

УДК 624.0.12.464.3

МІЦНІСТЬ І ТРИЩИНОСТІЙКІСТЬ ЗГИНАЛЬНИЙ ЕЛЕМЕНТІВ З ВИСОКОМІЦНОГО БЕТОНУ

ПРОЧНОСТЬ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА

STRENGTH AND CRACKER RESISTANCE OF BENDING ELEMENTS FROM HIGH-STRENGTH CONCRETE

Журавський О.Д. к.т.н., доц., **Куцик О.В.** аспірант (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ).

Журавский А.Д. к.т.н., доц., **Куцик Е.В.** аспирант (Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев).

Zhuravskiy O.D., candidate of technical sciences, docent, **Kutsik O.V.**, postgraduate (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv).

Наведені результати експериментальних досліджень міцності та тріщиностійкості залізобетонних балок з високоміцного бетону та виконано порівняння їх з балками із звичайного бетону.

Приведенные результаты экспериментальных исследований прочности и трещиностойкости железобетонных балок из высокопрочного бетона и выполнено сравнение их с балками из обычного бетона.

The results of experimental studies of durability and crack resistance of reinforced concrete beams from high-strength concrete are presented and compared with ordinary concrete beams.

Ключові слова:

Міцність, тріщиностійкість, прогини, високоміцний бетон.

Прочность, трещиностойкость, прогибы, высокопрочный бетон.

Strength, crack resistance, deflection, high strength concrete.

Сучасне будівництво вимагає використання нових матеріалів для конструкцій будівель та споруд. Саме використання високоміцного бетону дає можливість зменшити перерізи конструктивних елементів і тим самим зменшити їх вагу, збільшити несучу здатність та прольоти конструкцій.

Для експериментальних досліджень було використано три серії зразків (по чотири балки в кожній серії). Балки довжиною 1200 мм та перерізом 100×50 мм армувались в розтягнутій зоні двома стежнями Ø12A400, а в стиснутій зоні

одним стержнем Ø5Bp-I (рис. 1). Поперечна арматура Ø5Bp-I, яка встановлена з кроком 50 мм в приопорних зонах довжиною 400 мм.

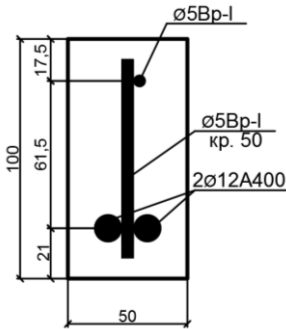


Рис. 1. Поперечний переріз дослідних балок

Зразки виготовлялись з бетону, до складу якого входять: гранітний щебінь (фракція 5...10 і 10...20 мм), кварцовий пісок (модуль крупності 0,95 мм), цемент марки М500, добавка метакаолін та гіперпластифікатор (STACHEMENT 2597), вода (В/Ц=0,32). Склад бетону кожної серії відрізняється кількістю цементу, метакаоліну та В/Ц 0,35. Характеристики бетону дослідних балок наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристики бетону

| Серія | Кубикова міцність $f_{ck,cube}$, МПа | Призмova міцність $f_{ck,prism}$, МПа | Початковий модуль пружності $E_c \times 10^{-3}$, МПа |
|-------|---------------------------------------|--|--|
| Б-I | 31,45 | 22,86 | 26,47 |
| Б-II | 79,50 | 71,14 | 37,42 |
| Б-III | 85,05 | 79,51 | 42,83 |

Балки опирались на дві опори з прольотом 1000 мм та завантажувались двома зосередженими силами, які розташовані на відстані 333 мм від опор (рис. 2 та 3). На кожній ступені завантаження вимірювались прогини балки за допомогою індикатора годинникового типу I-1 з ціною поділки 0,01 мм. Деформації бетону в стиснутій та розтягнутій зонах вимірювались індикаторами годинникового типу I-2...I-5 ціною поділки 0,001 мм на базі 200 мм та тензорезисторами Т-5...Т-14 на базі 50 мм. Деформації арматурних стержнів вимірювались тензорезисторами Т-1...Т-4 на базі 20 мм. Ширину розкриття тріщин вимірювали за допомогою мікроскопа Брінеля з ціною поділки 0,05 мм. Навантаження прикладалось за допомогою гідравлічного домкрата через

систему тяжів та траверс, а значення сили F_1 визначалась за допомогою динамометра камер тонного типу, який був встановлений на одній з опор (рис. 2 та 3).

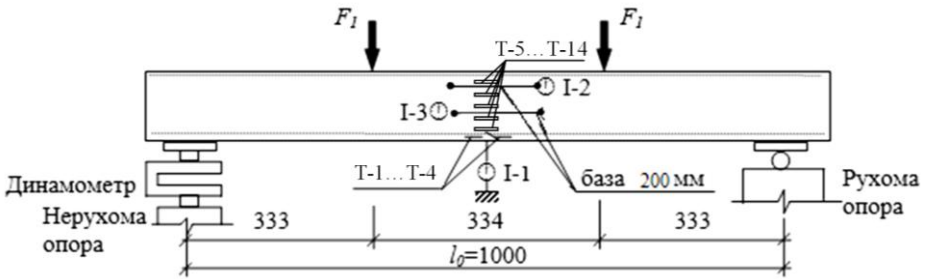


Рис. 2. Схема випробування дослідних балок



Рис. 3. Стенд для випробування дослідних балок

В результаті випробування дослідних балок отримані значення навантажень $F_{\text{кр},1}$, при яких з'явилися нормальні тріщини та навантажень $F_{\text{у},1}$, при яких зруйнувалися балки. Значення цих навантажень для кожної балки та середнє їх значення для кожної серії наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень балок

| Серія | Марка балки | Навантаження появи тріщин | | Руйнуюче навантаження | |
|-------|-------------|---------------------------|---------|-----------------------|---------|
| | | $F_{\text{кр},1}$, кН | | $F_{\text{у},1}$, кН | |
| | | одного зразка | середнє | одного зразка | середнє |
| Б-I | Б-I-1 | 8,1 | 7,3 | 13,5 | 10,75 |
| | Б-I-2 | 6,0 | | 10,0 | |
| | Б-I-3 | 6,2 | | 10,0 | |
| | Б-I-4 | 8,9 | | 9,5 | |
| Б-II | Б-II-1 | 6,7 | 6,4 | 11,5 | 11,05 |
| | Б-II-2 | 6,0 | | 11,0 | |
| | Б-II-3 | 6,1 | | 10,8 | |
| | Б-II-4 | 6,8 | | 10,9 | |
| Б-III | Б-III-1 | 4,6 | 5,1 | 11,5 | 13,03 |
| | Б-III-2 | 5,1 | | 13,5 | |
| | Б-III-3 | 5,9 | | 12,9 | |
| | Б-III-4 | 4,8 | | 14,2 | |

Аналіз результатів випробувань показав, що тріщини в балках з високоміцного бетону (серія Б-III) з'явилися раніше ніж в балках серії Б-II та Б-I, тобто в середньому при $F_{\text{кр},1}=5,1$ кН. Це на 19,6% менше від тріщиноустійкості балок серії Б-II ($F_{\text{кр},1}=6,4$ кН) та на 31,0% менше від тріщиноустійкості балок серії Б-I ($F_{\text{кр},1}=7,3$ кН).

Аналіз руйнуючих навантажень показав зовсім протилежні значення найменші значення були в балках серії Б-I, тобто $F_{\text{у},1}=10,75$ кН. Це на 2,7% менше від міцності балок серії Б-II ($F_{\text{у},1}=11,05$ кН) та на 17,5% менше від міцності балок серії Б-III ($F_{\text{у},1}=13,03$ кН).

Загальний вигляд балок після випробування та характер тріщиноутворень показано на рис. 4...6. Тріщиноутворення та характер руйнування балок серії Б-I відбувалось за звичайною схемою – виникнення нормальних тріщин в розтягнутій зоні перерізу, їх розвиток при збільшенні навантаження, руйнування балок внаслідок досягнення деформацій текучості розтягнутої арматури та руйнування стиснутої зони бетону (рис. 4). Руйнування мали пластичний характер. Тріщиноутворення та руйнування балок серій Б-II та Б-III мали дещо інший характер (рис. 5, 6). Виникнення тріщин почалось раніше ніж в балках серії Б-I. Однак їх розвиток та розкриття не був таким інтенсивним як в балках

серії Б-I. При руйнуванні балок висота стиснутої зони була значно більшою ніж в балках серії Б-I. При чому викали горизонтальні тріщини, які розділяли розтягнуту та стиснуту зони бетону.

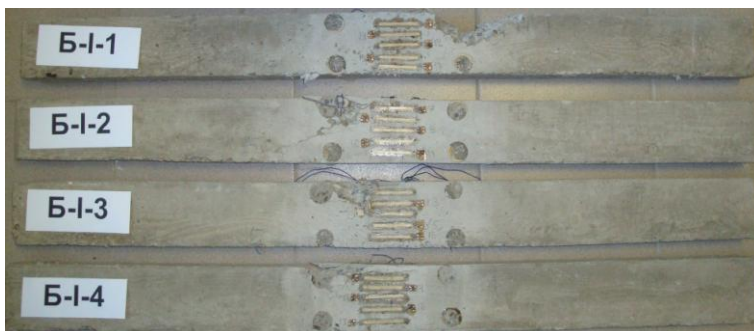


Рис. 4. Балки серії Б-I після випробування

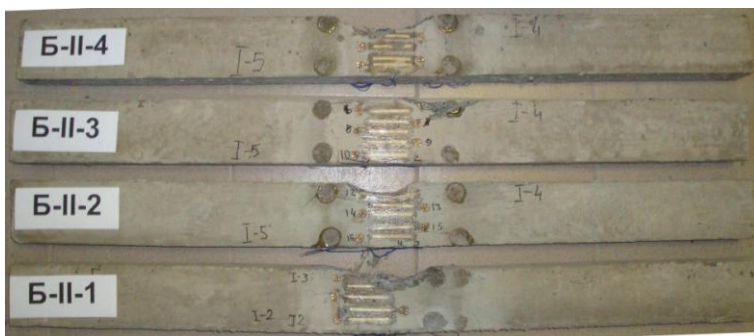


Рис. 5. Балки серії Б-II після випробування



Рис. 6. Балки серії Б-III після випробування

Виконані експериментальні дослідження залізобетонних балок з високоміцного та звичайного бетонів показали деякі відмінності їхньої роботи при поперечному згині. Це дасть змогу удосконалити методику розрахунку згинальних залізобетонних елементів з високоміцного бетону.

1. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон // М.: Стройиздат, 1971. –196 с. **2.** ДБН В.2.6.-98:2009. Конструкції будівель та споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. **3.** ДСТУ Б В.2.6.-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. **4.** EN 1992-1-1-2004: Eurocode 2: Design of concrete structures.-Part 1-1: General rules and rules for buildings. **5.** ACI 318-95 Building Code Requirements for Structural Concrete. **6.** Куцик О.В., Журавський О.Д., Аналіз використання високоміцного бетону у сучасному будівництві // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник. –К., КНУБА, -Вип. 61., 2016, С.444-449.