ISSN 0005-9889

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

10
1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Эмульсионная смазка на восковых компонентах ОПЛ-С

Основой смазки являются воски животного происхождения, имеющие пластическую структуру. Смазочные свойства таких веществ значительно выше, чем у минеральных масел.

Смазка на основе восковых компонентов — однородная водяная эмульсия, обладающая высокой стабильностью при хранении: не менее 3 мес. Длительное применение такой смазки приводит к выравниванию поверхности, т. е. оказывает «полирующее» действие, что способствует легкости распалубки и гладкости изделий. Смазку (25...50 г/м^2) наносят как на горячие, так и на холодные металлические формы с помощью специальной установки.

Смазка не токсична, ее применение повышает качество изделий, снижает затраты на их доводку, а также экономит дефицитные нефтепродукты.

ВНИИжелезобетон предлагает техническую документацию на состав и технологию приготовления и применения смазки; технологию водной пластификации бетона; технические условия на компоненты смазки; оказание помощи во внедрении смазки.

Заказы просим направлять по адресу:
111524, Москва, ул. Плеханова, д. 7, ВНИИжелезобетон.
Тел. 176-30-72.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЖУРНАЛ

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

10 (439)
Октябрь 1991

Учредители: ЦП ВНТО СТРОЙИНДУСТРИИ,
ГОССТРОЙ СССР, НИИЖБ,
ВНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОН

Издается с апреля 1955 г.

Содержание

Иванов Ф. М. Железобетон и окружающая среда 2

Бетоны

Путляев И. Е., Курбатова И. И., Желвакова Н. С. Оптимизация свойств легкого бетона аминосодержащими полимерными добавками 4

Семенов П. П. Оценка прочности и деформативности бетонов различных видов 6

Беньков В. Н., Сергеева Е. С. Влияние температуры и времени на напряжения в замороженном бетоне при термоциклировании 7

Митрофанов В. П., Довженко О. А. Развитие деформационной анизотропии бетона при осевом сжатии 9

Конструкции

Кархут И. И., Гавриляк А. И., Лучко И. И. Сталебетонные элементы с рифленой арматурой 12

Клевцов В. А., Коревицкая М. Г., Баронас Р. П., Ревентас А. П. Жесткость диска покрытия при натурных испытаниях производственного здания 14

Заводское производство

Бочаров Н. А., Гусев Б. В. Надежность технологической системы производства железобетонных изделий 17

Мотин В. А., Игошин Г. И. Технологическая линия по производству тонкостенных преднапряженных изделий 18

Лорман А. Т. Установка для формования объемных блоков шахт лифтов 20

Строительное производство

Крылов Б. А., Дедюхов А. А. Натурные исследования твердения бетона сваи в зимнее время 22

В помощь заводским лабораториям

Малахова А. Н., Матков Н. Г., Локотков М. Б. Автоматизация экспериментальных исследований железобетонных конструкций 25

Долговечность

Кравченко Т. Г. Электрохимическая защита железобетона 27

Вопросы экономики

Агаджанов В. И. Методика определения экономической эффективности обследования и усиления конструкций 29

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

© Стройиздат, журнал «Бетон и железобетон», 1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 691.328.001

Ф. М. ИВАНОВ, д-р техн. наук, проф. (НИИЖБ)

Железобетон и окружающая среда

Взаимодействие железобетона с окружающей средой многогранно. Железобетон является основным материалом для сооружений, отделяющих различные вещества внутренней среды (газообразные, жидкие, твердые) от окружающей внешней среды. Это могут быть вещества, используемые в промышленности как сырье, промышленные полупродукты и отходы, готовые промышленные продукты. Железобетон является также основным материалом для очистных сооружений, коллекторов и трубопроводов, отводящих сточные воды. Защита окружающей среды от загрязнения во многом зависит от свойств этих сооружений.

Следует иметь ввиду, что и бетон может быть источником загрязнения окружающей среды, например, при введении в его состав заполнителей, цементов или химических добавок, способных медленно, в процессе эксплуатации сооружений выделять в атмосферу или воду токсичные для живых организмов вещества. Бетон в этом случае становится источником загрязнения воздушной или водной сред [1].

Бетон не вечен. Конструкции из него приходят в негодность и не способны выполнять возложенные на них функции. Появляются отходы, которые не исчезают, не участвуют в природных процессах и которые необходимо или перерабатывать, или «захоронять», что также не проходит бесследно для окружающей среды.

Еще одним фактором непосредственного влияния технологии бетона на экологическое состояние окружающей среды являются отходы и выделения, которые образуются непосредственно при приготовлении бетонных смесей и производства конструкций из них. При каждом перерыве в работе бетоносмесителей появляется необходимость их очистки. Получаемая суспензия, состоящая из цемента, заполнителей и воды, должна быть утилизирована в максимальной степени. Это непростая задача. Чтобы свести количество таких отходов до минимума, следует придать поверхностям оборудования, соприкасающимся с бетонной смесью (барабану смесителя, бункеру, течке и др.), антиадгезионные свойства по отношению к бетонной смеси. Исследования таких покрытий должны быть интенсифицированы и их успешное завершение позволит свести к минимуму отходы и одновременно улучшить санитарное состояние среды в бетоносмесительных цехах заводов ЖБК.

Одной из первоочередных задач в технологии бетона и железобетона является создание стойких, непроницаемых конструкций емкостных, в первую очередь, очистных сооружений и коллекторов сточных вод [2]. Железобетону в этих сооружениях необходимо придать непроницаемость и стойкость к воздействиям внешней и внутренней сред на весь срок службы. Это особенно важно для сооружений с токсичной внутренней средой.

Общие условия взаимодействия бетона с агрессивной средой для подземных сооружений будут определяться соотношением гидростатического напора внешней и внутренней сред и их агрессивностью. При гидростатическом напоре агрессивной и токсичной внутренней среды, превышающем напор внешней среды, создаются наиболее опасные условия воздействия на окружающую среду. При более высоком давлении вне сооружения окружающая среда, препятствуя фильтрации в нее загрязняющей жидкости из емкостей или коллекторов, будет защищена от загрязнения. Наглядным примером защитного действия чистой воды, находящейся со стороны гидростатического напора, является Баку — Шоларский водовод [3]. При проектировании и возведении емкостных сооружений и коллекторов, предназначенных для хранения или транспортирования токсичных и агрессивных жидкостей, необходим всесторонний анализ воздействий и условий работы с целью прогноза степени защищенности окружающей среды от загрязнения.

Защитить окружающую среду от воздействия промышленных продуктов можно только решительными мерами по сокращению и предупреждению выделений во внешнюю среду агрессивных веществ из технологического оборудования. Надежная герметизация емкостей и другой аппаратуры химических предприятий, стыков в аппаратуре и трубопроводах, устройство уловителей и нейтрализаторов, сборных емкостей для любых проливов в аварийных ситуациях — должны быть обязательными в проектах оборудования и сооружений.

В действующих нормах защиты сооружений от коррозии должны быть ужесточены требования, учитывающие особенности конструкций, их напряженное состояние, подверженность коррозионным воздействиям внешней среды. Степень массивности конструкции, трещиностойкость, толщина защитного слоя в значительной степени определяют надежность защиты окружающей среды от контакта с токсичными и агрессивными веществами, используемыми в различных отраслях народного хозяйства.

За последние годы было много попыток использовать бетон как поглотитель токсичных отходов, которые трудно использовать или переработать. Учитывая, что щелочной характер бетона позволяет нейтрализовать некоторые вещества, предлагалось, например, поглощать в бетоне некоторые отходы промышленности антибиотиков, производств органического синтеза и др.; некоторые отходы могут положительно повлиять на технологические свойства бетонной смеси и технические свойства бетона и использоваться как химические добавки, полезные для бетона. Однако при введении в бетон необходимо учитывать и санитарно-гигиенические требования к конструкциям [1]. Важно, чтобы в процессе эксплуатации бетон конструкций не выделял вредные токсичные вещества.

Это условие распространяется и на специально вводи-

Вологодская областная универсальная научная библиотека © Иванов Ф. М., 1991
www.booksite.ru

мые в бетон химические добавки. Обязательной должна стать экспертиза добавок в бетоне на их устойчивость как при технологических воздействиях в процессе перемешивания бетонной смеси, формования и твердения бетона, так и в длительные сроки эксплуатации конструкций в различных внешних условиях.

Можно привести примеры, когда при введении добавок нарушаются санитарные требования по охране окружающей среды. Например, недопустимо введение в состав бетонной смеси соединений аммония, которые разлагаются в щелочной среде с выделением аммиака. Особенно большие трудности возникают при разработке и применении бактерицидных и фунгицидных добавок, которые должны быть токсичны по отношению к низшим организмам — бактериям и грибам — и безопасны для человека и животных.

Важнейшим мероприятием по охране окружающей среды является использование в бетоне минеральных отходов: шлаков, зол, пылевидных отходов различных производств, а также попутно добываемых пород и остаточных продуктов обогащения руд (флотационных хвостов и т. п.). Большое число исследований по введению в состав бетона тонкодисперсных минеральных веществ позволило разработать способы их утилизации, в том числе в составе бетонных смесей. Однако решить проблему утилизации отходов только использованием в бетоне нельзя. Объем минеральных отходов намного превышает возможный объем их введения в бетон (в перспективе до 100 млн. т). Следовательно, необходимо разработать новые способы переработки минеральных отходов в строительные материалы различного вида.

Немалые проблемы возникают и при ликвидации отслуживших свой срок или бракованных железобетонных конструкций. С возрастанием объемов демонстрируемых по разным причинам сооружений необходимо организовать промышленность по переработке — утилизации железобетонных конструкций и исключить засорение полезных территорий окружающей среды. В настоящее время разработаны способы отделения арматуры от бетона и переработки бетона во вторичный щебень [3].

Выводы

Промышленность бетона и железобетона является одним из источников загрязнения окружающей среды как отходами, получаемыми в процессе приготовления бетона, так и отработавшим срок службы конструкциями. От коррозионной стойкости бетона и долговечности железобетонных конструкций зависит эффективность природоохранных мероприятий.

Бетон можно использовать для поглощения отходов многих производств, однако при введении в него отходов, побочных продуктов или специально изготовленных химических добавок следует проводить тщательную проверку санитарно-гигиенических свойств конструкций для исключения источников вторичного загрязнения окружающей среды. Необходимо повсеместно внедрять установки по переработке вышедших из строя или бракованных железобетонных конструкций.

Использование минеральных отходов горно-добывающей, металлургической, топливно-энергетической и химической промышленности в качестве сырья для производства строительных материалов различного назначения, в том числе вяжущих и заполнителей для бетона и железобетона,— важнейшая задача исследований в этой области.

Большое значение дальнейшей разработки проблемы — железобетон и окружающая среда — подтверждается и зарубежными исследователями [4, 5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губернский Ю. Д., Дмитриев Т., Иванов Ф. М. Химическая модификация строительных конструкций из современных бетонов как гигиеническая проблема//Санитария и гигиена.— 1979.— № 12.— С. 31—32.
2. Иванов Ф. М., Дрозд Г. Я. Долговечность бетонных и железобетонных коллекторов//Бетон и железобетон.— 1989.— № 12.— С. 32—33.
3. Гусев Б. В., Загурский В. А. Вторичное использование бетонов.— М.: Стройиздат, 1988.— 96 с.
4. Reinhardt H. W. Ein unverzichtbarer Baustoff. Beton für Aufgaben des Umweltschutzes//Beton.— 1990.— N4.— S. 137—141.
5. Herne L. L. Umweltschutz mit Beton // Beton.— 1990.— N 6.— S. 235—239.

НОВОЕ ПОСОБИЕ

по проектированию и изготовлению железобетонных колонн и их стыков с высокопрочной арматурой для каркасов многоэтажных зданий

В нашей стране большое распространение получили многоэтажные здания с железобетонными сборными каркасами. При проектировании и изготовлении колонн каркасов почти все организации пользуются «Руководством», разработанным НИИЖБом и изданным в 1970—1975 гг.

За прошедшие годы в рассматриваемой области произошли значительные изменения: переработаны все стандарты, технические условия, освоено производство арматурных сталей новых классов, предложены новые типы стыков с использованием полимеров и внедрены иные новшества.

НИИЖБ подготовил новое Пособие по указанной проблеме, состоящее из 119 страниц машинописного текста с 14 рисунками и приложениями.

Используя Пособие, можно сократить трудозатраты при изготовлении, улучшить качество монтажа, уменьшить процент брака конструкций.

По заявкам пользователей НИИЖБ готов передать рукопись Пособия по договорной цене 1,2 тыс. р. Пособие будет направлено через месяц после перевода денег на счет института; кроме того, институт может заключить договор с заинтересованными организациями на оказание консультативной помощи.

Адрес НИИЖБа: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6. Расчетный счет № 584804 в Волгоградском отделении Промстройбанка г. Москвы, МФО 201101. Телефоны: 174-88-53 (Н. Г. Матков), 171-93-71 (Л. П. Павлова).

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 691.327.3

И. Е. ПУТЛЯЕВ, д-р техн. наук, проф., И. И. КУРБАТОВА, канд. хим. наук,
Н. С. ЖЕЛВАКОВА, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Оптимизация свойств легкого бетона аминосодержащими полимерными добавками

Наиболее распространенным и перспективным способом оптимизации свойств бетона является введение химических добавок. К активно воздействующим на формирование структуры бетона относятся аминосодержащие олигомеры и разные сочетания из них, например, комплексная добавка, состоящая из карбамидной смолы К-411-02 (0,31 % массы цемента), СДБ (0,08 % массы цемента), полиаминной смолы С-89 (0,07 % массы цемента). Введение этой добавки в цементное тесто с соблюдением определенной последовательности на стадии приготовления легкобетонной смеси дает возможность получить легкий конструкционно-теплоизоляционный бетон с улучшенными свойствами. Прочность на сжатие бетона повышается на 40...50 %, морозостойкость возрастает до 100 %, усадка снижается на 40 %, а водопоглощение уменьшается на 14 %.

Улучшение качества бетона достигается модификацией его структуры при воздействии добавки на гидратационное твердение. Использование химических и физико-химических методов (исследование ранних стадий гидратации по изменению составов жидких фаз; количественное определение гидратной воды, эттрингита, полимерного состояния кремнекислородных анионов; петрографию и электронную микроскопию; ртутно-порометрический метод и др.) позволило установить селективность адсорбции компонентов добавки по отношению к минералам цемента, продуктам его гидратации и активной минеральной добавке, что обусловливает изменение хода гидратационного твердения. Карбамидная смола преимущественно адсорбируется на исходные фазы и активную минеральную добавку, полиаминная смола — на гидратные новообразования. Адсорбция карбамидной смолы на исходные фазы гидратирующегося вяжущего замедляет их растворение, о чем свидетельствует характер кинетических кривых $C_{Na^+}(\tau)$ (рис. 1). Блокирование исходных фаз снижает степень гидратации в начальные сроки, что подтверждается расчетом по формуле на основании содержания ионов натрия в жидких фазах систем [1]. При замедлении гидратации тормозится кристаллизация кальцийсодержащих фаз, в частности эттрингита. В результате гидратации происходит формирование структуры с более крупными кристаллами, макропорами между ними и мелкими внутрикристаллитными порами (рис. 2). Однако это отрицательное воздействие карбамидной смолы компенсируется существенным преимуществом — при замедлении процесса гидратации возникают более длинноволокнистые кристаллы гидросиликатов кальция. Они имеют бо́льшую степень полимеризации кремнекислородных анионов. Низкоосновные гидросиликаты кальция, как известно, имеют почти вдвое большую прочность, чем высокоосновные [2]. Кристаллизация в таких условиях длинноволокнистых кристаллов гидросиликатов кальция подтверждается данными источника [3] и экспериментальными — жидкая фаза систем с добавками имеет более высокую концентрацию силикатных ионов, степень полимеризации кремнекислородных анионов, рассчитанная согласно источнику [4], в системах с добавками выше, чем в контрольных.

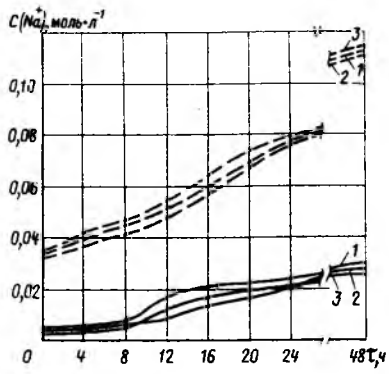


Рис. 1. Изменение концентрации Na^+ в жидкой фазе при гидратации клинкерного среднеалюминатного цемента (———), и портландцемента Безменнского завода (— — — —)

1 — без добавки; *2* — 0,46 % комплексной добавки; *3* — то же 0,92 %

Для устранения отрицательного фактора действия карбамидной смолы (стимулирования роста крупных кристаллов) используют полиаминную смолу, активно воздействующую на процесс гидратации систем. К тому же полиаминная смола является отвердителем карбамидной смолы. Адсорбируясь на гидратные новообразования, полиаминная смола затрудняет рост кристаллов, создает условия для увеличения числа центров кристаллизации, ускоряет гидратацию. Все это способствует образованию более однородной, а следовательно, и более прочной структуры с мелкими кристаллами и порами (см. рис. 2). Стабилизация более прочных гексагональных гидроалюминатов кальция полиаминной смолой также несколько повышает прочность гидратирующейся системы.

Таким образом, увеличение прочности системы с комплексной добавкой является результатом формирования гидросиликатов кальция, с более высокой степенью полимеризации кремнекислород-

© Путляев И. Е., Курбатова И. И., Желвакова Н. С., 1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

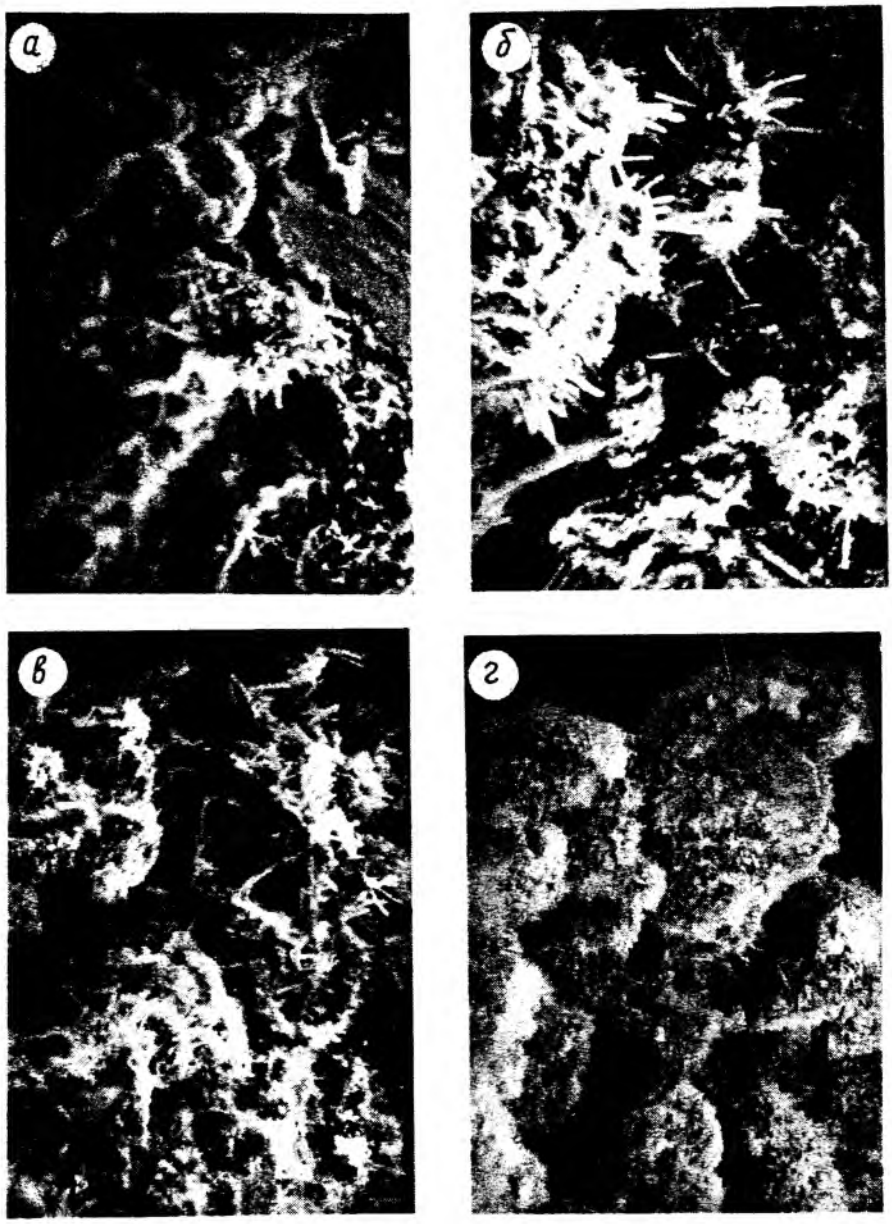


Рис. 2. Кристаллические новообразования в образце без добавки (*а*), с карбамидной смолой К-411-02+СДВ (*б*), с полиаминной смолой (*в*) и с 0,46 % комплексной добавки (*г*)

Добавка	Ультрамикропоры 1—10	Микропоры 10—10^2	Макропоры			Суммарный объем пор образца, $см^3/г$
			10^2—10^3	10^3—10^4	10^4—10^5	
—	7,38 / 12,26	40,97 / 22,45	29,01 / 37,74	16,54 / 16,60	4,58 / 10,94	0,14 / 0,20
Комплексная добавка 0,46 %	18,47 / 35,91	57,26 / 30,07	19,50 / 32,05	4,56 / 0,69	0,21 / 0,69	0,17 / 0,24
То же 0,92 %	20,25 / 58,37	69,22 / 28,14	9,92 / 2,47	0,62 / 0,38	0,00 / 10,46	0,18 / 0,21
К-411-02+СДБ	38,67 / 34,17	26,50 / 23,15	33,67 / 36,06	0,67 / 3,62	0,50 / 1,73	0,26 / 0,29
С-89	7,97 / 15,56	28,81 / 26,54	26,56 / 41,18	18,49 / 6,01	17,06 / 10,33	0,39 / 0,29

Над чертой — в возрасте 28 сут, под чертой — $^1/_2$ ч.

ных анионов, стабилизации более мелких кристаллов новообразования и более прочных их фаз (см. рис. 2).

Модификация кристаллов вызывает изменение поровой структуры системы. Создание мелкокристаллической структуры с увеличением числа контактов между кристаллами предполагает дробление пространства и перераспределение пор в область более мелких, что подтверждают ртутно-порометрические, петрографические и электроскопические исследования. В таблице приведено распределение объема пор, %, по радиусам, мм. Перераспределение пор в область микро- и ультрамикропор способствует резкому повышению морозостойкости системы, при этом снижается водопоглощение.

Увеличение прочности гидратных новообразований, уменьшение их размеров, создание более однородной структуры улучшает деформативные свойства системы. Это подтверждается снижением усадки на 40 % и повышением призменной прочности до 55 %, а коэффициента Пуассона на 8 %.

Таким образом, воздействие на формирование структуры матрицы бетона аминосодержащими модификаторами приводит к модификации структуры и свойств бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курбатова И. И. Химия гидратации портландцемента.— М.: Стройиздат, 1977.— 159 с.
2. Тимашев В. В. Влияние физической структуры цементного камня на его прочность // Синтез и гидратация вяжущих материалов.— М.: Наука, 1986.— С. 370—377.
3. Лохер Ф. В., Рихартц В. Исследование механизма гидратации цемента // VI Международный конгресс по химии цемента.— М.: Стройиздат, 1976.— Т. 2.— С. 122—133.
4. Чекунова Э. В., Малявский Н. И. Применение итерационного метода расчета при обработке данных молибдатного кинетического анализа силикатов.— Черкассы, 1985.— С. 15.— (Деп. в ОНИИТЭХИМ 27.11.85, № 1137 XII — 85).

Вниманию специалистов!

В сентябре 1992 г. в Москве состоится VII Международный конгресс по применению полимеров в бетоне (ИКПИК-92).

Организатором конгресса является Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) Госстроя СССР.

Заявки на участие в работе конгресса просим направлять в комиссию по отбору докладов Оргкомитета ИКПИК-92 проф. В. В. Патуроеву по адресу: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, НИИЖБ.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 691.327:539.3/.4

П. П. СЕМЕНОВ, канд. техн. наук (Усть-Каменогорский строительно-дорожный ин-т)

Оценка прочности и деформативности бетонов различных видов

В НИИЖБе исследовали прочность и деформативность с целью оценки сопротивления конструкций из различных бетонов кратковременному внешнему воздействию. В качестве таких характеристик приняли призменную прочность R_b, начальный модуль упругости E_b, предельное укорочение ε_u, определяемые в результате стандартных испытаний призм при их равномерном деформировании, а также упругопластические свойства бетона ω_0, краевое предельное укорочение ε_{uc} и положение центра тяжести эпюры нормальных напряжений β_0, устанавливаемые из испытаний изгибаемых и внецентренно сжатых образцов.

Для экспериментов использовали три вида бетонов с существенно различающимися упругопластическими свойствами: шлакопемзобетон с высоким отношением упругой части деформации ε_{el} к предельной деформации укорочения ε_u соответствующей призменной прочности; обычный тяжелый бетон на гранитном щебне, имеющий средние значения $\varepsilon_{el}/\varepsilon_u$, полимербетон на основе эпоксидной смолы, отличающийся низким $\varepsilon_{el}/\varepsilon_u$. Это отношение позволяющее оценивать упругопластические свойства бетонов для шлакопемзобетона, тяжелого бетона и полимербетона составило 0,8; 0,46 и 0,34.

Серия опытных образцов из бетона каждого вида состояла из балочных и призматических образцов. В качестве рабочей арматуры опытных балок использовали сталь ∅ 25 А-III, упрочненную вытяжкой ($\sigma_{0,02}=643$ МПа; $\sigma_{0,2}=733$ МПа; $\sigma_b=768$ МПа; $E_s=215\cdot10^3$ МПа). Для армирования призматических образцов служила сталь ∅ 12 А-III без упрочнения вытяжкой ($\sigma_{0,2}=480$ МПа; $E_s=209\cdot10^3$ МПа).

По результатам испытаний бетонных призм размером 15×15×60 см для принятых видов бетона устанавливали опытные значения R_b, E_b, ε_{el} ε_u и $\varepsilon_{el}/\varepsilon_u$ (см. таблицу).

Для армированных призм на внецентренное сжатие и балок на изгиб дополнительно к традиционно получаемым при центральном сжатии характеристикам R_b, E_b, ε_u находили ω_0, ε_{uc} и β_0.

Призмы, армированные 2 ∅ 12 мм у одной из меньших ее граней, испытали при трех эксцентриситетах $e_0=0$; 2,6 и 5,2 см. Такая схема позволяет проследить характер изменения исследуемых параметров ω_0, ε_u и β_0 в зависимости от относительного внутреннего усилия, воспринимаемого бетоном сжатой зоны ω

$$\omega=\frac{N_b}{N_h}=\frac{R_bA_b\omega_R}{R_hA_h}=\frac{A_b}{A_h}\omega_R, \quad (1)$$

где N_b, N_h — предельное внутреннее усилие, воспринимаемое бетоном сжатой зоны и бетоном всего сечения в предположении его равномерного сжатия; A_b — площадь бетона сжатой части; A_h — общая площадь сечения; ω_R — полнота эпюры нормальных напряжений.

Для прямоугольных сечений при осесимметричном загружении в случае частично сжатых сечений $\omega=x\omega_0/h$, а для полностью сжатых сечений $\omega=\omega_R$.

Балки испытали по схеме однопролетного свободно опираемого элемента загруженного в третях пролета $l=1800$ мм двумя сосредоточенными грузами. С целью выявления характера изменения ω_0, β_0, ε_{uc} в зависимости от ω балки армировали в растянутой зоне одним или двумя стержнями.

В ходе экспериментов с помощью тензорезисторов и дублирующей системы механических приборов на базе 300 мм фиксировали деформации укорочения бетона сжатой грани сечения, имеющей предельные значения ε_R, а также деформации рабочей арматуры ε_s. Высоту сжатой зоны x устанавливали измерением деформаций бетона по высоте сечения одной из граней образца.

Относительное внутреннее усилие, воспринимаемое бетоном сжатой зоны ω, определили из равенства нулю суммы проекций всех сил на продольную ось элемента по формуле

$$\omega=\frac{P\pm\Sigma(\sigma_sA_s)}{R_hbh}, \quad (2)$$

где P — внешняя снижающая продольная сила: $P=0$ для изгибаемых элементов; σ_s — напряжение в рабочей арматуре, устанавливаемое по известной ε_s в опытной диаграмме σ—ε стали; b, h — размеры сечения элемента.

В выражении (2) за положительное принято растягивающее напряжение в арматуре.

Опытные значения ω_0 находили по известным значениям x и ω из выражения (1) по формуле:

$$\omega_0=\frac{h}{x}\omega. \quad (3)$$

Параметр β_0, характеризующий относительное расстояние от равнодействующей в бетоне сжатой зоны до крайнего сжатого волокна, выражали через плечо внутренней пары сил

$$\beta_0=\frac{h_0-z}{x}, \quad (4)$$

где $z=\dfrac{M}{\sigma_s-A_s}$.

Бетон	P_u, кН	R_b, МПа	$E_b\cdot10^{-3}$, МПа	ε_{uc}, ‰	ε_{el}, ‰	$\varepsilon_{el}/\varepsilon_{uc}$
Шлакопемзобетон	1090	47,4	26,49	2,19	1,83	0,836
	1050	46,1	26,50	2,31	1,69	0,754
	1051	46,1	24,83	2,24	1,87	0,835
Тяжелый	722	31,0	33,11	1,94	0,94	0,483
	640	28,7	33,32	1,95	0,86	0,442
	640	28,0	32,34	1,93	0,87	0,449
Полимербетон	875	37,9	11,65	9,10	3,65	0,358
	950	41,5	12,87	10,31	3,19	0,313
	875	38,4	10,19	11,22	3,43	0,336

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

© Семенов П. П., 1991

В случае разрушения призматических образцов при $x > h$ β, характеризующую положение усилий в бетоне полностью сжатых сечений, вычисляли по формуле

$$\beta = \frac{Pe - \sigma_s A_s h_0}{h(P - \sigma_s A_s)}, \qquad (5)$$

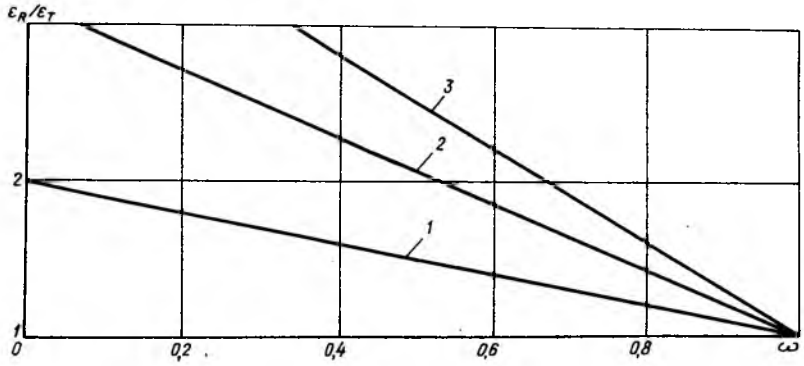
где e — расстояние от точки приложения P до крайнего наиболее сжатого волокна сечения.

Изложенная методика позволяет экспериментально определить ω_0, β_0 и ε_{uc}. Однако для каждого вида бетона необходимы многочисленные и достаточно сложные опыты.

Результаты испытаний показали, что в зависимости от ω, ω_0 и β_0 для каждого вида бетона изменяются незначительно. Разность между максимальными и минимальными значениями составила для шлакопемзобетона, тяжелого и полимербетона 0,056 и 0,048; 0,115 и 0,077; 0,173 и 0,098. При уменьшении ω с 1 до 0,2 для каждого вида бетона отмечается существенный диапазон изменения предельных краевых деформаций укорочения бетона и осевых деформаций.

Анализом опытных данных установлено, что для оценки ω_0 и β_0 можно использовать предложенные ранее (1) зависимости:

$$\omega_0 = 1 - \frac{\varepsilon_{el}}{2\varepsilon_u}; \qquad (6)$$



Графики изменения относительных краевых предельных деформаций бетона в зависимости от ω

1...3 — расчетные значения по формуле (8) для шлакопемзобетона, тяжелого бетона и полимербетона

$$\beta_0 = \frac{2\omega_0 + 1}{6}. \qquad (7)$$

Краевые предельные деформации бетона ε_{uc} в исследуемой области (см. рисунок) можно оценить эмпирическим выражением

$$\frac{\varepsilon_{uc}}{\varepsilon_u} = 1 + \frac{1 + (4\omega_0 - 3)^3}{2(1 - \omega_0)} \times \left(1 - \frac{A_b}{A_h}\omega_R\right). \qquad (8)$$

Из него следует, что краевая предельная деформация бетона зависит не только от упругопластических свойств, характеризуемых ω_0, но и от размеров A_b/A_h и формы сжатой зоны ω_R. Зависимость (8) удовлетворяет граничному случаю идеально упругого материала, поскольку в случае $\omega_0 = 0{,}5$ $\varepsilon_{uc}/\varepsilon_{el} = 1$ при любом соотношении площадей A_b, A_h и ω_R.

Таким образом, зависимости (6)...(8) позволяют получать в результате простых испытаний стандартных призм на центральное сжатие дополнительно с известным R_b, E_b и ε_τ новые характеристики ω_0, β_0, ε_{uc} бетонов, что существенно сокращает объем экспериментальных исследований и дает возможность прогнозировать работу конструкций из бетонов различных видов при силовых воздействиях.

УДК 69.059.22:551.524.37

В. Н. БЕНЬКОВ, канд. техн. наук, Е. С. СЕРГЕЕВА, инж. (Сибирский филиал ВНИИГ)

Влияние температуры и времени на напряжения в замороженном бетоне при термоциклировании

Развитие морозного разрушения бетона определяется в основном внутренними напряжениями, возникающими при замораживании. Теоретические оценки этих напряжений в несколько раз превосходят прочность материала [1], в связи с чем их нельзя использовать для количественных расчетов изменения прочности. Прямые методы измерения напряжений растяжения в замороженном бетоне не дают пока удовлетворительных результатов. Из косвенных наиболее надежным представляется метод, основанный на измерении потери прочности материала в процессе многократного замораживания — оттаивания [2]. При этом средние эффективные внутренние напряжения, действующие в материале σ^* в течение цикла замораживания Δt вычисляют по формуле

$$\sigma^* = -\frac{RT}{\Delta\gamma}\ln\left(1 - \frac{\Delta t}{\tau}\right), \qquad (1)$$

где $\tau = \tau_0 \exp\frac{U_0 - \gamma\sigma^*}{RT}$;

T — температура, К; U_0 — энергия активации процесса разрушения; γ — структурно-чувствительный коэффициент; $R = 8{,}31$ Дж·К$^{-1}$·моль; $\tau_0 = 10^{-13}$ с; $\Delta\gamma$ — изменение γ за время Δt.

Формула (1), полученная на основе кинетической теории прочности, для горных пород дает удовлетворительные результаты. Применимость кинетической теории прочности к процессу разрушения бетона обсуждалась в литературе [3, 4], но количественные оценки не были получены.

Для установления влияния тем-

© Беньков В. Н., Сергеева Е. С., 1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

пературы и времени на эффективные внутренние напряжения, обусловливающие морозное разрушение бетона, выполнили эксперименты, в ходе которых образцы бетона подвергались многократному замораживанию и оттаиванию (табл. 1).

Состав бетона, кг/м^3: портландцемент Красноярского завода марки 400 по ТУ-21-21-4—82—310; песок по ГОСТ 8736—77 с $M_к = 2{,}57—730$; щебень из гравия фракции 5...20 мм по ГОСТ 10260—82—1300; В/Ц = 0,54; О. К. = 6...8 см; $R^{28}_{сж} = 24$ МПа. Для испытаний использовали кубы с ребром 10 см, которые перед помещением в климатическую камеру насыщали водой в течение 96 ч при средней влажности 5,3 % и герметизировали полиэтиленом. Контрольные образцы хранили при температуре 17±2 °С. Зависимость температуры в образце от времени для режима 20 К показана на рис. 1.

После 230 сут определяли прочность на растяжение при раскалывании при средней скорости нагружения 0,013 МПа/с (рис. 2) после 300 циклов по режимам 10 К и 20 К и 100 циклов по режимам 10 Д и 20 Д. Как видно из рис. 2, наиболее заметно прочность снижается при режиме 20 Д, а наименее жесткими режимами являются 10 К и 10 Д.

Снижение температуры замораживания бетона большинство авторов считают фактором, ускоряющим разрушение. Однако влияние времени оценивается неоднозначно, в связи с чем коэффициенты перехода от стандартных циклов замораживания — оттаивания к естественным по данным разных авторов отличаются более чем на два порядка.

Исходные данные для расчета σ* по зависимости (1) определяли в результате испытаний на растяжение при различных скоростях нагружения в интервале (0,3...1,2) × ×10^{-3} МПа/с [2]. Среднее значение энергии активизации разрушения бетона в возрасте 28... 230 сут составило 134 кДж/моль.

Допустим, что

$$\Delta\gamma = \frac{\gamma^N - \gamma^Э}{N}, \qquad (2)$$

где $\gamma^Э = \frac{RT}{R^Э_р} \ln \frac{\gamma^Э}{RT} \dot{\sigma}\tau_0 \exp \frac{U_0}{RT}$;

$$R^Э_р = R_р(28) + \frac{R_р(230) - R_р(28)}{202} \tau^+ N;$$

Таблица 1

Серия	Температура замораживания, °С	Время замораживания, ч	Температура оттаивания, °С	Время оттаивания, ч
10 К	—10	8	20	8
10 Д	—10	40	20	8
20 К	—20	8	20	8
20 Д	—20	40	20	8

Таблица 2

Серия	$R^N_р$, МПа	$R^Э_р$, МПа	γ^N, кДж/(МПа·моль)	$\gamma^Э$, кДж/(МПа·моль)	σ*, МПа	$R^N_{р0}$, МПа
10 К	3,50	3,55	15,8	15,6	1,84	—
20 К	3,35	3,55	16,6	15,6	2,35	—
10 Д	3,05	3,20	18,3	17,4	—	3,00
20 Д	2,25	3,20	25,2	17,4	—	2,17

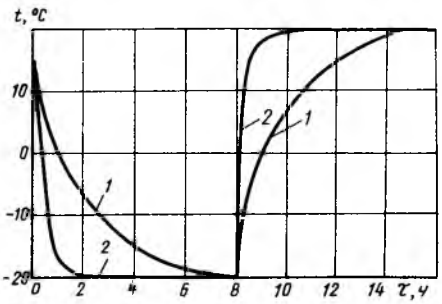


Рис. 1. Температура в центре образца (*1*) и в камере (*2*) при замораживании — оттаивании по режиму 20 К

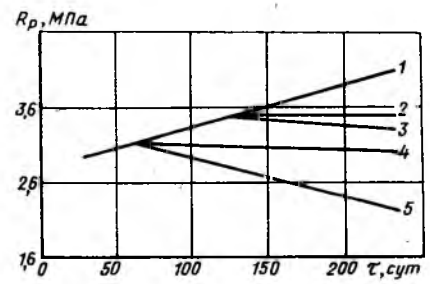


Рис. 2. Зависимость прочности на растяжение бетона от времени

1 — контрольные образцы; *2* — после 300 циклов по режиму 10 К; *3* — то же по режиму 20 К; *4* — после 100 циклов по режиму 10 Д; *5* — то же по режиму 20 Д

$\gamma^Э$, $R^Э_р$ — значения параметров в эквивалентном возрасте; $R_р(28)$, $R_р(230)$ — прочность на растяжение в возрасте 28 и 230 сут; $\dot{\sigma}$ — скорость нагружения при измерении $R_р$; τ^+ — длительность цикла оттаивания, сут; N — число циклов; γ^N, $R^N_р$ — значения параметров после N циклов термоциклирования.

Результаты вычисления σ* по формуле (1) с учетом выражения (2) для режимов 10К и 20К приведены в табл. 2. Для выяснения соответствия расчетной величины действующим напряжениям служит прогноз разрушения бетона при термоциклировании. Допустим, что напряжения не зависят от длительности цикла (в пределах исследуемого интервала длительностей), т. е.

$$\left.\begin{aligned} \sigma^*(10К) &= \sigma^*(10Д); \\ \sigma^*(20К) &= \sigma^*(20Д). \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Тогда, используя уравнение (1) и решая обратную задачу, определим изменение γ ($\Delta\gamma_д$) за один длинный цикл, и далее вычислим конечное значение $\gamma^N_д$ после термоциклирования по режимам 10Д и 20Д

$$\gamma^N_д = \gamma^Э + N\Delta\gamma_д. \qquad (4)$$

Затем подставим $\gamma^N_д$:

$$R^N_{р0} = \frac{RT}{\gamma^N_д} \ln \frac{\gamma^N_д}{RT} \dot{\sigma}\tau_0 \exp \frac{U_0}{RT} \qquad (5)$$

и найдем ожидаемую прочность после термоциклирования $R^N_{р0}$. Вычисленные таким образом $R^N_{р0}$ (см. табл. 2) аналогичны соответствующим экспериментальным величинам прочности $R^N_р$. Таким образом, σ* для условий проведенного эксперимента можно считать средним эффективных напряжений, приводящих к наблюдаемому изменению прочности.

Несколько заниженная (на 3... 5 %) прочность, полученная теоретически, связана, вероятно, с тем, что в расчетах использованы допущения (3), однако небольшая величина этого отклонения позволяет предположить, что при удлинении цикла замораживания с 8 до 40 ч релаксация напряжений в замороженном бетоне существенно не развивается.

Для бетона указанного состава снижение температуры замораживания с —10 до —20 °С повышает средние эффективные напряжения на 27 %, что связано, вероятно, с включением в работу более мелких пор, а также с ростом напряжений, возникающих вследствие различия коэффициентов линейного расширения компонентов.

Количественные значения прочности получены на ограниченном экспериментальном материале и будут изменяться в зависимости от

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

состава бетона, условий эксперимента и т. д., однако данный подход является достаточно общим и перспективным при прогнозировании морозного разрушения бетона в естественных условиях, где допущения (3) могут оказаться неприменимыми из-за релаксации напряжений. Кроме того, при этом нелинейно накладываются процессы коррозии различного типа и внешние напряжения в конструкции. Эти процессы могут быть учтены в рамках развиваемого метода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нуриев Ю. Г., Бабков В. В., Дибров Г. Д., Полак А. Ф. К оценке некоторых факторов, сопутствующих замораживанию и оттаиванию водонасыщенных капиллярно-пористых строительных материалов // Строительные конструкции и материалы, их защита от коррозии.— Уфа, 1980.— С. 95—102.
2. Методические рекомендации по определению термокинетических параметров скальных горных пород и оценка их прочности в температурных полях. М.: Московский горный ин-т, 1983.— С. 35—38.
3. Шейкин А. Е., Чеховский Ю. В., Бруссер М. И. Структура и свойства цементных бетонов.— М.: Стройиздат, 1971.— 196 с.
4. Богословский В. Н., Ройтман В. Н., Парфенова Н. А. О возможности прогноза долговечности строительных материалов и конструкций на основе кинетического подхода.— Изв. вузов. Сер.: Стр-во и архитектура.— 1982.— № 10.— С. 62.

УДК 666.972.017:539.4

В. П. МИТРОФАНОВ, канд. техн. наук, О. А. ДОВЖЕНКО, инж.
(Полтавский инженерно-строительный ин-т)

Развитие деформационной анизотропии бетона при осевом сжатии

Анизотропная модель бетона [1, 2] характеризует его неупругое деформирование при нагружении, обусловленное изменением структуры вследствие развития множества ориентированных микротрещин [3]. Данные экспериментов для горных пород, металлов и пластмасс также указывают на развитие задолго до разрушения микротрещин, ориентированных перпендикулярно направлению максимального главного напряжения. Это свидетельствует о формировании у нагружаемых материалов упорядоченной структуры, оси симметрии которой совпадают с главными осями напряжения σ_i ($i=1, 2, 3$), что и служит обоснованием ортотропной модели деформирования.

В источниках [1, 2] предложены выражения для нахождения секущих и касательных модулей деформации и коэффициентов поперечных деформаций как функций от σ_i или ε_i. Однако параметры жесткости бетона как анизотропно деформирующегося материала еще не изучены. Для исследований использовали образцы-призмы размером $15\times15\times60$ см из обычного бетона, $R_b=29{,}7$ МПа. Образцы испытали на осевое сжатие продольным напряжением σ_3. Для фиксации продольных ε_3 и поперечных ε_1, ε_2 деформаций служили тензорезисторы сопротивления с базой 50 мм, наклеенные по четыре на каждой грани у середины высоты призмы (два вдоль и два поперек). По прибору УП-10М измеряли время t_i прохождения ультразвука в направлениях $i=1, 2, 3$ бетонных призм. Пьезодатчики продольного направления располагали в углублениях стальных грузопередающих плит толщиной 90 мм. Пьезодатчики поперечного направления крепили посредине высоты призм с помощью специальной рамки, прижимая их к поверхности призм винтами и мягкими прокладками. Акустический контакт пьезодатчиков с бетоном осуществлялся через слой солидола. Нагрузку прикладывали к образцам ступенями по 1/20...1/25 разрушающей. При этом испытали восемь призм из бетона одного замеса.

Данные рис. 1 показывают начальное превышение до 5 % продольной скорости V_3 ультразвука над поперечной $\bar{V}$, свидетельствующее о небольшой начальной анизотропии бетона, связанной с ориентацией дефектов структуры, возникающих при бетонировании [4]. Рост уровня напряжения σ_3/R_b обусловил изменение скоростей ультразвука. При этом V_3 возрастала вначале плавно, а на уровне 0,2...0,6 довольно резко, после чего стабилизировалась. Отмечалось незначительное снижение V_3 на уровнях, близких к разрушающему. Скорость $\bar{V}$, в отличие от V_3, снижалась. На уровне 0,4...0,6 это происходило довольно медленно, а затем интенсивность уменьшения $\bar{V}$ возрастала по мере приближения разрушающей нагрузки. В некоторых случаях произошло небольшое увеличение $\bar{V}$ на первых ступенях нагрузки, сменяемое затем снижением.

Существенное различие в изменении продольной и поперечной скоростей ультразвука свидетельствует о формировании деформационной анизотропии бетона образцов. Это также подтверждается данными измерения деформаций (рис. 2). Хотя для опытных образцов параметр Лоде-Надаи по напряжениям $\mu_\sigma=1$, аналогичный параметр по деформациям μ_ε, вычисленный по опытным ε_i, значительно меньше 1 и снижается с приближением разрушения (рис. 3). Различие этих значений также характеризует развитие анизотропии образцов.

Для оценки секущих модулей E_i и коэффициентов поперечных деформаций ν_{ij} ($i, j=1, 2, 3$) использовали простейшую методику расчета. Бетон рассматривали как ортотропный материал, оси симметрии которого совпадали с главными осями напряжений и деформаций. На каждом уровне напряжения параметры E_i, ν_{ij} связывались с опытными σ_i, ε_i зависимостями, имеющими вид закона Гука:

$$\left.\begin{aligned}\varepsilon_1&=\frac{\sigma_1}{E_1}-a\sigma_2-b\sigma_3;\\ \varepsilon_2&=-a\sigma_1+\frac{\sigma_2}{E_2}-c\sigma_3;\\ \varepsilon_3&=-b\sigma_1-c\sigma_2+\frac{\sigma_3}{E_3},\end{aligned}\right\}\quad(1)$$

© Митрофанов В. П., Довженко О. А., 1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

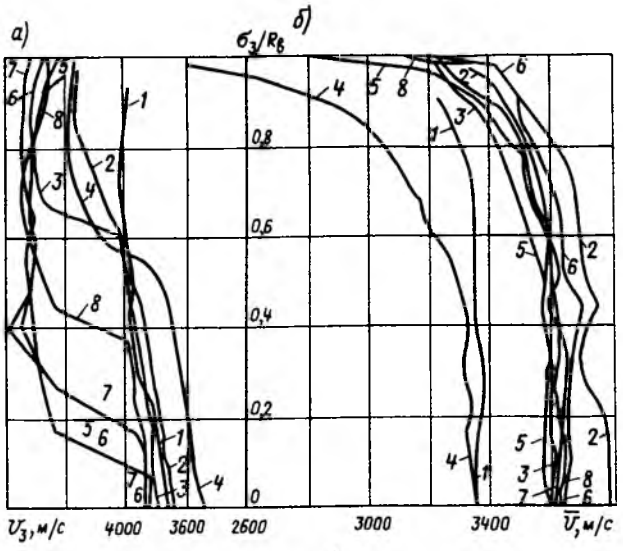


Рис. 1. Зависимость от уровня напряжения продольной (*а*) и средней поперечной (*б*) скоростей ультразвука
1...8 — номера опытных призм

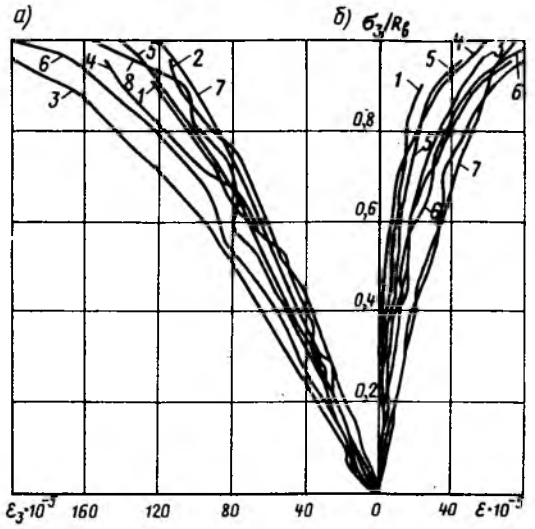


Рис. 2. Зависимость от уровня напряжения продольной (*а*) и средней поперечной (*б*) деформаций
1...8 см. рис. 1

$$\text{где } a=\frac{\nu_{12}}{E_1}=\frac{\nu_{21}}{E_2};\quad b=\frac{\nu_{13}}{E_1}=\frac{\nu_{31}}{E_3};\quad c=\frac{\nu_{23}}{E_2}=\frac{\nu_{32}}{E_3}. \tag{2}$$

Соотношения (1) содержат неизвестные E_i, a, b, c. В качестве дополнительных уравнений использовали три выражения для скоростей распространения продольных колебаний по главным осям 1, 2, 3 неограниченной ортотропной среды [5]

$$V_1^2=\frac{\frac{1}{E_2E_3}+c^2}{\rho Y};\quad V_2^2=\frac{\frac{1}{E_1E_3}+b^2}{\rho Y};\quad V_3^2=\frac{\frac{1}{E_1E_2}+a^2}{\rho Y}, \tag{3}$$

$$\text{где } Y=\frac{1}{E_1E_2E_3}-2abc-\frac{a^2}{E_3}-\frac{b^2}{E_2}-\frac{c^2}{E_1};$$

ρ — плотность.

Применение формул для неограниченной среды обосновано соблюдением требования к отношению минимального размера образца и длины волны ультразвуковых колебаний $l/\lambda\approx 4>2$.

Опытные поперечные скорости V_1 и V_2, а также деформации ε_1 и ε_2 различались, но в условиях осевого сжатия бетон считался трансверсально-изотропным материалом с плоскостью изотропии 1—2. Поэтому вычисляли средние между V_1 и V_2, ε_1 и ε_2 величины $\bar{V}$, $\bar{\varepsilon}$ (см. рис. 1, 2). Таким образом, для опытных образцов имеем четыре неизвестных параметра $E=E_3$; $E'=E_1=E_2$; a, $b=c$, по которым из зависимостей (2) можно найти коэффициенты $\nu=\nu_{13}=\nu_{31}=\nu_{23}=\nu_{32}$, $\nu'=\nu_{12}=\nu_{21}$. При этом четыре независимых уравнения из выражений (1), (3) приводят к следующим формулам для определения искомых параметров по опытным σ_3, ε_3, V_3, $\bar{\varepsilon}$, $\bar{V}$, ρ:

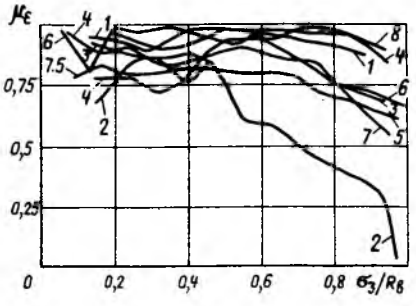


Рис. 3. Изменение параметра Лоде-Надаи по деформациям с ростом уровня напряжений
1...8 см. рис. 1

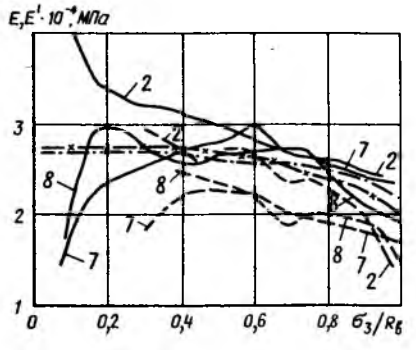


Рис. 4. Изменение секущих модулей деформации с ростом уровня напряжения
——— — E; — — — — E'; —·—·— [1]; —×— — [2]; *2, 7, 8* см. рис. 1

$$E=\frac{\sigma_3}{\varepsilon_3}; \tag{4}$$

$$\nu=-\frac{\bar{\varepsilon}}{\varepsilon_3};\quad b=c=-\frac{\bar{\varepsilon}}{\sigma_3}; \tag{5}$$

$$E'=\frac{\omega\left[\frac{\omega\sigma_3\varepsilon_3}{\bar{\varepsilon}^2}-\rho(2\bar{V})^2\right]}{\omega^2-\left(\frac{2\bar{V}V_3\rho\bar{\varepsilon}}{\sigma_3}\right)^2};$$

$$\nu'=1-\frac{2k_3b^2E'}{\frac{k_3}{E}-1}, \tag{7}$$

$$\text{где } \omega=\frac{V_3^2\rho\varepsilon_3}{\sigma_3}-1;\quad k_3=V_3^2\rho.$$

Вычисления по формулам (4)...(7) проводили, используя сглаженные опытные данные с целью повышения устойчивости результатов, особенно получаемых из зависимостей (6), (7). Для этого измеренные величины ε_3, $\bar{\varepsilon}$, V_3, $\bar{V}$, как функции от σ_3/R_b, аппроксимировали полиномами по методу наименьших квадратов. Степень полинома, равная 4...7, принимали такой, чтобы среднее квадратическое отклонение опытных величин от кривой аппроксимации было минимальным.

На первых ступенях нагрузки модули E и E' (рис. 4) в некоторых

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

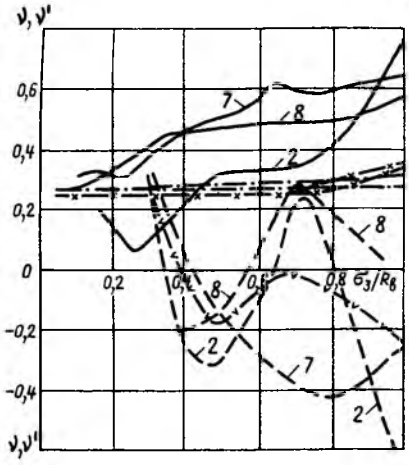


Рис. 5. Изменение коэффициентов поперечных деформаций с ростом уровня напряжения

——— ν; — — — ν'; — — — — ν'ср; —·—·— [1]; —×— [2]; 2, 7, 8 см. рис. 1

образцах возрастали, вероятно, вследствие уплотнения бетона. Но на большей части интервала нагружения E и E' снижались по сравнению со значениями при напряжениях 0,2...0,3. При $\sigma_3/R_b = 0{,}5$ $E'/E \approx 0{,}85$, а перед разрушением 0,6...0,7. Теоретические модули [1, 2] близки между собой и к опытному E, но не учитывают существенное соотношение $E' < E$ в области развитой анизотропии.

Кривые коэффициента ν (рис. 5) аналогичны приведенным в источниках [3, 4]. На первых ступенях нагрузки ν близок к 0,2 и увеличивается до 0,5 и более к моменту разрушения. Полученные данные о коэффициенте ν' показывают, что он вначале близок к ν, а затем постепенно переходит в область отрицательных значений на уровнях напряжения, превышающих, примерно 0,5 (см. рис. 5). Отрицательные величины коэффициентов поперечных деформаций известны для некоторых материалов и при упругой работе. В данном случае появление значений $\nu' < 0$, как и соотношение $E' < E$, очевидно, связано с изменением структуры и физических свойств бетона при нагружении. Отрицательность ν' означает, что составляющие $\Delta\varepsilon_1$ и $\Delta\varepsilon_2$ полных деформаций ε_1 и ε_2 от напряжения $\sigma_1(\sigma_2)$ имеют один и тот же знак, в результате чего

$$\nu' = -\frac{\Delta\varepsilon_2}{\Delta\varepsilon_2} = -\frac{\Delta\varepsilon_1}{\Delta\varepsilon_2} < 0.$$

Механизм деформирования, приводящий в условиях осевого сжатия к $\nu' < 0$, можно представить, рассматривая деформации в плоскости 1—2 для напряженных состояний, близких к осевому сжатию. При этом необходимо учитывать воздействие напряжения $\sigma_3 < 0$, определяющего значительные растягивающие деформации ε_1 и ε_2. Если напряжение $\sigma_1(\sigma_2)$ небольшое растягивающее, то оно, обусловив составляющую $\Delta\varepsilon_1 > 0$ ($\Delta\varepsilon_2 > 0$), не снижает растягивающую $\varepsilon_2(\varepsilon_1)$, а, напротив, способствует увеличению $\varepsilon_2(\varepsilon_1)$ под действием ε_3, приводя к $\Delta\varepsilon_2 > 0$ ($\Delta\varepsilon_1 > 0$). Небольшое сжимающее напряжение $\sigma_1(\sigma_2)$ вызывает составляющую $\Delta\varepsilon_1 < 0 (\Delta\varepsilon_2 < 0)$, существенно уменьшая воздействие σ_3 на рост растягивающей, $\varepsilon_2(\varepsilon_1)$ снижает, а не увеличивает последнюю, т. е. $\varepsilon_2 < 0 (\varepsilon_1 < 0)$.

Выводы

Предложена и опробована в условиях осевого сжатия методика экспериментального исследования параметров жесткости бетона как ортотропно-деформирующегося материала. На низких уровнях напряжения бетон можно рассматривать как изотропный материал, а на достаточно высоких он приобретает, вследствие развития системы ориентированных трещин, анизотропию, нарастающую к моменту разрушения.

Предложения [1, 2] недостаточно точно отражают развитие деформационной анизотропии бетона. Данные, получаемые с помощью изложенной методики экспериментов, позволяют уточнить анизотропную модель деформирования бетона и других структурно неоднородных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко Н. И. К построению общей ортотропной модели деформирования бетона // Строительная механика и расчет сооружений.— 1987.— № 2.— С. 31—36.
2. Балан Т. А. Модель деформирования бетона при кратковременном многоосном нагружении // Строительная механика и расчет сооружений.— 1986.— № 4. С. 32—36.
3. Прочность, структурные изменения и деформации бетона / А. А. Гвоздев, А. В. Яшин, К. В. Петрова и др.— М.: Стройиздат, 1978.— 299 с.
4. Зайцев Ю. В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами разрушения.— М.: Стройиздат, 1982.— 196 с.
5. Труэлл Р., Эльбаум Ч., Чик Б. Ультрозвуковые методы в физике твердого тела.— М.: Мир, 1972.— 307 с.

ЦЕМЕНТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ТОКСИЧНЫХ ОТХОДОВ

НИИЖБ совместно с трестом Оргтехстрой-11 концерна Атомспецстрой

предлагает

апробированные на практике цементные бетоны, растворы и тампонажные составы для

- сооружения могильников и хранилищ токсичных отходов, в том числе высокоактивных радиоактивных отходов
- непроницаемых укрытий
- локализации распространения токсичных веществ в геологических формациях путем создания в них непроницаемых долговечных барьеров или иммобилизации отходов
- изготовления контейнеров

Предлагаемые цементные композиции эффективны при возведении и ремонте всех типов строительных конструкций, работающих в условиях воздействия избыточного давления воды и газов. При этом гарантируется долговечность, а также полная непроницаемость конструкций без устройства изоляционных слоев или вторичных средств защиты при давления до 1,2 МПа и выше.

Наши адреса: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6, НИИЖБ, лаборатория № 14, тел. 174-89-70. 113916, Москва, Даниловский вал, д. 10/12, Оргтехстрой-11, тел. 237-64-02.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

624.012.454

И. И. КАРХУТ, инж., А. И. ГАВРИЛЯК, канд. техн. наук (Львовский политехнический ин-т); И. И. ЛУЧКО, канд. техн. наук (Физико-механический ин-т АН УССР)

Сталебетонные элементы с рифленой арматурой

Создание прогрессивных технологий и ускоренное техническое перевооружение всех отраслей народного хозяйства предполагают разработку новых конструкций, способных продолжительное время сохранять эксплуатационные качества, работать в экстремальных условиях (повышенные температуры, агрессивные среды и т. д.). К ним относятся сталебетонные конструкции. В связи с этим во Львовском политехническом институте и Физико-механическом институте изучают сталебетонные конструкции, применяемые на объектах АЭС и гидросооружениях. Сущность исследований заключается в установлении прочности и деформативности листовой арматуры периодического профиля, совместной ее работы в железобетонном сечении при воздействии эксплуатационных термосиловых нагрузок в сооружениях АЭС, в частности баков-аккумуляторов тепла.

На основе исследований [1, 2] совместной работы листовой арматуры на сдвиг выделено три стадии, определены закон сцепления, оптимальный угол наклона, шаг и высота выступов. Ранее эксперименты проводили только с листовой арматурой периодического профиля, получаемой фрезерованием поверхности листа. Сцепление гладкой листовой арматуры с бетоном надежно обеспечивают только анкеры. Они являются сильными концентраторами напряжений в конструкции, но позволяют осуществить совместную работу арматуры и бетона вплоть до разрушения. При отсутствии поперечной арматуры сцепление гладкой арматуры с бетоном полностью отсутствует при 400...450 °С вследствие разности температурных коэффициентов линейного расширения.

В связи с перспективой массового применения нового профиля проката листовой арматуры в конструкциях промышленных и гражданских зданий необходимо изучить сцепление такого профиля с бетоном при нормальных и высоких температурах, различных видах напряженного состояния. Данные исследования проводили с целью установления теоретического закона деформаций листовой арматуры по длине зоны анкеровки, сравнения опытных значений с результатами экспериментов на фрезерованной арматуре.

Образцы представляли собой линейные сталебетонные элементы с полосовой арматурой периодического профиля. Листы объединяли в пространственный каркас стержневой поперечной арматурой. Конструкция образцов, схема испытания и расстановка приборов приведены на рис. 1. Электродуговой сваркой под слоем флюса втавр к нижней листовой арматуре с шагом 300 мм приваривали стержни поперечной арматуры ∅ 8 А-I длиной 200 мм. К листовой арматуре верхней зоны аналогично крепили стержни ∅ 8 А-I длиной 70 мм. Для обеспечения проектной высоты элемента арматурные листы с поперечными стержнями устанавливали в кондукторы и их поперечные сечения соединяли электродуговой сваркой. Так создавали замкнутый пространственный каркас, листовая арматура которого при бетонировании служила ограждающими элементами, заменяющими борта опалубки. Характеристики материалов приведены в таблице. Образцы длиной 1800 мм с рабочим пролетом 1500 мм отличались процентом армирования и шириной сечения. Шаг и сечение рифов листовой арматуры опытных образцов были идентичными и составляли 20 мм и 2×2 мм при угле постановки 45°.

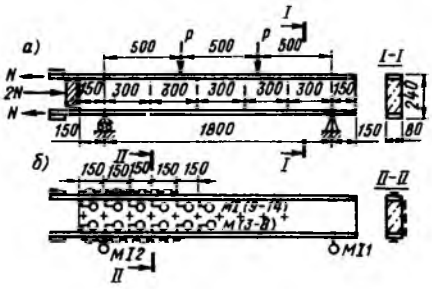


Рис. 1. Конструкция линейных сталебетонных элементов и схема испытания (а); схема расположения приборов (б) при кратковременном действии нагрузки

Для приготовления бетона класса В25 использовали портландцемент Николаевского цементного завода с фактической активностью 39,4 МПа. Мелким заполнителем служил песок Давыдковского карьера влажностью 3,1 % с $M_к$=2,13, крупным — промытый гранитный щебень фракции 5...20 мм Вировского карьера влажностью 1,3 %. Средняя плотность уплотненной смеси — 2445 кг/м³. Расход Ц, П, Щ и В на 1 м³ составил 394, 470, 1380 и 190 кг. Уплотненную бетонную смесь в формах по-

Марка образцов	$E_b \cdot 10^3$, МПа	R_b, МПа	R_{bt}, МПа	$E_s \cdot 10^5$, МПа	σ_y, МПа	σ_u, МПа	A_s, см²	Марка арматуры	μ, %	A_b, см²
Б1-1	32,67	29,19	4,57	2	406,2	623,8	6,73/6,42[1]	35ГС	3,02/2,88[2]	223,2
Б1-2	32,67	29,19	4,57	2	406,2	623,8	6,31/3,56	35ГС	3,51/1,98	180,0
Б1-3	32,67	29,19	4,57	2	406,2	623,8	4,30/4,36	35ГС	2,64/2,67	163,2

Примечания: 1. Перед чертой — A'_s, после черты A_s. 2. Перед чертой — арматура внутренней облицовки (верхней), после черты — внешней облицовки (нижней)

© Кархут И. И., Гавриляк А. И., Лучко И. И., 1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

сыпали влажными опилками и поливали водой раз в сутки. Распалубку производили в возрасте 3...4 сут. Физико-механические характеристики бетона определяли по испытаниям призм, кубов и цилиндров. Одна группа из трех образцов служила для изучения нарастания усадочных деформаций с момента начала опытов. Для экспериментов с балочными стелебетонными элементами в возрасте 120...160 сут использовали специальный стенд. Сдвигающее усилие создавали гидродомкратом 2000 кН, в вертикальной плоскости другим домкратом 250 кН имитировали усилие изгиба элемента Б1-3 приложением сил в третях пролета. По кольцевым динамометрам контролировали нагрузки при помощи укрепленных микроиндикаторов часового типа с ценой деления 0,001 мм. Сдвигающее усилие фиксировали образцовым динамометром с точностью 500 Н.

Образцы загружали ступенями, равными 0,1...0,15 предполагаемой разрушающей нагрузки с выдерживанием на каждой ступени 15...20 мин. Сдвигающую силу на один лист определяли как половину внешней нагрузки. Благодаря применению двухпоясного армирования удалось отказаться от внешних хомутов, так как по принятой схеме испытаний отрывающие моменты не возникают. Сдвигающие усилия центрально прикладывали к бетонному торцу элемента через передаточную траверсу.

Индикаторами часового типа (см. рис. 1) с ценой деления 0,001 мм фиксировали взаимное смещение и критический сдвиг листа относительно бетона, деформации сжатой и растянутой арматуры на базе 200 мм при испытаниях элемента Б1-3, а также прогибы элемента в пяти сечениях по длине пролета. Первая группа тензорезисторов (с базой деления 20 мм, наклеенных на половину рабочего пролета со стороны сдвигающего усилия) позволяла получить характер распределения деформаций листа по длине зоны анкеровки и влияние на нее поперечной арматуры-анкеров. Вторая группа тензорезисторов (с базой 50 мм, наклеенная цепочкой на бетон на расстоянии 3...5 мм от листа) предназначалась для определения деформаций бетона в контактном слое. Третья группа тензорезисторов (с базой 50 мм, наклеенная на бетон по середине

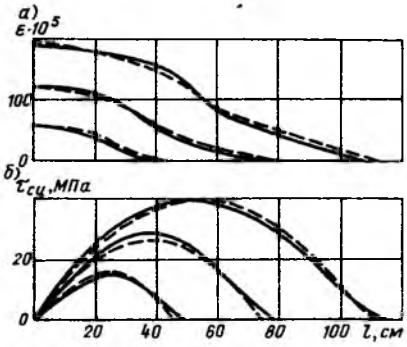


Рис. 2. Деформации арматуры (*а*) и напряжения сцепления (*б*) по длине зоны анкеровки

высоты элемента с шагом 150 мм) для замера продольных и поперечных деформаций бетонного ядра позволяла контролировать отрывающие моменты.

Элемент Б1-3 доводили до разрушения усилиями в третях пролета при высоком уровне сдвигающих напряжений (0,6...0,8) τ_{max}. В результате испытаний получены данные о характере деформаций листовой арматуры по длине анкеровки и влиянии гибких анкеров на деформации арматуры. Определяли также взаимный сдвиг листа и бетона, характер распределения напряжений в бетонном ядре и на границе контактного слоя. Установлено влияние сложного напряженного состояния на прочность сталебетонного изгибаемого элемента по наклонному сечению. Испытания свидетельствуют, что длина зоны анкеровки арматуры и глубина деформируемого ядра бетонного сечения одинаковы, аналогичен также характер распределения деформаций в них.

Распределение имело вид кривой с переменным углом наклона к оси элемента от 0 до 45° и снова до 0° на участках со сцеплением и прямой линии, параллельной к оси элемента на участках с полностью нарушенным сцеплением в бетонном ядре (рис. 2). В листовой арматуре деформации по длине зоны анкеровки носили сложный характер. На деформации заметно влияют гибкие, редко установленные анкеры. Анализ графиков распространения продольных деформаций листа показал, что влияние гибких анкеров ощущается в зоне листа, ограниченной радиусом $10d$ (d — диаметр гибкого анкера). При этом провели аппроксимацию графиков для исключения влияния анкеров на характер деформаций методом эквивалентных площадей. Затем методом наименьших квадратов построили приближенную кривую деформаций листовой арматуры по длине зоны анкеровки. Деформации бетонного ядра в направлении, перпендикулярном приложению сдвигающей нагрузки, были сжимающими и соответствовали усилию 30...50 Н. В этом проявилось влияние неточности изготовления каркасов и влияние поперечных анкеров, создававших обойму для бетонного ядра. Это свидетельствует об отсутствии отрыва листовой арматуры от бетона и работе ее только на сдвиг.

Деформации и напряжения в слое бетона на расстоянии 3...5 мм от листовой арматуры на 15...20 % меньше, чем деформации в ядре. Это позволяет принять идеализированную расчетную схему [2] при расчете на сдвиг прокатного профиля листовой арматуры, так как толщина контактного слоя оказалась <3 мм. Используя эту схему и пренебрегая работой, затраченной на деформирование анкеров и бетонного ядра, как очень малой величиной, можно предположить, что вся работа была направлена на преодоление сил сцепления, т. е. на взаимный сдвиг ядра бетона относительно листовой арматуры периодического профиля.

Известно, что

$$N_{сц} = \Delta\varepsilon_s A_s E_s; \qquad (1)$$

$$\frac{dN_{сц}}{dA_k} = \frac{d\varepsilon_s A_s E_s}{dA_k}, \qquad (2)$$

$$\tau_{сц} = \frac{dN_{сц}}{dxb} = \frac{E_s A_s d\varepsilon_s}{bdx}. \qquad (3)$$

Определив аналитическое выражение для деформаций листа, установим распределение $\tau_{сц}$ по длине зоны анкеровки. Учитывая, что зависимость $\tau_{сц}$ от g симметрична относительно прямой $g = g_{кр}$ [2], предположим, что она является квадратной параболой. Тогда функция $\varepsilon_s(g)$ должна быть кубической параболой. По результатам экспериментов (см. рис. 2) построена функция $x(\xi)$ — обратная к ε_s (x). В первом приближении

$$x(\varepsilon_s) = -0{,}00016\varepsilon_s^3 + 0{,}02864\varepsilon_s^2 - 1{,}777\varepsilon_s + 75. \qquad (4)$$

Тогда

$$\frac{d\varepsilon_s}{dx} = \frac{4}{0{,}00048\varepsilon_s^2 + 0{,}05728\varepsilon_s - 1{,}777}; \qquad (5)$$

$$\tau_{сц} = \frac{E_s A_s}{b} \times \left(\frac{4}{-0{,}00048\varepsilon_s^2 + 0{,}05728\varepsilon_s - 1{,}777}\right), \qquad (6)$$

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

для участка $g \leqslant 2g_{кр}$.

При $\varepsilon_s(x) = \text{const} = \frac{F}{E_s A_s}$

$\tau_{сц} = 0$; $N_{сц} = 0$.

Выражения (4, 6) дают хорошее совпадение с опытными данными. Неудобство в пользовании ими заключается в необходимости знания деформаций стального листа.

При $\tau = (0{,}2...0{,}3)\tau_{max}$ развивались трещины вдоль сдвигаемого листа на всю длину зоны анкеровки. Ширина их раскрытия оставалась постоянной вплоть до напряжений сцепления (0,8...0,95) τ_{max}, когда образовались вдоль листа, начиная от более напряженного конца, наклонные трещины под углом около 45°. Начало трещин отмечалось у вершин рифов.

В элементе Б1-3 вдоль верхнего листа развитие трещин сдвига прекратилось в сечении, в котором происходила передача вертикальной нагрузки на брус. Вдоль нижнего листа трещина развивалась свободно и соединялась с существовавшей ранее трещиной по наклонному сечению. Нормальные трещины от действия вертикальной нагрузки развивались до высоты 150 мм при нагрузках 0,2...0,4 разрушающей, в зоне чистого изгиба они отсутствовали. Разрушение произошло по наклонному сечению от внезапного возникновения трещин при нагрузке 67 кН.

По результатам испытаний образцов Б1-1 и Б1-2 по методике [2] определяли критический сдвиг $g_{кр} = 0{,}36$ мм. Тогда, зная для данного бетона $n = 0{,}074$ и $k = 0{,}26$, находим $\alpha p = 49{,}18$ и $\beta = 113{,}9$

$$\tau_{сц}^{max} = \frac{B}{l} = 4{,}2 \text{ МПа};$$

$$g_{кр} = \frac{1}{\alpha}(l - 1) = 0{,}00035 \text{ м}.$$

Опытное максимальное сцепление за вычетом влияния анкеров ∅ 8 А-I составило 4 МПа. Опыты показали высокую эффективность листовой арматуры периодического профиля, надежность сцепления с бетоном и возможность применения в различных конструкциях в качестве рабочей арматуры.

Выводы

Листовая арматура периодического профиля обеспечивает надежную совместную работу бетона и листовой арматуры поперечного сечения стелебетонного элемента на всех стадиях нагружения вплоть до разрушения и является новым эффективным видом армирования, позволяющим при прочих равных условиях получить экономию высокопрочной арматуры и бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клименко Ф. Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием.— Киев: Будівельник, 1984.— 88 с.
2. Клименко Ф. Е., Барабаш В. М. Листовая арматура периодического профиля для железобетонных конструкций с внешним армированием // Бетон и железобетон.— 1977.— № 6.— С. 19.

УДК 624.073.3.046.5

В. А. КЛЕВЦОВ, д-р техн. наук, проф., М. Г. КОРЕВИЦКАЯ, канд. техн. наук (НИИЖБ); Р. П. БАРОНАС, канд. техн. наук (ПКИ Госстроя Литовской республики); А. П. РЕВЕНТАС, инж. (Литпромпроект)

Жесткость диска покрытия при натурных испытаниях производственного здания

Обычно при расчете каркасов одноэтажных производственных зданий диск покрытия считают абсолютно жестким. Однако имеются экспериментальные [1] и расчетные [2] данные о податливости диска покрытия в уровне плит. Жесткость диска покрытия можно определить экспериментально, однако эти данные ограничены из-за трудоемкости.

При строительстве Шяуляйского кожевенного завода изучали особенности работы связевых каркасов с элементами жесткости [3] и диска покрытия. В здании применены безраскосные фермы для малоуклонных покрытий и плиты размером 3×12 м (рис. 1). На промежуточных рядовых колоннах установлены железобетонные или металлические стойки, охватывающие опорные узлы фермы и передающие нагрузки на колонны.

К началу испытаний был закончен монтаж конструкций покрытия в осях $\frac{А-П}{5-23}$. В осях *П — Д* конструкции были смонтированы между осями 7—23. Вертикальная нагрузка от покрытий (70 % проектной нормативной нагрузки) составила ≈ 70 кН на надопорную стойку и 630 кН на верх промежуточной колонны. В местах установки зенитных фонарей плиты не устанавливали. Швы между плитами в основном не были замоноличены.

По крайним осям (*А* и *Я*) металлические опорные стойки помещали на опорные узлы ферм. Это обеспечивало при испытании бо́льшую податливость диска в уровне плит покрытия по оси *А* до включения в работу стеновых панелей (по осям *А* и *Я* элементами жесткости служили стеновые панели вертикальной разрезки, объединяемые с колоннами по оси *13*). Нагрузку к верху надопорных стоек прикладывали гидравлическими домкратами, упирающимися в колонны по оси 25 с помощью системы тяг и траверс (рис. 2). Ее фиксировали динамометрами и манометрами.

Нагрузку по оси *К* доводили этапами по 10 кН до 80 кН на домкрате. При этом вертикальная составляющая была равна 53,5, а горизонтальная — 60 кН. Загружение по этой схеме осуществляли три раза. Затем нагрузку прикладывали только по крайним осям блока *У* и *А* поэтапно по 10 кН до максимальной нагрузки на каждый

© Клевцов В. А., Коревицкая М. Г., Баронас Р. П., Ревентас А. П., 1991
Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

домкрат 40 кН, что дало вертикальную составляющую 26,8, горизонтальную — 30 кН. Расчетные усилия от ветровой нагрузки на промежуточные оси составили 29,2, а на крайние 14,6 кН. Таким образом, нагрузка на оси, по которым ее прикладывали, превысила расчетную ветровую примерно в два раза.

При испытании фиксировали горизонтальные перемещения колонн и верх стоек (в направлении буквенных осей) прогибомерами, деформации бетона колонн тензометрами, углы поворота клинометрами в месте заделки в фундамент колонны в осях *А* — 13 и *А* — 23, деформации бетона стеновых панелей.

На рис. 3 показаны схемы, характеризующие перемещение диска покрытия в направлении приложенной нагрузки. При действии нагрузки по оси деформации диска в уровне плит по этой и крайним осям отличались в 1,5...2 раза. При приложении нагрузки по крайним осям, зарегистрированы резко увеличенные деформации по оси А, что объясняется пониженной жесткостью надопорных стоек. Этот участок покрытия работает по схеме, близкой к консольной, что создает повышенную деформативность диска в уровне плит. После приварки колонны в осях *А* — *13* к стеновым панелям смещения по оси *А* уменьшились примерно в два раза, что свидетельствует о включении в совместную работу с каркасом стеновых панелей.

Таким образом установлено, что в уровне плит диск покрытия не является абсолютно жестким, причем при работе по консольной схеме его деформативность увеличивается. Это имеет существенное значение в связи с тем, что среди рекомендуемых схем каркасов зданий с элементами жесткости имеются такие, при которых диск работает по консольной схеме.

В соответствии с общепринятыми представлениями то обстоятельство, что швы между плитами не были замоноличены, должно способствовать повышенной деформативности диска. Однако как показали ранее проведенные эксперименты [1], а также результаты теоретических исследований [2], при величине обычно действующих в диске покрытий усилий, замоноличивание швов между плитами не влияет на жесткость диска.

Поэтому считать полученные, не вполне благоприятные, результаты деформативности диска в уровне плит покрытия следствием отсутствия замоноличивания нельзя. В работе [4] установлено, что при отсутствии замоноличивания деформативность диска покрытия на 10...16 % выше, чем после него. Это могло являться следствием армирования швов между плитами во фрагменте, на основании испытаний которого сделан этот вывод. Из рис. 3, 4 следует, что если в уровне плит покрытия деформативность диска существенна, то в уровне верха колонн деформации распределяются значительно более равномерно. Так при приложении нагрузки по оси *К* и по осям *А* и *У* после включения в работу стеновых панелей диск работал на изгиб как абсолютно жесткий. Только при работе по схеме, близкой к консольной, отмечалось незначительное различие смещений колонн по осям *А* и *Д*. Полученные результаты свидетельствуют о том, что горизонтальные усилия на колонны передаются не только через плиты, но и через стропильные конструкции. Таким образом, диск покрытия образуется не только плитами, а системой «плиты — стропильные конструкции», причем передача горизонтальных усилий осуществляется благодаря работе плит в своей плоскости и вследствие работы стропильных конструкций из плоскости, что вызывает в них дополнительные усилия, не учитываемые расчетом. Роль диска зак-

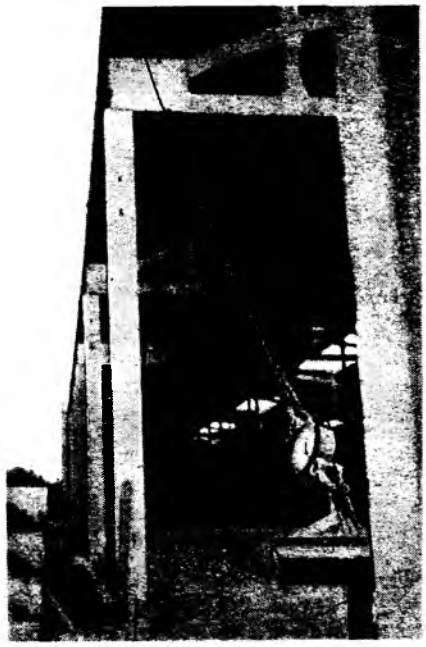


Рис. 2. Приложение нагрузки при испытании

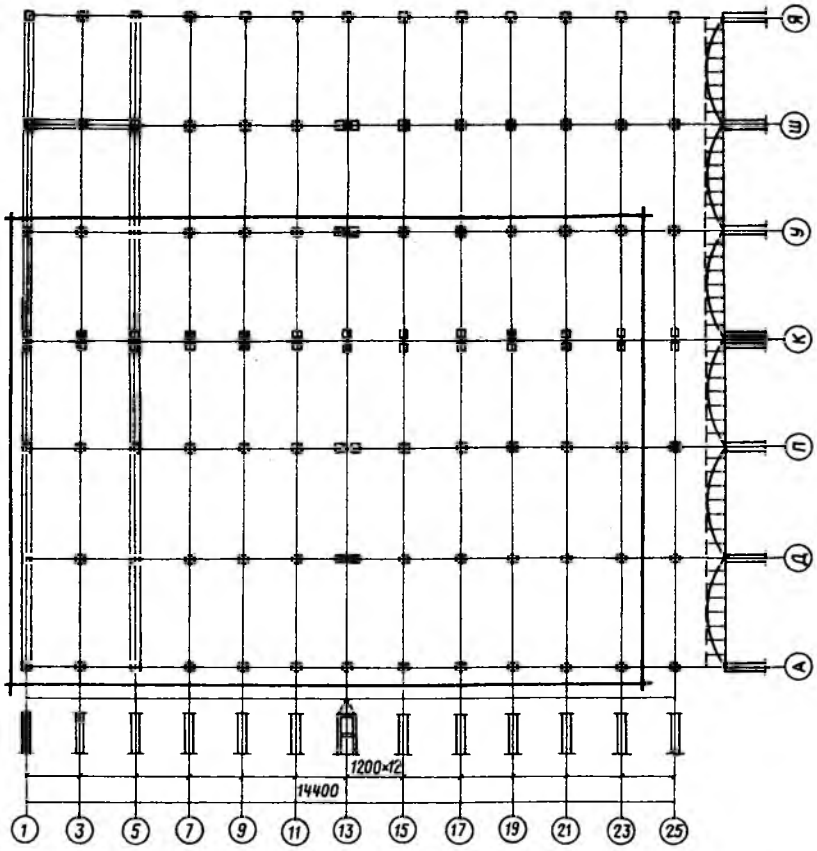


Рис. 1. Схема каркаса здания

граница испытанного участка

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

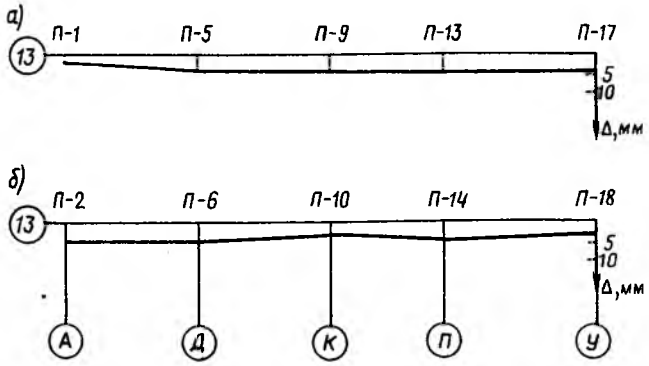


Рис. 3. Деформация покрытия до приварки стеновых панелей по оси *13*

а — перемещения при приложении нагрузки по оси *К*; *б* — то же по осям *А* и *У*; _____ — перемещения в уровне плит покрытия; — — — — — то же в уровне верха колонн

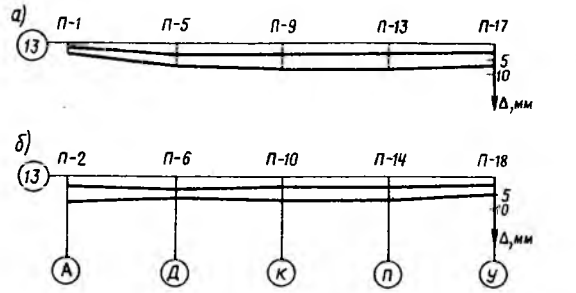


Рис. 4. Деформации покрытия после приварки стеновых панелей при приложении нагрузки по осям *А* и *У*

Условные обозначения см. рис. 3

лючается в распределении усилий между колоннами, поэтому его жесткость в целом характеризуется перемещениями в уровне верха колонн. Испытаниями установлено, что диск покрытия, образуемый плитами и безраскосными фермами для малоуклонных кровель, работает как абсолютно жесткий. При скатных кровлях и при использовании в качестве стропильных конструкций балок диск покрытия также можно принимать абсолютно жестким. Однако при этом следует иметь ввиду, что жесткость диска обеспечивается не только работой плит, но и стропильных конструкций на усилия, которые обычно не учитывают при проектировании. Опыт эксплуатации традиционных схем зданий не выявил необходимости учета этих усилий при расчете стропильных конструкций. Их наличие целесообразно учитывать при отступлении от традиционных схем каркасов зданий.

Анализ результатов исследований позволил количественно оценить деформативность диска в уровне плит покрытия — средняя податливость узла сопряжения плит и стропильных конструкций $0{,}55 \cdot 10^{-4}$ см/кН. В соответствии с полученными экспериментальными данными деформации диска в уровне колонн можно принимать в два раза меньше, чем в уровне плит покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жесткость диска покрытия одноэтажных промышленных зданий при воздействии горизонтальных нагрузок / В. А. Клевцов, М. Г. Коревицкая, И. Б. Юозайтис, Г. С. Укялис // Проектирование промышленных предприятий.— М.: Главпромстройпроект.— 1971.— № 5.— С. 14—19.
2. Клевцов В. А., Баканов Б. М. О расчете диска покрытия с учетом его действительной жесткости // Совершенствование конструктивных форм, методов расчета и проектирования железобетонных конструкций.— М.: НИИЖБ, 1983.— С. 76—78.
3. Каркасы с элементами жесткости для одноэтажных промзданий / Р. А. Гершанок, А. В. Иванов, В. А. Клевцов и др. // Бетон и железобетон.— 1989.— № 5.— С. 17—20.
4. Буданов В. И. Жесткость покрытий одноэтажных зданий при сейсмических воздействиях // Промышленное строительство.— 1967.— № 5.— С. 1—12

НАУКА И РЫНОК

Если Вы хотите успешно работать в условиях рыночных отношений, приобретайте следующие разработки НИИЖБ по хозрасчету в научно-исследовательских организациях.

- **Методические рекомендации по оценке конкурентоспособности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области бетона и железобетона.**
- **Методика определения договорных цен на разработку (передачу) научно-технической продукции и разовых работ (услуг).**
- **Методические рекомендации по расчету годового (квартального) объема работ подразделений НИО с использованием ЭВМ.**
- **Положение о формах и системе оплаты труда, материального поощрения работников НИО.**
- **Положение об организации внутреннего хозрасчета в НИО с использованием арендного подряда.**
- **Методика расчета показателей финансово-хозяйственной деятельности НИО и её подразделений в условиях перехода к рыночным отношениям с использованием ЭВМ.**
- **Положение о формировании и учете выполнения поисковых и инициативных работ, финансируемых за счет собственных средств НИО.**

Методические и рекомендательные материалы реализуются по договорным ценам (от 200 до 400 руб.).

Две программы для ЭВМ типа СМ-1420 или ПЭВМ типа IBM PC/XT/ реализуются по цене 2 тыс. руб. каждая.

При приобретении полного комплекта материалов и программ ЭВМ — скидка 1000 руб.

Оказание научно-методической помощи при использовании приобретенных разработок производится по дополнительному договору.

Предварительные запросы и заявки направлять по адресу: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6, НИИЖБ, лаборатория № 16.
Контактные телефоны: 174-88-28 Агаджанов Владимир Иванович, 174-82-05 Андреева Маргарита Геннадиевна.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 624.012.45.046.5

Н. А. БОЧАРОВ, канд. техн. наук (ВНИИЖелезобетон); Б. В. ГУСЕВ, д-р техн. наук, проф. (НИИЖБ)

Надежность технологической системы производства железобетонных изделий

До настоящего времени фактическую производительность технологической линии определяют введением в расчетные формулы понижающих коэффициентов, которые не имеют статистического обоснования. Авторы проанализировали работу технологической конвейерной линии по выпуску внутренних стеновых панелей и сделали попытку обосновать эти коэффициенты.

В производстве сборного железобетона широкое распространение получили технологические системы (ТС) последовательного выполнения процессов. Их годовую расчетную производительность $Q_р$ для узкоспециализированных поточно-агрегатных линий или конвейеров шагового действия устанавливают по формуле

$$Q_р = V\frac{60hC}{t_ц}, \qquad (1)$$

где $t_ц$ — время цикла изготовления; h — число рабочих часов в сутки; C — число рабочих дней в году; V — объем одновременно формуемых изделий.

В уравнении (1) время цикла чаще всего находят хронометражными наблюдениями, не учитывающими случайных факторов и параметров процессов. В формуле (1) также не отражено влияние технической надежности и качества функционирования на производительность ТС. Влияние надежности на $Q_р$ можно учесть, если в формулу (1) ввести показатель готовности $K_т$, отражающий долю времени, в течение которого она находится в работоспособном состоянии, тогда вероятная производительность ТС:

$$Q_г = Q_р K_г = V\frac{60hC}{t_ц}K_г. \qquad (2)$$

Информацию о фактической производительности функционирующей ТС невозможно получить при исследовании отдельно элементов системы или операций. Необходимо изучить процесс в целом с учетом работоспособности отдельных элементов при действии различных случайных факторов. Выполнение точного эксперимента функционирования ТС выпуска изделий в производственных условиях сопряжено с большими трудностями. Действие большого числа случайных факторов приводит к стохастическому характеру процессов функционирования, и применяемые для расчета простых систем классические математические методы малоэффективны. Исследование $Q_г$ ТС, отличающейся многообразием технологических факторов и случайных процессов, существенно влияющих на ее производительность, выполнили методом статистического моделирования производственных процессов с оценкой эффективности по критериям надежности.

Метод Монте-Карло позволяет рассматривать ТС как информационную модель «вход—выход». Такое формализованное представление дает возможность рассчитывать производительность на основе данных наблюдений, экспериментов в каждом цикле. Это позволяет представить работу системы за один цикл пространством состояний П, в которых она может находиться*: $П = Р_г, О_1, О_2, О_3$, причем каждому событию соответствует вероятность пребывания в одном из состояний в период одного цикла работы ($Р_г$ — работоспособное состояние, при котором получаются изделия без дефектов в заданное время; $О_1$ — состояние, когда изделия изготавливаются с исправимыми дефектами; $О_2$ — состояние, когда выпущенные изделия непригодны для использования по назначению; $О_3$ — состояние отказа оборудования). Для исследования приняли ТС с конвейерной линией, работающей с возможностью восстановления и за длительное время выполняющей большое число циклов. Это позволяет пространство событий представить суммой стационарных коэффициентов. Поскольку отдельные события в работе линий несовместимы, то сумма стационарных коэффициентов равна единице. Отсюда работоспособное состояние ТС, характеризуемое коэффициентом готовности $K_г$,

$$K_г = 1 - (K_и + K_н + K_п),$$

где $K_и$, $K_н$ — доля времени нахождения системы в состояниях $О_1$ и $О_2$; $K_п$ — доля времени простоя по причине отказа оборудования (состояние $О_3$).

Естественно, что фактическая производительность $Q_ф$ определяется вероятной производительностью и возможностью изготовления изделий с исправимыми дефектами, т. е.

$$K_ф = K_г + K_и = 1 - (K_н + K_п), \qquad (3)$$

тогда

$$Q_ф = Q_р(K_г + K_и). \qquad (4)$$

Установление закономерностей возникновения внезапных отказов по качеству изделий и времени безотказной работы оборудования исследовано на действующей ТС с конвейерной линией производства панелей из бетонной смеси с О.К. = 2...4 см, уплотняемой стандартными параметрами вибрации (частота колебаний 50 Гц, ускорение 3,5 g).

При исследовании надежности технологическую систему разбили на пять элементов: приготовление и транспортирование бетонной смеси (I), транспортирование форм системой подъемников, снижателей, толкателей (II), работа формовочного поста (III), функционирование камеры ТВО (IV), комплекс отделки поверхности изделий (V). Для каждого i-го элемента методом статистических наблюдений определяли техническую надежность, характеризуемую коэф-

* Надежность в технике. Технологические системы (методические рекомендации).— М.: ВНИИНМаш, 1980.— 64 с.

© Бочаров Н. А., Гусев Б. В., 1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

фициентом простоя $K_п$:

$$K_{пi}=\frac{T_{oi}}{T_{pi}+T_{oi}}, \qquad (5)$$

где T_{pi}, T_{oi} — среднее время работы без отказа и простоя i-го элемента.

Среднее время T_p и T_o i-го элемента определяем по данным статистических наблюдений за время работы элемента τ_p и случайного времени восстановления τ_o.

Среднее время на отказ и восстановление k-го элемента (см. таблицу).

$$\left.\begin{aligned} T_{pk}&=\frac{\sum_{i=1}^{n}\tau_{pi}}{n};\\ T_{ok}&=\frac{\sum_{i=1}^{n}\tau_{oi}}{n}.\end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Анализ результатов случайного времени τ_p и τ_o показал, что они подчинены закону экспоненциального распределения, так как интенсивность отказа λ для i-го элемента близка к постоянному значению. Для экспоненциального закона среднее время работы без отказа связано с интенсивностью отказа:

$$T_{pi}=\frac{1}{\lambda_i}. \qquad (7)$$

Интенсивность отказа системы λ_o для экспоненциального закона на основе формулы (7)

$$\lambda_o=\lambda_1+\lambda_2+\ldots+\lambda_n, \qquad (8)$$

где n — число элементов.

Среднее время работы ТС без отказа из выражений (7), (8)

$$T_p=\frac{1}{\lambda_o}=\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{T_{pi}}} \qquad (9)$$

Для действующей ТС с конвейерной линией время работы по таблице $T_p=8{,}62$ ч.

Среднее время восстановления системы:

$$T_o=T_p\sum_{i=1}^{n}\frac{T_{oi}}{T_{pi}}=2{,}98 \text{ ч.}$$

Относительное время простоя системы

$$K_п=\frac{T_o}{T_p+T_o}=0{,}256.$$

Для определения стационарных коэффициентов качества $K_и$ и $K_н$ проанализировали параметры качества готовых изделий. В результате установлено, что из общего количества наблюдаемых изделий $N=6062$, только $N_г=298$ оказались без дефектов (94,2 %), $N_и=5713$ требовали исправления дефектов и $N_н=51$ оказались непригодными для использования по назначению. Стационарный коэффициент качества $K_и$ системы:

Элементы системы	$K_г$	$K_п$	$K_и$	$K_н$	T_p, ч	T_o, ч
I	0,82	0,09	—	—	38,90	3,90
II	0,92	0,08	—	—	34,20	2,86
III	0,89	0,06	—	—	42,13	2,61
IV	0,97	0,03	—	—	78,90	2,63
V	0,04	0,06	—	—	40,50	2,70
ТС с конвейерной линией	—	—	—	—	8,62	2,98

$$K_и=\frac{N_и}{M\left(1+\frac{K_п}{1-K_п}\right)}=\frac{5713}{6062\left(1+\frac{0{,}257}{1-0{,}257}\right)}=\frac{5713}{8159}=0{,}7.$$

Стационарный коэффициент $K_н$ для изделий, не подлежащих исправлению:

$$K_н=\frac{N_н}{N\left(1+\frac{K_п}{1-K_п}\right)}=\frac{51}{6062\cdot 1{,}346}=0{,}006.$$

Коэффициент готовности системы — с конвейерной линией

$$K_г=1-(K_и+K_н+K_п)=1-(0{,}7+0{,}006+0{,}257)=0{,}037.$$

По результатам статистических испытаний установили среднюю продолжительность цикла изготовления изделия

$$t_{цф}=\frac{T_ф}{N}=\frac{115\,200}{6062}=19 \text{ мин,}$$

где $T_ф=60hC=115\,200$ мин.

Расчетная производительность для действующей ТС

$$Q_р=V\frac{60hC}{t_{цф}}=1{,}7\,\frac{60\cdot 253\cdot 14}{19}=19\,010 \text{ м}^3/\text{г.}$$

Фактическая производительность действующей ТС с конвейерной линией с учетом изделий подлежащих ремонту

$$Q_ф=Q_р(K_г+K_и)=19{,}01\cdot 0{,}737=14\,010 \text{ м}^3/\text{г.}$$

Выводы

Метод статистических исследований с представлением реального процесса формализованной функциональной математической моделью позволил при определении производительности учесть многообразие технологических факторов и параметров процессов, влияющих на ТС.

Фактическая производительность составляет около 74 % расчетной из-за недостаточной технической надежности системы, которую можно увеличить благодаря применению более надежных элементов, снижению нагрузки, дублированию отдельных видов оборудования.

Применение бетонных смесей с О.К. = 2...4 см не позволяет отделывать поверхность бетона на формовочном посту до полной готовности, так как 70 % изделий требуют устранения дефектов после ТВО.

УДК 69.024.26

А. В. МОТИН, Г. И. ИГОШИН, инженеры (Рязанский филиал СКТБ Стройиндустрия)

Технологическая линия по производству тонкостенных преднапряженных изделий

Для сокращения материалоемкости зданий и сооружений Одесским ПИ № 3 разработаны железобетонные тавровые составные панели-оболочки длиной 12, 18, 24 и шириной 3 м. Они составлены из двух элементов: ребра панели и плиты толщиной 32 мм, которая при сборке принимает под собственным весом очертание криволинейного верхнего пояса ребра. Соединение этих элементов производят электросваркой при помощи закладных деталей, сборку — на специальном стенде. Составные панели-оболочки можно использовать для покрытия промышленных и сельскохозяйственных зданий (мастерских, складов, навесов для техники, сена и т. п.).

Тонкостенные пластины могут служить для устройства межцеховых перегородок и облицовки откосов каналов оросительных си-

© Мотин А. В., Игошин Г. И., 1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

стем. Однако экономически эффективными конструкции из тонких железобетонных пластин могут стать только при высокой степени механизации изготовления, поскольку сложность производства по частям снижает эффект от сокращения материалоемкости.

Рязанским филиалом СКТБ Стройиндустрия под техническим руководством НИИЖБа разработан рабочий проект линии с необходимым оборудованием и оснасткой для производства тонкостенных преднапряженных изделий (см. рисунок) по стендовой технологии. Вариант технологии обоснован тем, что тонкостенные железобетонные элементы тавровых панелей-оболочек имеют большие размеры (24×3 м), высокие суммарные усилия предварительного натяжения арматуры как в продольном, так и в поперечном направлениях. Кроме того, стендовая технология позволяет внедрить безопалубочный метод производства с использованием высокомеханизированного комплекса оборудования.

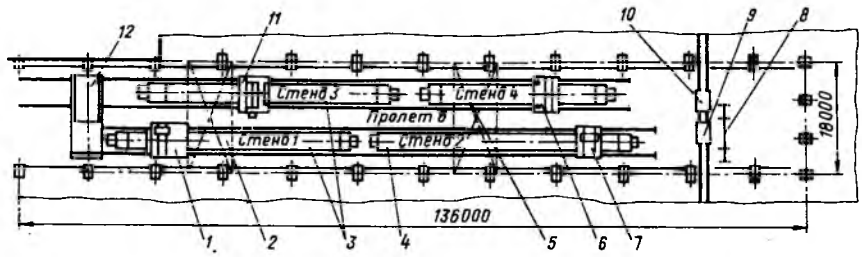
Технико-экономические показатели линии

Годовой выпуск, м² (м³)	71 000 (2672)
Режим работы, сут/ч (сут/смену)	262 (2)
Число рабочих в смену	7
Масса оборудования, т	465

По сравнению с типовым покрытием, состоящим из строительных ферм ПК-01-129/68 и плит размером 3×6 м ПАГ-3AIVT, покрытия из тавровых панелей-оболочек размером 3×18 м более эффективны (см. таблицу).

Элементы тавровых панелей-оболочек: плиты и ребра — изготовляют в следующей последовательности выполнения технологических операций: чистка и смазка формующих поверхностей стенда и бортоснастки, навивка преднапряженной арматуры, установка в проектное положение арматурных сеток, монтажных петель и закладных деталей, укладка и уплотнение бетонной смеси, укрытие отформованных изделий теплоизоляционным покрывалом, термовлажностная обработка изделий, отпуск натяжения арматуры и обрезка прядей, съем готовых изделий со стендов.

Формование и термообработку изделий производят на стендах длиной 36 и 24 м. Конструктивно стенд собирают из секций длиной 1 м, уложенных по балкам из швеллера и двутавра, лежащих



Технологическая линия по производству тонкостенных железобетонных конструкций
1 — арматурно-намоточная машина; *2* — мостовой кран; *3* — стенд для изготовления плит 12 и 18 м; *4* — стенд для изготовления ребер длиной 18 м; *5* — стенд для изготовления ребер длиной 12 м; *6* — установка для обрезки арматуры; *7* — бетоноукладчик с навесным оборудованием СМЖ-3507; *8* — траверса; *9* — самоходная тележка МСЖ 151; *10* — тележка-прицеп МСЖ-154; *11* — машина для чистки, смазки, укрытия; *12* — передаточная тележка

Покрытия	Расход материалов на 1 м² покрытия			Масса элементов, кг	Трудоемкость монтажа, чел.-дн	Экономический эффект, р/м²
	бетона, м³	цемента, кг	металла, кг			
Типовые	0,150	48,8	12,90	310	0,082	—
Тавровые панели-оболочки	0,074	27,8	6,59	165	0,043	9,54

на бетонном основании. Сверху секции закрыты металлическим листом толщиной 24 мм, образующим зеркало стенда. Между фундаментом и листом образуется подстендовое пространство, в котором уложены регистры из труб для циркуляции теплоносителя (горячей воды или пара).

По периметру стенда расположены упоры для навивки арматуры. Для плавной передачи усилий арматуры на бетон по торцам стендов установлены спускные устройства. Вдоль стендов уложены рельсовые пути, по которым передвигается технологическое оборудование. С одной линии стендов на другую оборудование может перемещаться с помощью передаточной тележки или мостового крана.

Работа организована так, чтобы в течение первой смены обеспечить работу одной линии стендов (стенды 1 и 2), а во вторую смену — стендов 3 и 4.

Чистку и смазку зеркала стенда производят специальной машиной. Для чистки используют металлическую щетку, имеющую привод подъема и опускания. Отходы собирают в специальный бункер, установленный на машине. Узел смазки состоит из бака, трубопроводов и смазывающего устройства и может опускаться и подниматься с помощью ручного привода. Смазка ОЭ-2 из бака поступает в трубу с отверстиями, расположенными по всей ширине стенда, затем на смазывающий стенд поролон. При движении машины вдоль стенда вся поверхность его смазывается за один проход. Укладку и натяжение арматуры из каната К-7 диаметром 6 мм производят арматурно-намоточной машиной типа 3269. Электромеханическое натяжение составляло примерно 0,7 усилия разрыва.

Электронагрев арматуры производят непосредственно в процессе навивки до температуры 350 °С*.

Бортоснастка служит для образования изделий проектных геометрических размеров. На стендах 1 и 3 для формования плит борта откидываются на шарнирах. Сборку и распалубку производят вручную. Стенды для формования ребер (2 и 4) снабжены гидравлической системой для открывания и закрывания бортоснастки.

Укладку и уплотнение бетонной смеси производят бетоноукладчиком СМЖ-3507. Бетонную смесь доставляют в бункер бетоноукладчика переносной бадьей от инвентарного БСУ (СБ-145-2), уплотняют и заглаживают виброблокой. Для предотвращения потерь тепла во время тепловлажностной

* Более подробно метод непрерывного армирования см.: **Михайлов В. В.** Метод непрерывного армирования как средство автоматизации арматурных работ // Бетон и железобетон.— 1984.— № 9.— С. 2—3.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

обработки изделия сверху закрывают теплоизоляционным покрывалом, устройство для разматывания и сматывания которого смонтировано на машине для смазки и чистки стенда. Термообработку изделий осуществляют путем циркуляции теплоносителя в регистрах, расположенных в подстендовом пространстве по режиму: предварительная выдержка (2 ч), прогрев с подачей тепла (7 ч) и остывание (2 ч).

При достижении бетоном отпускной прочности для плавной передачи усилий на бетон производят отпуск продольной арматуры с помощью спускных устройств, расположенных по торцам стендов. Каждое из них представляет собой раму с закрепленными на ней упорами, способную перемещаться на 30...40 мм вдоль оси стенда при помощи электромеханического привода.

Обрезку напряженной арматуры производят машиной электромеханического действия, рабочим органом которой является металлический диск диаметром 400 мм с подведенным к нему током электросварочного трансформатора. Передвигаясь по рельсам, машина за один проход двумя дисками обрезает поперечную арматуру, а третьим в начале и конце стенда — продольную. После обрезки готовые изделия мостовым краном с навесной траверсой снимают и перемещают на вывозную тележку или к месту складирования в цехе.

Первый опыт эксплуатации линии показал, что для снижения транспортных расходов сборку элементов в укрупненные конструкции целесообразнее производить на строительной площадке.

Технологическая линия по производству тонкостенных железобетонных конструкций введена в эксплуатацию в 1988 г. и в настоящее время работает на ЖБИ № 3 объединения Рязаньстрой.

УДК 69.057.2:666.9.055

А. Т. ЛОРМАН, инж. (ПИКТИ «Стройпроект» Минстроя УССР)

Установка для формования объемных блоков шахт лифтов

На некоторых домостроительных комбинатах Приднепровья объемные блоки шахт лифтов с мусоропроводом изготовляют на серийных установках Новокузнецкого опытного завода технологического оборудования Росуралзапсибстроя, которые в целом неплохо зарекомендовали себя в эксплуатации.

Однако одним из факторов, неудовлетворяющих производство, является большая высота установок (4814 мм), затрудняющая их размещение в технологическом пролете на нулевой отметке. Установки приходится эксплуатировать в приямках глубиной 1,5 м и более, что крайне неудобно и неэкономично. Кроме того, из-за крепления Г-образных бортов к механизмам раздвижки в одной точке, не совпадающей, как правило, с центром масс, а также отсутствия реборд на опорных катках, создаются перекосы бортов при закрытии, что нарушает проектную установку арматуры (ее сдвижку) на сердечнике и приводит к повышению трудоемкости изготовления и снижению качества изделий.

Эти недостатки устранены в усовершенствованной установке для формования объемных блоков шахт лифтов (см. рисунок), разработанной ПИКТИ «Стройпроект». Вместо гидравлического механизма выпрессовки изделия из сердечника, смонтированного под установкой, принят механический, выполненный в виде изогнутых двуплечих рычагов с роликами, контактирующими с кронштейнами наружных бортов; на всех опорных катках выполнены реборды, а механизмы раздвижки каждого борта снабжены силовыми параллелограммами, состоящими из двух пар шарнирных складывающихся рычагов, соединенных с бортом, стойкой и между собой толкателем.

Такие технические решения позволяют уменьшить высоту установки с 4814 до 3840 мм, повысить надежность и снизить энергозатраты, так как отрыв бортов от изделия и его выпрессовка осуществляются одним энергоносителем — гидроцилиндрами механизмов раздвижки бортов при их рабочем ходе без увеличения времени работы механизмов и их мощности. При этом можно уменьшить высоту приямка с 1,5 и более до 0,5 м и его объем с 7,5 и более до 0,6 м^3, что позволит снизить затраты с учетом сравнительной стоимости работ по возведению приямков, монтажу выпрессовочных механизмов и гидроразводки, стоимости этих механизмов и затрат на эксплуатацию.

Установка для формования шахт лифтов с мусоропроводом состоит из двух раздвижных Г-образных наружных бортов, каждый из которых установлен одним центральным и двумя боковыми опорными катками с ребордами на трех параллельных между собой рельсах. Центральный и боковые катки закреплены соответственно у вершины и по краям бортов, а рельсы — на фундаменте. Центральные рельсы раздвоены, а их ось симметрии совпадает с линией раздвижки бортов. Г-образные борта выполнены со скосами и после их примыкания образуют прямоугольник. Один из наружных бортов по центру короткой стороны имеет уширение под мусоропровод, проем которого выполняют съемным пуансоном, опираю-

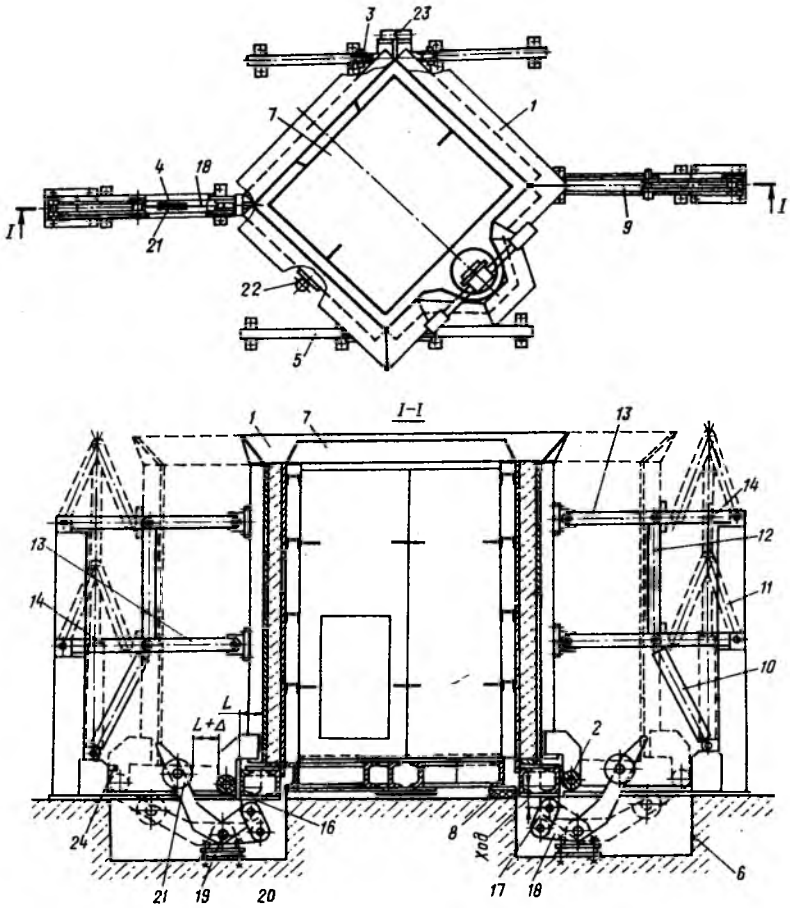
Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru
© Лорман А. Т., 1991

щимся внизу на поддон, а вверху — на борт с фиксацией положения для устранения смещения при формовании. Между бортами на расстоянии, равном толщине стенок шахты лифта, установлен закрепленный на фундаменте через амортизаторы сердечник, в который подается пар для термообработки изделий. Снаружи каждого борта по оси симметрии центрального рельса установлен механизм раздвижки, состоящий из гидроцилиндра, шарнирно закрепленного одним концом на стойке, установленной на фундаменте в плоскости раздвижки, а другим — на вертикально расположенном толкателе.

К толкателю присоединены складывающиеся шарнирные парные рычаги, соединяющие наружный борт со стойкой. Под бортами установлен подъемно-опускной поддон, с помощью которого изделия выпрессовывают из сердечника. Поддон связан с двумя механизмами выпрессовки, установленными по линии раздвижки бортов и взаимодействующими с ними. Каждый из них состоит из изогнутых двуплечих рычагов, опертых через оси на опоры и связанных с поддоном шарнирными тягами. Удлиненное плечо каждого рычага снабжено роликом, выведенным над фундаментом и уменьшающим потери на трение при контакте с кронштейном центрального опорного катка и самим катком.

Установка снабжена выключателями, автоматически отключающими гидроцилиндры механизмов раздвижки при полном их раскрытии. На наружных поверхностях бортов закреплены навесные вибраторы и винтовые замки для фиксации бортов в сдвинутом состоянии. В верхней части бортов выполнены консольные площадки для обслуживания. Для изготовления блоков шахт лифтов различных типоразмеров имеется набор вкладышей, с помощью которых производится переналадка установки.

Установка работает следующим образом. Перед формованием на поверхность сердечника и внутренние поверхности открытых бортов наносят смазку и на поддон устанавливают арматурный каркас. Затем включают механизмы раздвижки. Штоки гидроцилиндров этих механизмов, втягиваясь, воздействуют на верхние и через



Установка для формования объемных блоков

1 — наружные борта; *2, 3* — катки; *4, 5* — рельсы; *6* — основание; *7* — сердечник; *8* — амортизаторы; *9* — приводной механизм; *10* — гидроцилиндр; *11* — стойка; *12* — толкатель; *13, 14* — шарнирные парные рычаги; *15* — поддон; *16* — проушины; *17* — тяга; *18* — рычаг; *19* — ось рычага; *20* — опора рычага; *21* — ролик; *22* — вибратор; *23* — замок бортов; *24* — конечный выключатель

толкатели на нижние парные рычаги, которые, выпрямляясь, сдвигают наружные борта, после чего их фиксируют замками. При этом центральные опорные катки наружных бортов сходят с удлиненных плеч изогнутых рычагов механизма выпрессовки, поддон под действием собственной массы и массы арматурного каркаса опускается вниз, поворачивая рычаги вокруг осей их опор, а удлиненные плечи с роликами занимают исходное положение. После закрытия бортов полость установки заполняют бетонной смесью и выполняют последующие технологические операции формования.

Для распалубки изготовленного изделия открывают замки, включают механизмы раздвижки на обратный ход, который воздействует на все взаимосвязанные шарнирные звенья, отрывая борта от изделия.

По мере дальнейшего движения каждого борта кронштейны опорных катков надавливают на ролики, передавая нагрузку на плечи изогнутых рычагов и через шарнирные тяги и проушины на подъемно-опускной поддон. Последний поднимается, выпрессовывая изделие из сердечника. При воздействии бортов на ролики часть нагрузки при выпрессовке изделия передается через нижние шарнирные рычаги и толкатель на гидроцилиндры механизмов раздвижки и стойки, предотвращая опрокидывание бортов. Поддон вместе с изделием поднимается до момента остановки бортов в конечном положении у стоек путем автоматического отключения гидроцилиндров механизмов раздвижки. При этом плечи изогнутых рычагов находятся под катками, а поддон занимает самое верхнее положение (ход поддона при выпрессовке изделия равен 200 мм). Изделие снимают краном и установку готовят к новому циклу формования.

Годовой экономический эффект от использования усовершенствованной установки составляет 9 тыс. р.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 666.972.167

Б. А. КРЫЛОВ, д-р техн. наук, проф., А. А. ДЕДЮХОВ, инж. (НИИЖБ)

Натурные исследования твердения бетона сваи в зимнее время

Правильный выбор наиболее эффективного метода интенсификации твердения бетона фундаментных конструкций, укладываемого в зимнее время враспор с сезонно-мерзлым грунтом (буронабивные сваи, фундаменты в вытрамбованных, выштампованных котлованах, подпорные стенки, щелевые фундаменты и т. п.), требует внимательного изучения особенностей процесса его твердения в условиях, когда верхняя часть конструкции испытывает переменное по высоте тепловое воздействие мерзлого грунта, а ниже, за пределами промерзающего слоя, — также переменное по высоте тепловое воздействие грунта положительной температуры.

Исследования твердения бетона в контакте с сезонно-мерзлым грунтом проводили в климатических условиях Ижевска в феврале — марте 1990 г. на четырех опытных буронабивных сваях длиной 3, диаметром 0,5 м и пяти бетонных фрагментах высотой 3 и сечением 0,15×0,15 м.

При проведении натурных экспериментов изучали процессы нарастания прочности бетона, формирование его поровой структуры в контакте с сезонно-мерзлым грунтом по сечению сваи, а также нарастание прочности бетона по высоте сваи в контактной с грунтом зоне, формирование его поровой структуры и морозостойкости.

Опытные сваи и фрагменты выполняли из бетона класса В15, приготовленного на горно-заводском ПЦ марки 400; гравийно-песчаной смеси (ГПС) объемной массой 1,69 т/м^3 с содержанием песка до 20 % и максимальной крупностью до 40 мм, песчано-гравийной смеси (ПГС) объемной массой 1,65 т/м^3 с содержанием гравия до 15 %. Соотношение компонентов бетонной смеси: Ц:В:ГПС:ПГС=1:0,59:4,68:1,66. Подвижность смеси О.К.=6...9 см.

Бетонирование производили в автобетоносмесителе при температуре воздуха —11 °С подогретой смесью, температура которой после укладки и уплотнения составила 16 °С.

Характер распределения температур в грунте к моменту бетонирования сваи представлен в таблице.

Глубина, м	0,05	0,45	0,85	1,25	1,65	2,30	3,00	3,77
Температура, °С	—10,7	—2,9	—0,8	+1,2	+1,9	+3,2	+4,4	+5,3

Процессы нарастания прочности бетона, формирование его поровой структуры в контакте с сезонно-мерзлым грунтом по сечению конструкции исследовали с помощью специально изготовленных опалубок. Устройство каждой из них предполагало выделение из тела сваи на уровне поверхности поперечного фрагмента размером 100×100×500 мм по одной оси поперечного сечения сваи и двух фрагментов-кубов с ребром 100 мм, лежащих на другой оси поперечного сечения сваи на расстоянии от его центра 150 мм.

Бетонирование производилось после заполнения и уплотнения бетонной смесью всего нижележащего пространства скважины. После бетонирования верхний торец сваи вместе с верхней поверхностью исследуемых фрагментов укрывали полиэтиленовой пленкой и слоем минеральной ваты толщиной 500 и радиусом в плане 750 мм. Опалубки устанавливали в четырех сваях, от каждой из которых через 7, 14, 28 сут и 3 мес после их разборки извлекали поперечные фрагменты-параллелепипеды размером 100×100×500 мм и распиливали их на кубы с ребром 100 мм. Полученные кубы испытывали на прочность при сжатии с последующим определением интегральной пористости проб бетона, взятых после испытания кубов в возрасте 28 сут.

Предполагалось, что выбранная конструкция опалубки позволит изучить процесс твердения бетона самого неблагоприятного с точки зрения теплового воздействия грунта сечения сваи — на уровне поверхности (отм. — 0,05 м) — в четырех его точках: в центре и на расстоянии от него 100, 150, 200 мм.

Исследования проводили построением физической модели твердения бетона контактной зоны по высоте конструкции на ее продольном фрагменте, представляющем собой вертикальный параллелепипед длиной, равной длине рассматриваемой сваи 3 м, сечением 0,15×0,15 м. Бетонирование выполняли в специально изготовленной опалубке так, чтобы одна из граней параллелепипеда примыкала к грунту. Всего было забетонировано пять бетонных фрагментов, в четырех из них через 7, 14, 28 сут, 3 мес на отм. —0,075; —0,525; —0,975; —1,725, —2,775 м от уровня поверхности выпиливали кубы с ребром 150 мм для последующего определения их прочности при сжатии и интегральной пористости в возрасте 28 сут.

Параллельно с этим было изготовлено 12 образцов-кубов с ребром 150 мм, с укладкой бетона в опалубку, находившуюся в грунте на отм.— 0,075 м. Конструкция опалубки обеспечивала наличие контакта бетона образца с мерзлым грунтом только по одной вертикальной поверхности, при этом три других были изолированы от теплового взаимодействия с мерзлым грунтом. В возрасте 7, 14, 28 сут, 3 мес

© Крылов Б. А., Дедюхов А. А., 1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

образцы испытывали на прочность при сжатии с определением интегральной пористости проб бетона, взятых после испытания образца на сжатие в возрасте 28 сут.

Кроме того, были изготовлены, выдержаны в стандартных условиях и испытаны в том же возрасте образцы-кубы с ребрами 100 и 150 мм (по 12 на каждый размер).

Фрагменты и кубы, твердеющие в одноповерхностном контакте с грунтом на отм. —0,075 м, и кубы, твердеющие в стандартных условиях, изготовляли из бетона указанного ранее состава.

Прочность определяли по методике ГОСТ 10180—78, интегральную пористость — по объемному водопоглощению проб бетона, взятых после испытания кубов на сжатие, в соответствии с ГОСТ 12730.4—78.

Распалубку пятого фрагмента осуществляли в возрасте 28 сут и выпиливали из него на отм. —0,075; —0,50; —1,00 м от уровня поверхности три куба с ребром 150 мм, бетон которых оценивали на морозостойкость по второй методике ГОСТ 10060—87. При этом в качестве контрольных образцов принимали кубы с ребром 150 мм, твердевшие в стандартных условиях.

Испытания на прочность при сжатии образцов-кубов поперечного фрагмента сваи на отм. —0,05м в возрасте 7, 14, 28 сут, 3 мес показали, что бетон конструкции в условиях контакта с сезонно-мерзлым грунтом твердеет и набирает прочность, причем кинетика этого процесса для различных точек сечения неодинакова (рис. 1).

Наиболее интенсивный набор прочности бетона происходит в центре сваи, где после 28 сут и 3 мес твердения прочность составила соответственно 18,53 и 21,12 МПа с недобором ее по сравнению с бетоном, твердевшим в стандартных условиях соответственно 9...10 и 4...5 %. Менее интенсивно происходило твердение бетона на расстоянии 200 мм от центра сваи, в контактной с мерзлым грунтом зоне. После 28 сут твердения прочность бетона в этой точке поперечного фрагмента сваи составила 10,24 МПа, или 50...51 % прочности твердевшего в стандартных условиях бетона, а к трем месяцам — 12,6 МПа (56...57 %).

Интегральная пористость бетона фрагмента также различна по его длине (рис. 2). Наибольшее значение этого показателя зафиксировано в контактной с грунтом зоне на расстоянии 200 мм от центра сваи: 19,8 % после 28 сут твердения и 17,6 % после 3 мес; наименьшее — в центре фрагмента соответственно 15,4 и 14,6 %. Характерно, что в период твердения между 28 сут и 3 мес показатель интегральной пористости уменьшается, причем в разной степени для бетона контактной зоны фрагмента, его центра и бетона, твердевшего в стандартных условиях. Наиболее заметно снижение этого показателя (на 11 %) в бетоне контактной с грунтом зоны, в меньшей степени — к 3 мес твердения в бетоне центра фрагмента (на 5...6 %) и в бетоне, твердевшем в стандартных условиях (на 3...4 %).

Таким образом, тепловлажностное взаимодействие бетона поперечного фрагмента сваи с сезонно-мерзлым грунтом на уровне отм. —0,05 м показало различную интегральную пористость в центре фрагмента и на расстоянии от него 200 мм, или в контактной с грунтом зоне, которая составила к 28 сут и 3 мес соответственно 22...23 и 17...18 %.

Испытания кубов, выпиленных из продольных фрагментов сваи, твердевших в контакте с грунтом на отм. —0,075; —0,525; —0,975; —1,725; —2,775 м в возрасте 7, 14, 28 сут, 3 мес показали также различие в кинетике нарастания прочности бетона по высоте конструкции, причем наибольшая его степень выявлена на отм. —0,075 м и —2,775 м (рис. 3). Так, прочность бетона фрагмента на отм. —0,075 м после 28 сут твердения в контакте с грунтом составила 7,13 МПа, после 3 мес — 10,13 МПа, или соответственно 35...36 и 48...49 % прочности бетона, твердевшего в стандартных условиях. Прочность бетона фрагментов на отм. —2,775 м составила в возрасте 28 сут 17,08 МПа, а в возрасте 3 мес —

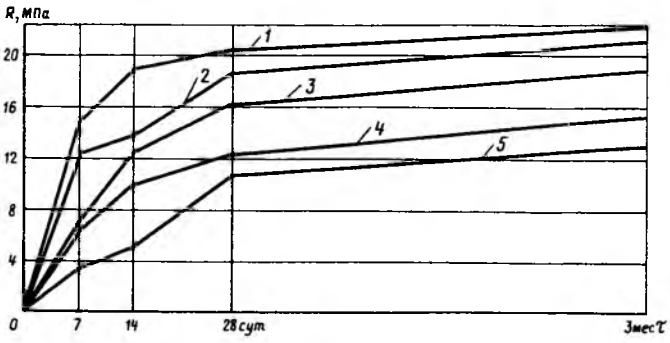


Рис. 1. Кинетика нарастания прочности бетона в контакте с сезонно-мерзлым грунтом по сечению сваи на отм. —0,05 м

1 — образцов-кубов с ребром 100 мм, твердевших в стандартных условиях; *2* — в центре сечения; *3* — на расстоянии от центра 100 мм; *4* — то же 150 мм; *5* — то же 200 мм (в контактной с грунтом зоне)

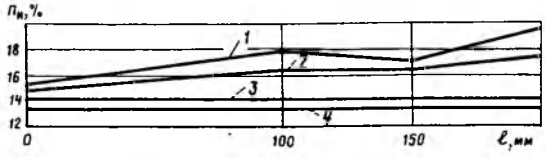


Рис. 2. Характер распределения интегральной пористости по сечению сваи на отм. —0,05 м

1 — в возрасте 28 сут; *2* — то же 3 мес; *3* — средний показатель интегральной пористости бетона образцов-кубов с ребром 100 мм, твердевших в стандартных условиях в возрасте 28 сут; *4* — то же в возрасте 3 мес

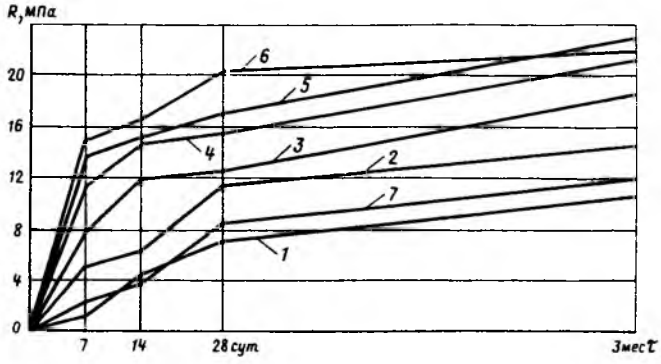


Рис. 3. Кинетика нарастания прочности бетона продольного фрагмента сваи в контакте с сезонно-мерзлым грунтом на отметке

1 — —0,075 м; *2* — —0,525 м; *3* — —0,975 м; *4* — —1,725 м; *5* — —2,775 м; *6* — образцов-кубов с ребром 150 мм, твердевших в стандартных условиях; *7* — то же, твердевших при одностороннем контакте с сезонно-мерзлым грунтом на отм. —0,075 м

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

22,97 МПа, или соответственно 84...85 и 104...105 % прочности твердевшего в стандартных условиях бетона.

Превышение прочности бетона фрагмента на отм. —2,775 м можно объяснить, по-видимому, уплотнением бетона и уменьшением его водосодержания в результате отжима некоторой части свободной воды в грунт под действием гидростатического давления вышележащего столба бетонной смеси. Это подтверждают и результаты исследования структуры бетона фрагмента на различных отметках в возрасте 28 сут и 3 мес (рис. 4). Так, интегральная пористость бетона на отм. —2,775 м составила после 28 сут и 3 мес твердения 13,84 и 12,52 %, что соответственно на 6...7 и 5...6 % ниже показателя интегральной пористости бетона, твердевшего в стандартных условиях, и на 26...27 %, 25 % на указанных временных ступенях, ниже этого параметра на отм. —0,075 м.

Испытания кубов, твердевших в грунте на отм. —0,075 м, т. е. фактически на уровне поверхности, показали, что их прочность в возрасте 28 сут и 3 мес на 11...19 % больше, чем прочность кубов, выпиленных из фрагмента в этом же возрасте на этой же отметке, и составила соответственно 8,75 и 12,01 МПа. Иной, как показали испытания, оказалась и структура бетона в этих образцах. Так, интегральная пористость образцов; твердевших в грунте на отм. —0,075 м на 2...3, 5...6 % меньше, чем для бетона образцов, выпиленных из фрагментов на этой же отметке в том же возрасте, и составила соответственно 18,3 и 15,8 %.

Различие параметров твердения бетона фрагментов на отм. —0,075 и бетона кубов, твердевшего на этой же отметке в одноповерхностном контакте с грунтом, видимо, вызвано водоотделением и перераспределением твердой и жидкой фаз бетона в объеме фрагмента в начальный период твердения. В результате этих процессов вода, вытесняемая осаждающимися из верхних участков зернами заполнителя, отжималась в грунт и вверх, увеличивая водосодержание бетона верхней части фрагмента. Это способствовало формированию более развитой по сравнению с бетоном нижней части фрагмента и бетоном отдельных кубов, твердевших в грунте, поровой структуры и за счет повышения В/Ц бетона верхней

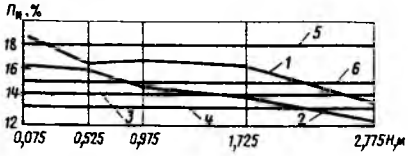


Рис. 4. Характер распределения интегральной пористости бетона по высоте продольного фрагмента сваи

1 — в возрасте 28 сут; *2* — то же 3 мес; *3* — средний показатель интегральной пористости бетона образцов-кубов с ребром 150 мм, твердевших в стандартных условиях в возрасте 28 сут; *4* — то же в возрасте 3 мес; *5* — то же, твердевшего при одностороннем контакте с сезонно-мерзлым грунтом на отм. —0,075 м в возрасте 28 сут; *6* — то же в возрасте 3 мес

части сваи — меньшей прочности.

Прочность кубов, выпиленных из пятого фрагмента на отм. —0,075; —0,5; —1,0 м от уровня поверхности после 20 циклов попеременного замораживания и оттаивания в среде 5 %-ного раствора хлорида натрия после 3 мес твердения в контакте с грунтом равна соответственно 9,64; 12,84; 17,52 МПа, а средняя прочность контрольных образцов 21,36 МПа. Таким образом, морозостойкость бетона по высоте фрагмента в пределах деятельного слоя неодинакова, причем наименьший ее показатель был у бетона образца, выпиленного из фрагмента на отм. —0,075 м.

Выводы

Нарастание прочности бетона и формирование его поровой структуры в условиях контакта с сезонно-мерзлым грунтом в различных точках конструкции происходят поразному. Наибольшее влияние на эти процессы оказывают расслоение бетонной смеси в начальный период ее твердения и охлаждающее воздействие грунта в пределах промерзающего слоя. Влияние этих факторов на твердеющий бетон конструкции приводит к недобору его прочности в верхней части сваи, особенно в контактной с грунтом зоне, а также обусловливает протекание деструктивных процессов по сечению и высоте конструкции, сопровождающееся увеличением интегральной пористости бетона верхней части сваи, причем в наибольшей степени на контакте с грунтом, и, как следствие, снижением его морозостойкости.

Для получения бетона свайной конструкции с требуемыми для работы в грунте строительно-техническими свойствами необходимо снизить расслаиваемость бетонной смеси, а также устранить тепловое влияние грунта на твердеющий бетон в пределах слоя его промерзания.

ГОССТРОЙ СССР

ВНИИЖЕЛЕЗОБЕТОН

КРОВЕЛЬНЫЕ ПАНЕЛИ ПОВЫШЕННОЙ ЗАВОДСКОЙ ГОТОВНОСТИ

Разработана технология кровельных панелей с теплоизоляционным слоем, укладываемым на поверхность панели в процессе ее изготовления. Материал теплоизоляционного слоя — полистиролбетон слитной структуры. Теплоизоляционный материал покрытия может быть полностью водонепроницаем, что обеспечивает высокие теплозащитные свойства ограждающей конструкции в течение всего периода эксплуатации. Прочность полистиролбетона при сжатии 0,6—1,4 МПа, плотность — 250—400 кг/м^3.

ВНИИжелезобетон на договорных началах высылает техническую документацию на технологию изготовления кровельных панелей, а также оказывает научно-техническую помощь в освоении производства указанной продукции.

Заказы просим направлять по адресу:
111524, Москва, ул. Плеханова, д. 7.
Телефон: 176-29-98.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 624.012.45:65.011.56

А. Н. МАЛАХОВА, канд. техн. наук (МИСИ); Н. Г. МАТКОВ, канд. техн. наук (НИИЖБ); М. Б. ЛОКОТКОВ, инж. (МЭИ)

Автоматизация экспериментальных исследований железобетонных конструкций

Повышение эффективности и качества экспериментальных исследований железобетонных конструкций при их загружении зависит, в основном, от автоматизации и широкого внедрения в повседневную практику современного автоматизированного оборудования с измерительными приборами в комплексе с вычислительной техникой [1].

Современное состояние автоматизации при проведении исследований в строительстве неудовлетворительно. Используемые оборудование и измерительные приборы, в основном механические, что тормозит внедрение средств вычислительной техники. Недостаточно разработаны алгоритмы испытаний конструкций и первичной обработки экспериментальных данных. Автоматизация, прежде всего, коснулась тех исследований, проведение которых без нее либо затруднительно, либо невозможно. Статические испытания железобетонных конструкций к таким областям исследований не относились.

В настоящее время при общем усложнении экспериментов и необходимости их качественного и быстрого исполнения, зачастую малым коллективом, необходимо автоматизировать все области исследований, в том числе статические испытания конструкций.

Определенный опыт автоматизации экспериментальных исследований железобетонных конструкций накоплен в НИИЖБе. Здесь были проведены специальные исследования сжатых железобетонных элементов с применением комплекса автоматизированного оборудования, позволяющего автоматически записать фактические полные диаграммы деформирования бетона и арматуры [2, 3], и одновременно наблюдать за плавным развитием трещин в процессе разрушения образца.

В рамках этих исследований была разработана и проведена автоматизация эксперимента, позволившая обеспечить непрерывное измерение усилий, напряжений и деформаций бетона на всем цикле испытаний, вплоть до исчерпания несущей способности элемента.

Применяемая автоматизированная дистанционная установка с динамометрическими стойками для испытания сжатых элементов в системе пресса позволила записать полные опытные диаграммы деформирования, включая нисходящую ветвь. Измерение действующего усилия, напряжений и деформаций бетона во времени при загружении образца позволяет дистанционно регистрировать эти параметры графопостроителем в предельной стадии на всем диапазоне записи фактической диаграммы сжатия при центральном и внецентренном сжатии (рис. 1).

В качестве датчика силы использовали кольцевой тензорезисторный динамометр (до 3000 кН), а для определения внутренних напряжений в бетоне — датчики давлений, фиксируемые прибором ВРМ, в качестве датчиков перемещений (ход 5...10 мм) для измерения деформаций по граням призмы бетона — экстензорезисторы с подвижным штоком (база измерения 200... 400 мм), которые соединены по мостовой и полумостовой схемам. Для регистрации данных использовали двухкоординатные графопостроители типа Н-207 и магнитоэлектрические осциллографы с записью процесса разрушения на

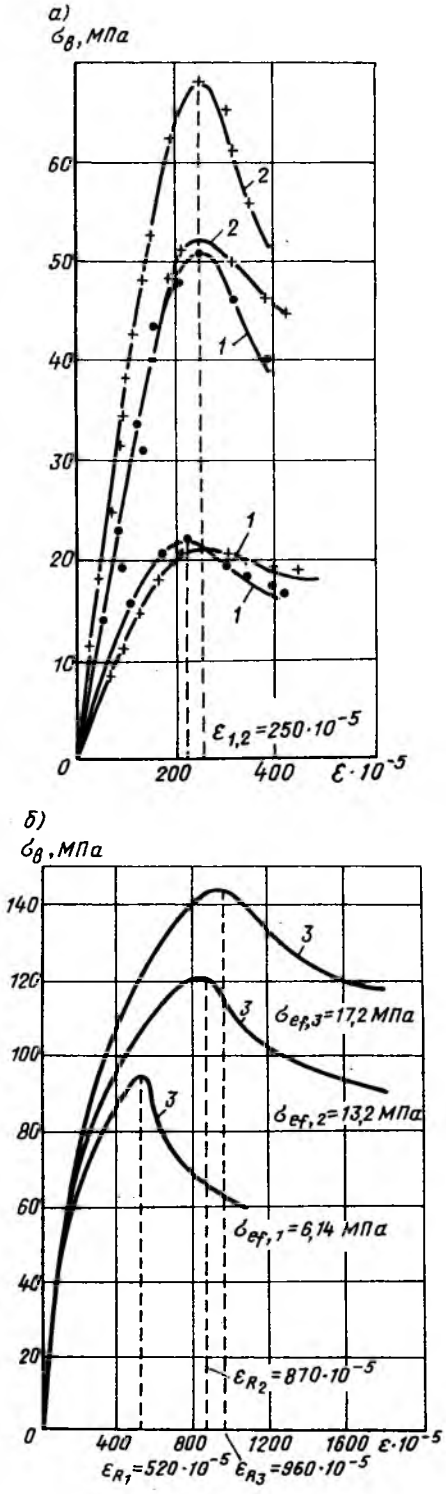


Рис. 1. Полные диаграммы деформирования сжатых бетонных и железобетонных элементов с нисходящими участками и поперечным армированием при R_b=68 МПа

а — данные НИИЖБа; *б* — Американского института ASI; *1* — бетонные призмы; *2* — цилиндры; *3* — спирально-армированные цилиндры

© Малахова А. Н., Матков Н. Г., Локотков М. Б., 1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

пленку. Исследования на бетонных и железобетонных моделях квадратного и швеллерного сечений показали стабильную запись основных параметров при применении этих приборов в составе дистанционной автоматической записи (рис. 2). Разрушение образца на нисходящей ветви диаграммы в такой установке с погружением динамометрических стоек происходило с развитием пластических деформаций и постепенным плавным раскрытием трещин, подобным фактическому в натурных условиях аварийного разрушения сжатого элемента при сейсмическом воздействии или ураганном ветре.

Измерительный комплекс в настоящее время совершенствуется путем агрегатирования серийно выпускаемых цифровых электронно-измерительных приборов с блоками точной автоматики, широко применяемых в специализированных вузах и на предприятиях.

Автоматизацию экспериментальных исследований железобетонных конструкций в МИСИ при сотрудничестве с МЭИ выполняли путем создания измерительно-вычислительного комплекса. При его формировании использовали современные измерительные и сервисные приборы серийного производства: тензометрическую систему СИИТ-3, систему для измерения перемещений «19005», графопостроитель ЭНДИМ-620.02. Основой комплекса стала вычислительная система МЕРА-КАМАК-1300, включающая в себя мини-ЭВМ типа СМ и КАМАК — средство сопряжения ЭВМ с измерительной и сервисной аппаратурой [4, 5].

Применение измерительно-вычислительного комплекса для статических испытаний железобетонных конструкций позволяет: испытывать конструкции в системе реального времени, т. е. задавать и строго выдерживать интервалы приложения нагрузок, продолжительность их действия и, что самое главное, практически одновременно снимать показания всех измерительных приборов; оперативно определять текущее напряженно-деформированное состояние испытуемых конструкций, что позволит корректировать программу эксперимента и эффективнее использовать каждое испытание железобетонных конструкций; создать банк данных, включающий сведения обо всех проведенных испытаниях; наличие которого позволит отказаться от повторных исследований, проводить оперативную обработку и анализ результатов испытаний.

Однако внедрение измерительно-вычислительного комплекса для статических испытаний конструкций затруднено значительными габаритами, соответственно большой массой и невозможностью оперативно располагать комплекс непосредственно у места проведения испытаний.

Совместными усилиями МИСИ, МЭИ и НИИЖБа было создано персональное автоматизированное рабочее место исследователя железобетонных конструкций (ПАРМ ЖБК). Его основой является персональная ЭВМ типа IBM PC. Средством сопряжения измерительных приборов и персонального компьютера выступает КАМАК — современный стандартный приборный интерфейс, построенный на основе магистрально-модульного принципа, реализуемого через законченные функциональные модули различного назначения (модуль цифрового ввода-вывода, модуль аналогового ввода-вывода). Совокупность выпускаемых промышленностью функциональных модулей охватывает все возможные варианты сопряжения измерительных приборов. Магистральный принцип предполагает наличие магистрали, к которой подключены отдельные функциональные модули. Магистраль приборного интерфейса не зависит от типа ЭВМ и через соответствующий контроллер может быть подключена к ЭВМ различного типа.

При проведении испытаний железобетонных конструкций с использованием ПАРМ ЖБК можно использовать тензорезисторы, датчики перемещений, давлений акустической эмиссии. Перечисленные датчики присоединяются к измерительным приборам (тензометрической системе СИИТ-3, измерительной системе 19005, прибору акустической эмиссии АФ-15). Съем показаний измерительных приборов, а также управление ими осуществляется с помощью программ.

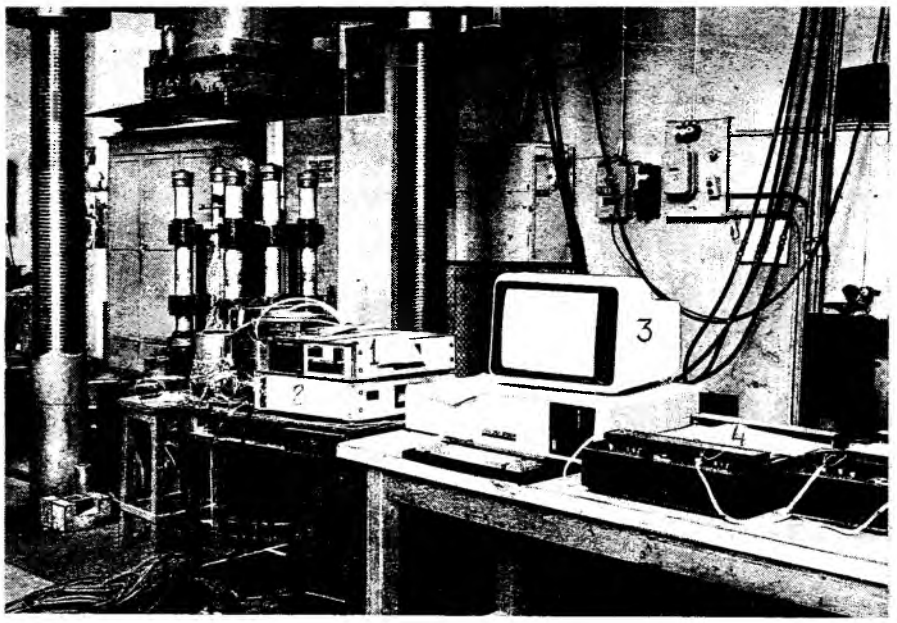
Программное обеспечение ПАРМ ЖБК включает в себя: системное программное обеспечение — программное обеспечение персонального компьютера и прикладное программное обеспечение — набор программ, обеспечивающий функционирование ПАРМ ЖБК.

Программы организации сбора данных от измерительных приборов можно включать в программу обслуживания по мере участия конкретного измерительного прибора в эксперименте.

Программы первичной обработки

Рис. 2. Силовая установка с динамометрическими стойками в составе пресса, оснащенная комплексом автоматизированных приборов с персональным компьютером и программой для ЭВМ

1 — прибор ВРМ для съема данных с магнитоэлектрических датчиков напряжений; *2* — СИИТ для подключения тензорезисторов с записью данных на перфоленту; *3* — компьютер с программным управлением и печатающей приставкой; *4* — двухкоординатники, автоматически записывающие с датчиков перемещений полные диаграммы деформирования; *5* — цилиндрический динамометр с тензорезисторами



Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

предназначены для математической обработки и анализа эксперимента. С их помощью анализируется и оценивается информация, поступающая от измерительных приборов. Производятся подбор эмпирических формул и оценка их параметров; оценка истинных значений измеряемых величин и точности измерения, исследование корреляционных зависимостей и др.

Набор программ вывода информации об эксперименте позволяет пользователю различными способами представить результаты исследований. Прикладное программное обеспечение включает в себя программы тестирования функциональных модулей и контроллера приборного интерфейса, а также программы поверки измерительных приборов ПАРМ ЖБК.

Вывод

Программное обеспечение ПАРМ ЖБК позволяет пользователю организовать любые автоматизированные испытания железобетонных конструкций. Аппаратные средства ПАРМ ЖБК включают необходимые для таких испытаний измерительные приборы.

К достоинствам ПАРМ ЖБК можно отнести простоту перестраиваемости и модернизации его аппаратных средств, при этом пользователь без особых затруднений может менять место расположения ПАРМ ЖБК.

Внедрение ПАРМ ЖБК позволит повысить эффективность и качество автоматизации экспериментальных исследований железобетонных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Совершенствование методов расчета статистически неопределимых железобетонных конструкций.— М., 1987.— 137 с.— (Тр. НИИЖБ).
2. Матков Н. Г., Баранов Д. С. Изучение предельного состояния железобетонных элементов на моделях с автоматической записи полной диаграммы сжатия // Тр. ВНИИС.— 1984.— Сер. 10.— Вып. 6.— С. 7.
3. Матков Н. Г., Саммал О. Ю., Жук В. М. Опытное определение напряжений в бетонных призмах и построение фактических диаграмм сжатия с нисходящим участком.— Таллинн: «Валкус», 1986.— С. 111—115.
4. Малахова А. Н., Локотков М. В. Измерительно-вычислительный комплекс для статических испытаний железобетонных конструкций: Уч. пос.— М.: МИСИ, 1991.— С. 52.
5. Малахова А. Н., Локотков М. Б. Исследование железобетонных конструкций с использованием измерительно-вычислительного комплекса // Сб. материалов конференций и совещаний по гидротехнике.— Л.: Энергоиздат, 1991.— С. 111.

УДК 691.328:620.197.5

Т. Г. КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Электрохимическая защита железобетона

В мировой практике достаточно широко используется катодная и протекторная защита подземных железобетонных трубопроводов и резервуаров, плит покрытий автодорожных мостов, морских газонефтепромысловых платформ, морских гидротехнических сооружений. Опыт нашей страны в этом плане скромнее. В Советском Союзе осуществлена катодная защита железобетонных конструкций наплавного блока приливной электростанции в Кислой Губе [1], выполненная Бакинским институтом Гипроморнефть. Эксплуатация приливной станции ведется с 1968 г. Этим же институтом осуществлена протекторная защита опытного участка морской эстакады вблизи Баку [2]. Академией коммунального хозяйства [3], ПТБ Водстройиндустрия, объединением СоюзводоканалНИИпроект и некоторыми другими выполнена и выполняется катодная и протекторная защита отдельных участков подземных железобетонных трубопроводов небольшой протяженности.

Антикоррозионная защита железобетонных конструкций в агрессивных средах достигается определенными требованиями к толщине и плотности защитного слоя бетона, допустимой ширине раскрытия трещин (первичная защита), а также полимерными покрытиями и пропитками поверхности бетона (вторичная защита). Электрохимическая защита от коррозии стальной арматуры конструкций применяется при воздействии внешних агрессивных сред (наиболее часто хлоридсодержащих) в качестве основного метода обеспечения сохранности арматуры или в дополнение к первичной и вторичной защите для повышения их надежности. Возможное в этом случае послабление требований к мерам первичной защиты позволит уменьшить толщину слоя бетона, увеличить ширину раскрытия трещин и т. п., т. е. проектировать более легкие конструкции.

Основные принципы электрохимической защиты стальной арматуры железобетонных конструкций те же, что и металлических. Некоторые отличия определяются специфическими свойствами бетона как коррозионной среды, особенностями армирования конструкций, а также необходимостью комплексного рассмотрения процессов, происходящих под действием электрического тока на поверхности стальной арматуры и в приарматурном слое бетона для обеспечения, с одной стороны, защищенности арматуры, и предупреждения, с другой стороны, деструкции бетона и других нежелательных явлений.

При осуществлении электрохимической защиты большинство исследователей принимает защитные потенциалы в пределах интервала, рекомендуемого для стальных сооружений с защитными полимерными покрытиями в грунтах и нейтральных электролитах, —0,55... —0,8 В (НВЭ). Это вполне оправданно. Во-первых, при потенциале — 0,55 В обеспечивается достаточно высокий защитный эффект около 90 %, во-вторых, потенциал полной защиты укладывается в указанный интервал и составляет около — 0,8 В, хотя с учетом высокой щелочности поровой жидкости бетона (pH= =12...12,5), близкой по составу к насыщенному раствору $Ca(OH)_2$, он несколько отрицательнее, чем в грунтах и нейтральных электролитах. И наконец, как и для стали с полимерными покрытиями, требуется исключить реакцию выделения водорода.

В приарматурном слое бетона под влиянием катодного тока про-

© Кравченко Т. Г., 1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

исходят структурообразующие процессы, связанные с кристаллизацией гидратных соединений цементного камня, в первую очередь гидроксида кальция, и деструктивные процессы, связанные с растворением алюминатов и силикатов клинкерных реликтов цементного камня [4], а также с газовыделением.

Структурообразующие процессы, причиной которых является миграция ионов кальция к катоду и подщелачивание поровой жидкости бетона под действием электрохимических реакций на поверхности стали, уплотняют бетон, повышают его прочность и приводят к тем же результатам, что образование катодных осадков, например, на стальных гидротехнических сооружениях. Это положительно влияет и на параметры электрохимической защиты, и на свойства бетона. Деструктивные процессы начинают развиваться одновременно с реакцией выделения водорода, сопровождающейся резким подщелачиванием поровой жидкости и накоплением у поверхности стали ионов натрия и калия. Существенное преобладание деструктивных процессов над структурообразующими наблюдается при плотностях тока более 1 А/м^2. Результатом деструктивных процессов являются увеличение пористости, уменьшение прочности бетона, силы сцепления его с арматурой; интенсивное газовыделение сопровождается образованием микротрещин в бетоне.

Для армирования железобетонных конструкций применяют проволочную и стержневую арматуру из углеродистой и низколегированных сталей различных классов прочности, в том числе высокопрочные (до 1900 МПа), склонные к коррозионному растрескиванию и водородному охрупчиванию. Выделение водорода в условиях катодной поляризации для них очень опасно. Например, сокращение времени до разрушения нагруженных образцов термоупрочненной стали класса 35ГС наблюдалось при выделении водорода даже при относительно кратковременных испытаниях длительностью до 500 ч [5].

Во избежание деструкции бетона и особенно водородного охрупчивания высокопрочных сталей при электрохимической защите железобетонных конструкций максимальный защитный потенциал следует строго ограничивать.

Защитные плотности тока при электрохимической защите железобетонных конструкций, как правило, ниже, чем металлических сооружений в грунтах и нейтральных электролитах, что связано со значительным диффузионным сопротивлением бетона для проникания кислорода. Эффективный коэффициент диффузии кислорода в плотных водонасыщенных бетонах равен $10^{-7}...10^{-8}$ см^2/с [6], при этом диффузионное сопротивление оказывает весь защитный слой бетона толщиной 15...20 мм и более. При неполном увлажнении бетона защитная плотность тока (с учетом поправки на площадь соприкосновения стальной арматуры с поровой жидкостью) приближается к значениям, характерным для грунтовых условий. В зависимости от качества бетона, степени его увлажнения, категории конструкций по трещиностойкости, длительности поляризации и других факторов защитная плотность тока изменяется от 0,1 до 50 мА/м^2. Для плотных бетонов характерны наиболее значительное уменьшение плотности защитного тока во времени (на 1...2 порядка), а также длительное последействие катодной защиты.

Специфика армирования железобетонных конструкций требует выполнения при электрохимической защите специальных конструктивных мер. Определенные трудности возникают в связи с отсутствием металлического соединения между отдельными элементами арматурного каркаса, большой разницей в продольной электропроводности различных элементов, а также недостаточной естественной электропроводностью некоторых элементов для выполнения условия эквипотенциальности. В связи с этим при электрохимической защите железобетонных конструкций приходится предусматривать сварные соединения элементов арматурного каркаса, вводить специальный связующий каркас с низким электрическим сопротивлением из стальных полос, стержней и т. п. Очень наглядно это подтверждается конструкцией труб центробежного проката диаметром 2 м, выпускаемых по ТУ 33—22—86. Трубы длиной 5 м армируют продольными стержнями той же длины и спиральной проволокой общей протяженностью более 2 км. Для выполнения электрохимической защиты трубопровода из указанных труб в них необходимо предусматривать специальную стальную полосу, соединяющую витки спиральной арматуры. Обязательным является также создание непрерывной проводимости по всей длине сооружения с помощью металлических перемычек между отдельными конструкциями.

Осуществление электрохимической защиты на эксплуатирующихся железобетонных сооружениях, в которых не предусмотрены меры по созданию непрерывной металлической цепи, затруднительно, к тому же необходимо предварительное обследование для оценки степени сохранности арматурного каркаса.

В последние годы разработаны нормативные и рекомендательные документы, регламентирующие применение электрохимической защиты железобетонных конструкций, в том числе наиболее массовых сооружений — подземных напорных трубопроводов из железобетонных виброгидропрессованных труб и труб со стальным сердечником [6...9]. Есть основания полагать, что в ближайшие годы электрохимическую защиту железобетонных конструкций в нашей стране будут применять достаточно широко.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кислогубская приливная электростанция / Под ред. Л. Б. Бернштейна.— М.: Энергия, 1972.— 263 с.
2. Стрижевский И. В., Рейзин Б. Л., Иоффе Э. И. Коррозия и защита арматуры железобетонных трубопроводов.— М.: Стройиздат, 1972.— 96 с.
3. Заманов В. А., Самедова Ф. И. Катодная защита свай морских железобетонных эстакад // Тр. ин-та Гипроморнефть.— Баку, 1970.— С. 53—58.
4. Кравченко Т. Г., Ромашкова М. П. Катодная защита железобетона // Защита от коррозии подземных сооружений.— Тбилиси: Мецниереба, 1976.— С. 79—87.
5. Кравченко Т. Г., Хромилин Е. И. Катодная защита железобетонных конструкций с высокопрочной арматурой // Разработка мер защиты металлов от коррозии: Сб. секцион. докл. III Международ. конф. по проблеме СЭВ.— Варшава, 1980.— Вып. 5.— С. 243—246.
6. Jjorv O. E., Vennesland O. Cathodic protection of steel in offshore Concrete Platforms // Materials Performance.— 1980.— № 5.— Pp. 49—51.
7. Пособие по электрохимической защите от коррозии трубопроводов из железобетонных напорных труб со стальным сердечником (к СНиП 2.06.03—85).— Киев, 1987.— 44 с.
8. ВСН 41.88. Проектирование ледостойких стационарных платформ / Миннефтегазпром СССР.— М., 1988.— 137 с.
9. Рекомендации по электрохимической защите от почвенной коррозии железобетонных трубопроводов мелиоративных систем.— Киев, 1987.— 80 с.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УДК 624.012.45.003.13

В. И. АГАДЖАНОВ, д-р техн. наук (НИИЖБ)

Методика определения экономической эффективности обследования и усиления конструкций

Непрерывно возрастающие объемы технического перевооружения и реконструкции промышленных предприятий, интенсификация производства требуют наиболее рационального использования материальных и финансовых средств с обеспечением нормальной эксплуатации зданий и сооружений.

Последние составляют значительную часть основных фондов предприятий, должны обеспечивать размещение технологического оборудования и машин, нормальную жизнедеятельность людей в условиях производства и рассчитаны на длительные сроки эксплуатации.

В современных условиях развития предприятий первостепенными являются разработка и внедрение эффективных способов повышения несущей способности и долговечности строительных конструкций, которые во многих случаях выполнены из железобетона.

Разработанная в НИИЖБе методика позволяет обосновать выбор наиболее эффективного варианта усиления конструкций с учетом стоимости обследования их технического состояния и реализации предлагаемых технических решений, а также возможных убытков предприятия, обусловленных простоями основного производства при проведении подготовительных и ремонтно-строительных работ.

При выборе наиболее эффективного решения по усилению железобетонных конструкций рассматриваются три основных случая обследования технического состояния конструкций: при техническом перевооружении производства, предусматривающем установку нового технологического оборудования, создающего дополнительную нагрузку на строительные конструкции; при реконструкции предприятия, в том числе освоении выпуска новой продукции; при необходимости проведения капитального ремонта производственных зданий и сооружений, в том числе возникновении опасности обрушения конструкций.

При экономических расчетах предполагается, что в результате реализации сравниваемых проектных решений усиления конструкций восстанавливается их проектная долговечность и надежность.

Экономическая эффективность вариантов обеспечения долговечности строительных конструкций при ремонте и усилении определяется сравнением совокупных капитальных вложений и эксплуатационных расходов по рассматриваемым вариантам, приведенных к годовой размерности с учетом фактора времени.

При расчете приведенных затрат для каждого варианта учитывают капитальные вложения в смежные отрасли, поставляющие материалы и изделия; затраты на проведение обследований технического состояния конструкций; затраты на усиление, капитальный ремонт или полную замену строительных конструкций с обеспечением их долговечности предусмотренными проектом защитными мероприятиями; убытки, связанные с остановкой основного производства в период подготовительных и ремонтно-строительных работ.

Предполагается, что техническое перевооружение, реконструкция предприятия или капитальный ремонт здания решены предварительно на базе оценки поставленных перед действующим (реконструируемым) предприятием производственных задач.

Перед обследованием технического состояния конструкций дается характеристика действующего производства и определяются возможные потери от временных простоев основного производства.

Потери из-за возможного простоя технологического оборудования и машин во время проведения капитального ремонта строительных конструкций проявляются в виде ущерба из-за неполного использования основных фондов и определяют по формуле

$$C_п = E_н K_{об} t_{п.об}, \qquad (1)$$

где $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности (0,15); $K_{об}$ — балансовая стоимость активной части простаивающих основных производственных фондов (технологического оборудования и машин); $t_{п.об}$ — время простоя технологического оборудования (принимается равным продолжительности ремонта, выраженной в долях года).

Для производственных цехов, выпускающих однородную продукцию, потери от простоя технологического оборудования и связанного с этим снижением объема выпускаемой продукции определяют по формуле

$$C_п = (Ц - С) В t_{п.об}, \qquad (2)$$

где Ц — оптовая цена единицы выпускаемой продукции; С — заводская себестоимость единицы продукции; В — годовой объем выпуска продукции.

В зависимости от продолжительности проведения обследования технического состояния конструкций и обеспечения их проектной долговечности и эксплуатационной надежности по каждому варианту учитывают связанные с остановкой производства (полной или частичной) убытки по формуле

$$З_{оп} = E_н K_{о.ф} t_{п.о.ф} \delta, \qquad (3)$$

где $E_н$ — норматив эффективности основных фондов; $K_{о.ф}$ — стоимость простаивающих основных производственных фондов; $t_{п.о.ф}$ — продолжительность периода, в течение которого прекращается (или сокращается) производство продукции при проведении об-

© Агаджанов В. И., 1991

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

следования технического состояния конструкций и обеспечения их долговечности; δ — относительная величина сокращения объема производства (при полной остановке оборудования и прекращения выпуска продукции $\delta=1$);

Определение затрат на проведение обследований технического состояния строительных конструкций производится по сумме соответствующего договора, заключенного действующим предприятием со специализированной организацией. Для предварительного определения затрат на обследование конструкций рекомендуется использовать калькуляции, составленные по действующим расценкам.

Полученные на предприятии или рассчитанные затраты на проведение обследований технического состояния конструкций $C_{обсл}$ приводятся к базе приведения умножением на соответствующий коэффициент $\alpha_t=(1+E)^t$, где E — норматив приведения разновременных затрат, равный 0,1.

В составе сметы необходимо учитывать также стоимость временных подмостей и вспомогательных устройств, используемых материалов, приборов и оснастки при проведении обследований.

Экономическая эффективность восстановления строительных конструкций определяется сопоставлением различных вариантов по суммарным затратам.

Суммарные затраты для каждого из рассматриваемых вариантов рассчитывают за весь срок от начала обследования до окончания ремонта здания или сооружения и возобновления его эксплуатации.

По каждому варианту ремонта здания приведенные по фактору времени затраты $З_р$ определяют по формуле

$$З_р=C_o\alpha_t+З_{дм}\alpha_t+З_м\alpha_t+C_п\alpha_t, \quad (4)$$

где C_o — затраты на проведение обследования конструкций, подлежащих ремонту; $З_{дм}$ — затраты на демонтаж (разборку) конструкций; $З_м$ — затраты на монтаж, ремонт (усиление) строительных конструкций; $C_п$ — потери из-за простоя основных производственных фондов предприятия в период проведения обследования и ремонта; α_t — коэффициенты приведения, определяемые с учетом соответствующих периодов осуществления разновременных затрат и потерь.

Затраты на демонтаж рассчитывают по формуле

$$З_{дм}=C_{дм}-C_м, \quad (5)$$

где $C_{дм}$ — стоимость демонтажа и расчистки строительной площадки; $C_м$ — стоимость металла, подлежащего возврату во Вторчермет.

Показатель $З_м$ представляет собой совокупность стоимости новых материалов и строительных конструкций «в деле» и удельные капитальные вложения в их производство

$$З_м=C_д+\sum_{1}^{n}E_нKP, \quad (6)$$

где $C_д$ — стоимость конструкций «в деле»; K — удельные капитальные вложения в производство строительных конструкций и материалов, используемых при ремонте; P — расход изделий или материалов, используемых при ремонте или усилении; n — количество материалов и изделий, отличающихся по виду или расходу в сравниваемых вариантах.

Для приведения разновременных затрат по формуле (4) к одному моменту времени используют коэффициент приведения α_t. При определении временнóго лага t и коэффициента приведения учитывают установленный проектом срок окончания ремонта здания (сооружения), который округляется с точностью до 1 мес.

Сравнительную экономическую эффективность на единицу измерения или на объект в целом определяют по разности приведенных затрат

$$Э=З_{р_1}-З_{р_2}, \quad (7)$$

где $З_{р_1}$ — приведенные затраты по варианту, принятому за аналог; $З_{р_2}$ — то же, по варианту предлагаемого решения.

Изложенную методику использовали при расчете экономической эффективности реализации рекомендаций, выданных заказчику по результатам обследования несущих строительных конструкций (колонн, перекрытий) производственного здания цеха по выпуску керамических изделий. Перед началом обследования заказчиком была выдана техническая документация по эксплуатируемому зданию, сведения об объемах выпускаемой продукции и экономических показателях ее реализации. Были определены годовые потери прибыли предприятия из-за остановок устаревшего технологического оборудования.

Экономический эффект определяли сравнением стоимости усиления конструкций с возможной прибылью, которую может получить предприятие от выпуска дополнительной продукции после технического перевооружения производства. Годовой экономический эффект от реализации выданных заказчику рекомендаций составил около 40 тыс. р.

В другом случае за основу расчета экономического эффекта было положено сравнение стоимости двух вариантов технического решения замены и усиления плит покрытий и стеновых панелей в формовочном цехе завода «Стройдеталь» с учетом сокращения времени простоя цеха в период проведения ремонтно-строительных работ.

Первоначальный вариант технического решения, разработанный заводом в связи с предписанием органов государственного надзора, заключался в демонтаже и замене значительной части конструкций с остановкой цеха в течение одного месяца. Предложенное в результате обследования техническое решение предусматривало усиление отдельных конструкций и устройство защитных лакокрасочных покрытий без остановки цеха.

Экономический эффект с учетом сокращения потерь от простоя производства составил более 60 тыс. р., или 19,5 р. на 1 м^2 производственной площади цеха.

На основе описанной методики в НИИЖБе разработаны «Рекомендации по определению экономической эффективности обследования и усиления железобетонных конструкций на действующих предприятиях», которые реализуются по договорным ценам с оказанием методической помощи при их использовании.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

Рефераты статей, опубликованных в номере

УДК 691.328.001
Иванов Ф. М. **Железобетон и окружающая среда**//Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 2—3.
Рассматриваются проблемы взаимосвязи технологии бетона и применения железобетонных конструкций с задачами охраны окружающей среды. При этом учитываются воздействия окружающей среды на сооружения и свойства железобетона как основного материала для конструкций, защищающих внешнюю среду от загрязнения.— Библиогр.: 5 назв.

УДК 691.327.3
Путляев И. Е., Курбатова И. И., Желвакова Н. С. **Оптимизация свойств легкого бетона аминосодержащими полимерными добавками** // Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 4—6.
Воздействием комплексной аминосодержащей добавки модифицирована структура матрицы бетона. Раскрыт механизм действия добавки. Показана взаимосвязь между модификацией структуры и изменением свойств бетона.— Ил. 2, табл. 1.— Библиогр.: 4 назв.

УДК 691.327:539.3/.4
Семенов П. П. **Оценка прочности и деформативности бетонов различных видов** // Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 6—7.
Изложены результаты экспериментальных исследований изгибаемых и сжатых с различными эксцентриситетами образцов из бетонов различных видов. Рекомендуется методика получения параметров оценки их прочности и деформативности. Приведена формула для определения предельных деформаций крайнего сжатого волокна сечения, удовлетворяющая опытным данным и граничному случаю идеального упругого материала.— Ил. 1, табл. 1.— Библиогр.: 1 назв.

УДК 69.059.22:551.524.37
Беньков В. Н., Сергеева Е. С. **Влияние температуры и времени на напряжения в замороженном бетоне при термоциклировании** // Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 7—9.
Приведены экспериментальные данные по снижению прочности на растяжение бетона после многократного замораживания — оттаивания при температурах —10 и —20 °С и длительности цикла замораживания 8 и 40 ч. Даны расчетные значения напряжений, обусловливающих эти разрушения.— Ил. 2, табл. 2.— Библиогр.: 4 назв.

УДК 666.972.017:539.4
Митрофанов В. П., Довженко О. А. **Развитие деформационной анизотропии бетона при осевом сжатии** // Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 9—11.
Предложена и опробована в условиях осевого сжатия методика экспериментального исследования параметров жесткости бетона как ортотропно-деформирующегося материала. Получены модули деформации и коэффициенты поперечных деформаций, позволяющие уточнить анизотропную моделлб деформирования бетона.— Ил. 5.— Библиогр.: 5 назв.

УДК 624.012.454
Кархут И. И., Гавриляк А. И., Лучко И. И. **Сталебетонные элементы с рифленой арматурой** // Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 12—14.
Приведены результаты исследований сцепления арматуры с бетоном при различных видах напряженного состояния и разных температурных режимах. Содержатся предложения по обеспечению надежного сцепления листовой арматуры периодического профиля с бетоном при различных видах напряженного состояния.— Ил. 2, табл. 1.— Библиогр.: 2 назв.

УДК 624.073.3.046.5
В. А. Клевцов, М. Г. Коревицкая, Р. П. Баронас, А. П. Ревентас. **Жесткость диска покрытия при натурных испытаниях производственного здания** // Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 14—16.
На основе анализа натурных испытаний каркаса здания выявлены закономерности работы диска покрытия. Установлено, что в уровне верха колонн диск можно рассматривать как бесконечно жесткий, в уровне же плит он обладает податливостью.— Ил. 4.— Библиогр.: 4 назв.

УДК 624.012.45.046.5
Бочаров Н. А., Гусев Б. В. **Надежность технологической системы производства железобетонных изделий** // Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 17—18.
Приведены основные результаты статистического исследования надежности действующей технологической системы с конвейерной линией по производству панелей. Предложено производительность линии определять по известным расчетным формулам с введением коэффициента фактической надежности.— Табл. 1.— Библиогр.: 1 назв.

УДК 69.024.26
Мотин А. В., Игошин Г. И. **Технологическая линия по производству тонкостенных преднапряженных изделий** // Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 18—20.
Рассмотрен рабочий проект линии с необходимым оборудованием и оснасткой для производства тонкостенных преднапряженных изделий. Стендовая технология производства позволяет применить безопалубочный метод производства с высокомеханизированным комплексом оборудования.— Ил. 1, табл. 1.— Библиогр.: 1 назв.

УДК 666.972.167
Крылов Б. А., Дедюхов А. А. **Натурные исследования твердения бетона сваи в зимнее время**//Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 22—24.
Изложены результаты натурных исследований твердения бетона в условиях контакта с сезонно-мерзлым грунтом. Установлено, что наибольшее влияние на этот процесс оказывает расслоение бетонной смеси в начальный период твердения и охлаждающее воздействие грунта. Показано, что влияние этих факторов на твердеющий бетон конструкции приводит к недобору прочности в бетоне верхней части сваи, особенно в контактной с грунтом зоне, а также обусловливает протекание деструктивных процессов по сечению и высоте конструкций.— Ил. 4, табл. 1.

УДК 624.012.45:65.011.56
Малахова А. Н., Матков Н. Г., Локотков М. Б. **Автоматизация экспериментальных исследований железобетонных конструкций** // Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 25—26.
Изложена методика автоматизированного экспериментального исследования ПАРМ ЖБК и обработка данных для железобетонных конструкций с применением вычислительной техники и комплекса электронного оборудования. Предложены алгоритмы и программы для ЭВМ. Приведено конкретное автоматизированное испытание в установке с приборами для внецентренного сжатого элемента в составе пресса для снятия полной диаграммы сжатия элементов.— Ил. 2.— Библиогр.: 5 назв.

УДК 691.328:620.197.5
Кравченко Т. Г. **Электрохимическая защита железобетона**// Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— С. 27—28.
Рассмотрены особенности электрохимической защиты железобетонных конструкций, определяемых свойствами бетона, спецификой армирования, необходимостью комплексного изучения процессов, происходящих на поверхности стальной арматуры и в приарматурном слое бетона. Приведены примеры электрохимической защиты различных сооружений. Указаны действующие нормативные и рекомендательные документы.— Библиогр.: 9 назв.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

CONTENU

Ivanov Ph. M. Le béton armé et l'environnement
Poutlajev I. E., Kourbatova I. I., Zhelvakova N. S. L'optimisation des propriétés du béton leger par des adjuvants-polymers contenant amine
Semeunov P. P. L'évaluation de la résistance et de déformabilité des bétons des types différents
Benkov V. N., Sergheeva E. S. L'influence de la température et du temps sur les contraintes dans le béton congélé sous les cycles thermiques
Mitrophanov V. P., Dovzhenko O. A. Le developpement de l'anisotropie du béton sous la compression axiale
Klevtsov V. A., Korevitskaja M. G., Baronas R. P., Reventas A. P. La rigidité du disque de recouvrement pendant les essais en nature du bâtiment industriel
Karkhout I. I., Gavrilak A. I., Loutchko I. I. Les éléments en acier-béton avec des armatures nervurées
Botcharov N. A., Goussev B. V. La fiabilité du système technologique de la production des pièces en béton armé
Motine A. V., Igoshine G. I. La ligne technologique pour la production des pièces précontraintes à murs minces
Lorman A. T. L'installation pour le moulage des blocs volumétriques pour les puits d'ascenseurs
Krylov B. A., Dedukhov A. A. Les recherches en nature du durcissement du béton de pilot en hiver
Malakhova A. N., Matkov N. G., Lokotkov M. B. L'automation des essais expérimentaux des structures en béton armé
Kravtchenko T. G. La protection électro-chimique du béton armé
Agadzhanov V. I. La méthodologie de détermination de l'efficacité économique des études et du renforcement des structures

CONTENTS

Ivanov Ph. M. Reinforced concrete and environment
Putlajev I. E., Kurbatova I. I., Zhelvakova N. S. Optimization of properties of lightweight concrete by polymer admixtures containing amine
Semeunov P. P. Evaluation of strength and deformability of concretes of different types
Benkov V. N., Sergeeva E. S. Influence of temperature and time on stresses in congealed concrete under thermal cycling
Mitrophanov V. P., Dovzhenko O. A. Development of deformation anisotropy of concrete under axial compression
Klevtsov V. A., Korevitskaja M. G., Baronas R. P., Reventas A. P. Rigidity of disc of covering under testings in nature of industrial building
Karkhut I. I., Gavrilak A. I., Lutchko I. I. Steel-concrete elements with grooved reinforcement
Botcharov N. A., Gusev B. V. Safety of technological system of production of reinforced concrete articles
Motin A. V., Igoshin G. I. Technological line for production of thin-walled prestressed articles
Lorman A. T. Installation for moulding of volumetrical blocks of lift shaft
Krylov B. A., Dedukhov A. A. The investigations in nature of hardening of concrete of pile in winter
Malakhova A. N., Matkov N. G., Lokotkov M. B. Automation of experimental investigations of reinforced concrete structures
Kravtchenko T. G. Electro-chemical protection of reinforced concrete
Agadzhanov V. I. Methods of determination of economical efficiency of investigation and reinforcement of structures

Редакционная коллегия: В. И. Агаджанов, Ю. М. Баженов, В. Г. Батраков, Н. Л. Биевец, В. М. Бондаренко, А. И. Буракас, В. В. Гранев, П. А. Демянюк, В. Г. Довжик, Ф. А. Иссерс, Б. И. Кормилицын, Р. Л. Маилян, К. В. Михайлов, Т. М. Пецольд, В. А. Рахманов, И. Ф. Руденко, Р. Л. Серых, В. М. Силин, В. М. Скубко, Ю. Г. Хаютин, А. А. Шлыков (зам. главного редактора), **Е. Н. Щербаков**

Технический редактор *Е. Л. Сангурова* Корректор *Н. А. Шатерникова*

Сдано в набор 07.08.91. Подписано в печать 13.09.91. Формат 60×88 1/8 Печать офсетная.
Бумага книжно-журнальная. Усл. печ. л. 3,92. Усл. кр.-отт. 4,92.
Уч.-изд. л. 5,52 Тираж 1019 Заказ 6228. Цена для индивидуальных подписчиков 80 к., цена для организаций — 1 р. 40 к.

Адрес редакции:
Москва, Георгиевский пер., 1, строение 5, 3-й этаж
Почтовый адрес редакции (экспедиция): 101442, Москва, ГСП, Каляевская, 23а
Тел. 292-41-34, 292-62-05

Набрано на ордена Трудового Красного Знамени Чеховском полиграфическом комбинате Государственной ассоциации предприятий, объединений и организаций полиграфической промышленности «АСПОЛ»
142300, г. Чехов, Московской области.
Отпечатано в Подольском филиале ПО «Периодика»
142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

УСТАНОВКА ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ПРОПИТКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В СЛОЖНЫХ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Установка предназначена для низкотемпературной пропитки бетонов, обладающих равновесной влажностью, различными полимерными материалами с целью повышения коррозионной стойкости и долговечности железобетонных подземных конструкций и сооружений, предназначенных для эксплуатации в сильноагрессивных природных и технологенных грунтовых средах.

Экономические показатели на 1 м² поверхности по сравнению с эпоксидным покрытием:

- снижение трудозатрат . . . . . в 6...7 раз
- стоимость . . . . . 3 р.

Разработчики: НИИЖБ Госстроя СССР *(109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6, тел. 174-86-62)* — технология пропитки бетона и железобетона, пропиточные композиции;
трест «Тенгизинтернефтегазстрой» *(466030, Казахстан, Гурьевская обл., п. Кульсары)* — промышленная установка для пропитки, массовое изготовление коррозионностойких пропитанных свай.

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

«РАПИД»

предлагает специалистам

РЕКОМЕНДАЦИИ	по прогнозированию активности цемента, прочности цементного раствора и бетона методом «Рапид»
РЕКОМЕНДАЦИИ	по определению нормальной густоты цементного теста методом «Рапид»
РЕКОМЕНДАЦИИ	по корректированию номинальных составов тяжелых бетонов с учетом активности цемента
РЕКОМЕНДАЦИИ	по корректированию номинальных режимов изготовления конструкций из тяжелых бетонов с учетом активности цемента
РЕКОМЕНДАЦИИ	по определению кондиции, эффективности, количества и характера действия добавок в бетон методом «Рапид»
РЕКОМЕНДАЦИИ	по определению количества шлака в цементе методом «Рапид»
РЕКОМЕНДАЦИИ	по идентификации дисперсных веществ методом «Рапид»

Адрес: 630008, Новосибирск, а/я 47
Телефон: (8-383-2) 66-16-64
Телетайп: 637036 СКРИП

Цена для индивидуальных подписчиков 80 коп. (индекс 70050)
Цена для предприятий и организаций 1 р. 40 к. (индекс 71125)

ISSN 0005—9889 Бетон и железобетон.— 1991.— № 10.— 1—32

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru