

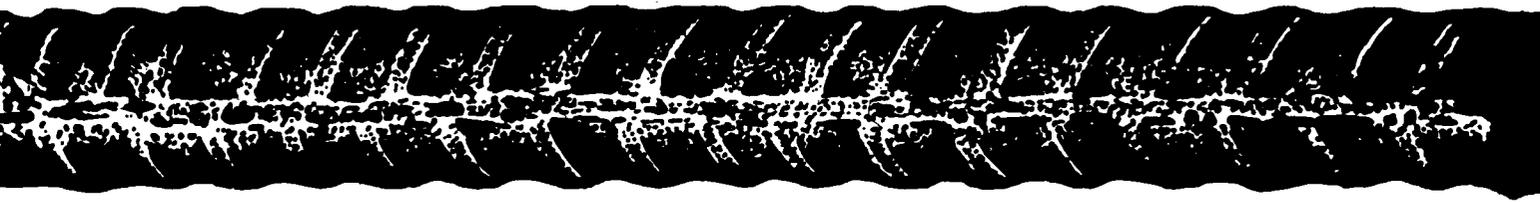
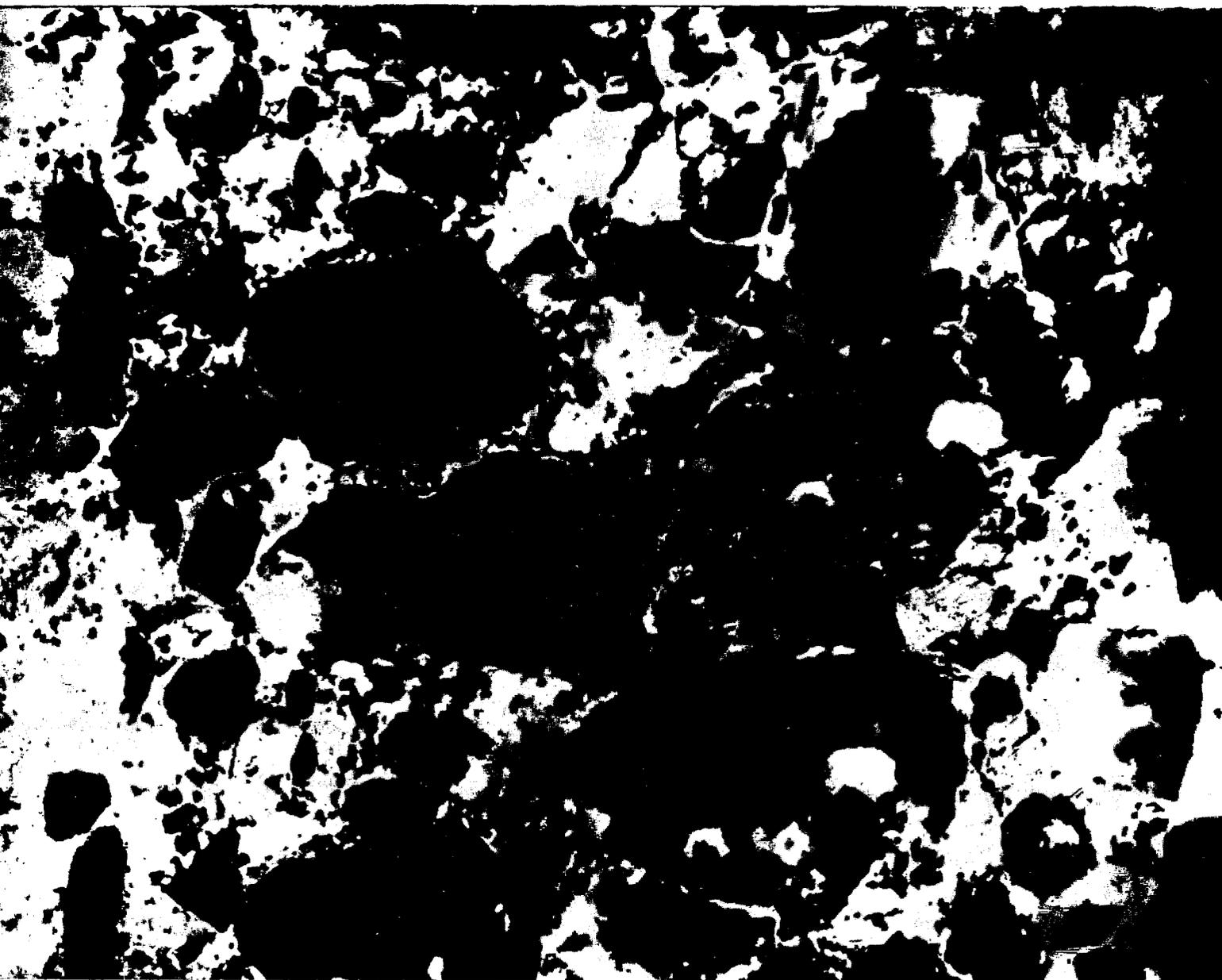
05

ISSN 0005-9889

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

6

1997



1997, № 6

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

4-я конференция межрегиональной Ассоциации "Железобетон"

4-я конференция межрегиональной Ассоциации "Железобетон", посвященная 100-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора Алексея Алексеевича Гвоздева, проходила в НИИЖБе 21—22 мая этого года. В ней приняли участие отечественные и зарубежные ученые, воспитанники научной школы А.А. Гвоздева, представители ведущих научно-исследовательских, проектных организаций и высших учебных заведений России и ближнего зарубежья.

В научном коллективе института ГИС-ЦНИПС НИИЖБ с 1930 г. под руководством А.А. Гвоздева проводились важные исследования в области теории деформативности и прочности железобетона, разрабатывались основные нормативные документы по проектированию бетонных и железобетонных конструкций. Большая практическая инженерная помощь в освоении выпуска и применения сборных и монолитных железобетонных конструкций, а также огромная научно-общественная деятельность сделали А.А. Гвоздева общепризнанным авторитетом в строительной науке у нас в стране и за рубежом.

Специально к этой юбилейной дате организаторы конференции подготовили и издали книгу "А.А. Гвоздев (1897—1997 гг.)", написанную К.В. Михайловым и Г.К. Хайдуковым, посвященную жизни и творческому пути выдающегося ученого России, выпустили памятный нагрудный значок с его изображением.

Конференцию открыл генеральный директор ГНЦ РФ "Строительство" чл.-коор. РАН Б.В. Гусев. С сообщениями о научной деятельности А.А. Гвоздева выступили Г.К. Хадуков, К.В. Михайлов, А.М. Проценко, П. Ленкаи (Венгрия). Директор НИИЖБа А.И. Звездов проинформировал участников конференции о принятом решении утвердить почетную медаль имени А.А. Гвоздева, которая будет ежегодно присуждаться за особые заслуги в развитии науки железобетоне.

В программу конференции были включены две проблемы: "Теория железобетона и его нормирование" и "Железобетонные ограждающие конструкции зданий", по которым было представлено 25 докладов и сообщений ведущих ученых и специалистов из различных организаций (НИИЖБ, ЯрПИ, МГСУ, КазИСИ, НИИСК, БелПИ, "Инрекон", ВНИИЖелезобетон, ЦНИИЭПжилища, КБ по железобетону, НИИСФ, МНИИТЭП, ЦНИИПромзданий, БелНИИС и др.): Н.И. Карпенко, Е.А. Чистяков, Е.А. Гузев, Т.И. Баранова, А.Я. Исайкин, И.Т. Мирсаянов, А.В. Забегаяев, А.Ф. Милованов, А.С. Залесов, Т.И. Пецольд, В.О. Алмазов, В.Г. Гагарин, А.С. Семченков, Р.Л. Серых, В.А. Рахманов, Ю.Г. Граник, М.Е. Соколов, Б.Н. Волинский, Ю.В. Чиненков, Б.А. Сюра, С.М. Гликин, А.М. Людковский, Т.А. Ухова, А.И. Мордич.

В докладе Н.И. Карпенко были рассмотрены современные построения общих критериев прочности бетонных и железобетонных элементов и влияние работ А.А. Гвоздева на эти построения. Доклад Е.А. Чистякова был посвящен деформационным методам расчета железобетонных конструкций, позволяющих с единых позиций рассматривать вопросы прочности, деформаций и раскрытия трещин.

Разработанные методы расчета позволяют более полно оценить работу железобетонных элементов с обычной и преднапряженной арматурой, сборно-монолитных и сталежелезобетонных конструкций, работу конструкций при их усилении.

В своем докладе Е.А. Гузев изложил энергетическую теорию и механику разрушения железобетона, ко-

торые дополняют существующую теорию железобетона в части расчета долговечности. В докладе Т.И. Барановой были изложены результаты разрабатываемых инженерных методов расчета конструкций на основе каркасно-стержневых моделей.

Темы докладов И.Т. Мирсаянова и А.В. Забегаяева — сопротивление железобетона повторным, сейсмическим и динамическим воздействиям; А.Ф. Милованов доложил о проблемах, связанных с сопротивлением железобетона климатическим воздействиям. А.С. Залесов рассказал о новых нормативных документах, разработанных в России для железобетонных конструкций.

Интересные данные об особенностях проекта Европейских норм по проектированию бетонных и железобетонных конструкций (Еврокод-2) привел в своем докладе В.О. Алмазов. Выборочное сопоставление результатов расчетов по данному документу, действующему СНиП 2.03.01-84* и разрабатываемому в настоящее время проекту СНиП РФ свидетельствуют о реальной возможности гармонизации Еврокода-2 и норм России.

Большой интерес участников конференции вызвали доклады, посвященные железобетонным ограждающим конструкциям зданий в свете вступления в действие с 1995 г. Изменений № 3 СНиП II-3-75* "Строительная теплотехника".

Наиболее полно эти требования были изложены в докладе представителя НИИСФ В.Г. Гагарина. Автор рассмотрел положительные (снижение потерь тепла) и отрицательные (расход средств) аспекты указанных новых требований по энергосбережению. Было отмечено, что так как наибольшие сложности при удовлетворении новых требований возникают для наружных стен, то были проанализированы кирпичные стены, стены из мелких бетонных блоков, из монолитного бетона, из железобетонных панелей. Докладчик считает, что в последнем случае наиболее перспективными представляются трехслойные панели на гибких связях или железобетонных шпонках, а также панели последней формования, в которых средний слой выполняется из теплоизоляционного легкого бетона, пеногипса и т.п.

А.С. Семченков, Ю.Г. Граник, Б.Н. Волинский, Ю.В. Чиненков, В.А. Сюра, В.А. Рахманов, А.М. Людковский и другие рассказали участникам конференции об основных принципах формирования энергосберегающих конструктивных систем для ограждающих элементов жилых и гражданских зданий, в том числе об опыте их разработки и применения в Москве и Московской области, а также высказали предложения по утеплению стен при реконструкции пятиэтажных зданий.

Был также заслушан доклад Т.А. Уховой о возможности применения неавтоклавно поробетона для однослойных ограждающих конструкций зданий.

Подробные тезисы докладов на 4-й конференции объемом 70 стр. опубликованы и их можно получить в Ассоциации "Железобетон".

Следующая 5-я конференция Ассоциации "Железобетон" будет посвящена проблеме "Железобетон и реконструкция зданий" и состоится в мае 1998 г.

Приглашаем к активному участию в этой конференции всех заинтересованных лиц.

К.В. МИХАЙЛОВ, президент Ассоциации "Железобетон",
проф., д-р техн. наук;

Н.А. МАРКАРОВ, ученый секретарь
Ассоциации, проф., д-р техн. наук

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

6 (489)

Декабрь 1997

Издается с апреля 1955 г.

Учредители:
НИИЖБ, ВНИИжелезобетон, АК "Полиמוד"

СОДЕРЖАНИЕ

Конструкции

- Ресин В.И., Стрельбицкий В.П., Сахаров Г.П.* Энерго- и материально эффективные ограждающие конструкции зданий 2
- Нелепов А.Р., Формин Д.А.* Безопасность несущих узлов в жилых домах серии 1.335-ПК 6

Бетоны

- Соломатов В.И., Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.* Малоклинкерные бетоны 9
- Бурчу В.И.* Новая методика исследования свойств бетона, загруженного в раннем возрасте 11
- Лоладзе В.В.* Отрицательная петля гистерезиса циклически нагружаемых образцов модифицированного тяжелого и легкого бетонов 15

Заводское производство

- Кокоев М.Н., Федоров В.Т.* Электростатическое формование изделий из армированного бетона 17
- Колчеданцев Л.М.* Предварительная активная выдержка бетонных смесей, подвергаемых термовиброобработке 20

В помощь проектировщику

- Крамарь В.Г.* О расчете и конструировании многопустотных плит перекрытий 22

Долговечность

- Пирадов К.А., Гузев Е.А.* Исчерпание ресурса долговечности бетона при тепловлажностных и силовых воздействиях 26
- Харламов С.Л.* Многофакторный анализ трещиностойкости легкого бетона 28

Использование промышленных отходов

- Айрапетов Г.А., Несветаев Г.В., Егорочкина И.О.* Строительно-технические свойства конструкционных бетонов на вторичных заполнителях с низкоомодульными включениями 30



Москва

Издательство
литературы
по строительству

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ. Рег. № 01080

© Стройиздат, журнал "Бетон и железобетон", 1997

КОНСТРУКЦИИ

В.И. РЕСИН, чл.-корр. РААСН, председатель правления МО РОИС; В.П. СТРЕЛЬБИЦКИЙ, канд. техн. наук (Комплекс перспективного развития города); Г.П. САХАРОВ, д-р техн. наук, проф. (МГСУ)

Энерго- и материально эффективные ограждающие конструкции зданий

Резкое повышение нормативов теплозащиты ограждающих конструкций зданий, предусмотренное СНиП II-3-79*, требует изменения привычных и разработки новых конструктивных схем ограждений. Рациональные решения должны основываться на комплексном учете всех их технико-экономических показателей. Поэтому обеспечение только теплозащитных свойств

ограждений без учета паровоздухопроницаемости и звукоизоляции, огнестойкости и пожароопасности, а также энергоматериальных и трудовых затрат не является основным критерием для принятия решения. В табл. 1 приведены сравнительные технико-экономические показатели различных конструктивных схем наружных стен зданий для климатических условий Москвы и

Московской области. Теплопроводность всех материалов, кроме ячеистого бетона, в расчета принята по группе Б СНиП II-3-79. Для ячеистого бетона, как показывают исследования [1—4], более объективным является равновесное влажностное состояние, соответствующее группе А. В трехслойных конструкциях стен конструктивные слои толщиной 0,2 м для первого и второго (под чертой) этапов энергосбережения предусмотрены из керамзитобетона средней плотности 1200 кг/м³ и из мелкозернистого бетона средней плотности 1800 кг/м³ (для второго этапа — над чертой). Коэффициенты теплотехнической однородности стен приняты: для однослойных конструкций — 0,9, трехслойных — 0,7. Стоимость указана в ценах на 1.01.1996 г. Из приведенных данных видно, что на первом этапе самыми эффективными, по всем показателям, являются однослойные стены из ячеистого бетона средней плотности 600 кг/м³. Расчетные значения паро- и воздухопроницаемости всех вариантов стен, за исключением трехслойных с утеплителем из минераловатных плит (МНВ), формально удовлетворяют нормативным требованиям. Однако достаточно близкое к требуемому значение фактического сопротивления паропроницанию трехслойной стены, утепленной пенополистиролом, не гарантирует, учитывая условность расчета, отсутствие конденсации паров воды в зимний период. В связи с этим в таких стенах целесообразно устройство пароизоляции на теплой стороне пенополистирольного утеплителя. На втором этапе пароизоляция не требуется, так как фактическое сопротивление паропроницанию в три раза превышает

Таблица 1

Этапы энергосбережения	Наименование показателей	Конструкция стен и материалы				
		Однослойные		Трехслойные		
		Бетон		Утеплитель		
	Легкий	Ячеистый	Пенополистирол	МНВ	Ячеистый бетон	
1	2	3	4	5	6	7
I	Средняя плотность, кг/м ³	800	600	40	150	300
	Теплопроводность, λ, Вт/м·°С	0,31	0,22	0,05	0,075	0,11
	Толщина стены, м	0,57	0,41	0,30	0,35	0,42
	Сопротивление паропроницанию*, м ² ·ч·Па/мг	0,08/0,13 2,03	0,063/0,18 1,64	0,86/2,4 2,94	0,86/3,17 1,23	0,86/0,75 1,78
	Сопротивление воздухопроницанию**, м ² ·ч·Па/кг	100-180 17	100-180 1151	100-180 469	100-180 392	100-180 634
	Масса стены, кг/м ²	456	246	244	263	306
	Затраты условного топлива, кг/м ²	211	100	108	110	137
	Стоимость 1 м ² стены в деле, тыс. руб./м ²	119	60	80	78	88
II	Средняя плотность, кг/м ³	800	600 500	40	150	300
	Теплопроводность, λ, Вт/м·°С	0,31	0,22 0,18	0,05	0,075	0,11
	Толщина стены, м	1,03	0,74 0,6	0,41 0,4	0,51 0,5	0,654 0,64
	Масса стены, кг/м ²	824	444 300	368 248	407 285	466 342
	Затраты условного топлива, кг/м ²	381	180 122	117 110	118 119	171 153
	Стоимость 1 м ² стены в деле, тыс. руб./м ²	215	108 74	102 82	93 85	111 98,4

* - над чертой требуемые сопротивления паропроницанию по I и II условиям; под чертой - расчетные;

** - над чертой требуемые сопротивления воздухопроницанию; под чертой - расчетные.

требуемое. Эти стены, как видно из табл. 1, оказываются на втором этапе наиболее эффективными. Однако они мало отличаются от однослойных стен из ячеистого бетона средней плотности 500 кг/м^3 , которые, несмотря на некоторое повышение первых по толщине, массе и удельному расходу топлива, оказываются дешевле их. К ним, как видно из табл. 1, примыкают трехслойные стены с минераловатным утеплителем. Однако, как и на первом этапе, они требуют устройства пароизоляции в связи с высокой паропропускаемостью ($\mu = 0,525 \text{ мг/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$). Фактическое их сопротивление паропроонианию ($1,51 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$) в 1,6 раза меньше требуемого ($2,41 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$).

Большой интерес представляет тепловлажностный режим наружных стен типа "Monolit" и "Plastbau". Конструкции стен, представленные на рис. 1, А, Б, отличаются от них устройством наружного фактурного слоя из асбестоцементных листов. Листы крепятся к стене гибкими связями на отnose и образуют невентилируемую воздушную прослойку толщиной 50 мм. Конструкционные слои предусмотрены из керамзитобетона средней плотности 1400 кг/м^3 (рис. 1, А) и тяжелого бетона средней плотности 2400 кг/м^3 (рис. 1, Б); утеплитель—пенополистирол

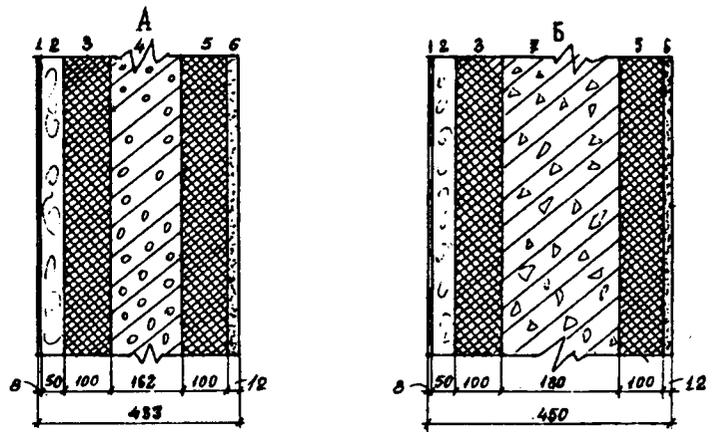


Рис. 1. Многослойные наружные стены с конструктивными слоями из керамзитобетона (А) и тяжелого бетона (Б)
1 — асбестоцементные листы; 2 — воздушная прослойка; 3, 5 — пенополистирол; 4 — керамзитобетон; 6 — фактурный слой (стандартные гипсокартонные листы); 7 — тяжелый бетон

средней плотности 40 кг/м^3 ; внутренняя отделка — гипсокартонные листы. Как видно из табл. 1 и рис. 1, толщины и массы слоистых стен с пенополистирольным утеплителем, независимо от конструктивной схемы и вида конструкционного бетона, близки между собой.

На рис. 2 представлена схема тепловлажностного режима указанных стен. Расчет выполнен при стационарных условиях теплопередачи и диффузии водяного пара по методике [5]. Температура наружного воздуха при этом принимается более вы-

сокой, чем для теплотехнических расчетов, так как процесс диффузии водяного пара протекает значительно медленнее процессов теплопередачи и наступление стационарных условий диффузии пара требует большего времени. Для расчета влажностного режима при стационарных условиях принимают среднемесячную температуру и влажность наиболее холодного месяца. Для Москвы и области, согласно СНиП 2.01.01-82 (Строительная климатология и геофизика), таким месяцем является январь ($t = -10,2^\circ\text{C}$, $\varphi = 83 \%$).

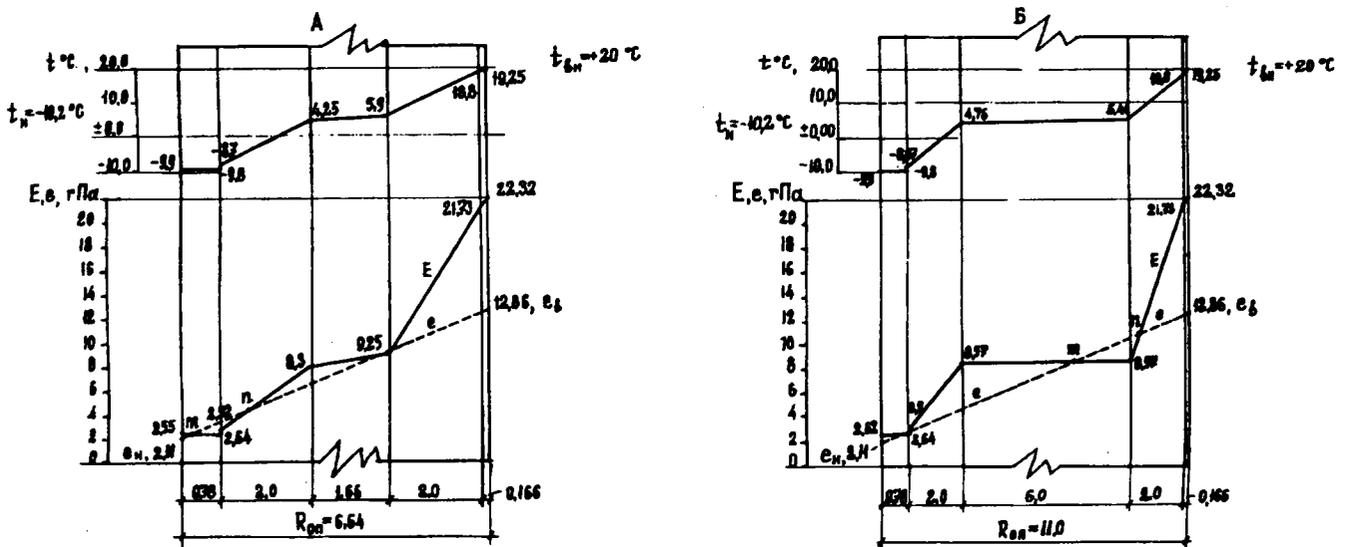


Рис. 2. Схема стационарного тепловлажностного режима наружной многослойной стены с конструктивными слоями из керамзитобетона (А) и тяжелого бетона (Б) с фактурным слоем из гипсокартонных листов. Обозначение слоев, как на рис. 1.

При расчетах влажностного режима многослойное ограждение вычерчивают в масштабе сопротивлений паропрооницанию его слоев (см. рис. 2). Находят температуру на их границах и соответствующие им максимальные (E) и фактические (e) упругости водяного пара. Пересечение кривых E и e свидетельствует об образовании зоны конденсации водяного пара и увлажнении стены, снижении теплозащитных и санитарно-гигиенических условий. Как видно на рис. 2, А, конденсация пара возможна на внутренней поверхности асбестоцементных листов и частично на поверхности пенополистирольного утеплителя в воздушной прослойке.

В стенах с конструкционным слоем из тяжелого бетона конденсация пара возможна и при положительных температурах на границе пенополистирола и тяжелого бетона со стороны помещения. Это обусловлено в 3,6 раза большим сопротивлением паропрооницанию тяжелого бетона по сравнению с керамзитобетоном. В то же время исключается конденсация пара в воздушной прослойке и на поверхности асбестоцементных листов. Предпочтительнее, однако, в эксплуатации будет стена с конструкционным слоем из керамзитобетона (рис. 1, А). Вероятность конденсации пара в воздушной прослойке такой стены незначительна в связи с ее негерметичностью. Отсутствие же воздушной прослойки между наружным фактурным слоем и утеплителем в стенах, возводимых по технологии "Monolit" и "Plastbau", способствует в климатических условиях России конденсации пара на границе торкрет-бетона и утеплителя и требует устройства пароизоляции на теплой стороне конструкционного слоя бетона.

Существенное влияние на толщину стены и конструкционного слоя из тяжелого бетона оказывает материал внутреннего фактурного слоя. При замене, например, гипсокартонных листов цементнопесчаной штукатуркой толщина слоя тяжелого бетона и всей стены увеличивается на 0,07 м. При конструкционном слое из керамзитобетона такая

замена незначительно влияет на изменение толщины стены.

Решающее значение для применения слоистых ограждающих конструкций с пенополистирольным утеплителем имеют их пожарно-технические свойства. Новый СНиП 21-01 "Пожарная безопасность зданий и сооружений" классифицирует строительные конструкции по пожарной опасности в зависимости от продолжительности теплового воздействия, связывая ее с огнестойкостью зданий. Одни и те же конструкции поэтому могут иметь разный класс пожарной опасности, определяющей использование их в зданиях с регулируемой огнестойкостью [6]. Пожарно-технические свойства конструкций определяются горючестью, воспламеняемостью и дымообразующей способностью составляющих материалов, а также тепловыми эффектами, токсичностью и горючестью газов и расплавов от термической деструкции материалов и способностью к поверхностному распространению пламени. По этим признакам ГОСТ 30244-94 относит пенополистирол к материалу повышенной пожарной опасности. Вместе с тем конструктивные и технологические усовершенствования (заключение пенополистирола в негорючую обойму, повышение его теплостойкости и снижение горючести) способны понизить пожарную опасность пенополистирола и перевести его в группу труднотгораемых материалов. Однако другие признаки (горючесть газов и расплава, тепловой эффект и способность к распространению пламени при развитии пожара) во многом сохраняются, что ограничивает применение пенополистиролсодержащих конструкций в многоэтажных зданиях и сооружениях повышенной огнестойкости. Предпочтительными среди таких конструкций представляются те, у которых конструкционные слои расположены снаружи, например, трехслойные (см. табл. 1). С позиций пожаробезопасности минераловатный утеплитель предпочтительнее пенополистирола и даже пенополистиролбетона, однако обладает значительно большей плотностью и паропрооницаемостью.

При разработке и выборе слоистых конструкций необходимо также учитывать их пониженную надежность вследствие более сложной, чем у однослойных, конструкции и недостаточность изученного поведения в эксплуатации. Таким образом, только комплексный учет всех технико-экономических показателей слоистых ограждающих конструкций позволит нормировать их применение и сертификацию в российских условиях.

Достойной альтернативой им являются однослойные ограждающие конструкции из ячеистого бетона пониженной средней плотности ($450...500 \text{ кг/м}^3$), особенно неавтоклавного производства по прогрессивным технологиям, разработанным в МГСУ, НИИЖБе [7, 8]. Получаемый по ним ячеистый бетон не уступает по свойствам автоклавному той же плотности, но значительно проще и дешевле в изготовлении, не требует антикоррозионного покрытия арматуры и существенно улучшает свои свойства во времени (повышается прочность, жесткость, снижаются усадка, сорбционная влажность и воздухопроницаемость).

Указанные значения средней плотности ячеистого бетона обусловлены требуемым минимальным уровнем звукоизолирующей способности наружных стен зданий в городских условиях, составляющим не менее 50 дБ. Эксплуатационные характеристики наружных стен жилых домов из ячеистого бетона в Москве и области приведены в табл. 2.

При более высоком допустимом уровне звука в помещениях (торговые залы магазинов, кафе, рестораны, вокзалы и др.), а также в сельских районах вдали от шумных дорог требуемый уровень звукоизоляции воздушного шума ограждающими конструкциями может быть обеспечен и при меньшей плотности ячеистого бетона.

В МГСУ разработаны составы и технология безусадочного высокопрочного неавтоклавного ячеистого бетона средней плотности $450, 500 \text{ кг/м}^3$ с тепловой и без тепловой обработки, а также нетрадиционные способы по-

Таблица 2

№ п/п	Средняя плотность ячеистого бетона, кг/м ³	Теплопроводность, λ, Вт/м ² С	Толщина стены, δ, м	Термическое сопротивление стены, R, м ² С/Вт	Коэффициент теплоусвоения при периоде 24 ч, S, Вт/м ² С	Тепловая инерция стены, D	Масса 1 м ² стены, кг/м ²	Индекс изоляции воздушного шума, Iв, дБ
1	700	0,275 (0,24)	0,51 0,86	1,85 3,16	4,14	7,66 13,08	357 602	55 60
2	600	0,22	0,38 0,69	1,74 3,14	3,36	5,85 10,55	228 414	52 58
3	500	0,18	0,31 0,57	1,72 3,16	2,78	4,79 8,78	155 285	46 54
4	400	0,14	0,24 0,44	1,71 3,16	2,19	3,75 6,92	96 176	44 47
5	300	0,11	0,19 0,35	1,73 3,16	1,68	2,90 5,31	57 105	35 39

Примечание. Над чертой значения для 1-го этапа снижения энергопотребления зданий; под чертой — для 2-го. В круглых скобках — теплопроводность неавтоклавного ячеистого бетона.

лучения изделий заданных размеров из больших массивов. Они позволяют дополнительно повысить энергоматериальную эффективность неавтоклавного ячеистого бетона и ограждающих конструкций на его основе. Однослойные стены из ячеистого

бетона лишены недостатков слоистых стен, надежны и долговечны в эксплуатации.

Библиографический список

1. Ресин В.И., Сахаров Г.П., Стрельбицкий В.П. О проблемах энергоэффек-

тивности ограждающих конструкций зданий //Промышленное и гражданское строительство. — 1996. — № 5. — С. 2—4.

2. Сахаров Г.П., Стрельбицкий В.П. Об оценке теплозащитных свойств ограждающих конструкций //Жилищное строительство. — 1996. — № 5. — С. 19—21.

3. Поплавский Я.М., Эвинг П.В., Силезский А.И., Кучихин С.Н., Лашков С.А. Предпосылки дальнейшего развития производства и применения ячеистого бетона в современных условиях //Строительные материалы. — 1996. — С. 2—6.

4. Муромский К.П. Ячеистый бетон в наружных стенах зданий //Бетон и железобетон. — 1996. — № 5.

5. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. — М.: Стройиздат, 1973. — С. 287.

6. Хорин Г.М., Поляков Н.Н., Зигерн-Корн В.Н. Новое в противопожарном нормировании в строительстве //Промышленное и гражданское строительство. — 1996. — № 5. — С. 49—52.

7. Сахаров Г.П., Стрельбицкий В.П. Высококачественные стеновые блоки из неавтоклавного газобетона для индивидуального строительства //Бетон и железобетон. — 1993. — № 12. — С. 3—5.

8. Ухова Т.А. Ресурсосберегающие технологии производства изделий из неавтоклавных ячеистых бетонов //Бетон и железобетон. — 1993. — № 12. — С. 5—6.



ИЗМЕРИТЕЛЬ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ

проходящих через однослойные и многослойные ограждающие конструкции (ГОСТ 25380-82)

Прибор выполнен в виде показывающего блока и выносного зонда, соединенных между собой кабелем длиной, м..... 7

Пределы измерения плотности теплового потока, Вт/м²..... 0...250

Разрешающая способность показаний, Вт/м²..... 1

Основная погрешность прибора при температуре 20°С..... 10°С

Термическое сопротивление преобразователя теплового потока, м²К/Вт, не более..... 3х10⁻³

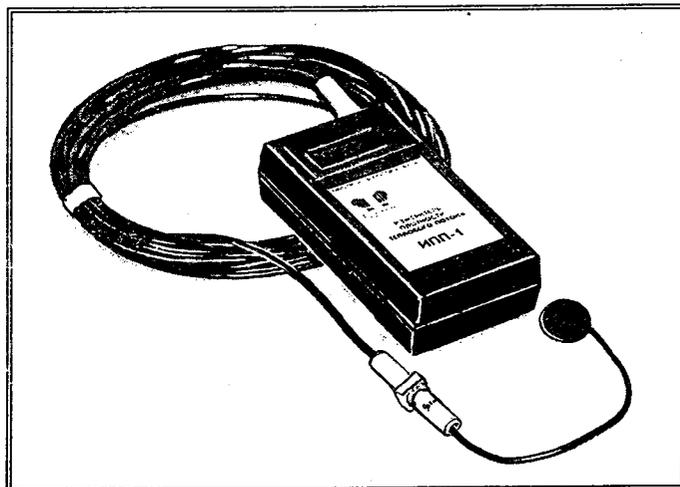
Время установления показаний, мин, не более..... 3,5

Макс. электрическая мощность, потребляемая прибором, Вт, не более..... 0,5

Энергопитание - 3 встроенных аккумулятора Varta по 1,25 В

Масса прибора, кг..... 0,5

Габариты показывающего блока, мм..... 165х90х40



Каждый прибор имеет Свидетельство о метрологической аттестации Госстандарта РФ

ФИРМА "ВНИИР"

Тел./факс: (095) 430-2947, адрес e-mail: vnir@aha.ru

Безопасность несущих узлов в жилых домах серии 1.335-ПК

Как указывалось в [1], существенное влияние на степень аварийности эксплуатируемых жилых домов серии 1.335-ПК оказывают коррозионные повреждения металлических консолей в узлах сопряжений прогонов междуэтажных перекрытий с наружными панельными стенами (рис. 1). Эти узлы являются фактически главными связующими элементами в обеспечении пространственной устойчивости зданий. Конструктивные недостатки и неблагоприятные условия эксплуатации привели к снижению надёжности узлов, которую предлагается оценивать через характеристику безопасности γ и путём сопоставлений полученных значений с γ_{lim} по европейским нормам безопасности сооружений [2].

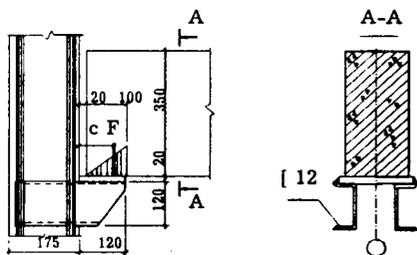


Рис. 1. Узел сопряжения железобетонного прогона с металлической консолью

В качестве исходных данных приняли следующие предпосылки: а) внешняя нагрузка F и предел текучести стали σ_{pl} являются случайными величинами, подчиняющимися нормальному закону распределения [3], между которыми отсутствует корреляционная связь; б) отказ или наступление предельного состояния соответствует такому состоянию после износа, которое приводит к достижению напряжениями σ значений предела текучести стали (т.е. оценку безопасности узла выполняли по не-

сущей способности).

Имеющиеся экспериментальные данные по результатам обследования более 3000 узлов в 52 домах показывают, что скорость коррозии металлических консолей не постоянна во времени и с увеличением срока эксплуатации она замедляется из-за проявления защитных свойств продуктов коррозионного процесса. Учёт такой особенности наиболее достоверен при использовании экспоненциальных моделей [4,5].

Согласно [4] условие безотказной работы конструкции запишем в виде:

$$S = \sigma_{pl} - \sigma \geq 0, \quad (1)$$

где S - функция работоспособности.

Учитывая, что S имеет нормальное распределение, то решением интеграла Лапласа $P(S \geq 0) = \int p(s) ds$ будет искомая величина γ :

$$\gamma = \frac{(\bar{\sigma}_{pl} - \bar{\sigma})}{\sqrt{(V_{\sigma_{pl}})^2 \bar{\sigma}_{pl}^2 + V_F^2 \bar{\sigma}^2}}, \quad (2)$$

где $\bar{\sigma}_{pl}$; $\bar{\sigma}$ - соответственно математические ожидания σ_{pl} и σ , создаваемых внешней нагрузкой F в процессе эксплуатации; $V_{\sigma_{pl}} = 0,08$, $V_F = 0,034$ по [3] - коэффициенты вариации соответственно предела текучести и внешней нагрузки.

В процессе коррозии момент сопротивления двухшвеллерной консоли изменяется по следующему закону [6]:

$$W = (1 - \delta_{act}\psi)W_0, \quad (3)$$

где δ_{act} - глубина коррозии полки швеллера с одной поверх-

ности (при этом глубина коррозии стенки с одной поверхности соответственно равна [7]: $0,6 \cdot \delta_{act}$); ψ - коэффициент, учитывающий изменение момента сопротивления швеллеров (по ГОСТ 8240-72 для швеллеров № 12 $\psi = 0,287$); $W_0 = 101,2 \text{ см}^3$ - начальный момент сопротивления двухшвеллерной консоли в месте заделки в вертикальные железобетонные ребра стеновых панелей.

При экспоненциальном законе [5] глубина коррозии изменяется во времени по формуле:

$$\delta_{act} = \delta_{lim} [1 - \exp(-t_k/T)], \quad (4)$$

где δ_{lim} - установившееся значение глубины коррозии; t_k - время коррозии; T - постоянная времени коррозионного процесса.

Согласно [5] и основываясь на имеющихся экспериментальных данных значения δ_{lim} и T принимали по таблице экстраполированно в зависимости от выделенных условий эксплуатации: 1) отсутствие замачиваний и промерзания стыков, сухие подвалы и герметичные кровли; 2) сезонные промерзания стыков, отсутствие замачиваний, сухие подвалы и герметичные кровли; 3) промерзание и периодические замачивания стыков, подвалов, протечки в кровле; 4) потеря герметичности швов, постоянные замачивания и промерзания стыков, воздействие влаги со стороны затопленных подвалов и прохудившихся кровель.

Продолжительность коррозионного процесса определяли по формуле:

$$t_k = t_1 - t_2, \quad (5)$$

где t_1 - время эксплуатации конструкции; t_2 - время неповреждаемости антикоррозионной защи-

ты (лакокрасочного покрытия) определяли по [8] с учётом эксплуатационных условий.

Зависимость глубины коррозии от длительности коррозионного процесса и выделенных условий эксплуатации 1-4 графически представлена на рис. 2.

С учётом определения математического ожидания действующих напряжений $\bar{\sigma}$ как функции момента силы F (см. рис. 1) и изменяющегося во времени момента сопротивления W рассматриваемой консоли, выраженные для характеристики безопасности примет следующий вид (6):

Полученное выражение (6) позволяет оценить динамику изменения характеристики безопасности узлов как функции времени при различных условиях их эксплуатации (рис. 3).

В целях получения более полной информации о надёжности рассматриваемых металлических консолей по (6) определили нижние границы характеристики безопасности при минусовых допусках на швеллер № 12 и неблагоприятных монтажных отклонениях. Учёт допусков и отклонений привёл к уменьшению начального момента сопротивления консоли (до $W_0 = 89,27 \text{ см}^3$), увеличению эксцентриситета (до $e = 8,83 \text{ см}$) приложения внешней силы F и позволил выявить возможную ширину диапазона изменчивости γ от его значений, вычисленных без этого учёта (см. рис. 3). По классификации Европейского комитета по безопасности сооружений [2] жилые дома серии 1.335-ПК относятся ко 2 классу и для них допускается снижение уровня безопасности по несущей способности до $\gamma_{\text{lim}} = 4,7$. Это соответствует глубине коррозии 1,99 мм для полки швеллера с одной поверхности, а при учёте минусовых допусков на прокат и отклонений на монтаже аналогичная величина составляет 1,76 мм.

Анализ вышеуказанных графиков приведён в табличной форме.

При наихудших условиях эксплуатации (4), учёте минусовых допусков на прокат и неблагоприятных отклонений на монтаже, примерно на 48 году характеристика

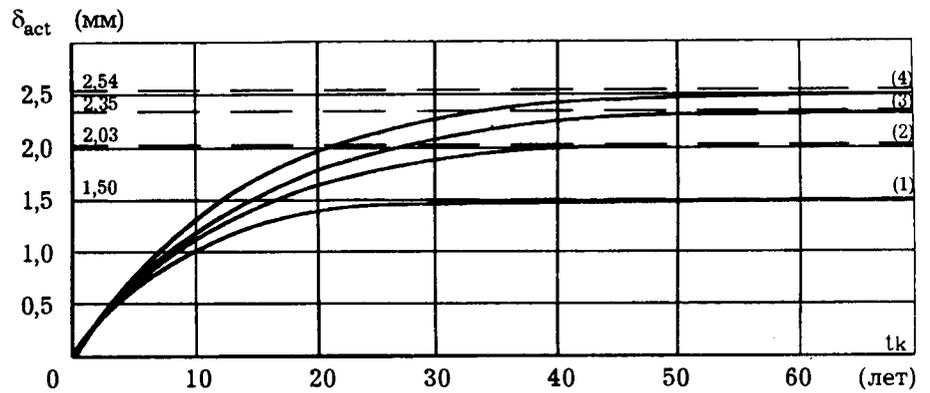


Рис. 2. Изменение глубины коррозии в зависимости от длительности коррозионного процесса

$$\gamma = \frac{\sigma_{pl} - \bar{F}c / \{ (1 - \delta_{lim} [1 - \exp(-t_k/T)]) \psi W_0 \}}{\sqrt{(V\sigma_{pl})^2 + V_F^2 [\bar{F}c / \{ (1 - \delta_{lim} [1 - \exp(-t_k/T)]) \psi W_0 \}]^2}} \quad (6)$$

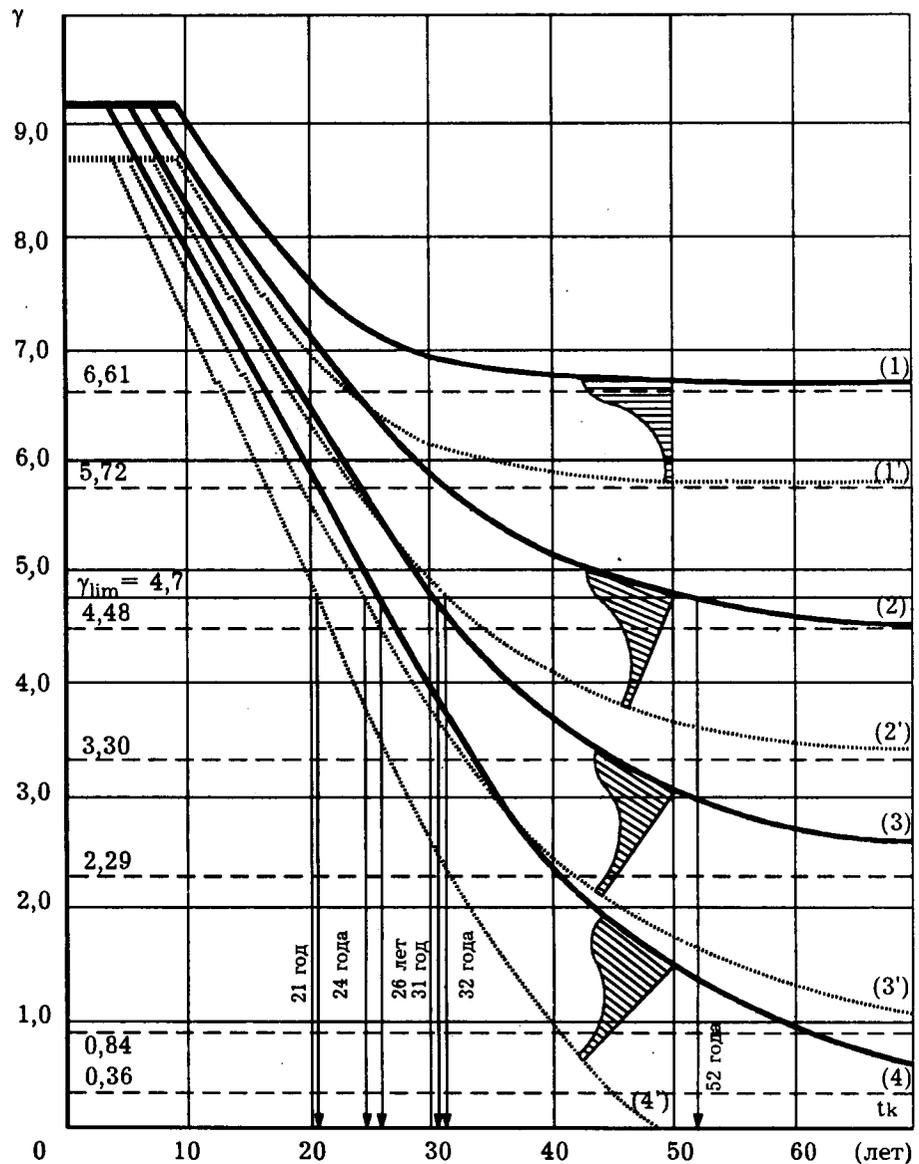


Рис. 3. Изменение характеристики безопасности узла в зависимости от сроков и условий эксплуатации: 1-4 - при номинальных размерах; 1'-4' - при учёте допусков и отклонений

безопасности снижается до нуля, т.е. наступает теоретический отказ узлов по несущей способности, что влечёт за собой одновременное разрушение.

Выводы

1. В целях обеспечения безопасной эксплуатации домов серии 1.335-ПК для узлов сопряжений прогонов с панельными наружными стенами, эксплуатируемых длительное время в условиях (3-4), уже сегодня необходимо произвести их восстановление с увеличением характеристики безопасности до проектного уровня и ликвидацией причин усиленной коррозии.

2. При использовании швеллеров на минусовых допусках, а также выявлении сверхдопустимых отклонений по опиранию прогонов на консоли требуется в ближайшие 2-3 года усилить узлы, эксплуатируемые в условиях (2), и немедленно перейти на пристенный каркас из металлических преднапрягаемых колонн для разгрузки узлов, эксплуатируемых в условиях (3-4).

3. Игнорирование полученных результатов экспериментально-теоретических исследований и продолжение эксплуатации домов (особенно в сложных условиях) уже примерно через 5-7 лет при-

Условие эксплуатации	1	2	3	4
Время неповреждаемости антикоррозионной защиты t_2 (лет) [8]	10	8	6	4
Установившаяся предельная глубина коррозии δ_{lim} (мм) [5]	1,50	2,03	2,35	2,54
Постоянная времени коррозионного процесса T (лет) [5]	7,7	12,0	13,3	14,0
Величина γ после стабилизации	6,61	4,48	2,29	0,36
То же, при учёте допусков на прокат и отклонений на монтаже	5,72	3,30	0,84	0,2
Количество лет эксплуатации для достижения $\gamma = \gamma_{lim} = 4,7$	∞	≈ 55	≈ 31	≈ 26
То же, при учёте допусков на прокат и отклонений на монтаже	∞	≈ 32	≈ 24	≈ 21
Фиксация γ после 35 лет эксплуатации домов	6,8	5,5	4,17	3,0
То же, при учёте допусков на прокат и отклонений на монтаже	5,94	4,48	2,95	1,67

ведёт к массовому снижению их безопасности по главным узлам до уровня $\gamma = 2,1-1,8$, при котором станет опасным для жизни людей не только проживание в рассматриваемых домах, но и проведение в них ремонтно-восстановительных работ, т.е. дома полностью перейдут в аварийное состояние и подлежат только сносу.

Библиографический список

1. Нелепов А.Р. Определение степени аварийности жилых домов серии 1.335-ПК и методы их усиления // Пром. и гражд. стр.-во.- 1996.- № 11.- С.24-25.
2. Na Bau: Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen. Berlin, Köln: Beuth Verlag GmbH, 1. Auflage 1981, s. 67.

3. Семенов С.А. О применении экономического критерия при определении требований к надёжности стен крупнопанельных зданий // Прочность крупнопанельных и каменных конструкций.- М.: Стройиздат, 1972.- С.7-21.

4. Райзер В.Д. Расчёт и нормирование надёжности строительных конструкций.- М.: Стройиздат, 1995.- 352 с.

5. Цикерман Л.Я., Кесельман Г.С., Жилина И.В. Прогноз опасности коррозии и экономика защиты.- М.: ВНИИОЭНГ, 1970.- 171 с.

6. Пособие по контролю состояния строительных металлических конструкций зданий и сооружений в агрессивных средах, проведению обследований и проектированию восстановления защиты конструкций от коррозии (к СНиП 2.03.11-85).- М.: Стройиздат, 1989.- 51 с.

7. Вольберг Ю.Л. Коррозионная стойкость строительных металлических конструкций.- М.: МИСИ, 1978.- 41 с.

8. Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. Нормы проектирования: ВСН 58-88(р)/Госкомархитектуры.- М.: Стройиздат, 1990.- 32 с.

А.М. Фанталов

28 июня 1997 г. после тяжелой болезни скончался главный специалист строительного отдела института Гипроцветмет Анатолий Михайлович Фанталов.

В 1957 г. он окончил Московский инженерно-строительный институт по специальности "инженер-строитель" и в этом же году поступил на работу в институт Гипроцветмет, где прошел путь от инженера до начальника строительного отдела.

Анатолий Михайлович был высококвалифицированным специалистом, хорошо знающим новейшие отечественные и зарубежные достижения в области строительства. При его непосредственном участии и руководстве были разработаны проекты и по ним построено более тридцати крупных предприятий и объектов цветной металлургии и других отраслей народного хозяйства.

Анатолий Михайлович руководил и непосредственно участвовал в разработке таких важнейших проблем, как снижение металлоемкости строительных конструкций и повышение их долговечности при эксплуатации в агрессивных средах, внедрение полимербетонов. Он работал в тесном содружестве с лабораториями

НИИЖБа, ЦНИИСКА, НИИОСПа и других отраслевых институтов.

Приоритет А.М. Фанталова в этой области закреплен более чем 60 опубликованными работами и авторскими свидетельствами. Плодотворная трудовая деятельность Анатолия Михайловича была отмечена многими правительственными наградами и почетными грамотами, он носил высокое звание лауреата премии Совета Министров СССР. За большие успехи в проектировании и строительстве предприятий цветной металлургии ему было присвоено звание Заслуженный строитель СССР.

Анатолий Михайлович был исключительно дружелюбным, обаятельным и скромным человеком, всегда пользовался большим авторитетом среди сотрудников института и специалистов других организаций и предприятий.

Кончина Анатолия Михайловича Фанталова глубокой болью отозвалась в сердцах его друзей и коллег. Светлая память о прекрасном человеке, специалисте высокой квалификации и самоотверженном труженике навсегда сохранится в нашей памяти.

Коллектив сотрудников института Гипроцветмет

В.И. СОЛОМАТОВ, д-р техн. наук, проф. (Московский государственный университет путей сообщения); Л.И. ДВОРКИН, д-р техн. наук, проф., О.Л. ДВОРКИН, канд. техн. наук (Украинская государственная академия водного хозяйства)

Малоклинкерные бетоны

В современных условиях актуальной технико-экономической проблемой является снижение содержания клинкерного фонда в цементах и бетонах. Сложившаяся практика преимущественного применения портландцемента с высоким содержанием клинкера (75...95%) в бетонах широкого диапазона классов по прочности можно считать расточительной. Энергозатраты, связанные с получением цемента, расходуемого на 1 м³ бетона классов В15...В40, составляют (для портландцемента и портландцемента с минеральными добавками) 60...177 кг усл. топлива, в то время как расход тепловой энергии непосредственно в производстве сборного железобетона хотя и является также высоким, однако в среднем не превышает 80, а на передовых предприятиях 40 кг усл. топлива на 1 м³ [1].

Расход клинкера в бетоне определяется необходимым качеством и количеством цементно-водного клея. Качество последнего лимитируется его плотностью или, огрубленно, цементно-водным отношением (Ц/В) и активностью исходного цемента. Для бетонов рядовых классов по прочности понижение активности цемента можно компенсировать увеличением его количества и соответственно плотности клея. На практике часто уменьшение содержания клинкера в цементе за счет некоторых минеральных добавок приводит к необходимости существенного увеличения расхода цемента, и удельный расход клинкера в бетоне остается неизменным или даже возрастает.

Количество цементно-водного клея требуемого качества определяется в основном пустотностью смеси заполнителей и не-

обходимым его избытком из условия удобоукладываемости.

Активные наполнители химически связывают гидrolитический Ca(OH)₂, увеличивая объем продуктов гидратации. Однако при использовании традиционных (лишь частично гидратируемых) наполнителей, таких, как зола-унос, в пересчете на весь объем наполненного вяжущего значения α снижается по сравнению с α такого же объема ненаполненного клинкерного цемента, хотя и не пропорционально объему наполнителя. Увеличения интегрального значения α можно достичь, применяя различные способы механической и химической активизации цементно-зольного вяжущего, например домол золы, введение ускорителей твердения и некоторых других добавок. При этом во всех случаях, очевидно, нельзя допускать повышения в/ц цементного камня. Наиболее значительный эффект можно ожидать при одновременном увеличении α и уменьшении В/Ц.

Авторы исследовали малоклинкерные бетоны с активированным зольным наполнителем. В качестве активизаторов использовали добавки микрокремнезема (МК) — отхода производства ферросилиция и известково-карбонатной пыли (ИКП) — отхода производства комовой известии. В обоих случаях существенно (на 20...25%) возрастает степень гидратации цементно-зольного вяжущего, в первом — за счет высокой пуццолановой активности МК, во втором — за счет дополнительно вовлекаемой в процесс гидратации золы. Повышение водопотребности бетонных смесей компенсировалось добавкой суперпластификатора С-3.

Структурообразующая роль активизированных наполнителей не ограничивается существенным их влиянием на степень гидратации. Микрокремнезем увеличивает поверхностную энергию зольного наполнителя, проявляемую по изменению эффекта аутогезии и теплоты смачивания. МК и ИКП увеличивают прочность коагуляционной структуры и улучшают условия кристаллизации новообразований при твердении цементно-зольного камня, уменьшают водо- и раствооротделение бетонных смесей, повышают адгезионную способность цементного клея.

Критерием эффективности использования клинкера в бетонах может служить прочность бетона на 1 кг израсходованного клинкера

$$L = R_6/K, \quad (1)$$

где R_6 — определяющая прочностная характеристика, например проектная прочность бетона на сжатие в 28 сут, МПа; K — расход клинкера на 1 м³ бетонной смеси.

Значения критерия L , рассчитанные по типовым нормам расхода, колеблются в зависимости от вида цемента, удобоукладываемости, проектной марки и отпускной прочности бетонов. При использовании, например, портландцемента и его разновидностей и твердении в нормальных условиях для М400 $L = 0,094...0,156$; М500 — $L = 0,106...0,16$; М600 — $L = 0,133...0,179$ (при расчетах условно принято, что цементы содержат 80% клинкера). Наиболее высокие значения критерия L достигаются для бетонов контактной структуры при пустотности смеси заполнителей, приближающейся к минимально возможной. Практический опыт показывает, что для таких бетонов

объем цементного теста может быть уменьшен до 12...15% объема бетона. В гидротехническом строительстве имеется опыт получения и применения бетонов из особо жестких смесей с расходом цементно-золяного вяжущего 100...120 кг/м³ и воды 70...80 кг/м³, уплотняемых с помощью специальных виброркатков [2]. У таких бетонов достигается значение критерия $L = 0,25...0,3$.

Для получения плотных бетонов при рядовой гранулометрии смеси заполнителей из малоподвижных и подвижных смесей необходимый объем цементного теста находится в пределах 24...40%. При этом минимальный расход вяжущего независимо от его активности обычно нельзя уменьшить менее 200 кг/м³. Сохранение необходимого расхода вяжущего при снижении доли его клинкерной части и соответствующем увеличении критерия L возможно при введении активных наполнителей (микронаполнителей) в процессе изготовления вяжущего или бетонной смеси без увеличения их водопотребности. Эффективные способы введения значительного количества наполнителей в бетонные смеси могут быть реализованы через технологию вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), тонкомолотых многокомпонентных цементов (ТМЦ), интенсивной раздельной технологии (ИРТ) [3]. Если, например, при обычном способе введения золы-уноса в бетонные смеси достигается экономия клинкера до 20%, то введение ее с ТМЦ при изготовлении бетонов с суперпластификаторами позволяет сэкономить клинкер и соответственно увеличивать L в 1,5 раза [4].

Из выражения (1), учтя наиболее общую зависимость для прочности бетона типа $R_b = AR_c(\frac{C}{V}-b)$, можно заключить, что увеличение критерия L возможно за счет повышения $\frac{C}{V}$ без увеличения расхода клинкера, а также роста активности цемента. Для повышения $\frac{C}{V}$ могут применяться все технологические приемы уменьшения водопотребности бетонных смесей, из которых особенно эффективным является

введение суперпластификаторов.

Активность цемента однозначно связана с прочностью камня, которая, как показано многими исследователями, определяется прежде всего объемом гидратированного цемента и его водопотребностью или водоцементным отношением.

Пауэрс предложил [5] прочность цементного камня связывать степенной зависимостью с критерием X , характеризующим концентрацию твердых продуктов гидратации цемента в пространстве, доступном для этих веществ

$$X = K_r V_c \alpha / (V_c \alpha + B/C), \quad (2)$$

где α — часть цемента, прошедшая гидратацию; $K_r = 2,09...2,2$ — коэффициент увеличения объема продукта гидратации; V_c — удельный объем цемента (для портландцемента $V_c \approx 0,32$).

Влияние комплекса параметров структуры и состава на прочность при сжатии цементно-золяных бетонов с добавками МК (y_1) и ИКП (y_2) можно проанализировать с помощью экспериментально-статистических моделей, в 28 сут нормального твердения ($y_1^{H,T}$) и после пропаривания (y_1^{HP})

$$y_1^{H,T} = 23,4 + 4,9x_1 + 2,8x_2 + 4,1x_3 + 2,7x_c - 2,7x_1^2 - 2,1x_2^2 - 0,3x_3^2 - 0,8x_c^2 + 1,9x_1x_c - 0,8x_1x_2;$$

$$y_1^{HP} = 18,5 + 4,5x_1 + 3,3x_2 + 4,3x_3 + 2,8x_c - 2,4x_1^2 - 1,9x_2^2 - 0,5x_3^2 - 0,7x_c^2 + 2,4x_1x_c - 0,6x_1x_2;$$

$$y_2^{H,T} = 28,5 + 5,5x_1 - 5,8x_2 + 4,7x_3 + 1,9x_c - 1,8x_1^2 - 0,5x_2^2 - 0,2x_3^2 - 0,6x_c^2 - 1,2x_1x_c + 1,1x_1x_2;$$

$$y_2^{HP} = 21,5 + 4,4x_1 - 4,3x_2 + 3,4x_3 + 1,05x_c - 1,3x_1^2 - 0,3x_2^2 - 0,15x_3^2 - 0,5x_c^2 - 0,8x_1x_c + 0,7x_1x_2.$$

Значения факторов (x) и условия их варьирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Факторы	Уровни варьирования факторов при кодированном обозначении (x)		
	-1	0	+1
в натуральном выражении			
$x_1 = V_A / (V_A + V_3)$	0,3	0,37	0,44
$x_2 = (V_A + V_3) / (V_A + V_3 + V_c)$	0,56	0,63	0,7
$x_3 = (V_A + V_3 + V_c) / (V_A + V_3 + V_c + V_B)$	0,41	0,47	0,53
$x_c = V_c / (V_c + V_B)$	0,0	0,01	0,02

Примечание. V_A, V_3, V_c, V_B, V_c — абсолютные объемы активизатора (МК или ИКП), золы-уноса, портландцемента, воды и сухого суперпластификатора (С-3)

При получении моделей планировали также фактор $X_4 = (V_A + V_3 + V_c + V_B) / V_{б.с.}$, где $V_{б.с.}$ — объем бетонной смеси. При получении моделей $y_1^{H,T}$ и y_1^{HP} этот фактор, характеризующий объемную концентрацию цементно-водного клея в бетонной смеси, колебался в пределах 0,25...0,28. Для моделей $y_2^{H,T}$ и y_2^{HP} — 0,52...0,42. В обоих случаях он оказался незначимым, что не противоречит известным теоретическим представлениям.

Переход от параметров полиструктуры бетонов к их составам легко осуществить по формулам, рассчитанным из условия, что абсолютный объем бетонной смеси равен сумме объемов отдельных ее компонентов

$$A = X_1 X_2 X_3 X_4 \rho_A;$$

$$Z = (1 - X_1) X_2 X_3 X_4 \rho_Z;$$

$$C = (1 - X_2) X_3 X_4 \rho_C;$$

$$B = (1 - X_3) X_4 \rho_B, \quad (3)$$

где ρ — плотности.

В табл. 2 приведены расчетные по моделям (1,3) значения прочности и критерия L для характерных составов X экспериментальных бетонных смесей. Из них следует, что введение оптимального количества как МК, так и ИКП позволяет увеличить эффективность использования клинкера в 1,2...2,2 раза.

Таблица 2

Параметры структуры				Расход материалов, кг/м ³				Прочность при сжатии, МПа, в возрасте 28 сут	Критерий L
X ₁	X ₂	X ₃	X _c	A	З	Ц	В		
Активизатор ИКП									
0,3	0,56	0,41	0,02	52	113	179	189	25	0,174
0,37	0,56	0,41	0,02	65	101	179	189	28	0,195
0,44	0,56	0,41	0,02	77	90	179	180	30	0,209
0,44	0,70	0,41	0,02	97	113	122	189	23	0,235
0,44	0,70	0,53	0,02	125	146	158	150	28	0,221
0,37	0,63	0,47	0,02	84	131	172	170	29	0,21
Активизатор МК									
0,3	0,70	0,53	0,02	63	148	128	122	22	0,215
0,37	0,70	0,53	0,02	78	133	128	122	30	0,293
0,3	0,70	0,41	0,02	48	112	99	153	15	0,189
0,37	0,70	0,41	0,02	60	103	99	153	19	0,24
0,44	0,70	0,53	0,02	93	119	128	122	33	0,32
0,37	0,63	0,47	0,02	62	107	140	138	23	0,20
Без активизаторов									
0,0	0,47	0,36	0,0	—	113	174	189	15	0,107
0,0	0,47	0,36	0,02	—	113	174	164	20	0,144

Примечания: 1. Составы бетонов с добавкой МК рассчитывали при X₁ = 0,26; с добавкой ИКП — при X₁ = 0,37. 2. При расчете критерия L расход клинкера в портландцементе принимали равным 80%.

Выбор способа снижения расхода клинкера в бетонах, получения малоклинкерных бетонов зависит от конкретных возможностей и условий, технологических и экономических предпосылок.

Библиографический список

1. Дворкин Л.И. Снижение расхода цемента и топлива в производстве сборного железобетона. — К.: Вища школа, 1985. — 99 с.
2. Фролов Б.К. Пути совершенствования технологии возведения крупных бетонных плотин в США // Энергетическое строительство за рубежом. — 1975. — № 6. — С. 23...29.
3. Соломатов В.И., Тахиров М.К., Тахер Шах. Интенсивная технология бетонов. — М.: Стройиздат, 1989. — 264 с.
4. Малинина Л.А. Проблемы производства и применения тонкомолотых многокомпонентных цементов // Бетон и железобетон. — 1990. — № 2. — С. 5...6.
5. Пауэрс Г.К. Физические свойства цементного теста и камня. — В кн.: Четв. конгресс по химии цемента. — М.: Стройиздат, 1964. — С. 402...439.

В.И. БУРЧУ, канд. техн. наук (Технический университет Молдовы)

Новая методика исследования свойств бетона, загруженного в раннем возрасте

Известно, что теория сопротивления железобетона строится на опытных данных и законах механики разрушения. Также известно, что опытные данные получаются на основе экспериментальных исследований. От правильности их проведения, т.е. от правильности применения соответствующей методики в достаточной степени зависит достоверность и надежность полученных результатов. И наоборот, на основе неправильно выбранной методики делаются неверные или ошибочные выводы о свойствах исследуемого материала (в том числе и бетона), не присущие ему в действительности.

Применяемые до настоящего времени методики [1—3] исследования свойств монолитного и частично сборного железобетона

имеют тот недостаток, что они не учитывают реальные условия твердения бетона в конструкциях на начальном этапе.

Дело в том, что достаточно большой собственный вес бетона учитывается при расчете конструкций, но не принимается во внимание при проведении экспериментальных исследований свойств монолитного, а для некоторых конструкций и сборного бетона, что неверно. Однако при возведении монолитных конструкций, а также при изготовлении некоторых сборных конструкций бетон твердеет под воздействием собственной нагрузки с момента бетонирования этих конструкций. При этом нагрузка колеблется в пределах 0,05... 0,25 МПа. В столь раннем возрасте чрезвычайно интенсивно протекают процессы усадки и

ползучести бетона, что оказывает существенное влияние на его прочностные и деформативные свойства, а следовательно, и на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций. Вместе с тем эта особенность поведения бетона в раннем возрасте пока недостаточно учитывается в реальном проектировании монолитных конструкций вследствие недостаточной изученности вопроса.

В связи с этим необходимо было разработать новую единую методику исследования свойств бетона, начиная с возраста (в среднем) 0,05 сут, которая не отличалась бы от методики исследования свойств зрелого бетона, т.е. эта единая методика не должна зависеть от возраста бетона в момент загрузки. Под единой имеется в виду прежде

№ серии	Значения характеристик образцов, МПа, в возрасте 28 сут					
	загруженных			контрольных		
	R_b	$E_b \cdot 10^5$	μ	R_b	$E_b \cdot 10^5$	μ
I	32,82	0,258	0,219	22,14	0,214	0,207
	31,77	0,262	0,207	23,04	0,237	0,243
	33,25	0,263	0,214	21,08	0,224	0,230
	28,59	0,242	0,222	21,79	0,232	0,197
	31,72	0,255	0,211	22,13	0,243	0,223
	32,75	0,259	0,207	23,03	0,229	0,239
II	17,47	0,186	0,208	16,50	0,172	0,193
	18,51	0,184	0,198	16,59	0,168	0,202
				16,31	0,165	0,188
				16,60	0,175	—
				17,05	0,176	0,209
				16,67	0,172	0,197

Примечание: В рамке представлены данные для образцов, разгруженных в возрасте 7 сут.

всего методика изготовления одинаковых по размерам образцов, испытание их в одних и тех же установках с возможностью создания идентичных режимов и условий загрузки, сопоставление и анализ результатов испытаний различных серий, обеспечение повторяемости экспериментов и воспроизводимости результатов.

Такая методика была разработана нами в 1983 г. и защищена авторским свидетельством в 1987 г. Согласно новой методике [4] бетон в пластическом состоянии укладывают в призматическую форму, которую затем устанавливают в испытательную

установку и прикладывают к образцу заданную условиями эксперимента нагрузку. После определенного периода времени образец освобождают от формы, оставляя его в загруженном состоянии. В дальнейшем образец подвергают заданному режиму загрузки при непрерывном измерении деформаций с момента приложения нагрузки до завершения испытания (до разрушения).

Для проверки новой методики и сопоставления получаемых результатов были поставлены две серии длительных экспериментов на неизолированных бетонных призмах размером 10x10x40 см. Состав исследуемого бетона (по

массе): 1:1,33:2,44 при В/Ц = 0,63, расходе портландцемента 430 кг/м³, содержании добавки СДБ — 0,2 % (от массы сухого цемента) и осадке конуса 10...12 см.

В первой серии опытов образцы были загружены в пластическом состоянии через 2,5 ч после затворения бетонной смеси нагрузкой 0,08 МПа. В возрасте 1 сут образцы были распалублены, а нагрузку увеличивали до уровня напряжений $\sigma_b(\tau)/R_b(\tau) = 0,3$. Во второй серии опытов образцы были загружены в возрасте 3 сут уровнем напряжения $\sigma_b(\tau)/R_b(\tau) = 0,3$. В дальнейшем образцы обеих серий подвергали воздействию ступенчато возрастающих нагрузок. При этом напряжения в образцах увеличивали в соответствии с ростом призматической прочности бетона, твердеющего под нагрузкой, с тем чтобы в день ступенчатой догрузки образцов соблюдалось заданное в начале испытания условие $\sigma_b(\tau) = 0,3R_b(\tau)$.

В намеченный срок по два образца разгружали и испытывали на сжатие кратковременной нагрузкой до разрушения. Одновременно испытывали контрольные (незагруженные) образцы.

Для выявления статистически значимой разницы между характеристиками загруженных

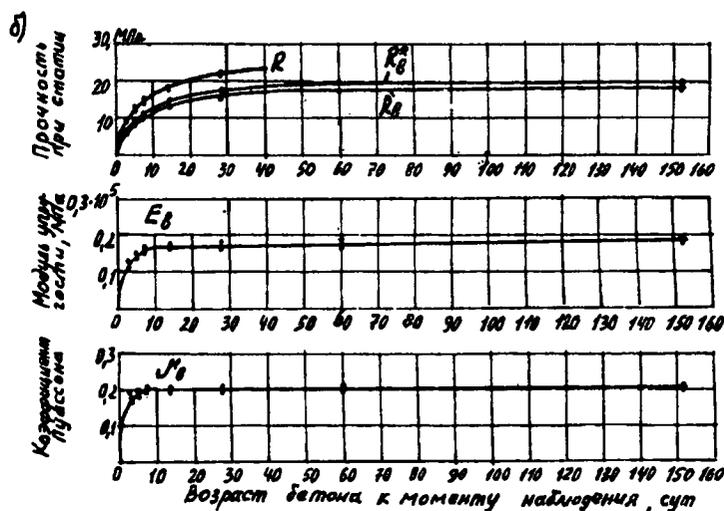
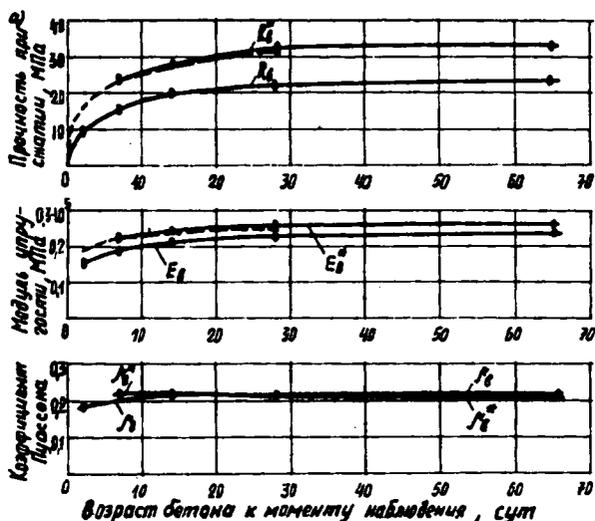


Рис. 1. Изменение механических характеристик исследуемого бетона
а — I серия опытов; б — II серия опытов

и контрольных образцов было выполнено сравнение результатов по F-критерию Фишера, по абсолютным и относительным значениям характеристик бетона. В таблице приведены результаты испытаний нагруженных и контрольных образцов бетона I и II серии в 28-суточном возрасте.

На рис. 1 приведены кривые изменения прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона бетона, построенные по средним результатам кратковременных испытаний призм в каждом возрасте бетона. На рис. 2 — кривые изменения относительной прочности и относительного модуля упругости бетона во времени.

Из таблицы и рисунков видно, что при загрузке бетона в возрасте 3 сут его прочность в 28-суточном возрасте на 12...15 % выше прочности незагруженных образцов, тогда как при загрузке бетона в пластическом состоянии — на 45...50 %. Кривые 2 на рис. 2 указывают на то, что при загрузке бетона в возрасте 3 сут вначале с ростом нагрузки увеличивается и относительная прочность. Однако этот прирост незначителен, и его величина, достигнутая к 28 сут, несколько падает, оставаясь почти неизменной в пределе. При загрузке бетона в пластическом состоянии относительная прочность бетона вначале быстро падает (несмотря на рост нагрузки), постепенно стабилизируясь. Это падение значения относительной прочности связано с увеличением прочности незагруженных образцов (кривая 3) и не означает снижения со временем прироста прочности бетона в результате его твердения под нагрузкой. Подобную картину можно также наблюдать при сравнении кривых 1 и 3 на рис. 2. При сравнении кривых 3 и 4 на рис. 2 видно, что при загрузке образцов в возрасте 3 сут относительная прочность незагруженных образцов выше, чем нагруженных, на всем периоде наблюдения, а при загрузке образцов в пластическом состоя-

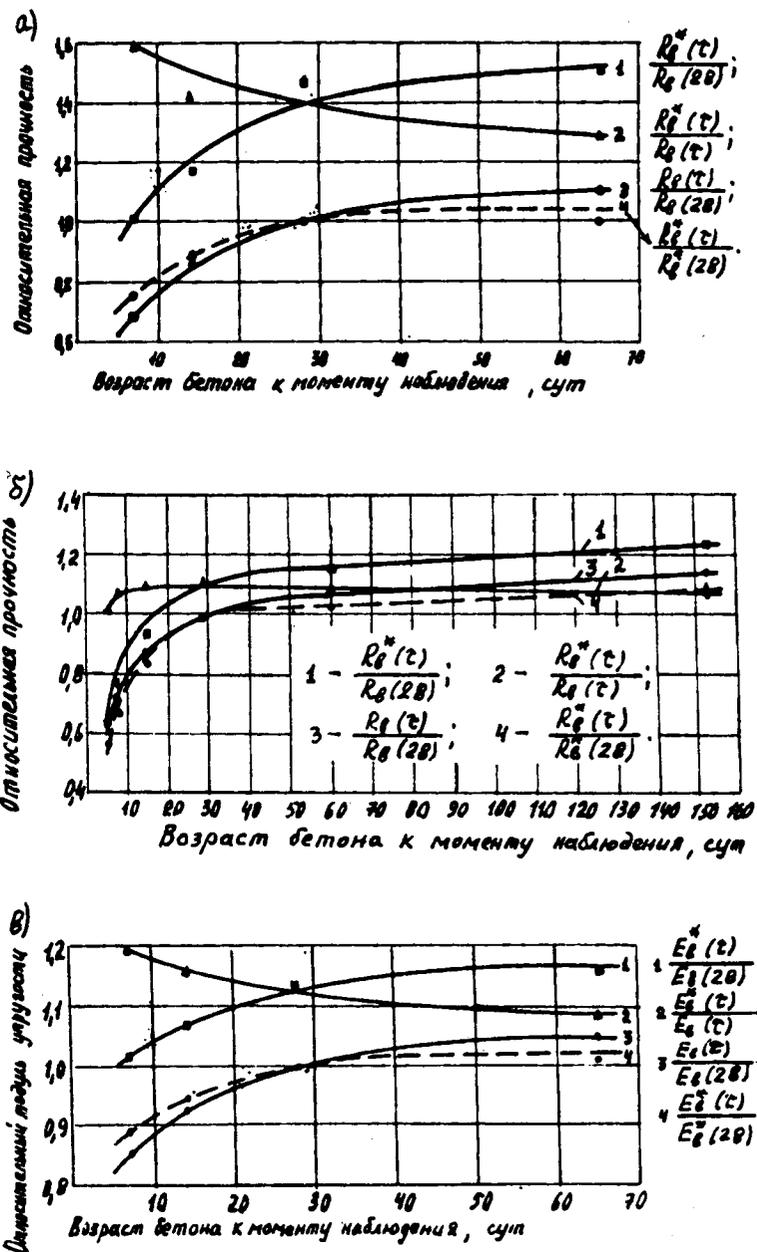


Рис. 2. Изменение относительной прочности образцов первой (а) и второй (б) серии опытов и относительного модуля упругости образцов первой серии опытов (в)

нии в начале твердения нагруженные образцы имеют более высокую относительную прочность, чем незагруженные. В более позднем возрасте ($\tau > 28$ сут) имеет место обратное явление. Из этого следует, что нагрузка, приложенная к бетону в незатвердевшем состоянии, приводит к существенному повышению его прочности, при этом отмеченное повышение имеет место в первые (5...10) часы твердения. Сделанные выводы согласуются с дан-

ными таблицы, приведенными в рамке.

Сравнение результатов I серии опытов по относительному модулю упругости (рис. 2) показывает, что при загрузке вышеуказанным давлением бетона в пластическом состоянии его модуль упругости выше на 14...15 % модуля упругости незагруженного бетона. При этом нагрузка, приложенная к незатвердевшему бетону, приводит к долговременному увеличению

модуля упругости, как это видно из рис. 1, а также из рис. 2 (кривые 1 и 3). При загрузке бетона в возрасте 3 сут модуль упругости увеличивается на 5...10 % (см. таблицу).

Представляет большой интерес анализ развития коэффициента Пуассона бетона. При загрузке бетона в возрасте 3 сут этот коэффициент загруженного и незагруженного бетонов развивается по одному и тому же закону, а его средняя величина в каждом возрасте испытания почти совпадает. При загрузке бетона в пластическом состоянии коэффициент Пуассона в начальный период твердения бетона несколько больше, чем у незагруженного бетона, а в возрасте 28 сут — уже меньше. Причину такого изменения этого коэффициента во времени предстоит выявить в дальнейших исследованиях с обязательным использованием ультразвукового анализа.

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить, что возраст бетона в момент загрузки оказывает влияние на его свойства только в том случае, если бетон загружается в пластическом состоянии. При этом нагрузка влияет только на увеличение прочности бетона и незначительно влияет на изменение его модуля упругости. На изменение коэффициента Пуассона бетона нагрузка не оказывает влияния. Длительность действия ступенчато возрастающей нагрузки не оказывает какого-либо влияния на изменение свойств бетона. Загрузка бетона в пластическом состоянии приводит к существенному увеличению физической связи зерен крупного заполнителя с цементным камнем.

В ы в о д ы

Предложенная методика позволяет повысить точность испытаний за счет приближения к реальным условиям работы бетона в конструкциях, а также вследствие учета деформаций твердеющего бетона на наиболее ран-

них стадиях его твердения; выявить фактическое влияние нагрузки на все физико-механические свойства интенсивно стареющего бетона; получить бетоны с высокой прочностью, трещиностойкостью, водонепроницаемостью, морозостойкостью, истираемостью, огнестойкостью и термостойкостью, с низкой деформативностью и с высокой прочностью сцепления с арматурой; создавать новые прогрессивные технологии, новые строительные конструкции с высокой трещиностойкостью и высокой несущей способностью и долговечностью; оценить степень точности одной из основных предпосылок современной теории ползучести о равенстве функций мер простой и режимной ползучести; продолжить разработку основ теории железобетона и механики разрушения.

Библиографический список

1. ГОСТ 24452—80. Бетоны. Методы определения призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона.
2. ГОСТ 24544—81. Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести.
3. Toossi M. Variation of concrete strength due to pressure exerted on fresh concrete. *Cement and concrete research*, 1980, v. 10, № 6, p. 845—852.
4. А.с. СССР № 1409925 С-01 N 33/38. Способ испытания образцов из твердеющего материала на сжатие. /Бурчу В.И. //Открытия, изобретения. — 1988. — № 26.

О т р е д а к ц и и. Помимо экспериментальных работ, описанных в вышеприведенной статье, В.И. Бурчу была составлена обзорная информация по теме "Улучшение свойств монолитного бетона на ранней стадии твердения" (Кишинев, 1995 г.)

Ниже приводим отзыв об этом обзоре д-ра техн. наук, проф. А.С. Залесова.

В современных условиях возведение зданий и сооружений из монолитного бетона является важным направлением научно-технического прогресса в строительстве, чему способствует ряд

неоспоримых достоинств монолитного железобетона. При этом характеристики монолитного бетона тесно связаны с технологией возведения монолитных железобетонных конструкций и, в первую очередь, с дополнительным давлением, которое испытывает монолитный бетон в процессе его твердения, что приводит к существенному повышению прочности бетона.

Рассматриваемая обзорная информация посвящена этому вопросу.

Автор на основе использования большого количества отечественных и зарубежных литературных источников (72 наименования) представил подробный анализ влияния дополнительного давления на твердеющий бетон, создаваемого весом вышележащих слоев укладываемого бетона, прессованием бетонной смеси, напорным бетонированием и т.п.

Показано, что нагружение свежеложенного бетона сравнительно небольшим давлением может повысить его прочность в проектном возрасте до полутора раз по сравнению с незагруженным бетоном. Такое увеличение прочности бетона могло бы быть учтено в расчете, что повысило бы эффективность монолитных конструкций. Однако при этом должна быть разработана методика испытаний бетона, отражающая реальные условия его твердения в монолитной конструкции.

В обзорной информации приводится разработанная автором методика испытания бетона, защищенная авторскими свидетельствами, позволяющая оценивать прочность, трещиностойкость и деформативность бетона при заданных режимах нагружения и воздействия температуры в процессе твердения бетона.

В целом обзорная информация "Улучшение свойств монолитного бетона на ранней стадии твердения", составленная В.И. Бурчу, является весьма полезной для инженерно-технических и научных работников.

Отрицательная петля гистерезиса циклически нагружаемых образцов модифицированного тяжелого и легкого бетонов

Исследовались демпфирующие свойства пропитанных расплавом серы тяжелых (на извещняковом заполнителе) и легких (на пористом заполнителе из вулканического шлака) бетонов и их растворной части (матрицы) при воздействии малоцикло-вой нагрузки с коэффициентом асимметрии $\rho = 0$ (центральное сжатие). Параллельно, для сопоставления, изготовляли и испытывали не пропитанные расплавом серы образцы тех же бетонов и матриц. Кроме того, из легких бетонов изготовляли и испытывали также и образцы, в бетонную смесь которых при затворении вводили латексодержащую комплексную химическую добавку (ЛКХД) по [1].

Для улучшения пропитки серой образцы бетона и их матрицы детали повышенной пористости, что достигалось применением прерывистой гранулометрии мелкого заполнителя (отсутствовала фракция песка размером 1,25...2,5 мм). Максимальный размер зерна крупного заполнителя в бетоне 10 мм, песка — 5 мм.

Образцы изготовляли в виде призм размером 40x40x160 мм, режим твердения — пропаривание при 80°C, а для легких бетонов с ЛКХД — запарка в автоклаве при давлении более 1 атм.

Испытания проводили на гидравлическом прессе в соответствии с [2]. В ходе испытаний замеряли продольные ($\varepsilon_{пр}$) и поперечные ($\varepsilon_{пн}$) деформации бетона с помощью тензорезисторов с базой 10 мм, наклеиваемых на противоположные грани образца. Деформации замеряли на 1, 10, 25, 50, 100, 150 и 200-ом циклах при ступенчатом нагружении и разгрузении образца.

На отдельной серии призм из бетонов, пропитанных серой, определяли средние относительные продольные деформации укорочения ($\varepsilon_{ук}$), вызываемые усад-

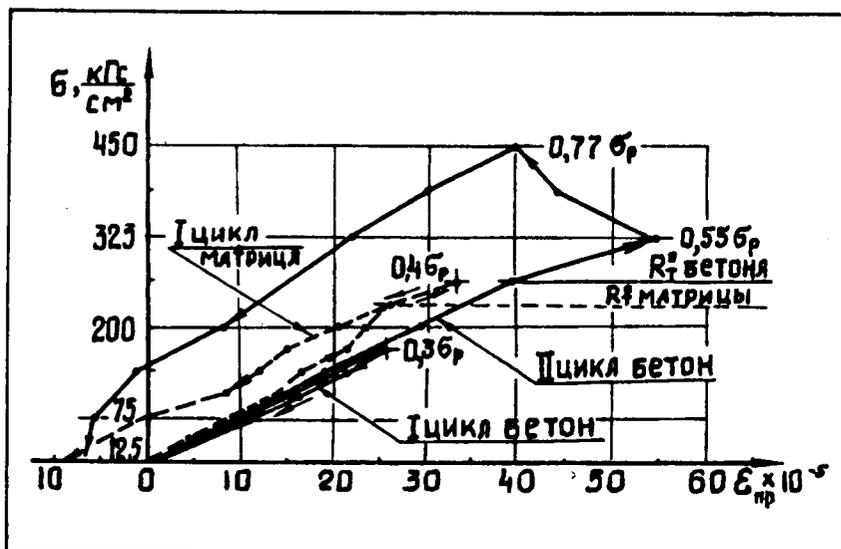
кой от искусственной сушки бетона при 105°C перед его пропиткой серой, и затем, после пропитки расплавом серы, — от контракции при охлаждении и затвердевании серы. В среднем суммарные деформации укорочения для пропитанных серой образцов бетона на тяжелом заполнителе составили $\varepsilon_{ук}^T = 12,12 \times 10^{-5}$, на легком заполнителе — $\varepsilon_{ук}^T = 9,7 \times 10^{-5}$. Этим деформациям соответствует напряжение $\sigma = 43$ кгс/см² в поперечном сечении образца призмы из непропитанного серой бетона на тяжелом заполнителе и $\sigma = 22$ кгс/см² на легком заполнителе.

Во время испытаний непропитанные образцы тяжелого бетона и его матрицы под циклической нагрузкой показывали обычную прямую, положительную петлю гистерезиса. Пропитанные же серой образцы обнаруживают обратную, отрицательную петлю гистерезиса (см. рисунок). При этом выявляется зависимость проявления отрицательного гистерезиса от уровня напряжения в образце σ (вызываемого прикладываемой циклической нагрузкой) по отношению к разрушающему напряжению в бетоне (σ_p), уровня начала микротрещинообразования (R_t^0) и модуля упругости (E) материала образца. Чем ниже R_t^0 и в то же время выше σ / σ_p и E , тем при относительно более низких максимумах циклической нагрузки отмечается отрицательный гистерезис. К примеру, представленная на рисунке зависимость ε от σ для одного из пропитанных серой образцов тяжелого бетона показывает, что на первом цикле загрузения при максимальном напряжении от нагрузки в цикле $\sigma_{\max.ц} = 0,3 \sigma_p$ отмечается обычная положительная петля гистерезиса. На втором же цикле при $\sigma_{\max.ц} = 0,77 \sigma_p$ уже после напряжения $0,55 \sigma_p$ начинается резкий поворот петли гистерези-

са на обратную. Разрушение образца произошло на пятом цикле. Испытанный же при $\sigma_{\max.ц} = 0,61 \sigma_p$ образец-близнец имел после 200 циклов прочность $1,085R_{пр}$. Эксперименты также показали, что у образцов матрицы, пропитанной расплавом серы, проявление отрицательного гистерезиса начинается при относительно более низких соотношениях σ / σ_p , чем у образцов из пропитанного серой бетона. Это характерно как для тяжелого, так и для легкого бетонов. Отрицательный гистерезис пропитанных матриц прослеживается вплоть до 200 цикла.

При испытании легкогобетонных образцов отрицательный гистерезис выявлен и у матрицы, не пропитанной серой (по сути, представляющей собой мелкозернистый легкий бетон). Отрицательная петля гистерезиса в непропитанной матрице при $\sigma_{\max.ц} = 0,6 \sigma_p$ обнаруживается вначале после 25 цикла, затем переходит в обычную положительную и вновь обнаруживается на 150 цикле, а на 200 цикле опять положительная, т.е. проявляется периодически. Пропитанная серой матрица легкого бетона обнаруживает отрицательный гистерезис уже на первом цикле нагружения при $\sigma_{\max.ц} = 0,375 \sigma_p$. В легком же бетоне, пропитанном серой, отрицательный гистерезис наблюдается с 50 цикла при $\sigma_{\max.ц} = 0,45 \sigma_p$. Легкие бетоны с ЛКХД также обнаруживают проявление отрицательного гистерезиса с 50 цикла, но при $\sigma_{\max.ц} = 0,7 \sigma_p$.

Обследованная после испытания структура разрушенного бетона показала полную его пропитку серой почти во всех образцах. Лишь у некоторых образцов в центральной их части можно было наблюдать ядра из слабопропитанного или непропитанного бетона.



Средние относительные продольные деформации ($\epsilon_{\text{пр}} \times 10^{-5}$) в зависимости от напряжений (σ , кгс/см²) пропитанных серой образцов при циклическом сжимающем нагружении

Если принять во внимание, что пористый заполнитель при затворении легкого бетонной смеси проявляет свойство самовакуумирования [3, 4], а также тот факт, что при твердении легкого бетона присущи относительно большие усадочные деформации, то очевидно, что скелетная часть и крупнозернистого, и мелкозернистого легкого бетонов в определенной степени обжата, подобно обжатой структуре бетона,

пропитанного расплавом серы. Учитывая, что введение в бетонную смесь латексодержащих добавок кольматирует в бетонах мелкие и средние поры, заземляя в них газообразную фазу, а также то, что при усыхании латексной эмульсии в процессе твердения бетона латекс уменьшается в объеме, можно предположить, что в легких бетонах с ЛКХД скелетная часть из заполнителей обжата в относительно

большой степени, чем в бетонах без добавок.

Из сказанного выше и на основании проведенных экспериментов следует, что проявление эффекта отрицательного гистерезиса при циклических нагрузках на бетон является следствием разрыва структурных связей части материала, сжимающего или сдерживающего обжатый заполнитель или обжатую зону в виде ядра в бетоне. Освобождающаяся при этом внутренняя энергия стремится восстановить первоначальные, до обжатия, размеры образца.

Библиографический список

1. Лоладзе В.В., Чиковани А.Б. Модификация латексной добавкой структуры легких бетонов на природных пористых заполнителях. // Сб. научн. тр. ГрузНИИСтром: Исследование горных пород Грузии для производства легких пористых заполнителей и изделий на их основе. — Тбилиси, 1987.
2. Лещинский М.Ю. Испытание бетона. Справочное пособие. — М.: Стройиздат, 1980.
3. Симонов М.З. Бетон и железобетон на пористых заполнителях. Госиздат литературы по строительству и архитектуре. — М., 1955.
4. Иванов-Дятлов И.Г. и др. Применение керамзитобетона в дорожном строительстве. — Автографиздат. — М., 1963.

НОВАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО БЕТОНУ И ЖЕЛЕЗОБЕТОНУ

До настоящего времени ведущими международными организациями по бетону и железобетону являются Федерация по предварительно напряженному железобетону (ФИП) и Евро-Международный комитет по бетону (ЕКБ). Эти организации дополняли друг друга, однако их раздельное существование не всегда способствовало оптимальному решению отдельных научно-технических проблем. Российские ученые еще в семидесятых годах выдвинули идею слияния ФИП и ЕКБ; постепенно это предложение приобретало все больше сторонников, и наконец было принято решение о слиянии, к которому тщательно готовились последние три года. В результате в 1998 г. появится новая организация под названием "Международная федерация по бетону" (ФИБ), а ФИП и ЕКБ перестанут существовать. Штаб-квартира ФИБ будет находиться в Лозанне (Швейцария).

Предусматривается в максимальной степени сохранить действующие технические комиссии и рабочие группы ФИП и ЕКБ.

Последний XIII конгресс ФИП состоится в Амстердаме (Нидерланды) в период 23—28 мая 1998 г. Программа конгресса весьма обширна и предусматривает: 30 научно-технических сессий по различным вопросам развития бетона и железобетона; выставку; показ технических фильмов; посещение строящихся объектов. На сессиях будут рассмотрены следующие вопросы:

- развитие и применение современных материалов
- повторно используемые материалы
- автоматизация изготовления и возведения
- заводское производство

- мосты
- туннели и подземные сооружения
- морские сооружения
- другие сооружения
- сейсмостойкость сооружений
- оценка состояния и улучшение сооружений
- крупномасштабные испытания
- защита от аварий и катастроф
- долговечность сооружений
- надежность сооружений
- финансирование новых проектов
- компьютеризация
- образование

Предусмотрены обзорные доклады технических комиссий федерации и национальных групп. После окончания работы конгресса желающие могут принять участие в одном из четырех запланированных туров: Дания и Копенгаген, Берлин, Брюссель и Париж, Нидерланды.

В период работы конгресса будет официально осуществлено рождение новой международной научно-технической организации по бетону и железобетону ФИБ.

Более подробные сведения о XIII конгрессе ФИП можно получить в НИИЖБе по телефону 170-52-42.

К.В. Михайлов

М.Н. КОКОЕВ, канд. экон. наук (ОАО "Каббалкагропромстрой"); В.Т. ФЕДОРОВ, д-р техн. наук
(Нальчикский Колледж дизайна)

Электростатическое формование изделий из армированного бетона

С целью экономии цемента содержание воды в бетонной смеси стремятся уменьшить до возможного предела. Теоретически для твердения распространенных типов цементов требуется 12—20 % воды от массы вяжущего. Однако для повышения удобоукладываемости бетона водоцементное отношение (В/Ц) часто увеличивают до 0,5—0,6. Это снижает прочность готового бетона, либо, при равной прочности, увеличивает расход цемента. Если же для экономии цемента снижают величину В/Ц, то возрастающую при этом жесткость бетонной смеси уменьшают введением в состав различных добавок: пластификаторов и суперпластификаторов, поверхностно-активных веществ (ПАВ) и др. Укладку жестких смесей и формование изделий проводят с использованием интенсивного уплотнения: вибрирования с пригрузом, двойного вибрирования и т.д.

Относительно малое значение В/Ц достигается также при использовании вяжущего низкой водопотребности (ВНВ). Его получают путем совместного помола клинкера портландцемента и суперпластификаторов, т.е. путем применения механохимического В/Ц для бетонных смесей на основе ВНВ составляет 0,16, однако для смесей на основе обычных портландцементов его не удается снизить меньше величины 0,30—0,35.

Большой удельный расход бетона часто связан с необходимостью изготовления деталей увеличенного сечения не по соображениям прочности, а в силу технологических причин. Например, масса мелиоративных желобов, объем производства которых очень велик, могла быть на 25—30 % меньше, если бы удалось формовать изделия с более тонкой стенкой. При этом сохранить прочность желоба с одновременным уменьшением его массы можно, применив развитые ребра

жесткости на внешней поверхности изделия. Необходимая жесткость и прочность стоек, балок, панелей и других изделий при малой толщине их стенок может быть достигнута вследствие развитого момента инерции поперечного сечения деталей.

Принцип уменьшения массы изделий путем применения поперечного сечения оптимальной формы и развитого оребрения в практике производства серийных изделий из железобетона и дисперсно-армированного бетона ограничивается технологическими трудностями, так как для изготовления подобных деталей необходимо использовать сложные формы и опалубки. Но главное препятствие заключается в том, что жесткой бетонной смесью трудно заполнять формы для получения армированных изделий с тонкими стенками и ребрами. В противоположность этому можно сослаться на известный опыт производства литых деталей из пластмасс и сплавов цветных металлов, где технология литья расплавов дает большие возможности для конструирования деталей оптимальной прочности и массы.

Предлагаемый метод формования тонкостенных изделий из армированного бетона с величиной В/Ц, близкой к теоретической, соединяет в себе элементы различных технологий, а также известные физические эффекты, которые ранее уже были исследованы и в настоящее время применяются в различных отраслях промышленности [2—4]. В новой технологии для изготовления тонкостенных изделий и оболочек используют метод послойного электростатического нанесения сухих порошковых компонентов бетонной смеси на формообразующий арматурно-сеточный каркас изделия с одновременным или периодическим увлажнением наносимых слоев тонкораспыленной водой, содержащей ПАВ.

Данная технология применима для изготовления тонкостенных корпусных деталей сложной формы из армированного бетона, резервуаров, полых колонн и стоек, опор линий электропередач, мелиоративных желобов, водоводных труб большого диаметра, пространственных оболочек и др.

В качестве основы для изготовления изделий используют штампованный сеточный каркас, близкий по форме к будущей детали. При изготовлении крупных изделий или пространственных оболочек используют каркас из арматурной стали, дополненный металлической сеткой. В конструкции каркаса, кроме стальной сетки, можно применять также материалы из электропроводящих волокон, например, в виде тканой сетки из углеродных или металлизированных волокон. При использовании сетчатого каркаса из полимерных или стеклянных волокон они должны быть продублированы металлической проволокой. Для массового изготовления из бетона относительно небольших тонкостенных деталей сложной конфигурации в качестве формообразующего каркаса может пойти в дело также перфорированная металлическая фольга. Подобные каркасы сложной конфигурации производят из сеточного полотна или перфорированной фольги вырубкой, гибкой и сборкой полученных деталей примерно так, как это делают при изготовлении массовой упаковки из тонкого картона.

В состав оборудования для электростатического напыления сухих компонентов бетона на электропроводящий формообразующий каркас входят: пистолет с высоковольтным кабелем и шлангом для пневмоподачи к пистолету сухого цемента и мелкого песка, транспортный источник высокого напряжения на 60—90 кВ, емкости для сухих компонентов бетона (цемента и мелкого песка) и воздуходувка

для обеспечения пневмоподачи порошков к пистолету. Нанесение дозированного количества воды на покрываемый бетоном каркас изделия или сооружения производят обычным краскораспылителем как с применением электрического поля, так и без него. Распылитель регулируют так, чтобы обеспечить максимально тонкий распыл воды.

При работе в заводских условиях увлажнение порошкового цементного слоя на формируемом изделии возможно с помощью влажного водяного пара, а само изготовление массовых деталей из армированного бетона может производиться на поточной линии, состоящей из последовательных технологических камер для электростатического нанесения компонентов бетонной смеси, увлажнения, нанесения дополнительных слоев, выдержки и т.д.

При нанесении сухого порошка цемента и тонкого песка на арматурно-сеточный каркас один полюс высоковольтного источника подключают к изолированному от корпуса электроду пистолета, а второй полюс источника напряжения и арматурный каркас изделия заземляют.

Частицы сухого цементного порошка и тонкого песка заряжаются, проходя при распылении через центральный канал пистолета. Между покрываемым объектом и пистолетом создается электростатическое поле. Частицы порошка, заряженные положительным или отрицательным зарядом, перемещаются к заземленному электроду, которым является увлажненный арматурно-сеточный каркас. Силовые линии поля распределяются таким образом, что они достигают поверхности объекта, и заряженные частицы порошка равномерно осаждаются на каркасе. Известная особенность электростатического напыления заключается в том, что частицы порошка осаждаются также и сзади детали, обеспечивая более или менее равномерное покрытие формируемого каркаса со всех сторон.

Максимальная толщина слоя бетона, который можно нанести на каркас за один проход, может достигать нескольких миллиметров, особенно если наносимый слой порошка и армирующих волокон одновременно увлажнять тонкораспыленной водой. Общую толщину слоя бетона можно

многократно увеличивать последующими проходами. Таким образом, на формующий каркас изделия или сооружения с помощью электростатического осаждения наносят:

тонкораспыленную воду, содержащую ПАВ, которая, осаждающаяся на арматурной сетке, образует на ней водяную пленку; слой сухого цементного порошка, мелкого песка и волокон; последующие слои сухих компонентов бетона, волокон и тонкораспыленной воды с ПАВ.

Осаждение на каркас распыленной воды можно производить одновременно с нанесением сухих компонентов бетонной смеси или поочередно с ними. При необходимости слои из цемента и песка дополняют слоями из уплотняющих базальтовых, асбестовых, стеклянных или полимерных волокон длиной 10—40 мм. Их наносят вместе с порошком цемента или с помощью отдельного электростатического распылителя. Нанесение с помощью электростатического осаждения на каркас крупной пространственной оболочки сплошного слоя бетона малой толщины и последующая его выдержка для набора им начальной прочности позволяют в необходимых случаях далее увеличить толщину оболочки с помощью торкретирования. Возможно также наращивание слоя бетона до значительной толщины и без торкретирования, т.е. только путем последующего послойного электростатического напыления сухих компонентов бетонной смеси на увлажненный слой ранее полученного бетона.

Послойно нанесенные с помощью электростатического напыления слои сухого цемента и песка толщиной несколько миллиметров каждый при периодическом осаждении на них тонкораспыленной воды постепенно увлажняют порошковый слой за счет смачивания. Вода, попавшая между частицами цемента, создает силы сцепления между ними вследствие капиллярного эффекта при условии, если она хорошо смачивает частицы. При плохой смачиваемости жидкость не способствует, а препятствует процессу уплотнения. В процессе смачивания водой частиц цемента, мелкого песка и волокон и их консолидации велика роль ПАВ, которые необходимо добавлять в воду перед ее распылением. При наличии хорошей смачиваемости с появлением

тонких пленок жидкой фазы между твердыми частицами образуются искривленные поверхности жидкости — мениски, на которые действуют капиллярные силы, стремящиеся сблизить частицы [5]. Группы увлажненных порошковых частиц находятся под равномерным всесторонним сжимающим давлением капиллярных сил, которое может достигать величины 0,5—1 МПа в капиллярах диаметром в несколько микрометров. Происходит уплотнение порошкового слоя со значительной скоростью. В процессе частичного испарения воды уплотнение консолидированных частиц цемента не нарушается, так как этому препятствуют силы адгезии и развивающийся процесс образования цементного камня.

Аналогичный, но более сложный процесс консолидации и уплотнения твердых частиц в присутствии жидкой фазы в технике известен и хорошо изучен. Он применяется, например, в порошковой металлургии или в технологии керамики, когда проводят жидкофазное спекание заготовок из порошков [5].

Разумеется, в технологии электростатического формирования изделий из бетона важное значение имеет подбор оптимального количества воды, используемой для увлажнения сухих компонентов. При недостатке воды в микрокапиллярах между твердыми частицами будет недостаточное уплотнение их за счет капиллярных сил. С другой стороны, при избытке воды нельзя получить желательное приближение к теоретическому значению величины В/Ц и, следовательно, не будет достигнута максимально возможная прочность для данного типа бетона.

Как видно из описания нового метода, здесь появляется возможность заменить сложную проблему классической технологии бетона, заключающуюся в постоянном поиске компромисса между жесткостью бетонной смеси и прочностью бетона, на более простую задачу по определению и внесению оптимального количества распыленной воды в процессе электростатического формирования изделия из сухих компонентов бетонной смеси.

После наращивания толщины стенок изделия или оболочки сооружения до заданной величины создают благоприятные условия для твердения бетона, используя известные приемы. Очевидно,

что скорость нанесения и толщина цементно-песчаных слоев, степень армирования их волокнами, продолжительность выдержки между циклами увлажнения, состав бетонной смеси, достигаемая прочность изделий и скорость ее нарастания могут быть определены в результате проведения дальнейших научно-исследовательских работ.

Отдаленным аналогом рассматриваемой технологии можно считать технологию торкретирования. В отличие от торкретирования, где для нанесения бетона все же необходима опорная поверхность, в технологии электростатического напыления бетонной смеси опалубка не нужна, что особенно важно при возведении пространственных оболочек сложной формы. В некоторых случаях торкретирование возможно также без применения опалубки, но для этого необходимо использовать бетонную смесь, содержащую длиноволокнистый материал, чтобы облегчить закрытие отверстий в армирующей сетке. Однако и это не избавляет от потери бетонной смеси при торкретировании. При этом получают неровную по тол-

щине оболочку с напыльями как снаружи, так и с внутренней стороны. Кроме того, при торкретировании не удастся снизить В/Ц ниже 0,35—0,40. Однако опыт торкретирования может оказаться полезным и в новой технологии. А именно — новым методом можно получить сплошную тонкую оболочку сложной формы без применения какой-либо опалубки, а затем торкретированием быстро нарастить на нее второй слой бетона необходимой толщины.

Реализация новой технологии изготовления тонкостенных изделий из армированного бетона методом электростатического осаждения на арматурно-сеточный каркас сухой бетонной смеси дает возможность получить следующий технико-экономический эффект:

снизить удельный расход цемента при изготовлении изделий, конструкций и строительстве сооружений за счет применения минимальной величины В/Ц;
изготавливать облегченные изделия из армированного бетона с тонкими стенками и развитым оребрением;

обеспечить экономию металла и снижение трудозатрат за счет исключения использования опалубок и форм. На одном комплекте оснастки получают формообразующие каркасы для всей серии однотипных изделий;

при строительстве объектов типа больших пространственных оболочек экономия достигается за счет уменьшения объема подготовительных работ.

Библиографический список

1. Долгополов Н.Н., Суханов М.А., Ефимов С.Н. и др. Новый тип цемента: структура и льдистость цементного камня // Строительные материалы. — 1994. — № 6. — С. 9—10.
2. Тэнэсэску Ф., Крамарюк Р. Электростатика в технике. — М.: Энергия, 1980. — 296 с.
3. Петцольд А., Пешман Г. Эмаль и эмалирование. Справочник. — М.: Металлургия, 1990. — 576 с.
4. Faust W.D., Evele H.F. u.a.: Ceram Eng. and Sci. Proc. — 1981. — N 3/4. — S. 256.
5. Адамсон А.В. Физическая химия поверхности. — М.: Мир, 1979. — 568 с.
6. Скороход В.В., Солонин С.М. Физико-металлургические основы спекания порошков. — М.: Металлургия. — 1984. — 159 с.

- Вы создаете новую лабораторию?
- У вас вышли из строя или устарели средства контроля?
- Вам необходимо освоить новые виды испытаний?

Мы предлагаем вам оборудование для комплектации строительных и заводских лабораторий

Фирма "КОНТРОС — СТРОЙПРИБОР"

Производит и реализует лабораторное оборудование для: испытания вяжущих материалов, заполнителей, бетонной и растворной смеси, бетонов контроля технологических процессов производства сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций обследования строительных конструкций и сооружений.

В том числе:

Устройства экспрессной оценки активности цемента; универсальные пропарочные камеры, установки и устройства для оценки водонепроницаемости бетона; средства неразрушающего контроля ("Бетон-22", склерометр ОМШ-1, устройства для оценки прочности методом вырыва анкера, ручной инструмент для выбуривания кернов); приборы для оценки жесткости бетонной смеси; устройства для испытания на растяжение при изгибе; приборы контроля величины защитного слоя, диаметра и расположения арматуры; формы для контрольных образцов всех типоразмеров; приборы для контроля натяжения арматуры типа ПРД; ареометры; термометры; лабораторная химическая посуда и др.

Новинка! Автоматизированное рабочее место сотрудника лаборатории — компьютерная программа "АРМ — БЕТОН"

Телефоны: (095) 539-3603; 176-7206; Факс: (095) 972-4367

Предварительная активная выдержка бетонных смесей, подвергаемых термовиброобработке

По современным воззрениям, процесс превращения бетонной смеси в бетон, как искусственный камень, протекает в три взаимно накладывающиеся стадии: растворение минералов цементного клинкера водой; коллоидация продуктов гидролиза и гидратации с формированием кристаллизационного каркаса (процесс схватывания); обрастание каркаса продуктами новообразований, его упрочнение. Характер химических и физико-химических процессов, происходящих на каждой из этих стадий, их влияние на физико-механические свойства бетона зависят от сочетания и параметров технологических воздействий и факторов, с помощью которых осуществляется управление процессом структурообразования бетона. К числу таких технологических приемов относится предварительная выдержка.

Применительно к традиционной технологии, предусматривающей тепловую обработку твердеющего бетона, предварительная выдержка рассматривается в основном как прием уменьшения негативного влияния деструктивных процессов, обусловленных неравномерными температурными деформациями компонентов бетона при его нагревании.

Суть термовиброобработки бетонной смеси (ТВОБС) состоит в том, что перед укладкой в форму или опалубку бетонная смесь подвергается непрерывному, форсированному предварительному разогреву электрическим током с одновременным воздействием на нее вибрации, пара избыточного давления [1]. При этом деструктивные процессы в твердеющем бетоне сведены к минимуму, так как объемные расширения компонентов бетонной смеси происходят до ее укладки. После уп-

лотнения в процессе укладки разогретой бетонной смеси и последующего постепенного остывания образуется плотная структура бетона. Следовательно, на первый взгляд, нет необходимости в предварительной выдержке.

С другой стороны, хорошо известно [2], что выдерживание бетонной смеси до ее прогрева способствует большей степени растворения минералов цементного клинкера, образованию большего числа центров кристаллизации и как результат — улучшению физико-механических свойств бетона. Время выдерживания бетонной смеси зависит от вида цемента, его активности. По данным [3], подача тепла в бетонную смесь, приготовленную на портландцементе, наиболее эффективно через 1—1,5 ч. К этому времени достигаются максимальная концентрация исходных продуктов гидратации и минимальное значение удельного электрического сопротивления бетонной смеси. Последнее обстоятельство способствует также повышению эффективности процесса разогрева.

К сожалению, в ряде случаев, особенно в заводской технологии бетона, время от момента приготовления бетонной смеси до ее термовиброобработки находится в пределах от 1—2 мин (например, при адресной раздаче) до 5—10 мин (при доставке смеси автотранспортом). Этого времени явно недостаточно для растворения водой минералов цементного клинкера. Для качественной оценки последствий недостаточности подготовки реагирующих масс в системе "цемент—вода" рассмотрим процессы, происходящие при термовиброобработке бетонной смеси и при последующем твердении бетона.

ТВОБС производится в форсированном режиме — за 1—3 мин смесь разогревается до 50—80°C. Разогрев, осуществляемый с одновременным воздействием на бетонную смесь вибрации, избыточного давления, пара и электромагнитных полей, оказывает на цементное тесто двойной эффект. С одной стороны, повышенные температуры интенсифицируют реакции гидролиза и гидратации; вибрация приводит к дефлокулизации зерен цемента, частичной их диспергации; уменьшение вязкости воды при повышенных температурах, частичное превращение ее в пар, проницаемость которого значительно выше проницаемости воды, и наличие избыточного давления способствуют большему проникновению влаги внутрь зерен цемента. Совокупность этих процессов приводит к увеличению массы цемента, вовлекаемого во взаимодействие с водой. С другой стороны, за счет действия повышенных температуры резко увеличивается экранирующий эффект оболочек, образующихся вокруг цементных зерен. При ТВОБС и последующем твердении бетона существенно изменяется соотношение временных промежутков первого и второго периодов диффузионного процесса гидратации. Резко сокращается время первого периода, характеризующегося тем, что оболочки гидратных новообразований на зернах цемента имеют неустойчивую рыхлую структуру, достаточно проницаемы, что обеспечивает высокую скорость гидратации. Второй период, в течение которого продолжается гидратация цемента, характеризуется уплотнением оболочек новообразований на зернах цемента, а следовательно — малыми скоростями диффузии воды, что

уменьшает степень гидратации [4]. Другими словами, ТВОБС приводит к резкому сокращению времени наступления индукционного периода гидратации цемента. Два явления одного и того же процесса твердения бетона (интенсивность и глубина гидратации цемента) вступают в противоречие.

Одним из решений, обеспечивающих сочетание глубины гидратации цемента с ее интенсивностью, является предварительная выдержка бетонной смеси, задача которой применительно к методу предварительного разогрева заключается в подготовке реагирующих масс, а именно — в большем растворении зерен цементного клинкера водой. Как уже отмечалось, по условиям производства сложно обеспечить требуемое время выдерживания смеси перед ее обработкой. Поэтому автором предложено сочетать процесс выдерживания смеси с технологическими воздействиями, способствующими углублению степени гидратации цемента. Назовем это "активной выдержкой". Использование активной выдержки позволяет существенно сократить время на этот элемент технологии и привести в соответствие требования организации производства с требованием подготовки смеси к получению из нее качественного бетона с минимальными затратами. В ряду технологических воздействий, используемых при активной выдержке, могут быть: температура (до 30—35°C), вибрация, электромагнитные поля и другие технологические приемы, активирующие цементное тесто, но без существенного повышения его температуры.

Эффективность активной выдержки бетонной смеси перед ее термовиброобработкой подтверждена экспериментально. Образцы бетона из смеси, подвергнутой активной выдержке и последующей термовиброобработке, имели прочность на сжатие, превышающую на 24 % прочность образцов из смесей, прошедших только термовиброобработку. Об-

разцы обеих серий были изготовлены из смеси одного и того же состава. Режим активной выдержки: разогрев электрическим током в течение 10 мин до температуры 30°C. В процессе выдерживания смесь подвергалась вибрационным воздействием длительностью по 10 с с интервалом 30 с. Использование одних и тех же технологических приемов (разогрев электрическим током и вибрация) на подготовительном и основном этапах обработки бетонной смеси позволяет достичь достаточно ощутимого результата при минимальных дополнительных затратах. В зависимости от конкретных условий производства активная выдержка может быть реализована по одному из следующих вариантов.

В а р и а н т 1. Бетонирование конструкций на заводе или строительной площадке осуществляется двумя установками ТВОБС. В бункере одной установки идет активная выдержка бетонной смеси, а с помощью второй установки бетонная смесь, предварительно прошедшая активную выдержку, подвергается термовиброобработке по основному режиму и укладывается в форму (опалубку). Затем установки меняются местами в технологическом цикле. Такая схема, предусматривающая непрерывную укладку бетона, целесообразна при достаточно большом потоке бетонирования (50—80 м³ в смену). Ее достоинством является отсутствие дополнительных перегрузок бетонной смеси. При этом общий цикл производственного процесса в течение смены увеличивается только на время, затрачиваемое на активную выдержку первой порции бетонной смеси, т.е. на 10—15 мин, что составляет около 3 % рабочей смены.

В а р и а н т 2. Пост формирования или пункт приема бетонной смеси оснащены одной установкой ТВОБС и бункером, в котором осуществляется активная выдержка смеси. Недостатком этой схемы является необ-

ходимость дополнительной перегрузки активно выдержанной смеси в загрузочный бункер установки ТВОБС.

В а р и а н т 3. Активная выдержка бетонной смеси осуществляется в загрузочном бункере установки ТВОБС. Одной установкой на посту формирования (или на объекте), используемой для подготовительного и основного этапов термовиброобработки бетонной смеси, целесообразно обходиться при сравнительно небольшом потоке бетонирования (20—40 м³ в смену).

Следует отметить, что расход электроэнергии на осуществление активной выдержки смеси перед ее термовиброобработкой практически не увеличивается, так как общее количество тепла, подаваемого в бетонную смесь, определяется разницей между конечной и начальной температурами смеси. Незначительное количество электроэнергии, затрачиваемое на работу вибратора при активной выдержке (менее 0,1 кВт·ч/м³), в расчете можно не учитывать из-за малости этой величины по сравнению с общим расходом электроэнергии на ТВОБС (порядка 50 кВт·ч/м³).

Активная выдержка бетонных смесей перед их термовиброобработкой может быть реализована с минимальными затратами. Ее рекомендуется осуществлять непосредственно в загрузочном бункере установки ТВОБС перед обработкой бетонной смеси по основному режиму или в специальном промежуточном бункере.

Библиографический список

1. Колчеданцев Л.М., Рошупкин Н.П. Интенсификация бетонных работ в условиях массового строительства // Бетон и железобетон. 1994. № 6. С. 18—21.
2. Арбенев А.С. От электротермоса к синэробетонированию // Владим. гос. техн. ун-т. — Владимир, 1996. — 272 с.
3. Бондаренко П.Н. Экзотермия цемента в бетонах из разогретой смеси // Бетонирование с непрерывным виброэлектро-разогревом смеси // Владим. политехн. ин-т. — Владимир, 1985. — С. 69—74.
4. Крылов Б.А., Ли А.И. Форсированный электроразогрев бетона. — М.: Стройиздат, 1975. — 155 с.

О расчете и конструировании многопустотных плит перекрытий

В последние годы в многопустотных преднапряженных плитах перекрытий с диаметром пустот 159 мм по сериям 1.141-1, 1.241-1, 1.090, 1.041 и др., разработанных ведущими проектными организациями совместно с НИИЖБом, некоторыми фирмами допускается произвольное и практически необоснованное изменение ненапряженного армирования. Армирование рядовых многопустотных плит обычно состоит из рабочей продольной напругаемой арматуры, из приопорных корытообразных сеток, приопорных вертикальных каркасов и сварной сетки верхней полки; в плитах шириной 1,8 м и более, а также в плитах шириной > 1,5 м, рассчитанных под нагрузки более 8 кПа, в средней части пролета в нижней зоне предусматривается также поперечная сетка. На основании экспериментально-теоретических исследований, проведенных НИИЖБом и другими организациями, а также опыта изготовления и применения плит в строительстве установились следующие представления о возможных условиях работы многопустотных плит в составе зданий.

Во-первых, при проектировании следует учитывать то обстоятельство, что многопустотные плиты в большинстве случаев заделаны своими концевыми участками в кирпичные, блочные стены, в стены из монолитного бетона или в стены крупнопанельных зданий. При этом степень заземления концов плит в стены с первого этажа до верхнего снижается, и на верхних этажах она практически равна нулю. Поскольку каждая из составляемых плит может оказаться в любом месте по высоте здания, то при расчете прогибов, трещиностойкости и тем более прочности плиты должны рассматриваться при статическом

расчете как свободно опертые балочные элементы. С другой стороны, учитывая значительную степень заземления в стены плит, расположенных на нижних этажах зданий, в верхней зоне приопорных участков плит обязательно предусматривается соответствующая арматура, предотвращающая разрушение от совместного воздействия опорного отрицательного момента и поперечной силы [1, 2].

Здесь уместно отметить, что в альбомах серии ИИ-03-02, разработанных ЦНИИЭПжилища в пятидесятых годах, при назначении расчетной схемы пустотных плит с ненапругаемой рабочей арматурой при расчете жесткости учитывалось частичное заземление их в стены. Практика применения таких плит показала ошибочность указанного подхода, и эти чертежи были отменены. Не зная этого обстоятельства, ряд заводов сборного железобетона в последние годы изготавливал многопустотные ненапряженные плиты по чертежам указанной серии. В результате этого в нескольких случаях из-за недостаточной жесткости плит возник вопрос о демонтаже перекрытий в уже введенных зданиях.

Во-вторых, необходимо правильно осуществлять расчет и конструирование опорных участков плит, подверженных действию поперечных сил. Исследования показали, что если при расчете нормальных сечений плит по прочности и трещиностойкости, а также плит — по жесткости вполне допустимо пользоваться так называемым "приведенным сечением", то при расчете опорных участков плит на действие поперечных сил вместо "приведенной ширины ребра" следует принимать сумму наименьших толщин ребер [5]. Испытания плит шириной 1 и

1,2 м, в которых толщина крайних продольных ребер (30 и 35 мм) ненамного больше промежуточных ребер (26 мм), показали, что наклонные трещины от главных растягивающих и касательных напряжений появляются во всех ребрах практически одновременно. В этом и подобных случаях корректно при расчете на поперечную силу за ширину сечения принимать сумму наименьших толщин ребер. Наряду с этим исследования показали, что в плитах шириной 1,5 м, в которых толщина крайних ребер (95 мм) почти в 4 раза больше толщины средних продольных ребер (26 мм), наклонные трещины вначале появляются в средних ребрах, и разрушение плит происходит практически по средним ребрам, а в крайних ребрах наклонные трещины появляются лишь в момент разрушения всей конструкции. Это свидетельствует о том, что в таких плитах продольные ребра воспринимают поперечную силу не пропорционально своей толщине, а согласно грузовой площади, приходящейся на них [5]. В связи с этим в расчет на поперечную силу в таких плитах необходимо вводить не полную, а соответственно меньшую толщину крайних ребер.

При расчете трещиностойкости наклонных сечений на опорных участках плит при действии поперечных сил зачастую ошибочно полностью учитывают положительное влияние обжатия бетона напругаемой арматурой. Между тем наиболее неблагоприятные наклонные сечения у опор в действительности испытывают лишь небольшую часть этого обжатия, и их трещиностойкость ниже, чем ожидалось. Это обстоятельство важно иметь в виду, осуществляя проверку опорных сечений на необходимость установки поперечной ар-

матуры. Анализ ряда результатов испытаний плит на поперечную силу, в которых опытная поперечная сила ощутило превышала теоретическую поперечную силу образования наклонных трещин, показал, что указанное превышение было вызвано несовершенством методики испытаний, в которых не удалось полностью исключить распор. В то же время в испытаниях, в которых распор был практически исключен, опытная нагрузка образования наклонных трещин у опор практически совпадала с теоретической. В результате оказалось, что при правильном учете указанных выше факторов в преднапряженных многопустотных плитах длиной 6 м и более с диаметром пустот 159 мм и классе бетона В15 (М200) под расчетную нагрузку 8 кПа и выше необходимо устанавливать поперечную арматуру в виде опорных сварных каркасов. Это и было предусмотрено в типовых чертежах.

В-третьих, при наличии круглых замкнутых шпонок на боковых поверхностях плит и качественном замоноличивании шва между ними сборные плиты работают совместно, образуя жесткие диски перекрытий, что обеспечивает пространственную жесткость зданий. При этом фрагменты или участки перекрытий зданий различных конструктивных систем зачастую опираются по трем или четырем сторонам или на них располагается неравномерно распределенная (в том числе и полосовая) нагрузка. В этом случае плиты в поперечном направлении подвергаются поперечному изгибу, кручению и перерезывающим силам [3, 4, 7].

И, наконец, в-четвертых, на характер армирования и конструирования многопустотных плит перекрытий существенно влияют требования по обеспечению необходимой огнестойкости перекрытий при пожаре. Расчетная проверка на действие поперечных сил опорных участков плит при правильном учете действительной геометрии сечения и величины обжатия бетона преднапряженной арматурой показала, что для плит некоторых длин и определенных нагрузок попе-

Номер образца	Номер серии	Марка плиты	Кубиковая прочность бетона, МПа		Величина преднапряжения в арматуре	Прогиб, мм		Опытный предел стойкости, ч.-мин
			при отпуске преднапряжения	при испытании		от нормативной нагрузки	в предельном состоянии	
1*	I	ПК6-60.12	20,7	26,3	553	4,8	—	1—00
2*			14,1	24,6	490	3,2	300	1—00
3*			15,4	28,2	562,5	5,2	258	0—52
4			17,5	23,7	571	6,7	360	1—02
5			17,2	32,1	542	6,1	306	0—57
6*	II	ПК8-60.12	18	29,9	440	12,3	252	0—55
7*			12,4	23,2	480	14,2	127,5	0—25
8*			12	28,5	497	18,7	90	0—18
9			11	22,1	380	11,9	240	1—01
10			12	22,5	470	15,8	186,5	0—45
11	III	ПК-60.12	13,5	27	488	7,6	262	1-00
12			13,5	28,9	428	8,1	250	1-03
13			14,5	31,3	480	7,4	274	0-57
14			14,5	27	502	7,5	268	1-00

* — плиты без поперечной арматуры.

речная арматура не требуется. Для оценки надежности опорных участков плит без поперечной арматуры (или с уменьшенным поперечным армированием) НИИЖБом совместно с ВНИИПО, на экспериментальной базе последнего, были проведены испытания на огнестойкость 14 многопустотных плит с диаметром пустот 159 мм, шириной 119 см, длиной 598 см, высотой 22 см из тяжелого бетона класса В15 (М200); минимальная толщина средних продольных ребер между пустотами равнялась 26 мм [6]. Плиты изготовлялись по чертежам серии 1.141-1 и условно разделялись на три серии (см. таблицу). Первая серия опытных образцов состояла из пяти плит марки ПК6-60.12 под расчетную нагрузку без учета собственной массы, равную 6 кПа (нормативная — 5 кПа). В этой серии часть плит (№ 1, 2, 3) не имела поперечной арматуры (т.е. отсутствовали приопорные вертикальные каркасы), а в части плит (№ 4, 5) поперечную арматуру устанавливали по проекту в виде вертикальных каркасов длиной 1,5 м (1/4 пролета), в которых хомуты выполнялись из проволоки \varnothing 3 мм класса В-1. Вторая и третья серии состояли из плит марок ПК8-60.12, запроектированных под расчетную, без собственной массы, нагрузку 8 кПа (нормативная — 6,7 кПа).

В первых трех плитах второй серии (№ 6, 7, 8) поперечная арматура на опорных участках отсутствовала, а в плитах № 9, 10 поперечная арматура устанавливалась в виде каркасов длиной 1,5 м с хомутами из проволоки \varnothing 4 мм класса В-1. В плитах третьей серии поперечная арматура на опорных участках устанавливалась в виде каркасов укороченной длины, равной 1 м; хомуты выполнялись также из проволоки \varnothing 4 мм класса В-1. В плитах первой серии рабочая напрягаемая арматура выполнялась из 4 \varnothing 12AtV, в плитах второй и третьей серии — из 2 \varnothing 12 + 2 \varnothing 14AtV. В плитах всех серий устанавливались приопорные корытообразные сетки и сетки в верхней полке, а также монтажные петли. В процессе изготовления опытных плит в соответствующих местах устанавливались термомпары для контроля температуры нагрева. Перед началом огневых испытаний плиты подвергались действию нормативной нагрузки. Толщина защитного слоя бетона для напрягаемой арматуры составляла в среднем 20 мм, весовая влажность бетона в плитах равнялась 1,8—2,2 %.

Испытания показали, что в плитах № 6, 7, 8, не имевших вертикальных каркасов в приопорных зонах, характер разрушения был внезапным и происходил на опорных участках по

наклонным сечениям; пределы огнестойкости, в особенности плит № 7 и № 8, были малы и составляли всего 25 и 18 мин. Разрушение всех остальных плит происходило в средней трети пролета в результате образования пластического шарнира за счет снижения предела текучести преднапряженной арматуры до величины рабочих напряжений в ней. Предел огнестойкости этих плит, за исключением плиты № 10, имевшей дефект при изготовлении, составил в среднем 1 ч.

В дополнение к этому ВНИИПО совместно с НИИЖБом были проведены также испытания на огнестойкость трех плит марки ПК8-60.12 и двух — марки ПК6-60.12 из шунгизитобетона. Прочность бетона к моменту испытаний составила 209-215 кгс/см², естественная влажность бетона равнялась 2,5—3 %. Преднапряженная арматура в плитах марки ПК8-60.12 состояла из 3Ø12АтV и 1Ø14АтVI; в плитах марки ПК6-60.12 рабочая арматура выполнялась из 2Ø12АтУ и 1Ø14АтV; величина преднапряжения в напрягаемой арматуре указанных плит составляла соответственно 452 и 501 МПа. Во всех плитах на приопорных участках устанавливались вертикальные каркасы укороченной длины, равной 1 м. Методика испытания была такой же, как при испытании плит из тяжелого бетона. Предел огнестойкости всех плит из шунгизитобетона составил примерно 1 ч.

В процессе всех испытаний взрывообразного разрушения бетона не происходило. Данные результаты испытаний на огнестойкость были использованы при назначении поперечного армирования в многопустотных плитах указанных выше серий под расчетную нагрузку 8 кПа и менее. Для плит под нагрузки более 8 кПа длина приопорных каркасов принимается не менее 1/4 пролета.

Здесь уместно отметить важность правильного армирования многопустотных плит, так как при пожаре плиты без поперечной арматуры разрушаются мгновенно от среза бетона на опорных участках без значительных прогибов, которые могли бы

сигнализировать об опасности. Такой характер разрушения опасен не только для жизни людей, он может привести к разрушению нижележащих перекрытий, восстановить которые в здании чрезвычайно трудно.

Известно, что на опорных участках плит, в соответствии с нормами, в целях предотвращения раскалывания бетона при передаче преднапряжения с арматуры на бетон и обеспечения надежного заанкеривания напрягаемой арматуры в бетоне устанавливается косвенная арматура в виде корытообразных сеток. Концы их заггибаются вверх и располагаются в крайних продольных ребрах. Заводить их целесообразно на всю высоту плит, в этом случае эти отгибы смогут участвовать в работе плит при действии поперечных сил и воздействии огня.

Рассматривая армирование многопустотных плит, следует отметить, что верхняя полка по типовым проектам армируется сварной сеткой по всей площади этих изделий. При изготовлении пустотных плит перекрытий верхняя сетка необходима прежде всего для предотвращения обвала сводов над пустотными каналами при извлечении из свежееотформованного изделия пуансонов-пустотообразователей. С одной стороны, опыт показал, что это требование может не приниматься во внимание, когда применяются хорошо уплотненные жесткие смеси, обеспечивающие устойчивость сводов над пустотными каналами без верхней сетки. Однако, с другой стороны, известно, что в подавляющем большинстве тепловлажностная обработка свежееотформованных многопустотных плит происходит в камерах ямного типа, в которых изделия после пропарки должны постепенно охлаждаться с помощью вентиляционной системы до снятия крышек с камер. Эти требования, как правило, не соблюдаются, в связи с чем на верхней поверхности плит от резкого температурного перепада появляются трещины, разрывающие верхнюю полку и стремящиеся спуститься вниз по сечению плиты. При отсутствии верхней сетки эти трещины зачастую идут сверху вниз до

преднапряженной арматуры, что приводит к снижению момента трещиностойкости сечений на 30—40 % и вызывает недопустимо большие прогибы изделий, существенно превышающие контрольные значения. При перевозке автомобильным и железнодорожным транспортом плиты подвергаются многократным динамическим воздействиям, зависящим от качества дорог, других многочисленных факторов (скорость передвижения, характер торможения, жесткость платформы транспортного средства и т.д.), учет которых практически невозможен. К тому же следует учитывать то обстоятельство, что напряжения от указанных воздействий в данном случае суммируются с соответствующими напряжениями, возникающими от усилий обжатия преднапряженной арматурой. Отсутствие верхней сетки при данных воздействиях может привести к большому раскрытию трещин по сечению сверху вниз и к недопустимо большому снижению эксплуатационных качеств изделий. В процессе совместной работы плит в составе перекрытий, при неравномерном их нагружении и различных видах опирания отсутствие сетки в верхней полке может привести к преждевременному разрушению от среза бетонных полок в крайних пустотных каналах [3, 7]. Это, кстати, характерно для плит под расчетную нагрузку 8 кПа и выше. Следует к тому же отметить, что верхняя сетка играет также положительную роль для плит, находящихся в штабелях (в случае больших консольных свесов, неправильности укладки прокладок, негоризонтальности опорных площадок).

Учитывая вышеизложенное, в типовых чертежах многопустотных плит с пустотами диаметром 159 мм верхняя полка армируется сплошной сеткой по всей длине и ширине изделий.

В ы в о д ы

1. Поперечная арматура на опорных участках должна устанавливаться не только на основании статического расчета на действие поперечных сил, но также из соображений обеспече-

ния требуемой огнестойкости многопустотных плит перекрытий при пожаре.

2. Арматура верхней зоны на опирных участках должна назначаться из требований восприятия опорного момента, вызванного заделкой плит в стены.

3. Если при изготовлении плит нет обрушения сводов над пустотными каналами, а при транспортировке и монтаже на верхней плоскости плит трещины не появляются или же они носят поверхностный характер (не распространяются сверху вниз по сечению), сетка верхней полки может выполняться не сплошной по всей площади плиты, а из трех частей, из которых две располагаются у опорных участков, а одна — в средней части пролета.

4. Наличие армирования в верхней и нижней зонах и в ребрах опорных участков, а также

установка сеток в средней части пролета (не только в верхней, но при определенных условиях и в нижней зоне) обеспечивают требуемую прочность плит при возможной пространственной их работе в составе перекрытий.

НИИЖБ обеспечивает заказчиков рабочими чертежами многопустотных плит из тяжелого и легкого бетонов с экономичным армированием, в том числе с использованием новых классов стали. Телефон 174-78-44.

Библиографический список

1. Крамарь В.Г. Предварительно напряженные железобетонные многопустотные панели перекрытий зданий. Обзорная информация ВНИИИС, серия 8, вып. 8. — М., 1984. — 86 с.

2. Крамарь В.Г., Арзуманян К.М., Кожухов П.И. Исследование многопустотных панелей перекрытий, защемленных по концам в стену // Бетон и железобетон. — № 3. — 1983. — С. 27—28.

3. Арзуманян К.М., Айвазов Р.Л., Крамарь В.Г. О совместной работе многопустотных панелей в перекрытии при неравномерном нагружении. Ереван, сб. тр. АрмНИИСА Повышение эффективности и качества бетона и железобетона, 1983. — С. 106—111.

4. Семченков А.С. Испытание сборных перекрытий, опертых по контуру // Бетон и железобетон. — 1981. — № 1. — С. 11—13.

5. Крамарь В.Г., Залесов А.С., Ильин О.Ф. и др. Исследование работы многопустотных предварительно напряженных панелей по наклонным сечениям. В кн. Предварительно напряженные железобетонные конструкции зданий и сооружений. Сб. тр. НИИЖБ, 1981. — С. 3—19.

6. Соломонов В.В., Сорокин А.Н., Захаренко Е.И. Огнестойкость железобетонных панелей и перекрытий из тяжелого бетона. Реф. инф. сер. 8. Строительные конструкции. Строительная физика. ЦИНИС. — М., 1979, вып. 12.

7. Крамарь В.Г., Атоян С.И., Мхикян А.М. и др. Работа широких преднапряженных многопустотных плит, опертых по трем сторонам // Бетон и железобетон. — 1990. — № 4. — С. 12—14.

Памяти Б.Я. Рискинда

В феврале 1998 г. строительная общественность отмечает 75-летие со дня рождения кандидата технических наук Бориса Яковлевича Рискинда.

Инженер и ученый, он прошел большой жизненный путь в строительстве, науке и управлении. После окончания в 1948 г. Магнитогорского горно-металлургического института он принимал активное участие на стройках по восстановлению разрушенных после войны объектов народного хозяйства, в том числе металлургического комбината "Запорожсталь". В 1954—1956 гг., работая начальником экспериментального цеха Центральной лаборатории треста "Челябинскметаллургстроя", занимался освоением производства преднапряженных железобетонных конструкций. Эту работу Борис Яковлевич успешно продолжил в Челябинском научно-исследовательском и проектном институте МПСМ РСФСР, где ярко проявил свой научно-производственный талант, став одним из ведущих разработчиков в области термически упрочненных арматурных сталей и электротермического метода натяжения арматуры. За эту работу в 1961 г. он был удостоен высокого звания лауреата Ленинской премии.

Массовое внедрение в промышленности сборного железобетона термически упрочненных арматурных сталей и электронатяжения арматуры позволило осуществить резкое повышение эффективности железобетонных конструкций, дало мощный импульс развитию заводской технологии их производства.

Большой научно-производственный опыт послужил основой для дальнейшего становления Б.Я. Рискинда как организатора науки и произ-

водства. В 1974—1977 гг. он успешно работал заместителем директора по научной части Челябинского ПромстройНИИпроекта, в 1977—1979 гг. — первым заместителем начальника Главного технического управления Министерства строительства предприятий тяжелой индустрии СССР. В 1979 г. его назначают начальником Главного управления промышленности сборного железобетона Минстройматериалов СССР. Работая 6 лет на этом ответственном посту, он оказывал большое влияние на создание и внедрение прогрессивных технологий и оборудования в промышленности сборного железобетона и особенно в производстве спецжелезобетона — напорных и безнапорных труб и железобетонных шпал.

Борис Яковлевич был автором более 100 научных трудов и 37 изобретений в области железобетонных конструкций и технологии их производства. За отличную работу его наградили орденом "Знак почета" и 6-ю медалями. Он активно занимался общественной деятельностью — был депутатом Челябинского горсовета, являлся членом Национального комитета СССР в ФИП, находился в составе редколлегии журнала "Бетон и железобетон" и других изданий.

Борис Яковлевич обладал исключительным человеком, всегда был чутким и внимательным к окружающим, отличался большой скромностью, трудолюбием и ответственностью, свои жизненные позиции и устремления часто выражал в стихах.

Память об этом талантливом ученом, инженере и организаторе, замечательном человеке и поэте трепетно хранят его друзья, соратники и многие специалисты в области бетона и железобетона.

К.А. ПИРАДОВ, д-р техн. наук, Е.А. ГУЗЕЕВ, д-р техн. наук, проф. (НИИЖБ)

Исчерпание ресурса долговечности бетона при тепловлажностных и силовых воздействиях

Бетон — конструкционный материал, многомасштабная структура которого подчинена строгой иерархической многоуровневой системе, отражающей состояние, свойства, характерные дефекты составляющих каждого из уровней на всем диапазоне деформирования его конгломератной, капиллярно-пористой структуры. Ее можно представить как систему от кристаллогидратных образований в гидратированной части зерен цемента до цементного камня со щебнем и песком, где формируются поля напряжений и создаются условия для старта и развития многочисленных макроэлементов разрушения структуры, насыщающих ее, и формирования магистральных трещин в локальных объемах. На рис. 1 показана упрощенная универсальная иерархическая модель бетона с характерными неоднородностями, разномасштабными повреждениями и дефектами, соответствующая каж-

дому из уровней рассмотрения его структуры.

На микроуровне: I — зерна клинкера; II — обволакивающая их гидратированная масса, в которой при твердении цементного камня образовались поры и капилляры 1, 2 и 3. Определяющую роль при их возникновении играет вода, минеральный состав зерен, технологические параметры изготовления смеси, водоцементное отношение и условия формирования структуры цементного камня. В различных термовлажностных условиях капилляры в зависимости от их размеров частично или полностью заполнены водой, и в их структуре создается напряженное состояние от действия капиллярных сил, давления пара или льда. На рис. 1 показаны три условно-основных вида капилляров, заполненных водой симметрично (1), несимметрично (2) и краевых, выходящих на границы образования (3). При тепловых воздействиях в структуре разно-

модульного конгломерата возникают градиенты температурных и влажностных напряжений и деформаций. Они интенсифицируются вследствие существенно неоднородной структурной плотности, упругих свойств гидратированного сростка и негидратированной части клинкерных зерен, вокруг которых формируются зоны локального перенапряжения и возникают радиальные (4) или контактные (5) субмикротрещины. Основной причиной перечисленного являются капиллярные процессы, приводящие к некоторым деформациям, свободному развитию которых мешают жесткие зерна I. Трещины 5 образуются, когда в гидратированной массе происходят деформации сжатия. Возникающие температурные деформации увеличиваются при фазовых переходах заполняющей капилляры воды в пар или лед ввиду расклинивающего действия последних и резкого возрастания интенсивности напряжений в вершинах капилляров. Это существенно изменяет параметры (l — длину и a — ширину) пор, особенно при весьма широком, но практически реальном температурном диапазоне применения бетона: 173...1673 К (-100...1400°C).

С ростом параметров капилляров, с 10^{-6} ... 10^{-5} мм до 10^{-2} ... 10^{-1} мм последние могут быть рассмотрены на мезоуровне и классифицированы как микротрещины в цементном камне (I) — 1, 2 и 3 и на контакте или вокруг зерен мелкого заполнителя (II) — 4, 5. При воздействии внешней среды и нагрузок происходит наложение полей температурных, влажностных и силовых напряжений в структуре цементного камня, и особенно в объемах, содержащих концентраторы в виде микротрещин и трещиноподобных капилляров, за-

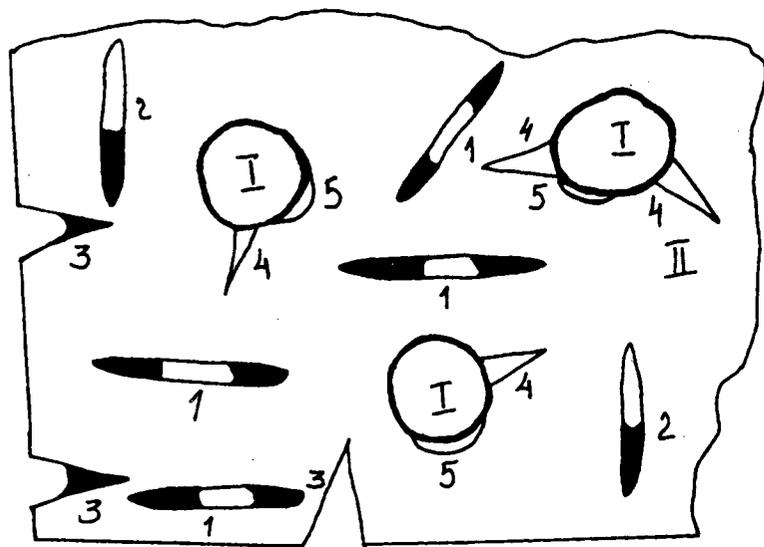


Рис. 1. Универсальная иерархическая многоуровневая модель бетона (обозначения см. в тексте)

полненных жидкостью, льдом или паром. При этом развитие и объединение дефектов интенсифицируется, происходит их докритическое подрастание и формируются макротрещины.

На макроуровне: I — зерна крупного заполнителя, II — цементно-песчаная матрица; В процессе развития поврежденных трещины 1, 2, 3, 4 и 5 объединяются в магистральные, происходит фрагментация и разрушение материала.

Интенсивность всего процесса накопления повреждений определяется запасом упругой энергии, аккумулированной в межионных связях кристаллических решеток и являющейся параметрической характеристикой структуры.

Если бетону или цементному камню присущ большой запас упругой энергии G_c в связях между элементарными частицами, тогда характер его разрушения хрупкий; если структурные связи имеют низкий уровень запаса G_c , то характер разрушения вязкий. Поток этой энергии при сдвиге трещины равен численно приращению ее длины, т.е. напрямую связан с коэффициентами интенсивности напряжений для случая нормального отрыва K_I и поперечного сдвига K_{II} в вершинах капилляров или трещин. Последние в дальнейшем будем именовать "дефектами структуры" (ДС) независимо от уровня ее рассмотрения.

Рассмотрим их в следующих диапазонах температур: 1 — $0^\circ\text{C} \leq T < 100^\circ\text{C}$; 2 — $T < 0^\circ\text{C}$; 3 — $T > 100^\circ\text{C}$. В первом диапазоне ДС будут содержать воду, а на их стенки будет действовать система сил, показанная на рис. 2,а. Силы P_c определяются капиллярным давлением, точки приложения которых, а следовательно и величина b_c , зависят от влажности бетона (цементного камня); силы P_w — расширением воды при повышении температуры; P_m — расширением кристаллической системы от аналогичных процессов, происходящих на низшем структурном уровне; P_τ — касательными напряжениями, возникающими от действия сил в ДС, ориентированных параллельно силами P . Интенсивность

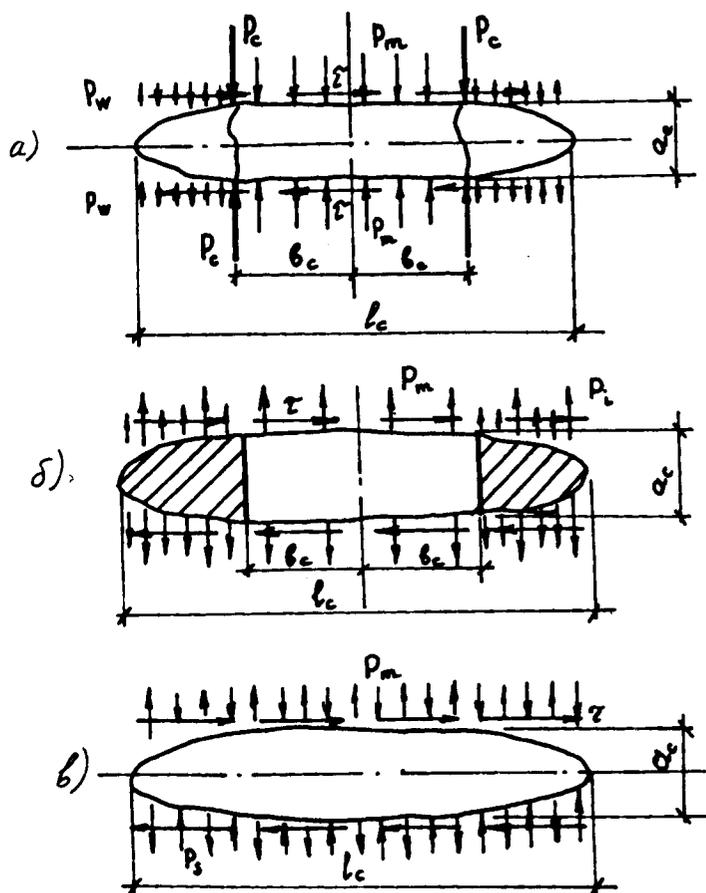


Рис. 2. Система сил, действующих на капилляр, заполненный а — водой; б — льдом; в — паром

напряжений в вершинах ДС зависит от совместного действия сил P , причем величина K_I , учитывая принцип независимости действия сил, определяется по P_c , P_w и P_m , а величина K_{II} — по силе P_τ . Критерием разрушения в этом случае служит равенство

$$K_c = \sqrt{K_I^2 + K_{II}^2} \quad (K_I > 0),$$

где K_c — критический коэффициент интенсивности напряжений матрицы II.

Во втором температурном диапазоне на стенки ДС будет действовать система сил, показанная на рисунке 2,б. Силы P_i определяются давлением льда на стенки ДС, точки приложения которых зависят от влажности бетона или цементного камня в момент замерзания воды; P_m — сжатием кристаллической системы. Система сил, действующая на стенки ДС в третьем температурном диапазоне, показана на рисунке 2,в; при этом силы P_s

возникают от давления пара, полностью заполняющего объем ДС, на его стенки при нагревании; P_m — от расширения кристаллической системы. Для ДС типов 2 и 3 можно построить аналогичные схемы и определить величины K_I и K_{II} . В вершинах радиальных и контактных трещин интенсивность напряжений отображается через параметры зерен I и модули сдвигов I, а также матрицы II. По величинам K_I , K_{II} и K_c возможно аналитически, определить параметры ДС при изменении внешних воздействий, температуры или влажности, определить границы микротрещинообразования, текущие и предельно допустимые деформации системы (усадку, набухание, силовые), а при необходимости и прочность на каждом из структурных уровней ее рассмотрения.

Продуктивность привлечения теоретических положений механики разрушения для решения задач о накоплении повреждений

в структуре бетона при низкотемпературных воздействиях (замерзание—оттаивание) подтверждается и наличием зарубежных работ [1...3] в этой области, где основное внимание уделяется микромеханике развития трещин в принимаемой однородной и одноуровневой цементной матрице со случайным расположением пор и микродефектов. Коэффициенты K_I и K_{II} определяются для замкнутой плоской трещины, заполненной поровой водой, гидростатическое давление которой на стенки трещины, аккумулированное в сосредоточенные силы, приложенные к ее берегам, названо трещинодвижущей силой. Однако для столь сложной гетерогенной системы, какой является бетон, невозможно прямое приложение

положений механики разрушения, детально развитых для структурно совершенных материалов и макроднородных тел. Кроме того, модели инвариантны относительно изменения влажности окружающей среды и с их помощью невозможно численно определить деформативные, прочностные характеристики бетона. Но сам факт приложения методов механики разрушения к изучению проблем температурных деформаций бетона и построению физической модели его разрушения в США и Японии говорит о том, что привлечение теоретических положений теории трещин для решения задач деформирования, основной причиной которого является накопление дефектов в структуре бетона в виде микро- и макротрещин,

а затем формирование и движение магистральных трещин, характеризующих разрушение от силовых и несиловых воздействий, вполне своевременно и продуктивно.

Библиографический список

1. Hori M., Yanagisawa E., Morihiro H. Micromechanical study on deterioration of concrete due to freezing and thawing //Concrete under severe Conditions: Envelopment and loading (Vol. 2), — E. and FN Spon, 1995. — pp. 1408—1417.
2. Nemat-Nasser S., Hori M. Micromechanics: overall properties of heterogeneous material. — North Holland, New York, 1993. — 18 p.
3. Yamabe T., Watanabe T. Thermal-stress-permeability analysis of rock mass considering freezing action //The 48th National Congress of JSCE, Japan, 1993. — pp. 1348—1349.

С.Л. ХАРЛАМОВ, инж. (Московский государственный открытый ун-т)

Многофакторный анализ трещиностойкости легкого бетона

Процессы развития магистральных трещин в макроструктурах легкого и тяжелого бетонов происходят по-разному. В тяжелом бетоне основным начальным дефектом структуры являются трещины на поверхности контакта между матрицей и крупным заполнителем. Они возникают в процессе усадки или имеют седиментационное и силовое происхождение, поэтому разрушение (развитие трещин) происходит по контактной зоне с последующим их выходом в матрицу. Вместе с тем крупный заполнитель может оказывать сдерживающее влияние на развитие матричных трещин, когда они останавливаются у границы включения, находящегося на траектории их движения. Таким образом, увеличение содержания зерен крупного заполнителя в единице объема тяжелого бетона приводит, с одной стороны, к увеличению его трещиностойкости за счет "перехвата" траекторий матричных трещин, а с другой, — к уменьшению его сопротивляемости развитию тре-

щин ввиду того, что большему количеству крупного заполнителя соответствует большая площадь поверхности контакта "матрица—заполнитель" и большее число дефектов структуры на ней. Контакт же между легким заполнителем и цементным камнем является наиболее прочным элементом структуры, так как это обусловлено лучшими условиями гидратации цемента в силу отдачи заполнителем воды в процессе вызревания бетона. Кроме того, так как заполнитель отдает воду, в нем образуется вакуум, что обеспечивает самовакуумирование контактного слоя и естественное увеличение его прочности [1]. Поэтому основную роль в процессе разрушения играют начальные трещины в структуре легкого заполнителя и матрицы. Причем эти начальные трещины будут развиваться по-разному. Так как трещины имеют тенденцию легко проникать из более жесткого материала в менее жесткий, а обратное явление не наблюдается, трещины, развивающиеся в

заполнителе, в большинстве своем будут остановлены на границе с матрицей и не окажут доминирующего влияния на трещиностойкость бетона; трещины, развивающиеся в матрице, будут сравнительно легко проникать в заполнитель и сыграют основную роль в разрушении легкого бетона. Развитие трещин в матрице будет носить устойчивый характер и описывается зависимостями

$$\sigma_I = \sqrt{\pi l} K_{IC}^b Y_I(l), \quad (1)$$

$$\sigma_{II} = \sqrt{\pi l} K_{IIC}^b Y_{II}(l), \quad (2)$$

где $Y_I(l)$ и $Y_{II}(l)$ — значения К-тарифов соответственно для случаев нормального отрыва и поперечного сдвига, K_{IC} и K_{IIC} — критические коэффициенты интенсивности напряжений бетона соответственно при нормальном отрыве и поперечном сдвиге. Эти константы бетона являются основными характеристиками его трещиностойкости. Для

определения зависимости их величины от основных факторов, влияющих на трещиностойкость бетона, была реализована 1/8 — реплика полного факторного эксперимента типа 2^6 , где в качестве факторов варьирования были приняты: 1 — истинное цементно-водное отношение C/W ; 2 — количество цементного теста t ; 3 — максимальный размер зерна легкого заполнителя d_{\max} ; 4 — влажность бетона в момент испытания W ; 5 — количество крупного пористого заполнителя в единице объема легкого бетона K_{la} ; 6 — активность цемента R_c (все перечисленные параметры имеют дискретные ограниченные области определения и оказывают доминирующее влияние на трещиностойкость). Исходя из условий эксперимента и матрицы планирования были изготовлены бетоны 8 составов, приведенных в таблице.

Величина K_{IC}^b определялась из испытаний бетонных кубиков с размером ребра 10 см с двумя иницирующими трещинами на внецентренное сжатие по методике ГОСТ 29167—91; K_{IC}^b — из испытаний образцов-плит с двумя искусственными надрезами по методике [2]. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице.

Из нее следует, что прочностные характеристики и показатели трещиностойкости не всегда коррелируют друг с другом (например, трещиностойкость составов 5, 6, 7 практически одинакова, тогда как прочность их на сжатие отличается более чем в 2 раза). Это служит доказательством того, что для изучения работы бетона под нагрузкой прочностных характеристик недостаточно. Контроль свойств и качества бетона должен также

№	Составы бетонов, кг/м ³					Результаты испытаний		
	Цемент	Вода	Вода поглощенная	Щебень	Песок	K_{IC} , МПа·м ^{1/2}	K_{IIIC} , МПа·м ^{1/2}	R_b , МПа
1	560	233	91	497	309	0,2992	3,62	25,76
2	400	167	119	727	252	0,2566	2,88	17,01
3	438	274	104	708	78	0,1540	2,32	10,11
4	313	196	101	484	481	0,2259	2,65	14,02
5	560	233	91	497	309	0,2010	2,43	22,18
6	400	167	119	727	252	0,2006	2,41	16,11
7	438	274	104	708	78	0,2012	2,10	11,06
8	313	196	101	484	481	0,2517	2,72	17,10

Примечание: бетоны составов 1—4 изготовлялись на портландцементе Новороссийского завода марки 500; составов 5—8 — на шлакопортландцементе Щуровского завода марки 400

производится по параметрам K_{IC} и K_{IIIC} . После обработки результатов экспериментов и проверки адекватности модели по критерию Фишера были получены следующие зависимости для определения трещиностойкости бетонов на пористых заполнителях

$$K_{IC}^b = 0,3 + 0,038C/W - 0,0002t - 0,0057d_{\max} - 0,2575K_{la} + 0,0002R_c, \quad (3)$$

$$K_{IIIC}^b = 3,12 + 0,4850C/W - 0,0004t - 0,0378d_{\max} + 0,0245W - 2,2630K_{la} + 0,0005R_c. \quad (4)$$

На основании анализа таблицы и зависимостей (3) и (4) можно сделать следующие выводы: трещиностойкость легкого бетона при деформациях нормального отрыва и поперечного сдвига повышается с увеличением цементно-водного отношения и активности цемента и уменьшается с увеличением количества

пористого заполнителя в единице объема бетона, его диаметра и количества цементного теста. Это связано, по-видимому, с тем, что в составах 3 и 7, где параметр t находился на верхнем уровне, матрица была практически беспесчаной и структура полученного в результате бетона была иррациональной, а также с тем, что именно в матрице образуются трещины, в дальнейшем приводящие к разрушению бетона.

На основании зависимостей (3) и (4) представляется возможным прогнозировать трещиностойкость легкого бетона по его составу, не прибегая к экспериментальным исследованиям.

Библиографический список

1. Симонов М.З. Основы технологии легких бетонов. — М.: Стройиздат, 1973. — 264 с.
2. Пирадов К.А., Гузев Е.А., Мамаев Т.Л., Абдуллаев К.У. Метод экспериментального определения критического коэффициента интенсивности напряжений бетона и железобетона при поперечном сдвиге // Бетон и железобетон. — 1995. — № 5. — С. 18—20.

Вниманию подписчиков!

Подписка на журнал "Бетон и железобетон" на первое полугодие 1998 г. осуществляется во всех почтовых отделениях страны.

Сведения о нашем журнале содержатся в Совместном каталоге '98, первое полугодие, почта России, научная и научно-техническая литература (стр. 36), а также в Объединенном каталоге газеты и журналы России, книги и учебники, т. 1 (стр. 77).

Подписной индекс Б и ЖБ — 70050.

Г.А. АЙРАПЕТОВ, д-р техн. наук, проф., Г.В. НЕСВЕТАЕВ, канд. техн. наук, И.О. ЕГОРЧКИНА, инж. (Ростовский государственный строительный ун-т)

Строительно-технические свойства конструкционных бетонов на вторичных заполнителях с низко модульными включениями

Проблема повторного использования бетонного лома в качестве заполнителя тяжелого бетона весьма актуальна как в экономическом, так и в экологическом аспектах.

По данным [1], общее количество некондиционного бетона за 1991—2000 гг. превысит 1000 млн. т. В России при массовой реконструкции крупнопанельных жилых массивов, введенных в эксплуатацию в 50—60 гг., и особенно при ликвидации последствий стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций, в результате переработки крупнотоннажных бетонных отходов вторичный заполнитель может содержать низко модульные включения (НМВ) до 35 % по объему, чаще всего в виде дробленого керамзитобетона.

Свойства вторичных заполнителей из бетонного и кирпичного лома изучены достаточно полно, имеются рекомендации и нормы, в том числе международные, по их применению в бетонах классов В12,5—В20 [1—4]. Опыт применения вторичных заполнителей, в том числе с НМВ, для получения бетонов более высоких классов и системное изучение их показателей в литературе практически не освещены, хотя рекомендации СЕВ/ГІР предусматривают возможность его применения в бетоне до класса С50/60.

Нами исследованы основные показатели (по ГОСТ 4.212-80) конструкционных бетонов на вторичных заполнителях с НМВ, изготовленных из бетонных смесей с маркой по удобоукладываемости П1 при В/Ц = 0,4—0,6

и коэффициенте раздвижки зерен крупного заполнителя $\alpha = 1,35 \pm 0,1$.

В экспериментах использовали бездобавочный портландцемент Новороссийского завода "Октябрь" активностью 47 МПа; кварцевый песок Волжского месторождения с $M_k = 1,73$; крупным заполнителем служили щебень из природного камня и бетонный лом (табл. 1).

Равноподвижность бетонных смесей обеспечивали введением суперпластификатора С-3 в количестве до 0,8 % массы цемента. Испытания проводили по стандартным методикам после комбинированного твердения (28 сут в нормальных условиях, далее выдерживание в атмосферных условиях Ростова-на-Дону в период 1996—1977 гг.). Всего испытано 29 серий образцов.

Изучались следующие показатели назначения:

прочность бетона при сжатии R в возрасте 3, 7, 28 и 250 сут (образцы-кубы с ребром 100 мм);

призменная прочность R_{pr} (призмы 100x100x400 мм);

прочность при растяжении R_t (кубы с ребром 100 мм);

модуль упругости бетона E_0 (призмы 100x100x400 мм);

коэффициент упругости бетона λ_R ;

деформации усадки ε_{sh} (призмы 100x100x400 мм);

предельные деформации, соответствующие пределу кратковременной прочности бетонов при сжатии ε_R (призмы 100x100x400 мм);

коэффициент Пуассона μ и коэффициенты продольных деформаций R_{crc}^0, R_{crc}^y (призмы 100x100x400 мм);

параметрические точки R_{crc}^0, R_{crc}^y (призмы 100x100x400 мм).

Результаты испытаний и свойства бетонов на вторичных заполнителях с НМВ представлены в табл. 2.

Предел прочности бетонов на смешанных вторичных заполнителях в возрасте 28 сут подчиняется, аналогично прочности бетонов на природном щебне, известной зависимости $R = aR_{ц}(Ц/В \pm b)$. Отмечено снижение прочности бетонов на вторичных заполнителях до 25 %

Таблица 1

Заполнитель	Фракция, мм	Насыпная плотность, кг/м ³	Плотность в куске, кг/м ³	Водопоглощение, %	Дробимость, %
Щ 1	5—20	1395	2600	1,4	11,5
Щ 2	5—20	1350	2430	4,3	12,8
Щ 3	5—20	1224	2450	5,5	19,0
Щ 4	5—20	1150	2310	7,0	22,1
Щ 5	10—20	722	2020	9,3	8,53*

Примечание: Щ 1 — Гранит Павловского карьера; Щ 2 — Известняк Жирновского месторождения; Щ 3 — Щебень из бетона на граните; Щ 4 — Щебень из бетона на известняке; Щ 5 — Щебень из керамзитобетона М100.
Прочность по ГОСТ 9758

Таблица 2

№ пп	Щ5, %	В/Ц	R, МПа	R _{pr} , МПа	R _t , МПа	ε _{sh} , мм/м	E ₀ , ГПа	ε _R , 10 ⁻⁵	μ	R _{ср} ^о	R _{ср} ^н
1*	—	0,4	62,0	57,2	3,2	-0,32	41,6	220	0,2	0,45	0,84
2	0		53,8	49,5	2,85	-0,48	36,8	210	0,22	0,55	0,9
3	17		51,5	45,0	2,84	-0,62	35,7	208	0,221	0,58	0,9
4	34		50,0	44,8	2,81	-0,74	34,3	192	0,18	0,58	0,93
5*	—	0,6	40,0	38,2	2,75	-0,41	36,0	200	0,19	0,48	0,85
6	0		42,0	38,5	2,79	-0,76	36,0	179	0,195	0,55	0,93
7	17		40,0	34,0	2,64	-0,93	34,9	178	0,2	0,6	0,95
8	34		38,0	33,5	2,57	-1,22	31,8	174	0,22	0,58	0,95

Примечание: α = 1,35; В = 185 л/м³; * — эталон — бетон на Щ1 (табл. 1)

ет для тяжелых бетонов 0,29, при коэффициенте вариации 0,102. Для бетонов на вторичных заполнителях по результатам испытаний 29 серий получено значение $a = 0,277$ при коэффициенте вариации 0,125. Учитывая более высокую неоднородность таких бетонов, рекомендуется при проектировании конструкций вводить понижающий коэффициент 0,9 к сопротивлениям R_{bt} , R_{bfn} .

Модуль упругости бетонов на вторичных заполнителях соответствует общей для всех бетонов зависимости [5]

Таблица 3

Сутки	Заполнитель				СЕВ/FIP рекомендации*
	Щ1	Щ4	83%Щ4+17%Щ5	66%Щ4+34%Щ5	
3	0,505	0,517	0,467	0,519	0,51—0,66
7	0,725	0,74	0,766	0,79	0,72—0,82
250	1,24	1,24	1,16	1,18	1,25—1,14

* — для медленно- и быстротвердеющих цементам соответственно

по сравнению с бетонами на природном щебне в зависимости от Ц/В, вида бетонного лома и содержания НМВ. При повышении концентрации НМВ до 35 % предел прочности бетона при сжатии дополнительно снижается на 10—15 %.

Кинетика роста прочности бетонов на вторичных и природных заполнителях относительно марочной ($R_{т} / R_{28}$) практически одинакова и соответствует данным СЕВ/FIP (табл. 3).

Коэффициент призмной прочности бетонов на вторичных заполнителях $K_{pr} = R_{pr}/R$ изменяется в исследованном диапазоне прочности в пределах 0,85—

0,92. При среднем значении 0,89 и коэффициенте вариации 3 % с обеспеченностью 0,95 он может быть принят равным 0,845.

Зависимость прочности на растяжение (R_t) от НМВ в заполнителе проявляется аналогично. Анализ многочисленных зависимостей $R_t = f(R)$ показал, что наилучший коэффициент корреляции обеспечивает формула Норвежского стандарта NS 3473

$$R_t = aR^{0,6} \quad (1)$$

В этой формуле значение a по многочисленным (более 350) отечественным данным составля-

$$E_0 = k_1 k_2 (0,05 R_{pr} + 0,57) /$$

$$/[1 + 29/(3,8 + R_{pr})], \text{ ГПа, (2)}$$

где k_1, k_2 — коэффициенты, характеризующие общую объемную концентрацию и упругие свойства крупного заполнителя.

Для оценки модуля упругости можно допустить, ввиду малого изменения $0,05 R_{pr}$ в исследованном диапазоне прочности, что

$$k_1 k_2 (0,05 R_{pr} + 57) = a, \quad (3)$$

тогда сопоставление величины a позволит сравнить модули упругости, приведенные к "равной прочности" (табл. 4).

Очевидно (табл. 4), что в зависимости от вида и концентрации НМВ возможно снижение модуля упругости у равнопрочных бетонов на вторичных заполнителях на 8—17 %. В связи с этим при проектировании конструкций из них следует использовать понижающий коэффициент 0,85—0,9. Аналогичные рекомендации приведены в [1—4].

Таблица 4

Вид заполнителя	вторичный									природный		
	0,4			0,5			0,6			0,4	0,5	0,6
НМВ, %	0	17	34	0	17	34	0	17	34	—	—	—
R _{pr} , МПа	49,5	45,0	44,8	46,9	42,1	40,4	38,5	36,0	38,0	57,2	49,0	38,2
E ₀ , ГПа	36,8	35,7	34,3	36,0	35,0	33,3	34,0	34,9	31,8	41,6	36,6	36,0
a · 10 ³	56,86/0,948	56,9/0,948	54,8/0,913	56,6/0,94	57,13/0,96	55,13/0,92	57,3/0,955	60,3/1,01	53,8/0,9	61,39/1,023	61,9/1,031	60,85/1,014

Примечания: над чертой — значение коэффициента a , расчетное для бетонов на вторичных заполнителях; под чертой — снижение значения a в сравнении с тяжелыми бетонами

Относительная деформация ε_R , соответствующая пределу кратковременной прочности при сжатии, у бетонов на вторичных заполнителях в исследованном диапазоне прочности (34,6—52,0 МПа) изменяется в интервале $(175—220)10^{-5}$ (табл. 2) и хорошо согласуется с общей для всех бетонов зависимостью

$$\varepsilon_R = (0,0216(\rho/2,4) + 0,0364)(R_{pr}/E_0)^{0,5}, \quad (4)$$

где ρ — плотность бетона, т/м³.

Максимальное расхождение между расчетными и экспериментальными значениями составляет 6,1 %.³

Предельная растяжимость исследованных бетонов как на природном, так и на вторичном заполнителях, определенная на базе 50 мм в зоне образования трещины, составила $(25—30)10^{-5}$; с повышением концентрации НМВ отмечено ее незначительное снижение. Коэффициент Пуассона изменяется в пределах от 0,18 до 0,23 и может быть принят, как и для тяжелого бетона,

равным 0,2. С повышением уровня нагружения коэффициент поперечной деформации закономерно возрастает. Вследствие более шероховатой поверхности вторичных заполнителей, обеспечивающей лучшее сцепление с цементной матрицей, в исследованиях отмечено повышение уровня параметрических точек R_{crc}^0 до 28 % и R_{crc}^y до 11 % (табл. 2).

В ы в о д ы

На вторичных заполнителях, в том числе с НМВ, возможно получение бетонов классов до В45 при расходе портландцемента М500 в пределах 400 кг/м³ при В/Ц = 0,4—0,45 и $\alpha = 1,1—1,35$.

Соотношения между основными показателями назначения подчиняются общим для конструктивных бетонов закономерностям. При проектировании конструкций из таких бетонов следует вводить понижающие коэффициенты (0,9) к сопротивлениям R_{bt} , R_{btn} и 0,85—0,9 к величине E_0 .

Повышенная в 1,5—3 раза, в зависимости от концентрации НМВ, усадка бетонов на вторичных заполнителях может быть полностью компенсирована применением расширяющих добавок. Результаты исследований с использованием последних будут представлены к опубликованию позднее.

Библиографический список

1. Материалы конференции: "Concrete-2000. Economic and durable construction through". University of Dundee, Scotland, UK 7—9 Sept., 1996.
2. Гусев В.А., Загурский Б.В. Вторичное использование бетона. — М.: Стройиздат, 1986.
3. Липей О.А. Свойства тяжелого бетона на заполнителях из дробленого бетона и особенности его приготовления. Дисс... к.т.н. — М.: НИИЖБ, 1981.
4. Ярлушкина С.Х., Липей О.А. Структура и свойства бетонов на заполнителях из дробленого бетона. Технология и долговечность железобетонных конструкций. — М.: НИИЖБ, 1983.
5. Nesvetajev G.V., Airapetov G.A., Modulus of Elasticity of concrete — can it be calculated? Festschrift zum 65 Geburtstag von Prof. Dr-Ing. F.S. Rostasy, Heft 128, Braunschweig, 1997, p. 115—127.

Редакционная коллегия: Ю.М. Баженов, В.Г. Батраков, В.М. Бондаренко, В.В. Гранев, В.Г. Довжик, А.И. Звездов, Ф.А. Иссерс, Б.И. Кормилицын, К.В. Михайлов, В.А. Рахманов, И.Ф. Руденко, Р.Л. Серых (главный редактор), В.П. Сизов, В.Р. Фаликман, Ю.Г. Хаутин, А.А. Шлыков (зам.главного редактора), Е.Н. Щербаков

Оригинал-макет изготовлен в Стройиздате
с использованием настольной издательской системы на основе ПЭВМ
Технический редактор Н.Е. Цветкова
Корректор Н.Я. Шатерникова

Подписано в печать 12.11.97. Формат 60x88¹/8. Печать офсетная. Бумага книжно-журнальная.
Усл.печ.л. 4,00. Уч.-изд.л. 5,2. Заказ № 1120

Адрес редакции:
Москва, Георгиевский пер., д. 1, строение 3, 3-й этаж
Почтовый адрес редакции (экспедиция): 101442, Москва, Долгоруковская ул., 23а
т е л. 292-62-05

Отпечатано в типографии № 9
Комитета РФ по печати
109033, Москва, Волочаевская, д. 40

ВНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОН

Лаборатория специальных химических технологий ВОДОДИСПЕРСНЫЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИЕ СОСТАВЫ ДЛЯ УХОДА ЗА БЕТОНОМ

Десять лет успешного применения в строительстве

Светлые пленкообразующие жидкости серии ВПС-Д разработаны ВНИИ железобетоном при участии НПО "Синтез ПАВ", СоюздорНИИ, АО "Центрдорстрой", НИИЖБ, МАДИ, НИИР, НИИШП, ВНИИНП, "Аэропроект" и АО "Мостожезобетонконструкция". Защищены девятью авторскими свидетельствами СССР и двумя патентами РФ. Представляют собой смесевые вододисперсные композиции парафино-содержащих углеводородов со спецприсадками. При квалифицированном применении удовлетворяют требованиям американских (ASTM C156, ASTM C309) и британских (BS 8110, BS ДД147) стандартов. По эффективности защиты бетона, низкой стоимости и комплексу функциональных свойств не имеют аналога в СНГ.

НАЗНАЧЕНИЕ

- Уход за цементобетонным покрытием автодорог и аэродромов, облицовок оросительных каналов, в монолитном домостроении
- Защита от обезвоживания сборных железобетонных конструкций и изделий при энергосберегающих способах тепловой обработки и безобогревом твердении

- Изготовление морозостойких (Мрз 600) сборных железобетонных изделий дорожной номенклатуры

НОМЕНКЛАТУРА

- Подразделяются на шесть марок (ВПС-Д, ВПС-ДТ, ВПС-Д-С и т.д.) в зависимости от свойств и области применения

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Готовые к употреблению жидкости с вязкостью от 15 до 30 с по ВЗ-4 при температурах 2...20°C
- Экологически чистые (заключение НИИ гигиены им Ф. Ф. Эрисмана № 03/ПМ-75 от 09.06.93 г.), не горючие, взрывобезопасные
- Широкий спектр функциональных свойств: массовая доля нелетучих веществ ($M_{нв}$) 15...38 %, регулируемый расход (P) 100...500 г/м², водоудерживающая способность (W) по ASTM C156 0,001...0,051 г/см², время пленкообразования 1...8 ч, цвет покрытия от бесцветного до белоснежного

- Сравнительные показатели влагопотерь бетона по ASTM C156 и изменения его массы (m) после 450 циклов испытания по второму методу ГОСТ 10060 (см. таблицу)

• Удобны в применении: наносятся на поверхность свежееуложенного бетона краскораспылительными устройствами и машинами-распределителями при температуре выше +2°C, легко смываются водой

• Комплексное воздействие на твердеющий бетон: сохранение 96...99 % воды затворения, повышение начальной температуры (на 8...15°C) и ускорение твердения за счет подавления испарительного охлаждения, гидрофобизация и кольматация поверхности изделий

• Снижение водопоглощения, диффузионной проницаемости по хлорид-иону и деформации усадки бетона в 2...6 раз, повышение прочности на 20...50 %, морозостойкости в 1,5...2 раза

• Экономия энергоресурсов при тепловой обработке бетона на 30...100 %, цемента на 10...20 %, снижение температуры и сокращение цикла теплообработки в 1,5...2 раза

• Гарантийный срок хранения 12 мес. Зимние рецептуры морозостойки — после размораживания сохраняют свои свойства.

ВПС-Д ПРИМЕНЕНЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ:

• Взлетно-посадочных полос в аэропортах Домодедово, Шереметьево, Пулково, Борисполь (Киев), Кольцово (Екатеринбург), Челябинск, Братск, Сочи, Сыктывкар, Николаевск-на-Амуре

• Автодорог МКАД—Кашира, МКАД

• Мостов в Воронеже, Ростове-на-Дону, Москве

ПРИ ОПЫТНОМ ИЗГОТОВЛЕНИИ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА:

• Стеновых панелей на Московском ЗЖБИ № 11 при воздушно-сухом прогреве в камере

• Автодорожных балок на Дмитровском и Исетском заводах МЖБК при кондуктивном прогреве в термоформах

• Двухскатных решетчатых балок БДР на Душанбинских заводах ЖБК № 1 и ОЗНТ и ЖБИ при прогреве в термоформах

• Свай в СМО "Нефтеюгстрой" (Ирак) при прогреве в термоформах.

• Плит на Наримановском ЭЗЖБИ (Ташкент) при гелиопрогреве

• Виброопор на Светлогорском ЖБИК (Беларусь) при электроиндукционном прогреве

• Цементопесчаной черепицы на Краснополянском керамическом заводе при воздушно-сухом прогреве в камере и т.д.

ГАРАНТИИ КАЧЕСТВА

• Составы выпускаются опытно-промышленными партиями по ТУ 21-33-119-92 и ТУ 2241-166-00284807-96 с аттестационным испытанием каждой партии во ВНИИ железобетоне и СоюздорНИИ

ПОСТАВКА

• Автомобильным и железнодорожным транспортом в цистернах и бочках

• Срок поставки 15...30 сут после оплаты заказа

**Предлагаются научно-техническая документация, поставка составов,
сервисное обслуживание при внедрении**

Обращаться: 111524, Москва, ул. Плеханова, 7, ВНИИ железобетон.
Тел. (095) 306-34-11, факс: (095) 393-85-38;
Топильский Г.В., Фролова Л.Н.

Состав	$M_{нв}$, %	P, г/м ²	W, г/см ²	m, %
ВПС-Д	35	200	0,012	—
ВПС-Д	35	300	0,005	+0,3
ВПС-Д	23	300	0,042	+0,2
ВПС-Д	15	500	0,051	—
Помароль (Литва)	30	300	0,039	+0,5
Сонсиг WB (Ирландия)	32	300	0,027	—5,1
ВПМ (г. Калининск)	34	500	0,083	—
Бетон без ухода	—	—	0,290	разрушился

Примечание: допустимые влагопотери бетона по ASTM — менее 0,055 г/м².

Силовое оборудование	прессы, разрывные машины, оборудование для испытания на изгиб, машины для изготовления образцов из асфальтобетона и других материалов, динамометры растяжения и сжатия, индикаторы часового типа и т.д.
Измерение твёрдости	Твердомеры Роквелла, Шора, меры твёрдости Роквелла
Термическое оборудование	лабораторные бани , пропарочные камеры , бачки для кипячения образцов, печи и сушильные электрические шкафы СНОЛ и т.д.
Испытания вяжущих, заполнителей, бетонов и растворов	формы всех типоразмеров для бетонных образцов, приборы для определения активности цемента и густоты растворов, сит КСИ, СЦ и КСВ, прибор КЗМ-4 для экспресс-контроля содержания пылевидных и глинистых частиц в щебне, гравии и песке, воронки ЛОВ, бетономесители , объёмомеры , воздухомеры (поромеры), мерная металлическая посуда, виброплощадки , мешалки МТЗ, лабораторные крути истирания ЛКИ-3, вискозиметры Суттарда, конусы Адамса, устройство для определения жесткости бетонной смеси, приборы и устройства для контроля прочности бетона (склерометры ОМШ-1 и ИПС-МГ4, молотки Кашкарова, стержни к ним, ультразвуковые приборы, прессы типа ГПНВ-3), приборы для измерения арматуры защитного слоя бетона и измерения механических напряжений в арматуре
Приборы и оборудование для подготовки и проведения дорожных работ	приборы для испытания битумов (АТР - "Кольцо и шар", ВУБ-1, прибор Фрааса, дуктилометры, пенетрометры), приборы и устройства для испытания грунтов (полевая лаборатория Литвинова ПЛА-9 , формы для испытания щебня (гравия) на дробимость, приборы сдвиговые ВСВ-25 и П10-С , плотномеры , пенетрометры , фильтрационные приборы, компрессионные приборы, стабилометры), вакуумустановки для испытания асфальтобетона , цилиндрические формы для формования асфальтобетонных образцов, биметаллические дорожные термометры , рейки для контроля геометрических параметров дорог
Испытания реактивов и лакокрасочных материалов	вискозиметры , толщиномеры покрытий, магнитные мешалки
Весы, гири, разновесы	весы аналитические, торсионные, лабораторные, лабораторные технические, лабораторные электронные, почтовые, торговые, платформенные, комплекты гирь , гири торговые никелированные и чугунные
Измерители времени	секундомеры , песочные часы
Измерители влажности, давления и температуры	психрометры , влагомеры для строительных материалов (ВСКМ-21) и древесины (ИВ1-1), манометры , барометры , анемометры , термометры (прямые и угловые, ртутные и жидкостные, электронные с выносным датчиком) для различных целей
Ареометры	АОН-1 , АОН-2 , АОН-3 , АОН-4 , АМТ для молока, клееметры , плотномеры для электролита, нефтеденсиметры
Химическая и лабораторная посуда	пикнометры , колбы , мензурки , пробирки , цилиндры , пипетки , бюретки , воронки , эксикаторы , фарфоровые выпарительные чаши, тигли , стаканы , кружки
Геодезические приборы и оборудование	теодолиты , нивелиры , рейки и т.д.
Приборы для измерения теплопроводности материалов и плотности тепловых потоков	прибор ИТП-МГ4 для измерения теплопроводности строительных материалов, прибор ИПП-1 для измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции
Инструменты, приспособления и материалы	линейки металлические, рулетки , лупы измерительные, наборы щупов , уровни строительные, кисти флейцевые, пилы дисковые, преобразователи напряжения ПР-1000 для электропитания высокочастотного инструмента, герметик для прибора АГАМА-2Р, добавки для бетона (пластификатор С-3 и др.)

а также:

Виброметры, дефектоскопы, течейскатели, газоанализаторы, люксметры ...
Нормативно-технические (ГОСТы и СНИПы) и метрологические документы по строительству

Мы обеспечим Вам:

- Доставку оборудования ж/д и автотранспортом.
- Гарантийный и послегарантийный ремонт и метрологическое обслуживание оборудования, приобретенного в нашей и других организациях, в том числе прибора АГАМА-2Р, с выдачей сертификата (аттестат аккредитации ГОССТАНДАРТА РФ №003001).
- Сдача оборудования в аренду.
- Консультации по комплектованию строительных лабораторий и обучение персонала.
- Совместно с НИИ ГОССТАНДАРТА сертификация продукции на соответствие требованиям безопасности, электромагнитной совместимости, а также соответствие потребительским (функциональным) параметрам с внесением в Госреестр ГОССТАНДАРТА.
- Обследование технического состояния фундаментов, несущих и ограждающих конструкций, строительных узлов и деталей (лицензия МСА №031293).

Заявки с указанием контактных телефонов направлять

по тел./факсам (095) **430-2947, 413-9097**

или по адресу: 119361, г. Москва, ул. Б. Очаковская, 35а

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru