

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра строительных конструкций

В.И. Рязанов, М.А. Аркаев

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению 08.03.01 Строительство

Оренбург
2016

УДК 624.012.3:624.0465(07)

ББК 38.53 7

P-28

Рецензент - кандидат технических наук, доцент
Р.Г. Касимов

Рязанов В.И.

P-28 Трещиностойкость предварительно напряженной железобетонной балки: методические указания/ В.И. Рязанов, М.А. Аркаев; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2016 – 12 с.

Методические указания для проведения лабораторной работы по дисциплине "Железобетонные и каменные конструкции" для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению 08.03.01 Строительство.

УДК 624.012.3:624.0465(07)

ББК 38.53 7

© Рязанов В.И., Аркаев М.А., 2016

© ОГУ, 2016

Содержание

1	Общие положения.....	4
2	Задачи лабораторной работы.	4
3	Методика определения прочности бетона и его деформативности при кратковременном статическом нагружении	5
3.1	Определение прочности на сжатие кубов из бетона.....	5
3.2	Определение призмной прочности и модуля упругости бетона...	6
4	Вопросы для самоконтроля	10
	Список использованных источников.....	11
	<i>Приложение А. Результаты статических испытаний предварительно напряженной железобетонной балки.....</i>	12

1 Цель работы

Изучение жесткости и трещиностойкости предварительно напряженной балки при изгибе.

2 Задачи лабораторной работы

2.1 Ознакомиться с процессом образования трещин в нормальных сечениях предварительно напряженной балки.

2.2 Определить теоретический момент образования первых трещин $M_{\text{сгс}}^{\text{теор}}$ и сравнение с полученными из опыта $M_{\text{сгс}}^{\text{оп}}$.

2.3 Определить прогибы балки в середине пролета и сравнить его с полученными из опыта.

2.4 Определить относительную деформацию бетона.

3 Схема армирования предварительно напряженной балки, схема испытания

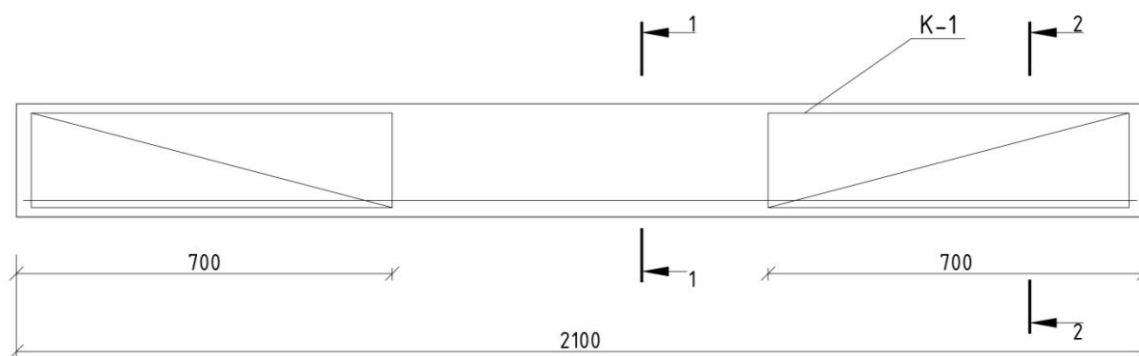


Рисунок 1 - Конструкция предварительно напряженной балки

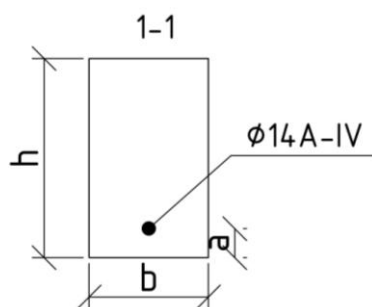


Рисунок 2 - Поперечное сечение предварительно напряженной балки

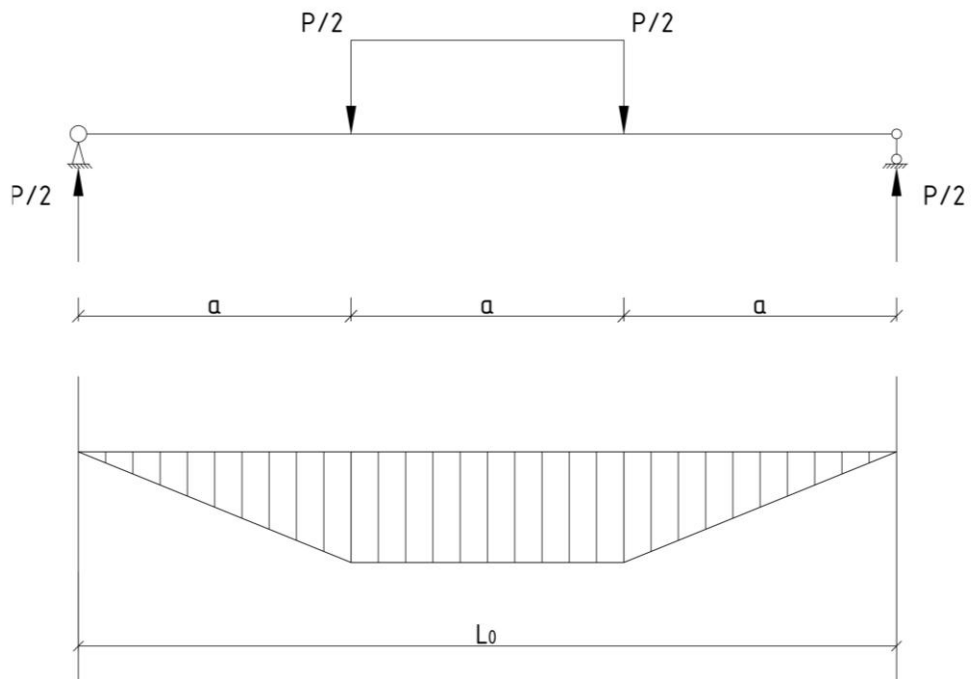


Рисунок 3 - Расчетная схема балки

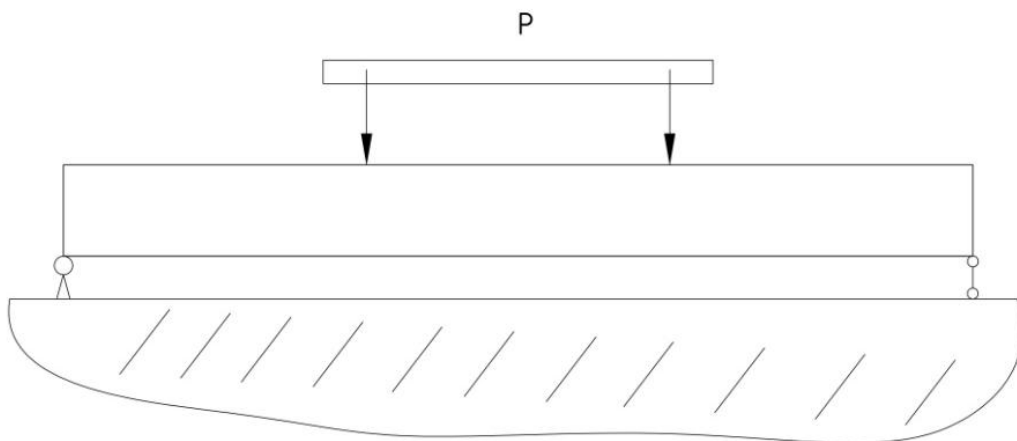


Рисунок 4 - Схема испытания балки

4 Определение геометрических характеристик сечения

Приведенное бетонное сечение A_{red} – сечение в котором площадь сечения арматуры заменена эквивалентной по модулю упругости площадью бетона.

При этом коэффициент приведения

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} \quad (1)$$

Площадь приведенного сечения элемента определяется из выражения:

$$A_{\text{red}} = A_b + \alpha A_s \quad (2)$$

Статический момент приведенного сечения:

$$S_{\text{red}} = \frac{b \cdot h^2}{2} + \alpha A_s \cdot a \quad (3)$$

Расстояние от центра тяжести сечения до нижней грани бетона:

$$y_0 = \frac{S_{\text{red}}}{A_{\text{red}}} \quad (4)$$

Момент инерции приведенного сечения:

$$I_{\text{red}} = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \left(\frac{h}{2} - y \right)^2 + \alpha \cdot A_s (y - a)^2 \quad (5)$$

Момент сопротивления приведенного сечения:

$$W_{\text{red}} = \frac{I_{\text{red}}}{y_0} \quad (6)$$

Упругопластический момент:

$$W_{\text{pl}} = \gamma \cdot W_{\text{red}} \quad (7)$$

где $\gamma=1,75$ для прямоугольного сечения.

$$r = \frac{W_{\text{red}}}{A_{\text{red}}} \quad (8)$$

5 Определение величины предварительно напряжения и потерь напряжения

Максимально допустимое значение σ_{sp} без учета потерь:

$$\sigma_{sp} \leq 0,9R_{sn} \quad (9)$$

Первые потери:

- от релаксации напряжения арматуры, при электротермическом способе напряжения стержневой арматуры

$$\Delta\sigma_{sp1} = 0,03\sigma_{sp} \quad (10)$$

- от температурного перепада

$$\Delta\sigma_{sp2} = 1,25\Delta t \quad (11)$$

где $\Delta t = 65^\circ\text{C}$ (при - поточной технологии изготовления $\Delta\sigma_{sp2} = 0$).

Суммарная величина первых потерь:

$$\Delta\sigma_{sp(1)} = \Delta\sigma_{sp1} + \Delta\sigma_{sp2} \quad (12)$$

Усилие обжатия с учетом первых потерь:

$$P_{(1)} = A_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sp(1)}) \quad (13)$$

Максимальные сжимающие напряжения σ_{bp} от действия усилия обжатия

P_1 :

$$\sigma_{bp} = \frac{P_{(1)}}{A_{red}} + \frac{P_{(1)} \cdot e_{op1} \cdot y_s}{I_{red}} \quad (14)$$

$$e_{op1} = y_{sp} \quad (15)$$

Вторые потери:

От усадки:

$$\Delta\sigma_{sp5} = \varepsilon_{b,sh} \cdot E_s \quad (16)$$

$$\varepsilon_{b,sh} = 0,0002 \quad (17)$$

От ползучести:

$$\Delta\sigma_{sp6} = \frac{0,8 \cdot \varphi_{b,cr} \cdot \alpha \cdot \sigma_{bp}}{1 + \alpha \cdot \mu_{sp} \left(\frac{1 \pm e_{op1} \cdot y_s \cdot A_{red}}{I_{red}} \right) \cdot (1 + 0,8 \cdot \varphi_{b,cr})} \quad (18)$$

$\varphi_{b,cr} = 4,0$ для бетона класса В20 и пониженном значении влажности (<40 %);

α - коэффициент приведения;

σ_{bp} - напряжения в бетоне на уровне центра тяжести напрягаемой арматуры

$$\sigma_{bp} = \frac{P_{(1)}}{A_{red}} \pm \frac{P_{(1)} \cdot e_{op1} \cdot y_s}{I_{red}} \pm \frac{M \cdot y_s}{I_{red}} \quad (19)$$

Суммарные вторые потери:

$$\Delta\sigma_{sp(2)} = \Delta\sigma_{sp5} + \Delta\sigma_{sp6} \quad (20)$$

Напряжения с учетом всех потерь:

$$\sigma_{sp2} = \sigma_{sp} - \sum \Delta\sigma_{sp} \geq 100 \text{ МПа} \quad (21)$$

Усилие обжатия с учетом всех потерь

$$P = \sigma_{sp2} \cdot A_{sp} \quad (22)$$

Эксцентриситет усилия обжатия

$$e_{op} = \frac{\sigma_{sp2} \cdot A_{sp} \cdot y_{sp}}{P} \quad (23)$$

Момент образования трещин определяется по формуле:

$$M_{\text{сгс}}^{\text{теор}} = \gamma \cdot R_{\text{btser}} \cdot W_{\text{ред}} + p \cdot (e_{\text{оп}} + r) \quad (24)$$

где $\gamma = 1,3$ для прямоугольного сечения.

6 Расчет прогиба балки в середине пролета

Перемещение (выгиб) балки от действия усилия обжатия:

$$f_{\text{в}} = \frac{P \cdot e_{\text{оп}} \cdot \ell^2}{8 \cdot 0,85 \cdot E_{\text{в}} \cdot I_{\text{ред}}} \quad (25)$$

Прогиб балки в середине пролета без учета выгиба:

$$f_{\text{м}} = \frac{M \cdot \ell^2}{0,85 \cdot E_{\text{в}} \cdot I_{\text{ред}}} \cdot \left(\frac{1}{8} - \frac{a^2}{8 \cdot \ell^2} \right) \quad (26)$$

Суммарный прогиб в середине пролета:

$$f = f_{\text{м}} - f_{\text{в}} \quad (27)$$

7 Методика проведения эксперимента

Нагружение балки производится в соответствии с рисунком 4. Нагрузка подается ступенями, величина которых не должна превышать 10 % от теоретической нагрузки, при которой образуются первые нормальные трещины.

После приложения нагрузки на каждом этапе нагружения производится выдержка не менее 10 минут со снятием показаний с прогибомера и тензорезисторов в начале и конце каждого этапа.

По результатам измерений и обработки показаний необходимо построить графики зависимости нагрузки и прогибов, а также нагрузки и деформаций бетона.

8 Вопросы для самоконтроля

1. В чем состоит цель расчета по образованию и раскрытию трещин?
2. Охарактеризуйте категории трещиностойкости.
3. Каковы основные предпосылки, принимаемые в расчете по образованию трещин?
4. Расчет трещинообразования центрально растянутых элементов.
5. Выведите формулы для расчета по образованию трещин изгибаемого элемента.
6. На основании каких предпосылок производится расчет по раскрытию трещин? Какие факторы влияют на ширину раскрытия трещин?
7. Особенности расчета предварительно напряженных конструкций по закрытию трещин.
8. Цель расчета по перемещениям.
9. Факторы, влияющие на прогибы железобетонных изгибаемых элементов при отсутствии и наличии трещин в растянутой зоне.
10. Из чего складывается полный прогиб и кривизна элементов при отсутствии трещин в растянутой зоне? Запишите расчетные формулы.
11. Предпосылки, заложенные в основу определения кривизны изгибаемого элемента с трещинами в растянутой зоне.
12. Выведите формулу для определения кривизны изгибаемого элемента с трещинами в растянутой зоне.
13. Как определяется полная кривизна железобетонного элемента с трещинами в растянутой зоне?

Список использованных источников

1. ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: - Введен 1991-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1990. - 45 с. - (Государственный стандарт СССР)
2. ГОСТ 24452-80 Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона. – М.: Стандартиформ, 2008.- 14 с.
3. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Режим доступа: http://www.nostroy.ru/nostroy_archive/nostroy/654874652-SP%2063.13330%20nov.pdf
- 4 Бондаренко, В.М. Железобетонные и каменные конструкции: учеб. для студ. вузов по спец. "Промышленное и гражданское строительство" / В. М. Бондаренко, Д. Г. Суворкин. - М. : Высш. шк., 1987. - 384 с. : ил.

Приложение А
(обязательное)

Результаты статических испытаний предварительно напряженной балки

Таблица А.1 – Результаты статических испытаний предварительно напряженной балки

№ этапа загружения	Нагрузка Р (кН)	Показания прогибомера			Показания тензодатчиков														
					Д-1			Д-2			Д-3			Д-4			Д-5		
		отсчет		Δ	отсчет		Δ	отсчет		Δ	отсчет		Δ	отсчет		Δ	отсчет		Δ
		начало	конец		начало	конец		начало	конец		начало	конец		начало	конец		начало	конец	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20