

ОСОБЕННОСТИ КАПИЛЛЯРНО – ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ И БЕТОНА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ КОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Есеева Л.Б.

Мақалада темірбетон бұйымдары мен конструкцияларының техникалық қасиеттері мен олардың төзімділігі қарастырылған.

In article provide some engineering attribute iron concrete product and construction, and his durability.

Многие технические свойства железобетонных изделий и конструкций, и в первую очередь их долговечность, зависят в значительной степени от структуры бетона, которая формируется в процессе его твердения и службы. Основное влияние на структуру бетона, которая формируется в процессе его твердения и службы. Основное влияние на структуру бетона оказывают соотношение твердой и жидкой фаз в цементном тесте и бетонной смеси, и гранулометрический состав заполнителей, тонкость помола и вид цемента, характер контактной зоны цементный камень – заполнитель и т.д. [1].

В связи с этим исследованию структуры бетонов и влиянию ее на их свойства уделяют все большее внимание. Формируя направленно ту или иную структуру, можно изменять свойства бетонов в достаточно широких пределах, значительно повышать их долговечность [2].

Важная особенность структуры цементных бетонов высокая степень ее неоднородности. Причина этой неоднородности – различное количественное содержание компонентов бетона с разнообразными физико-механическими свойствами, а также наличие пор и микротрещин.

Учитывая свойства компонентов бетона, отдельные исследователи выделяют в бетонах три типа структуры: микроструктуру – структуруцементного камня; мезоструктуру - структуру двухкомпонентного цементно-песчаного раствора; макроструктуру бетона как двух компонентную систему из щебня и цементно-песчаного раствора. По исследованиям. П.А.Ребиндера, микроструктура цементных бетона может быть трех типов: коагуляционная, конденсационная и кристаллизационная. Для свежесготовленного цементного теста характерна коагуляционная микроструктура (структура, полученная за счет сцепления продуктов гидратации цемента под действием ван-дер-ваальсовых сил), которая постепенно переходит в кристаллизационно – коагуляционную.

Кристаллизационная структура (в ней пространственная связь обеспечивается срастанием продуктов гидратации за счет сил валентных связей) наиболее устойчива и долговечна. Конденсационные микроструктуры возникают в результате уменьшения жидкой фазы в коагуляционных структурах, при этом утрачивается тиксотропия, пластичность и эластичность этих структур.

Структура цементного камня. Структура цементного камня в бетоне зрелого возраста имеет явно выраженный коагуляционно – кристаллизационный характер. Строение и взаимосвязь структурных элементов, размеры и характер пор и капилляров, соотношения между фазовыми составляющими зависят от

минералогического состава исходного цемента, количества воды затворения, технологии приготовления и укладки, времени и режима твердения и других факторов. Цементный камень, являясь капиллярно – пористым телом, представляет собой трехфазную гетерогенную систему, состоящую из твердой жидкой и газообразной фаз.

Твердая фаза цементного камня формируется из продуктов гидратации и оставшихся негидратированными зерен исходного цемента.

Такая система нестабильна. В ней непрерывно происходят химические и физико-химические превращения, включающие помимо коагуляционно - кристаллизационного структурообразования седиментацию и другие сложные процессы.

В минералогическом отношении гидратные новообразования в цементном камне, как указывалось выше, представлены волокнистой гелеобразной фазой, близкой по структуре и составу к тобермориту (основная масса), а также кристаллическими фазами, состоящими из очень тонких пластинок гидрооксида кальция (около 1 мк в поперечнике), гексагональных пластинок четырехкальциевого гидроалюмината, игольчатых и нитеобразных кристаллов этtringита.

Степень закристаллизованности тоберморитоподобных гидросиликатов кальция (или степень аморфности этих фаз) переменна и зависит от многих технологических факторов. В связи с этим микроструктура цементного камня может сильно видоизменяться.

Из - за такого большого разнообразия микроструктур различных видов цементного камня единственное общее их свойство – огромная удельная поверхность, достигающая $500 - 700 \text{ м}^2 / \text{см}^3$ ($\sim 200 \text{ м}^2 / \text{г}$) [3].

Из общего количества молекул, составляющих коллоидную часть цементного геля, от половины до $\frac{2}{3}$ находится на его поверхностях, тогда на 1 см^3 геля образуется в прежних границах цементных зерен и $1,2 \text{ см}^3$ – вне них, в пространстве, заполненном раньше водой. Естественный результат роста неправильных по форме частиц новообразований в цементном камне из произвольно разбросанных исходных точек (средний размер частиц геля равен $70 - 80 \text{ \AA}$) – образование в цементном камне пор и зазоров между частицами. Количество этих пор в цементном геле составляет около 28%, а их средний размер достигает 18 \AA (от 10 до 40 \AA), что почти в пять раз превышает диаметр молекулы воды [4].

Вода, а порах геля находится в особом состоянии и не переходит в лед при температуре – 40 и даже -78°C .

Таким образом, цементный гель – это один из компонентов цементного камня. Другим компонентом является остаточное пространство, первоначально заполненное водой и не занятое гелем. Это пространство Пауэрс называет капиллярными пустотами.

В общем случае порами Пауэрс считает промежутки, которые могут быть заполнены водой, способной испаряться при постоянной низкой внешней влажности и при данной температуре (т.е. здесь не учитываются пузырьки вовлеченного воздуха). Изменение условий влажностного и температурного режима хранения цементного камня вызывает соответствующее изменение кажущегося отношения: твердое/поры. Таким образом, выбор условий высушивания зависит от пространства, занимаемого порами и твердым веществом, и если цементное тесто

хорошо уплотнено (воздушная пористость составляет не более 1 – 2%), то поры в твердеющем цементном камне образуются вследствие испарения воды [4].

Испаряющаяся вода имеет две формы связи с цементным камнем – физико-химическую и физико-механическую, и поэтому помимо пор геля, а цементном камне можно выделить еще две группы пор: капиллярные и контракционные [3].

Пористость цементного камня определяется в какой-то степени балансом противодействующих внутренних сил. Введение жидкости в такую систему частиц связано с высвобождением энергии и изменением баланса сил. Поверхности меняют свое относительное положение, а вместе с этим изменяется и пористость; происходит набухание. Таким образом, количество жидкости, которое может поместиться в промежуточном пространстве, зависит частично от величины набухания. Оно может зависеть и от того, в какой степени молекулы жидкости приспособляются к атомной текстуре поверхностей, а также от размеров молекул и величины мельчайших межчастичных промежутков.

Набухание, вызываемое водой, значительно больше того, которое может быть вызвано органическими жидкостями или инертными газами, так как молекулы воды сравнительно малы и сильно притягиваются поверхностью частиц.

Свойства цементного геля и степень его «разбавления» капиллярными пустотами, а также поведение воды в порах геля и в капиллярах, как уже отмечалось выше, определяют важнейшие характеристики цементного камня и бетона. Поскольку капиллярная пористость является важным фактором, определение ее может значительно облегчить изучение таких свойств цементного камня и бетона, как прочность, деформативная способность, проницаемость и долговечность.

Наибольший интерес из последних работ представляют исследования П.П.Ступаченко. Он дает оценку пористости цементного камня по радиусам по аналогии с делением, принятым в сорбционной технике. Микропорами он считает поры с радиусом $25-50\text{Å}$ (к этой группе в основном относятся поры геля), а переходными порами - поры с радиусом от $25-50\text{Å}$ до $500-1000\text{Å}$. Переходные поры представляют собой основную часть капиллярной пористости. Макропоры - это поры с радиусом более $500-1000\text{Å}$. Поры с радиусом более $100\ 000\text{Å}$ (т. е. более 10 мк) фактически уже не являются порами, а представляют собой пустоты и неровности структуры, так как в них поверхность мениска воды приближается к плоской, и капиллярные силы весьма незначительны. Следует иметь в виду, что под «радиусом поры» понимают величину не истинного, а «эффективного» радиуса, т.е. усредненного [5].

Значительные структурные изменения происходят при твердении цементных материалов на воздухе. Испытания I в возрасте 28 суток показали, что при мало изменившейся суммарной пористости у цементного камня с $V/C = 0,25$ на 18% увеличилась макропористость и снизился объем микропереходных пор на 50%. Подобное увеличение макропористости зафиксировано при воздушном твердении цементного камня с $V/C = 0,3$ и цементных растворов. Значительное уменьшение микропереходной пористости, очевидно, связано с физическими процессами испарения гелевой и капиллярной воды, а увеличение макропористости - с контракцией в цементном камне. Попеременное замораживание и оттаивание цементных материалов вызывает микронарушения пористой структуры. После 50 циклов замораживания и оттаивания у раствора с $V/C=0,5$ несколько увеличилась суммарная и макропористость и уменьшилась микропереходная пористость.

Увеличение объема крупных переходных и микропор можно объяснить расклинивающим воздействием на микроструктуру цементного камня воды, отжимаемой твердеющей фазой льда в микрокапилляры и поры, что приводит к микронарушениям структуры и некоторому снижению прочности. Этот эффект наблюдается при испытании на замораживание после 25 циклов и выше. При меньших циклах испытаний возможно некоторое уплотнение макропор цементного камня.

Структура растворов и бетонов. Условно рассматривая бетоны как искусственные горные породы, отдельные авторы [6] различают в их макро - и мезоструктурах разные формы цементации.

При базальной цементации зерна щебня не образуют взаимных контактов, и в этом случае свойства бетонов обуславливаются преимущественно свойствами раствора, зерна же щебня не только не повышают прочность структуры бетона, а даже наоборот, действуя как концентраторы напряжений, снижают ее. Для поровой цементации характерно более полное насыщение бетона зернами щебня. В этом случае щебень в теле бетона образует плотный каркас, в котором отдельные зерна щебня склеены в монолит сравнительно тонкой прослойкой раствора и способны воспринимать значительные усилия.

При дальнейшем увеличении количества щебня в бетоне структура с поровой цементацией переходит в структуру с контактной цементацией, характерную для крупнопористых бетонов [7].

Вполне естественно, что качество бетонов с одинаковыми заполнителями понижается тем значительнее, чем выше поглощение воды. Это необходимо учитывать при выборе бетонов, предназначенных для службы в агрессивных средах.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что улучшение структурных свойств бетона может быть достигнуто путем сокращения суммарного объема пор, уменьшения седиментационных капилляров, а также изменения характера пористости за счет перевода открытой пористости в замкнутую.

Литература:

1. Стольников В.В. Исследования по гидротехническому бетону. Госэнергоиздат, М.-Л., 1962.
2. Ребиндер П.А. Физико -химическая механика. «Знание», 1958.
3. Ребиндер П.А. Процессы структурообразования в дисперсных системах. Изд. Ташкент, 1966.
4. Пауэрс Т. Физические свойства цементного теста и камня. 4-й международный конгресс по химии цемента. Стройиздат, 1964.
5. Ступаченко П.П. Структурная пористость и ее связь со свойствами цементных, силикатных и гипсовых материалов. Труды Дальневосточного политехнического института, т.63, вып.1,1964.
6. Глуценко Н.Ф. Роль щебня и влияние его на свойства цементного бетона. Изд. ХГУ, 1961.
7. Грушко И.М., Глуценко Н.Ф., Ильин А.Г. Структура и прочность дорожного цементного бетона. Изд. ХГУ, 1965.