

УДК 666.973.6

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТВЕРДОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ

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

Предложена гипотеза в соответствии, с которой свойства ячеистых бетонов определяются характером распределения твердой составляющей. Приводится обоснование и описание методов оценки структурных параметров твердой составляющей ячеистых бетонов.

Свойства композиционных материалов в значительной степени определяются их строением. Изменяя структуру материала можно в широких пределах изменять его свойства. Одним из первых, кто попытался увязать строительно-технические свойства ячеистых бетонов с их структурными характеристиками, был А.П.Меркин [1,2].

В указанных работах в качестве структурных параметров ячеистых бетонов выделены поры и межпоровые перегородки (мембраны). Каждому из структурных элементов присвоены соответствующие качественные характеристики:

для пор – форма, размер пор, распределение пор по размерам в объеме материала, характер внутренней поверхности пор, неоднородность распределения пористости в объеме;

для межпоровых перегородок – толщина, плотность и прочность межпоровых перегородок.

Для каждого из этих показателей были разработаны методы их количественной оценки. Анализируя влияние, перечисленных параметров на свойства ячеистых бетонов, автором дана формулировка: «оптимальной ячеистой пористостью следует считать равномерно распределенную в объеме материала пористость с полидисперсными по размерам порами несферической формы, разделенными тонкими и плотными межпоровыми перегородками с гладкой поверхностью пор. Форма пор должна приближаться к форме додекаэдра (правильного двенадцатигранника)».

Из приведенного следует, что автор отождествляет свойства ячеистых бетонов преимущественно с характером их пористости.

Принимая во внимание физическую сущность явлений, и именно тот факт, что скорость распространения теплового потока, звуковой волны и пр., в твердой фазе значительно выше, чем в газовой высказана гипотеза в соответствии, с которой свойства ячеистых бетонов определяются преимущественно характером распределения твердой составляющей.

В рамках предложенной гипотезы разрабатываются два направления.

В первом предполагается, что физико-механические свойства ячеистых бетонов определяются следующими характеристиками твердой составляющей: толщиной, конфигурацией и общей протяженностью межпоровых перегородок.

Оценивать эти структурные параметры предлагается показателем фрактальной размерности.

Впервые понятие и термин «фракталы» (от латинского «фрактус» - дробный) было введено польским математиком Бенуа Мандельбротом. Он обратил внимание на очевидное: окружающий нас мир, предметы, вещи на самом деле имеют не прямолинейные очертания, как мы зачастую представляем и изображаем их, а восприятие их зависит от расстояния, на котором воспринимается объект, от масштабного фактора, от разрешающей способности приборов и оборудования. Другими словами, на определенном расстоянии контуры, поверхности, объемы предметов видятся как прямолинейные. Однако, при более близком рассмотрении они оказываются не так ровны. На самом деле они неровны, шершавы и шероховаты, имеют множество трещин, каверн, пор и пр.

Для математического описания степени отклонения предметов от прямолинейности Мандельброт предложил использовать дробные размерности обоснованные математиками Ф. Хаусдорфом и А. Безиковичем. Мандельброт назвал эту размерность фрактальной размерностью.

Особенностью предложенной размерности являлось то, что применительно к идеальным объектам в классической эвклидовой геометрии размерность Хаусдорфа-Безиковича принимает целочисленные значения: 0 – для точки; 1 – для линии; 2 – для контура, плоскости; 3 – для объемных объектов и поверхности. Размерность Хаусдорфа-Безиковича позволяет численно выразить степень отклонения очертаний объекта от идеальных форм. Например, для линии – это степень извилистости, изгиба. Для прямой линии она равна 1, для извилистой – 1,04, для более извилистой – 1,15, для сильно извилистой – 1,63. Другими словами, извилистая линия уже не

прямая линия с размерностью 1, но ещё и не поверхность, размерность которой 2. Таким образом, фрактальная размерность обладает большой чувствительностью при отклонении объектов от идеальных форм и индивидуализирует объект, подчёркивая несовершенство (?) или совершенство его форм.

Бенуа Мандельброт комментирует открытое им явление следующими строками: «Почему геометрию часто называют холодной и сухой? Одна из причин кроется в её неспособности описывать форму облака, горы, береговой линии или дерева. Облака – не сферы, горы – не конусы, береговые линии – не окружности, древесная кора – не гладкая, и молния – далеко не прямая... Природа демонстрирует нам не просто более высокий, а совершенно иной уровень сложности» [3].

Другой особенностью фрактальных структур является принцип самоподобия. Б.Мандельброт даёт следующее определение фракталам: «Фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому».

На рис. 1 приведены фотофиксации одного и того же участка структуры пенобетона при различной степени их увеличения. По фотографиям видно, что при небольшом увеличении, очертания межпоровых перегородок кажутся гладкими и ровными, а форма пор напоминает сферу. При большем увеличении наглядно наблюдается отклонение очертаний межпоровых перегородок от ровных и плавных линий, а формы пор от сферы. Конфигурация межпоровых перегородок на самом деле далеко не идеально ровная. Присутствует также и принцип самоподобия, т.к. любая часть фрагмента структуры визуально подобна изображению всей площади снимка (рис. 1а).

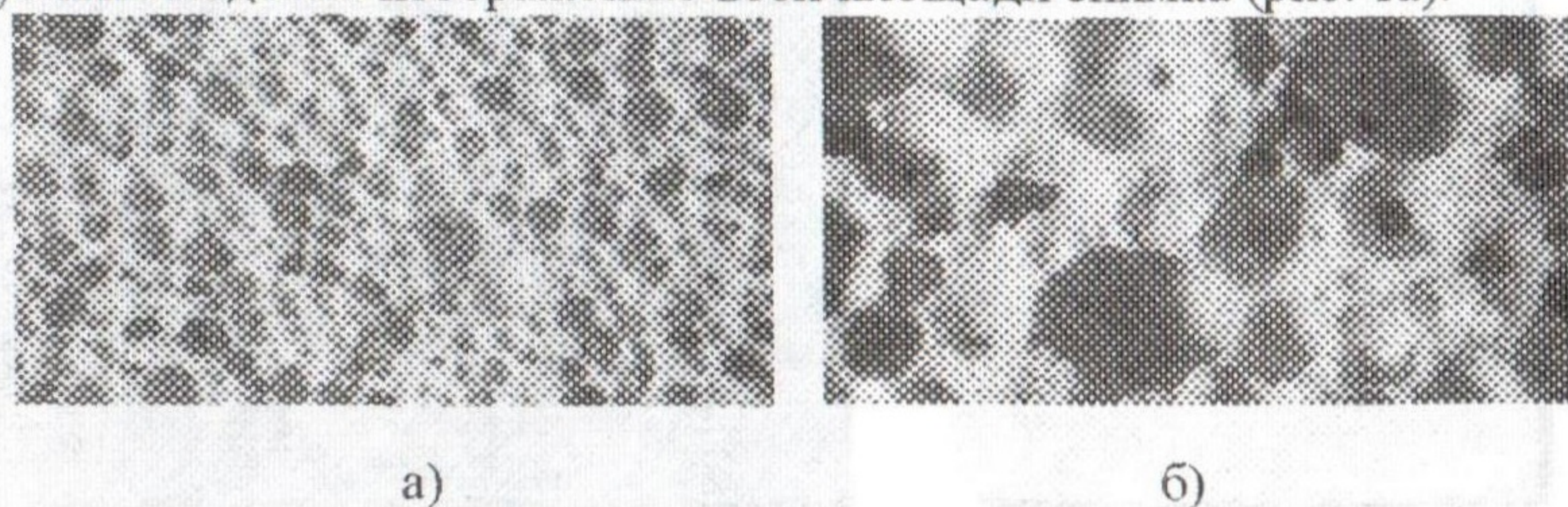


Рис. 1. Фотофиксации структуры пенобетона, увеличенной:

а) в 14 раз, б) в 98 раз

Таким образом, проведенный анализ позволяет нам рассматривать объект исследований «ячеистый бетон», как фрактальную структуру.

Для оценки указанных выше структурных параметров ячеистых бетонов через фрактальную размерность разрабатывается метод,

который базируется на фиксировании структур ячеистого бетона в срезе при помощи цифровой видеокамеры при различном масштабировании зафиксированных участков. После компьютерной обработки видеоснимков при помощи программы, разработанной А.Н. Герегой (Одесская государственная академия холода) вычисляются показатели фрактальной и информационной размерности. Одновременно на образцах-близнецах зафиксированных структур определяются физико-механические показатели (прочность, плотность, теплопроводность и пр). По корреляционным зависимостям между физико-механическими свойствами и фрактальной (информационной) размерностью оценивается влияние структурных параметров на свойства ячеистого бетона.

Второе направление основывается на представлении объекта исследований «ячеистый бетон» в виде системы.

Где под системой подразумевается совокупность взаимосвязанных элементов, определяющих функциональную предназначенность системы и её свойства.

В работах [4,5] показано, что в процессе структурообразования композиционных строительных материалов в результате различных физико-химических процессов, в материалах образовывается разветвлённая сеть трещин различного масштабного уровня. Трещины нарушают сплошность твердой составляющей и расчленяют ее на отдельные структурные блоки (кластеры). Структуры цементного камня, а также пенобетона приведены на рис. 2.

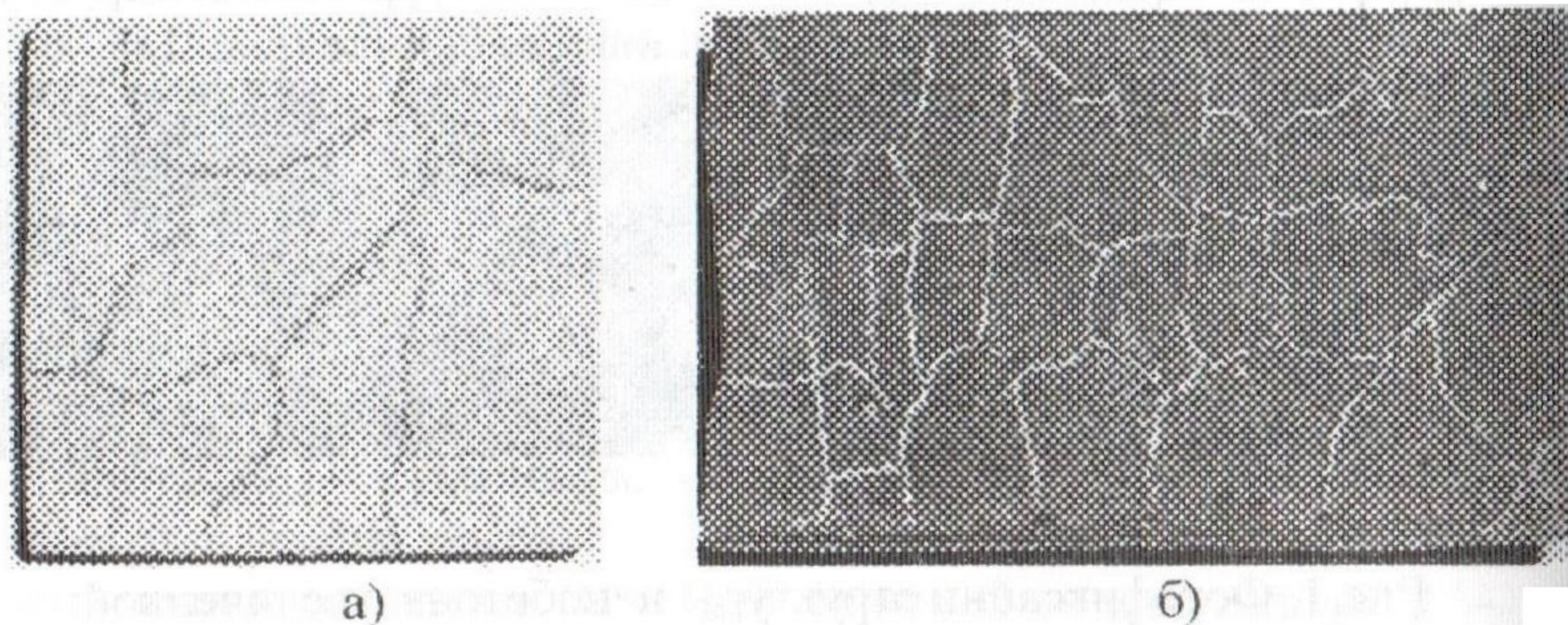


Рис.2. Фотофиксации структур а) пенобетона, б) цементного камня

Отмеченное выше, позволяет представить объект «цементный камень» или «ячеистый бетон», как систему, состоящую из взаимосвязанных структурных блоков. Подобное представление позволяет свести зависимость свойств, к количественным и

качественным характеристикам структурных блоков, как элементов системы и количественным и качественным характеристикам связей между ними (трещины).

Для количественной оценки, указанных параметров твердой фазы, разрабатываются методы изучения влияния рецептурно-технологических факторов на характер распределения твердой составляющей на физических моделях материалов макропористой структуры.

Некоторые из результатов приведены в следующей статье настоящего сборника.

Литература.

1. Меркин А.П. Научные и практические основы улучшения структуры и свойств поризованных бетонов.: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1972. – 35 с.
2. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. - М.: Стройиздат, 1980. - 396 с.
3. Б. Мандельброт Фрактальная геометрия природы – Москва, ИКИ – 2002 г. – 656 с.
4. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Сиренко А.В. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. Киев: «Будивэльньо», – 1991. – 143 с.
5. Мартынов В.И., Выровой В.Н., Орлов Д.А. Особенности структурообразования и пути улучшения свойств неавтоклавно пенобетона. Киев.: Строительные материалы и изделия. №2, 2005 С.17-20