

1. Пособие по расчетным характеристикам клеевых соединений для строительных конструкций. – М.: ЦНИИСК, 1990. – 88 с.

2. Молодченко Г.А., Скляр В.А. Длительная прочность анкерных болтов на модифицированных акриловых клеях // Ресурсозберігаючі матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. Вип. 5. – Рівне, 2000. – С. 75-81.

3. Золотов М.С., Гарбуз А.О., Фам Минь Ха. Длительная прочность и деформативность клеевой анкеровки арматурных стержней // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вип. 43. – К.: Техніка, 2002.

Получено 02.09.2002

УДК 624.012

В.А.МЕЛЬМАН

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ СКЛЕЕННЫХ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТ ЧАСТОТЫ И УРОВНЯ МНОГОКРАТНО ПОВТОРЯЮЩИХСЯ НАГРУЖЕНИЙ

Приводятся результаты экспериментальных исследований прочности целых и склеенных бетонных образцов с частотами 7; 4,2 и 0,1 гц и уровнями напряжений 0,11-0,2. Показано влияние на прочность частоты циклов, класса бетона, толщины клеевого шва. Рекомендуются величины относительного предела выносливости клеебетонных элементов при многократно повторяющихся нагрузках с $\omega \geq 0,1$ гц.

В последние годы в строительной практике используют акриловые композиции для соединения сборных и сборно-монолитных бетонных и железобетонных элементов.

Опыт применения акриловых композиций подтверждает преимущества клеевых соединений по сравнению с замоноличиванием мелкозернистыми бетонами [1]. Однако это относится только к конструкциям, подверженным статическим нагрузкам.

Использование акрилового клея для соединения бетонных и железобетонных элементов строительных конструкций, подверженных мало и многоцикловым повторным нагрузениям различной частоты – принципиально новое решение.

Известно, что вопросы прочности соединений бетонов акриловыми клеями при длительных, а особенно при многократно повторяющихся нагрузениях изучены еще недостаточно. Имеющиеся данные относятся главным образом к длительно действующим статическим нагрузкам [2] и практически отсутствуют работы по исследованию выносливости соединенных акриловым клеем бетонных и железобетонных элементов [3,4], что не позволяет правильно оценить их несущую способность.

С этой целью нами выполнены экспериментальные исследования влияния класса бетона соединяемых элементов, толщины клевого шва, частоты и числа циклов многократно повторяющегося нагружения, уровня напряжений на прочность центрально сжатых склеенных образцов.

Опытные целые и склеенные образцы были изготовлены из бетона классов В 12,5 и В 25 и имели размеры 100x100x400 мм. Для склеивания были изготовлены бетонные призмы размером 100x100x200 мм с гладкой торцевой поверхностью и рваной, полученной в путем поперечного раскалывания бетонных призм размером 100x100x400 мм на две равные части. В качестве клея использован акриловый состав 1:1:1,5 масс-частей [4].

Прочностные и деформативные характеристики бетона устанавливали по результатам испытаний кубов, целых и склеенных призм по стандартной методике. В таблице приведены результаты испытаний.

Прочность и деформативность целых и склеенных образцов призм

Наименование характеристики	Бетон класса В12,5	Бетон класса В25
<i>Целые бетонные призмы размером 100x100x400 мм</i>		
Призменная прочность R_{br} , МПа	12,73	23,83
Модуль упругости $E_b \cdot 10^4$, МПа	2,57	2,94
Предельные относительные продольные деформации $\varepsilon'_b \cdot 10^{-5}$	86,3	125,9
Предельные относительные поперечные деформации $\varepsilon''_b \cdot 10^{-5}$	34,6	46,6
Коэффициент Пуассона ν	0,171	0,169
<i>Склеенные образцы-призмы размером 100x100x403, толщина клевого шва $\delta = 3$ мм</i>		
Призменная прочность, R_{m3} , МПа	12,18	23,97
Модуль упругости $E_m \cdot 10^4$ МПа	1,692	2,059
Предельные относительные продольные деформации $\varepsilon_m \cdot 10^{-5}$	121,76	177,1
<i>Склеенные образцы-призмы размером 100x100x406, толщина клевого шва $\delta = 6$ мм</i>		
Призменная прочность, R_{m6} , МПа	12,83	23,81
Модуль упругости $E_m \cdot 10^4$ МПа	1,53	1,85
Предельные относительные продольные деформации $\varepsilon_m \cdot 10^{-5}$	137,1	198,8
<i>Склеенные образцы-призмы размером 100x100x409, толщина клевого шва $\delta = 9$ мм</i>		
Призменная прочность, R_{m9} , МПа	12,79	24,03
Модуль упругости $E_m \cdot 10^4$ МПа	1,38	1,67
Предельные относительные продольные деформации $\varepsilon_m \cdot 10^{-5}$	169,2	217,3

Примечание: возраст бетона опытных образцов в момент испытаний превышал 120 суток.

В процессе испытаний целых и склеенных образцов кратковременной статической нагрузкой методом электротензометрии фиксировали развитие величин продольных и поперечных деформаций вплоть до разрушения призм.

Результаты стандартных испытаний кратковременной нагрузкой показывают, что прочность целых и склеенных образцов практически одинаковая (см. таблицу), а величины модулей упругости и предельных продольных деформаций значительно отличаются. Следовательно, клеевой слой и его толщина практически не оказывают влияния на статическую прочность, но значительно влияет на величину модуля упругости E_m и предельную продольную деформацию $\varepsilon_{m \max}$. Ультразвуковым методом установлена нижняя граница микротрещинообразования, величина которой для бетона В12,5 В25 соответственно равна $0,485R_{mi}$ и $0,503R_{mi}$ [3, 6].

Экспериментальное определение предела прочности и деформативных характеристик целых и склеенных бетонных образцов производилось при частотах 7; 4,2 и 0,1 гц.

Величина наибольшего напряжения $\sigma_{m \max}$ при испытании многократно повторяющейся нагрузкой склеенных и целых бетонных призм изменялась в пределах $\eta_l (0,47 \dots 0,68)R_{mi}$, а коэффициент асимметрии цикла ρ колебался от 0,11 до 0,2.

Испытания опытных призм как целых, так и склеенных с частотами $\omega = 7$ и 4,2 гц проводили на гидравлическом прессе ЦДМ-Пу100 в специальном приспособлении, позволявшем испытывать одновременно три образца в одних и тех же условиях [2], а с частотой $\omega = 0,1$ гц на гидравлическом прессе ГМС-20.

Моменты микротрещинообразования (деструкция бетона) в ходе испытаний контролировали ультразвуковым методом [7], а ширину раскрытия трещин в бетоне склеенных элементов с помощью МПБ-2.

Подробно методика проведения испытаний склеенных образцов призм на выносливость изложена в работах [3, 4].

Принятие верхнего уровня нагружений для склеенных образцов из бетона класса В12,5 и В25 соответственно $\sigma_{m \max} = 0,485R_{mi}$ и $\sigma_{m \max} = 0,503 R_{mi}$ дает возможность при испытании на выносливость с частотами многократно повторного нагружения 7-4,2 гц достигнуть базового числа $n \geq 2 \cdot 10^6$ циклов.

Призменная прочность склеенных образцов, выдержавших без разрушения испытания многократно повторяющейся нагрузкой, была меньше средней величины R_{mi} , полученной предварительным их ис-

пытанием, что свидетельствует о частичной деструкции материала. Разница в скорости ультразвуковых волн при первичном и вторичном прозвучивании образцов в поперечном направлении (порядка 11-20%) также свидетельствуют о структурных изменениях материала при многократном нагружении.

Первым признаком начинающегося разрушения являлись вертикальные трещины, возникающие вблизи торцов образца. Количество циклов n , которое выдерживал образец с момента появления вертикальных трещин до полного разрушения, зависело от частоты повторного нагружения. По мере роста циклов нагружения трещины развивались по длине образца, ширина их доходила, а зачастую и превышала, 0,5 мм, происходило отслаивание лещадок, местные выколы бетона и образец разрушался по пересекающей вертикальные трещины наклонной плоскости, имеющей такое же направление и вид, как при стандартных кратковременных статических испытаниях. Следует отметить, что при испытании склеенных образцов трещины возникали в бетоне только в одной половине элемента и практически не переходили через клеевой слой, независимо от его толщины. Характерный вид разрушения склеенного образца после испытания на выносливость показан на рис. 1,а. На рис. 1,б показан вид разрушенного целого образца после испытания на выносливость. Число циклов n , приводящих склеенные бетонные призмы к разрушению при $\omega \leq 0,1$ гц находилось в пределах $2500 \dots 2 \cdot 10^5$, а при $\omega = 7 \dots 4,2$ гц соответственно в пределах $1 \cdot 10^6 \dots 5,8 \cdot 10^6$ и величина n зависит от σ_{\max} .

Зависимость относительного предела прочности склеенных акриловым клеем образцов призм от частоты и числа циклов приведена на рис. 2. Данные экспериментальных исследований показывают, что на величины предела выносливости оказывает существенное влияние частота приложения многократно повторяющейся нагрузки. При переходе от частоты повторного нагружения $\omega = 7 \dots 4,2$ гц к частоте $\omega \leq 0,1$ гц предел выносливости склеенных бетонных элементов при прочих равных условиях снижается в среднем на 20%. Это следствие того, что при низких частотах повторного нагружения происходит уплотнения бетона, увеличение и накопление неупругих деформаций. Для одного и того же значения n число циклов повторяющегося нагружения при частоте $\omega = 4,2$ гц и $\omega = 0,1$ гц отличается более чем на порядок. При базовом числе циклов нагружений $n = 2 \cdot 10^6$ относительный предел прочности склеенных элементов при $\omega = 0,1$ гц оказывает

ся равным $0,425R_{тн}$, что соответствует нижней границе микротрещинообразования для данного класса бетона.

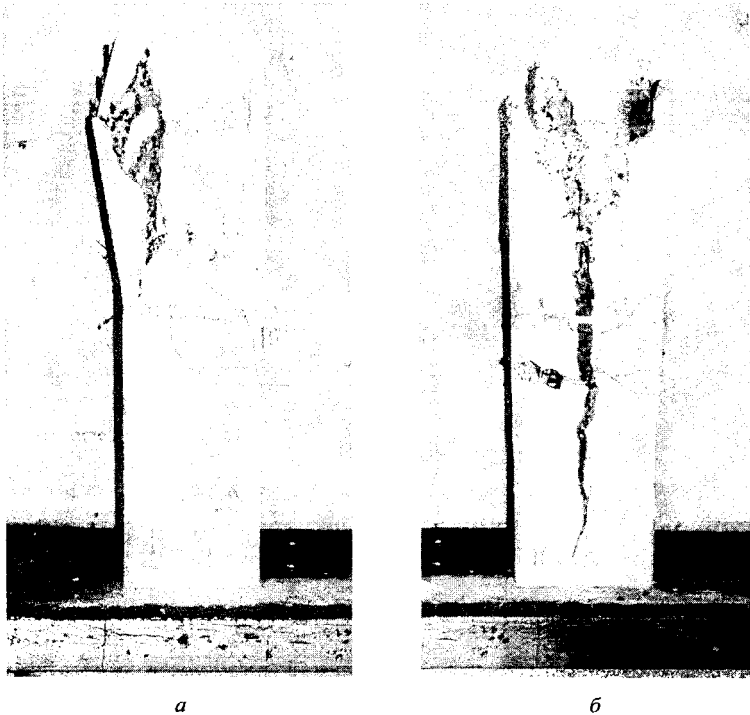


Рис. 1 – Вид разрушения склеенного (а) и целого (б) бетонных образцов, испытанных многократно повторяющейся нагрузкой

Анализ результатов испытаний многократно повторяющимися нагрузками показывает, что закономерность изменения прочности склеенных и целых образцов практически одинаковая. При этом определяющими для снижения прочности являются напряжения, возникающие не в клеевом шве, а в бетоне. Таким образом, снижение прочности склеенных и целых бетонных элементов происходит вследствие снижения прочности бетона из-за процессов физической усталости.

Результаты экспериментов показали, что класс бетона и его состав не оказывают существенного влияния на предел выносливости соединенных акриловым клеем бетонных элементов.

Поскольку разрушение склеенных элементов происходит на 100% по бетону (см. рис.1,а), независимо то толщины клеевого шва,

прочность соединений определяется не прочностью клея, а прочностью бетона.

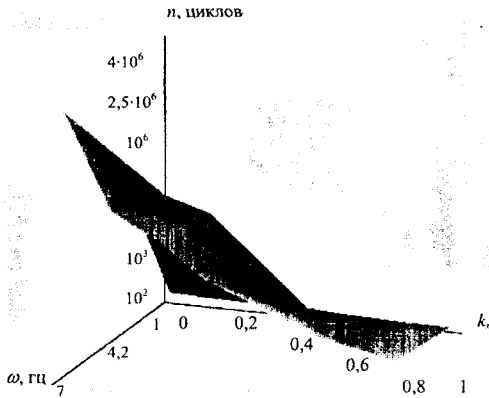


Рис.2 – Зависимость относительного предела прочности от частоты и числа циклов многократно повторяющегося нагружения

Установлено, что для клеевых соединений прочность определяется выносливостью бетона при одноосном напряженном состоянии, поскольку когезионная прочность акриловых клеев значительно превышает прочность бетона.

Усилия в зоне соединения при действии статических и динамических нагрузок распределяются плавно без концентрации напряжений. Акриловый клей делает конструкцию полностью монолитной.

В результате проведенных исследований установлено, что класс бетона R_b и его состав не оказывают существенного влияния на относительный предел выносливости соединенных акриловым клеем бетонных элементов. Основными факторами, определяющими предел выносливости на сжатие, являются уровень максимальных напряжений η_c , характеристика цикла ρ , частота приложения нагрузки ω , масштабный фактор и вид крупного наполнителя бетона, что подтверждается и результатами исследований Е.М.Бабица [8].

Применение клеевых соединений позволит получить существенную экономию материалов, снизить трудоемкость и стоимость составных элементов конструкций.

1.Шутенко Л.Н., Клименко В.З, Золотов М.С Клеевые соединения древесины и бетона в строительстве. – К.: Будівельник, 1990. – 137 с.

2.Псурцева Н.А., Золотов М.С. Длительная прочность соединений бетонных элементов на акриловых клеях // Эксплуатация и ремонт систем городского хозяйства /

УМК ВО. – К.: Укрвузполиграф, 1992. – С. 3- 8.

3.Золотов М.С., Мельман В.А.. Исследование выносливости центрально сжатых склеенных бетонных элементов при динамических нагрузках различной частоты // Ресурсоэкономні матеріали, конструкції та споруди: Зб. наук. праць. Вип.7. – Рівенський державний технічний університет, 2001. – С.133-141.

4.Мельман В.А. Исследование деформаций виброползучести центрально сжатых бетонных элементов, соединенных акриловым клеем // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. Вып.39. – К.: Техника, 2002. – С. 346-352.

5.Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Гарбуз А.О. Ресурсосберегающий модифицированный акриловый клей с повышенной адгезионной прочностью и термостойкостью // Збірник наукових праць "Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди". Вип.3. – Рівно, 1999. – С. 57 - 63.

6.Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писаренко Г.Н. Высокопрочный бетон. – М.: Стройиздат, 1971. – 208 с.

7.Золотов М.С., Мельман В.А. Исследование процессов трещинообразования в клеевых соединениях с использованием ультразвукового импульсного метода // Материалы международного семинара по моделированию и оптимизации композитов МОК 39. – Одесса: ОГАСА, 2000. – С.110-112.

8.Бабич Є.М. Особливості розрахунку залізобетонних ростверків під колони з урахуванням мало циклових навантажень // Збірник наукових праць "Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди". Вип. 3. – Рівно, 1999. – С. 74-79.

Получено 04.09.2002

УДК 691.58.668.3

М.С.ЗОЛОТОВ, профессор, А.О.ГАРБУЗ, канд. техн. наук
Харьковская государственная академия городского хозяйства
ФАМ МИНЬ ХА, канд. техн. наук (Вьетнам)

ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ КЛЕЕВОЙ АНКЕРОВКИ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ

Экспериментально підтверджується можливість зменшення глибини заделки анкерів в бетон з використанням модифікованих акрилових клеїв. Установлено, що при довільно діючих навантаженнях ползучість клеєвого анкера носить затухаючий характер.

В результате проведенных нами экспериментов [1] была установлена оптимальная глубина заделки арматурных стержней класса А-III в бетон с использованием модифицированных акриловых клеїв, которая составила 15 диаметров. При такой глубине заделки обеспечивается надежная работа клеєвого анкера при кратковременном нагружении, прочность которого определяется прочностью арматуры класса А-III.

Условием удовлетворительной работы под длительным воздействием постоянной статической нагрузки анкерного соединения в случае заделки в бетон арматурных стержней класса А-III с помощью акриловых клеїв является его прочность и затухающая ползучість клеєвого