

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

слоя. В противном случае возможен такой сдвиг в клеевой прослойке, при котором произойдет когезионное разрушение клея и всего соединения. В связи с этим в исследовании ставилась цель – изучение длительной прочности, величины и характера ползучести клеевого слоя рассматриваемого соединения при воздействии длительно действующей выдергивающей статической нагрузки. При определении величины указанной нагрузки, принятой в экспериментальных исследованиях, учитывалось, что она должна быть не меньше расчетной для арматуры класса А-III.

При длительном действии нагрузки предел прочности всех конструктивных материалов, в том числе полимеров, имеет меньшее значение, чем при кратковременной нагрузке. В полной мере это относится к акриловым клеям, используемым для соединения строительных конструкций, которые рассчитываются на длительный срок службы. Установки, при помощи которых выполнялись исследования, описаны в [2].

Все исследования выполняли на блоках размером 1800×600×400 мм, изготовленных из бетона класса В20. Предварительно на блоках были пробурены электроперфоратором скважины диаметром 24 мм, глубиной 24 и 32 см на расстоянии от края блока и между скважинами в 5 диаметров анкера.

Для заделки анкеров применяли акриловый клей обычных составов [3] и модифицированных с повышенной адгезионной и когезионной прочностью, рекомендуемых для их крепления [4]. Отверждение клея происходило при температуре среды 15-20 °С в течение не менее 10 суток. В качестве анкеров использовали арматуру периодического профиля класса А-III диаметром 16 мм. Глубина заделки стержней была равна  $l_{анк} = 15 d_s$  в случае использования модифицированных акриловых клеев и  $l_{анк} = 20d_s$  – обычных составов. Выполняли исследования одновременно на 10 силовых установках. Всего было выполнено 30 испытаний.

Нагрузку на анкера устанавливали в соответствии с рекомендациями [5], равной  $0,9 \cdot \sigma_b$ , где  $\sigma_b$  – временное сопротивление арматурных стержней периодического профиля класса А-III, согласно ГОСТ 5781-82  $\sigma_b = 600$  МПа.

Значение  $\sigma_b$  принимали в соответствии с данными, полученными при испытании анкерных соединений при кратковременном нагружении.

Испытания по определению деформаций анкерных соединений на акриловых клеях при действии на анкер длительно действующих вы-

дергивающих усилий проводили по схеме, представленной на рис. 1.

Для проведения испытаний были изготовлены образцы анкерных соединений на акриловых клеях. Они изготавливались из бетона класса В20 в виде призм с поперечными размерами 120×120 и 200×200 мм. Бетонные призмы имели сквозные отверстия диаметром соответственно 18, 20 и 22 мм для малых призм и 24, 27 и 30 мм для больших. Высоту бетонных призм определяли глубиной заделки арматурного стержня.

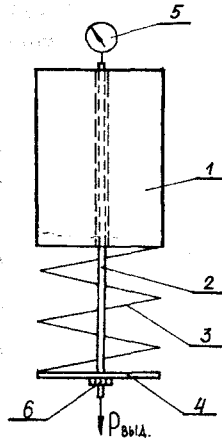


Рис. 1 – Схема испытаний анкерных соединений по определению деформаций в случае воздействия на арматурный стержень длительно действующего выдергивающего усилия: 1 – бетонный образец; 2 – анкерный стержень; 3 – силовая пружина; 4 – опорный диск; 5 – часовой индикатор; 6 – фиксирующая гайка

Образцы анкерных соединений для проведения испытаний изготавливали следующим образом: снизу сквозное отверстие заклеивали плотной бумагой, устанавливали нижнее центрирующее кольцо и заливали акриловый клей, а затем устанавливали анкер с верхним центрирующим кольцом. Глубина заделки анкеров составляла соответственно при  $l_{анк} = 15d_s = 180$  и  $240$  мм;  $l_{анк} = 20d_s = 240$  и  $320$  мм.

Анкеры изготавливали из арматуры класса А-III диаметром 12 и 16 мм. Длину анкеров принимали с учетом глубины их заделки. На одном конце анкера нарезали резьбу соответственно М12 и М16, необходимую для установки гаек при передаче на анкер выдергивающего усилия.

В качестве клея использовали акриловые клеи обычного состава [3], а также модифицированные клеи повышенной адгезионной и коге-

зионной прочности [4]. В случае использования клеев обычного состава  $l_{анк} = 20d_s$ , а модифицированных –  $l_{анк} = 15d_s$ .

После полимеризации акрилового клея в течение 10-15 суток производили подготовку образцов к испытаниям. На торцах образцов устанавливали индикаторы часового типа с ценой деления 0,001 мм. С их помощью проводили измерения деформаций анкерного соединения (клеевого шва).

Для контроля напряжений на загруженный конец анкера наклеивали тензорезисторы с базой 20 мм и сопротивлением 200 Ом.

При длительных испытаниях загрузку образцов производили пятитонными и восьмитонными пружинами, передающими на арматурный стержень постоянно действующее статическое выдергивающее усилие.

Уровень загрузки образцов составил 1,25 от расчетного сопротивления арматуры класса А-III согласно ДСТУ Б В.2.6-7-95 и был равен  $\sigma_s = 456$  МПа.

Исходя из данных экспериментальных исследований, изложенных в [6], испытывали 6 партий образцов анкерных соединений. В первой партии применяли клей с модулем упругости  $E_k = 8,78 \cdot 10^3$ , во второй –  $E_k = 11,67 \cdot 10^3$  и в третьей –  $E_k = 13,15 \cdot 10^3$  МПа. Каждая партия состояла из двух серий. При этом в первой серии  $l_{анк} = 15d_s$ , во второй  $l_{анк} = 20d_s$ . В качестве анкеров в этих партиях использовали арматурные стержни класса А-III диаметром 16 мм.

В четвертой, пятой и шестой партиях изменяли толщину клеевого слоя соответственно и диаметр отверстия в бетонном образце. В этом случае величина  $l_1$  образцов анкерных соединений, подготовленных к испытаниям по определению ползучести клеевого анкера, была соответственно равна для четвертой партии  $l_1 = 20$ , для пятой  $l_1 = 18$  а шестой  $l_1 = 16,3$ . Каждая партия образцов состояла из двух серий. При этом в первой серии диаметр арматурного стержня был равен 12, а во второй – 16 мм. В данных партиях использовали модифицированный акриловый клей с модулем упругости  $E_k = 8,78 \cdot 10^3$  МПа, а глубина заделки стержней соответственно была равна  $l_{анк} = 15d_s$ .

Длительное выдергивающее усилие, прилагаемое к заделанным арматурным стержням в бетон, принимали равным  $P_{выд.дл.} = A_s \cdot \sigma_s = 109$  кН, где  $A_s = 2,01$  см<sup>2</sup> – площадь сечения арма-

турного стержня;  $\sigma_s = 0,9 \sigma_b$  – длительно действующее напряжение в арматуре.

Согласно рекомендациям [5] испытания продолжались в течение 300 суток. В этот период разрушения образцов клеевой анкеровки не наблюдалось. Очевидно, при расчете клеевой анкеровки можно использовать расчетное сопротивление, равное расчетному сопротивлению арматурных стержней класса А-III. При этом в случае использования акриловых клеев обычных составов глубина заделки арматурных стержней равна  $20d_s$ , а модифицированных специальными добавками  $15d_s$ .

Результаты экспериментов представлены на графиках рис.2, 3 и свидетельствуют о том, что деформативность клеевой анкеровки имеет четко выраженные три этапа.

Первый этап характеризуется интенсивным ростом сдвиговых деформаций клеевого слоя. Для первой партии образцов этот этап составил до 30 суток, для второй – до 20 суток и для третьей – до 30 суток.

Второй этап характеризуется спадом среднесуточных деформаций. Для первой партии образцов он составил до 40, для второй – до 30 и для третьей – до 20 суток.

Третий этап характеризуется отсутствием роста сдвиговых деформаций (в пределах точности измерений).

Предельная величина деформаций для  $l_{анк} = 15d_s$  при  $E_k = 8,78 \cdot 10^3$  МПа составила 0,106 мм; при  $E_k = 11,67 \cdot 10^3$  МПа – 0,078 и при  $E_k = 13,15 \cdot 10^3$  МПа – 0,062 мм. В случае заделки арматурных стержней в бетон на глубину  $l_{анк} = 20d_s$  эти деформации были соответственно равны 0,088; 0,053 и 0,039 мм.

Этот эксперимент показал, что на ползучесть клеевого анкера оказывают влияние глубина его заделки и модуль упругости акрилового клея, который зависит от количества наполнителя (кварцевого песка) в нем.

Результаты испытаний четвертой, пятой и шестой партий показали следующее. Деформативность анкерного соединения зависит от толщины клеевого слоя (диаметра отверстия в бетоне). Во всех случаях деформации носят затухающий характер и стабилизируются в течение 35-45 суток. При этом деформативность клеевого анкера зависит от диаметра арматурного стержня. Так, в случае использования в соединении арматурного стержня диаметром 12 А-III максимальная деформативность составила 0,094 мм для  $l_1 = 20$  ( $d_{отв} = 18$  мм;  $\delta_{кл} = 3$  мм);

0,102 мм для  $l_1 = 18$  ( $d_{омс} = 20$  мм;  $\delta_{кл} = 4$  мм) и 0,112 мм для  $l_1 = 16,3$  ( $d_{омс} = 22$  мм;  $\delta_{кл} = 5$  мм). Для клеевых анкеров с арматурным стержнем диаметром 16 АШ эти деформации были равны: 0,106 мм для  $l_1 = 20$  ( $d_{омс} = 24$  мм;  $\delta_{кл} = 4$  мм); 0,118 мм для  $l_1 = 18$  ( $d_{омс} = 27$  мм;  $\delta_{кл} = 5,5$  мм) и 0,131 мм для  $l_1 = 16,3$  ( $d_{омс} = 30$  мм;  $\delta_{кл} = 7$  мм).

Анализ результатов экспериментов позволяет сделать следующие выводы. В пределах принятой интенсивности длительно действующих нагрузок ползучесть клеевого анкера имеет затухающий характер. При этом существенное влияние на величину деформативности клеевого анкера оказывают глубина заделки стержня, модуль упругости клея, а также толщина клеевого слоя.

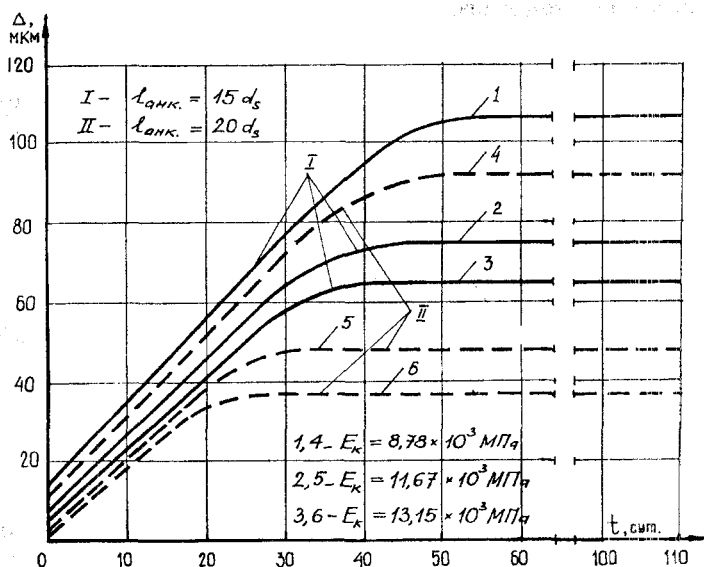


Рис. 2 — Зависимость деформативности клеевого анкера при длительно нагружении от  $l_{анк}$  и  $E_k$

Анализ результатов экспериментальных исследований прочности анкерного соединения на акриловых клеях при воздействии на арматурный стержень кратковременных [1] и длительно действующих выдергивающих усилий показал следующее. В случае кратковременного нагружения разрушение анкерных соединений в результате разрыва арматурных стержней происходило при глубине заделки  $l_{анк} \geq 15 d_s$ .

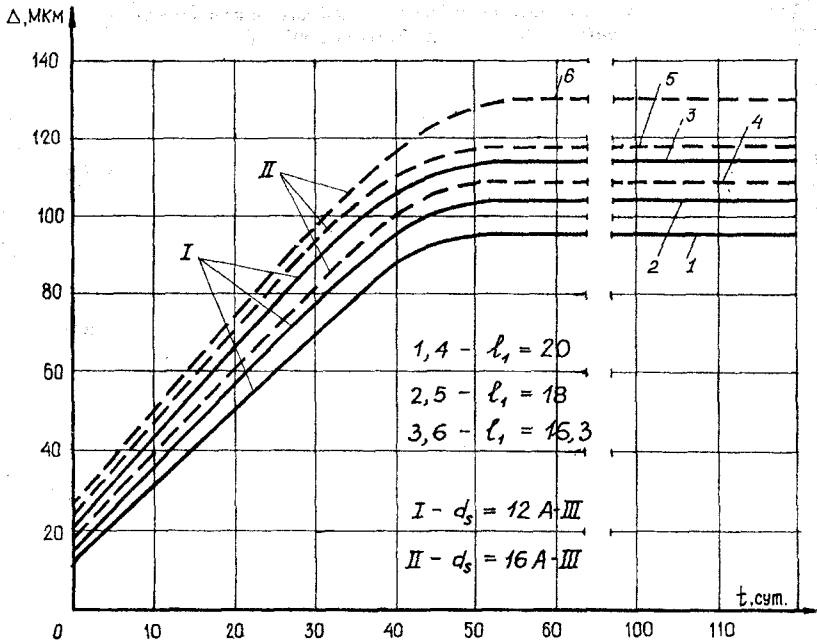


Рис.3 – Зависимость деформативности клевого анкера при длительном нагружении от величины  $l_1$  и диаметра стержня  $d_s$

При этом наблюдали разрушение бетона, характер которого зависит от ряда факторов. Так, если арматурный стержень заделывали в бетонный массив или в железобетонный образец с расчетным поперечным армированием, при указанных глубинах заделки отмечали конусный выкол бетона высотой 2-3  $d_s$  с одновременным разрывом стержня. При анкеровке в конструктивно армированный железобетонный образец ограниченного поперечного размера происходит разрушение бетона с одновременным разрывом арматурного стержня. Это объясняется возникновением окружных и радиальных напряжений в бетоне при выдергивании анкера. Величина этих напряжений определена расчетным экспериментом. По этим напряжениям установлена площадь сечения поперечных арматурных стержней.

І.Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Гарбуз А.О. Кратковременная прочность анкеро-ки арматурных стержней модифицированными акриловыми клеями // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: 36 наук.праць. Вип.7. – Рівне, 2001. – С.238-243.

2. Золотов М.С., Молодченко Г.А., Скияров В.А., Фам Минь Ха. Экспериментальная установка для определения длительной прочности клеевых анкеров // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.43 – К.: Техніка, 2002. – С.

3. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Клименко В.З. и др. Клеевые соединения древесины и бетона в строительстве. – К.: Будівельник, 1990. – 136 с.

4. Гарбуз А.О., Золотов С.М. Акриловые клеи повышенной адгезионной прочности и термостойкости // Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф.: «Проблемы и перспективы ресурсосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве». – Харьков: ХГАГХ, 1996. – С.17.

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

6. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Душин В.В. Прочность и деформативность клеевой анкеровки арматурных стержней // X-я Всесоюзная конференция по бетону и железобетону. – К., 1988. – С.80-86.

Получено 02.09.2002

УДК 624.012.45

А.Л.ШАГИН, д-р техн. наук, А.А.БУТЕНКО, Е.Э.ПЛАТОНОВА  
*Харьковский государственный технический университет  
строительства и архитектуры*

### **ЭФФЕКТИВНЫЕ КАРКАСНЫЕ ЗДАНИЯ С УВЕЛИЧЕННОЙ СЕТКОЙ КОЛОНН**

Предложена система пространственных каркасов с локально предварительно напряженными ригелями в двух направлениях.

Разделение силовых и теплоизоляционных функций в каркасных зданиях позволяет снижать материалоемкость, а также энергетические затраты при эксплуатации. Важным также является уменьшение расхода энергетических ресурсов при возведении зданий, что обеспечивается переходом на монолитные и сборно-монолитные решения. Однако реализация этих решений в каркасных зданиях с увеличенной сеткой колонн затруднена из-за отсутствия эффективных способов предварительного напряжения монолитных статически неопределимых пространственных каркасных систем в двух направлениях. Указанную задачу дает возможность решить способ локального предварительного напряжения [1], на использовании которого и построены предлагаемые монолитные пространственные каркасы с сборно-монолитными перекрытиями.

На рис.1 показана возможность предварительного напряжения ригелей одного направления в пролете и на опорах путем оттягивания расположенной в пазах напрягаемой арматуры, заанкеренной в сплошных участках, и фиксации ее положения с помощью упоров. Аналогично осуществляется локальное обжатие ригелей перпендикулярного