

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ САМОСОГЛАСОВАННОЙ РАБОТЫ РАЗЛИЧНЫХ ПО АКТИВНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ БЕТОНА

Суханов В.Г., Сикора Р.А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина

Предложенная в работах [1, 2, 3, 4] модель структуры материала конструкции и самой конструкции включает в себя активные структурные элементы в предположении, что они первыми включаются в работу при действии на систему внутренних и внешних факторов. Предполагается, что путем изменения собственных параметров активные элементы изменяют структуру как отдельных подсистем, так и системы в целом. Система, тем самым, приобретает новое структурное оформление, что должно сказаться на дееспособности других, особенно метастабильных элементов структуры. Это привело к постановке задачи по анализу механизмов взаимодействия различных по активности элементов при структурных изменениях системы.

Известно, что потенциал системы зависит от степени ее организованности и характера взаимодействия структурных элементов [4]. Для полной реализации потенциальных возможностей системы в период ее активной жизни (эксплуатации) необходимо учитывать взаимодействие и взаимовлияние качественно несхожих с различными механизмами организации структур и их групп. Это дает основание предположить, что для обеспечения внутренней безопасности строительной конструкции как открытой системы, в материале должны протекать гармоничные самосогласованные процессы перестройки структуры в направлении сохранения на заданном уровне комплекса заданных свойств. Это ставит задачу выявления, анализа и исследования вероятных механизмов структурных изменений в материале конструкции при действии на нее эксплуатационных нагрузок.

Следует отметить созидательную роль ТТ и ВПР при их трансформации в эксплуатационные трещины (ЭТ) и эксплуатационные внутренние поверхности раздела (ЭВПР), которая заключается в диссипации избыточной энергии на различных уровнях структурных неоднородностей. К созидательной роли можно отнести,

по нашему мнению, способность активных элементов создавать условия для включения в работу метастабильных элементов структуры, к которым можно отнести реликтовые участки зерен минерального вяжущего.

Минеральные вяжущие и материалы на их основе можно отнести к особому классу материалов, которые имеют длительный, сопоставимый с нормируемым временем эксплуатации, внутренний ресурс химически активных составляющих, которые способны при определенных условиях, пополнять, восстанавливать и поддерживать внутреннюю материальную среду, обеспечивать сохранение требуемых свойств. Такое представление позволило В.Л. Чернявскому [5] отнести бетон и железобетон к абиотическим системам, проявляющим свойства адаптации в условиях воздействия внешней среды.

Включение механизмов адаптации через поздние физико-химические процессы и явления гидратации может произойти при создании условий взаимодействия реликтовых зерен с жидкой фазой. Происходящие при этом физико-химические процессы появления продуктов новой фазы, их структурное оформление в теле материала и возможные явления диффузионного массопереноса для проявления явлений «самозалечивания» имеют определенный временной цикл, который может не совпадать (запаздывать) со временем развития структурных элементов, которые могут вызывать ненормируемое снижение свойств материала. Можно заключить, что для успешной реализации эффектов физико-химической адаптации необходимо обеспечить определенный временной интервал, в течение которого система «позволит» включить в работу ресурсы негидратированных составляющих. Для этого необходимо, чтобы изменение параметров активных элементов способствовало такой структурной перестройке, при которой привнесенная энергия расходовалась на подрастание ТТ с выходом фронта на ВПР, образование новых внутренних поверхностей раздела, увеличение ширины раскрытия трещин и ВПР, и образование новых для системы структурных составляющих – завершенных и незавершенных в своем развитии структурных блоков. Подобные структурные перестройки, особенно если они протекают в объеме блоков на различных уровнях структурных неоднородностей, способны, с одной стороны, не вызывать значительные изменения свойств материала и, с другой стороны, активизировать весь комплекс физико-химических процессов с обеспечением временного интервала для реализации их конструктивной роли. Необходимым условием для реализации проявления комплексных процессов адаптации можно

считать согласование в определенном временном интервале реакции на внешние события активных и метастабильных элементов структуры. Принципиальная схема самосогласованного режима работы активных и метастабильных элементов представлена на рис. 1.

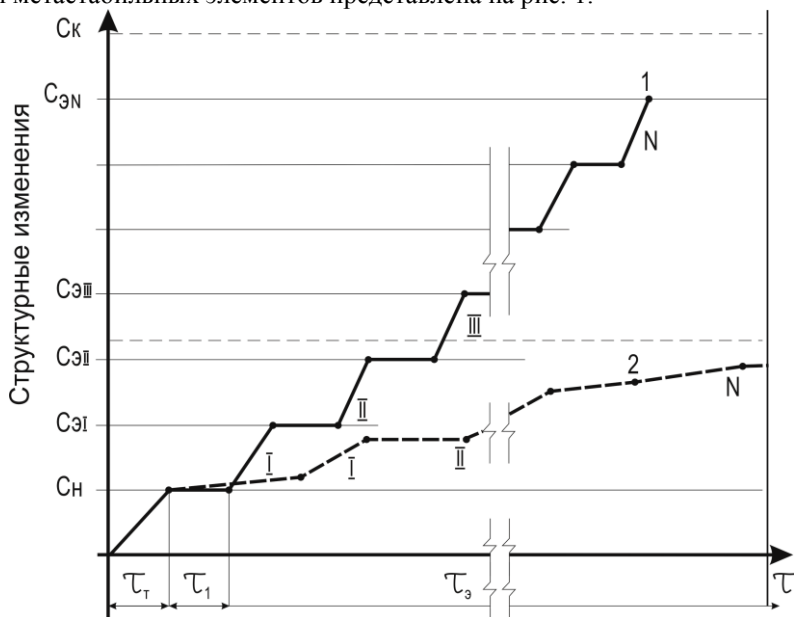


Рис. 1. Принципиальная схема взаимодействия активных и метастабильных элементов структуры материала в период эксплуатации конструкции:

τ_T, τ_1, τ_3 – технологический, предэксплуатационный и эксплуатационный периоды жизни конструкции как открытой системы.

$C_N, C_{ЭI}, \dots, C_{ЭN}$ – начальные и эксплуатационные структурные изменения;

C_K – критическое изменение структуры;

I, II, ... N – периоды внешних воздействий на материал конструкции.

1 – изменения параметров активных элементов;

2 – изменения параметров метастабильных элементов

На этапе создания строительной конструкции как открытой системы (технологический период, τ_T) все элементы структуры активно участвуют в процессах организации структуры. Отличительной особенностью технологического периода можно считать зарождение, развитие и сохранение в материале конструкции элементов, которые могут обеспечить безопасную работу системы в период действия на конструкцию всего комплекса эксплуатационных нагрузок (τ_3). Особенное

внимание таким элементам уделяется в связи с тем, что требуемый набор свойств может быть достигнут при очень разнообразном структурном оформлении материала. Однако достаточно чтобы в образовавшейся структуре изменились параметры структурных элементов или произошло их перераспределение, чтобы уровень свойств вышел за рамки допустимых значений. Поэтому важно в технологический период обеспечить определенный набор активных, метастабильных и активных элементов при котором могли бы успешно реализоваться процессы самоорганизации, обеспечивая тем самым сохранение функциональных свойств материала на весь нормируемый период эксплуатации конструкции. Примем, что после завершения технологического периода в материале сформировался начальный определенный набор структурных элементов C_H . Можно выделить определенный временной интервал τ_1 до начала действия на конструкцию эксплуатационных нагрузок. В этот период практически не происходит изменение параметров активных элементов структуры. Возможные структурные изменения могут быть связаны с практически непрекращающимися процессами гидратации исходных зерен вяжущего и структурной трансформацией продуктов новообразования (кривая 2 на рис. 1).

При действии на конструкцию эксплуатационных нагрузок (нормируемые силовые статичные и динамичные воздействия, воздействия температурно-влажностных градиентов и т.п.) активные структурные элементы материала начинают изменять свои параметры, что ведет к структурным изменениям конструкции $C_{Э1}$ (кривая 1, рис. 1). Можно предположить, что подрастание трещин, которое сопровождается увеличением площади поверхности ее берегов, позволяет включать в обменные химические реакции еще негидратированные зерна цемента. Подобный процесс должен быть реализован в течение определенного временного интервала. Подрастание трещин сопровождается увеличением ее объема, что вызывает перенос поровой жидкости в образовавшиеся свободные объемы трещины. После этого происходит перераспределение форм связи жидкой фазы вдоль берегов трещины и оводнение минералов, которые проявились на новых поверхностях, что инициирует физико-химические процессы гидратации. Возникновение продуктов новообразований, создание зародышей, рост кристаллов и образование гелевидной составляющей растянуты во времени по сравнению со временем реакции активных элементов на внешние события. Можно заключить, что метастабильные элементы обладают определенной инертностью, однако, могут развиваться после завершения структурной перестройки за счет изменения параметров активных

элементов. После блокировки свежих поверхностей продуктами новообразований интенсивность протекания физико-химических процессов затухает, и система переходит в более равновесное, метастабильное состояние. Такое состояние может сохраняться до очередных воздействий на конструкцию эксплуатационных нагрузок, что приведет к поэтапным структурным изменениям $C_{Э1}$, $C_{Э2}$... $C_{Эn}$.

Каждое структурное изменение $C_{Э}$ включает в себя изменение параметров активных и метастабильных элементов. При этом они должны взаимодействовать в самосогласованном временном режиме. Метастабильные элементы должны реализовывать свои ресурсные возможности в определенном темпоритме, при котором новые материальные поступления явились бы фактором, сдерживающем непредсказуемое изменение активных элементов. Это можно осуществить при начальном заданном распределении активных элементов на всех уровнях структурных неоднородностей. Основной задачей структурных трансформаций материала конструкций является выполнение требований, при которых критическое изменение структуры должно наступить не ранее нормируемого периода функционирования конструкции.

Под критическим изменением структуры понимаются такие структурные преобразования, при которых происходит ненормируемое снижение уровня свойств. Анализ позволил заключить, что даже при исчерпании восстанавливающих возможностей метастабильных структурных элементов система может сохранять свои основные функции в определенном временном интервале. В то же время, рост эксплуатационных трещин до критического значения может привести к потере функциональных свойств конструкции при значительных потенциальных ресурсах метастабильных элементов материала. Поэтому особенное внимание следует уделять образованию и развитию активных элементов в структуре материала и, следовательно, конструкции.

Для подтверждения изменения параметров активных элементов при действии на материал малоциклового нагрузки, связанной с изменением температурно-влажностного режима эксплуатации, был проведен ряд экспериментов. Управление начальным распределением активных элементов в цементный камень с $V/C = 0,28$ вводили кварцевый наполнитель с $S_y = 100 \text{ м}^2/\text{кг}$ в количестве 20% по массе. Использование наполнителя в качестве управляющего фактора позволило изменить поврежденность цементного камня технологическими дефектами до 50 %. В свою очередь, изменение технологической поврежденности привело к изменению наполнения

эксплуатационных трещин и внутренних поверхностей раздела в условиях малоциклового нагружения (рис. 2).

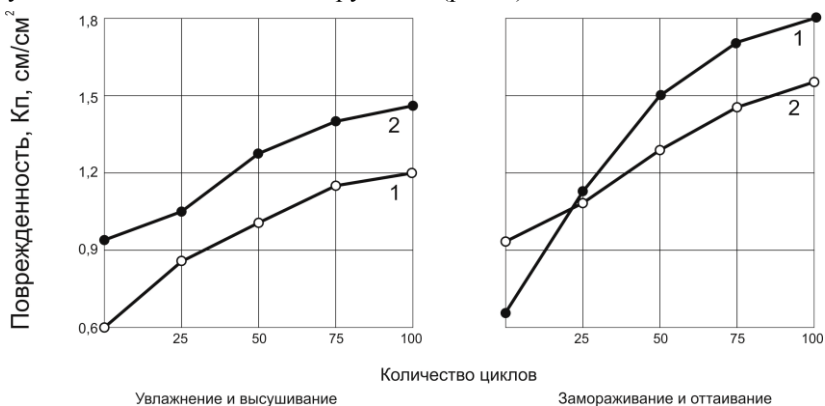


Рис. 2. Изменение поврежденности в условиях малоциклового эксплуатационного воздействия:

1 – цементный камень (В/Ц = 0,28); 2 – цементный камень с наполнителем (В/Ц = 0,28; Н = 20%; $S_v = 100 \text{ м}^2/\text{кг}$)

Как показали исследования после 100 циклов увлажнения и высушивания, коэффициент поврежденности ненаполненного цементного камня увеличился в 2 раза, а после замораживания и оттаивания – в 3 раза (кривая 1, рис. 2, а, б). Коэффициент поврежденности цементных композиций с наполнителями при этом изменился на 56 – 67 %. Изменение поврежденности привело к изменению стойкости цементных композиций как в условиях многократного увлажнения и высушивания, так и замораживания и оттаивания.

Выводы

Проведенный комплекс экспериментальных исследований позволяет сделать вывод о том, что активные элементы являются объективно существующими структурными составляющими, во многом определяющими физико-технические свойства материала и функциональную стабильность конструкции в условиях эксплуатационных воздействий. Для проявления созидательной роли активных элементов структуры необходимо обеспечить такое их

начальное распределение на различных уровнях структурных неоднородностей, при котором они были бы способны включать в работу метастабильные элементы и в режиме самосогласования обеспечить структурные изменения системы без потери ее функционального назначения.

SUMMARY

For the manifestation of the creative role of the active elements of the structure must ensure that their initial distribution at different levels of structural inhomogeneities in which they would be able to put into operation metastable elements and mode of self-consistency of the system to ensure structural changes without losing its functionality.

Литература

1. Суханов В.Г. Моделирование структуры материала конструкций как открытых самоорганизующихся систем / В.Г. Суханов, В.Н. Выровой. // Современные строительные конструкции из металла и древесины: сб. науч. трудов. – Одесса, ОГАСА, 2011. - № 15, ч. 2. – С. 201 – 202.

2. Суханов В.Г. Конструкция как система в системе конструкций-систем / В.Г. Суханов, О.А. Коробко, В.Н. Выровой, Р.В. Пархоменко // Зб. «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Рівне, НУВГП, 2013. – Вип. 27. – С. 338 – 344.

3. Суханов В.Г. Характерные элементы моделей структуры строительных композитов / В.Г. Суханов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.Н. Гергега // Научный вестник Луганского национального аграрного университета. Серия: технические науки. – Луганск, 2010. - № 14. – С. 188 – 196.

4. Выровой В.Н. Композиционные строительные материалы и конструкции / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, В.Г. Суханов. – Одесса, 2010. – 168 с.