

мы сжатия центрально-нагруженных призм, причем степень этого отличия зависит от прочности бетона, эксцентриситета приложенной нагрузки, протяженности участка бетона сжатой зоны.

Выводы

Деформирование тяжелого бетона при неоднородном (изгибном, внецентренном) и однородном (осевом) кратковременном сжатии характеризуется качественно одинаковыми закономерностями. Вместе с тем неоднородность напряженного состояния существенно влияет на его сопротивление силовому воздействию, что проявляется в различии между конструктивными механическими характеристиками бетона, реализуемыми в сжатой зоне изгибаемых и внецентренно сжатых железобетонных элементов, и стандартизированными характеристиками, получаемыми при испытании центрально-нагруженных призм. Отмеченное влияние следует учитывать при совершенствовании существующих и разработке новых методов расчета на основе использования конструктивных механических характеристик сжатого бетона вместо стандартизированных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Берг О. Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. — М.: Госстройиздат, 1962. — 96 с.
- 2 Чайка В. П. Оценка прочности и деформативности бетона при сжатии с градиентом напряжений // Изв. вузов. Сер. Стро-во и архитектура. — 1970. — № 10. — С. 3—6.
- 3 Чайка В. П. Две аналогии между деформированным состоянием бетона при неоднородном и трехосном сжатии // Тр. ин-та / Львовский сельскохозяйственный ин-т. — 1980. — т. 90. — С. 45—53.
- 4 Чайка В. П. Данные о напряженном состоянии бетона сжатой зоны изгибаемых железобетонных элементов, полученные аналитическим методом // Тр. ин-та / Львовский сельскохозяйственный ин-т. — 1978. — Т. 80. — С. 77—81.

Авторские свидетельства

№ 38

1263531. Белорусский НИПИ организация и управления строительством Госстроя БССР. Б. И. Рубин, Г. А. Оленни, Ю. В. Григорьев и А. И. Томкович. Устройство для уплотнения изделий из бетонных смесей.

1263532. НИЛ ФХММ и ТП Л. И. Эпштейн, С. А. Цуканов, А. Г. Букати и В. В. Чувырин. Способ формирования крупноразмерных изделий из жестких бетонных смесей.

1263667. МИИТ. В. И. Соломатов, Н. А. Самингов и Х. И. Муминджанов. Полимербетонная смесь.

1263670. Горьковский инженерно-строительный ин-т. А. К. Яворский. Способ изготовления силикатобетонных изделий.

1263776. НИСнА Госстроя КиргССР. П. С. Кузнецов, Ю. Л. Кельплер, А. М. Кулыбеков и др. Узел соединения строительных конструкций.

1263780. ИСнА Госстроя БССР. О. И. Юрков, В. И. Гирдюк и В. П. Никитин. Стеновая панель.

* См.: Открытия. Изобретения. — 1986.

Долговечность

УДК 666.972.69.025

С. Н. АЛЕКСЕЕВ, д-р техн. наук (НИИЖБ);
В. В. БАБИЦКИЙ, Э. И. БАТЯНОВСКИЙ, кандидаты техн. наук,
А. А. ДРОЗД, инж. (Белорусский политехнический ин-т)

Коррозионная стойкость и защитные свойства бетона сухого формования

Одним из наиболее действенных способов увеличения срока службы железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, является снижение проницаемости цементного камня и бетона, от которой зависит коррозионная стойкость материала и его защитные свойства по отношению к стальной арматуре [1]. Известно, что понизить проницаемость бетона можно путем снижения водосодержания бетонной смеси при обеспечении качественного уплотнения, характеризующегося образованием слитной структуры бетона. В этом отношении перспективна технология формования изделий из сухой бетонной смеси, позволяющая получать бетон с $V/C=0,15...0,30$ и высокой плотностью укладки зерен твердой фазы [2, 3].

Для исследования коррозионной стойкости бетона применяли методику ускоренных испытаний, суть которой состояла в комплексном воздействии агрессивной среды и знакопеременных объемных деформаций при попеременном увлажнении и высушивании образцов. Условия испытаний были жесточены тем, что образцы после высушивания, не охлаждая, сразу опускали в агрессивный раствор или воду, и тем самым подвергали бетон дополнительному деструктивному воздействию перепада температуры. В качестве агрессивного агента использовали водный раствор сульфата натрия плотностью 1143 кг/м^3 (концентрация около 15%), отличающегося высокой интенсивностью вызываемой им коррозии бетона.

Образцы-кубы с ребром 10 см изготавливали из сухой бетонной смеси с расходом портландцемента Волковыского завода активностью 36,0 МПа и нормальной густотой 27% 360 кг, природного песка стандартной гранулометрией 810 кг, гранитного щебня прочностью 80,0 МПа и крупностью 5...20 мм 1250 кг на 1 м^3 бетона и из обычной смеси аналогичного состава при $V/C=0,47$ и подвижности 2,5 см.

При формировании образцов сухого бетона смесь уплотняли вибрированием при частоте 50 Гц и амплитуде 0,5 мм в течение 60 с под пригрузом 0,015 МПа, насыщали водой под давлением 0,3 МПа, а затем часть образцов повторно вибрировали 60 с. Одна серия образцов была изготовлена из сухой смеси, подвергнутой в рыхлонасыпанном состоянии и в процессе уплотнения вакуумной обработке; причем режимы уплотнения, насыщения и повторного виброуплотнения аналогичны указанным выше. Образцы из обычного бетона уплотняли

вибрированием в течение 120 с. После 24 сут нормально-влажностного твердения четыре серии из трех образцов в каждой помещали в воду на 96 ч, а затем испытывали на сжатие. Остальные образцы в возрасте 28 сут были подразделены на две серии, одну из которых в дальнейшем насыщали раствором Na_2SO_4 , а другую — водой в течение 8 ч. Затем образцы помещали в сушильный шкаф и выдерживали 16 ч при температуре 80...85°C, после чего следовало насыщение водой или раствором соли без предварительного остывания образцов (температура жидкостей составляла 18...20°C). Визуальный контроль за состоянием поверхности образцов осуществляли ежедневно, прочность бетона и скорость прохождения ультразвуковых колебаний в зависимости от продолжительности испытаний измеряли через 20, 30, 40, 50, 70 и 90 циклов (рис. 1).

В ходе эксперимента установлено, что бетон сухого формования с повторным вибрированием выдержал более 50 циклов испытаний в растворе Na_2SO_4 без видимых признаков разрушения. Аналогичен результат и для бетона, изготовленного с вакуумированием сухой смеси. Шелушение поверхности и округление ребер у образцов бетона одноразового уплотнения появилось к 25, а у образцов обычного бетона — к 15 циклам.

Процесс снижения прочности прогрессирует наиболее интенсивно в обычном бетоне и менее всего в бетоне с вакуумированием сухой смеси и последующим повторным вибрированием. Аналогичная зависимость наблюдается и в изменении скорости прохождения ультразвуковых колебаний в бетоне.

Характер разрушения определяется структурной плотностью бетона: высокоплотный разрушается с поверхности и медленно, а деструкция менее плотного бетона в среде раствора Na_2SO_4 прогрессирует после 15...25 циклов насыщения и высушивания, распространяясь вглубь образца. Этот процесс к 30...35 циклам испытаний обычного бетона и 60...65 циклам для бетона сухого формования одноразового уплотнения охватывает весь объем и вызывает ускоренное снижение прочности бетона.

Значительное повышение коррозионной стойкости бетона сухого формования в результате повторного вибрирования связано с вызываемой им перегруппировкой зерен твердой фазы, сопровождающейся сужением и закупоркой фильтрационных каналов, через которые в сухую смесь проникает насыщающая жидкость, а также процессом дегазации

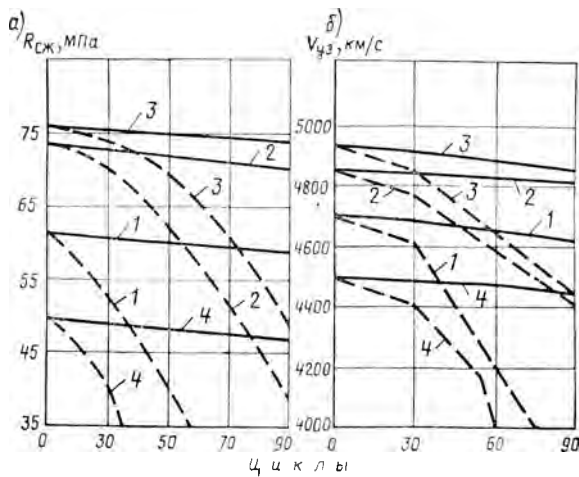


Рис. 1. Изменение прочности бетона (а) и скорости ультразвука (б) в процессе испытаний
1, 2, 3, 4 — бетон соответственно сухого формования, с повторным вибрированием, с предварительным вакуумированием сухой смеси и обычный; — — — при насыщении в растворе Na_2SO_4 ; — — — при насыщении в воде

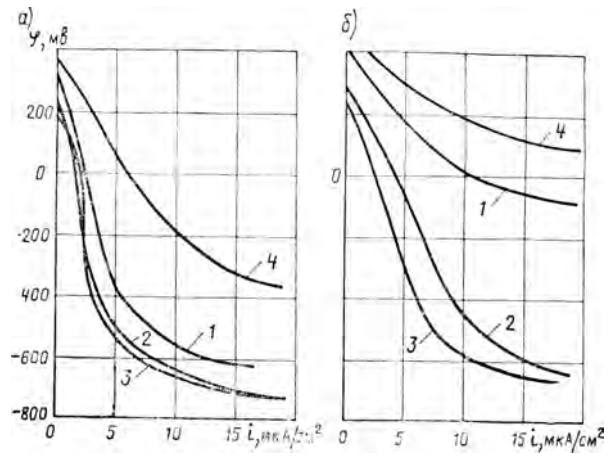


Рис. 2. Анодные поляризационные кривые стальной арматуры в бетоне при разовом насыщении в растворе KCl (а) и после 20 циклов попеременного насыщения в растворе KCl и высушивания (б)
1, 2, 3, 4 — то же, что и на рис. 1

цементных флюкул и перераспределения жидкой фазы. Это обеспечивает создание более плотной микроструктуры цементного камня. Развитие процесса деструкции в этом случае идет медленно из-за сложных условий диффузии агрессивного агента вглубь бетона.

Большой коррозионной стойкостью обладает бетон сухого формования с дополнительным вакуумированием при давлении, которое обеспечивает удаление воздуха не только из межзернового пространства, но и десорбцию его с поверхности вяжущего и заполнителей. При последующем водонасыщении сухой смеси водой сужаются фильтрационные каналы, активизируются процессы гидратации цемента, возрастает сцепление цементного камня с заполнителем, увеличивается прочность и снижается проницаемость бетона.

При эксплуатации железобетонных конструкций в неагрессивных и слабоагрессивных средах защитная способность бетона по отношению к стальной арматуре в достаточной мере обеспечивается щелочностью поровой жидкости бетона ($\text{pH}=12..13$). Одной из основных причин потери пассивности арматуры является активизирующее воздействие агрессивных ионов и, в первую очередь, хлоридов. Защитные свойства бетона сухого формования по отношению к стальной арматуре изучали по следующей методике. В качестве агрессивной среды для испытания армированных образцов использовали насыщенный водный раствор хлористого калия. Образцы представляли собой балочки размером $5 \times 5 \times 20$ см, центрально армированные предварительно полноразмерными стержнями диаметром 10 мм из стали марки Ст.5. Торцы арматуры на длину 25 мм изолировали поливинилхлоридной лентой, обмазанной мастикой на основе эпоксидной смолы ЭИС-1. Изготавливали четыре серии образцов: из сухой бетонной смеси приведенного ранее состава, но с щебнем крупностью 3..10 мм без повторного вибрирования, с повторным виброуплотнением, с дополнительным вакуумированием сухой смеси, а также из обычной бетонной смеси аналогичного состава

по изложенной ранее методике. Бетон твердел 28 сут в нормально-влажностных условиях, затем образцы высушивали и подвергали циклическим испытаниям: 3 сут выдерживали в насыщенном растворе хлористого калия и 1 сут сушили при 50°C .

Через определенное число циклов насыщения — высушивания электрохимическим методом оценивали защитную способность бетона по отношению к арматуре по ходу поляризационных кривых. Границу пассивного состояния стали устанавливали по плотности поляризующего тока — значению плотности тока менее 10 мкА/см^2 при потенциале $+300 \text{ мВ}$ (по каломельному электроду) свидетельствовало о пассивности арматуры.

Полученные данные свидетельствуют о решающем влиянии проницаемости бетона при равном расходе цемента на его защитную способность по отношению к стальной арматуре. Так, в бетоне, изготовленном по традиционной технологии, арматура активизируется уже после разового насыщения в растворе хлористого калия (рис. 2), в то время как бетон сухого формования сохраняет защитную способность. С течением времени начинает проявляться влияние повторного вибрирования и вакуумирования сухой смеси: через 20 циклов испытаний сталь в бетоне с повторным виброуплотнением, а тем более с предварительным вакуумированием смеси остается в пассивном состоянии, в бетоне же одноразового уплотнения корродирует. Электрохимические испытания подтверждают и визуальной оценкой состояния арматуры после разрушения образцов: на поверхности стержней из бетона с повторным вибрированием с вакуумированием сухой смеси и без него не наблюдается признаков коррозии, в то время как арматура из бетона двух других серий покрыта налетом продуктов коррозии и имеет язвы на поверхности.

Одновременно определяли критическое количество хлоридов (в процентах от массы растворной части бетона), т. е. то содержание агрессивных ионов в при-

арматурной зоне, которое вызывает переход стали из пассивного состояния в активное. Образцы подвергали циклическим испытаниям и периодически снимали анодные поляризационные кривые (периодичность варьировали в зависимости от проницаемости бетона — со снижением проницаемости интервалы между замерами увеличивали). Когда плотность поляризующего тока соответствовала указанной ранее границе пассивного состояния, образцы разрушали, извлекали пробы растворной части бетона и путем химического анализа устанавливали критическое количество хлоридов. В бетоне, изготовленном по традиционной технологии, а также в сухом бетоне одноразового уплотнения оно составляет $0,2..0,3\%$, что соответствует общепринятым значениям [1]; для бетона с повторным вибрированием, а также с дополнительным вакуумированием сухой смеси — $0,36..0,42\%$. Полученные данные подтверждают, что со снижением проницаемости бетона активизирующее действие хлоридов ослабляется [1].

Таким образом, защитная способность повторно вибрированного бетона сухого формования, особенно при предварительном вакуумировании сухой смеси, по отношению к стальной арматуре выше, чем бетона одноразового уплотнения, а также изготовленного по традиционной технологии.

Проницаемость бетона оценивали коэффициентом диффузии хлоридов. Четыре серии образцов-кубов с ребром 10 см изготавливали по изложенной ранее методике. После 28 сут твердения в нормально-влажностных условиях образцы в течение 30 сут насыщали водой под вакуумом, а затем помещали в насыщенный раствор хлористого калия. Через 6 мес. для обычного бетона и 18 мес. для бетона сухого формования образцы извлекали из ванны, раскалывали пополам перпендикулярно слоям укладки и проводили химический анализ растворной части бетона для определения количества хлоридов на глубине 10 и 20 мм от поверхности нижней сто-

роны образца. Затем, используя зависимость [1], определяли эффективный коэффициент диффузии хлор-ионов. Для обычного бетона, бетона сухого формирования однократного уплотнения, повторно вибрированного и повторно вакуумированного с предварительным вакуумированием сухой смеси он соответственно равен $4,8 \cdot 10^{-7}$, $2,0 \cdot 10^{-8}$, $1,1 \times 10^{-10}$ и $0,7 \cdot 10^{-10}$ см²/с.

Полученные данные свидетельствуют о низкой проницаемости бетона сухого формирования с повторным вибрированием, особенно с предварительным вакуумированием сухой смеси, что наряду с повышенным значением критического количества хлор-ионов позволяет использовать конструкции со стальным армированием в условиях агрессивного воздействия солей-хлоридов, а также применять химические вещества, содержащие хлор-ионы в качестве ускорителей твердения бетона. Такой бетон характеризуется морозостойкостью более 1000 циклов, практической водонепроницаемостью под давлением более 2 МПа, повышенными износостойкостью, прочностью и упругодеформативными свойствами. В целом рассматриваемая технология позволяет получать армированные изделия с повышенной стойкостью к воздействию агрессивных эксплуатационных сред.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты // В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. Н. Алексеев, Е. А. Гусев. — М.: Стройиздат, 1980. — 414 с.
2. Хуторцов Г. М., Михайлов Н. В., Ребиндер П. А. Об оптимальной структуре бетона в условиях ее формирования // ДАН СССР. Т. 170. — 1986. — № 3. — С. 618—651.
3. Ахвердов И. Н., Батыновский Э. И. Особенности изготовления изделий из водонасыщенных сухих смесей с повторным виброуплотнением // Бетон и железобетон. — 1982. — № 9. — С. 34—35.

Авторские свидетельства

№ 38*

1263783. Новокузнецкое отделение УралНИИСтромпроекта. С. П. Русин и А. Т. Курганский. Анкер для арматуры периодического профиля.

1263785. Днепропетровский филиал НИИСП. И. В. Панасюк, В. Н. Павлов, В. И. Панасюк и др. Вакуумщик.

1263786. Иркутский политехнический ин-т. Д. А. Федоров и А. Д. Федоров. Устройство для усиления несущих конструкций.

1263793. Ереванский политехнический ин-т. В. А. Атанесян и А. Ф. Агалян. Способ возведения зданий со сборно-монолитным каркасом.

* См.: Открытия. Изобретения. — 1986.

На ВДНХ СССР

УДК 728.71

Цель — улучшение социально-бытовых условий строителей

Характерной особенностью строительного производства является перемещение строительного-монтажных организаций с одного объекта на другой. Чем выше уровень мобильности строительства, тем чаще должны перемещаться с места на место строители, тем меньше времени им остается на подготовительный период, на который нормативными документами предусмотрено 11—15 % времени. Однако его фактическая продолжительность в 2—3 раза больше, что затягивает ввод в эксплуатацию мощностей основного объекта. Поэтому в планах капитального строительства проблеме сооружения мобильных комплексов, зданий и сооружений отводится одно из первостепенных мест. Госстроем СССР на двенадцатую пятилетку уже определена потребность в них по географическим и экономическим районам, составлен Каталог проектов мобильных (инвентарных) зданий и сооружений для строительного-монтажных организаций.

Летом прошлого года на ВДНХ СССР проходила межотраслевая выставка «Мобильные здания-86», располагавшаяся на площади, равной микрорайону большого индустриального города. Демонстрационное поле представляло собой явление редкое даже в выставочной практике. В считанные дни здесь вырос целый городок с общежитиями, магазинами, столовыми, медпунктами, котельной, установкой для очистки сточных вод, трибунами стадионов, Домами культуры, со всем, что составляет современный комфортабельный город.

Свои разработки по этой проблеме демонстрировали многие проектные организации системы Госстроя СССР и строительных министерств и ведомств.

НИИСК и ЦНИИОМТП экспонировали блок-контейнеры «Днепр», предназначенные для монтажа зданий с зальными помещениями производственного, складского, жилого и общественного назначения. В их состав входят доборные панельные элементы пола, покрытий и стен. Изделия конструктивной системы «Днепр» унифицированы по типам и функциональному назначению.

Проектным институтом № 2 Госстроя СССР совместно с другими организациями предложена конвейерная сборка мобильных зданий системы «Комфорт» из панелей максимальной заводской готовности. Грунтовку и окраску отдельных элементов, каркасов панелей выполняют механизированным и автоматизированным способом. Здания этой системы предназначены для строительного-монтажных организаций, которые ве-

дут работы в различных полевых условиях.

Блок-контейнеры «Вахта», разработанные ЭКБ по железобетону Миннефтегазстроя, предназначены для создания благоустроенных поселков строителей. Изготавливают здания из отдельных панелей, для наружной обшивки которых используют стальную лист, а для внутренней — гипскартон. Утепляют здания теплоизоляционными плитами из полистирольного пенопласта ПСБ-С марки 30. Из блок-контейнеров «Вахта» (общая площадь каждого 32 м², срок службы 20 лет) можно монтировать одно-двухэтажные жилые дома, столовые, магазины, детские сады, профилактории.

Это же конструкторское бюро экспонировало мобильные здания контейнерного типа системы ЦУБ, применяемые в строительстве с 1970 г. и представляющие собой сварной цилиндр диаметром 3,2 м и длиной 9,6 м. Внутренняя высота помещения 2,5 м. В качестве утеплителя также использованы теплоизоляционные плиты из полистирольного пенопласта. Перегородки деревянные, обшитые с двух сторон фанерой и пластиком. Здания этого типа можно эксплуатировать при температуре до —60°C.

С учетом суровых природных условий заполярных районов Западной Сибири ЛенНИИПградостроительства разработал принципы планировочной организации поселков, которыми предусмотрены комфортные условия для проживания населения, максимальная компактность застройки при полном инженерно-техническом обеспечении.

Киевский НИИСТ разработал и представил на выставке блочно-модульную автоматизированную котельную установку БМКУ-5Ж, использующую жидкое топливо. Система состоит из блок-модулей котлоагрегатов, насосов, водоподготовки, бытовых помещений, соединяемых на месте эксплуатации в единое здание котельной с отдельно стоящей емкостью топлива вместимостью 25 м³.

На впервые организованной в стране по этой проблеме выставке представлены лучшие конструктивные системы мобильных зданий и сооружений, рекомендованные строительным министерствам и ведомствам для применения в 1986—1990 гг.

На базе выставки «Мобильные здания-86» Госстроем СССР был организован и успешно проведен Всесоюзный семинар «Проектирование и заводская технология изготовления мобильных зданий и сооружений». Выступавшие