
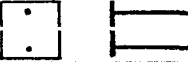
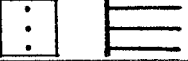
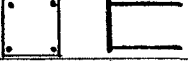
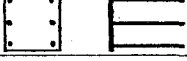


Таблица 2

№ п/п	Эскиз детали	Класс арматуры	Диаметр анкеров
1		A-II, A-III	6-12
2		A-III	8-12
3		A-II, A-III	8-12
4		A-II, A-III	10-16
5		A-III	10-12

Как показали экспериментальные исследования Шутенко Л.М. [1-3], Золотова М.С. [1-3], Гарбуз А.О. [2, 3], Золотова С.М. [2] и др. в Харьковской государственной академии городского хозяйства, прочность заделки арматурных стержней периодического профиля в бетон обеспечивается применением акриловых клеев.

1. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Душин В.В. Прочность и деформативность клеевой анкеровки фундаментных стержней // Материалы X Всесоюзной конференции по бетону и железобетону. – К., 1988. – С. 80-86.

2. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Гарбуз А.О., Золотов С.М. Использование акриловых клеев для реконструкции и ремонта зданий и сооружений // Будівельні конструкції: 36. наук. праць. Вип. 54. – К.: НДБК, 2001. – С. 810-814.

3. Шутенко Л.Н. Золотов М.С., Гарбуз А.О. Кратковременная прочность анкеровки арматурных стержней модифицированными акриловыми клеями // Вісник Рівненського держ. техн. ун-ту. Вип. 7. — Рівне, 2001. – С. 238-244.

Получено 17.05.2002

УДК 624.012

В.А.МЕЛЬМАН

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ВИБРОПОЛЗУЧЕСТИ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СОЕДИНЕННЫХ АКРИЛОВЫМ КЛЕЕМ

Приведены методика и результаты экспериментально-теоретических исследований виброползучести центрально сжатых склеенных бетонных образцов при многократном повторном нагружении с частотами 7; 4,2; 0,1 гц. Установлена зависимость деформаций виброползучести от частоты и числа циклов нагружений.

Для учета перераспределения напряжений в склеенных бетонных элементах при многократном повторном нагружении необходимо уста-

новить связь между деформациями виброползучести и длительными деформациями при одноосном сжатии их статической нагрузкой, так как последние достаточно хорошо изучены [1].

Отсутствие данных по развитию деформаций в конструкциях, соединенных акриловым клеем при действии многократно повторных нагружений не позволяет правильно оценить их несущую способность.

С этой целью выполнены исследования влияния частоты многократно повторного нагружения на деформативность центрально сжатых склеенных бетонных элементов.

Опытные склеенные образцы были изготовлены из бетонных призм размером 100x100x200 мм с гладкой торцевой поверхностью и рваной, полученной в результате поперечного раскалывания бетонных призм размером 100x100x400 мм на две равные части. Для соединения элементов использован акриловый клей, рекомендованного состава [2]. Толщина клеевого шва – 3, 6 и 9 мм. Опытные образцы были изготовлены из бетона класса В12,5 и В25, а испытывали их в возрасте не менее 4,5 месяцев. Призменная прочность образцов к моменту испытаний составила  $R_m=12,73$  и  $23,97$  МПа. Величина наибольшего напряжения  $\sigma_{max}$  при испытании многократно повторной нагрузкой клеебетонных и бетонных образцов-призм изменялась в пределах  $0,47 R_m$  до  $0,68 R_m$ . Величина коэффициента асимметрии цикла колебалась от 0,11 до 0,2, но для большинства испытанных образцов близка к 0,15. Частота многократно повторного нагружения была принята 7; 4,2 и 0,1 гц.

Измерения продольных и поперечных деформаций осуществлялось методом электротензометрии. Кроме того измерение продольных величин контролировалось механическим методом с помощью съемного компаратора. В процессе испытаний производились измерения продольных и поперечных деформаций, а также времени распространения ультразвукового сигнала в направлении перпендикулярном линии действия сжимающего усилия каждые 25 тысяч до 500 тысяч, а затем через каждые 250 тысяч (при  $\omega =7$  и 4,2 гц) приложения многократно повторной нагрузки. При  $\omega =0,1$  гц измерение указанных величин производилось через каждую 1 тысячу циклов до 25 тысяч, а затем через 25 тысяч динамических нагружений. Склеенные образцы-призмы выдерживались под воздействием динамической нагрузки вплоть до разрушения [3].

При многократно повторном нагружении деформации виброползучести определяются средними значениями напряжений в цикле и их можно представить в виде суммы двух деформаций

$$\varepsilon_{f\text{tot}} = \varepsilon_d + \varepsilon_{cr}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_d$  – деформация ползучести склеенного элемента за время действия многократно повторной нагрузки при среднем напряжении цикла равном  $\frac{\sigma_{m\text{max}} + \sigma_{m\text{min}}}{2}$ ;  $\varepsilon_{cr}$  – длительная деформация, обусловленная

усталостными явлениями в бетоне и клее.

Для установления связи между виброползучестью и длительными деформациями при статическом действии нагрузки исходили из соображений, что деформация ползучести  $\varepsilon_f$  от действия статической нагрузки интенсивностью  $\sigma_{m\text{max}}$  достигнет своей величины за тот же отрезок времени, в течение которого развивается деформация  $\varepsilon_d$ . В условиях линейной ползучести справедливо равенство

$$\frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_d} = \frac{C_f \sigma_{m\text{max}}}{C_f \sigma_m} = \frac{2}{1 + \rho}, \quad (2)$$

где  $C_f$  – мера линейной ползучести;  $\rho$  – характеристика цикла напряжений.

Так как уровень напряжений  $\sigma_{m\text{max}} / R_m$  может существенно превышать уровень напряжений  $\sigma_m / R_m$ , то выражение (2) с учетом возможной нелинейной деформации ползучести материала образца будет иметь вид

$$\varepsilon_f = \frac{2K}{1 + \rho} \varepsilon_d, \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент нелинейности.

С учетом нелинейности ползучести выражение для определения меры виброползучести  $C_f$  запишется

$$C_f = 0,5 \frac{(1 + \rho)}{K} + \gamma_d, \quad (4)$$

где  $\gamma_d$  – усталостная часть виброползучести, констатирующая зависимость усталостных деформаций клеебетона от величины меры ползучести  $C_{cr}$ , характеристики цикла напряжений  $\rho$  и числа нагружений  $n$ .

С учетом этого зависимость для определения меры виброползучести будет иметь вид

$$C_f = C_{cr} [0,5(1 + \rho) + \gamma_0(1 - \rho) \lg n]. \quad (5)$$

Зависимость (5) связывает меру ползучести  $C_{cr}$ , характеристику цикла  $\rho$ , число циклов нагружений  $n$  и параметр  $\gamma_0$ , зависящий от многих факторов и учитывающий единичные деформации, обусловленные усталостными явлениями в клебетоне.

Анализ развития в наших исследованиях деформаций при многократно повторном нагружении позволил проследить с качественной стороны влияние некоторых факторов на виброползучесть склеенных бетонных элементов.

Численное значение  $\gamma_0$  при известных опытных величинах  $C_{cr}$ ,  $C_f$ ,  $\rho$  и  $n$  определяем по формуле

$$\gamma_0 = \frac{C_f - 0,5(1 + \rho)C_{cr}}{C_{cr}(1 - \rho)\lg n} \quad (6)$$

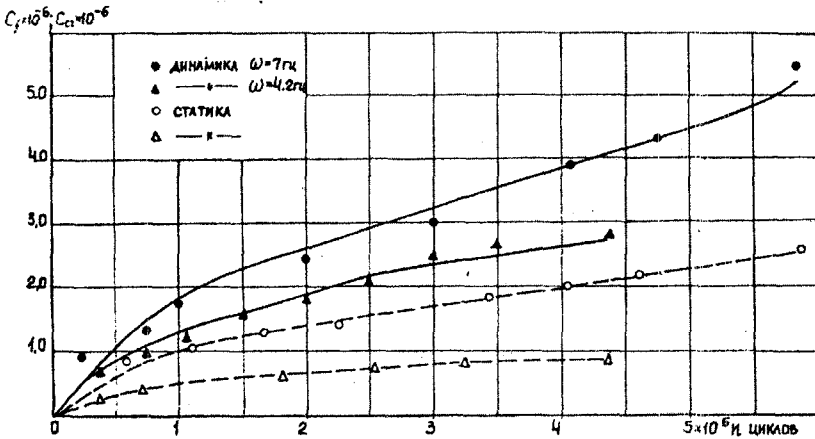
Величина  $C_f$  фиксировалась через определенное количество циклов повторного нагружения. По кривой ползучести, полученной при статическом загрузении длительной нагрузкой образцов-призм до той же величины максимального напряжения  $\sigma_{max}$ , которое было принято в испытаниях многократно повторным загрузением, определялась величина  $C_{cr}$  в моменты времени соответствующие достижению заданного числа циклов  $n$ . Для каждого заданного числа циклов  $n$  по формуле (6) вычислялась величина  $\gamma_0$ , а затем определялось его среднее значение. По среднеарифметическому значению  $\gamma_0$  согласно зависимости (5) строилась кривая единичных деформаций виброползучести, с которой сопоставлялись опытные значения.

В таблице приведены опытные величины деформаций виброползучести и ползучести, а также вычисленные на основе этих данных значения параметра  $\gamma_0$  для различных чисел циклов повторного нагружения. Представленные в таблице значения единичных деформаций  $C_f$  и  $C_{cr}$  являются средними из трех величин.

На рисунке показаны кривые единичных деформаций виброползучести склеенных образцов призм из бетона класса В12,5 и В25, испытанных с частотами повторного нагружения соответственно 4,2 и 7 гц. Как видно из рисунка, построенные по опытным величинам меры ползучести  $C_{cr}$  и среднего значения параметра  $\gamma_0$ . Кривые единичных деформаций  $C_f$  хорошо согласуются с опытными данными. Следовательно, предложенная методика построения кривых мер виброползучести дает удовлетворительный результат.

Опытные величины мер виброползучести и ползучести

B25 $\sigma_{m\max} / R_m = 0,503; \rho = 0,11; \omega = 7 \text{ гц}$								
Количество циклов $n \cdot 10^6$	0,245	0,75	1	2	3	4,15	4,75	5,8
$C_f \cdot 10^{-6}$	0,85	1,3	1,65	2,4	3,0	3,9	4,3	5,5
$C_{cr} \cdot 10^{-6}$	0,4	0,8	1,0	1,4	1,7	2,0	2,3	2,4
$\gamma_0$	0,328	0,205	0,21	0,207	0,21	0,235	0,222	0,29
B25 $\sigma_{m\max} / R_m = 0,485; \rho = 0,183; \omega = 4,2 \text{ гц}$								
Количество циклов $n \cdot 10^6$	0,375	1,08	1,5	2	2,5	3	3,5	4,35
$C_f \cdot 10^{-6}$	0,75	1,15	1,60	1,75	2,1	2,5	2,65	2,7
$C_{cr} \cdot 10^{-6}$	0,25	0,45	0,55	0,65	0,75	0,8	0,85	0,95
$\gamma_0$	0,517	0,40	0,46	0,408	0,423	0,48	0,473	0,432



Виброползучесть и ползучесть склеенных бетонных образцов при частотах 7 и 4,2 гц

На рисунке пунктиром показаны опытные кривые мер ползучести  $C_{cr}$  при статическом нагружении длительной нагрузкой склеенных образцов тех же классов бетона.

Меры ползучести от статической нагрузки при одном и том же времени испытаний значительно меньше чем при динамике и составляют 0,4...0,6 от меры ползучести при многократно повторном нагружении.

Деформации ползучести от длительно действующей статической нагрузки возрастают во времени плавно, а деформации виброползучести увеличиваются более интенсивно, например, для образцов из бе-

тона В25 при  $n = 4,75 \cdot 10^6$  цикла нагружения кривая продольных деформаций меняет направление и загибается в сторону оси ординат (рисунок), что свидетельствует о лавинообразном микротрещинообразовании. Такое резкое их возрастание приводит материал к разрушению. Этот факт подтверждается тем, что с увеличением количества циклов нагружения скорость распространения, как и величина амплитуды ультразвукового сигнала, уменьшаются [4].

При испытании с частотой повторного нагружения  $\omega = 7$  гц и 4,2 гц средние величины параметра  $\gamma_0$  изменялись в широких пределах. Следует отметить, что с уменьшением пластических свойств клебе-тонного элемента величина параметра  $\gamma_0$  возрастает. Для образцов, подвергающихся воздействию многократно повторной нагрузки с частотой  $\omega = 0,1$  гц характерно раннее появление видимых вертикальных усталостных трещин. Трещины возникают вблизи торцов склеенного образца при числе циклов повторного нагружения  $n$ , которое в 3-4,5 раза меньше числа циклов, приводящих образец к разрушению. По мере роста числа циклов нагружения трещины, сохраняя вертикальные направления, развиваются по высоте образца, но не пересекают клеевой шов. К моменту разрушения образца длина трещин по вертикали достигала 8-10 см, а ширина их раскрытия составляла более 0,5 мм.

Таким образом, независимо от частоты повторного нагружения за одни и те же отрезки времени развиваются одинаковые деформации виброползучести при прочих равных условиях эксперимента в том числе и режиме нагружения. Одному и тому же числу циклов в зависимости от частоты повторного нагружения соответствует различная величина виброползучести при прочих равных условиях, поскольку одно и то же число циклов достигается за различное время.

Полученная в результате исследований теоретическая и экспериментально подтвержденная связь между деформациями виброползучести и ползучести позволяет без проведения экспериментов на выносливость определять величины деформаций, возникающих от действия многократно повторных нагружений. А знание этих величин дает возможность прогнозировать прочность склеенных центрально сжатых элементов при мало и многоцикловых нагружениях различной частоты.

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

2.Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Гарбуз А.О. Ресурсосберегающий модифицированный акриловый клей с повышенной адгезионной прочностью и термостойкостью // Ресурсоэкономні матеріали, конструкції та споруди: Зб. наук. праць. Вип.3. – Рівненський держ. техн. ун-т, 1999. – С.57-63.

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. – Рівненський держ. техн. ун-т, 2001. – С.133-141.

4.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.

Получено 17.05.2002

УДК 691.3 : 620.197.6

М.С.ЗОЛОТОВ, профессор, Л.В.ГАПОНОВА

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТАРЕНИЯ ПОКРЫТИЯ ПОЛОВ ИЗ АКРИЛОВЫХ ПОЛИМЕРОВ**

Предлагается математическая модель продолжительности старения покрытий полов из акриловых полимеррастворов с учетом различных факторов.

В отечественной и зарубежной практике [1, 2] широко распространены полимербетоны на основе эпоксидных, полиэфирных и других смол. Эти материалы характеризуются высокими прочностными свойствами, коррозионной стойкостью и т.п. Вместе с тем они обладают низкими технологическими качествами (высокой вязкостью, длительным отверждением, многокомпонентностью и др.) и имеют высокую стоимость. Как показали исследования [3, 4], этих недостатков лишен раствор на основе акрилового полимера. Покрытия полов из этого материала соответствуют требованиям СНиП 2.03.13-88 [6]. Авторам необходимо определить срок службы покрытий из акрилового полимера.

Прогнозирование срока службы покрытий полов представляет собой сложную задачу. Их срок службы определяется свойствами материала покрытия, условиями эксплуатации, а также требованиями, которые к нему предъявляются. Одним из решений этой проблемы является выбор и обоснование математической модели. Эта задача решается на основе знаний о механизме старения покрытий. Однако, как показывают исследования, обоснование математической модели затруднено сложностью характера механизма старения. В процессе эксплуатации покрытий полов зданий изменяется характер механизма старения, то есть на отдельных этапах старения изменение эксплуатационных свойств покрытий определяют различные составляющие механизма старения. Это могут быть химические, диффузионные, фотоокислительные, термоокислительные процессы и т.д.