

УДК 624.012

А. Е. ЖЕЛТКОВИЧ, А. И. ВЕРЕМЕЙЧИК, Н. Н. КОТ

Брестский государственный технический университет, Беларусь

КОРРЕКТИРОВКА КОЭФФИЦИЕНТА УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ БЕТОНА И НОВЫЙ ПОДХОД К РАСЧЁТУ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В СВЯЗНЫХ УСЛОВИЯХ

Исследовано влияние упругопластических свойств бетона на величину самонапряжения в условиях вынужденных деформаций расширения при произвольном распределении по длине плиты ограничения. С учетом этого предложен принципиально новый подход к определению коэффициента упругопластических деформаций напрягающего бетона, находящегося в связных условиях и проведено его экспериментальное определение.

Введение. Известно, что бетон является упругопластическим материалом. Особенно это свойство проявляется, когда бетон только изготовлен, находится в стадии твердения, формируется, а ограничивающая связь, сдерживающая деформации, весьма значительна. Если деформации бетона развиваются быстро, при достаточно большой жёсткости связи, то расчёт напряжений будет давать погрешность из-за неучтённой релаксации напряжений, являющейся следствием проявления пластических деформаций. Отметим, что это свойство может проявляться как в расширяющемся бетоне, так и в бетоне, претерпевающем усадку.

Расчётные модели определения напряжений от вынужденных деформаций (усадки, расширения, температурные) в конструкциях с использованием т. н. гипотезы «условного армирования» [1], а также описанные в работе [2], не лишены недостатков. Метод [1] основан на эмпирических зависимостях, связывающих напряжения и относительные деформации бетона (упругие), напряжения и деформации арматуры (связи). Расчёт усилий от усадки и ползучести производится только на стадии усадки в соответствии с допущением линейного закона развития деформации ползучести монолитного и сборного бетона [3–8]. Метод [2] не учитывает явления ползучести бетона при усадке в ограниченных условиях (связных). Каких либо исследований по определению влияния упругопластических свойств бетона на величину самонапряжения в условиях вынужденных деформаций расширения при произвольном распределении по длине плиты ограничения (связи) не проводилось.

1 Основные уравнения.

Расчёт напряжений в конструкции от вынужденных деформаций производится в соответствии с принципом, изложенным в [9, 10], с возможностью

учёта упругопластических свойств бетона. Этот принцип основан на том предположении, что возможен расчёт напряжений в теле бетона, основываясь исключительно на знании величины деформации, которая не реализовалась вследствие ограничения со стороны наложенной связи. Эту часть деформации (разницу между свободными и связными деформациями) можно представить как сумму упругой и пластической деформации [11]. Таким образом, напряжённое состояние монолитной конструкции (например, пол производственного цеха, дорожное, аэродромное покрытие), выполненной из напрягающего бетона, можно рассчитать исходя из следующих предпосылок:

1 Для опытных (контрольных) образцов, хранящихся в таких же реальных условиях, как и конструкция, определяется разница деформаций между свободными и связными деформациями (не реализовавшаяся часть деформации вследствие ограничения со стороны упругого ограничения кондуктора) по формуле

$$\varepsilon_{\Delta}^{\text{обр}}(t) = \varepsilon_{\text{своб}}^{\text{обр}}(t) - \varepsilon_{\text{связ}}^{\text{обр}}(t), \quad (1)$$

В конструкции находится разница относительных деформаций (свободных и связных) в характерных сечениях (не реализовавшаяся вследствие ограничения со стороны основания или арматуры), на основе алгоритма [11, рисунок 3] и выражения

$$\varepsilon_{\Delta}^{\text{констр}}(t) = \varepsilon_{\text{своб}}^{\text{обр}}(t) - \varepsilon_{\text{связ}}^{\text{констр}}(t). \quad (2)$$

2 Определяется упругая составляющая вынужденной деформации расширения

$$\varepsilon_{\text{упр}}^{\text{обр}}(t) = \frac{\sigma_{CE}^{x\%}(t)}{E_b^{x\%,CE}(t)}. \quad (3)$$

3 Модуль упругости для различных связных условий предложено определять в зависимости от модуля упругости полученного на образцах, находившихся в кондукторах при 1 % ограничения (со снятием упругого ограничения на момент испытания), умноженного на коэффициент поправки $k(t)$.

$$E_b^{x\%,CE}(t) = k(t) \cdot E_b^{1\%,CE}(t), \quad (4)$$

где $E_b^{x\%,CE}(t)$ – модуль упругости бетона при степени ограничения x %;

$E_b^{1\%,CE}(t)$ – модуль упругости бетона при степени ограничения 1 %.

4 Поправочный коэффициент:

$$k(t) = \frac{\sigma_{CE}^{x\%}(t)}{\sigma_{CE}(t)}, \quad (5)$$

где $\sigma_{CE}^{x\%}(t)$ – самонапряжение в образце с коэффициентом армирования x %;

$\sigma_{CE}(t)$ – самонапряжение в образце с коэффициентом армирования 1 %.

5 Пластическая составляющая деформации находится по формуле [11]:

$$\varepsilon_{\text{пл}}^{\text{обр}}(t) = \varepsilon_{\Delta}^{\text{обр}}(t) - \varepsilon_{\text{упр}}^{\text{обр}}(t). \quad (6)$$

6 Определяется коэффициент упругопластических деформаций (характеристика ползучести [9]) и строится график его изменения от времени

$$\varphi^{\text{обр}}(t) = \frac{\varepsilon_{\text{пл}}^{\text{обр}}(t)}{\varepsilon_{\text{упр}}^{\text{обр}}(t)}. \quad (7)$$

7 Корректируется значение упругопластической деформации $\varphi^{\text{обр}}(t) \rightarrow \varphi(\varepsilon_{\Delta}^{\text{обр}}(t))$. В ряде случаев удобно иметь график изменения коэффициента упругопластических деформаций не только от величины $\varepsilon_{\Delta}^{\text{обр}}(t)$, но и от степени ограничения расширения (связи), выраженного в процентном эквиваленте. Для этого в опытах должны присутствовать минимум две разные группы опытных образцов, отличающихся по величине арматурного ограничения (например 0 и 1 %). Каждому проценту ограничения (на определённый момент времени) соответствует своя величина недореализовавшейся деформации бетона $\varepsilon_{\Delta}^{\text{обр}}(t)$. Таким образом, график изменения коэффициента упругопластических деформаций может быть построен по точкам, соответствующим деформациям $\varepsilon_{\Delta,0\%}^{\text{обр}}(t)$, и $\varepsilon_{\Delta,1\%}^{\text{обр}}(t)$. В общем случае, чем больше образцов с различными степенями ограничения (связи), и соответственно точек $\varepsilon_{\Delta,x\%}^{\text{обр}}(t)$, тем точнее график $\varphi(\varepsilon_{\Delta}^{\text{обр}}(t))$.

Здесь $\varepsilon_{\Delta,n\%}^{\text{обр}}(t)$ – разница относительных деформаций (свободных и связанных) при $n\%$ упругого ограничения (связи). Очевидно, что $\varepsilon_{\Delta,0\%}^{\text{обр}}(t)$ всегда соответствует точке 0 на графике.

После соответствующей коррекции выводится зависимость коэффициента упругопластических деформаций (характеристики ползучести) от разницы относительных деформаций $\varepsilon_{\Delta}^{\text{обр}}(t)$, и в зависимости от процента армирования опытных образцов.

8 В соответствии с алгоритмом [11] определяется разница относительной деформации $\varepsilon_{\Delta}^{\text{констр}}(t)$ в характерных точках бетонной конструкции.

Способом прямого сопоставления графиков $\varepsilon_{\Delta}^{\text{обр}}(t) = \varepsilon_{\Delta}^{\text{констр}}(t)$ находят значения $\varphi(\varepsilon_{\Delta}^{\text{констр}}(t))$ в характерных точках конструкции (сравнивается деформация в бетоне конструкции, в конкретном месте с одинаковой по ве-

личине деформацией и соответствующему ей коэффициенту $\varphi(\epsilon_{\Delta}^{\text{обр}}(t))$ в опытных образцах).

9 Рассчитывается напряжение по известной зависимости [11]:

$$\sigma_b^{\text{констр}}(t) = \left(\epsilon_{\text{своб}}^{\text{обр,констр}}(t) - \epsilon_{\text{связ}}^{\text{констр}}(t) \right) \cdot \frac{E_b^{1\%,CE}(t)}{1 + \varphi(\epsilon_{\Delta}^{\text{констр}}(t))}. \quad (8)$$

2 Экспериментальное определение коэффициента упругопластических деформаций (характеристики ползучести).

В процессе определения коэффициента упругопластических деформаций $\varphi(t)$ в образцах серии № 1 эксперимента № 1 (рисунок 1), а также в экспериментах № 2, 3, принималась во внимание главная особенность работы нагружающего бетона, состоящая в том, что структура бетона ещё не сформирована и происходит интенсивный процесс её формирования на протяжении всего эксперимента.

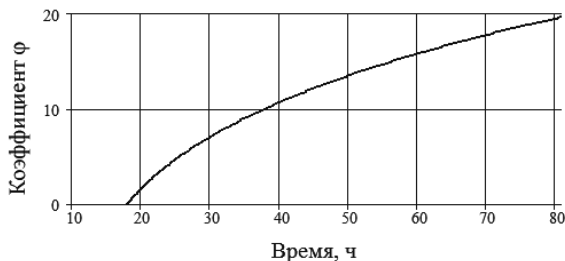


Рисунок 1 – Изменение коэффициента упругопластических деформаций φ при 1 % ограничения расширения (эксперимент № 1)

Представим изменение коэффициента упругопластических деформаций в зависимости от разницы деформации между свободно расширяющимся и находящимся в ограниченных условиях образцом (1 % ограничения, связи), так как эта деформация также является функцией времени (рисунок 2).

В третьем эксперименте для уточнения характера развития упругопластических деформаций использовались образцы с отличающимися процентами армирования: образец с 0, 1, и с 5,35 % армирования (плита № 3) (рисунок 3). В ряде случаев при бегонировании плит на бетонном основании само основание может выступать ограничителем расширения (в эквиваленте арматуры), большим чем, например, 1 % стальной арматуры. Не учтённый таким образом характер распределения упругопластических деформаций за пределами 1 % ограничения (связи), может сказаться на точности определения напряжений в конструкции плиты.

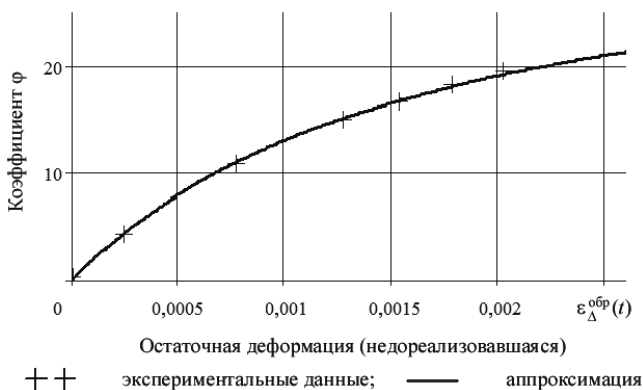


Рисунок 2 – Корректировка кривой изменения коэффициента упругопластических деформаций при 1 % ограничения расширения (эксперимент № 1)

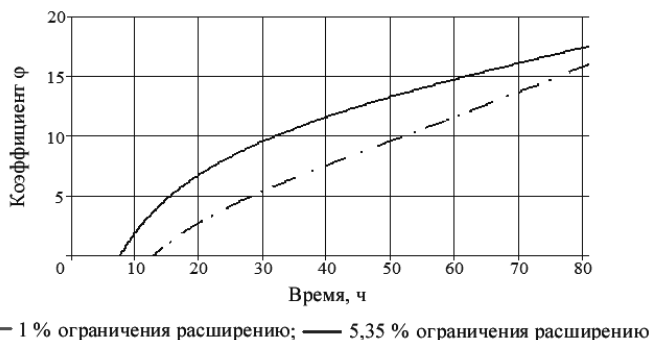


Рисунок 3 – Изменение коэффициента упругопластических деформаций (эксперимент № 3)

Иногда удобнее представить изменение коэффициента упругопластических деформаций в зависимости от степени ограничения расширению, в соответствии со своей величиной $\varepsilon_{\Delta}^{obr}(t)$ (разницы деформаций между свободными образцами и образцами с различными процентами армирования), как это показано на рисунке 4.

Для экспериментов № 1, 2 был установлен закон изменения $\varphi(\varepsilon_{\Delta}^{obr}(t))$ линейный, как показано на рисунках 5, 6. Эксперименты были произведены только для образцов, хранившихся в условиях ограничения расширения, соответствующих 1 % армирования и 0 % (две точки на графике).

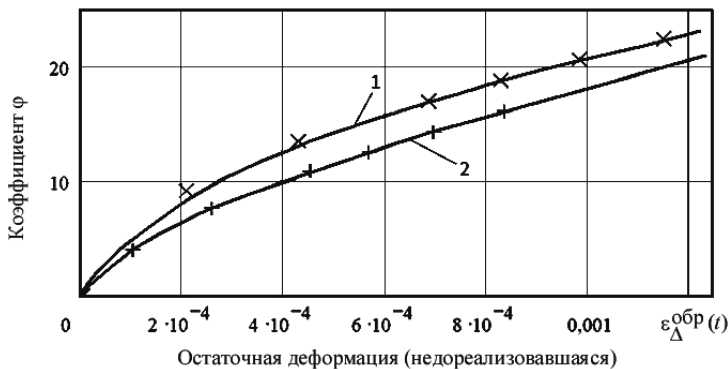


Рисунок 4 – Корректировка кривой изменения коэффициента упругопластических деформаций (эксперимент № 3)

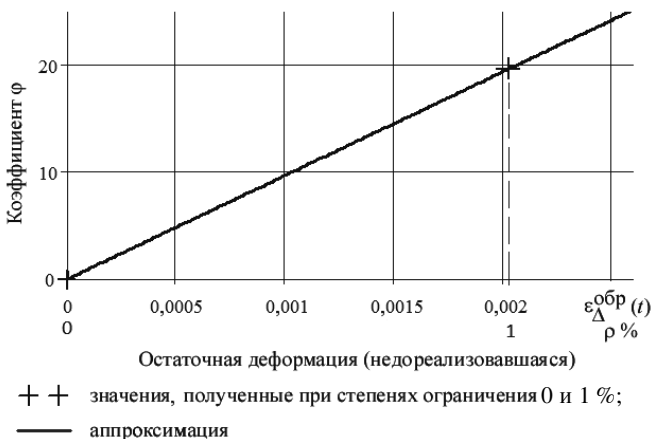


Рисунок 5 – Изменение коэффициента упругопластических деформаций на момент времени – 81 ч в зависимости от разницы деформаций свободно хранящихся образцов и образцов, соответствующих 0 и 1 % ограничения (связи), эксперимент № 1

График изменения коэффициента упругопластических деформаций, построенный на основе данных эксперимента № 3, без учёта влияния степени ограничения на модуль упругости бетона (где упругие деформации бетона $\epsilon_{\text{упр}}^{\text{обр}}(t)$ рассчитаны исходя из модуля упругости, полученного по традиционной методике [12, 13]), показан на рисунке 7. Модуль упругости определялся только на образцах, твердевших в кондукторах при 1 % ограничения, с последующим снятием упругого ограничения на момент испытания. Здесь

коэффициент упругопластических деформаций с большей степенью ограничения – 5,35 %, оказывается меньшим, чем в бетоне при 1 % ограничения (связи), чего не может быть. Анализируя формулу (6), видим, что при большей степени ограничения пластические деформации также будут большими.

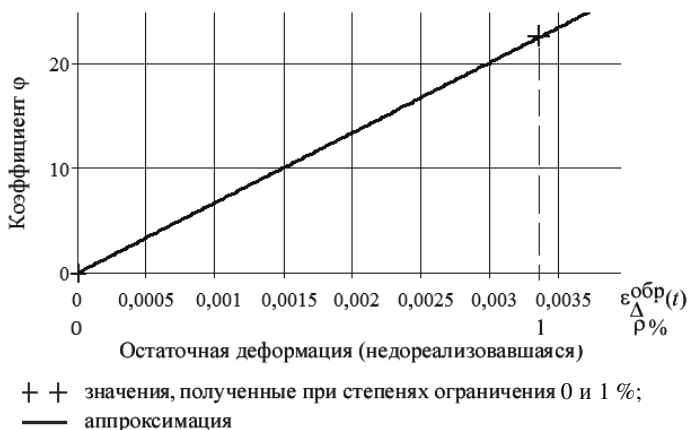


Рисунок 6 – Изменение коэффициента упругопластических деформаций на момент времени – 81 ч в зависимости от разницы деформаций свободно хранящихся образцов и образцов соответствующих 0 и 1 % ограничения (связи), эксперимент № 2

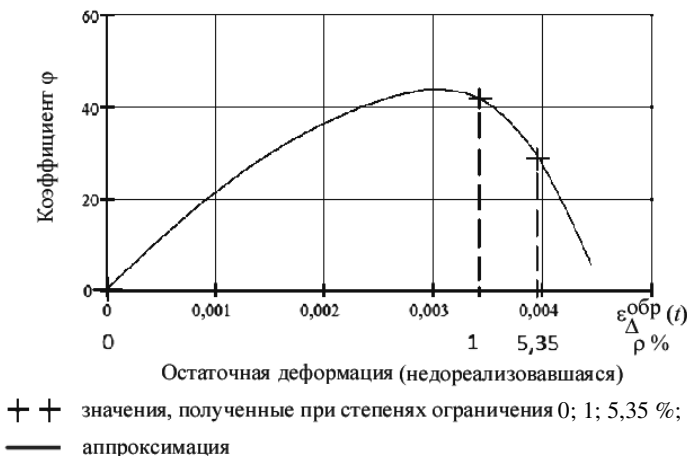


Рисунок 7 – Изменение коэффициента упругопластических деформаций на момент времени – 168 ч в зависимости от разницы деформаций свободно хранящихся образцов и образцов, соответствующих 0, 1 и 5,35 % ограничения (связи), эксперимент № 3

В работе [14] акцентируется внимание на том, что снятие внешнего ограничения равносильно приложению внешней растягивающей силы, приводит к частичному микроразрушению восстановленных контактов приобретённых при гидратации силикатных минералов исходного цемента к окончанию самонапряжения, и испытанию подвергается образец, имеющий микротрещины. Определение как прочностных, так и деформационных характеристик напрягающего бетона должно производиться на образцах, позволяющих сохранить к началу испытания напряжённо-деформированное состояние сформировавшейся структуры. Исследования по этой проблеме в испытаниях спирально армированных колонн [15, 16] показали, что величина ограничения оказывает влияние на процесс формирования бетона и, как следствие, на модуль упругости. Были получены значения модуля упругости на спирально армированных образцах, имеющих двухосное напряжённое состояние. В вышеупомянутых работах проводились исследования образцов, находящихся в условиях одноосного напряженного состояния в специальных лабораторных установках [15]. Модуль упругости определялся с сохранением напряжённого состояния на момент испытания.

Поскольку на практике не всегда представляется возможным контролировать изменение величины модуля упругости образцов в зависимости от степени ограничения деформации, в условиях сохранения напряжённого состояния на момент испытания, а данный метод [15] применим только в лабораторных условиях при наличии особых экспериментальных устройств (производить испытания бетонов, находящихся в реальных условиях, на строительной площадке не представляется возможным, более того, это достаточно сложно и в лабораторном исполнении), поэтому нами предложен более на наш взгляд рациональный подход. Модуль упругости в образце при произвольном проценте ограничения (связи) может быть подсчитан упрощённым способом, по формуле (5). При этом с достаточной для практики точностью допускается определять модуль упругости бетона, хранящегося в условиях одноосного ограничения (до 1 % арматуры в бетоне) и разгруженного на момент испытания, без опасения большой погрешности, если бетон на момент испытания имеет уровень прочности средний и выше. При более значительном уровне ограничения, при снятии упругого ограничения на момент испытания, деструктивные процессы в бетоне проявятся весьма существенно и поэтому испытания таких образцов не допустимо. Это подтверждается из следующих экспериментов.

В эксперименте № 3 на 81 ч от момента затворения бетона, самонапряжение в образце с 1 % армированием составляло 0,85 МПа. В плите № 3, устроенной с арматурными стержнями в количестве 5,35 % арматуры от суммарной площади бетона в сечении, самонапряжение составило 1 МПа. Но уже на 168 ч самонапряжение в бетоне образцов составляло 1,6 МПа и

2,43 МПа соответственно. Прочность бетона на растяжение весьма мала (примерно 10–14 % от прочности на сжатие) и уровень растягивающих напряжений – 2,43 МПа, для бетонов средней прочности в ряде случаев превышает предельный. Нами было установлено, что при незначительных величинах самонапряжения модуль упругости не будет отличаться существенно (первые несколько суток расширения), в опытах (эксперименты № 1, 2) были получены практически одинаковые результаты модулей упругости бетонов, хранившихся в связных условиях (1 % арматуры) и «разгруженных» на момент испытания, и в свободном состоянии.

Ввиду полученных несоответствий при определении коэффициента упругопластических деформаций, модуль упругости бетона, при степени армирования бетона 5,35 %, предложено определять путём умножения действительного модуля упругости, полученного на образце, хранившемся в условиях 1 % ограничения (связи), и «разгруженного» на момент испытания, на величину поправочного коэффициента $k(t)$, определяемого по формуле (5):

$$k(t) = \frac{\sigma_{CE}^{5,35\%}(t)}{\sigma_{CE}(t)}.$$

Таким образом, закон изменения коэффициента упругопластических деформаций в зависимости от изменения степени ограничения и с учётом поправочного коэффициента $k(t)$ представлен на рисунке 8. Распределение коэффициента $k(t)$ во времени показано на рисунке 9.

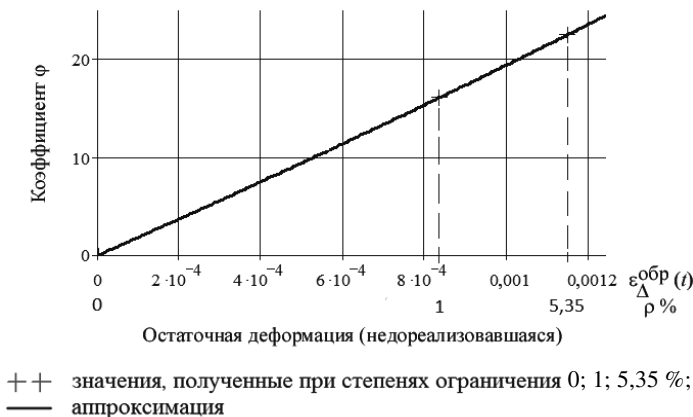


Рисунок 8 – Скорректированный график изменения коэффициента упругопластических деформаций на время – 81 ч, в соответствии с поправочным коэффициентом $k(t)$, эксперимент № 3

Влияние степени ограничения на модуль упругости бетона при испытании спирально армированных образцов было получено в [15] (рисунок 10, экспериментальная кривая 1). Сопоставляя её с теоретической кривой 2, полученной нами для образцов эксперимента № 3, где модуль упругости подсчитывался косвенно по эмпирической зависимости (4) и с учётом поправочного коэффициента $k(t)$ в пересчёте на изменение от процента ограничения (армирования), отметим, что динамика изменения модулей упругости (что нас интересует в первую очередь) имеет высокую корреляцию с данными эксперимента [15].

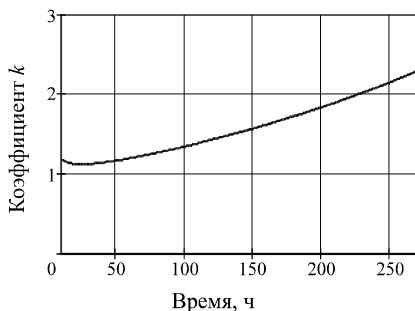


Рисунок 9 – Коэффициент $k(t)$, образцы серии № 1 (эксперимент № 3)

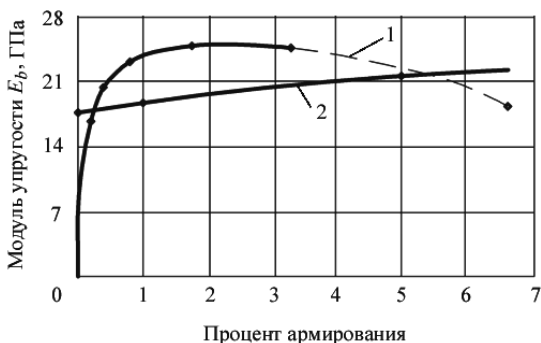


Рисунок 10 – Динамика изменения модуля упругости бетона в зависимости от степени ограничения: 1 – экспериментальная кривая [15]; 2 – теоретическая кривая, полученная косвенно по эмпирической зависимости (4) и с учётом поправочного коэффициента $k(t)$.

Выводы

1 При разных величинах вынужденных деформаций (степенях армирования), с достаточной определённой можно допустить, что модуль упругости связан с величиной самонапряжения и, соответственно, с коэффициентом армирования. Модуль упругости при произвольном проценте ограничения расширения (связи) отличается от модуля, полученного на образцах при 1 % и «разгруженных» на момент испытания на величину поправочного коэффициента $k(t)$. Таким образом, устраняется явное несоответствие характера развития упругопластических деформаций, что видно из сравнения рисунков 7 и 8 (при значительных степенях ограничения), с логически ожидаемой последовательностью развития кривой.

2 При незначительных величинах самонапряжения модуль упругости не будет отличаться существенно (первые несколько суток расширения), в опытах (эксперименты № 1, 2) были получены практически одинаковые результаты модулей упругости бетонов, хранившихся в связных условиях (1 % арматуры) и «разгруженных» на момент испытания, и в свободном состоянии. Можно сделать вывод, что кривая 1 в диапазоне изменения степеней ограничения от 0 до 1 % [15] не вполне соответствует действительности.

3 Благодаря описанному выше способу при расчёте модуля упругости и как следствие, коэффициента упругопластических деформаций, можно ограничиться сравнительно небольшим количеством экспериментов, проводимых над контрольными образцами. Например, при наличии двух групп образцов с разными процентами ограничения (связи), соответствующих 0 и 1 %, модуль упругости определяется только для одной группы образцов по традиционной методике [12, 13], что значительно упрощает задачу и с достаточной точностью позволяет определять характер распределения напряжений в плите [11, 17, 18].

4 При определении модуля упругости по методике [15] необходимо проводить исследования над всей группой образцов (две и более, в зависимости от количества образцов с различными степенями ограничения) на специальных устройствах и только в лабораторных условиях. Немаловажно, что предложенная нами методика свободна от необходимости специальных условий эксперимента, образцы до момента испытания хранятся непосредственно на стройплощадке.

5 Благодаря экспериментам, проведённым с бетонными составами большой энергоактивности НЦ при малой прочности (с так называемыми разрушающимися составами) на критических сроках твердения и расширения (7–10 суток), отмечался яркий характер динамики изменения физико-механических свойств бетона, где бетон уже находится на предельной стадии работы. Очевидно, что при расчёте плит, изготовленных из составов среднего уровня самонапряжения и прочности, принятые подходы к расчёту напряжений будут удовлетворяться автоматически.

6 С целью уточнения эмпирической зависимости (4) и значения поправочного коэффициента $k(t)$ в будущем ещё планируется провести ряд дополнительных экспериментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бердичевский, Г. И. Самонапряжённые сборно-монолитные перекрытия / Г. И. Бердичевский, В. Д. Будюк, В. В. Тур // Бетон и железобетон. – 1991. – № 1. – С. 17–20.

2 Zhang, J. Influence of Supporting Base Characteristics on the Shrinkage Induced Stresses in Concrete Pavements / J. Zhang, V. C. Li // Journal of Transportation Engineering. – 2001. Vol. 127. – № 6. – P. 455–462.

3 **Гольшев, А. Б.** Расчёт сборно-монолитных конструкций с учётом фактора времени / А. Б. Гольшев, В. П. Полищук, Ю. А. Колпаков. – Киев: Будівельник, 1969. – 432 с.

4 **Al-Zaid, R.** Partially Prestressed Composite Beams under Sustained and Cyclic Loads / R. Al-Zaid, A. E. Naaman, A. S. Nowak // *ASCE Journal of Structural Engineering*. – 1988. – Vol. 114. – № 2. – P. 269–291.

5 **Bazant, Z. P.** Mathematical modeling of creep and shrinkage of concrete / Z. P. Bazant. – New York: Wiley and Sons, 1988. – 427 p.

6 **Bazant, Z. P.** Prediction of Concrete Creep Effects Using Age-Adjusted Effective Modulus Method // *ACI Journal*. – 1972. – Vol. 69. – № 4. – P. 212–217.

7 **Biliszczuk, J.** Analiza efektywności sprężania betonowej płyty pomostu w wyniku wymuszenia deformacji ciągłych przęseł mostu zespolonego / J. Biliszczuk, R. Edlebi // *Inżynieria i Budownictwo*. – 1996. – № 3. – S. 169–173.

8 **Shen, J. H.** Linearity of creep functions and the superposition principle / J. H. Shen, J. C. Warlaven // *Creep and Shrinkage of Concrete: Proceedings of the 5th RILEM Symposium, Barcelona, September 6–9, 1993*. – London: Chapman and Hall, 1991. – P. 207–212.

9 **Улицкий, И. И.** Теория и расчёт железобетонных стержневых конструкций с учётом длительных процессов. – Киев: Будівельник, 1967. – 346 с.

10 **Улицкий, И. И.** Расчёт железобетонных конструкций с учётом длительных процессов / И. И. Улицкий, Чжан Чжун-яо, А. Б. Гольшев. – Киев: Госстройиздат УССР, 1960. – 495 с.

11 **Желткович, А. Е.** К вопросу об учёте упругопластических свойств при расчёте напряжений в бетонных монолитных плитах покрытий, находящихся во взаимодействии с основанием / А. Е. Желткович // *Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: сб. тр. XVI междунар. науч.-метод. семинара*. – Брест: БрГТУ, 2009. – Ч. I. – С. 149–158.

12 **Пособие по проектированию самонапряженных железобетонных конструкций** (к СНиП 2.03.01–84) / В. В. Михайлов [и др.]. – Москва: ЦНТП, 1986. – 37 с.

13 **ТУ 67-938-87.** Бетон на напрягающем цементе.– Взамен ТУ 67-654-85; Введ. 01.04.88. – М.: Минстройматериалов СССР, 1987. – 24 с.

14 **Тур, В. В.** Экспериментально-теоретические основы предварительного напряжения конструкции при применении напрягающего бетона / В. В. Тур. – Брест: Изд-во БПИ, 1998. – 244 с.

15 **Михайлов, В. В.** Расширяющие и напрягающие цементы и самонапряженные конструкции / В. В. Михайлов, С. Л. Литвер.– М.: Стройиздат, 1974. – 389 с.

16 **Михайлов, В. В.** Действительная несущая способность центральной загруженной колонн с защитным покрытием / В. В. Михайлов, В. Д. Будюк // *Тр. Всесоюзной конф. по бетону и железобетону*.– М.: НИИЖБ, 1972. – С. 89–90.

17 **Желткович, А. Е.** Расчёт напряжённно-деформированного состояния железобетонных плит, располагаемых на различных основаниях, на основе трансформированной диаграммы сдвига бетона / А. Е. Желткович // *Проблемы современного бетона и железобетона: сб. тр. В 2 ч.* — Минск: Стринко, 2007. – Ч. 1: Бетонные и железобетонные конструкции. – С. 178–192.

18 **Желткович, А. Е.** Расчёт напряжённно-деформированного состояния в бетонных плитах, располагаемых на песчаных или гравелистых основаниях, с учётом взаимодействия с основанием / А. Е. Желткович // *Вестник Брестского гос. техн. ун-та. Строительство и архитектура*. – 2009. – № 1 (55). – С. 77–81.

A. E. ZHELTKOVICH, A. I. VEREMEICHIK, N. N. KOT

**CORRECTION OF CONCRETE ELASTIC-PLASTIC DEFORMATIONS
COEFFICIENT AND NEW APPROACH TO THE CALCULATION
OF MODULE OF ELASTICITY FOR PRESTRESSED CONCRETE
IN COHERENT CONDITIONS**

In the article the influence of elastic-plastic properties of concrete on self-stressing in compelled expansion deformations at arbitrary distribution on plate constraint length is investigated. With a glance of it a brand new approach to the definition of elastic-plastic deformation coefficients of stressed concrete in coherent conditions is offered and its experimental determination is carried out.

Получено 15.10.2010

**ISBN 978-985-468-924-1. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 5. Гомель, 2011**

УДК 621.01.001

С. М. ЖИГИЛИЙ, Е. С. ДЯЧЕНКО

*Полтавский национальный технический университет
им. Юрия Кондратюка, Украина*

**УВЕЛИЧЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
УПРАВЛЯЕМОГО ДЕБАЛАНСНОГО ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ**

Проведено исследование вибрационного воздействия управляемых механических центробежных дебалансных возбудителей колебаний на эффективность работы технологических вибрационных машин. Такие вибровозбудители имеют целый ряд существенных преимуществ перед традиционными вибровозбудителями. Анализ математической модели исследуемого вибровозбудителя позволил сделать вывод о возможности повышения эффективности вибрационного воздействия за счет оптимального размещения подвижных дебалансов. Целесообразно в начальном уравновешенном состоянии подвижные дебалансы располагать в наиболее удаленных от неподвижного положений (рядом с опорными подшипниками). Это позволяет существенно увеличить значение главного момента сил инерции подвижных дебалансов на первой четверти их поворота.

На протяжении последних 25 лет сотрудниками кафедры теоретической механики Полтавского НТУ им. Ю. Кондратюка под руководством, к сожалению, ныне покойного д. т. н. профессора Л. И. Сердюка разрабатывались и разрабатываются оригинальные конструкции *управляемых механических центробежных дебалансных возбудителей колебаний* (УМЦДВК), которые используются в качестве приводов различных технологических вибрационных машин [1–5]. Проведенные исследования вибрационных машин с УМЦДВК