

Актуальные проблемы инженерной механики / Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции. Общая редакция — Н.Г. Сурьянинов. Одесса: "Внешрекламсервис", 2016. — 116 с.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ:

Ковров А.В. — председатель оргкомитета конференции, ректор Одесской государственной академии строительства и архитектуры, к.т.н., профессор.

Грищенко И.М. — председатель оргкомитета конференции, ректор Киевского национального университета технологий и дизайна, д.э.н., профессор.

Крутий Ю.С. — проректор Одесской государственной академии строительства и архитектуры, к.т.н., профессор.

Швабюк В.И. — Луцкий национальный технический университет, д.т.н., профессор

Каплун В.В. — заместитель председателя оргкомитета конференции, проректор Киевского национального университета технологий и дизайна, д.т.н., профессор.

Клименко Е.В. — проректор Одесской государственной академии строительства и архитектуры, д.т.н., профессор

Чабан В.В. — заместитель председателя оргкомитета конференции, проректор Киевского национального университета технологий и дизайна, д.т.н., профессор.

Сурьянинов Н.Г. — заместитель председателя оргкомитета конференции, зав. кафедрой строительной механики Одесской государственной академии строительства и архитектуры, д.т.н., профессор.

Кострова Г.В. — заместитель главного редактора сборника «Труды Одесского политехнического университета», к.т.н., доцент.

Костюк А.И. — директор инженерно-строительного института Одесской государственной академии строительства и архитектуры, к.т.н., профессор.

Максимович О.В. — заведующая кафедрой технической механики Луцкого национального технического университета, д.т.н., профессор.

Параска Ю.Б. — проректор Хмельницкого национального университета, д.т.н., профессор.

Месяц В.П. — д.т.н., профессор кафедры инженерной механики Киевского национального университета технологий и дизайна.

Балдук П.Г. — ответственный секретарь, к.т.н., проф. кафедры строительной механики Одесской государственной академии строительства и архитектуры.

Мазур Н.Т. — технический редактор журнала «Вестник КНУТД».

Утверждено к печати Организационным комитетом конференции. Печатается в виде, представленном Организационным комитетом конференции

СОДЕРЖАНИЕ

Бабий А.А. Возможности ПК «SOFISTIK» в строительной отрасли	8
Бабич С.Ю., Глухов Ю.П., Лазар В.Ф., Учет инерции вращения при определении напряженно-деформированного состояния двухслойного основания с начальными напряжениями	10
Багно О.М. Хвилі Лемба у пружному шарі, який взаємодіє з шаром в'язкої стисливої ріднини	12
Балдук Г.П., Балдук П.Г. Алгоритм определения VAL-индекса и методики получения сравнительных характеристик с его использованием	16
Бекшаев С.Я. Качественный подход в задачах оптимизации сжатых стержней	20
Белоус П.А. Оценка концентрации напряжений в сферических обечайках при наличии вмятин.....	23
Березин Л.Н., Глемязь В.А. К расчету податливой грани клина по условиям жесткости и долговечности.....	27
Берестянская С.Ю., Берестянская А.А. Особенности численного расчета сталефибробетонных плит на термосиловое воздействие.....	31
Беспалова А.В., Дашковская О.П., Лебедев В.Г. Закономерности пылеобразования при обработке каменных поверхностей	34
Ватуля Г.Л., Резуненко М.Е., Орел Е.Ф. Применение регрессионного анализа для определения несущей способности трубобетонных колонн.....	39
Волкова В.Е., Смолий С.И. Анализ моделей свободных колебаний тонкостенных балок открытого сечения.....	44
Галатенко Г.В. Двухпараметрический критерий квазихрупкого разрушения	49
Гапшенко В.С., Еньков Е.У. Прочность полос бетона между трещинами при двухосном растяжении-сжатии	51
Глухов А.Ю. Поширення вісесиметричних пружних хвиль вздовж шарів композитного нестисливого матеріалу з початковими напруженнями	53
Гуляев В.И., Глушакова О.В., Глазунов С.М. Крайові ефекти в формах торсіонних автоколивань бурильних колон в похилих свердловинах	55
Горобець В.А., Манойленко О.П. Аналіз процесу подачі нижньої нитки двониткового ланцюгового стібка	58
Дериземля С. В. Моделирование работы сталебетонных конструкций под воздействием силовых и температурных	

Мейш В.Ф., Савчук С.Г. Порівняльний аналіз чисельних та аналітичних розв'язків задач теорії дискретно підкріплених оболонок при нестационарних навантаженнях.....	155
Мейш В.Ф. Динамика трехслойных цилиндрических оболочек на упругом основании при импульсных нагрузках	157
Мікуліч О.А. Дослідження динамічного напруженого стану пластинчастих елементів конструкцій за дії слабких ударних хвиль.....	158
Музичишин С.В., Піпа Б.Ф. Привід круглов'язальної машини з пружною запобіжною муфтою	160
Панасюк О.М. Поширення квазіпоздовжніх хвиль вздовж шарів нестисливих композитних матеріалів при умові проковзування між шарами	164
Плугин А.А., Лобяк А.В., Головка Д.В. Моделирование ползучести бетона при оценке напряженно-деформированного состояния сталебетонных плит перекрытия	166
Постернак О.М. Вплив надійності на раціональний вибір методу підсилення залізобетонних балок	170
Прибитько І.О., Олексієнко С.В., Ганєєв Т.Р., Болотов М.Г. Перспективи використання програми Google SketchUp в навчальному процесі	173
Ремез Н.С., Осипова Т.А. Прогнозирование устойчивости полигонов ТБО для его использования в качестве основания сооружения	176
Сафронова І. А. Числовий аналіз збіжності ітераційних алгоритмів розрахунку оболонок обертання при великих переміщеннях	178
Семенов Е.И., Сенников О.Н., Сурьянинов Н.Г., Шнайдер С.А. Биомеханика самораскручивания винта, соединяющего имплантат и абатмент	181
Семенов Е.И., Сенников О.Н., Сурьянинов Н.Г., Шнайдер С.А. Зависимость напряженно-деформированного состояния костной ткани от геометрических размеров имплантата	185
Середницька Х.І. Моделювання термонапруженого стану біматеріалу з міжфазною тріщиною, заповненою ідеальним газом	187
Сидорчук М.М. Перспективи застосування фібро бетону	191
Синчук С.Д. Общая постановка задачи оптимального проектирования. Постулаты оптимальности	195
Совгира В. В. Процесс деформирования и разрушения одноосно сжатого бетона на основе полных равновесных диаграмм	196
Твардовський І.О., Чобан Г.С., Вандинський В.Ю. Встановлення віку корозії металу	202
Фомин В.М. Дифференциальные уравнения пространственного	

Література

1. Гузь А.Н. Упругие волны в телах с начальными (остаточными) напряжениями. – К.: А.С.К., 2004. – 672 с.

PROPAGATION OF QUASI-LONGITUDINAL WAVES ALONG THE LAYERS OF A INCOMPRESSIBLE COMPOSITE MATERIAL ON CONDITION SLIPPAGE BETWEEN LAYERS

The propagation of quasi-longitudinal waves along the layers of an incompressible composite material is considered within the framework of the three-dimensional linearized theory of elasticity. The composite consists of periodically alternating layers made of two materials, between which is complete slip. The dispersion equation is obtained and numerically investigated.

УДК 624.073

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ БЕТОНА ПРИ ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛЕБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

Плугин А.А., д.т.н., проф.,

Лобяк А.В., к.т.н., доц., Головки Д.В., к.т.н, ст. лаб.

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

На сегодняшний день существует большое количество методов расчета пластин из упругопластических материалов, позволяющих учитывать нелинейные и реологические свойства бетона. Такие расчеты, как правило, связаны со сложными вычислениями и немалой погрешностью. Пути совершенствования бетонных и сталежелезобетонных конструкций предполагают применение более адекватных способов моделирования нелинейных и реологических свойств материалов, а полноценная оценка долговечности не может быть обеспечена без полного учета особенностей деформирования бетона во времени.

Наиболее остро проблема ползучести бетона представляется для сооружений из сталежелезобетона и в частности – для сталебетонных плит, так как многие полезные качества этих конструкций будут зависеть, в том числе, от перераспределения усилий, связанного с процессами ползучести бетона.

Известно, что механизм длительного деформирования бетона зависит от характера внешнего воздействия, масштабного фактора, возраста и состава бетона, влажности среды, температуры, а также от уровня его напряженного состояния. Учет данных факторов и нелинейных свойств бетона при оценке

НДС с течением времени предполагает применение вычислительных комплексов в качестве основного инструмента компьютерного моделирования.

Программные комплексы, допускающие учет нелинейных и реологических свойств бетона, реализуют способ моделирования длительного деформирования, основанный на применении коэффициента ползучести [1]:

$$\varepsilon_{ct} = \sigma_c / E_c \left((1 + \varphi(t, t_0)) \right), \quad (1)$$

где $\varphi(t, t_0) = \varphi_c \beta(t, t_0)$,

φ_c – коэффициент ползучести для $\varphi = \infty$,

$\beta(t, t_0)$ – коэффициент, описывающий развитие ползучести во времени,

t_0 – возраст бетона на момент первого нагружения.

Данная методика реализует 90 % ползучести бетона за 20-25 лет службы в зависимости от влажности окружающей среды, начальной прочности и возраста бетона. Несмотря на это, данный способ не раскрывает истинный механизм кинетики длительного деформирования, применяя для различных стадий работы бетона постоянную функцию изменения коэффициента ползучести.

Принимая возможность реализации альтернативных методов учета ползучести на базе вычислительных комплексов, нами предложен способ, основанный на коллоидно-химическом представлении механизма длительного деформирования бетона [2]. В основу теории положено более общее представление о кинетической кривой длительного деформирования, и, соответственно, феноменологические уравнения развития деформаций в зависимости от стадии работы бетона. При этом выделяется четыре стадии деформации (рис. 1) – сжатия в условно упругой постановке, которая длится в течение долей секунды, стадии быстроснатекающей ползучести (1), заканчивающейся через нескольких минут или десятков минут, нелинейной (2) и линейной (3) части обычной ползучести, а также стадии долговременной ползучести (4).

Частные уравнения, моделирующую кинетику деформирования на каждой из указанных стадий, имеют вид:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{свп}(t) &= \varepsilon_y + \Delta\varepsilon_{вп} \left(1 - e^{-t/T_r^{вп}} \right), \\ \varepsilon_{свпн}(t) &= \varepsilon_{вп} + \Delta\varepsilon_{впн} \left(1 - e^{-t/T_r^{впн}} \right), \\ \varepsilon_{свпл}(t) &= \varepsilon_{впн} + k_{впл} (t - t_{впн}), \\ \varepsilon_{сдл}(t) &= \varepsilon_{впл} + k_d (t - t_{впл}), \end{aligned} \quad (2)$$

где $T_r^{вп}$, $T_r^{впн}$ – время релаксации в соответствии с дисперсно-фазовой моделью Терцаги на экспоненциальных стадиях деформирования,

$k_{опл}, k_d$ – кинетические коэффициенты, отражающие скорость роста деформаций общей (на линейном участке) и долговременной ползучести.

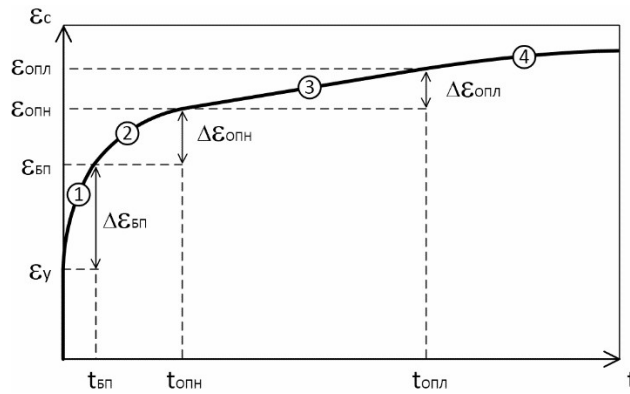


Рис. 1. Обобщенная кинетическая кривая ползучести бетона

С учетом последнего, выражение для определения коэффициента ползучести на любой стадии деформирования бетона принимает вид:

$$\varphi(t) = (\varepsilon_s(t) - \varepsilon_{cy}) / \varepsilon_{cy} \quad (3)$$

Полные относительные деформации бетона, соответствующие завершению стадий быстроснатекающей (1) и обычной (2) ползучести, определяются исходя из гипотезы о механизме поведения субмикроструктуры бетона, состоящего из электрически заряженных частиц (глобул) гидросиликатного геля при воздействии на нее сжимающего напряжения. Предполагается, что предельные деформации ползучести определяются деформациями геля за счет сжатия ДЭС, фильтрации воды из сжатых зон конструкции в растянутые по законам безнапорной водопроницаемости, а кинетика долговременной ползучести будет зависеть от масштабного фактора при фильтрационном выдавливании воды из геля.

В качестве демонстрации представленных положений рассмотрим моделирование долговременного деформирования на примере сталебетонной, шарнирно-опертой по контуру плиты с размерами в плане 3×3 м и высотой 150 мм, которая состоит из металлического листа толщиной 1.2 мм с маркой стали СтЗкп2 и бетона класса С30/35. Для обеспечения совместной работы бетона и мембраны применяются петлевые анкера с шагом 150 мм. При расчете параметров ползучести учитывается относительная влажность RH=74% и возраст бетона $t_{из} = 28$ сут. Номограммы ползучести, полученные в соответствии с [1] и по предложенной методике представлены на рис. 2.

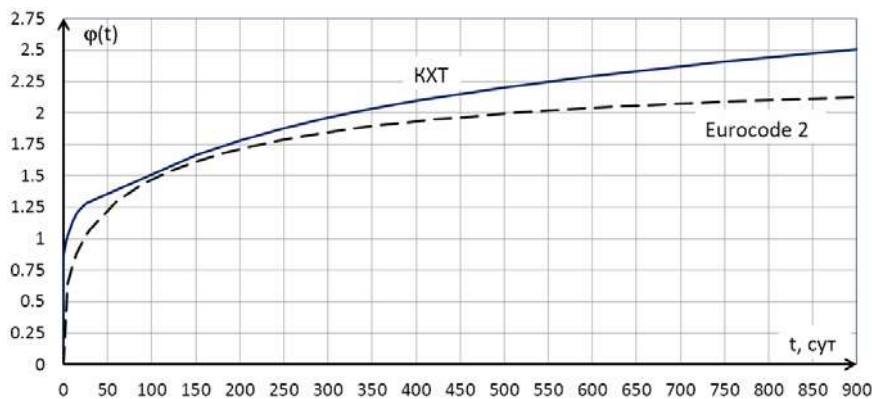


Рис. 2. Номограммы ползучести, полученные в соответствии с Eurocode 2 и по предлагаемой методике

Решение задачи выполнено в среде программного комплекса Лира-САПР [3], что в полной мере позволяет раскрыть все особенности рассматриваемой конструкции и реализовать предложенную методику учета ползучести. Построение расчетной схемы выполнено с использованием трех типов конечных элементов (КЭ). Моделирование стального листа выполнено с помощью универсальных КЭ оболочки, бетонного слоя – физически нелинейными пространственными изопараметрическими КЭ. Объединение мембраны и бетона учитывалось использованием двухузловых КЭ упругих связей.

Для математического описания работы бетона принят экспоненциальный закон деформирования, а влияние ползучести учитывалось кусочно-линейным законом в соответствии с номограммами, приведенными на рис. 2. Нагрузка принималась равномерно-распределенной по всей поверхности плиты. Результат расчета для различных временных периодов приведен в таблице.

Таблица. Результаты расчета НДС сталебетонной плиты

Параметр НДС	Нелинейный расчет с учетом ползучести					
	28 сут.		365 сут.		900 сут.	
	EN	КХТ	EN	КХТ	EN	КХТ
Вертикальные перемещения в центре плиты, мм	5.31	5.73	6.87	7.14	7.28	7.97
Напряжения в стальном листе, МПа	76.4	80.6	91.9	94.6	95.9	103
Сжимающие напряжения в бетонном слое, МПа	-7.72	-7.53	-7.02	-6.9	-6.84	-6.53
Растягивающие напряжения в бетонном слое, МПа	1.86	1.87	1.89	1.9	1.9	1.91

Анализируя результаты можно видеть некоторое перераспределение напряжений и значительное увеличение перемещений вследствие ползучести бетона. В частности, по мере роста деформаций, напряжения в стальном листе увеличиваются, а в сжатом бетоне – снижаются. Принятый подход учета ползучести в сочетании с известными способами реализации нелинейных свойств бетона и численного моделирования методом конечных элементов, позволили уточнить НДС сталебетонной плиты с учетом коллоидно-химического представления о механизме длительного деформирования бетона.

Литература

1. Eurocode 2: Design of Concrete Structures. EN 1992 – 1.1: General Rules and Rules for buildings. – Brussels: CEN, 2004. – 226 p.
2. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: монография в 3-х тт. Т. 3. Теория прочности, разрушения и долговечности бетона, железобетона и конструкций из них / [А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Л.В. Трикоз и др.]; под ред. д.х.н., проф. А.Н. Плугина. – К.: Наук. думка, 2012. – 286 с.
3. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: Факт, 2007. – 394 с.

MODELING OF CONCRETE CREEP IN THE EVALUATION OF THE STRESS-STRAIN STATE SLABS OF CONCRETE AND STEEL

The article discusses the assessment of concrete creep, nonlinear properties of concrete and numerical simulation of plates by finite element method. The adopted approach allowed us to clarify the parameters of the slab with consideration of colloid chemical ideas about mechanism of prolonged deformation of concrete.

УДК 624.012

ВПЛИВ НАДІЙНОСТІ НА РАЦІОНАЛЬНИЙ ВИБІР МЕТОДУ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК.

Постернак О.М., асистент

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

Основними причинами підсилення конструкцій є втрата достатньої несучої здатності конструктивних елементів. Це відбувається з багатьох причин, в тому числі у разі аварійних ситуацій, зміни призначення будівлі, модернізації виробництва, або зміни нормативних вимог до проектування.

У деяких випадках витрати на підсилення можуть досягати значних розмірів, і тому перед проектувальниками ставиться завдання довести його економічну доцільність. Вибір ефективних способів підсилення конструкцій