

1. Бабич С.В. Работа та несуча здатність стиснутих залізобетонних елементів із різним ексцентриситетами на кінцях: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Бабич Сергій Васильович. – Полтава, 1998. – 214 с. – Бібліогр. : С. 192-205.
2. Різак В.В. Работа та несуча здатність стиснуто-згннутих залізобетонних елементів за короткочасного навантаження: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Різак Василь Васильович. – Полтава, 2000. – 214 с. – Бібліогр. : С. 192-205.
3. Кочкар'єв Д.В. Работа та несуча здатність залізобетонних елементів за дії осевої стискуючої сили та згину в двох площинах: : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / Кочкар'єв Дмитро Вікторович. – Полтава, 2002. – 214 с. – Бібліогр. : С. 192-205.
4. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 79 с.
5. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – К.: Мін-во регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 166 с.
6. Бамбура А.М. До оцінки точності визначення несучої здатності гнучких позациентрово стиснутих стійок за деформаційним методом / Бамбура А.М., Гічко В.В. // Будівельні конструкції: Зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2012. – Вип.74. – С.10-19.
7. Барашиков А.Я. Спрощені розрахунки несучої здатності нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів за деформаційною моделлю / Барашиков А.Я., Задорожнікова І.В. // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі і споруди: Збірник наукових статей. – Рівне, 2005. – Вип. 12. – С. 109-115.
8. Павліков А.М. Закритична стадія стиснутих елементів в розрахунках їх міцності / А.М. Павліков // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць / Нац. ун-т водн. госп. та природокористув. – Рівне: НУВГта П, 2006. – Вип. 14. – С.261-268.
9. Дорофеев В.С., Барданов В.Ю. Расчёт изгибаемых элементов с учётом полной диаграммы деформирования бетона. Монография. – Одесса: ОГАСА, 2003. – 210 с.
10. Кочкар'єв Д.В. Теорія та практика розрахунку залізобетонних згинальних елементів за граничними станами першої та другої груп на основі загальної деформаційної моделі / Кочкар'єв Д.В., Бабич В.І. // Бетон и железобетон в Украине. – 2012. – №3. – С.7-13.
Отримано 27.12.2012

УДК 624.012.46

Ю.В.БОНДАРЕНКО, канд. техн. наук, М.М.МОЛЬСКИЙ, М.В.ЯКИМЕНКО,
канд. техн. наук

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДЕФОРМАТИВНО-ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА ПРИ МАЛЫХ ВЫБОРКАХ ОБРАЗЦОВ, ОТОБРАННЫХ ИЗ КОНСТРУКЦИЙ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Приводятся сравнительные данные определения деформативно-прочностных свойств бетона, полученные различными способами на образцах, извлеченных из эксплуатируемых железобетонных конструкций.

Наводяться порівняльні дані визначення деформативно-міцностних властивостей бетону, які визначені різними способами на зразках, які відібрані із залізобетонних конструкцій, що експлуатуються.

The article contains comparative data of the determination of deformability and strength characteristics of concrete obtained by different methods on the samples taken from the used armed concrete constructions.

Ключевые слова: бетон, испытание, прочность, сжатие, растяжение.

В процессе реконструкции различных строительных объектов, при которой предполагается увеличение временных нагрузок, для выполнения соответствующих поверочных расчетов требуется использование действительных деформативно-прочностных характеристик конструкционных материалов несущих элементов зданий. Указанное особенно важно для незаменимых конструкций. В этом случае их получают путем испытаний бетона различными неразрушающими методами и путем лабораторных испытаний образцов, извлеченных из конструкций [1,2]. Причем очевидно, что работы по извлечению образцов из тела бетона конструкций сравнительно трудоемки и дорогостоящи, что может являться причиной сокращения количества опытных образцов (малым выборкам).

В рассматриваемом случае исследовались прочностные и деформативные характеристики бетона железобетонных конструкций реконструируемого промышленного здания, возведенного около 20 лет назад из сборных несущих элементов, временные нагрузки на которые планируется увеличить. При этом выявленные в конструкциях дефекты в виде трещин в растянутых зонах нормальных сечений изгибаемых, внецентренно сжатых и растянутых бетонных и железобетонных элементов предполагается устранять методом инъектирования и склеивания полимерными материалами на основе эпоксидных смол –ЭДП и “Sikadur-52”.

Целью настоящего исследования было:

1. Определение прочностных и деформативных характеристик бетона на образцах, извлеченных из конструкций здания – прочности бетона на сжатие, прочности бетона на растяжение, начального модуля деформации бетона.
2. Оценка возможности использования полученных деформативно-прочностных характеристик бетона для поверочных расчетов при реконструкции здания.
3. Исследование эффективности применения полимерных клеевых составов для соединения бетонных элементов, а также инъектирования этих клеев в нормальные и наклонные трещины растянутых, внецентренно сжатых и изгибаемых элементов для восстановления целостности, а соответственно и долговечности бетона растянутых зон сечений конструкций.

Испытания проводились в “Испытательной лаборатории натуральных обследований” кафедры железобетонных и каменных конструкций

ХНУСА (св. об аттестации № 100-3424/2009) на стандартном оборудовании в соответствии с действующими в Украине нормативными документами [3,5-7]. При этом для анализа полученных данных использовались также нормативные документы зарубежных стран.

Форма и размеры образцов для исследований определялись в соответствии с нормативными документами [4] и возможностями оборудования для их извлечения из тела конструкций. Количество (выборка) образцов, извлеченных из конструкций была максимально возможной в конкретных условиях на реконструируемом объекте – в основном по 5 образцов в серии. Следует отметить, что оборудование для извлечения (вырезания) образцов из тела бетона не позволило получить образцы строго стандартных размеров. Поэтому все образцы для исследований подвергались дополнительной обработке (шлифовка, наращивание цементно-песчаной подливкой или эпоксидной композицией).

1. Испытание бетона на сжатие

Для установления прочностных характеристик бетона на сжатие испытывалась серия образцов – кубы размером 7,07 x 7,07 см.

В результате испытаний получена величина кубиковой прочности бетона, среднее численное значение которой, приведенное к стандартным образцам 15 x 15 см, составило $R_m = 54,2$ МПа ($f_{cm,cube}$) (здесь и далее обозначение в скобках по [7]).

2. Испытание бетона на растяжение

Ввиду невозможности извлечения из конструкций стандартных образцов, необходимых для установления прочности бетона на растяжение прямым путем – «восьмерок» величина R_{bt} (согласно ДСТУ Б В.2.7-214:2009) определяется косвенно – путем испытания образцов в виде кубов и цилиндров на раскалывание.

В настоящем исследовании R_{bt} определялось путем испытаний на раскалывание двух серий образцов: кубов размером 10 x 10 см (фактически 8,5 x 8,6 см) и цилиндров диаметром 75 мм, высотой $l = 75$ мм.

Кроме того, предложен и реализован способ определения R_{bt} путем непосредственных испытаний на растяжение призм, извлеченных из тела конструкций. Призмы сечением около 4 x 4 см длиной 8 см для достижения длины, необходимой для захвата образцов в испытательной машине, склеивались в торцах (по два исходных образца) клеем на основе эпоксидной смолы ЭДП.

Испытание на растяжение этой (третьей) серии образцов (рис. 1,2) на машине Р-3 показало, что разрушение их происходило по бетонному сечению (не в месте склеивания). Испытанные образцы были повторно склеены в местах разрыва клеем “Sikadur-52” и испытаны на растяже-

ние. Повторное разрушение произошло в новом бетонном сечении (не в местах склеивания).



Рис. 1 – Испытание склеенных по торцам бетонных призм на растяжение в лаборатории ХНУСА



Рис. 2 – Характер разрушения при растяжении склеенных бетонных призм (по бетонному сечению)

В результате испытаний получены значения прочности бетона на растяжение:

- при испытании на раскалывание:
 - по кубам – $R_{btm} = 4,625$ МПа (f_{ctm});
 - по цилиндрам – $R_{btm} = 3,261$ МПа (f_{ctm});
- при испытании составных призм на непосредственное растяжение –
 $R_{btm} = 3,441$ МПа (f_{ctm}).

При этом в результате испытаний на растяжение составных призм установлена высокая эффективность клеевых соединений – как на ЭДП, так и на “Sikadur-52” – прочность клеевого шва на отрыв превышает R_{btm} .

3. Определение начального модуля деформации бетона E_b

Установление значений модуля деформаций выполнялось путем анализа зависимости « $\sigma_b - \epsilon_b$ », построенной в процессе испытаний на

сжатие серии цилиндров диаметром 75 мм, высотой около 300 мм и зависимости « $\sigma_{bt} - \epsilon_{bt}$ », полученной в процессе испытаний на растяжение склеенных призм.

В результате испытаний установлено, что полученные значения начального модуля деформации бетона при сжатии (в пределах $\sigma_b/R_b=0,3-0,4$) $E_{bm} = 31758$ МПа (E_{cm}) и растяжении $E_{bt} = 28200$ МПа (E_{cm}) сопоставлены, что соответствует известному положению об однозначности этой величины для бетона при обоих напряженных состояниях (сжатие, растяжение). При этом подтверждена возможность установления E_b по испытаниям образцов на растяжение.

4. Определение прочности клеевых соединений бетона на отрыв и срез

Применяемый при реконструкции рассматриваемого здания способ восстановления целостности бетона, нарушенной образованием трещин в растянутой зоне изгибаемых и внецентренно сжатых элементов клеевыми инъекциями, вызвала необходимость в оценке прочности таких соединений на растяжение и срез.

С этой целью в лабораторных условиях были изготовлены две серии бетонных стандартных образцов в виде «восьмерок», которые после испытаний на растяжение до разрушения склеивались в местах разрыва клеем на основе ЭДП и клеем “Sikadur-52”, причем толщина клеевого шва варьировалась и составляла 1, и 2,5 мм.

В результате испытаний установлено, что образцы, восстановленные путем склеивания нормальных сечений, испытанные на осевое растяжение, разрушились по бетонному сечению независимо от типа клея и толщины слоя, что указывает на эффективность инъектирования указанными клеевыми составами трещин в растянутой зоне изгибаемых элементов.

Прочность клеевых швов на срез исследовалась путем испытания клеевых швов площадью 1610 мм². В результате испытаний установлено, что величина максимальных (разрушающих) касательных напряжений достигала $\tau_{max} = 7,2$ МПа и при прочности рассматриваемого бетона на срез $R_{sh} = 2 R_{btm} = 2 * 3,77 = 7,55$ МПа указывает на эффективность инъектирования указанными полимерными композициями трещин в железобетонных элементах, вызванных действием касательных напряжений. Здесь значение R_{btm} принято усредненным по данным всех испытаний.

5. Условный класс бетона B'

Известно, что основными характеристиками бетона для расчета несущей способности конструкций являются величины прочности на сжатие $R_b(f_{cd})$ и на растяжение R_{bt} . Их значения можно определить каждое в

отдельности – экспериментально или аналитически – как производные от класса бетона на сжатие «В».

Для бетона существующих конструкций определение действительных деформативно-прочностных характеристик в целом связано с т.н. условным классом бетона на сжатие «В'», значение которого существенно зависит от количества (выборки) образцов для испытаний конструкций

$$B' = \bar{R} - \beta\sigma, \quad (1)$$

где $\bar{R} = R_m$ – среднее значение прочности конкретных бетонных образцов (кубы 150 x 150 мм); σ – среднее квадратическое отношение (выборочный стандарт).

Значение коэффициента β (табл. 1), учитывающего объем испытаний и являющегося одновременно показателем надежности с обеспеченностью нормированной для классов бетона – 0,95, приведенное в [4], существенно повышается с уменьшением выборки (в рассматриваемом случае при $n = 5 - \beta = 2,44$, при определении «В» в СНиП 2.03.01-84* и [5] $\beta = 1,64$) и приводит к уменьшению величины условного класса бетона. Условный класс бетона в нашем случае В'40 (39,97 МПа).

Таблица 1

n	3	4	5	6	7	8	9	50 и более
β	2,58	2,50	2,44	2,39	2,28	2,16	2,04	1,94
Таблица заимствована из [8, стр. 23]								

В государственных строительных нормах Украины [5] п. 7.4.8 указывается, что «если несущая способность конструкции R_d или расчетное сопротивление материала f_d устанавливается по результатам испытаний, то их расчетные значения вычисляются по формуле»:

$$R_d = R_n^* - C_n S_n, \quad (2)$$

где $R_n^* = R_m$ – среднее значение прочности конкретных образцов; S_n – выборочный стандарт (среднеквадратическое отклонение); C_n – коэффициент, зависящий от числа экспериментов (табл. 2).

Таблица 2

n	5	6	7	8	9	10	15	20	25	50	100
C_n	4,21	3,71	3,40	3,19	3,03	2,91	2,57	2,40	2,29	2,06	1,93

Определенное таким образом значение расчетного сопротивления бетона по данным прочности кубов в настоящем исследовании ($n=5$)

$f_d = 31,97 \text{ МПа}$ и меньше в 1,25 раза чем В'40 (39,97 МПа). Зависимость (2) из [5] установлена для любых строительных конструкций и материалов. При этом, если понимать R_d и (f_d) как «расчетные» характеристики в общепринятом в строительных нормах значении, т.е. нормативные величины, уменьшенные делением на коэффициент надежности $\gamma_c = 1,3$ (при сжатии) [7], то в рассматриваемом случае указанное соотношение – 1,25, полученное экспериментально, сопоставимо с нормированным.

Проведенный комплекс исследований по определению деформативно-прочностных свойств бетона на образцах, извлеченных (вырезанных) из железобетонных конструкций реконструируемого промышленного здания при малых выборках ($n = 5$) и оценка возможности использования этих данных для расчета конструкций, а также эффективности применяемого метода восстановления целостности (а соответственно и долговечности) внецентренно сжатых и изгибаемых железобетонных элементов путем инъектирования полимерных клеев в трещины, позволяют сделать следующие выводы:

1. Экспериментально установлена возможность определения прочности на растяжение бетона, вырезанного из тела эксплуатируемых конструкций путем прямого испытания на растяжение склеенных призм. Численные данные прочности бетона на растяжение R_{br} , установленные таким способом, сопоставимы с данными испытаний образцов на раскалывание (по методу, рекомендованному в ДСТУ Б В.2.7-214:2009).

2. Подтверждена эффективность применения метода инъектирования полимерных композиций на основе смолы ЭДП и “Sikadur-52” для восстановления целостности и соответственно долговечности железобетонных элементов, имеющих дефекты в виде трещин, вызванных действием нормальных и касательных напряжений, а также разрушений в результате механических воздействий. Кроме того, способ склеивания бетонных элементов возможно и целесообразно использовать для изготовления опытных образцов необходимых размеров и форм из бетонных элементов, вырезанных из тела существующих (эксплуатируемых) конструкций при невозможности извлечения образцов стандартных размеров.

В целом, изложенный в п. 1 метод испытаний расширяет возможности определения деформативно-прочностных характеристик бетона, извлеченного из эксплуатируемых конструкций, и требует дальнейшего совершенствования.

3. Анализ значений деформативно-прочностных характеристик бетона, полученных на образцах, извлеченных из железобетонных конст-

рукций при малых выборках (количество испытуемых образцов в сериях $n \leq 5$) позволяет сделать следующие выводы:

3.1. Для выполнения расчетов конструкций реконструируемых объектов в целом требуется располагать действительным значением условного класса бетона B' , которое является основанием для установления всех необходимых расчетных характеристик бетона аналитически.

3.2. При малых выборках испытуемых образцов, извлеченных из конструкций, полученные численные значения B' , а соответственно и всех производных характеристик бетона занижаются и могут существенно отличаться от действительных.

3.3. Рекомендуется для получения достоверных данных о прочностных и деформативных характеристиках бетона, существующих конструкций устанавливать их значения комплексно: неразрушающими методами при максимально возможных выборках и на образцах, извлеченных из конструкций – как контрольных и уточняющих.

1.Скрамтаев Б.Г., Лешинский М.Ю. Испытания прочности бетона в образцах, изделиях и сооружениях. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1964. – 180 с.

2.Гроздов В.Т. Поверочные расчеты элементов строительных конструкций при техническом обследовании зданий и сооружений / СПб ВВВСУ. СПб., 1994 – 88 с.

3.ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками».

4.ДСТУ Б В.2.7-223:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій».

5.ДБН В.1.2-14-2009 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ».

6.Пособие П 1-98 к СНиП 2.03.01-84*. «Усиление железобетонных конструкций». Минск, 1998.

7.ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення». Київ, 2011.

8.Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам. – ЦНИИпромзданий. – М., 1989. – 112 с.

Получено 08.01.2013

УДК 624.012.46

С.В.БУТЕНКО, В.В.СИМЕЙКО, Л.А.ЧЕРКАЛИНА, кандидати техн. наук
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

СБОРНО-МОНОЛИТНОЕ ПЕРЕКРЫТИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕЛКОШТУЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РУЧНОГО ВЕСА

Предлагается перекрытие, состоящее из керамзитожелезобетонных прогонов, монолитной плиты, локально предварительно напряженных главных балок, пустотных блоков.

Пропонується перекриття, що складається з керамзитозалізобетонних прогонів, монолітної плити, локально попередньо напружених головних балок, пустотних блоків.