

УДК 691.32

## СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗДЕЛИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Суханов В.Г.

*Одесская государственная академия строительства и  
архитектуры, Украина*

Проведенный в работах [1, 2, 3, 4, 5] анализ позволил установить, что практически неограниченное количество несхожих по параметрам структур могут привести к проявлению одинакового по количественным показателям свойства и, за счет спонтанных процессов формирования остаточных деформаций, можно вызвать в бетоне одного состава такие структурные изменения, которые приведут к проявлению измененных значений этого свойства. Сделан вывод, что одной из количественных характеристик структуры следует считать поврежденность бетона технологическими дефектами. Вывод основывается на том, что к наиболее активным структурным элементам относятся трещины и внутренние поверхности раздела, развитие которых до критических значений может привести к катастрофическим последствиям. Это позволило предложить модели структур различных подуровней и всей системы в виде определенного набора активных элементов. Количественно оценить такой «набор» трещин и внутренних поверхностей раздела предложено путем определения коэффициентов поврежденности различными методами. В силу того, что в определенной «конструкции-системе» можно, за счет изменения ее геометрических параметров, направленно изменять характер формирования остаточных деформаций и, тем самым, изменять структуру бетона одного и того же состава, то была определена задача по изучению влияния технологических деформаций на структуру бетона в изделиях.

В качестве объектов анализа приняты бетонные и железобетонные изгибаемые элементы в виде балок прямоугольного сечения 10 х 15 см, длиной 1200 см, с коэффициентами формы  $K_{\Phi} = 1$  и 0,997 (бетон тяжелый В25, W6).

Структуру бетона в неармированных и армированных балках оценивали при помощи коэффициентов поврежденности  $K_{\Pi}$ .

Коэффициенты поврежденности определяли на образцах-кубах, образцах-призмах и на балках с различными значениями коэффициентов формы  $K_{\phi}$ . Для балок  $K_{\pi}$  определяли до и после разрушения.

При проведении экспериментальных исследований исходили из предположения, что определенной структуре бетона в балке S соответствует определенное свойств С ( $S \rightarrow C$ ). В то же время соответствующее свойство С проявилось, благодаря структуре S ( $C \rightarrow S$ ). Это дает основания заключить, что для конкретного состава бетона в конкретном изделии должно соблюдаться условие  $S \rightarrow C$ .

Анализ характера формирования полей остаточных деформаций в изделиях с различными геометрическими характеристиками и изменение прочности, плотности, водопоглощения и скорости прохождения ультразвука в бетоне вдоль и поперек сечений балок с разными  $K_{\phi}$  позволил сделать вывод об изменении структуры бетона по сечению. Это связано с тем, что после уплотнения бетонной смеси и с началом протекания физико-химических процессов гидратации в твердеющем материале начинают развиваться собственные объемные деформации, которые формируют поля технологических деформаций и напряжений в готовом изделии. В силу того, что характер становления и фиксации технологических деформаций определяется геометрическими характеристиками изделий, то их вид определяет структуру и свойства бетона в конструкции. Следует отметить, что зафиксированные изменения плотности и других физико-механических характеристик бетона по сечению балки с  $K_{\phi} = 0,997$  связаны с эффектом «самоуплотнения» бетонной смеси в отдельных объемах изделия. Принципиальная схема самопроизвольного возникновения разных по параметрам структур в балках с различными значениями  $K_{\phi}$  представлена на рис. 1.

Таблица 1

Характер изменения коэффициентов поврежденности  
в балках с различными коэффициентами формы

Коэффициент формы балок	Коэффициенты поврежденности, $K_{\pi}$ , на гранях балки			
	Верхней	Нижней	Боковой I	Боковой II
$K_{\phi} = 1,0$	0,86	0,90	0,97	0,92
$K_{\phi} = 0,997$	0,93	0,86	0,91	0,91

В рассматриваемых случаях наблюдается взаимосвязь и взаимообусловленность процессов и явлений получения конкретных конструкций как определенных целостностей. При изменении конструктивных особенностей оформления бетона в изделия изменяются свойства как бетона (подсистемы), так и самой конструкции-системы.

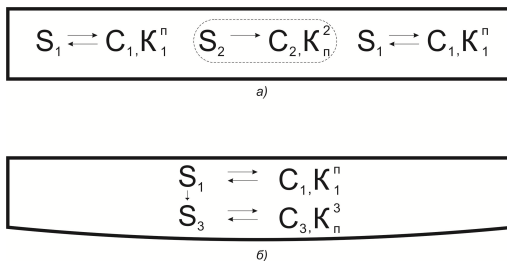


Рис. 1. Характер формирования структур и свойств бетона в балках с различными значениями  $K_{\phi}$ : а – балка с  $K_{\phi} = 1,0$ ; б – балка с  $K_{\phi} = 0,997$ .  $S_1, S_2, S_3$  – структуры с разными параметрами.  $C_1, C_2, C_3$  – свойства, соответствующие структурам  $S_1, S_2, S_3$ ;  $K_n^1, K_n^2, K_n^3$  – коэффициенты поврежденности, оценивающие соответствующие структуры

В табл. 1 приведены значения коэффициентов поврежденности бетона в различных участках изделий с различными значениями  $K_{\phi}$ .

После разрушения железобетонных балок с различными значениями коэффициентов формы были определены коэффициенты поврежденности для каждой балки по схеме (рис. 2).

В зависимости от геометрических характеристик балок, изготовленных из бетона одного состава при одинаковом армировании, изменяется вид разрушения. Балки с  $K_{\phi} = 1,0$  разрушились за счет развития нормальных трещин. При этом произошло разрушение бетона в сжатой зоне. Изменение геометрических параметров балок (балки В, С,  $K_{\phi} = 0,997$ ) привело к разрушению по наклонным трещинам. Характерно, что в растянутой зоне возникновение и развитие нормальных трещин практически не наблюдалось. Коэффициенты поврежденности, которые косвенным методом характеризуют структурные особенности бетона, показывают, что структура бетона одного состава значительно отличается в балках с различными значениями  $K_{\phi}$ , табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов поврежденности разрушенных балок

Символы балок	Коэффициенты поврежденности, $K_{\Gamma}$ , на гранях			
	Верх	Низ	Грань I	Грань II
A ( $K_{\Phi} = 1,0$ )	0,86	0,9	0,97	0,92
Б ( $K_{\Phi} = 0,997$ )	0,93	0,86	0,91	0,91
С ( $K_{\Phi} = 0,997$ )	0,89	0,94	0,84	0,89

Приведенные данные свидетельствуют, что структурные особенности бетона одного состава после его разрушения в значительной степени зависят от геометрии конструкции и вида трещин разрушения. Анализ траектории развития магистральных трещин показал, что по мере подрастания, когда трещина переходит от одной структуры к другой ( $S_1 \rightarrow S_2$ ), что особенно характерно для балок с  $K_{\Phi} = 0,997$ , изменяется размер ее берегов.

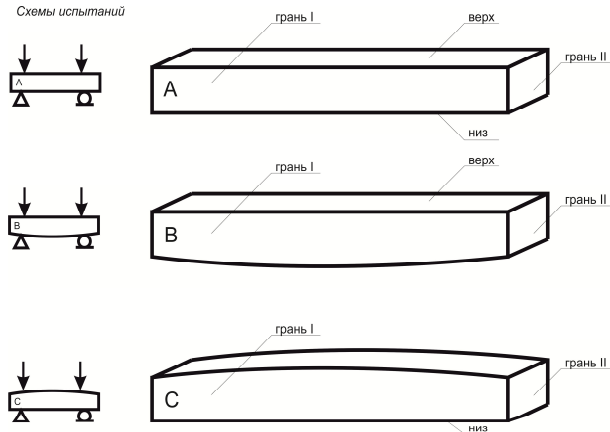


Рис. 2. Схема определения коэффициентов поврежденности балок с различными  $K_{\Phi}$  после их разрушения:

A – балка с  $K_{\Phi} = 1,0$ ; B, C – балки с  $K_{\Phi} = 0,997$

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при достижении критических значений, трещина становится системой, которая изменяет целевые функции базовой «конструкции-системы». Стремясь к саморазвитию, «трещины-системы», независимо от их вида (нормальные или наклонные), развиваются до выхода на поверхность конструкции и, тем самым,

самоуничтожаются. Последствиями такого самоуничтожения является деление материала на не взаимодействующие фрагменты, что ведет к гибели «конструкции-системы». При этом физико-механические свойства отдельных фрагментов, количественный и качественный составы продуктов новообразований могут остаться на том же уровне, что и до испытаний балки. Это еще раз подчеркивает важную роль активных элементов в их способности оказывать влияние на безопасное функционирование открытых сложных динамических «конструкций-систем».

Кроме того, проведенные исследования подтвердили предположение что «конструкция-система» находится в постоянном неравновесном состоянии. По мере действия внешних и внутренних факторов система удаляется от положения равновесия и создаются условия возникновения и развития доминантных элементов структуры. Однако, благодаря разветвленной сети активных элементов на всех подуровнях, с учетом того, что часть из них находится в виде трещин, происходит диссипация излишней энергии, изменение параметров активных элементов, формирование структурных блоков и замыкание структурных изменений внутри блоков на себя. Это способствует переходу отдельных подсистем и системы в целом в более равновесное состояние, что, за счет включения в работу метастабильных элементов, способствует структурным трансформациям и позволяет не выходить за допустимые значения.

Анализ образования и развития трещин, возникших в результате действия силовых нагрузок, показал, что они зарождаются и развиваются на технологических трещинах и ВПР.

Проведенные исследования подтвердили, что в результате действия на «конструкцию-систему» всего комплекса внешних эксплуатационных нагрузок происходят структурные преобразования системы за счет изменения параметров активных элементов. Одним из путей направленного изменения структуры бетона является его оформление в определенные конструктивные формы с целью получения «конструкции-системы», способной к сопротивлению при действии внешних нагрузок.

### ***Выводы***

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Изменение геометрических характеристик балки за счет

изменения формы одной из граней ведет к изменению условий формирования полей остаточных деформаций. Под действием технологических деформаций в свою очередь изменяются условия структурообразования бетона в различных участках балок с коэффициентом формы  $K_{\phi} = 0,997$ . Изменение начальных условий формирования структуры привело к разным параметрам по длине и сечению балок с  $K_{\phi} = 0,997$ , которое оценивалось при помощи коэффициентов поврежденности. Исследования показали, что в зоне измененной формы грани значения  $K_{\pi}$  отличаются до 5% по сравнению с  $K_{\pi}$  в зоне прямой грани и в балке с  $K_{\phi} = 1,0$ .

2. Структурные особенности бетона в изделии определяют места зарождения и микротраекторию развития трещин, возникших под действием силовых нагрузок. Эксперименты показали, что в зависимости от вида трещин разрушения и геометрии конструкций, значения коэффициентов поврежденности бетона изделия после его разрушения могут отличаться до 12%. Микрохарактер трещин разрушения характеризует особенности структуры материала по сечению в изделиях с  $K_{\phi} = 0,997$ . Проведенные исследования подтвердили, что одним из действенных методов направленной организации структуры бетона является изменение формы изделий.

### **Summary**

**There were discussed the structural features of products with various geometrical characteristics in the article.**

### *Литература*

1. Острая Т.В. Технологические деформации в композитных материалах и изделиях. / Т.В. Острая, В.Н. Выровой, С.С. Макарова, В.Г. Суханов // Вісник ОДАБА, 2008. – Вип. №31. – С. 271-281.

2. Острая Т.В. Роль остаточных деформаций в организации структуры строительных материалов и конструкций / Т.В. Острая, В.Г. Суханов, В.Н. Выровой, А.В. Дорофеев // Современные строительные конструкции из металла и древесины: [сб. науч. тр.] – Одесса: Внешрекламсервис, 2008. – Ч.1. – С. 218-224.

3. Острая Т.В. Анализ механизмов формирования локальных остаточных деформаций в бетоне / Т.В. Острая, В.Г. Суханов, А.Н. Гергега, В.Н. Выровой // Вісник ОДАБА, 2008. – Вип. №29. – Ч.2. – С. 390-397.

4. Выровой В.Н. Композиционные строительные материалы и конструкции: структура, самоорганизация, свойства. / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, В.Г. Суханов. – Одесса, 2010. – 169 с.

5. Выровой В.Н. Роль трещин в разрушении материала конструкций. / В.Н. Выровой, А.С. Чернега, А.В. Елькин, В.Г. Суханов. // Сборник научных трудов ОГАСА «Современные строительные конструкции из металла и древесины». – 2011. №15, ч. 4. – С. 141-148.