

М.И. ЭЛЛЯРЯН, А.Г. АКОПЯН

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ УСАДОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ ДИСКЕ С УЧЕТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ И СТАРЕНИЯ БЕТОНА

Առաջարկվում է կենտրոնական ամրաեւորումով սկալառակի տեսքով երկաթբետոնյա կառուցվածքների տարրի մոդել: Սուրբ կինետիկ տեսության հիմքով և ծերացող բետոնի հոսքաբանական հատկությունների հաշվառմամբ ստացվել են հավասարումներ բետոնի չորացման ամբողջ ժամանակամիջոցի ընթացքում կծկման զիսավոր լարումների մեծությունների որոշման համար: Տաշվարկների արդյունքները կարող են ծառայել երկաթբետոնյա կառուցվածքների բեռնախորված տարրերի լրիվ լարումների մեծության մեջ կծկման լարումների մասի գնահատման, ինչպես նաև բեռնաօպտիկական եղանակով կծկման լարումների որոշման էջոտության ստուգման համար:

Предлагается модель элемента железобетонных конструкций в виде центрально армированного диска. На основе кинетической теории ползучести получены уравнения для определения величины усадочных главных напряжений в течение всего времени высыхания бетона с учетом реологических свойств стареющего бетона. Результаты расчетов могут служить для оценки доли напряжений от усадки в величине полных напряжений нагруженных элементов железобетонных конструкций, а также для проверки точности определения усадочных напряжений поляризационно-оптическим методом.

Табл. 1. Библиогр.: 5 назв.

A model for the reinforced structural element as a central reinforced disk is proposed. Equations for determination of main stress shrinkage quantity during the whole period of drying the cement have been obtained on the basis of kinetic theory of creeping accounting the rheological properties for ageing concrete. The calculated results may serve as evaluation of the shrinkage stress portion with the quantity of fully stressed and loaded elements in reinforced constructions and checking the precision of shrinkage stress determination by the polarization optical method.

Table 1. Ref. 5.

Для определения величин усадочных напряжений в железобетонных элементах конструкций с учетом реологических свойств бетона предлагалась модель в виде бетонного цилиндра с центральной арматурой [1]. Такая форма железобетона позволяла моделировать напряжения от усадки бетона с учетом ползучести и старения, а также путем снижения температуры оптически чувствительной армированной модели [2]. При поляризационно-оптическом методе определения усадочных напряжений в бетоне требуется в качестве модели выбрать центрально армированный диск [3], поэтому для проверки способа экспериментального определения усадочных напряжений необходимо иметь аналитическое решение этой же задачи. Она решена на основе кинетической теории ползучести [4] в шкале приведенного времени  $\eta$  и системе полярных координат  $r, \theta$ . Результатом аналитического исследования является получение системы уравнений, определяющих напряженное состояние армированного диска от усадки стареющего бетона, которая включает в себя:

— уравнения для определения главных напряжений арматуры радиусом  $d$ :

$$\sigma_{r,a}(\eta, r) = \sigma_{\theta,a}(\eta, r) = \frac{E_a}{1 - \vartheta_a} C_{1,a}(\eta), \quad (1)$$

где

$$C_{1,a}(\eta) = D\psi(\eta), \quad (2)$$

— уравнения для определения главных напряжений бетонного кольца с внешним радиусом  $b$ :

$$\sigma_{i,\delta}(\eta, r) = \varphi_i(\eta, r) + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \int_0^{\eta} L_n(\eta - \xi) \varphi_i(\xi) d\xi, \quad i = r, \theta, \quad (3)$$

где

$$\varphi_r(\eta, r) = A(\eta) - \frac{B(\eta)}{r^2} - \frac{E_\delta}{1 - \vartheta_\delta} \omega(\eta), \quad (4)$$

$$\varphi_\theta(\eta, r) = A(\eta) + \frac{B(\eta)}{r^2} - \frac{E_\delta}{1 - \vartheta_\delta} \omega(\eta),$$

$$A(\eta) = \frac{E_\delta}{1 - \vartheta_\delta} C_{1,\delta}(\eta), \quad (5)$$

$$B(\eta) = \frac{E_\delta}{1 + \vartheta_\delta} C_{2,\delta}(\eta),$$

$$C_{1,\delta}(\eta) = D \left( 1 - \frac{1}{d^2 C} \right) \psi(\eta) + \frac{\omega(\eta)}{d^2 C}, \quad (6)$$

$$C_{2,\delta}(\eta) = \frac{D}{C} \psi(\eta) - \frac{\omega(\eta)}{C}.$$

Закон усадки  $\omega(\eta)$ , итерации ядра  $L(\eta - \xi)$ , функция  $\psi(\eta)$  и приведенное время  $\eta$  определяются следующими формулами [1, 5]:

$$\omega(\eta) = \tilde{\omega}(t) = \omega_0 [1 - \exp(-t / \tau_\omega)], \quad (7)$$

$$L_1(\eta - \xi) = \frac{E_\delta}{E_1} \exp[-(\eta - \xi)],$$

$$L_2(\eta - \xi) = \left( \frac{E_\delta}{E_1} \right)^2 \exp[-(\eta - \xi)] (\eta - \xi), \quad (8)$$

$$L_n(\eta - \xi) = \left( \frac{E_\delta}{E_1} \right)^n \cdot \frac{1}{(n-1)!} \exp[-(\eta - \xi)] (\eta - \xi)^{n-1}, \quad n = 2, 3, \dots, \quad (9)$$

$$\psi(\eta) = \omega(\eta) + \sum_{n=1}^{\infty} (-M)^n \int_0^{\eta} L_n(\eta - \xi) \omega(\xi) d\xi, \quad (10)$$

$$\eta = \frac{\tau_{\omega}}{\tau_0} [E_1(\lambda) - E_1(\rho)], \quad (11)$$

где  $E_1(\rho)$  — интегральная показательная функция,

$$\rho = \lambda \exp[-t / \tau_{\omega}], \quad (12)$$

$t$  — текущее время.

Постоянные коэффициенты, входящие в предыдущие уравнения, равны:

$$C = \frac{1}{d^2} + \frac{1 - \vartheta_6}{1 + \vartheta_6} \cdot \frac{1}{b^2}, \quad K = 1 - \frac{2}{1 + \vartheta_6} \cdot \frac{1}{d^2 C}, \quad (13)$$

$$G = \frac{E_a}{E_6} \cdot \frac{1 - \vartheta_6}{1 - \vartheta_a}, \quad D = \frac{K}{K - G}, \quad M = \frac{G}{G - K}$$

Большая разница между модулями упругостей арматуры и стареющего бетона допускает считать арматуру на порядок жестче, что позволяет принять

$$C_{1,2}(\eta) = 0. \quad (14)$$

С учетом условия (14) рассчитаны главные напряжения от усадки стареющего бетона в некоторых точках бетонного кольца в шкале текущего времени  $t$  (табл.). Расчет приведен для железобетонного диска со следующими параметрами: внутренний и внешний радиусы диска  $d = 0,01$  м,  $b = 0,05$  м; механические характеристики материала арматуры и стареющего бетона —  $E_a = 2 \cdot 10^5$  МПа,  $\vartheta_a = 0,3$ ,  $E_6 = 2 \cdot 10^4$  МПа,  $E_1 = 1 \cdot 10^4$  МПа,  $\vartheta_6 = 0,167$ ,  $\omega_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ ,  $\tau_{\omega} = 125$  сут,  $\tau_{\omega} / \tau_0 = 0,135$ ,  $\lambda = 5$ .

Таблица

Напря- жен., МПа	$r_M$	$t$ , сут					
		7	14	28	60	100	200
$\sigma_{a,6}(t, r)$	0,01	0,0423	0,0899	0,1482	0,3871	0,5143	0,6019
	0,02	0,0118	0,0251	0,0413	0,1077	0,1434	0,1679
	0,03	0,0062	0,0131	0,0215	0,0562	0,0747	0,0875
	0,04	0,0042	0,0089	0,0146	0,0382	0,0507	0,0593
	0,05	0,0033	0,0069	0,0114	0,0298	0,0396	0,0463
$\sigma_{r,6}(t, r)$	0,01	-0,0391	-0,0830	-0,1368	-0,3573	-0,4748	-0,5557
	0,02	-0,0086	-0,0182	-0,0300	-0,0782	-0,1038	-0,1215
	0,03	-0,0029	-0,0062	-0,0101	-0,0265	-0,0352	-0,0412
	0,04	-0,0009	-0,0019	-0,0032	-0,0084	-0,0111	-0,0130
	0,05	0	0	0	0	0	0

Таким образом, выбор модели железобетона в виде центрально армированного бетонного диска допускает с определенным приближением найти величину начальных главных напряжений от усадки стареющего бетона в любой точке поперечных сечений железобетонных элементов конструкций в течение всего времени высыхания бетона, а рассчитанные

величины усадочных главных напряжений  $\sigma_{r,6}(t, r)$  и  $\sigma_{\theta,6}(t, r)$  могут использоваться для оценки точности определения этих же напряжений поляризационно-оптическим методом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Эллариан М.И. Усадочные напряжения в железобетонном цилиндре с учетом ползучести и старения бетона // Библиогр. указ. депонир. рукописей / ВНИИИС. - М., 1988. - Вып. 2. - 8 с.
2. Эллариан М.И. Моделирование напряжений от усадки бетона с учетом ползучести и старения путем изменения температуры на оптически чувствительной модели // Библиогр. указ. депонир. рукописей / ВНИИИС. - М., 1985. - Вып. 4. - 12 с.
3. Эллариан М.И., Погосян Г.С. Исследование усадочных напряжений поляризационно-оптическим методом // Строительная механика и расчет сооружений. - 1988. - № 1. - С. 56-58.
4. Тараторин Б.И., Нагаева В.И., Эллариан М.И. Кинетическая теория ползучести // Строительная механика и расчет сооружений. - 1985. - № 3. - С. 66.
5. Эллариан М.И., Тараторин Б.И. Напряженное состояние непрерывно наращиваемого регулярно армированного железобетонного блока с учетом усадки, старения и ползучести бетона // Библиогр. указ. депонир. рукописей / ВНИИИС. - М., 1985. - Вып. 4. - 14 с.

Гюмрийский филиал ГИУА

28. IV. 1993

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLIX, № 3, 1995, с. 190-194

УДК 621.396.671

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

М.А. АРАМЯН

## К МОДЕЛЯМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ГЕТЕРОГЕННЫХ СРЕДАХ НЕРЕГУЛЯРНЫХ СТРУКТУР

Օգտվելով Լորենցի կողմից մտցված միջինացումից, իրական դիսպերս համակարգը ներկայացվում է մի միջավայրով, որտեղ իրական համակարգի այն ծավալը, որում կատարվում է միջինացումը, փոխարինվում է համասեռ միջավայրով որոշվելիք միջինացված դիէլեկտրիկական թափանցելիությամբ: Իրական համակարգի և նրա մոդելի էլեկտրական դաշտերի էներգիաների հավասարման պայմանից ստացվել է ներառումների ներսում դաշտի լարվածության և արտաքին դաշտի միջև առնչություն, որը հնարավորություն է ընձեռել ստանալ այդպիսի համակարգերի միջինացված մեծությունների առավել ճշգրիտ քանակներ:

При использовании вводимого Лоренцом усреднения реальная дисперсная система представляется средой, где объем реальной системы, в котором производится усреднение, заменяется однородной средой с искомой диэлектрической проницаемостью. Из условия равенства энергий электрических полей реальной системы и ее модели получено соотношение между напряженностями внутри включений и внешнего поля, которое позволило получить более точные формулы для расчета усредненных величин таких систем.

Ил. 1. Библиогр.: 7 назв.

When using the introduced by Lorentz averaging the real disperse system represents a medium where the volume of the real system in which averaging in performed is replaced by a