

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра строительных конструкций

Р.Г. КАСИМОВ

«ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ НА ИЗГИБ С РАЗРУШЕНИЕМ ПО НАКЛОННОМУ СЕЧЕНИЮ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе №3

по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции»
для специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство»

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 624.012.35 001.4(07)

ББК 38.53 я 7

К-28

Рецензент

кандидат технических наук В.О.Штерн

Касимов Р.Г.

К 28

Испытание железобетонной балки на изгиб с разрушением по наклонному сечению; методические указания к лабораторной работе №3 / Р.Г. Касимов - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. - 12 с.

Методические указания предназначены для проведения лабораторной работы №3 по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции» для студентов по специальности 270102 (ПГС).

ББК 38.53 я 7

3306000000

Н-----

©Касимов Р.Г., 2009

©ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

1	Цель работы.....	4
2	Задачи испытаний.....	4
3	Освидетельствование опытного образца.....	4
4	Испытание балки.....	5
5	Расчет балки по предельным состояниям.....	7
5.1	Определение главных сжимающих и растягивающих напряжений в бетоне.....	7
5.2	Определение нагрузки, вызывающей появление наклонных трещин.....	8
5.3	Определение ширины раскрытия наклонных трещин от кратковременного действия нагрузки.....	8
5.4	Определение ожидаемой разрушающей нагрузки.....	9
6	Сравнение результатов расчетов с опытными данными.....	10
7	Контрольные вопросы.....	11
	Список использованных источников.....	12

1 Цель работы

Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонной балки при изгибе с разрушением её по наклонному сечению.

2 Задача испытаний

2.1 Изучить деформации бетона на участке, где возможен срез балки от действия поперечной силы (от опоры до ближайшего груза). Построить график деформации.

2.2 Определить нагрузку F_{cre} соответствующую появлению первой трещины.

2.3 Получить данные об очередности появления и характере развития трещин.

2.4 При нагрузке, равной, примерно, половине разрушающей, выявить трещину с максимальной шириной раскрытия и измерить её.

2.5 Установить значение разрушающей нагрузки F .

3 Освидетельствование опытного образца

3.1 Освидетельствование опытного образца следует проводить до и после испытания

3.2 До испытания определяют физико-механические характеристики бетона, арматуры и размеры, необходимые для расчетов.

3.3 После испытания измерить длину проекции опасной наклонной трещины S_0 на продольную ось балки, зарисовать схему расположения трещин и разрушенные участки балки.

3.4 Полученные в ходе освидетельствования балки данные заносят в таблицу 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 - Основные геометрические характеристики балки

Наименование величины, единицы измерения	Обозначение	Фактические значения
1. Длина пролета, мм	l_0	
2. Ширина балки, мм	b	
3. Высота балки, мм	h	
4. Рабочая высота, мм	h_0	
5. Диаметр (мм) и класс поперечной арматуры	d_{sw}	
6. Расстояние от опор до точек приложения нагрузок $F/2$, мм	a	
7. Проекции опасного наклонного сечения на продольную ось балки, мм	C_0	
8. Шаг стержней в приопорной (S_1) и центральной (S_2) частях балок, мм	S_1/S_2	
Примечание - Все размеры должны быть определены с точностью до 0,1 см		

Таблица 3.2 - Физико-механические характеристики бетона и поперечной арматуры

Характеристики бетона или арматуры, единицы измерения	Условные обозначения	Фактические значения
1. Класс прочности бетона, МПа	B	
2. Призменная прочность бетона при сжатии, МПа	R_b	
3. Призменная прочность при растяжении, МПа	R_{bt}	
4. Рабочая высота, мм	E_b	
5. Условный предел текучести (или физический предел текучести) для поперечной арматуры, МПа	σ_{02} (или σ_y)	
6. Модуль упругости стали, МПа	E_s	

4 Испытание балки

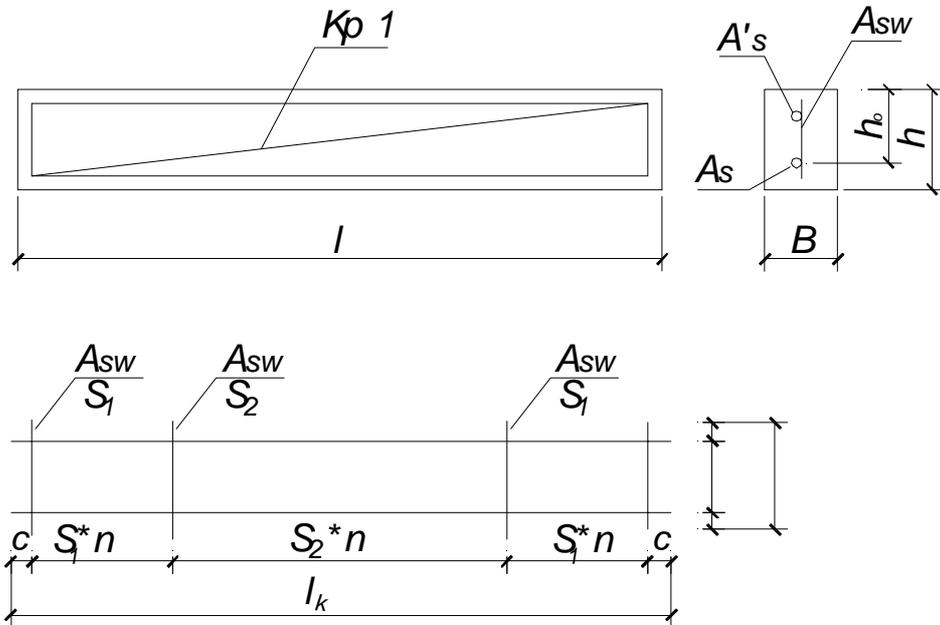
Схема испытания балки и размещение измерительных приборов показаны на рисунке 4.1.

Во время испытаний нагрузка прикладывается ступенями, равными 0,1 разрушающей силы F , поэтому до начала испытаний определяют теоретическую разрушающую нагрузку. В ходе испытаний фиксируют деформации бетона. С помощью переносного микроскопа МПБ-2 с ценой деления шкалы 0,05...0,1 мм наблюдают за образованием и развитием трещин. Отчеты по прибором заносят в таблицу 4.1. При уровне нагрузки, примерно 0,8

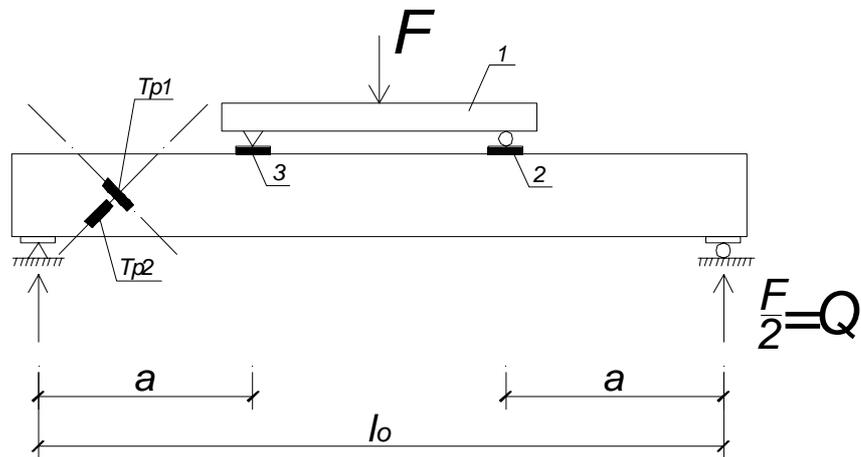
от разрушающей, прекращают снимать показания и балку доводят до разрушения.

Полученные данные заносятся в таблицу 4.1.

a)



b)



1- траверса, 2- подвижная опора, 3- неподвижная опора, Тр1, Тр2 – тензорезисторы.

Рисунок 4.1 - Конструкция балки – а. Схема испытания балки – б;

5 Расчет балки по второй группе предельных состояний

5.1 Определение главных сжимающих и растягивающих напряжений в бетоне.

В балке, не имеющей трещин, главные растягивающие σ_{mt} и главные сжимающие σ_{mc} напряжения определяют по формуле:

$$\sigma_{mt(mc)} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2}{4} + \tau_{xy}^2}, \quad (5.1)$$

где $\sigma_x = \frac{M \cdot Y}{I_{red}}$ - напряжение в бетоне, действующее в направлении продольной оси балки, МПа;

$M = \frac{F}{2} \cdot X$ - момент, действующий в рассматриваемом сечении, кНм;

$I_{red} \approx I_b \approx \frac{b \cdot h_3}{12}$ - приведенный момент инерции, см⁴;

Y - расстояние от нейтральной оси до волокна, в котором напряжение, см;

$\sigma_y = K \frac{F}{2} : bh$ - напряжение в бетоне, действующее в вертикальном направлении, от опорной реакции и силы $F/2$ (напряжение, учитывается на участках балки длиной, равной $0,7h$ от точек приложения сосредоточенных сил), МПа;

$\tau_{xy} = \frac{Q \cdot \bar{S}}{b \cdot I_{red}}$ - касательное напряжение в бетоне, МПа;

\bar{S} - статический момент части сечения, расположенной за пределами волокон, в котором определяется напряжение, относительно нейтральной оси (для волокон на нейтральной оси $\bar{S} = 0,125 bh^2$, см³).

Так как главные напряжения при испытании определяются по нейтральной оси ($y = 0$) на расстоянии $X > 0,7h$ от опор, то $\sigma_x = \sigma_y = 0$

Тогда,
$$\sigma_{mt(mc)} = \pm \tau_{xy} = \frac{1,5 \cdot Q}{b \cdot h} = \frac{0,75F}{b \cdot h}, \quad (5.2)$$

где $Q = 0,5F$.

5.2 Определение нагрузки, вызывающей появление наклонных трещин

В существующих нормах нет формул для определения поперечной силы, вызывающей появление наклонной трещины. В связи с этим, на основе опытных данных для напряженных элементов из тяжелого бетона расчет по образованию наклонных трещин рекомендуется производить из условия 4.39 /6/.

$$Q \leq Q_{crc} \quad (5.3)$$

где $Q_{crc} = 1,2 \cdot R_{bt} \frac{b \cdot h_0^2}{c}$, но не мене $0,6 \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h$ и не более $2,5 R_{bt} \cdot b \cdot h$, кН;

c –длина проекции на продольную ось элемента наиболее опасного наклонного сечения, см.

Нагрузка, вызывающая появление наклонной трещины, равна:

$$F_{crc} = 2 \cdot Q_{crc} \quad (5.4)$$

Момент появления наклонных трещин определяется визуально и по показаниям тензорезистора ТР1 (в момент появления наклонной трещины, пересекающей тензорезистор, отсчет резко увеличивается).

5.3 Определение ширины раскрытия наклонных трещин от кратковременного действия нагрузки

Ширина раскрытия трещины при армировании элемента хомутами (поперечными стержнями), перпендикулярными к продольной оси, определяются по формуле 152 [1]

$$a_{crc} = \frac{0,6 \cdot \sigma_{sw} \cdot d_w \cdot \eta}{E_s \frac{d_w}{h_0} + 0,15 \cdot E_b (1 + 2 \cdot \alpha \cdot \mu_w)}, \quad (5.5)$$

где σ_{sw} - напряжение в хомутах, МПа;

$$\sigma_{sw} = \frac{Q - Q_{b1}}{A_{sw} \cdot h_0} \cdot S \quad (5.6)$$

$Q=0,5F$ – поперечная сила, кН;

η - коэффициент, зависящий от вида арматуры, равный 1,3 для стержневой гладкой арматуры и 1,0 – для стержневой арматуры периодического профиля;

$\alpha = \frac{E_s}{E_b}$ - отношение модулей упругости арматуры и бетона;

$\mu_w = \frac{A}{b \cdot S}$ - коэффициент армирования для хомутов;

$Q_{b1} = \frac{\varphi_{b4} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{c}$ - поперечная сила, воспринимаемая балкой без

поперечного армирования, для Q_{b1} должно выполняться условие:

$$2.5 \cdot R_{bt} \cdot h_0 \geq Q_{b1} \geq \varphi_{b3} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0 \quad (5.7)$$

Для тяжелого бетона $\varphi_{b4}=1,5$, $\varphi_{b3}=0,6$; $c=a$ – см. схему нагружения (рисунок 4.1)

Ширина раскрытия наклонных трещин определяется для одного значения силы $F > F_{crc}$, заданного преподавателем.

5.4 Определение ожидаемой разрушающей нагрузки

Значение нагрузки F_u , вызывающей разрушение бетона по наклонному сечению, определяется по формуле:

$$F_u = 2 (Q_b + Q_{sw}), \quad (5.8)$$

где $\varphi_{b3} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0 \leq Q_b = \frac{2 \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{c} \leq 2.5 \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0$ поперечная сила,

воспринимаемая бетоном сжатой зоны;

$c=a$ – длина проекции наиболее опасной наклонной трещины на продольную ось элемента (должно соблюдаться условие $c \leq c_{\max} = \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} h_0$), см;

$Q_{sw} = q_{sw} \cdot c_0$ – поперечная сила, воспринимаемая поперечными стержнями, кН;

$q_{sw} = \frac{\sigma_{sw} \cdot A}{S}$ - интенсивность поперечного армирования, кН/м;

$$\sigma_{sw} = \gamma_{S1} \cdot \gamma_{S2} \cdot \sigma_y = 0,8 \cdot 0,9 = 0,72 \cdot \sigma_y \quad \text{или} \quad \sigma_{sw} = 0,72 \cdot \sigma_{02}$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{\varphi_{b2} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{q_{sw}}} \quad \varphi_{b2}=2$$

6 Сравнение результатов с опытными данными

Полученные расчеты и экспериментальные данные, а также отклонения, вычисленные по формуле:

$$\Delta = \frac{F_{теор.} - F_{он}}{F_{он}} \cdot 100 \quad (6.1)$$

вносятся в таблицу 6.1

В конце работы делаются выводы о причинах отклонений расчетных данных от данных, полученных при испытании.

Таблица 6.1- Ведомость испытания железобетонной балки

№ этапа	Нагрузка F, кН	Тензорезисторы						Ширина раскрытия трещин, мм	Примечание
		ТР-1			ТР-2				
		y	Δy	ε=ΣΔy	y	Δy	ε=ΣΔy		
0									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
.									
.									
.									

Таблица 6.2 - Сравнение результатов

Данные	σ _{mt} , МПа	F _{срс} , кН	a _{срс} , мм	C ₀ , мм	F _u , кН
Опытные					
Расчетные					
Отклонение, %					

7 Контрольные вопросы

1. Какие задачи поставлены в данной лабораторной работе?
2. Какова конструкция и расчетная схема испытываемой балки?
3. Как для испытываемой балки определять физико-механические характеристики бетона и арматуры?
4. Как осуществлялось загрузение балки при испытании и каким прибором измерялось значение прикладываемой нагрузки?
5. Какими приборами измерялись деформации бетона, в каких местах были установлены приборы?
6. Где следует ожидать появления наклонных трещин, характер образования трещин и разрушения балки при испытании?
7. Какие стадии напряженно-напряженного состояния положены в основу расчета трещиностойкости и прочности?
8. Как определить теоретическую нагрузку образования наклонных трещин?
9. Как определить теоретическую ширину раскрытия наклонных трещин?
10. Как определить теоретическую несущую способность балки по наклонному сечению?
11. Как вычислить отклонение опытных значений нагрузки образования трещин и разрушения балки, ширины раскрытия трещин от теоретических значений?
12. Чем объясняется отклонение фактических значений нагрузки образования трещин и разрушения балки, ширины раскрытия трещин от теоретических величин?
13. Как изменится теоретическая несущая способность балки по наклонному сечению при увеличении (уменьшении) класса бетона, диаметра и шага поперечной арматуры?
14. Как можно повысить трещиностойкость по наклонному сечению?

Список использованных источников

1. **ГОСТ 8829-94. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Методы испытания нагружением и оценка прочности, жесткости и трещиностойкости.** – Взамен ГОСТ 8829-85. Введ. 17.07.97. - М. : ЦИТП Минстроя России, 1994. – 33 с.
2. **СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции :** – Взамен СНиП II-21-75. Введ. 1.01.1986. - М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 54 с.
3. **Байков, В. Н. Железобетонные конструкции :** Общий курс: [по спец. 'Пром. и гражд. стр-во'] / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов .- 5-изд., перераб. и доп. - М. : Стройиздат, 1991. - 766 с. : ил. - (Учебники для вузов). - Предм. указ.: с. 762-767. - ISBN 5-274-01528-X.
4. **Иванов, В. М. Лабораторные работы по железобетонным конструкциям/** В. М. Иванов. - М.: Росвузиздат, 1963.- 25 с.
5. **Бондаренко, В . М . Железобетонные и каменные конструкции :** учебник для вузов / В. М. Бондаренко, Р. О. Бакирова, В. Г. Назаренко. – 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2008.- 728 с. - ISBN 5-06-003162-4.
6. **Залесов, А. С. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям /** А.С. Залесов, Э.Н. Кодыш, Л.Л. Лемыш, И.К. Никитин. - М. : Стройиздат, 1988. - 320 с.