

4. Мурашко Л.А., Колякова В.М., Сморгалов Д.В. Розрахунок за міцністю перерізів, нормальних та похилих до поздовжньої осі, згинальних залізобетонних елементів за ДБН В.2.6-98:2009. – К.: КНУБА, 2012. – 62 с. УДК 624.012.042

РОЛЬ ДЕФОРМАЦИЙ В ФОРМИРОВАНИИ НАЧАЛЬНОЙ ПОВРЕЖДЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ-СИСТЕМЫ

ROLE OF DEFORMATIONS IN FORMATION OF INITIAL DAMAGE OF CONSTRUCTION-SYSTEM

Выровой В.Н., д.т.н., проф. (ОГАСА, г. Одесса), Коробко О.А., к.т.н., доцент (ОГАСА, г. Одесса), Непомнящий А.И., аспирант (ОГАСА, г. Одесса)

Vyrovoy V.N., DSc in engineering, professor (Odessa State Academy Civil Engineering and Architecture, Odessa), Korobko O. A., Ph.D., senior lecturer (Odessa State Academy Civil Engineering and Architecture, Odessa), Nepomnyashchy A.N., post-graduate student (Odessa State Academy Civil Engineering and Architecture, Odessa)

У статті показана динаміка розвитку власних деформацій в структурі матеріалу конструкції як системи та проаналізовано вплив геометричних особливостей рівнів структурних неоднорідностей на початкову пошкодженість зразків та виробів.

The article presents an analysis of development of deformations in structure of material of construction as the interconnected set of levels of structural heterogeneity. It is shown that interference and interdependence of the structural organization of individual levels initiates returnable waves of deformations. It promotes self-generation and self-development of technological cracks and inner surfaces of partition as active elements of structure which set determines damage of material of construction by initial defects. Possibility of damage control samples by the directional change of geometrical parameters of each level of heterogeneity is experimentally confirmed. Damage coefficient values changed to 60% depending on the geometry of structural levels.

Ключевые слова: конструкция-система, деформации, трещины, внутренние поверхности раздела, поврежденность.

Keywords: construction-system, deformations, cracks, inner surfaces of partition, damage.

Введение и анализ исследований. Представление строительных конструкций в виде систем априорно предполагает их определенное структурное оформление [1]. Организация структуры зависит от качественного состава и количественных соотношений исходных компонентов, геометрических характеристик изделия и технологических условий и режимов приготовления бетонной смеси и ее переработки в конструкцию-систему. Таким образом, технология является одним из основных факторов управления структурой и, следовательно, свойствами композиционных строительных материалов и конструкций.

В общем случае понятие *технология* (от греч. *techne* – искусство, мастерство, умение и *logos* – слово, учение) включает в себя как технологию-практику – совокупность методов и производственных процессов в определенной отрасли производства, так и технологию-науку – научное описание способов производства и процессов и явлений, которые происходят при переработке исходного сырья в потребительский продукт. В работе [2] предлагается использовать идеи и методы системного подхода для более полной трактовки понятия технологии. Общим для технологии-практики, технологии-науки и технологии-системы следует считать обязательное наличие определенного комплекса событий, реализация которых позволяет получать из исходного сырья конечный продукт – в нашем случае конструкцию-систему. К событиям можно отнести химические, физические, физико-химические, механические и многие другие процессы и явления, связанные с взаимодействием веществ и организацией структуры материалов. Реализация каждого события в системе происходит с изменением энергетического состояния взаимодействующих веществ, которое приводит к изменению температуры и объема систем. В свою очередь, тепловые и объемные деформации можно выделить в качестве элементов общей динамической сети непрерывных циклов зарождений, преобразований и дополнений, взаимозависимых друг от друга и определяющих макросостояние системы, отвечающее за проявление требуемого уровня ее свойств.

Деформации провоцируют динамику структурных преобразований строительных конструкций на протяжении всего их

жизненного цикла. В период создания системы деформации инициируют процессы ее самоорганизации, а в активную фазу выполнения ею основных функций содействуют их реализации путем спонтанной перестройки структуры материала конструкций. Это становится возможным при сосуществовании в материале структурных элементов, способных воспринимать, перераспределять, трансформировать и диссипатировать деформации всех видов. В работе [1] к таким элементам отнесены технологические трещины и внутренние поверхности раздела, которые, через изменение собственных параметров, определяют структурные преобразования материалов, адекватно реагируя на различные виды воздействий.

Постановка цели и задач исследований. Технологические трещины (ТТ) и внутренние поверхности раздела (ВНР) как активные элементы присутствуют на всех уровнях неоднородностей материалов с полиструктурной организацией [3]. Характерный набор трещин и поверхностей раздела определяет неповторимый «структурный портрет» каждого уровня неоднородностей по завершению основных процессов организации структуры материала и тем самым является ответственным за реализацию его свойств в конструкции. Возникновение, формо- и видоизменение ТТ и ВНР происходит по локальным и интегральным границам раздела структурных уровней в результате проявления деформаций, их перераспределения и передачи с одного уровня неоднородностей на другой. Исходя из этого, представляется важным провести анализ динамики развития собственных деформаций в структуре материала конструкции и показать возможность их наведения для управления параметрами технологических трещин и внутренних поверхностей раздела.

Методика и результаты исследований. Деформации воспринимаются и передаются через границы раздела уровней, что обеспечивает их взаимообусловленное участие в структурообразовании друг друга и структуры конструкции как сложноорганизованного и оформленного в конструктивную форму материала. Это проявляется в том, что структурные преобразования одного уровня отражаются на процессах организации структуры других уровней, а реализованные изменения служат причиной изменения уже исходных структур. Таким образом, выполняется взаимная инициация структурного оформления различных уровней.

При этом протекание процессов структурообразования материала конструкции сопровождается саморазвитием сети внутренних деформационных явлений. При этом уровни неоднородностей могут лишь инициировать структурные изменения других уровней, но не управлять ими. Побуждение (толчок) к началу организации уровней провоцируется их внутренними причинами.

Начальный этап проявления деформаций реализуется на уровнях микроструктуры. Источником возникновения деформаций являются физико-химические процессы организации структуры материала на уровне частиц вяжущего. Распределение частиц дисперсной фазы по структурным агрегатам ведет к образованию взаимосвязанной сети межкластерных поверхностей раздела.

Деформации воспринимаются межкластерными поверхностями раздела микроструктуры и передаются на макроуровень, представленном неоднородностью «заполнители – матричный материал». При этом формируется начальная деформационная волна, в результате которой градиенты объемных изменений микроуровня, обусловленные флуктуациями его вещественного состава, передаются на уровень макроструктуры, определяя возникновение ее собственных деформаций. Это ведет к самопроизвольному формоизменению поверхностей раздела, что инициирует возникновение градиентов деформаций по величине и направлению действия.

Градиенты деформаций макроструктуры определяют деформационные процессы материала на уровне конструкции, уникальность протекания которых в отдельных ее объемах обуславливает неравномерное распределение полей остаточных напряжений, вызванных локальными изменениями плотности в материале. Это служит причиной перераспределения градиентов деформаций и вызывает возвратную волну их воздействия на уровни макро- и микроструктур.

Проявление разновеликих и разнонаправленных деформаций на уровне конструкции вызывает дальнейшее формоизменение границ раздела макроструктуры, что отражается на продолжающихся физико-механических процессах нижних уровней и ведет к еще большему разнообразию ее структуры. Как результат, изменяется кинетика протекания физико-химических процессов организации структуры микроуровня с возбуждением новой волны деформаций, градиенты которых, накладываясь на существующие

поля деформаций, воспринимаются и передаются внутренними и внешними границами микроструктуры на поверхности раздела макроуровня и структуры бетона на уровне конструкции. Таким образом, происходит взаимная инициация возвратных волн перехода объемных деформаций с уровня на уровень, что позволяет структурным неоднородностям обуславливать структурную организацию друг друга в зависимости от своих внутрисистемных характеристик.

Переход деформационных волн с одного уровня на другой провоцирует изменение геометрии их границ, что создает условия для возникновения и роста ТТ и ВПР. Это предполагает, что в качестве управляющего фактора можно выделить пространственно-геометрические параметры каждого уровня неоднородностей. В микроструктуре такие характеристики определяются дисперсностью и количеством частиц вяжущего, на уровне макроструктуры – типом укладки и ориентированием заполнителей, а на уровне конструкции – конфигурацией внешних границ изделия как целостного объекта.

Изменение геометрических особенностей даже одного уровня неоднородностей через взаимовлияние их структурной организации под влиянием взаимообусловленного развития деформаций позволит получать требуемый набор технологических трещин и внутренних поверхностей раздела в структуре материала. Тем самым обеспечивается возможность управления поврежденностью строительных конструкции начальными дефектами для повышения их физико-механических свойств.

В работе [4] поврежденность материалов, возникающую в период их переработки в изделие, предложено оценивать с помощью коэффициента поврежденности K_n , определяемого как соотношение общей протяженности дефектов $\sum L$ к площади поверхности, на которой они проявились, a^2 , $K_n = \sum L / a^2$ (см/см²). Предлагаемый метод позволяет количественно проанализировать влияние геометрических параметров структурных уровней на изменение, как их собственной интегральной поврежденности, так и поврежденности всего материала в конструкции. С этой целью были проведены экспериментальные исследования на физических моделях (рис.1).

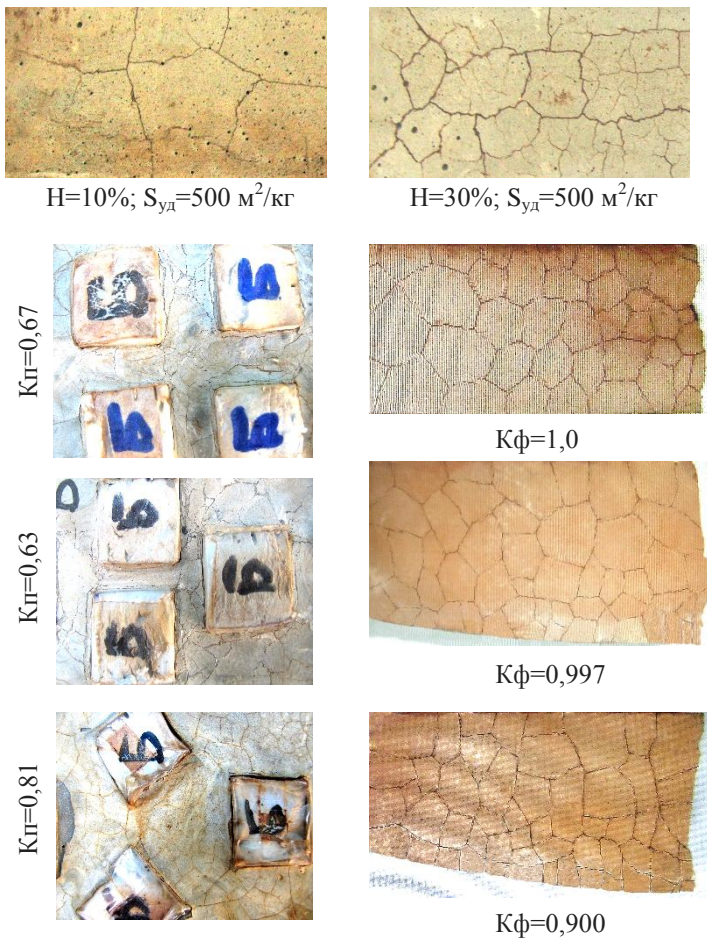


Рис.1. Влияние геометрических характеристик структурных неоднородностей на поврежденность материала:

- а) – на уровне микроструктуры (Н – количество наполнителя);
- б) – на уровне макроструктуры (Б – имитаторы заполнителей);
- в) – на уровне конструкции (изделия).

Результаты показали, что в зависимости от качественного или количественного составов вяжущего поврежденность структуры материала на микроуровне изменялась до 25%.

Это обусловлено тем, что размеры и количество дисперсных частиц определяют силы и кинетику межчастичных взаимо-

действий, что отражается на форме и размерах кластерных структур, а, значит, и на рельефе и протяженности поверхностей раздела между ними (рис.1, а).

Изменение укладки и взаимного ориентирования заполнителей в структурных ячейках привело в условиях наших экспериментов к изменению размеров агрегатов из частиц вяжущего до 2 раз, сроков схватывания матричного материала на 15-35 минут, а величины объемных деформаций – до 30%. Это свидетельствует о влиянии геометрии макроструктуры на процессы, являющихся источником зарождения деформаций на микроуровне. Опыты показали, что при различных геометрических параметрах начальная поврежденность макроструктуры изменялась более чем в 2 раза (рис.1, б).

Взаимообусловленное формирование деформационного потока направлено передается на уровень конструкции, геометрические очертания которой определяют распределение и перераспределение градиентов деформаций на внешних границах изделия с последующим их формоизменением. Это инициирует возвратную волну деформаций на уровни макро- и микроструктур, что ведет к очередным преобразованиям их структурной организации и возбуждению новой волны деформаций.

Проведенные исследования показали (рис.1, в), что изменение начальной поврежденности изделий определяется коэффициентом их формы K_f [5], который можно выразить как отношение длины нижней грани контрольного образца l_0 к длине измененной грани образцов l : $K_f = l_0/l$. Было определено, что для образцов с $K_f=1,0$ значения K_n по всем граням оставались практически неизменными, тогда как при изменении коэффициента формы до $K_f=0,997$ и $K_f=0,990$ величина K_n изменялась до 40% при переходе от верхней части образца к его нижней грани. Вдоль измененной поверхности изделия начальная поврежденность материала изменялась до 2,5 раз с уменьшением значений K_n в различных участках от центральной части к торцам образца.

Выводы. Проведенный анализ позволяет заключить, что строительные конструкции следует рассматривать в качестве самостоятельного объекта исследований в силу их индивидуального структурного оформления, отвечающего за проявление требуемых свойств. Использование идей и методов системного подхода позволяет представить конструкцию как целостность, которая обеспечивается взаимообусловленностью и взаимодействием ее

разнообразных структурных составляющих. Особенное внимание следует уделять активным элементам, т.к. изменение их параметров вызывает изменение параметров структуры конструкции как системы. При этом следует учитывать, что все структурные особенности материала включены в структуру конструкции. Сам материал конструкции отличается полиструктурным строением и представляет собой взаимосвязанную совокупность характерных уровней структурных неоднородностей, взаимовлияние которых определяет формирование структуры конструкции. Все этапы жизненного цикла конструкции сопровождаются проявлением деформаций, включенных в качестве элемента в общую сеть процессов ее создания и функционирования. Распространение деформаций в материале осуществляется в виде возвратных деформационных волн, которые передаются с одного уровня неоднородностей на другой посредством границ раздела между ними. Это способствует самозарождению и саморазвитию активных элементов – технологических трещин и внутренних поверхностей раздела, определяющих поврежденность материала начальными дефектами. Экспериментальные исследования позволили рекомендовать методы управления формированием и распределением деформаций в структуре материала конструкции на различных уровнях неоднородностей. Это обеспечило возможность прогнозируемого изменения поврежденности как набора активных элементов, отвечающих за сохранение целостности и проявление свойств материала в конструкции.

1. Выровой В.Н. Композиционные строительные материалы и конструкции. Структура, самоорганизация, свойства / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, В.Г. Суханов. – Одесса: ТЭС, 2010. – 169 с. 2. Сахал Д. Технический прогресс: концепции, модели, оценки / Д. Сахал. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 366 с. 3. Соломатов В.И. Полиструктурная теория композиционных строительных материалов / [В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, А.Н. Бобрышев и др.]. – Ташкент: ФАН, 1991. – 345 с. 4. Дорофеев В.С. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций / В.С. Дорофеев, В.Н. Выровой. – Одесса: Город мастеров, 1998. – 168 с. 5. Острая Т.В. Роль геометрии в формировании структуры тротуарной плитки / Т.В. Острая, В.Н. Выровой // Вісник ОДАБА, 2010. – С. 119-123.