

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ ФОРМИРОВАНИИ, ОЦЕНКЕ ХАРАКТЕРА СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ МАКРОПОРИСТОГО СТРОЕНИЯ

Мартынов В.И. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Проведен анализ структурообразования строительных композитов на основе минеральных вяжущих. Выделены элементы структуры и предложены методики их количественной оценки. Намечены пути управления структурой и свойствами материалов макропористого строения.

Практически все композиты на различных стадиях их эволюции можно представить в виде самоорганизующихся открытых динамических систем. В данной статье предпринята попытка рассмотреть поэтапную организацию структуры ячеистобетонных систем и ячеистых бетонов.

К системам, способным к самоорганизации, относят открытые нелинейные системы. Под открытостью системы подразумевается обязательная возможность обмена энергией, веществом и информацией с окружающими системами. К нелинейным системам относят, колебательные системы, свойства которых зависят от происходящих в них процессов. Колебания таких систем описываются нелинейными уравнениями.

Как отмечено в [1] открытость системы – условие необходимое, но недостаточное для самоорганизации. Однозначно, что всякая самоорганизующаяся система открыта. Однако, не всякая открытая система самоорганизуется, т.е. способна к построению структур. Создание структур возможно, в соответствии с законами диалектики, при наличии двух противоположных начал – начала создающего структуру (наращивание неоднородности) и начала рассеивающего. В соответствии с этим если рассеивающее начало пересиливает созидательное в такой среде невозможно образование структур.

Явления самоорганизации и образование самоорганизованных систем изучаются в рамках синергетики [2]. Синергетика носит междисциплинарный характер, в рамках которой изучаются явления образования пространственно-временных структур в самых разнообразных системах: физических, химических, биологических, социальных, экологических и пр. Таким образом, для исследователей предоставляется возможность, используя метод аналогий применять знания, законы и закономерности синергетики для систем различной природы. В нашем случае это системы на основе минеральных вяжущих веществ.

Анализ структурообразования. Рассмотрим поэтапную организацию структур «цементное тесто – цементный камень», «ячеистобетонная смесь – ячеистый бетон». По степени организации структур (систем) их подразделяют на плохо организованные (диффузные), самоорганизующиеся и хорошо организованные. В начальный период, после затворения цемента водой, в соответствии с обобщенной теорией твердения цемента [3] начинают осуществляться противоположно направленные процессы диффузии воды внутрь цемента и продуктов гидратации в раствор. В этот период система находится в неорганизованном состоянии. В дальнейшем по мере увеличения гидратных новообразований состояние системы изменяется. При этом если система сознательно не изолируется субъектом, следовательно, находится в открытом состоянии, т.е. имеет возможность обмена веществом, энергией и информацией с окружающей средой. С увеличением количества продуктов гидратации повышается степень неоднородности системы (градиенты концентраций, температуры и пр.), что является источником возникновения внутренних колебаний. Наличие автоколебаний также является одним из

признаков самоорганизующихся (диссипативных) структур. Таким образом, в рассмотренных формирующихся системах процесс гидратации минерального вяжущего является структурообразующим началом, а открытость системы обеспечивает рассеивающее начало, что дает нам основание отнести эти структуры к самоорганизующимся. Далее по мере повышения концентрации плотного вещества при достижении некоего критического состояния происходит качественное преобразование с переходом структуры в хорошо организованную. Такие периоды (точки) получили название точек бифуркаций [4]. В композитах на основе минеральных вяжущих такие периоды, по-видимому, сопоставимы со сроками схватывания вяжущего.

Основанными признаками хорошо организованных систем является четкое выделение элементов системы и их связей, объединяющих элементы в единое целое, свойства которого определяют функцию цели. На рис.1 приведен фрагмент структуры цементного камня. На рисунке выделены элементы структуры (структурные блоки, агрегаты, кластеры), представляющих собой часть твердой фазы, разделенной внутренними поверхностями раздела (ВПР), которые выступают в качестве связей. На рисунке также выделены элементы различного масштабного уровня структурной организации.



Рис.1 Фрагмент структуры цементного камня

Такие структуры образуются в результате объемных изменений в процессе их формирования, причиной которых являются химические реакции, дегидратация, температурные и влажностные градиенты, градиенты концентраций реагентов и пр. Все это приводит к нарушению сплошности объекта и расчленению материала на отдельные структурные элементы, что позволяет нам рассматривать объект исследований как систему. Где под системой подразумевается совокупность взаимосвязанных структурных элементов, объединенных в единое целое и имеющих общее функциональное предназначение. Это позволяет также отождествлять понятия «структура» и «система» и применить общесистемные закономерности для объяснения некоторых явлений и процессов, сопровождающих структурообразование. Представление объекта исследований в виде системы, состоящей из взаимосвязанных в единое целое отдельных структурных элементов, позволяет увязать его свойства с количеством и размерами структурных элементов, протяженностью границ раздела между элементами, силами сцепления между элементами.

В таком представлении логично предположить, что разрушение материала будет происходить по границам раздела, которые образовались на последней стадии структурной организации. Для разрушения материала необходимо затратить

определенное количество энергии. Количество этой энергии будет зависеть от площади контактов между структурными элементами, а она, в свою очередь, от размеров самих элементов.

В подтверждение этого на рис.2 показан характер разрушения образца цементного камня подверженного попеременным температурам воздействия.

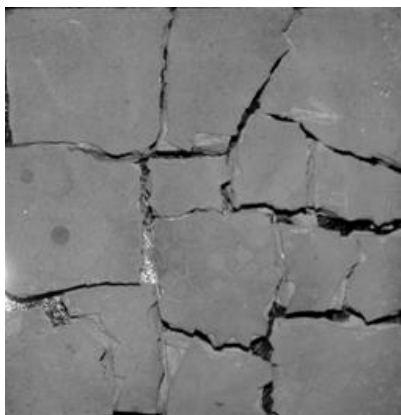


Рис.2. Разрушение образца цементного камня

Методики изучения характера структур. Представленная на рис.1 структура цементного камня проявляется благодаря обработке поверхности или скола образца танинсодержащими продуктами. Это позволяет, используя современную технику (цифровые видеокамеры, ПК) описывать количественно характер структур, через такие показатели как общая протяженность ВПР, количество структурных элементов, фрактальная размерность. Недостатки метода: сложность четкого проявления ВПР, проявление их только на поверхности образца, выбор физико-механических характеристик, чувствительных к структуре материала. В подобных случаях целесообразно обращаться к моделированию. В нашем случае при моделировании процессов структурообразования композиций на основе минеральных вяжущих применен метод аналогий. Один из его принципов гласит о том, что если причины события имеют одинаковые происхождения, то и следствия будут иметь одинаковый характер. За основу было принято моделирование изменение объема системы (уменьшение) за счет дегидратации. В качестве модельного материала использовали глиняную композицию.

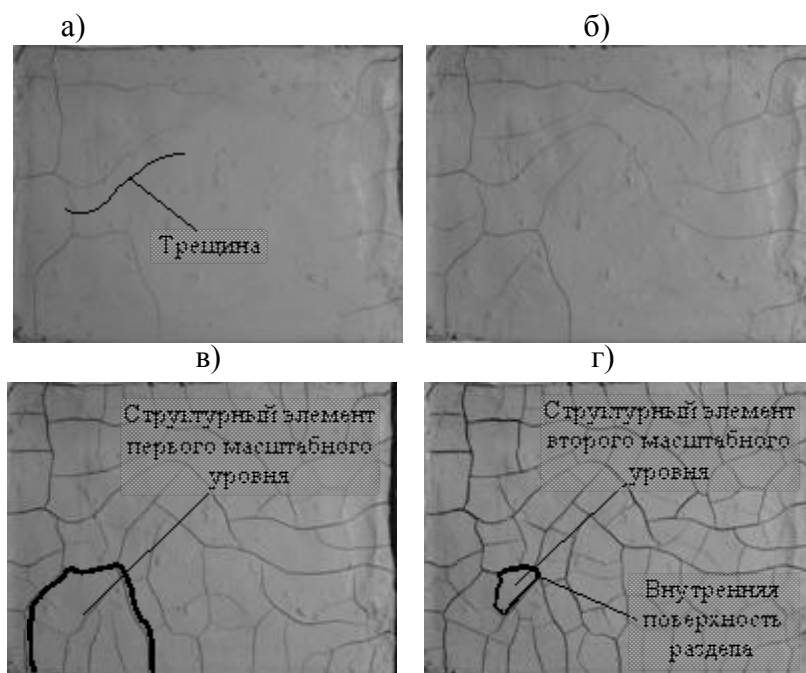


Рис.3. Эволюция внутренних поверхностей раздела

На рис.3 показана эволюция зарождения и образования ВПР. На рисунке 3 г видна четкая иерархия структурных элементов различного масштабного уровня. Сравнивая визуально структуры на рис.1 и 3 можно отметить их идентичность. Это позволяет судить о верности выбора, как методики, так и модельного материала.

Визуализация структуры реальных строительных композитов макропористого строения (ячеистые бетоны) с проявлением ВПР практически невозможна. Для изучения характера таких структур также приходится обращаться к моделированию. На рис.4а изображена модель материала макропористого строения, претерпевшего объемные изменения в результате дегидратации. В работах [5] высказана гипотеза, что свойства строительных композитов макропористой структуры определяются характером распределений твердой составляющей. Где под характером распределений подразумевается образование поверхностей раздела между соседними ячейками. В этих же работах показано, что механические свойства этих композитов зависят от общей протяженности ВПР. В свою очередь, характер распределений твердой составляющей зависит от геометрии межпоровых перегородок. Геометрия межпоровых перегородок формируется на ранних стадиях образования структуры и заканчивается в периоды сопоставимые со сроками схватывания ячеистобетонной смеси. На геометрическую конфигурацию межпоровых перегородок оказывают влияние, в первую очередь реологические характеристики растворной смеси, размер и упаковка пор. В [6] предложен графоаналитический способ возникновения напряжений между соседними ячейками (порами) с последующим образованием ВПР. Однако, этот метод достаточно трудоемкий и трудно реализуем в компьютерном варианте. Для использования возможностей современного компьютерного обеспечения и графического интерфейса разработана методика компьютерного моделирования, позволяющая с достаточно высокой вероятностью прогнозировать места возникновения начальных трещин и ВПР. Сущность методики заключается в том, что воздушные включения (поры) представлены в виде частиц с одноименными зарядами. В соответствие с законом Кулона разработан алгоритм расчета и программа построения силовых линий, отражающих наиболее вероятное место возникновения ВПР.

На рисунке 4 показаны сравнительные фотофиксации физической и компьютерной модели материала макропористой структуры с гексагональной упаковкой пор одинаковых по размерам. На рис.5 изображен график зависимости протяженности ВПР от размера пор (результат обработки компьютерной модели). График подтверждает множественную эмпирическую информацию, что с уменьшением диаметра пор прочность ячеистых бетонов возрастает. Таким образом, разработанная методика позволяет быстро и эффективно моделировать различные конфигурации межпоровых перегородок и изучать изменение характеристик твердой составляющей.

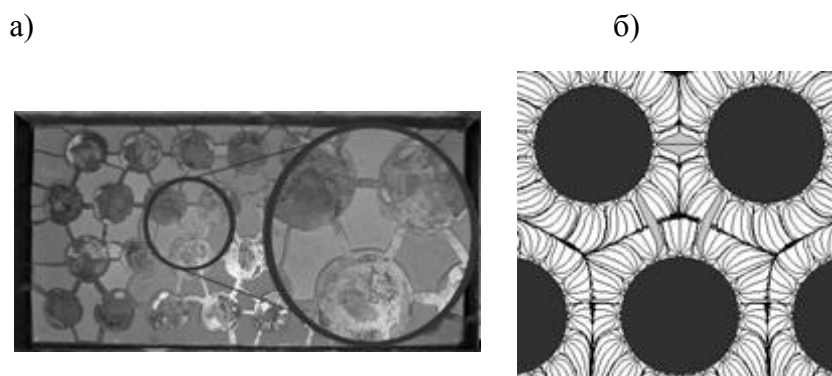


Рис.4. Физическая и компьютерная модели.

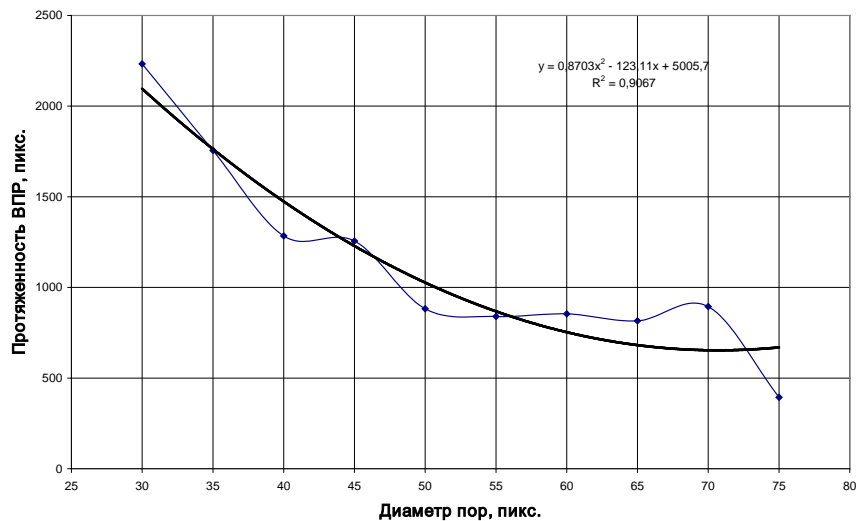


Рис.5. Протяженность ВПР

Способы управления характером структуры и свойствами. Для того, чтобы наметить пути управления характером структуры и свойствами КСМ макропористого строения возвратимся к характерным особенностям самоорганизующихся систем. Как отмечает Э. Сорокко [7] «...структурная самоорганизация обеспечивает структурную стабильность системы, поиск соразмерности, самосогласованности, гармоничности состава противоречивых, различающихся между собой компонентов». Подобное сочетание получило название принципа (закона) кратных отношений, более известного под названием «золотого сечения» или «золотой пропорции». В ячеистых бетонах в качестве противоречивых компонентов могут рассматриваться твердая, жидкая и газовая фаза. Поиск наиболее благоприятных соотношений между этими компонентами на различных стадиях структурообразования может рассматриваться как один из способов управления структурой и свойствами ячеистых бетонов.

Другой путь связан с пространственно-временными энергетическими воздействиями на ячеистобетонную смесь. Эти воздействия (подвод или отвод энергии), по-видимому, необходимо производить в те периоды, когда система готова к своим качественным преобразованиям (бифуркации). Как уже было отмечено, эти периоды должны совпадать с периодами схватывания ячеистобетонной смеси.

Выводы. На основании проведенного анализа структурообразования строительных композитов на основе минеральных вяжущих выделены структурные элементы, определяющие их свойства. Предложены методики визуализации структур, количественной их оценки в реальных материалах, а также на физических и компьютерных моделях материалов макропористой структуры. Намечены пути управления характером структуры и свойствами строительных композитов макропористой структуры.

SUMMARY

The analysis of structurization of building composites on the basis of the mineral knitting is carried out. Elements of structure are allocated and techniques of their quantitative estimation are offered. Ways of management are planned by structure and properties of materials of a macroporous structure.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Г.Архипкин, В.П.Тимофеев. Естественно-научная картина мира. Учебное пособие. Красноярск: Краснояр.гос.ун-т, 2002. - С.112-113
2. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980. 71 с.
3. Волженский А.В., Бурков Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. М., Стройиздат, 1973, 479 с.
4. Николас Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.
5. В.И. Мартынов, В.Н. Выровой, Д.А., Орлов, А.М. Ветех Структурообразование и свойства ячеистых бетонов. Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівлі та споруди. Збірник наукових праць. Рівне. 2006. С. 90-96.
6. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Сиренко А.В. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. Киев: «Будивэльныйк». – 1991. – 143 с.
7. Сорокко Э.М. Структурная гармония систем. Минск, Наука и техника, 1984, 263 с.