

УДК 624.012.45

К АНАЛИЗУ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЕЧЕНИЙ НЕРАЗРЕЗНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

Ковров А.В., Чайковский Р.Э., Синюкина Т.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Приведено сравнение экспериментальных и теоретически определенных диаграмм деформирования сечений неразрезных железобетонных балок прямоугольного поперечного сечения, испытанных В.Е.Бабичем, по методике СНиП 2.01.03-84* и по методике, основанной на предложениях И.Е.Прокоповича.

В упругой стадии работы изгибаемого железобетонного элемента в соответствии со СНиП 2.03.01-84* кривизна изгибаемого элемента определяется по формуле:

$$k = \left(\frac{1}{r} \right) = \frac{M \varphi_{b_2}}{\varphi_{b_1} E_b I_{red}}, \quad (1)$$

где: $M, \varphi_{b_2}, \varphi_{b_1}, E_b, I_{red}$ – определяются в соответствии с [4].

При кратковременном действии нагрузки коэффициент $\varphi_{b_2} = 0$ и жесткость железобетонного элемента определяется по формуле:

$$B_1 = \varphi_{b_1} E_b I_{red}. \quad (2)$$

На участках, где в растянутой зоне образуются нормальные к продольной оси элемента трещины, кривизна изгибаемых железобетонных элементов без предварительного напряжения определяется формулой:

$$k = \left(\frac{1}{r} \right) = \frac{M \psi_s}{z A_s E_s (h_0 - x)}, \quad (3)$$

где: $M, \psi_s, z, A_s, E_s, h_0, x$ – определяются в соответствии с [4].

В системе компьютерной математики MATLAB составлена программа, позволяющая создавать математическую модель

зависимости «Изгибающий момент-кривизна» для неразрезных железобетонных балок прямоугольного поперечного сечения по методике СНиП.

Диаграмма, построенная по этой методике, приведена на рис. 1.



Рис. 1. Диаграмма «Изгибающий момент-кривизна» по методике СНиП 2.01.03-84*

Диаграмма состоит из двух участков:

- участок упругой работы элемента;
- участок работы элемента с трещинами в растянутой зоне.

На диаграмме наблюдается разрыв при значении $M = M_{cr}$. При этом, величина кривизны, определяемая при данном значении по формуле (3) СНиП 2.01.03-84*, меньше величины кривизны при этом же значении в упругой стадии, определенной по формуле (1).

В работе [1] И.Е.Прокоповичем приведено выражение для определения жесткости сечения элемента с ненапрягаемой арматурой с учетом трещинообразования в растянутой зоне под действием кратковременной нагрузки:

$$B_g = E_b A_b h_0^2 \sqrt{\mu n_1} K, \quad (4)$$

где: $E_b, A_b, h_0, \mu, n_1, K$ – определяются в соответствии с [1], [2].

Кривизну железобетонного изгибаемого элемента на всех стадиях работы можно определить из физического уравнения:

$$k = \left(\frac{1}{r} \right) = \frac{M}{B_g} \quad (5)$$

В системе компьютерной математики MATLAB составлена программа, позволяющая создавать математическую модель зависимости «Изгибающий момент-кривизна» для неразрезных железобетонных балок прямоугольного поперечного сечения с использованием выражения (4) по методике, предложенной в [2].

Диаграмма, построенная по этой методике приведена на рис. 2.

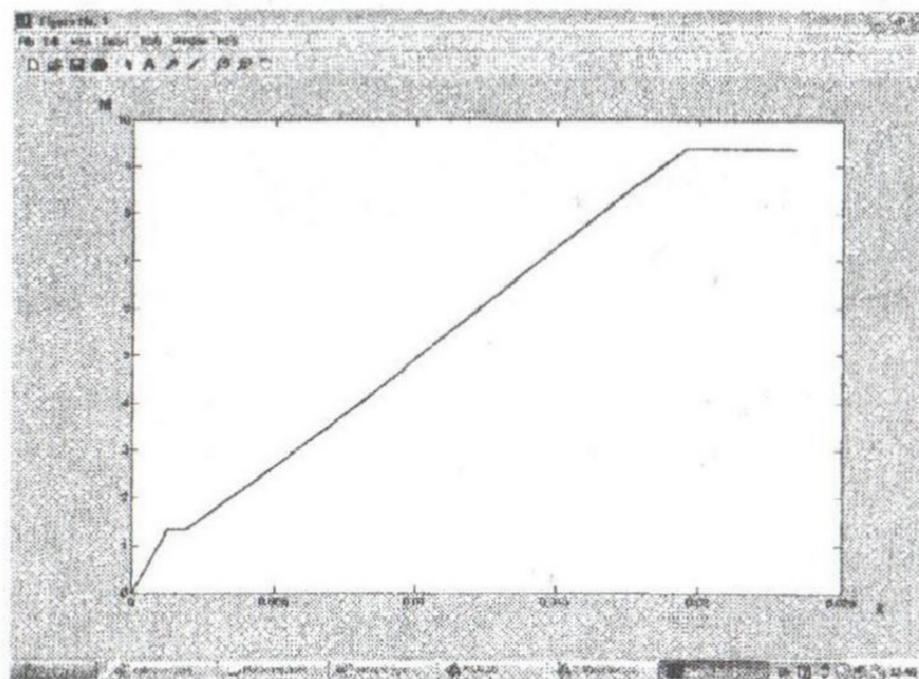


Рис. 2. Диаграмма «Изгибающий момент-кривизна» на основе предложений И.Е.Прокоповича

Приведенная диаграмма состоит из четырех участков:

- участок упругой работы элемента;
- участок при $M = M_{ср}$, соответствующий интенсивному трещинообразованию, при котором без увеличения изгибающих моментов увеличивается кривизна;
- на третьем участке элемент работает с трещинами;

(2.24) последний участок диаграммы, при значении изгибающих
(2.23) моментов, равных предельным M_u , соответствует образованию в сечении пластического шарнира.

В.Е.Бабичем проведены обширные разносторонние исследования неразрезных железобетонных балок [3]. Балки 1Б-2, 1Б-3 испытывались на действие кратковременной статической нагрузки.

Для изготовления балок использовался тяжелый бетон класса В20, имеющий призмную прочность $R_b=15,7$ МПа, начальный модуль упругости $E_b=3,23 \times 10^4$ МПа.

В качестве продольной арматуры применялась арматура класса АIII, имеющая модуль упругости $E_s=2,08 \times 10^5$ МПа, предел упругости $\sigma_y = 544,6$ МПа, предел прочности $\sigma_u = 649,7$ МПа.

Расчетная схема и армирование балок 1Б-2, 1Б-3 приведены на рис. 3, 4.

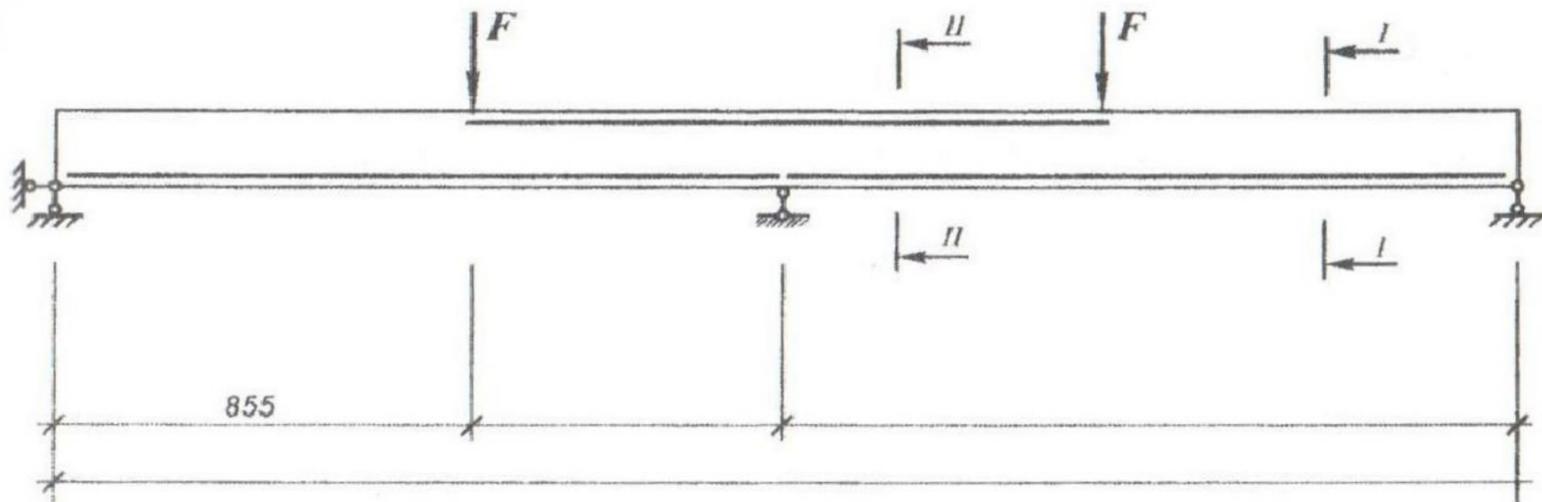


Рис. 3. Расчетная схема железобетонных балок 1Б-2, 1Б-3

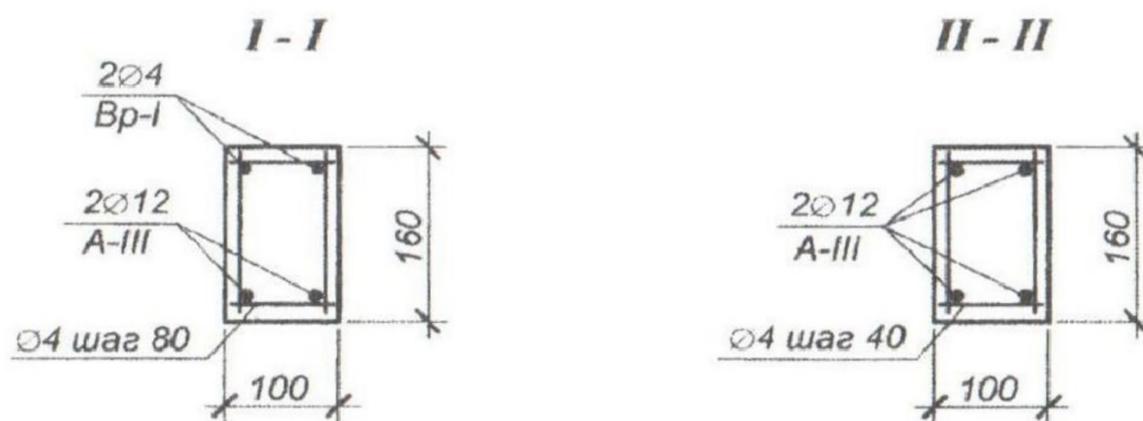
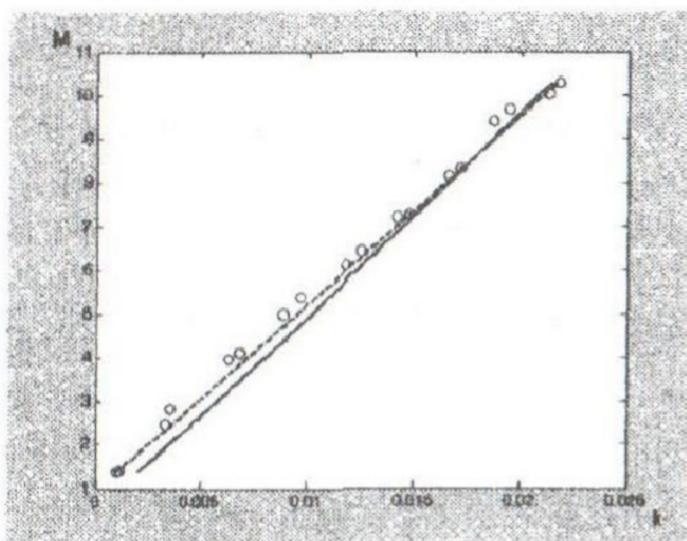


Рис. 4. Армирование железобетонных балок 1Б-2, 1Б-3

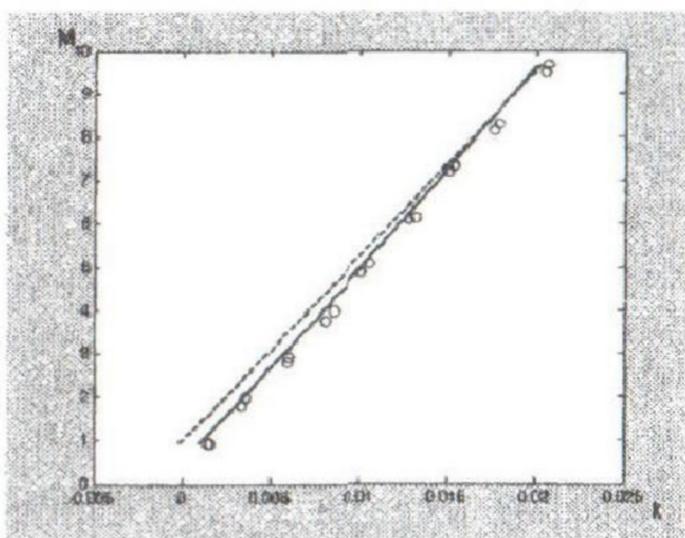
Целью экспериментов было изучить характер перераспределения усилий в процессе нагружения. При увеличении значений приложенных сил F измерялись деформации бетона сжатой зоны, деформации растянутой арматуры, значения опорных реакций.

По экспериментальным и теоретическим значениям изгибающих моментов и кривизн опорных и пролетных сечений балок 1Б-2, 1Б-3, полученных по данным СНиП 2.01.03-84* и на основе предложений И.Е.Прокоповича, построены участки диаграмм, соответствующие процессу трещинообразования, которые приведены на рис. 5...7.



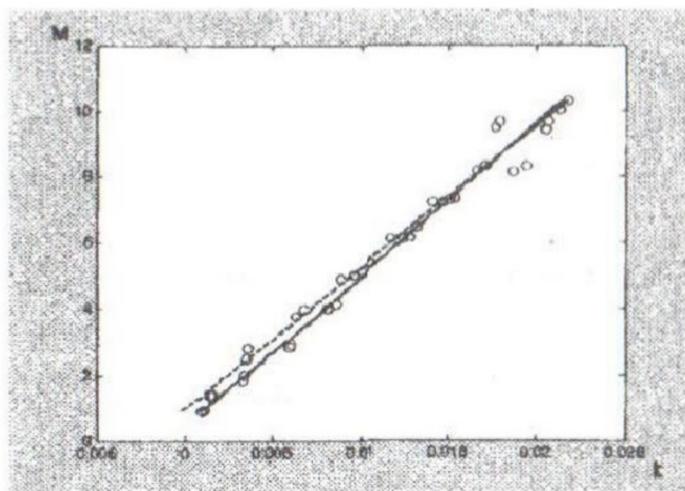
○ ○ ○ ○ - экспериментальные значения
 ————— - значения по формуле И.Е.Прокоповича
 - - - - - значения по формулам СНиП 2.03.01-84

Рис. 5. Сравнение экспериментальных и теоретических зависимостей «Изгибающий момент-кривизна» для опорных сечений балок



○ ○ ○ ○ - экспериментальные значения
 ————— - значения по формуле И.Е.Прокоповича
 - - - - - значения по формулам СНиП 2.03.01-84

Рис. 6. Сравнение экспериментальных и теоретических зависимостей «Изгибающий момент-кривизна» для пролетных сечений балок



○ ○ ○ ○ - экспериментальные значения
 ————— - значения по формуле И.Е.Прокоповича
 - - - - - значения по формулам СНиП 2.03.01-84

Рис. 7. Сравнение обобщенных экспериментальных и теоретических зависимостей «Изгибающий момент-кривизна» для сечений балок

В Таблице 1 приведена статистическая оценка распределения отношения теоретических и экспериментальных кривизн $k_{теор} / k_{exp}$.

Таблица 1.

	Опорное сечение	Пролетное сечение	Обобщенные значения
Зависимость по СНиП 2.03.01-84*			
Выборочное среднее M_x	1.0446	0.7586	0.7229
Выборочная дисперсия S_x	0.0741	0.3459	0.2852
Выборочный коэффициент вариации v_x	0.0709	0.4556	0.3941
Доверительный интервал ($P=0,95$)	p_n	1.0104	0.5988
	p_v	1.0789	0.9184
Зависимость И.Е.Прокоповича			
Выборочное среднее M_x	1.2110	0.9162	0.9010
Выборочная дисперсия S_x	0.3005	0.1069	0.1111
Выборочный коэффициент вариации v_x	0.2482	0.1167	0.1233
Доверительный интервал ($P=0,95$)	p_n	1.0722	0.8668
	p_v	1.3499	0.9656

Выводы

1. Зависимости «Изгибающий момент-кривизна», описывающие деформирование опорных и пролетных сечений неразрезных железобетонных балок, испытанных В.Е.Бабичем, носят различный характер.
2. Результаты статистического анализа сравнения теоретических и экспериментальных данных свидетельствует о следующем:
 - деформирование опорных сечений достовернее описывает методика СНиП 2.01.03-84*;
 - деформирование пролетных сечений достовернее описывает методика, основанная на предложениях И.Е.Прокоповича.
3. Применение методики, основанной на предложениях И.Е.Прокоповича, позволяет более достоверно описывать обобщенно процессы деформирования как пролетных, так и опорных сечений.

Литература

1. Прокопович И.Е., Зедгенидзе В.А. Прикладная теория ползучести. – М.: Стройиздат, 1980. – 240с.
2. Яременко А.Ф., Ковров А.В., Синюкина Т.А. О практическом способе определения жесткости железобетонных балок. // Вісник ОДАБА. – Одесса, 2005. – № 20. – С.389-394.
3. Бабич В.Є. Напружено-деформований стан і міцність нерозрізних залізобетонних балок при одноразових та повторних навантаженнях. – Дис. ... канд. техн. наук. – Рівне, 2005.
4. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя РФ, 1996. – 79с.