО В'ЯЖУЧОГО НА ОСНОВІ
МАГМАТИЧНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД**

**EVALUATION OF ENERGY- AND RESOURCE-SAVING OF
TECHNOLOGIES GEOPOLYMER BINDERS BASED ON MAGMATIC
ROCKS**

Ерошкина Н. А., Коровкин М. О., Ильина Т. А. (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза, Российская Федерация)

Єрошкіна Н. А., Коровкін М. О., Ільїна Т. А. (Пензенський державний університет архітектури та будівництва, м. Пенза, Російська Федерація)

Eroshkina N. A., Korovkin M. O., Ilina T. A. (Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russian Federation)

Наведены сведения о влиянии основных параметров состава геополимерных вяжущих на основе магматических горных пород на их свойства. Приводится сравнительный анализ потребления