

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Л. С. ШАКАРЯН

К ВОПРОСУ СЦЕПЛЕНИЯ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ И ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ЛИТОИДНОЙ ПЕМЗЕ

1. Зависимость между касательными напряжениями сцепления арматуры с бетоном и нормальными напряжениями в арматуре при наличии трещин в растянутой зоне изгибаемых железобетонных элементов может быть определена из условия

$$(\sigma_a - \sigma_a^{\min}) \cdot l_r = \omega \tau_{ca}^{\max} s l_r / 2, \quad (1)$$

где σ_a — напряжения в арматуре в сечении с трещиной;

$\sigma_a^{\min}$ — напряжения в арматуре в середине блока на участке между двумя смежными трещинами;

l_r — длина блока между двумя смежными трещинами;

F_a и s — площадь сечения и периметр растянутой арматуры;

$\tau_{ca}^{\max}$ — максимальное напряжение сцепления арматуры с бетоном в блоке.

Коэффициент полноты эпюры нормальных напряжений в арматуре, зависящий от величины и характера взаимодействия арматуры с растянутым бетоном

$$\alpha = \frac{\int_0^{l_r/2} (\sigma_a(x) - \sigma_a^{\min}) dx}{(\sigma_a - \sigma_a^{\min}) l_r / 2}. \quad (2)$$

где $\sigma_a(x)$ — нормальное напряжение в арматуре в сечении, находящемся на расстоянии x от середины блока.

Коэффициент полноты эпюры касательных напряжений сцепления арматуры с бетоном

$$\omega = \frac{\int_0^{l_r/2} \tau_{ca}(x) dx}{\tau_{ca}^{\max} l_r / 2}. \quad (3)$$

где $\tau_{ca}(x)$ — касательные напряжения сцепления в сечении, находящемся на расстоянии x от середины блока. Произведение $\omega \tau_{ca}^{\max}$ — пред-

ставляет собой среднее касательное напряжение сцепления по длине блока (рис. 1).

Формулу (2) можно упростить введением средней величины нормального напряжения в арматуре на участке между трещинами

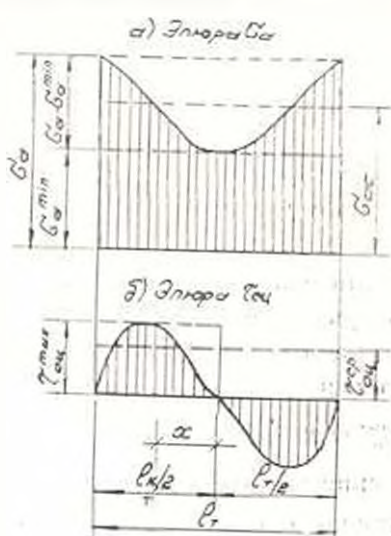


Рис. 1

$$\tau_{сж} = \frac{\int_0^{l/2} \sigma_a(x) \cdot dx}{l/2} \quad (4)$$

В силу (4), принимая во внимание, что для фиксированной нагрузки $\sigma_a^{\max} = \text{const}$, получим

$$\alpha = \frac{\tau_{сж} - \tau_{сж}^{\min}}{\sigma_a - \sigma_a^{\min}} \quad (5)$$

Откуда

$$\tau_{сж}^{\min} = \frac{\tau_{сж} - \alpha \sigma_a}{1 - \alpha} \quad (6)$$

На основании (1) и (6) и равенства $\tau_{сж}^p = \sigma_a^{\max} \tau_{сж}^{\min}$ получим следующее выражение, характеризующее средние касательные напряжения

сцепления в блоке на участке между трещинами

$$\tau_{сж}^{\text{ср}} = \frac{2(\sigma_a - \sigma_a^{\min}) \tau_{сж}^p}{(1 - \alpha) l} \quad (7)$$

где $\alpha = \frac{F_r}{S}$.

Средние нормальные напряжения в арматуре на участке между трещинами согласно [1] могут быть выражены через σ_a введением коэффициента ψ_a , учитывающего работу растянутого бетона на участке между трещинами $\sigma_{ac} = \psi_a \sigma_a$. Подставляя значения σ_{ac} в формулу (7), получим следующее выражение, характеризующее зависимость между средними величинами касательных напряжений сцепления и нормальными напряжениями в арматуре на участке между трещинами

$$\tau_{сж}^{\text{ср}} = \frac{2\sigma_a (1 - \psi_a) \alpha \cdot n}{(1 - \alpha) \cdot l} \quad (8)$$

Предлагаемая формула в отличие от [1] позволяет более точно определить величину касательного напряжения сцепления арматуры с бетоном в зоне чистого изгиба балок при различных стадиях нагружения.

2. Закономерность изменения эпюры сжатой зоны бетона от треугольной к прямоугольной при разных стадиях нагружения изгибаемых железобетонных элементов изучена недостаточно. Знание этой закономерности, в частности, необходимо при изучении жесткости

железобетонных элементов при наличии трещин в растянутой зоне бетона и при оценке фибровых сжимающих напряжений в бетоне. Для изгибаемых железобетонных элементов могут быть записаны следующие два условия равновесия:

момент относительно центра тяжести сжатой зоны бетона

$$M = \sigma_a F_a (h_0 - kx_r) + \sigma_a' F_a' (kx_r - a'); \quad (9)$$

момент относительно центра тяжести растянутой арматуры

$$M = \omega' \sigma_b b x_r (h_0 - kx_r) + \sigma_a' F_a' (h_0 - a'). \quad (10)$$

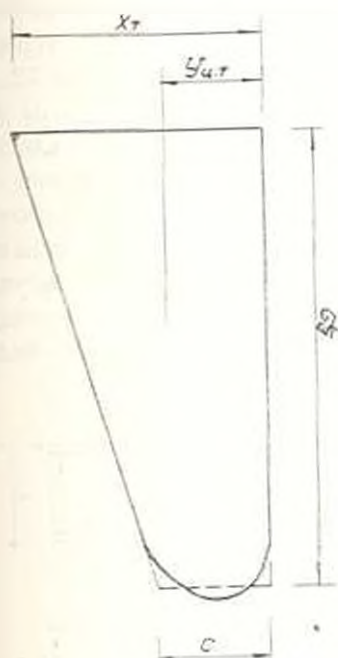


Рис. 2.

Величины x_r , σ_a и σ_a' определяются из опыта непосредственным замером деформации бетона и арматуры, в сечениях с главными трещинами. Величина $k = y_{a.r.}/x_r$ определяется из уравнения (9). Напряжения в сжатой зоне бетона $\omega' \sigma_b$ при известной величине k находятся из уравнения (10). Коэффициент полноты эпюры сжимающих напряжений в бетоне ω' может быть определен заменой действительной эпюры напряжений сжатой зоны бетона, эквивалентной с линеаризованным очертанием (рис. 2). Площадь эквивалентной эпюры равна

$$F_3 = \frac{\sigma_b}{2} \cdot (x_r + c).$$

Статический момент эквивалентной эпюры относительно крайней сжатой фибры бетона равен

$$S_3 = \frac{\sigma_b}{6} (x_r^2 + x_r \cdot c + c^2).$$

Расстояние от центра тяжести эквивалентного сечения до крайней сжатой грани сечения равно

$$y_{a.r.} = \frac{S_3}{F_3} = \frac{x_r^2 + x_r \cdot c + c^2}{3(x_r + c)}. \quad (11)$$

Откуда

$$c = \frac{3 \cdot y_{a.r.} - x_r}{2} + \sqrt{\frac{(3 \cdot y_{a.r.} - x_r)^2}{4} + x_r (3 y_{a.r.} - x_r)}. \quad (12)$$

Перед радикалом удерживается знак плюс, так как всегда $c \geq 0$. Из равенства площадей действительной и эквивалентной эпюр имеем

$$x_r \cdot \omega' \sigma_b = \frac{\sigma_b}{2} (x_r + c),$$

откуда

$$\omega' = \frac{x_r + c}{2x_r}. \quad (13)$$

На основании уравнений (9) — (13) нетрудно определить величину фибрового напряжения сжатой зоны бетона и геометрические характеристики, необходимые для оценки жесткости и трещиностойкости изгибаемых железобетонных элементов.

3. Автором экспериментально определялись коэффициенты α и β , входящие в (8). Эксперименты проводились на железобетонных балках прямоугольного сечения размером 15×24 см, длиной 200 см с расчетным пролетом 180 см. В качестве заполнителя использовалась литонная немза Мусаванского месторождения, а вяжущего — портландцемент Араратского цементного завода активностью 630 кг/см^2 . В качестве рабочей арматуры использовались горячекатаные стержни периодического профиля класса А — III марки 35ГС диаметром 32, 25 и 20 мм. В этих стержнях устраивались цилиндрические пазы для приклейки групповых тензодатчиков. Размеры пазов подбирались с расчетом сохранения примерно одинакового процента ослабления сечений. Балки армировались вязаными каркасами с одним рабочим стержнем, уложенным в растянутой зоне бетона и двумя монтажными стержнями в сжатой зоне. Поперечная армировка балок осуществлялась хомутами треугольной формы диаметром, соответствующим диаметру монтажной арматуры (рис. 3). Процент армирования балок

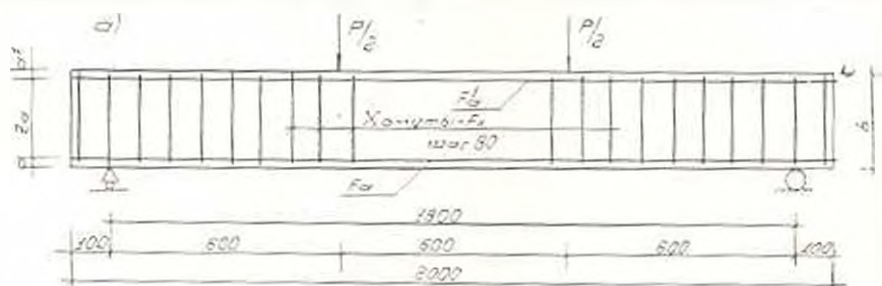


Рис. 3.

принимался равным: для образцов серии ЛП-400-32п $\mu = 2,5\%$, для образцов серии ЛП-400-25п $\mu = 1,5\%$, для образцов серий ЛП-400-20п и ЛП-200-20п $\mu = 0,8\%$. С целью определения прочностных и деформативных характеристик исследуемых бетонов одновременно с балками изготавливались бетонные кубы размером $15 \times 15 \times 15$ см, призмы размером $15 \times 15 \times 60$ см и балки размером $15 \times 15 \times 120$ см. Все образцы изготавливались в металлических разборных формах. Уплотнение бетонной смеси осуществлялось с помощью глубинных и поверхностных вибраторов. Формирование образцов было произведено весной при средней температуре воздуха 18°C . Распалубка образцов производилась спустя двое суток после бетонирования. Твердение бетона осуществлялось хранением образцов в течение 28 суток на влажных опилках, после чего образцы были перенесены в помещение с относительной влажностью $50-60\%$, где хранились в течение 2—3 месяцев до начала испытания. Составы бетонов, расчетные характеристики арматуры и бетона и геометрические характеристики сечений балок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Серия образцов	Номера балок	Марка бетона	Диаметр рабочей арматуры мм	Характеристика рабочей арматуры кг/см ²			Геометрические характеристики поперечных сечений балок								Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси п кг				Прочностные и деформационные характеристики бетона кг/см ²			
				σ_s	R_s	$E_s \cdot 10^{-6}$	b см	b см	Z_s см	a' см	a см	F_{s2} см ²	F_{s1} см ²	F_{s3} см ²	цемент	песка	щебня	воды	R_b	R_{np}	R_p	$E_b^{0.2} \cdot 10^{-5}$
П11—400—32п	1	400	32	4240	7480	2,03	23,9	14,8	15,5	3,6	4,8	7,09	1,57	1,57								
	2						24,0	14,7	15,4	3,7	4,9											
П11—400—25п	3	25	4150	8120	23,9		14,6	16,2	3,4	4,2	4,92	1,57	1,57	570	610	450	270	412	364	16,8	1,78	
	4				23,9		14,7	16,1	3,5	4,3												
П11—400—20п	5	20	1880	8470	24,0		15,7	17,6	3,1	3,3												
	6				23,8		14,9	17,8	3,0	3,0												
П11—200—20п	7	200	20				23,6	15,3	18,3	2,5	2,8				300	700	520	210	246	214	14,8	1,54
	8						23,8	15,1	18,4	2,7	2,8											

Экспериментальные образцы испытывались на изгиб на статонном гидравлическом прессе ГРМ-2, как свободно опертые балки, нагружаемые в третях пролета двумя сосредоточенными силами (рис. 4). Нагрузка на балку передавалась ступенями, составляющими примерно 0,1 от ожидаемой разрушающей нагрузки с выдержкой на каждой ступени 15 минут. Экспериментально изучался участок балки длиной 40 см в зоне действия постоянного изгибающего момента. Деформации растянутой арматуры измерялись с помощью групповых тензодатчиков базой 20 мм. Тензодатчики располагались непрерывно цепочкой симметрично с двух сторон пазов. Приклейка тензодатчиков осуществлялась клеем БФ-2 с помощью специального пистолета [2]. Положение тензодатчиков в арматурном пазе строго фиксировалось.

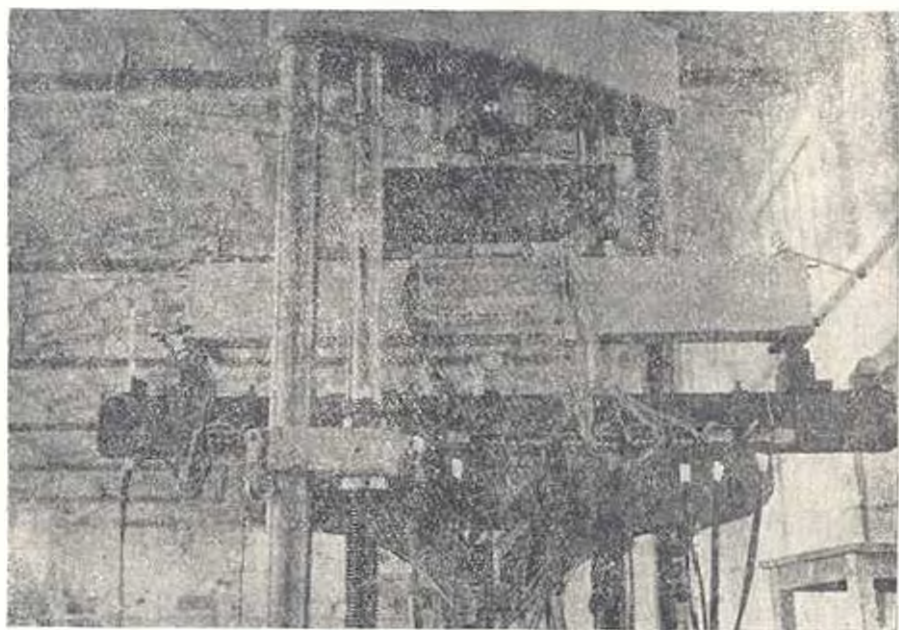


Рис. 4.

Для замера локальных деформаций бетона по высоте сечения и по длине балки был принят электротензометрический метод с приклейкой на бетонную поверхность балки проволочных тензодатчиков с базой 20 мм. Контрольные измерения средних деформаций растянутой арматуры и сжатого бетона на уровне сжатой арматуры производились на базе 400 мм мессурами с ценой деления 2 микрона. По средним показаниям двух симметрично расположенных датчиков строились экспериментальные кривые, по ним подбирались теоретические кривые распределения деформаций растянутой арматуры, которые с удовлетворительной точностью могут быть описаны тригонометрической функцией вида

$$\varepsilon_a(x) = \varepsilon_n \left[1 - 2(1 - \varepsilon_n) \left(1 - \sin^2 \frac{\pi x}{l_n} \right) \right], \text{ при } 0 \leq x \leq l_n/2,$$

где ε_n — деформация растянутой арматуры в сечении с трещиной.

$\varepsilon_a(x)$ — деформация той же арматуры в сечении, находящемся на расстоянии x от середины блока между двумя трещинами.

Экспериментальная зависимость коэффициента α от стадии загрузки образцов показана на рис. 5. На рис. 6 представлена зависимость коэффициента ε_a от величины M_{67}/M , где M_{67} — момент, воспринимаемый бетонным сечением балки, без учета растянутой арматуры непосредственно перед появлением трещины. Как видно из рис. 6, экс-

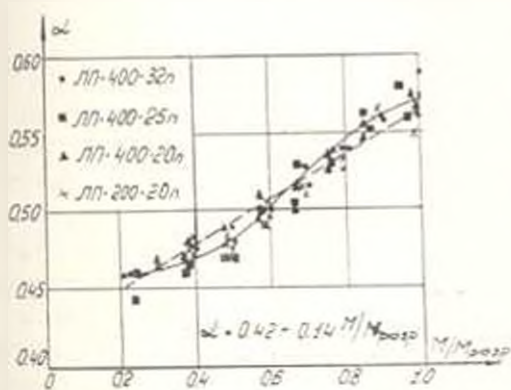


Рис. 5.



Рис. 6.

периментальные значения $\varepsilon_a = \varepsilon_{ac} \varepsilon_n$, полученные прямыми измерениями деформаций растянутой арматуры в сечениях с трещиной и на участке между трещинами, ниже значений, подсчитанных по формулам СНиП, и в первом приближении с некоторым запасом, для бетонов марки 400 могут быть определены по формуле

$$\varepsilon_a = 1 - M_{67}/M. \quad (14)$$

АИСМ

Поступило 25.XII.1967.

Л. В. ГАБАЗУН

ՋՈՂԱՅԻՆ ԱՄՐԱՆԻ ԵՎ ՎԻՔՈՒԿԱՆԻ ՊԵՐՋԱՅՈՎ ԹԵԹԻՎ ԲԵՏՈՆԻ ՇՈՂԱՊՐԱՆ ՉԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա. Վ. Փ. Ո. Փ. Ո. Փ.

Հաղածում բերված են լիթոդային պեմդայով երկաթբետոնե ծովող կլեմենտների լարվածային-ղեֆորմացիոն վիճակին վերաբերող հետազոտությունների արդյունքները: Տրված են ամրանի ու բետոնի շաղկապման միջին շուշափող լարումները և ամրանի նորմալ լարումները բնորոշող կուպի արտահայտությունը միջնաբաշին տեղամասերում: Հաստատուն ծողղ մոմենտի աղ-

գեղարվեստական դասերով: Առաջարկվում են արտահայտություններ, որոնք թույլ են տալիս պնդապետելու բնույթի սկզբնական գոտու ֆիզիկական լարումները և երկրաչափական բնութագրերը, որոնք անհրաժեշտ են երկաթբետոնե ծովաղի կենտրոնների կոշտությունը և ճաքակալունությունը որոշելու համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Мурашев В. И. Трещиностойчивость, жесткость и прочность железобетона. Машин-
стройиздат, М., 1950.
2. Гусаков В. Н., Каримян К. О. Измерение деформации внутренних поверхностей
полых деталей большой длины. „Измерительная техника“, № 2, 1986.