

родной интернет-конференции "Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков". – Белгород, 2002. – С. 201-205.

Получено 03.09.2002

УДК 691.58 : 668.3

Г.А.МОЛОДЧЕНКО, д-р техн. наук, В.А.СКЛЯРОВ
Харьковская государственная академия городского хозяйства

ПРОЧНОСТЬ И УСИЛИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ЗАТЯЖКИ АНКЕРНЫХ БОЛТОВ НА АКРИЛОВЫХ КЛЕЯХ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЖЕНИЯХ

Приведены результаты экспериментов по определению стабильности усилия затяжки анкерных болтов на акриловых клеях при динамическом их нагружении, коэффициенте стабильности анкерных соединений, а также усталостной прочности.

Как показали наши экспериментальные исследования [1, 2], при длительном статическом действии на анкерные болты выдергивающих усилий в клеевом слое появляются деформации ползучести. Это приводит к ослаблению предварительной затяжки болта, которая, согласно СНиП 2.09.03-85 [3], определяется коэффициентом стабильности k . Величина этого коэффициента определяется авторами в работе [4] для случая, указанного выше.

Кроме того, анкерные болты, используемые для крепления оборудования, испытывают динамические воздействия. Поэтому необходимо было проверить стабильность усилий предварительной затяжки при указанных воздействиях, а также усталостную прочность клеевых анкеров.

Исследование стабильности предварительной затяжки при динамической нагрузке производилось на пульсаторе ЦДМ-Пу 100 (с частотой 400 циклов приложения нагрузки в минуту). Схема испытаний клеевых соединений динамической нагрузкой приведена на рис.1. На рис.2, 3 показано оборудование и общий вид установки при проведении экспериментальных исследований стабильности усилия предварительной затяжки при опирании станины оборудования соответственно на пакет подкладок и на подливку (бесподкладочный монтаж оборудования).

Схема нагружения в обоих случаях принята с расчетом передачи динамической нагрузки на анкер через станину оборудования, как это имеет место в реальных условиях. Общее число образцов, испытанных динамической нагрузкой, – 24 шт. (по 12 образцов при $l_{анк} = 8d_s$ и $l_{анк} = 10d_s$, т.е. по 6 образцов на каждый способ опирания ста-

нины оборудования).

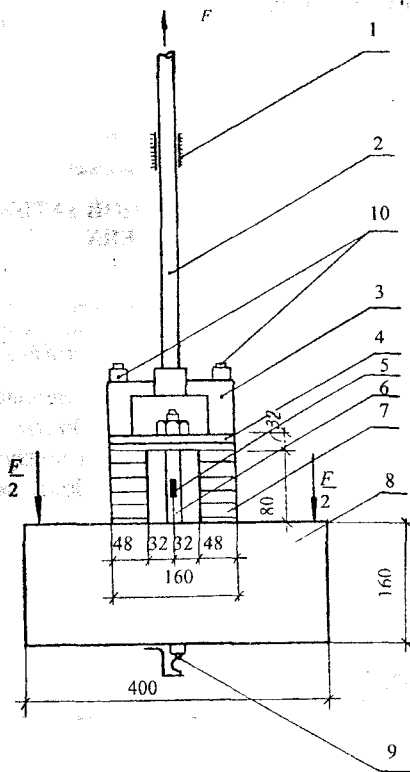


Рис. 1 – Схема испытаний клеевых соединений динамической нагрузкой:

- 1 – захват пресса; 2 – стальная тяга; 3 – серьга; 4 – станина оборудования;
- 5 – тензорезисторы, 6 – анкерный болт; 7 – подкладки; 8 – бетонный образец;
- 9 – скоба для измерения смещений анкера; 10 – стяжные болты

Загружение образцов клеевой анкеровки производили следующим образом. Образец с захватным устройством монтировали на неподвижной траверсе пульсатора. Затем путем закручивания гайки создавали начальное усилие затяжки анкера, равное $F = 29,5$ кН, что составило напряжение в болту по резьбе 204 МПа согласно [3]. После этого на станину монтировали серьгу 3 (рис.1), затягивали стяжные болты 10 и в захвате пульсатора закрепляли тягу 2, а затем устанавливали упорные швеллера (рис.2, 3). После этого включали пульсатор и постепенно доводили нагрузку до такой величины, чтобы верхний

предел напряжения в анкере составил 204 МПа, а нижний – 185 МПа (согласно [5]). Расчетное усилие в анкерном болте составило $P=26,8$ кН. Коэффициент асимметрии цикла при экспериментах составил $\rho = F / P = 1,1$. В процессе проведения испытаний в начальный период загрузки показания тензорезисторов фиксировали через 5000, затем через $2 \cdot 10^4$, а в дальнейшем через $2 \cdot 10^5$ циклов. В соответствии с требованиями [3] испытания проводили до достижения числа циклов нагружения $n = 2 \cdot 10^6$.

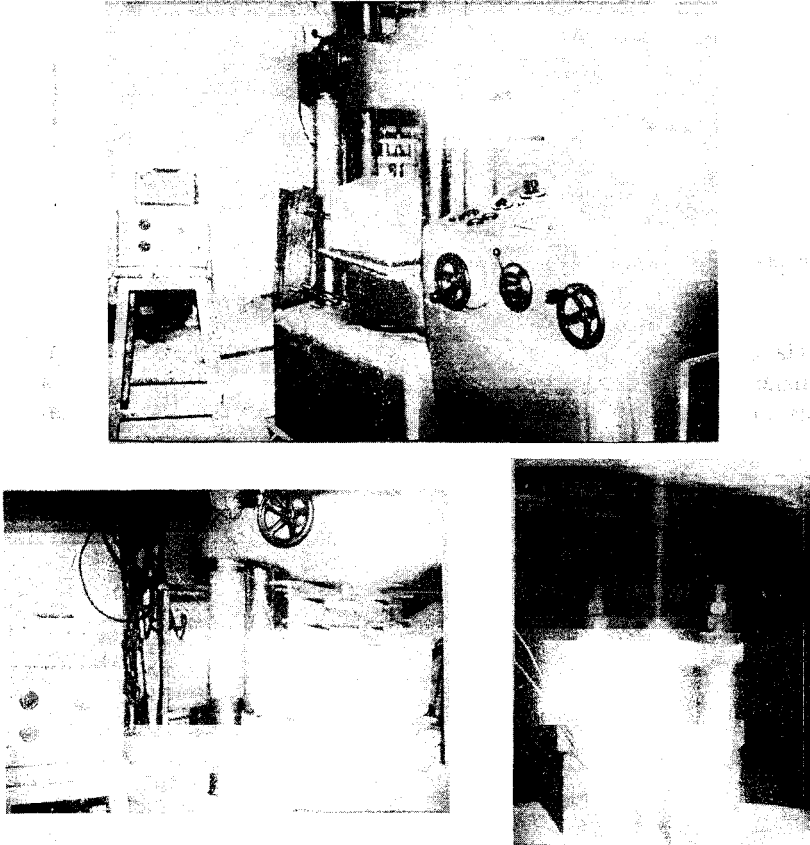


Рис. 2 – Общий вид установки для исследования стабильности усилия предварительной затяжки при динамической нагрузке в случае опирания станины на подкладки

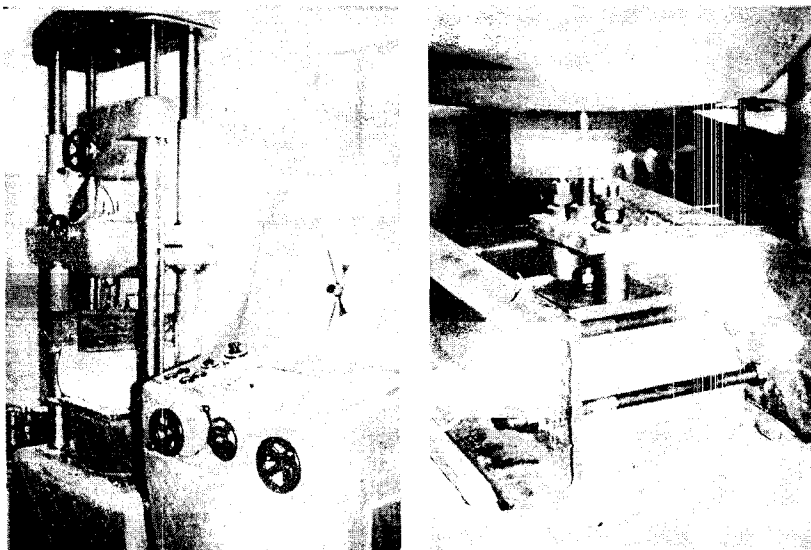


Рис. 3 – Общий вид установки и образца для исследования стабильности усилия предварительной затяжки при динамической нагрузке в случае опирания станины на подливку

На рис.4 приведены результаты экспериментальных исследований падения усилий предварительной затяжки анкеров с опиранием станины оборудования на подкладки и на подливку (площади подкладок и подливки приняты такими же, как и при длительно действующем статическом нагружении) при $l_{анк} = 8d_s$. Они показывают, что падение величины F при опирании на подкладки (рис.4, график 1) происходит на протяжении $4 \cdot 10^5$ циклов действия многократно повторного нагружения, после чего наступает стабилизация ползучести. При этом величина усилия предварительной затяжки уменьшается до 15,1 кН (см. график 1 рис.4). При опирании станины оборудования на подливку интенсивное падение F происходит на протяжении $7 \cdot 10^5$ циклов действия многократно повторного нагружения с последующей стабилизацией ползучести, а следовательно, и F . Значение усилия предварительной затяжки F (рис.4, график 2). Таким образом, значения коэффициентов стабильности усилий предварительной затяжки анкеров при $l_{анк} = 8d_s$ и динамическом нагружении составляют:

- при опирании станины оборудования на подкладки

$$k = 29,5 : 15,1 = 1,95;$$

- при опирании станины машины на подливку

$$k = 29,5 : 16,4 = 1,79.$$

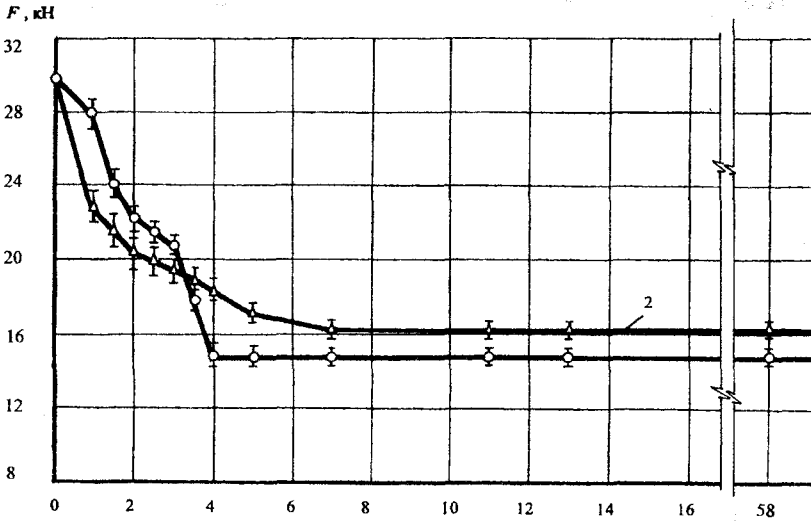


Рис. 4 – График падения усилия предварительной затяжки в зависимости от числа циклов (динамическое нагружение) при $l_{анк} = 8d_s$:

1 – опирание станины на подкладки; 2 – опирание станины на подливку

Следует отметить, что отличие в коэффициентах стабильности усилий предварительной затяжки при опирании станины оборудования на подкладки и на подливку при $l_{анк} = 8d_s$ составляет не более 9%.

Результаты экспериментов по установлению падения F при глубине заделки анкеров $l_{анк} = 10d_s$ и их динамическом нагружении и опирании станины машины на подкладки и на подливку приведены на рис.5. Из анализа экспериментальных данных (рис.5, график 1) следует, что интенсивное падение величины F при опирании станины оборудования на подкладки происходит на протяжении $4 \cdot 10^5$ циклов нагружения многократно повторной нагрузкой. Затем наступает стабилизация ползучести, прекращается падение величины усилия F , которая остается неизменной на протяжении от $4 \cdot 10^5$ до $6 \cdot 10^6$ циклов нагружения. При этом минимальная величина F_{min} составила 16,15 кН (рис.5, график 1).

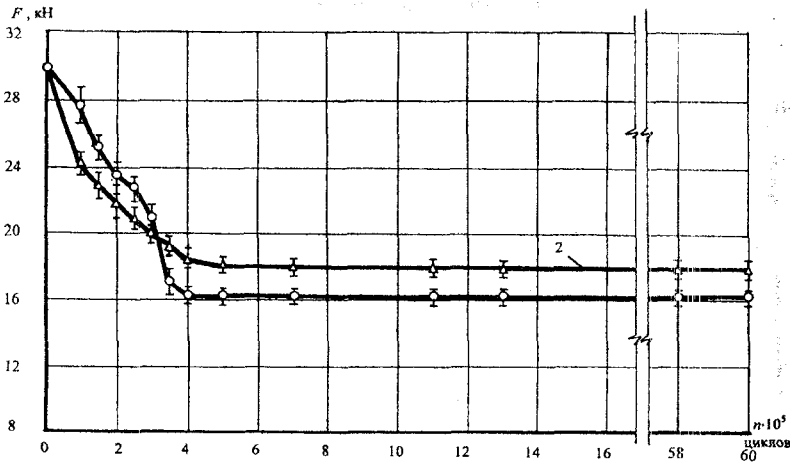


Рис. 5 – График падения усилия предварительной затяжки в зависимости от числа циклов (динамическое нагружение) при $l_{анк} = 10d_s$
 1 – опирание станины на подкладки; 2 – опирание станины на подливку

При опирании станины машины на подливку падения усилия предварительной затяжки происходило на протяжении $5 \cdot 10^5$ циклов нагружения многократно повторной нагрузкой. Стабилизация падения усилия F_0 наступила после $5 \cdot 10^5$ циклов нагружения и в дальнейшем с увеличением числа циклов с $5 \cdot 10^5$ до $6 \cdot 10^6$ изменение величины F не наблюдалось (рис.5, график 2). Минимальная величина F составила 17,92 кН.

Таким образом, значения коэффициентов стабильности усилий предварительной затяжки при $l_{анк} = 10d_s$ и динамическом нагружении анкерного соединения составляют:

- при опирании станины оборудования на подкладки

$$k = 29,5 : 16,15 = 1,82,$$

- при опирании станины оборудования на подливку

$$k = 29,5 : 17,92 = 1,64.$$

Следует отметить, что величины коэффициентов стабильности предварительной затяжки анкеров при опирании станины оборудования на подкладки и на подливку при $l_{анк} = 10d_s$ отличаются не более чем на 9%.

Опытные величины коэффициентов стабильности усилий предва-

рительной затяжки анкеров при длительном действии статических [4] и динамических нагрузок в зависимости от глубины их заделки и видов опирания станины машины на фундамент приведены в таблице.

Опытные значения коэффициентов стабильности k

Вид опирания станины машины на фундамент	Глубина заделки анкера $l_{анк} = 8d_s$		Глубина заделки анкера $l_{анк} = 10d_s$	
	при статическом нагружении	при динамическом нагружении	при статическом нагружении	при динамическом нагружении
на подкладку	1,49	1,95	1,43	1,82
на подливку	1,38	1,79	1,33	1,64

Из анализа данных таблицы следует, что с увеличением глубины заделки анкеров (с $l_{анк} = 8d_s$ до $l_{анк} = 10d_s$ величины коэффициента стабильности усилия предварительной затяжки при статическом нагружении и прочих равных условиях уменьшается в среднем: при опирании на подкладки на 9%, а при опирании станины машины на подливку на 9,1%.

В то же время коэффициент k зависит от вида опирания (при $l_{анк} = const$). Так, при опирании станины машины на подливку его величины уменьшаются в среднем на 9,1% по сравнению с опиранием станины машины на подкладку.

При нагружении динамической нагрузкой увеличение глубины заделки анкеров приводит к снижению величины коэффициента k . Так, при опирании станины машины на подкладки величина k с увеличением $l_{анк}$ с $8d_s$ до $10d_s$ приводит к уменьшению на 9,2%, а при опирании на подливку соответственно на 9%. В то же время при одной и той же глубине заделки анкеров ($l_{анк} = const$) и виде опирания при действии динамической нагрузки коэффициент стабильности усилий предварительной затяжки увеличивается в среднем на 9,2% по сравнению со статическим нагружением (таблица).

Таким образом, при расчете анкерных болтов на акриловых клеях величину коэффициента стабильности независимо от вида опирания: при статическом длительно действующем нагружении следует принимать: при $l_{анк} = 8d_s - k = 1,49$; при $l_{анк} = 10d_s - k = 1,43$; при динамическом нагружении соответственно $k = 1,95$ и $k = 1,82$.

Необходимо отметить, что полученные опытным путем значения коэффициентов стабильности величин усилий предварительной затяж-

ки анкеров k на акриловых клеях значительно ниже тех значений, которые рекомендованы для анкеров, устанавливаемых на эпоксидных клеях [3, 6, 7]. Из анализа работы анкерных соединений следует, что чем меньше величина k , тем лучше они работают при динамических и статических нагрузках.

Исследования усталостной прочности клеевых анкеров показали следующее.

После $6 \cdot 10^6$ циклов нагружений разрушение образцов анкерных соединений обеих партий не наблюдалось.

После испытания образцов на выносливость при принятом коэффициенте асимметрии цикла нагружения $\rho = 1,1$ они были разрушены статической нагрузкой. Характер разрушения образцов зависел от глубины заделки анкера в бетон $l_{анк}$.

При глубинах заделки $l_{анк} = 8d_s$ разрушение образцов анкерных соединений происходило в результате выдергивания анкера, т.е. по контакту клей-анкер. При этом прочность соединения составила 286,2 МПа. Снижение прочности по сравнению с прочностью соединений при кратковременном нагружении не произошло.

При глубинах заделки $l_{анк} = 10d_s$ разрушение образцов соединения происходило в результате разрыва анкеров в месте их загруженных концов. При этом прочность составила 470,8 МПа. Значения прочности аналогично при испытаниях образцов на кратковременное статическое воздействие.

1. 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.

2. Молодченко Г.А., Скляр В.А. Деформативность анкерных болтов на модифицированных акриловых клеях // Коммунальное хозяйство городов: Науч.- техн. сб. Вип. 27. – К.: Техніка, 2001. – С. 175-186.

3. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий // Госстрой СССР. – М., 1985. – 87 с.

4. Молодченко Г.А., Скляр В.А. Стабильность усилия предварительной затяжки анкерных болтов на акриловых клеях // Коммунальное хозяйство городов: Науч.- техн. сб. Вип. 39. – К.: Техніка, 2002. – С. 74-81.

5. СНиП II.23.81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования // Госстрой СССР. – М., 1990. – 79 с.

6. Инструкция по креплению технологического оборудования фундаментными болтами. СН 471-75. – М.: Стройиздат, 1976.

7. Пособие по проектированию анкерных болтов для крепления строительных конструкций и оборудования. – М.: ЦНИИпромзданий, 1993. – 104 с.

Получено 02.09.2002