

УДК 693.5:624.078.43

Н.М. Золотова, к.т.н., доцент

А.О. Гарбуз, к.т.н., доцент

В.А. Скляр, к.т.н., доцент

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ВИДА НАГРУЖЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЯ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АКРИЛОВЫМИ КЛЕЯМИ

Приведены результаты экспериментальных исследований прочности соединения старого бетона с новым акриловыми клеями при различных видах нагружения, толщины клеевого слоя, а также процессы трещинообразования при нагружении.

Ключевые слова: бетон, акриловый клей, прочность соединения, трещинообразование, толщина клеевого слоя, возраст нового бетона.

УДК 693.5:624.078.43

Н.М. Золотова, к.т.н., доцент

А.О. Гарбуз, к.т.н., доцент

В.О. Скляр, к.т.н., доцент

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ТА ВИДУ НАВАНТАЖЕННЯ НА МІЦНІСТЬ З'ЄДНАННЯ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ АКРИЛОВИМИ КЛЕЯМИ

Наведено результати експериментальних досліджень міцності з'єднання старого бетону з новим акриловими клеями при різних видах навантаження, товщини клейового шару, а також процеси тріщиноутворення при навантаженні.

Ключові слова: бетон, акриловий клей, міцність з'єднання, товщина клейового шару, вік нового бетону.

UDC 693.5:624.078.43

N.M. Zolotova, PhD, Associate Professor

A.O. Garbuz, PhD, Associate Professor

V.A. Sklyarov, PhD, Associate Professor

Kharkiv National O.M. Beketov University of Urban Economy

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS AND THE TYPE OF LOADING ON CONNECTION DURABILITY OF CONCRETE ELEMENTS USING ACRYLIC GLUES

Results of experimental researches of durability of connection of old concrete with new acrylic glues at different types of loading, thickness of glue layer, and also the process of cracks formation at loading are presented in the article.

Keywords: concrete, acrylic glue, durability of connection, crack formation, thickness of glue layer, age of new concrete.

Введение. При строительстве, реконструкции и ремонте зданий и сооружений выполняются работы по соединению старого бетона с новым в процессе возведения монолитных массивных бетонных и железобетонных конструкций, восстановления и изменения их габаритов и конфигурации. С целью улучшения сцепления и увеличения прочности соединения старого бетона с новым в последнее время применяют различные полимерные клеи и композиции [1 – 3].

Соединение бетонов акриловыми клеями имеет ряд преимуществ перед использованием для этих целей других клеев. По адгезионным и когезионным свойствам они не уступают существующим (например, эпоксидным), но обладают лучшими технологическими свойствами и стоят дешевле указанных на 16 – 24% [4].

Постановка задачи. В Харьковском национальном университете городского хозяйства имени А.Н. Бекетова разработана технология соединения старого бетона с новым акриловыми клеями, которая представлена и подробно описана в работах [5 – 10].

Разработке этой технологии предшествовал комплекс экспериментальных исследований, который включал: изучение способов очистки поверхности старого бетона [8], а также механизированного способа нанесения акрилового клея на его подготовленную поверхность [9].

В связи с использованием указанной технологии в строительстве, были проведены экспериментальные исследования прочности соединения старого бетона с новым акриловыми клеями [11]. При этом устанавливалось влияние на прочность клеевых соединений некоторых технологических факторов, времени отверждения клеев и отрицательных температур при бетонировании.

Основной материал и результаты. При бетонировании массивных конструкций (например, фундаментов) зачастую имеют место технологические перерывы, и прочность старого бетона в этот период изменяется в довольно широких пределах. Поэтому были проведены эксперименты по определению влияния данного фактора на несущую способность клеевого стыка на акриловом клее. Испытания проводились при воздействии растягивающих усилий на образцы клеевых соединений.

Результаты испытаний на растяжение образцов клеевых соединений с поперечным сечением 70×70 мм в зависимости от возраста старого бетона класса С25/30 приведены в табл. 1.

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что максимальные растягивающие напряжения повышаются с увеличением возраста бетона. Равнопрочность клеевого стыка бетонных образцов достигается, начиная с 5-суточного возраста.

Влияние класса бетона на прочность клеевых стыков старого бетона с новым изучалось при действии на образцы клеевых соединений осевого растяжения и сдвига при сжатии. Образцы поперечным сечением 70×70 мм изготавливались из бетона классов С8/10, С16/20, С25/30. Испытания проводились через 28 суток его отверждения в нормальных условиях.

Таблица 1. Прочность клеевых соединений бетонов в зависимости от возраста нового бетона

Возраст нового бетона, сут.	Разброс временных сопротивлений, МПа	Среднее значение, МПа	Характер разрушения
0,20	0,70...0,95	0,82	по контакту «клей–бетон»
1,00	1,32...1,51	0,41	смешанное
5,00	1,70...1,90	1,79	по сечению бетона
28,00	2,34...2,55	2,43	то же

Результаты испытаний образцов клеевых соединений на осевое растяжение, сдвиг при сжатии и сдвиг приведены соответственно в табл. 2, 3 и 4.

Результаты испытаний на осевое растяжение (табл. 2) свидетельствуют о том, что во всех случаях разрушение образцов клеевых соединений происходило по сечению нового бетона.

Таблица 2. Прочность клеевых соединений бетонов при растяжении

Класс бетона		Разброс данных несущей способности на растяжение, МПа	Среднее значение, МПа	Характер разрушения соединений
проектный	фактический			
С8/10	С8/10	0,75...0,95	0,85	по новому бетону
С16/20	С16/20	1,65...1,80	1,73	по новому бетону
С25/30	С25/30	2,50...2,70	2,60	по новому бетону

Таблица 3. Прочность клеевых соединений бетонов при сдвиге со сжатием

Класс бетона		Разброс данных несущей способности на сдвиг при сжатии, МПа	Среднее значение, МПа	Характер разрушения соединений
проектный	фактический			
C8/10	C8/10	2,40...2,75	2,57	по новому бетону
C16/20	C16/20	6,60...6,90	6,79	по новому бетону
C25/30	C25/30	11,90...12,55	2,60	по новому бетону

Таблица 4. Прочность клеевых соединений бетонов при сдвиге

Класс бетона		Разброс данных несущей способности на сдвиг, МПа	Среднее значение, МПа	Характер разрушения соединений
проектный	фактический			
<i>Испытание образцов сечением 40×40 мм</i>				
C12/15	C11/14	6,7...7,5	7,1	по новому бетону
C16/20	C16/20	7,0...8,4	7,7	по новому бетону
C40/50	C41/51	8,8...9,6	9,2	по новому бетону
<i>Испытание образцов сечением 70×70 мм</i>				
C12/15	C11/14	2,9...3,62	3,26	по новому бетону
C16/20	C16/20	3,23...4,97	4,1	по новому бетону
C40/50	C41/51	4,91...5,97	5,44	по новому бетону

Разрушение образцов при испытании на сдвиг при сжатии (табл. 3) происходит также по сечению нового бетона. При этом вначале от опорных плоскостей образовывались осевые трещины, после чего новый бетон разрушался.

Результаты испытаний на сдвиг (табл. 4) показали, что во всех случаях разрушение образцов клеевых соединений также происходило по сечению нового бетона.

Для определения рационального расхода акрилового клея необходимо было выяснить зависимость несущей способности клеевого соединения от толщины клеевой прослойки. Испытания проводились при осевом растяжении и сдвиге. Толщина клеевой прослойки составляла 3, 4, 5, 8, 10 и 16 мм, поперечное сечение бетонных образцов 40×40 мм и 70×70 мм. Результаты испытаний образцов соединений бетона класса С16/20 акриловыми клеями на растяжение и сдвиг в зависимости от толщины клеевой прослойки приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 5. Прочность соединений бетонов при различной толщине клеевого слоя (растяжение)

Толщина клеевой прослойки, мм	Разброс максимальных напряжений при растяжении, МПа	Среднее значение, МПа	Характер разрушения соединений
3	10,3...11,0	10,6	по новому бетону
5	9,8...11,0	10,4	по новому бетону
10	9,8...10,5	9,9	по новому бетону

Как показали эксперименты, в исследованных пределах толщина клеевой прослойки существенно не влияет на прочность соединения, поскольку во всех исследуемых образцах разрушение происходит по сечению нового бетона.

Таблица 6. Прочность соединений бетонов при различной толщине клеевого слоя (сдвиг)

Толщина клеевой прослойки, мм	Разброс максимальных напряжений на сдвиг, МПа	Среднее значение, МПа	Характер разрушения соединений
<i>Испытание образцов сечением 40×40 мм</i>			
4	7,0...8,4	7,7	по новому бетону
8	7,5...8,7	8,1	по новому бетону
16	7,9...9,1	8,5	по новому бетону
<i>Испытание образцов сечением 70×70 мм</i>			
4	3,23...4,97	4,1	по новому бетону
8	4,8...5,6	5,2	по новому бетону
16	5,7...7,1	6,4	по новому бетону

При испытании образцов клеевых соединений на сдвиг проводились исследования процессов трещинообразования с использованием ультразвукового импульсного метода [12] на двух партиях образцов: первая – в виде призм с поперечным сечением 40×40 мм; вторая – в виде призм с поперечным сечением 70×70 мм, склеенных между собой акриловым клеем (рис. 1). Устанавливалось влияние на процесс трещинообразования прочности бетона и толщины клеевого слоя.

Ультразвуковые преобразователи располагались на противоположных гранях образцов. На заранее определенных уровнях нагрузки фиксировались параметры информационного ультразвукового сигнала, по которым построены графики, изображенные на рис. 2.

По длительности первого полупериода $\Delta\tau$, амплитуде A и времени распространения ультразвуковых колебаний τ можно проследить процесс трещинообразования.

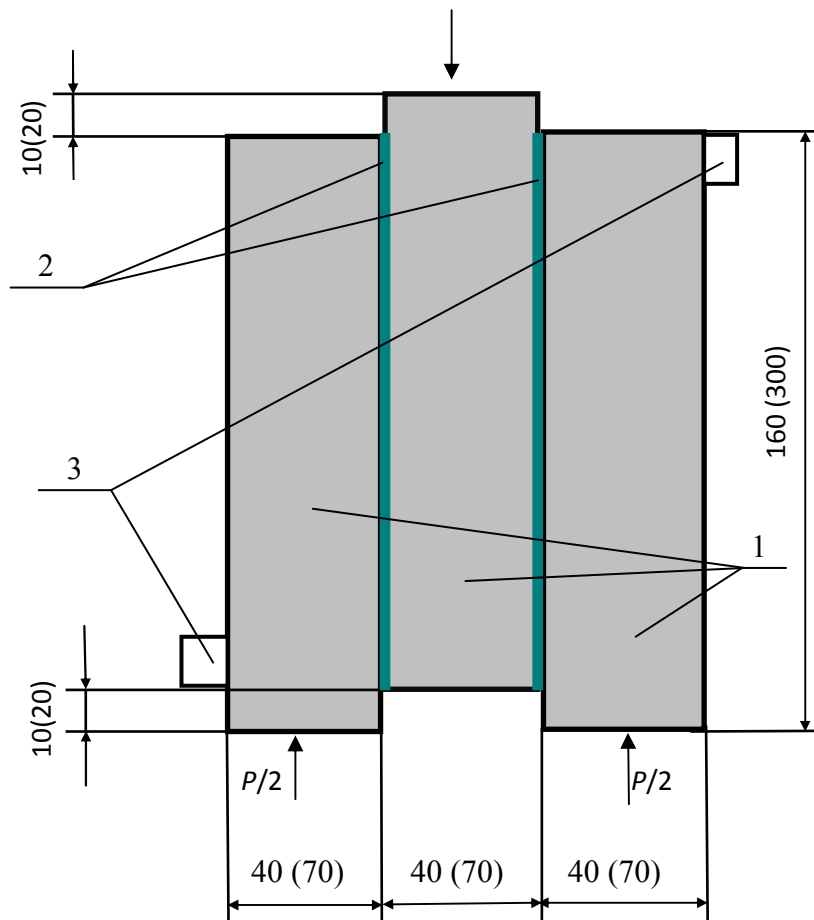


Рис. 1. Схема испытания образцов клеевых соединений на сдвиг:
1 – бетонные образцы; 2 – клеевой шов;
3 – ультразвуковые преобразователи

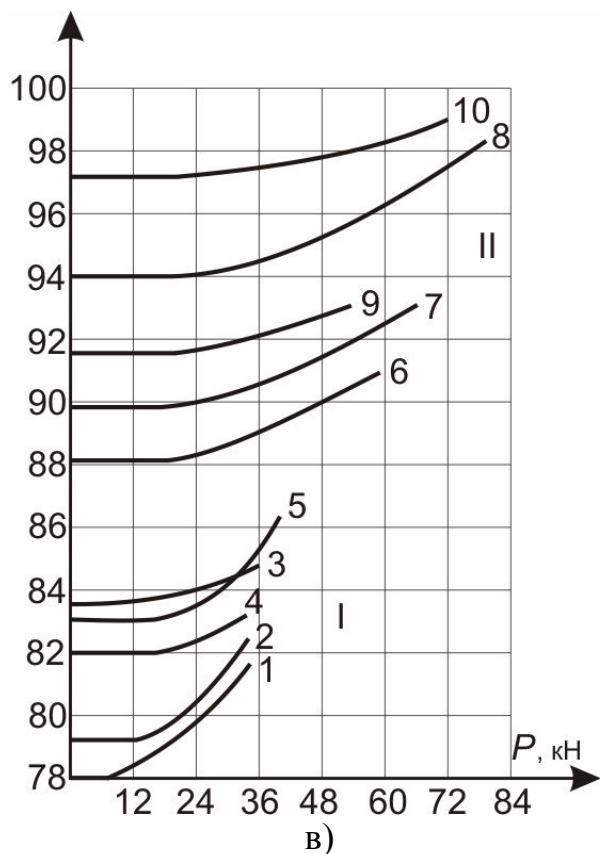
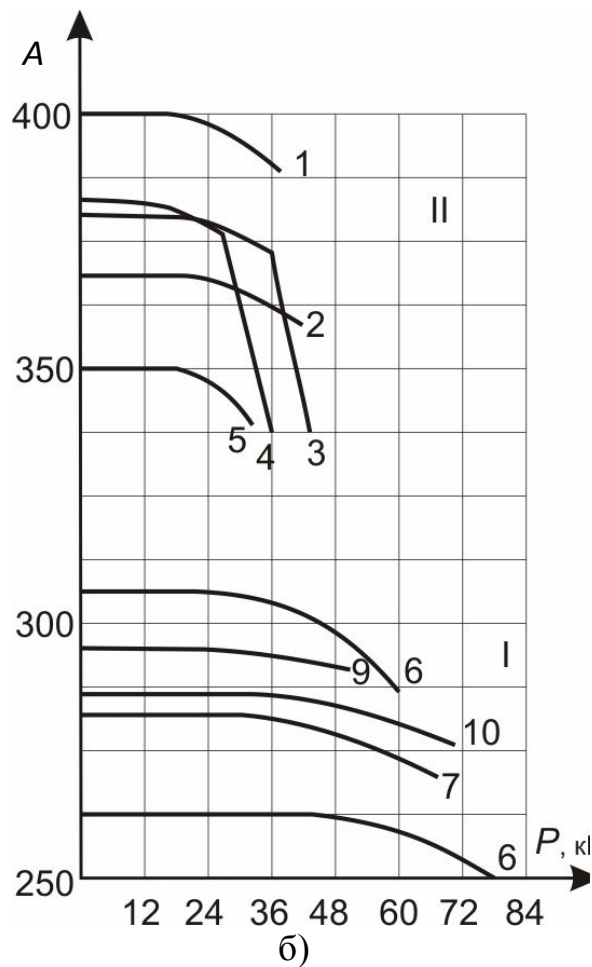
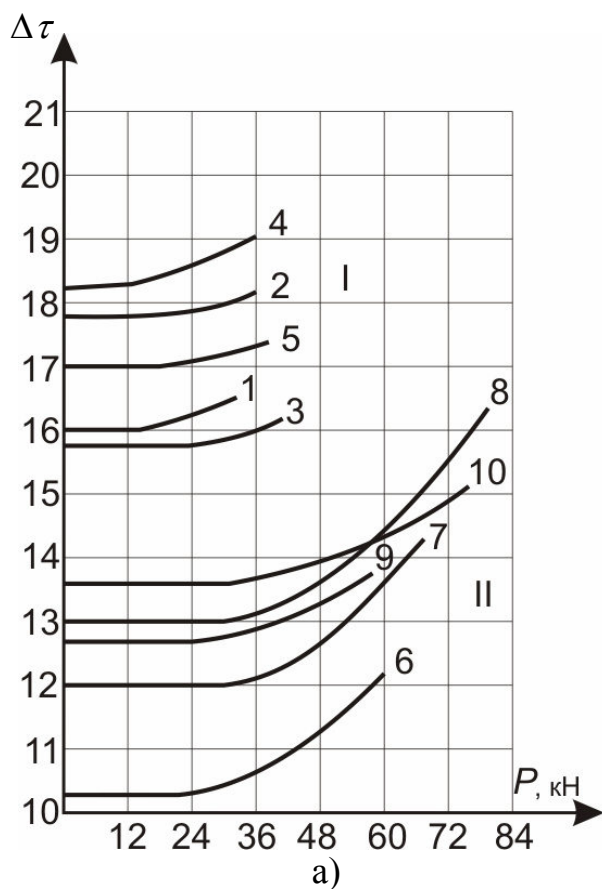


Рис. 2. Зависимость длительности первого полупериода (а), амплитуды (б) и времени распространения (в) ультразвуковых колебаний от приложенной нагрузки:
I – образцы с балочками сечением 40×40 мм;
II – образцы с балочками сечением 70×70 мм;
1, 6 – $\delta_{кл} = 4$ мм, бетон класса С16/20;
2, 7 – $\delta_{кл} = 8$ мм, бетон класса С16/20;
3, 8 – $\delta_{кл} = 16$ мм, бетон класса С16/20;
4, 9 – $\delta_{кл} = 4$ мм, бетон класса С12/15;
5, 10 – $\delta_{кл} = 4$ мм, бетон класса С25/30

Анализ полученных данных показал, что процесс трещинообразования зависит от прочности бетона и толщины клеевой прослойки $\delta_{кл}$. Так для первой партии процесс наблюдался при $(0,4...0,5)R_{разр}$, что при классе бетона С12/15, С16/20 и С25/30 и $\delta_{кл} = 4$ мм составляет соответственно 12; 15 и 18 кН и при $\delta_{кл} = 4; 8; 16$ мм и классе бетона В20 составляет соответственно 15; 18; 21 кН.

Для второй партии образцов процесс трещинообразования наблюдался при $(0,3...0,4)R_{разр}$, что при классе бетона С12/15, С15/20 и С/2530 и $\delta_{кл} = 4$ мм составляет соответственно 18; 24; 30 кН и при $\delta_{кл} = 4; 8; 16$ мм и классе бетона В20 составляет соответственно 24; 30; 36 кН.

Время распространения ультразвуковых колебаний для первой партии образцов было меньшим, чем для второй.

При дальнейшем повышении внешней нагрузки микротрещины перерастали в макротрещины с последующим разрушением образцов.

Выводы. Проведенные экспериментальные исследования показали, что акриловые клеи обеспечивают достаточную монолитность соединения бетонных элементов для их применения при возведении и реконструкции зданий и сооружений. Это объясняется высокими адгезионными свойствами акриловых клеев.

Литература

1. Известия ВНИИ гидротехники им. В.Е.Вернадского. – М., 1987. – Вып. 119. – 252 с.
2. Справочник по клеям и клеющим мастикам в строительстве / под ред. В.Г. Миккульского, О.Л. Фиговского. – М.: Стройиздат, 1984. – 240 с.
3. Методические рекомендации по омоноличиванию старого бетона новым с применением клеев / Харьковский Промстройинипроект Госстроя СССР. – Х., 1985. – 14 с.
4. Золотов, С.М. Акриловые клеи для усиления, восстановления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций / С.М. Золотов // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2003. – Вып. 59. – С. 440 – 447.
5. Торкатюк, В.И. Склеивание старого бетона с новым / В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2002. – Вып. 42. – С. 92 – 98.
6. Торкатюк В.И. Омоноличивание рабочих стыков сборных железобетонных элементов акриловыми клеями / В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова // Вестник Белгородской государственной технологической академии строительных материалов. – Белгород: БелГТАСМ, 2003. – № 5. Ч. II. – С. 447 – 447.
7. Шутенко, Л.Н. Инновационная технология соединения старого бетона с новым акриловыми клеями / Л.Н. Шутенко, В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова // Новини науки Придніпров'я: наук.-практ. журнал. – Дніпропетровськ, 2004. – Вып. 4. – С.75 – 79.
8. Торкатюк, В.И. Технология подготовки поверхности старого бетона для соединения с новым акриловым клеем / В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2006. – Вып. 37. – С.39 – 42.

9. Технология нанесения акриловых клеев на подготовленную поверхность старого бетона при его соединении с новым / Л.Н. Шутенко, В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова, С.В. Бутник, А.В. Марюхин // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2004. – Вып. 58. – С. 29 – 37.

10. Торкатюк, В.И. Определение некоторых параметров технологического процесса соединения старого бетона с новым акриловыми клеями / В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – Днепропетровск: ПГАСА, 2007. – Вып. 43. – С. 564 – 570.

11. Золотова, Н.М. Прочность соединения бетонных и железобетонных элементов акриловыми клеями при строительстве, реконструкции и ремонте зданий и сооружений / Н.М. Золотова, А.О. Гарбуз // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2001. – Вып. 23. – С. 258 – 264.

12. Шутенко, Л.М. Дослідження будівельних матеріалів та конструктивних елементів будинків і споруд ультразвуковими методами / Л.М. Шутенко, Я.О. Серіков, М.С. Золотов. – К.: Техніка, 2005. – 211 с.

Надійшла до редакції 15.10.2013
© Н.М. Золотова, А.О. Гарбуз, В.А. Склярів