

УДК 666.94.017

## **КОНСТРУКЦИОННЫЕ БЕТОНЫ С МИНЕРАЛЬНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ.**

**Макарова С.С.** канд. техн. наук, доцент (ОГАСА, г. Одесса)

**Приведены некоторые результаты экспериментальных исследований влияния наполнителей на физико-механические свойства конструкционных бетонов.**

Физико-механические свойства бетона, как сложноорганизованного композиционного материала, определяются взаимосвязью и взаимовлиянием всех уровней структурных неоднородностей, и зависит от совокупности структурных параметров. К одним из важных структурных параметров можно отнести технологические трещины, возникающие в период технологической переработки бетона в изделие на всех уровнях структурных неоднородностей. Особенно важно учитывать технологическую поврежденность при эксплуатации конструкции в условиях переменного воздействия среды. Возникающие при этом объёмные деформации проявляются на берегах трещин, что способствует развитию трещин эксплуатации и снижению срока эксплуатации конструкции. Настоящая статья освещает некоторые аспекты управления начальной поврежденностью при производстве строительных конструкций из тяжёлого бетона. Управлять начальной поврежденностью конструкционных бетонов можно при помощи назначения оптимального количества минеральных наполнителей.

Применение наполнителей оптимальных по виду дисперсности и количеству позволяет снизить начальную поврежденность бетонов и повышает их физико-механические характеристики, снижать расход цемента, повышать стойкость бетона при эксплуатации конструкции в условиях температурно-влажностных градиентов среды.

Исследованию влияния наполнителей на эксплуатационные и физико-механические характеристики цементных композиций посвящены работы многих исследователей, в частности В.И. Саломатов, И.А. Рыбьев, Л.И. Левин, П.В. Кривенко, Л.И. Дворкин и др.

В последние годы этому вопросу посвящены работы В.Н. Вырвого, В.С. Дорофеева, Н.В. Пушкарь.

Вместе с тем в работах перечисленных авторов недостаточно изучен вопрос стойкости бетона с наполнителями в условиях температурно-влажностных условий. Результаты исследований, позволили дополнить и уточнить характер развития трещин при знакопеременных нагрузках. На кафедре «



Производства строительных изделий и конструкций» ОГАСА на протяжении длительного времени проводятся комплексные исследования по использованию в бетонах различных наполнителей и технологической поврежденности изделий из бетона и её трансформации при эксплуатации конструкций.

В качестве минеральных наполнителей цемента и бетона используются вещества природного или искусственного происхождения, вторичные продукты промышленных и энергетических производств, а также попутные породы при добыче сырья.

В опытах для изготовления опытных образцов бетона использовался цемент марки 400, песок морской с модулем крупности 1.94, гранитный щебень фракции 5...10 мм.

В качестве наполнителя применялся предварительно размолотый в шаровой мельнице кварцевый морской песок с удельной поверхностью 100, 200 и 300 м<sup>2</sup>/кг.

Исследования проверялись на образцах кубах и призмах соответственно 100x100x100мм и 100x100x400мм, 70,5x70,5x70,5мм и 70,5x70,5x280мм.

Задача минимизации расхода цемента за счёт управления качеством и количеством наполнителя и их влияние на прочностные характеристики бетонов решались при использовании комплекса модулей класса « смесь-технология-свойства ».

На первом этапе исследований в координатах расхода цемента - количество наполнителей проводился анализ рецептурных факторов на кубиковую и призмную прочность, деформативность. Для подтверждения этого составы бетона подбирались таким образом, чтобы обеспечить постоянную прочность марки 300 ( В 25)

С целью изучения влияния технологической поврежденности на зарождение и развитие эксплуатационных трещин были проведены циклические исследования на морозостойкость; многократное увлажнение и высушивание бетона.

Прочность бетона при сжатии, его деформативные свойства определялись в соответствии с действующим ГОСТами. Испытание на морозостойкость проводили в морозильной камере, обеспечивающие достижение и поддержание температуры минус 60°С с насыщением образцов 5% водным раствором хлорида натрия. Контрольные измерения прочности проводились через 100 циклов.

Попеременное увлажнение и высушивание образцов проводилось на автоматизированном испытательном стенде при автоматическом контроле и поддержании на заданном уровне температуры, оптимальной влажности и скорости движения теплоносителя. Контрольные измерения прочности образцов проводились через 80 и 110 циклов. Поврежденность бетона



технологическими дефектами определялась путём измерения длины поверхностных трещин с помощью курвиметра с точностью до 0,001м на трёх гранях образца. Помимо основных контрольных параметров бетона, в качестве дополнительных для количественной оценки поврежденности бетона технологическими дефектами был введен коэффициент поврежденности.

Анализируя влияние наполнителя на физико-механические свойства бетона можно выделить два характерных случая организации дисперсной системы:

1. поверхностная активность частиц наполнителя ( $F_H$ ) больше или равна поверхностной активности структурных элементов связующего ( $F_э$ );
2. поверхностная активность частиц наполнителя  $F_H < F_э$ .

Минеральные наполнители, участвуя в процессах организации микроструктуры, способствуют уменьшению или увеличению поврежденности цементного камня наследственными дефектами.

Проведенный анализ состояния поверхности образцов показал, что они покрыты сетью трещин. При этом длина поверхностных трещин изменяется в два раза (от 160 до 330 см) в зависимости от состава бетона.

Присутствие наполнителя и его количество влияет на поврежденность бетона. Увеличение количества наполнителя от 5 до 10% ведёт к увеличению протяженности трещин на 15%, а изменение дисперсности наполнителя позволяет изменить протяженность трещины в 1,5 раза.

На формирование структуры, а, следовательно на основные свойства бетона влияют не только вид и количество, но и дисперсность минеральных наполнителей. При сохранении вида и количества наполнителя количество технологических дефектов в первую очередь зависит от дисперсности. Прочностные и деформативные характеристики изучались на образцах с наполнителями и эталонных, т.е. без наполнителя. Средняя прочность при сжатии всех исследуемых составов равнялась  $R = 30 \pm 1,8 \text{ МПа}$

Направленное применение кварцевых наполнителей позволяет в зависимости от количества цемента повышать прочность бетона на 10-40%, при этом необходимо соблюдать состав наполнителей по дисперсности.

Изменение начальной поврежденности ведет к изменению деформативных характеристик и, следовательно, к изменению модуля упругости. Для подтверждения этого явления были проведены исследования бетонов одинаковой прочности ( $R = 30 \text{ МПа}$ ) с различным количеством и дисперсностью наполнителей. Ставилась задача возможности управления начальной поврежденностью и деформативными характеристиками равнопрочностных бетонов за счёт направленного использования наполнителей. Опыты проводились по плану « смесь – технология - свойства



». Изменялось количество цемента ( $340 \pm 40$  кг/м<sup>3</sup>), наполнителей ( $10 \pm 5\%$  от массы цемента) и их дисперсность.

После реализации всех опытов были получены модели прочностей при сжатии, призмных прочностей, модулей упругости нормально-твердеющих и подвергнутых тепловой обработке образцов.

Модуль упругости в зависимости от поврежденности изменялся до 40%. По нашему мнению можно назначать составы бетонов с заданным модулем упругости (при условии сохранения постоянной прочности при сжатии) в зависимости от условий эксплуатации конструкций

При циклических испытаниях бетона на попеременное увлажнение и высушивание установлено, что многократные знакопеременные деформации способствуют развитию наследственных трещин, вызывая появление и развитие новых.

На кинетику повреждения оказывает влияние количество цемента, наполнителя и его дисперсность. При 80 циклах увлажнения и высушивания длина трещин изменяется от 42% при расходе цемента 400 кг/м<sup>3</sup> до 175% при расходе цемента 325 кг/м<sup>3</sup>. С увеличением количества циклов с 80 до 110 происходит накопление повреждений для всех составов бетона. Длина трещин в среднем увеличивается на 70%. Происходит также снижение модуля деформаций до 30% по сравнению с модулем эталонных образцов.

При попеременном замораживании и оттаивании длина трещин изменяется при расходах цемента 375 и 400 кг/м<sup>3</sup>, при малых расходах цемента на повреждение существенного влияния не оказывает ни количество наполнителя, ни его дисперсность. Происходит незначительное снижение призмной прочности. Так при расходе наполнителя 5%; при 100 циклах попеременного замораживания и оттаивания, призмная прочность по сравнению с эталонными образцами, уменьшается на 5...10%, при расходе 10% от веса цемента на 6...12%, при 15% на 10 – 13%. При незначительной потере прочности, модуль упругости изменяется от 20 до 40%. При этом существенную роль оказывает дисперсность наполнителя.

Проведенные исследования показали, что в бетоне присутствует сеть технологических трещин, которые в значительной мере определяют его механические характеристики, и особенно, стойкость при эксплуатационных нагрузках, связанных с экологическим воздействием среды. Одним из способов изменения уровня технологической поврежденности является использование минеральных наполнителей, требуемых количества и дисперсности.

Проведенный комплекс исследований позволяет рекомендовать оптимальные наполнители для монолитного строительства и для заводского изготовления железобетонных конструкций самой разнообразной номенклатуры.



## Литература.

1. Бобков В.В. Физико-механические аспекты оптимизации структуры цементных бетонов. Ленинград, 1990 – с 9...22
2. Выровой В.Н. Физические особенности формирования поверхностей раздела полимерных композиций // В сб. поверхностные явления в полимерах – К. науково думка, 1982 с 23...26
3. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Макарова С.С. Технологическая поврежденность и её влияние на модуль упругости строительных композитов // Труды VI национальной конференции по механике и технологии композиционных материалов – София, 1991 – с 200-203
4. Десов А.Е. Некоторые вопросы структуры, прочности и деформации бетона // В кн. Структура, прочность и деформации бетона // В кн. Структура, прочность и деформация бетонов. М –Стройиздат, 1996, с 4...58
5. Дорофеев В.В., Выровой В.Н., Макарова С.С. Анализ механизмов формирования макроструктуры бетонов. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2002. с 47...54