ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/410

ВЗАИМОПРОНИКНОВЕНИЕ ВЕЩЕСТВА, КАК ФАКТОР УВЕЛИЧЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ БЕТОНОВ В СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Иванов Д.А., Молодин В.В.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, Новосибирск

Надёжность и прочность сборно-монолитных конструкций, в которых после замоноличивания сборные и монолитные части работают совместно, в большей мере обеспечиваются качественным соединением в узлах. Вопрос сцепления зрелого бетона и бетона, уложенного и твердеющего позже, в таких конструкциях становится весьма актуальным.

Бетон является капиллярно-пористым телом. Капилляры пронизывают его тело, обеспечивая паро- и водопроницаемость. При укладке бетонной смеси в сборно-монолитную конструкцию, жидкость затворения проникает в поры и капилляры зрелого бетона (массоперенос) и влияет на сцепление [1, 2, 3].

Исследования автора, позволившие исследовать глубину проникновения жидкости затворения вглубь бетона методом кондуктометрии, показали, что в зависимости от величины температурного градиента она может достигать у обычных бетонов 60-80 мм. Выполненные ранее исследования дают основание полагать, что миграционный поток влаги увлекает с собой частицы цемента и продукты его гидратации, что ведет к увеличению силы сцепления [2, 5, 8]. Очевидно, что продукты гидролиза и гидратации цементного клинкера, проникая в поры и капилляры зрелого бетона и вступая в химические реакции друг с другом, превращаются там в новообразования, формирующие цементный камень. Изучению этого явления посвящено настоящее исследование.

Процесс структурообразования в портландцементе протекает с наличием двух взаимодействующих структур – гидросульфоалюминатной и гидросиликатной. Основную роль при твердении играют силикаты кальция, которые образуют при гидратации гидросиликаты и гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В этот период количество продуктов гидратации, в том числе гидросульфоалюмината кальция – этtringита и гексагональных кристаллов $\text{Ca}(\text{OH})_2$ невелико. Затем наблюдается резкий рост пластической прочности с усиленным образованием кристаллов и этtringита и гидросиликатов кальция [4].

Таким образом, в процессе растворения клинкера и последующего структурообразования цементного камня, в первые 6-12 часов, после растворения, наблюдается большое количество пластинчатых кристаллов гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [4, 5, 6]. Но, к концу стандартного твердения его количество сводится к минимуму, то есть в зрелом бетоне он практически отсутствует. Следовательно, гидроксид кальция может служить маркером наличия новообразований цементного камня в теле зрелого бетона.

Для исследования из бетона класса В20 изготавливались бетонные образцы размером 150×150×150 мм, которые выдерживались в нормальных условиях твердения 60 суток. Перед испытанием образцы из зрелого бетона зажимались в форму, где занимали её половину и замораживались в холодильной камере. Во вторую половину, после охлаждения модели, укладывалась бетонная смесь того же состава, что и зрелый бетон, которая подвергалась форсированной термообработке при температуре 80 °С, для создания температурного градиента в 1000-1500 °С/м. С целью создания одномерного температурного поля модель тщательно утеплялась, за исключением торцов. Через 1 час после начала термообработки модель раскалывалась перпендикулярно шву. Из центральной части образца брались пробы цементного камня из зрелого бетона и из только что схватившейся смеси. Образцы немедленно отправлялись на рентгеноструктурный анализ [7].

Результаты анализа проб, показали, что в свежей смеси (точки 1 и 2), а также в зрелом бетоне 60-суточного возраста, в зонах, куда не проникла влага (точка 6), наличие гидроксида кальция не обнаружено. В увлажненных зонах зарегистрировано появление кристаллов

Секция 8. Сварка, родственные процессы и технологии для создания технических систем ответственного и специального назначения, в том числе для эксплуатации в экстремальных условиях и низких климатических температур Арктики и Крайнего Севера

$\text{Ca}(\text{OH})_2$. При этом содержание ее кристаллической фазы, судя по величине пиков меняется, от меньшего в зоне контакта к большему в глубине образца.

Рис. 1. Рентгенограмма цементного камня и свежей смеси по сечению стыка «зрелый бетон – свежий бетон» через 0,5 часа после термообработки

Полученные данные хорошо объясняют и дополняют картину массообмена в стыке, подвергающемся термообработке. Через 0,5 часа после термообработки в свежем бетоне образование кристаллов гидроксида кальция еще не началось. В зрелом бетоне, не подвергавшемся увлажнению, ее содержание мало и отклика на рентгенограмме практически не дает. Просочившееся в бетон цементное молоко увлажняет его в разной степени. В зависимости от влажности, кристаллизация $\text{Ca}(\text{OH})_2$, просочившейся с жидкостью затворения, началась и дала отклик. В зонах, где увлажнение слабо (точка 5) кристаллизация идет давно, и кристаллов образовалось больше, чем в зонах, где влажность выше. По высоте пиков рентгенограммы можно установить, что элементы цемента, растворенные в воде, за время термообработки проникают вглубь зрелого бетона аналогично влаге, определённой автором ранее методами кондуктометрии, на глубину до 75 мм. Однако, главным образом, она сосредотачивается в приконтактной зоне, в 20-30 мм от поверхности.

1. Feret R. Resistances des betons a cohérence et décollement comparées a la compression, a la flexion, a la traction. Paris 1930.
2. Утенков В.Ф., Власова М.А. Заделка стыков сборных железобетонных конструкций в зимних условиях. Москва, 1958.
3. Ле Тхой Зыонг, Глаголев А.В. Факторы, влияющие на сцепление старого и нового бетона // Точная наука, 2017. №7. С. 35-38.
4. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов. Москва, 1971.
5. Тейлор Хел, Химия цемента. Москва, 1996.
6. Суворова А.А, Пришлецова Т.Д., Сычева Г.Н., Соболев Р.П. Химия неорганических вяжущих материалов. Москва, 2007.
7. Китайгородский А.И. Рентгеноструктурный анализ. Москва, 1950.