

ТРАНЗИТНАЯ ЗОНА КАК ОТДЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СТРУКТУРЫ БЕТОНА

Романькова Т.В.

Введение. Исследования в формировании структуры бетона, жесткостных, деформативных и прочностных характеристик бетонов являются актуальными.

Длительное время бетон рассматривался как двухфазный композитный материал, состоящий из заполнителей, представляющих собой дискретные элементы различных размеров, формы и объемного содержания, расположенные в континууме цементной матрицы [1]. Однако в таком представлении зачастую игнорировалось влияние заполнителей на условия формирования микроструктуры цементного камня.

В структуре бетона был выделен 3-й компонент – транзитная [2] или контактная [3] зона между матрицей и заполнителем.

В нашем представлении, 3-й компонент в большей степени соответствует термину транзитная зона, под которым следует понимать область цементной матрицы вокруг заполнителя, отличающаяся по своим свойствам как от цементного камня, так и от заполнителя.

Свойства транзитной зоны. Транзитная зона (ТЗ) является частью цементной матрицы, но, несмотря на это, ТЗ можно выделить как отдельный элемент структуры бетона.

Значимость влияния ТЗ на свойства композита обуславливается двумя факторами: значительными различиями в свойствах ТЗ и непосредственно цементной матрицы, а также объемной концентрацией и, как следствие, количеством перколированных (англ. *percolation* – просачивание, перетекание) транзитных зон [4].

Winslow и Liu в своих исследованиях [5] продемонстрировали, что поровая структура цементного камня в бетоне несколько иная, чем чистого цементного камня. Используя метод ртутной интрузионной порометрии, они обнаружили, что цементная матрица в бетоне содержит больше поры, чем в аналогичном цементном камне.

Исследуя цементную матрицу у поверхности раздела «заполнитель – цементный камень» при помощи сканирующего электронного микроскопа (BSE), авторы [6] обнаружили область размерами около 50 мкм с пониженным количеством непрогидратировавших зерен цемента, с повышенной пористостью и большими размерами кристаллов гидроксида кальция по сравнению с остальным объемом цементного камня. Авторы пришли к выводу, что в бетоне существует область цементной матрицы, расположенная вокруг заполнителя, т. е. «транзитная зона» (см. рис. 1).

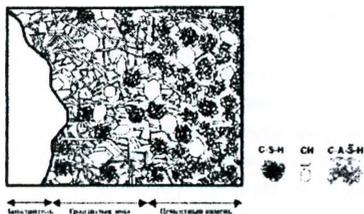


Рисунок 1 – Схематическое изображение микроструктуры бетона как трехкомпонентного композита согласно данным работы [2]

ТЗ, являющуюся связующим звеном между заполнителем и цементной матрицей, следует считать и самым «слабым звеном» в этой системе. Авторами [7] были исследованы структура и состав ТЗ между зернами заполнителей и цементным камнем, а также влияние различных факторов на её формирование и свойства.

В обычном бетоне на портландцементном вяжущем ТЗ представляет собой микрообъем цементного камня вокруг заполнителя размером приблизительно 35-50 мкм, характеризующийся повышенной пористостью (примерно на 10% выше пористости остальной матрицы), при этом поры ТЗ несколько крупнее, чем в остальном объеме. Для ТЗ также характерно пониженное содержание CSH, более высокое В/Ц, и преобладание укрупненных кристаллов СН (все в сравнении с остальным объемом цементной матрицы бетона) (см. рис. 2).

Микроструктура ТЗ ячеистого бетона подобна микроструктуре обычного бетона на портландцементном вяжущем (см. рис. 2).

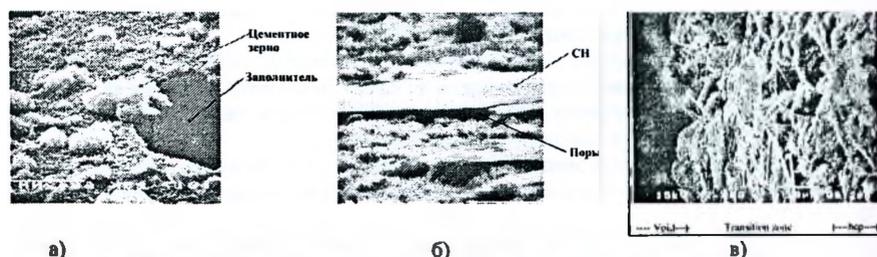


Рисунок 2 – Микроструктура транзитной зоны: а) и б) – бетона на тяжелом заполнителе согласно [2], в) – ячеистого бетона [8]

Авторы [9] выделяют в транзитной зоне четыре следующих структурных элемента: 1) контактный слой толщиной 2..3 мкм, состоящий преимущественно из осажденных на поверхность заполнителя гидратных новообразований и включающий значительное количество пор и свободную воду; 2) слой толщиной 5..10 мкм, богатый кристаллами гидроксида кальция и этtringита, а также содержащий некоторое количество геля CSH; 3) слой толщиной 5..10 мкм, характеризующийся наличием некоторого количества ориентированных кристаллов гидроксида кальция; 4) диффузионный слой.

Формирование транзитной зоны обусловлено двумя параллельно протекающими эффектами – т.н. «эффектом стены» [10] и «эффектом одностороннего роста» [11].

Благодаря эффектам стены и одностороннего роста в ТЗ содержится пониженное содержание непрогидратировавших цементных зерен, которое достигает нуля непосредственно у поверхности заполнителя. И как результат такого распределения зерен цемента является возрастание количества пор в ТЗ.

Говоря об оптимизации свойств ТЗ для получения высококачественных бетонов, необходимо понимать, что оптимизация предполагает под собой комплекс мероприятий, направленных как непосредственно на улучшение микроструктуры ТЗ, так и на снижение количества перколированных зон.

Если последнее достигается путем рационального подбора заполнителей с определенным гранулометрическим составом и назначения оптимального расхода вяжущего, то улучшение микроструктуры может быть достигнуто различными путями, такими как применением активного заполнителя, применением ультрадисперсных наполнителей (УДН) с эффективными суперпластификаторами, а также применением специальных вяжущих.

На рис. 3. представлена микроструктура бетона без мелкодисперсной добавки (а), с добавлением микрокремнезема (МК(SF)) (б) и золы-уноса (в) соответственно, полученных под сканирующим электронным микроскопом. На изображениях непрогидратировавшие цементные зерна представлены как самые светлые включения, СН – светло-серый, остальные продукты гидратации – темно-серые включения, и поры – представлены черным цветом [12].

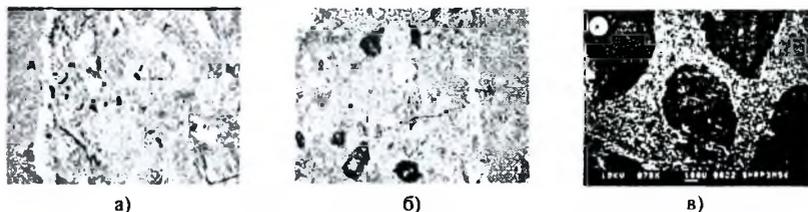


Рисунок 3 – Микроструктура ТЗ между заполнителем и цементной матрицей в бетонах а) без УДН, б) с добавкой МК согласно [12], в) с добавкой золы-уноса [13]

Заключение. Бетон необходимо рассматривать как трехкомпонентный материал, транзитная зона между заполнителем и цементной матрицей которого отвечает за прочность сцепления по контакту «цементный камень – включение» и оказывает существенное влияние на деформативно-прочностные характеристики, проницаемость, коррозионную стойкость и усадочные деформации.

Все вышеприведенные данные позволяют сделать вывод о необходимости выделения транзитной зоны в отдельный элемент бетона.

Список цитированных источников

1. Nemati, K. M. Generation and Interactio of Compressive Stress-Induced Microcracks in Concrete, PhD Thesis, University of California, Berkeley (1994).
2. Barnes, B.D., Diamond Sindey, Dolch W.L. The Contact Zone between Portland Cement Paste and Glass "Aggregate" Surfaces // *Cem. and Concr. Res.* – 1978. – №2. – P.233–243.
3. Опекунов В.В. Конструкционно-теплоизоляционные бетоны: монография. – К.: Академперіодика, 2002. – 270 с.
4. Groves, G.W. Microcrystalline Calcium Hydroxide in Portland Cement Pastes of Low Water/Cement Ratio // *Cement and Concrete Research.* – Vol. 11, 1981. – P. 713–718.
5. Larbi, J.A., Bijcn, J.M. The chemistry of the pole fluid of silica fume-blended cement systems // *Cem. and Concr. Res.* – 1990. – V20. – № 4. – P. 506–516.
6. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1998. – 768 с.
7. Ахвердов, И.Н., Смольский, А.Е., Сточеляс, В.В. Моделирование напряженного состояния бетона и железобетона. – Мн., 1973. – 230с.
8. N Narayanan, K. Ramamurthy. Microstructural investigations on aerated concrete

9. Liu Zheng, Ling Zhida, Tang Mingshu. Microstructure of the Interfacial Zone between Dolomite Aggregate and Cement Paste // *J. Chin. Silic. Soc.* – 1986. – № 4. – P. 400–405.

10. Bradley, G., Howarth, I.M. Water Soluble Polymers: the Relationship Between Structure, Dispersing Action, and Rate of Cement Hydration // *Cement, Concrete and Aggregates* – 1986. – Vol. 8. – P. 68–75.

11. Структура, прочность и деформации бетонов / Под ред. А.Е. Десова. – М.: Госстройиздат, 1966.

12. Bentz, D.P., Garboczi, E.J. Simulation studies of the effects of mineral admixtures on the cement paste – aggregate interfacial zone // *ACI Mater. J.* – 1991. – № 8 – P. 518–529.

13. Roy, D.M., Grutzeck, M.W., Shi, D., Lui, G. Cement paste Aggregate Interfacial Microstructure

PROPOZYCJA ALGORYTMU REALIZACJI OBIEKTÓW Z BETONU MONOLITYCZNEGO W TEMPERATURACH OBNIŻONYCH

Tadeusz Bobko

Wprowadzenie. W artykule jako podstawowe wymagania stawiane budynkom rozpatruje się:

1. Wymagania funkcjonalności które obejmują zakres charakterystyk jakim powinien odpowiadać budynek ze względu na przeznaczenie, tzn. zapewnienie normalnego poziomu funkcjonowania w budynku człowieka, urządzeń technologicznych, zachowywania wymaganych uwarunkowań eksploatacyjnych w zakresie wieku technicznego budynku. Tym wymaganiom podporządkowane są wszystkie komponenty budynku:

- rozplanowanie przestrzenne (zestawienie pomieszczeń, układ, powierzchnie i kubatura pomieszczeń);
- rodzaj i materiały budowlane niesiących i osłaniających elementów budynku;
- typ, udźwig maszyn do wykonywania procesów ładunkowych (w budynkach produkcyjnych);
- urządzenia inżynierii sanitarnej;
- warunki sanitarno - higieniczne (oświetlenie, wymiana powietrza, poziom hałasu, ciepło, temperatura, klimatyzacja i tp.);
- jakość robót wykończeniowych, ergonomia.

W celu zabezpieczenia budynku przed moralnym starzeniem się należy stosować rozwiązania przestrzenne i materiałowo-konstrukcyjne umożliwiające wprowadzenie zmian w celu udoskonalenia procesów technologicznych w budynku bez rekonstrukcji samego budynku

2. Wymagania techniczne polegają na zapewnieniu budynkowi wytrzymałości, stateczności, trwałości, niezawodności, racjonalnej energochłonności podczas eksploatacji budynku, uprzemysłowionego wznoszenia.

Konieczne jest również uwzględnienie wymagań przeciwpożarowych, ekologicznych, architektonicznych, ekonomicznych i oszczędności energetycznych podczas wykonywania procesów budowlanych, które mają bezpośredni wpływ na zakres i jakość rozwiązania funkcji budynku i jego charakterystyki techniczne.