

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ И РАСЧЕТА БАЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ БЕТОНА С КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ

А. М. Кокарев А. А. Емельянов
Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет

В последнее время стала все шире применяться для армирования бетонных конструкций неметаллическая композитная арматура (НКА). Положительные характеристики этой арматуры – высокая прочность, малый, по сравнению со стальной арматурой, объемный вес, высокая коррозионная стойкость, а также устойчивость к агрессивным средам и непроводимость электрического тока (диэлектрик).

Расчетные параметры балок установлены на основе обмеров, прочность бетона определена на основе испытаний образцов, изготовленных совместно с балками, прочность арматуры принята по соответствующим нормативным документам.

Таблица 1

Характеристики бетонной балки с композитной арматурой

| | |
|----------------------|---------|
| Пролет L | 1124 мм |
| L/2 | 562 мм |
| Ширина, b | 77,5 мм |
| Высота, h | 120 мм |
| Рабочая высота h_0 | 96 мм |
| Диаметр арматуры, d | 12 мм |

Таблица 2

Характеристика бетонной балки с металлической арматурой

| | |
|----------------------|---------|
| Пролет L | 1130 мм |
| L/2 | 565 мм |
| Ширина, b | 76 мм |
| Высота, h | 118 мм |
| Рабочая высота h_0 | 93 мм |
| Диаметр арматуры, d | 12 мм |

Схема испытаний принималась в виде простой балки на двух шарнирных опорах с нагружением в середине пролета сосредоточенной силой. Нагрузка создавалась гидродомкратом, усилие определялось образцовым динамометром 3-го класса с допускаемым усилием 5 тн. Во время испытаний измерялись перемещения балки в трех точках на опорах и в середине пролета с помощью прогибомеров ПАО-6 с ценой деления 0,01 мм (рис. 1).

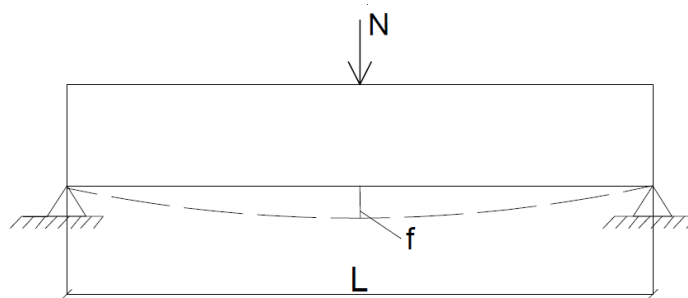


Рис. 1. Эскиз балки с учетом прогиба

Таблица 3

1-е испытание. Балка БП12

| № | N деления | N кг | N кН | Пр. 1 | Пр. 2 | | Прогиб мм | Пр.3 | Мисп кН*м | Мисп кг*м |
|----|-----------|------|------|-------|-------|------|-----------|------|-----------|-----------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 565 | 319 | 0 | 0 | 503 | 0 | 0 |
| 2 | 15,4 | 100 | 1 | 565 | 331 | 0,12 | 0,12 | 503 | 0,281 | 28,1 |
| 3 | 30,8 | 200 | 2 | 565 | 422 | 0,91 | 1,03 | 503 | 0,562 | 56,2 |
| 4 | 46,2 | 300 | 3 | 565 | 520 | 0,98 | 2,01 | 503 | 0,843 | 84,3 |
| 5 | 61,6 | 400 | 4 | 565 | 657 | 1,37 | 3,38 | 503 | 1,124 | 112,4 |
| 6 | 77 | 500 | 5 | 565 | 767 | 1,1 | 4,48 | 503 | 1,405 | 140,5 |
| 7 | 92,4 | 600 | 6 | 565 | 929 | 1,62 | 6,1 | 503 | 1,686 | 168,6 |
| 8 | 107,8 | 700 | 7 | 565 | 1075 | 1,46 | 7,56 | 503 | 1,967 | 196,7 |
| 9 | 123,2 | 800 | 8 | 565 | 1256 | 1,81 | 9,37 | 503 | 2,248 | 224,8 |
| 10 | 138,6 | 900 | 9 | 565 | 1423 | 1,67 | 11,04 | 503 | 2,529 | 252,9 |
| 11 | 146,3 | 950 | 9,5 | 565 | 1500 | 0,77 | 11,81 | 503 | 2,6695 | 266,95 |
| 12 | 154 | 1000 | 10 | 565 | 1657 | 1,57 | 13,38 | 503 | 2,81 | 281 |

Таблица 4

2-е испытание. Балка БМ12

| № | N деления | N, кг | N, кН | Пр 1 | Пр 2 | Прогиб, мм | Пр 3 | | Мисп, кН*м |
|----|-----------|-------|-------|------|------|------------|------|---------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 384 | 2644 | 0 | 858 | | 0 |
| 2 | 7,7 | 50 | 0,5 | 384 | 2645 | 0,01 | 858 | | 0,14125 |
| 3 | 15,4 | 100 | 1 | 384 | 2646 | 0,02 | 858 | | 0,2825 |
| 4 | 23,1 | 150 | 1,5 | 384 | 2651 | 0,07 | 858 | | 0,42375 |
| 5 | 30,08 | 200 | 2 | 384 | 2669 | 0,25 | 858 | | 0,565 |
| 6 | 38,5 | 250 | 2,5 | 384 | 2731 | 0,87 | 858 | | 0,70625 |
| 7 | 46,2 | 300 | 3 | 384 | 2849 | 2,05 | 858 | | 0,8475 |
| 8 | 53,9 | 350 | 3,5 | 384 | 2899 | 2,545 | 859 | | 0,98875 |
| 9 | 61,6 | 400 | 4 | 385 | 2925 | 2,8 | 859 | | 1,13 |
| 10 | 69,3 | 450 | 4,5 | 385 | 2928 | 2,675 | 890 | трещина | 1,27125 |
| 11 | 84,7 | 550 | 5,5 | 385 | 2991 | 3,305 | 890 | | 1,55375 |
| 12 | 100,1 | 650 | 6,5 | 386 | 3007 | 3,455 | 891 | | 1,83625 |
| 13 | 115,5 | 750 | 7,5 | 386 | 3059 | 3,975 | 891 | | 2,11875 |
| 14 | 130,9 | 850 | 8,5 | 465 | 3147 | 4,46 | 891 | | 2,40125 |
| 15 | 146,3 | 950 | 9,5 | 465 | 3178 | 4,77 | 891 | | 2,68375 |
| 16 | 161,7 | 1050 | 10,5 | 465 | 3242 | 5,41 | 891 | | 2,96625 |

| | | | | | | | | | |
|----|-------|------|------|-----|------|-------|-----|------------|---------|
| 17 | 177,1 | 1150 | 11,5 | 470 | 3258 | 5,54 | 892 | | 3,24875 |
| 18 | 192,5 | 1250 | 12,5 | 470 | 3333 | 6,29 | 892 | | 3,53125 |
| 19 | 207,9 | 1350 | 13,5 | 472 | 3339 | 6,34 | 892 | | 3,81375 |
| 20 | 223,3 | 1450 | 14,5 | 472 | 3438 | 7,33 | 892 | | 4,09625 |
| 21 | 238,7 | 1550 | 15,5 | 476 | 3510 | 8,03 | 892 | | 4,37875 |
| 22 | 254,1 | 1650 | 16,5 | 477 | 3571 | 8,635 | 892 | | 4,66125 |
| 23 | 269,5 | 1750 | 17,5 | 477 | 3755 | 10,47 | 893 | | 4,94375 |
| 24 | 284,9 | 1850 | 18,5 | | | | | разрушение | 5,22625 |

Таблица 5

Результаты сопоставления экспериментальных и расчетных значений
разрушающих изгибающих моментов.

| Марка | N_u кГ | $M_{\text{эксп}}$ кН*м | N_b Н | N_s кН | M_b кН*м | M_s кН*м | R_s МПа | R_b МПа |
|-------|-------------|---------------------------|------------|-------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| БП12 | 1000 | 2,81 | 35132,09 | 90,48 | 2,81718 | 7,255432 | 800 | 14,33 |
| БМ12 | 1850 | 5,22625 | 51571,09 | 41,2815 | 3,575501 | 2,862108 | 365 | 14,33 |

Формулы, использованные в расчете:

$$f = f_2 - \frac{f_1 + f_2}{2} \quad (1)$$

$$M_q = \frac{N}{2} * \frac{L}{2} \quad (2)$$

$$N_b = R_b * b * x_R \quad (3)$$

$$N_s = R_s * A_s \quad (4)$$

$$x = \zeta_R * h_0 \quad (5)$$

$$M_u = z * N_b \quad (6)$$

$$M_u = z * N_s \quad (7)$$

По результатам испытаний построены графики зависимости прогиба от силы.

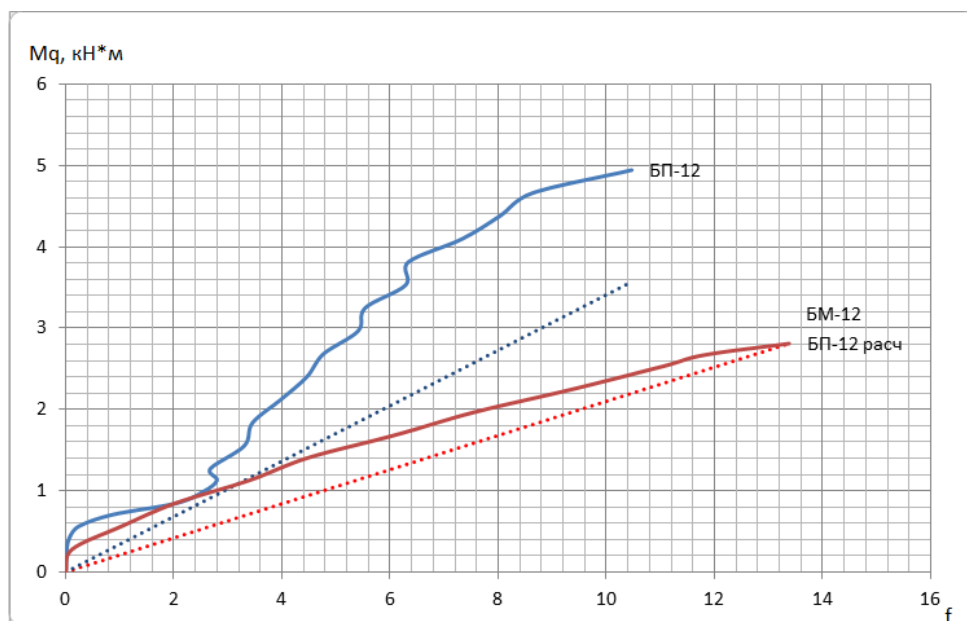


Рис. 2. Результаты испытаний балок

Оценивая результаты испытаний можно отметить, что деформативность балок армированных стальной арматурой меньше чем у балок, армированных НКА, развитии прогибов балок, изготовленных из тяжелого бетона и с металлической и НКА, прослеживается явно нелинейная работа тяжелого бетона.

Список литературы

1. СТО ТОО 620200399412-01-2012. Стандарт организации «Арматура неметаллическая композитная для армирования бетонных конструкций». Астана. 2012. 32 с.
2. Ерышев В. А. Метод расчета деформаций железобетонных стержневых и плитных конструкций при повторных, знакопеременных и других видах сложного нагружения : дис. ... д-ра тех. наук. М. : НИИЖБ Госстроя СССР, 1997. 353 с.
3. Кокарев А. М. Деформация железобетонных элементов с трещинами при повторных и знакопеременных нагружениях и разгрузках : автореф. дис. ... канд. тех. наук. М. : НИИЖБ Госстроя СССР, 1983. 22 с.
4. Карпенко Н. И., Ерышев В. А., Мухамедиев Т. А. Исследование деформации ж/б балочных элементов при знакопеременных нагрузках // Исследование ж/б конструкций при статических, повторных и динамических воздействиях. М. : НИИЖБ Госстроя СССР, 1984. С. 56–72.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА ВЕЛИЧИНУ КОЭФФИЦИЕНТА АРМИРОВАНИЯ, ВЫЗЫВАЮЩЕГО ОБРАЗОВАНИЕ УСАДОЧНЫХ ТРЕЩИН

*А. М. Кокарев, Д. А. Батаев, А. А. Емельянов
Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет*

В железобетонных элементах арматура, до достижения в бетоне предельных деформаций, работает, как правило, упруго. Нелинейность в работе железобетонных элементов проявляется в основном за счет нелинейной работы бетона.

Нелинейность деформирования бетона вызывает перераспределение напряжений в железобетонных элементах, которое можно определить, зная деформативные характеристики бетона и арматуры.

При усадке бетона в железобетонном элементе в бетоне и арматуре до приложения внешних нагрузок наводятся начальные или усадочные напряжения. Вопросы влияния усадки бетона рассматривались в работах [1, 2], обосновавших необходимость учета влияния усадки бетона при проектировании железобетонных конструкций зависимости от содержания, арматуры. В бетоне могут создаваться значительные растягивающие напряжения, что может приводить к снижению трещиностойкости элемента или появлению трещин в бетоне.

Напряжения в бетоне от усадки определяются, исходя из упругой работы арматуры и условия равновесия сил в арматуре и бетоне железобетонного элемента $N_{\text{бт}} = N_{\text{с}}$.