

ПРОЧНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ДЛИТЕЛЬНОГО ЗНАКОПЕРЕМЕННОГО НАГРУЖЕНИЯ

По статистическим данным часть нового капитального строительства по сравнению с реконструируемым фондом очень невелика. Процесс реконструкции как жилых так и промышленных зданий сопряжен с рядом трудностей одним из которых является учет предварительного нагружения на напряженно-деформированное состояние конструкций. Одним из видов предварительного нагружения есть знакопеременное нагружение, в результате которого растянутая зона бетона становится сжатой, а сжатая наоборот – растянутой. Данное явление встречается при изменении конструктивной схемы строения, при изменении технологического процесса или переносе оборудования в другой пролет многоэтажных промышленных зданий. Также, знакопеременная нагрузка встречается в аварийных ситуациях, когда происходит осадка опор строений вызванная недопустимыми грунтовыми процессами. Реже такой тип нагрузки встречается при больших температурных перепадах, а также при работе предварительно-напряженных конструкций. В новом строительстве также встречается знакопеременная нагрузка, например, при проектировании хранилищ силосного типа необходимо учитывать разные режимы нагружения (загрузка одной силосной банки при разгруженной соседней, а также разгрузка одной банки при загрузке соседней). В настоящее время, разрабатываются проекты по строительству электростанций добывающих электроэнергию посредством преобразования энергии ветра, предполагается размещение полей ветрогенераторов в открытом море с непостоянными по направлению ветровыми потоками, а это и есть не что иное как знакопеременное нагружение.

Подводя итог всему выше сказанному, можно сказать, что в скором будущем появится необходимость этого влияния при расчете железобетонных конструкций.

Исходя из всего выше сказанного нами было запланировано и проведено экспериментальные исследования влияния знакопеременного нагружения на прочностные характеристики железобетонных элементов. Методика и объем экспериментальных исследований приведены в [1].

На рис.2 приведены опытные диаграммы несущей способности образцов, подверженных влиянию предварительного длительного знакопеременного нагружения, а также образцов, испытанных в тех же условиях но при действии однозначной статической нагрузки того же уровня и суммарного времени действия. Для ясности, на рис. 1 приведены режимы приложения нагрузки. Знак “-” отвечает сжатию, “+” – соответствует растяжению.

Проанализировав опытные диаграммы, приведенные на рис. 2 можно сказать, что изменение несущей способности в результате действия знакопеременной нагрузки в сравнении с несущей способностью образцов, подверженных влиянию длительной однозначной статической нагрузки особенно заметно на низких уровнях. Так при уровне $\eta = \sigma/R_b = 0,25$ эта разница равна 4,11%, все остальные данные по другим уровням приведены в табл. 1.

Как уже выше было сказано – наибольшая разница в несущей способности, наблюдается между точками 1 и 2 (рис.2), между точками 5 и 6 наблюдается обратная тенденция, по всей видимости, вызванная упрочнением арматурной стали в результате действия многократно повторной знакопеременной нагрузки большого уровня.

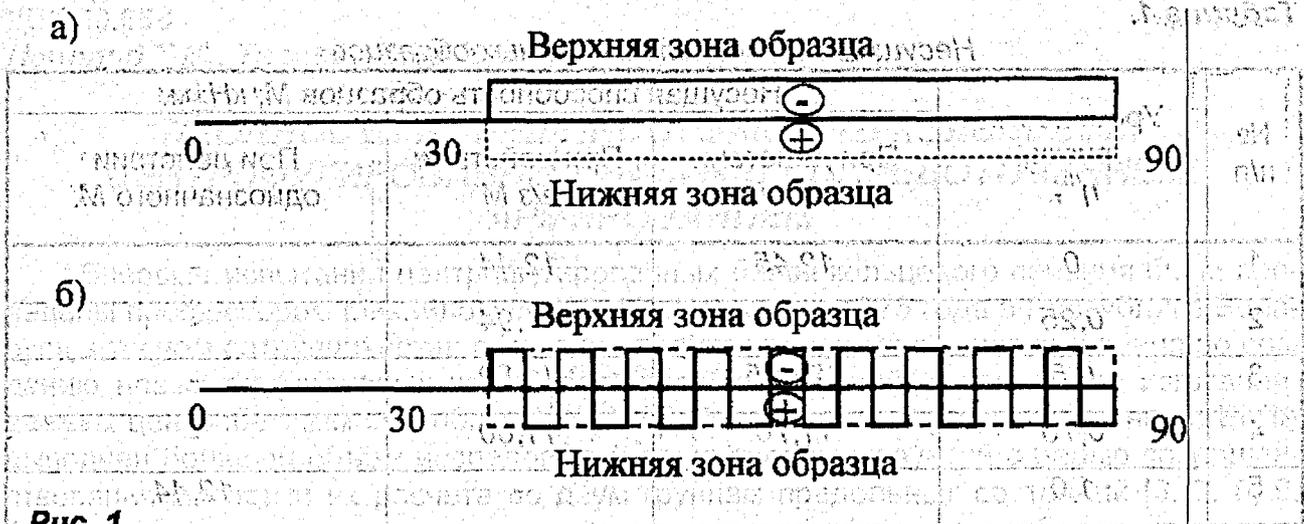


Рис. 1.
Режимы нагружения
(а) при $M = const$; б) при знакопеременном M

Несущая способность опытных образцов в зависимости от характера и уровня предварительной нагрузки

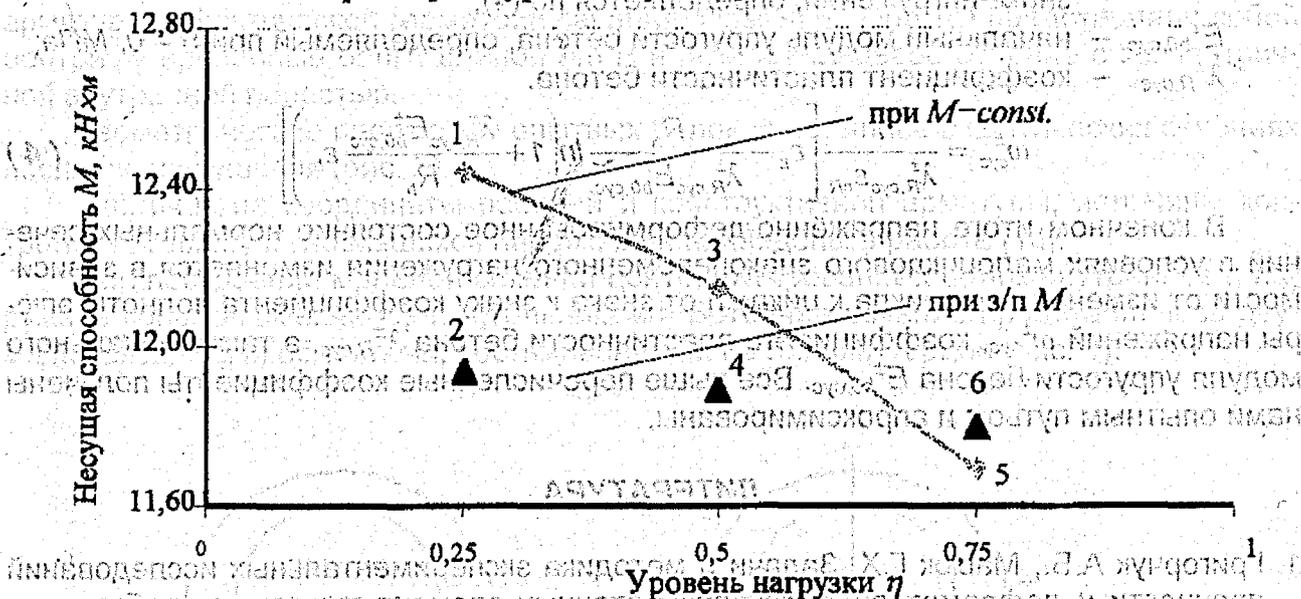


Рис. 2.
Опытные диаграммы несущей способности образцов

Для аппроксимации зависимости "напряжения-деформации" нами предлагается применить функцию (1) которая вытекает из зависимости Макаренко-Фенко предложенной в [2]:

$$\sigma_b = \frac{R_b \epsilon_b E_{b0}}{R_b + \epsilon_b E_{b0} \lambda_R} \quad (1)$$

Применение зависимости (1) для оценки напряженно-деформированного состояния нормальных сечений описано в [3]. Следует отметить, что при малоцикловом знакопеременном нагружении уравнения равнодействующей внутренних усилий в сжатом бетоне примут вид:

Таблица 1.

Несущая способность опытных образцов

№ п/п	Уровень нагрузки, η^{tb}_r	Несущая способность образцов M , кН·м.		
		При действии $M = const$	При действии $z/3 M$	При действии однозначного M .
1	0	12,45	12,44	-
2	0,25	12,44	11,94	-
3	0,5	12,145	11,89	-
4	0,75	11,70	11,80	-
5	1,0	-	-	12,44

$$N_{b,cyc}^{\pm} = b x R_b \omega_{cyc}^{\pm} \quad (2)$$

$$M_{b,cyc}^{\pm} = b x^2 E_{b0,cyc}^{\pm} \frac{1 - 2\omega_{cyc}^{\pm} (1 - \lambda_{R,cyc}^{\pm})}{2} \quad (3)$$

где: ω_{cyc}^{\pm} – коэффициент полноты эпюры напряжений зависящий от цикла и знака нагружения, определяется по (4);

$E_{b0,cyc}^{\pm}$ – начальный модуль упругости бетона, определяемый при $\sigma = 0$, МПа;

$\lambda_{R,cyc}^{\pm}$ – коэффициент пластичности бетона.

$$\omega_{cyc}^{\pm} = \frac{1}{\lambda_{R,cyc}^{\pm} \epsilon_{bR}} \left[\epsilon_b - \frac{R_b}{\lambda_{R,cyc}^{\pm} E_{b0,cyc}^{\pm}} \ln \left(1 + \frac{\lambda_{R,cyc}^{\pm} E_{b0,cyc}^{\pm}}{R_b} \epsilon_b \right) \right] \quad (4)$$

В конечном итоге напряженно-деформированное состояние нормальных сечений в условиях малоциклового знакопеременного нагружения изменяется в зависимости от изменения от цикла к циклу и от знака к знаку коэффициента полноты эпюры напряжений ω_{cyc}^{\pm} , коэффициента пластичности бетона $\lambda_{R,cyc}^{\pm}$, а также начального модуля упругости бетона $E_{b0,cyc}^{\pm}$. Все выше перечисленные коэффициенты получены нами опытным путем и аппроксимированы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорчук А.Б., Масюк Г.Х. Задачи и методика экспериментальных исследований прочности и деформативности железобетонных элементов, которые работают в условиях знакопеременного нагружения // Вестник ровенского государственного технического университета. Сборник научных трудов.-Ривне, -1999.-Выпуск 2.-Часть 3.-стр.51-54.
2. Макаренко Л.П., Фенко Г.А. Практический способ определения модуля упругости и упругопластических характеристик бетона при сжатии // Изв. вузов. Строительство и архитектура.-1970.-№10.-с.141-147.
3. Григорчук А.Б. Оценка напряженно-деформированного состояния нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов с учётом действительной диаграммы деформирования бетона // Вестник ровенского государственного технического университета. Сборник научных трудов.-Ривне, 1999.