



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СБОРНИК ТРУДОВ XVIII МЕЖДУНАРОДНОГО
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО СЕМИНАРА

ТОМ 1

Перспективы развития
новых технологий в строительстве
и подготовке инженерных кадров
Республики Беларусь

28-29 ноября
2012

Семенов С.Д., д-р техн. наук, проф.; Болошенко Ю.Г.
(Белорусско-Российский университет, г. Могилев)

ДЕФОРМАЦИИ УСИЛЕННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ

Эффективным способом усиления изгибаемых железобетонных элементов – балок, плит покрытия и перекрытия – является наращивание сечений намоноличиванием, позволяющее существенно увеличить несущую способность конструкции. Его эффективность также заключается в использовании поверхности конструкции в виде несъемной опалубки и позволяет сократить сроки проведения работ по усилению на эксплуатируемых объектах. Ввиду распространенности данного вида усиления интерес к этой теме в настоящее время не ослабевает.

По результатам проведенных экспериментальных исследований было установлено, что в результате действия нагрузок малоциклового характера происходит ускоренное накопление неупругих деформаций в бетоне сжатой зоны, нарастание деформаций в растянутой арматуре. Испытания были проведены на опытных балках до усиления (базовых), разрушение которых происходило по бетону сжатой зоны, и затем – усиленных наращиванием сжатой зоны.

На рисунках 1, 2 представлены зависимости « $M - \epsilon_c$ » и « $M - \epsilon_s$ » для опытных балок всех серий (для образцов, испытанных малоцикловым нагружением, показаны огибающие кривые).

Теоретические значения относительных деформаций крайнего сжатого волокна бетона и растянутой арматуры предлагается определять по следующей методике.

Момент, воспринимаемый сечением, определяется расчетом нормальных сечений по упругопластической модели. Предварительно в первой итерации задаемся напряжением в сжатом бетоне $\sigma_c = f_{c,ad}$, высотой сжатой зоны $x_c = x_{lim}$, начальным модулем упругости бетона $E_{c0} = E_{c0,ad}$, определенными при расчете по упругопластической модели. Для элементов, работающих в условиях малоциклового нагружения, необходимо учитывать изменение прочности бетона в результате нагрузок малоциклового характера, то есть $\sigma_c = f_{c,ad,cyc}$ и $E_{c0} = E_{c0,ad,cyc}$ [1].

На рисунке 3 представлена схема внутренних усилий в сечении изгибаемого элемента.

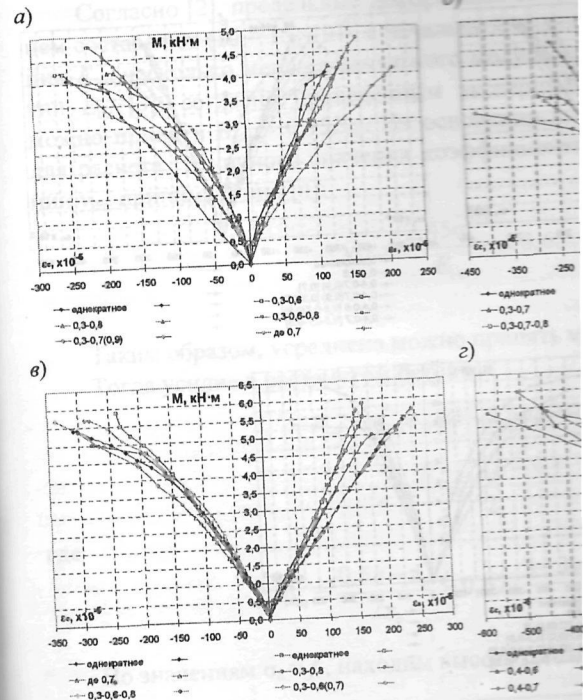


Рис. 1. Зависимости « $M - \epsilon_c$ » и « $M - \epsilon_s$ » для балок: а – 1-й серии; б – 2-й серии; в – 3-й серии

Момент относительно центра тяжести сечения по формуле:

$$M_{Rd} = N_c z_c + N_{ct} z_{ct} + \sigma_s A_{s1} (0,5h - z_c) + \sigma_{sc,ad} A_{sc,ad} (0,5h + h_{ad} - z_c)$$

где

$$N_c = \sigma_c (1 - 0,5\nu_c) b x_c$$

$$z_c = 0,5 \cdot \left(h - x_c \cdot 0,67 \sqrt{\frac{h}{x_c}} \right)$$

$$N_{ct} = \eta_{cr}^0 N_{c,cr}$$

$$N_{c,cr} = \sigma_{ct} b \cdot (1 - 0,5\nu_{ct}) x_{ct}$$

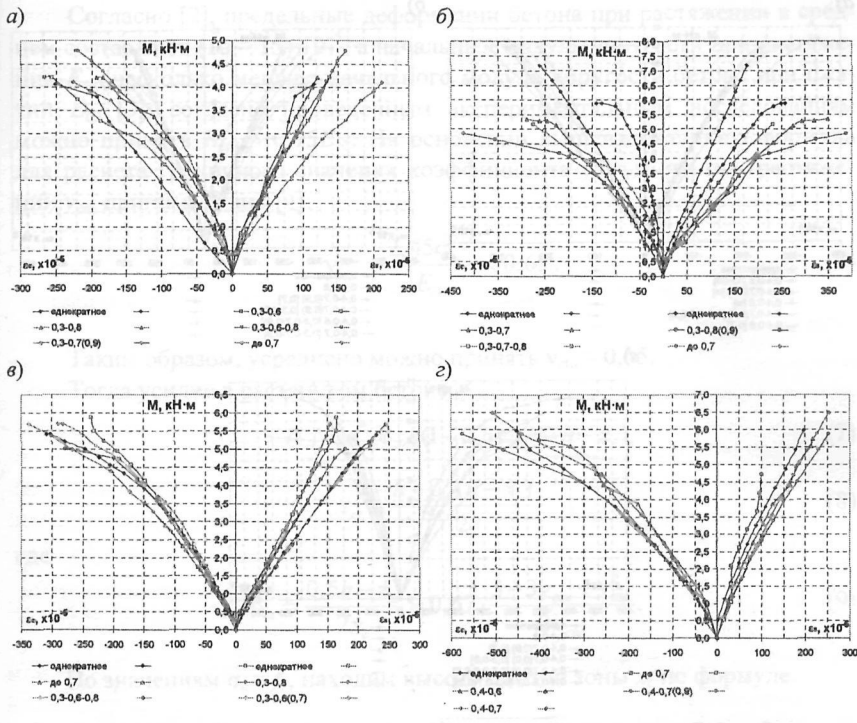


Рис. 1. Зависимости « $M - \epsilon_c$ » и « $M - \epsilon_s$ » для базовых опытных балок: а — 1-й серии; б — 2-й серии; в — 3-й серии; з — 4-й серии

Момент относительно центра тяжести сечения определяется согласно рисунку 3 по формуле:

$$M_{Rd} = N_c z_c + N_{ct} z_{ct} + \sigma_s A_{s1} (0,5h - c) + \sigma_{sc} A_{sc} (0,5h - c') + \sigma_{sc,ad} A_{sc,ad} (0,5h + h_{ad} - c'_{ad}), \quad (1)$$

где

$$N_c = \sigma_c (1 - 0,5v_c) b x_c, \quad (2)$$

$$z_c = 0,5 \cdot \left(h - x_c \cdot 0,67 \frac{3 - 3v_c + v_c^2}{2 - v_c} \right), \quad (3)$$

$$N_{ct} = \eta_{crc}^0 N_{c,crc}, \quad (4)$$

$$N_{c,crc} = \sigma_{ct} b \cdot (1 - 0,5v_{ctu}) (h - x). \quad (5)$$

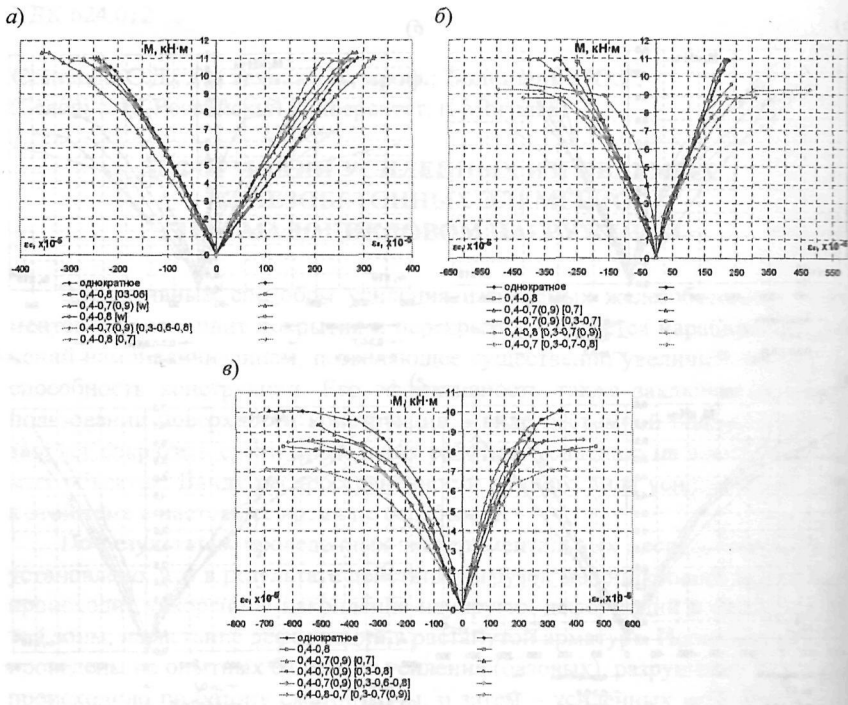


Рис. 2. Зависимости «M-ε_c» и «M-ε_a» для усиленных опытных балок: а - 1-й серии; б - 2-й серии; в - 3-й серии

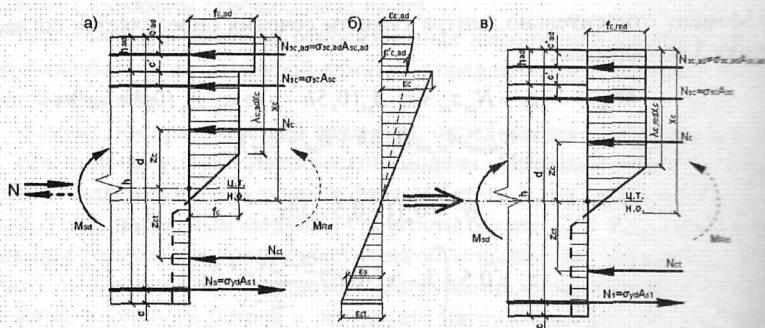


Рис. 3. К определению относительных деформаций сжатого бетона и растянутой арматуры:

а - эпюра напряжений в сечении изгибаемого железобетонного элемента; б - эпюра деформаций; в - эпюра напряжений для приведенной прочности бетона

Согласно [2], предельные деформации бетона составляют $(10 - 15) \cdot 10^{-5}$, а начальный модуль E_{ct0} несколько меньше начального модуля E_{c0} [3]; согласно проведенным экспериментам можно принять $E_{ct0} \approx 0,95 E_{c0}$. На основании выводов для расчета граничного значения коэффициента v_{ctn} принимает вид [4]:

$$v_{ctn} = \frac{2,45 \sigma_c^{2/3}}{E_{c0}} \approx 0,65$$

Таким образом, усреднено можно принять v_{ctn} . Тогда усилие в растянутом бетоне:

$$N_{ct} = \eta_{ctc}^0 \sigma_{ct} b (1 - 0,5 v_{ctn}) \cdot$$

$$z_{ct} = \frac{h - \beta_{ct} (h - x_c)}{2}$$

где

$$\beta_{ct} = \frac{0,5h - z_{ct}}{2x_c} = 0,67 \cdot \frac{3 - 3v_{ctn}}{2}$$

По значениям $\sigma_c = f_c$, находим высоту сжатого бетона

$$x_c = \frac{B_2}{B_1} + \sqrt{\left(\frac{B_2}{B_1}\right)^2 + \frac{E_{ct}}{E_c}}$$

где

$$B_1 = b \cdot 2(2 - v_{ctn});$$

$$B_2 = \frac{N_{ct} + \sigma_s A_{s1} + \sigma_s A_{s2}}{\sigma_c}$$

$$B_3 = \frac{2\alpha_m}{v_c} (A_{s1} d + A_{s2} d)$$

Напряжения в сжатой зоне:

$$\sigma_c = \frac{2M_{Rd} - N_{ct} [h - \beta_{ct} (h - x_c)] - \sigma_s A_{s1} d - \sigma_s A_{s2} d}{bx_c^2 [(1 - 0,5v_{ctn})h - x_c (1 - v_{ctn} + 0,33v_{ctn}^2)] + \sigma_s A_{s1} d + \sigma_s A_{s2} d}$$

Согласно [2], предельные деформации бетона при растяжении в среднем составляют $(10 - 15) \cdot 10^{-5}$, а начальный модуль упругости при растяжении E_{ct0} несколько меньше начального модуля упругости бетона при сжатии E_{c0} [3]: согласно проведенным экспериментальным исследованиям можно принять $E_{ct0} \approx 0,95 E_{c0}$. На основании вышеизложенного формула расчета граничного значения коэффициента упругости при растяжении v_{ctu} принимает вид [4]:

$$v_{ctu} = \frac{2,45\sigma_c^{2/3}}{E_{c0}} \approx 0,65. \quad (6)$$

Таким образом, усреднено можно принять $v_{ctu} \approx 0,65$.

Тогда усилие в растянутом бетоне:

$$N_{ct} = \eta_{cr}^0 \sigma_{ct} b (1 - 0,5v_{ctu}) \cdot (h - x_c), \quad (7)$$

$$z_{ct} = \frac{h - \beta_{ct}(h - x_c)}{2}, \quad (8)$$

$$\beta_{ct} = \frac{0,5h - z_{ct}}{2x_c} = 0,67 \cdot \frac{3 - 3v_{ctu} + v_{ctu}^2}{2v_{ctu}}. \quad (9)$$

По значениям $\sigma_c = f_c$, находим высоту сжатой зоны x_c по формуле:

$$x_c = \frac{B_2}{B_1} + \sqrt{\left(\frac{B_2}{B_1}\right)^2 + \frac{B_3}{B_1}}, \quad (10)$$

$$B_1 = b \cdot 2(2 - v_c); \quad (11)$$

$$B_2 = \frac{N_{ct} + \sigma_s A_{s1} + \sigma_{sc} A_{sc}}{\sigma_c}; \quad (12)$$

$$B_3 = \frac{2\alpha_m}{v_c} (A_{s1}d + A_{sc}c'). \quad (13)$$

Напряжения в сжатой зоне:

$$\sigma_c = \frac{2M_{Rd} - N_{ct} [h - \beta_{ct}(h - x_c)] - \sigma_s A_{s1}(h - 2c)}{bx_c^2 [(1 - 0,5v_c)h - x_c(1 - v_c + 0,33v_c^2)] + \alpha_m A_{s1}(d - x_c)(h - c)/v_c}. \quad (14)$$

Напряжения в растянутой арматуре:

$$\sigma_s = \alpha_m \sigma_c \frac{d-x}{v_c x} \quad (15)$$

Расчет повторяем до тех пор, пока разница между значениями σ_c^{i-1} и σ_c^i не будет превышать 5 %.

В результате расчета получаем приведенные значения прочности бетона $f_{c,red}$ ($f_{c,red,cyc}$) и соответствующие им относительные деформации.

Определение значений средних относительных деформаций сжатого бетона и растянутой арматуры необходимо для последующего определения прогибов [2] и ширины раскрытия трещин [5].

Литература

1. Болошенко, Ю.Г. Особенности работы бетонов различных видов в условиях малоциклового нагружения / Ю.Г. Болошенко // Інженерні системи та техногенна безпека: Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – Макіївка: ДонНАСА, 2011. – Вип. 5 (91). – С. 190 – 197.
2. Мурашев, В.И. Железобетонные конструкции / В.И. Мурашев, Э.Е. Сигалов, В.Н. Байков. – М.: Госстройиздат, 1962. – 658 с.
3. Семенюк, С.Д. Работа сжатого и растянутого бетона при малоцикловом нагружении / С.Д. Семенюк, Ю.Г. Болошенко, Е.С. Хмельницкий // Проблемы современного бетона и железобетона: материалы III международного симпозиума: в 2-х т. – Минск: Минсктипроект, 2011. – Т. 1. – С. 341 – 353.
4. Голишев, О.Б. Курс лекцій з основ розрахунку конструкцій і з опору залізобетону / О.Б. Голишев, А.Н. Бамбура. – Киев: Логос, 2004. – 340 с.
5. ТКП EN 1992-1-1-2009 (02250) Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2010. – 191 с.

УДК 62.059.7

Захаркина Г.И., канд. арх. наук, доц.
(ПГУ, г. Новополоцк)

АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Актуальность проблемы реконструкции и модернизации индустриальной застройки 1960 – 1980 годов срока их эксплуатации. Принципиальным вопросом реконструкции для улучшения архитектурно-планировочных условий в соответствии с требованиями

Жилые дома серии 1-464, построенные в 1960-е годы, имеют степень износа около 30 %. Основными проблемами данной серии служат поперечные и продольные трещины плит перекрытия размером «на комнату».

Учитывая незначительную степень физического износа: пятиэтажки, построенные после 1963 года, подвергнуть реконструкции

Анализ возможных способов реконструкции существующих серий показал, что в наибольшей мере соответствующим архитектурно-эстетическим требованиям отвечает расширение корпуса здания надстройкой. Это позволяет использовать возможности перепланировки малоэтажных территорий, многовариантные решения зданий и застройки в целом. Поиски наиболее оптимальных вариантов привели к идее создания новых жилых домов, возводимых на месте реконструируемых автором разработки академиком РААС «Вторичной застройки – ДВЗ» (защищены патентом).

В общем виде объемно-планировочная структура ДВЗ состоит из двух частей: новая часть м