

УДК 624.012.04

к.т.н., доцент П.О. Сунак, к.т.н., доцент, А.В. Шостак,  
к.т.н., доцент С.В. Синій, к.т.н., доцент, О.П. Сунак,  
Луцький національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНЮВАНОСТІ МІЦНОСТІ І ДЕФОРМАТИВНОСТІ БЕТОНУ ПРИ КОРОТКОЧАСНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

*В статті розглянуто змінюваність міцнісних та деформативних характеристик дрібнозернистого бетону – міцність на стиск, розтяг, початковий модуль пружності, гранична стискуваність.*

**Ключові слова:** *міцність на стиск, розтяг, початковий модуль пружності, гранична стискуваність.*

Фактори, що впливають на характер формування, величину фізико-механічних характеристик бетону і сталевібробетону, змінювання їх в часі можна умовно поділити на дві групи.

До першої групи слід віднести фактори, пов'язані з виготовленням конструкцій, які визначаються:

- властивостями і співвідношеннями вихідних матеріалів: мінералогічним складом, активністю цементу; гранулометричним складом дрібного заповнювача; об'ємом, міцністю, розмірами та характером поверхні сталевих фібр; водоцементним відношенням сталевібробетонної суміші;

- умовами виготовлення і формування бетонної та сталевібробетонної суміші, режимом перемішування і ущільнення сталевібробетону;

- об'ємом сталевібробетону в конструкції і умовами тужавлення сталевібробетону до початку його включення в роботу: розмірами елемента, температурою і вологістю середовища тужавлення; умовами вологообміну з навколишнім середовищем; тривалістю тужавлення.

Другу групу факторів, що впливає на змінюваність фізико-механічних властивостей матеріалів, визначають умовами роботи конструкцій:

- вологість і температура навколишнього середовища;

- розміри поперечного перерізу елемента;

- тривалість і характер дії навантажень і впливів.

Статистична обробка великого числа дослідних даних дозволила знайти найбільш суттєві фактори, що впливають на міцність і модуль пружності сталевібробетону. До цих факторів відносять:

для міцності сталевібробетону: вид і активність цементу; склад дрібнозернистого бетону, фізико-механічні властивості, об'єм, діаметр,

довжина та характеристика поверхні сталевих фібр; інтенсивність навантаження;

для початкового модуля пружності сталефіробетону: кубикова міцність дрібнозернистого бетону, склад бетону, характеристики та об'єм сталевих фібр, відносний рівень і характер прикладених напружень; розміри поперечного перерізу (мають менший вплив).

Збільшення мінливості фізико-механічних властивостей матеріалів може відбутися з багатьох причин, основні з яких: низька культура виробництва, старіння (зношення) матеріалів у часі, умови зберігання і транспортування, природні умови тощо.

Умови роботи конструкцій суттєво впливають на тривалі деформації бетону – усадку і повзучість.

Як матрицю для сталефіробетонних конструкцій найчастіше використовують дрібнозернистий бетон на цементному в'язучому з густиною не меншою за 1800 кг/м<sup>3</sup>, як більш ефективний і такий, що має кращі у порівнянні з крупнозернистим бетоном показники однорідності структури.

Розкид міцності бетону насамперед визначається його середньою міцністю  $\bar{R}_{b,28}$  у віці  $\tau_0=28$  діб, віком в момент випробувань, тобто міцністю  $R_{b,\tau}$ , умовами тужавлення, розмірами зразків, їх числом в серії. Для стандартних заводських випробувань величину коефіцієнтів варіації  $V_{Rb}$  подано в табл. 2.1.

В роботі [4] методом точкового оцінювання експериментальних даних при випробуванні призм з дрібнозернистого бетону у віці 28 діб на стиск зроблено статистичну обробку. Число зразків призм для кожного класу становило 24. Знайдені коефіцієнти варіації для дрібнозернистого бетону наведені у табл. 1. Середнє значення коефіцієнта варіації призмової міцності дрібнозернистого бетону становило 12,1%.

Таблиця 1. Коефіцієнти варіації призмової міцності бетону  $V_{Rb}$ , %

Умови твердіння	Клас бетону									
	Крупнозернистий							Дрібнозернистий		
	10	20	30	40	50	60	≥70	10	20	30
Природне твердіння	15,9	12,9	10,5	8,2	6,6	5,4	5,1	14,3	12,5	9,3
Теплова обробка	12,1	11,1	9,4	9,0	7,8	6,6	5,5	–	–	–

Дані табл. 1 свідчать, що при порівнянні бетонів однакових класів для дрібнозернистого бетону характерне менше значення коефіцієнта варіації міцності на стиск ніж для крупнозернистого.

Величина коефіцієнта варіації кубикової міцності бетону природного твердіння зменшується із збільшенням його віку від  $\tau$  до 28 діб. До цього моменту часу мінералогічний склад і структура бетону стабілізуються, вони стають більш однорідними по всьому зразку. Значення відношення  $V_{R,\tau}/V_{R,28}$  для важких бетонів природного твердіння наведено в табл. 2.

Результати досліджень і отримані на основі їх статистичні дані дозволяють твердити про наявність практично лінійних залежностей змінюваності міцності від розміру  $h$  ребра дослідного зразка-куба. (табл. 3).

Таблиця 2. Вплив віку бетону на змінюваність його міцності

$\tau$ , діб.	1–2	3–4	5–6	7–8	9–12	13–16	17–20	21–24	25–27	28
$V_{R,\tau}/V_{R,28}$	4,0	2,4	1,8	1,5	1,35	1,15	1,09	1,05	1,02	1,0

Таблиця 3. Вплив розмірів зразка на змінюваність міцності бетону

$h$ , мм	40	80	120	160	200
$V_{R,h}/V_{R,200}$	0,62	0,73	0,82	0,91	1,0

Значення коефіцієнтів варіації  $V_R$  бетонів, випробуваних в лабораторних умовах, можуть суттєво відрізнятись від отриманих на виробництві. Дослідження свідчать, що для бетонів, які використовують в будівництві, коефіцієнти варіації більші в середньому в 1,5 рази.

В виробничих умовах змінюваність міцності бетону залежить від технологічних параметрів і може суттєво змінюватись в межах однієї конструкції.

Щодо міцності бетону на розтяг, то в роботі [2] пропонується залежність величини опору бетону на розтяг  $R_{bt}$  від класу бетону (міцності на стиск)  $B$  (табл. 4), яка отримана на основі статистичної обробки результатів експериментів.

У роботі [2] відмічено, що для дрібнозернистого бетону на кварцовому піску значення  $R_{bt}/B$  лежить в межах від 0,04 до 0,15. Перше значення відноситься для бетонів високих класів (B50,B60), друге – до низьких класів (B10,B20).

Таблиця 4. Співвідношення міцності бетону при стисканні і розтяганні

<b><math>B</math>, МПа</b>	10	20	30	40	50	60	80	90
<b><math>R_{bt}/B</math></b>	0,105	0,085	0,071	0,062	0,058	0,055	0,051	0,050

Дослідних даних для оцінювання величини змінюваності міцності бетону при розтяганні  $VR_{bt}$  в літературі недостатньо. Встановлено лише те, що розкид міцності бетону при розтяганні суттєво більший, ніж при стисканні. За результатами досліджень отримано величину  $V_{Rbt}/V_{Rb} = 1,5$ .

Таким чином можна вважати, що середні коефіцієнти варіації міцності бетону на стиск знаходиться в межах 5...15%, на розтяг – в межах 10...25%.

Коефіцієнт варіації початкового модуля пружності бетону  $V_{Eb}$  мало залежить від факторів, які впливають на  $V_{Rb}$ . Разом з тим статистичний аналіз результатів досліджень встановив зменшення величини  $V_{Eb}$  з віком  $\tau$  (табл. 5).

Таблиця 5. Вплив віку бетону на змінюваність початкового модуля пружності

<b><math>\tau</math>, діб.</b>	0...12	13...25	26...359	360...624	$\geq 625$
<b><math>V_{Eb}</math>, %</b>	13,0	12,0	9,0	9,0	9,0

Змінюваність граничної стискуваності бетону досліджувалась недостатньо. За даними роботи [5] значення граничної стискуваності крупнозернистого бетону лежить в межах  $(150...230) \cdot 10^{-5}$ . Середнє значення становить  $190 \cdot 10^{-5}$ . В роботі [3] для бетону середньої міцності  $R_b=30$  МПа отриманий коефіцієнт варіації  $V_{\epsilon_{bu}}=14,3\%$ . Випробування балок із змішаним армуванням показали, що для бетонів середньої міцності  $R_b=40...60$  МПа коефіцієнт варіації граничної стискуваності бетону може досягати  $V_{\epsilon_{bu}}=15...20\%$ . У виробничих умовах із збільшенням неоднорідності бетону стиснутої зони можливе значне збільшення коефіцієнта  $V_{\epsilon_{bu}}$ . За дослідженнями роботи [4] встановлено, що середнє значення граничної стискуваності для дрібнозернистого бетону є дещо більшим ніж для крупнозернистого і лежить в межах  $(145...255) \cdot 10^{-5}$ . Середнє значення становить  $\epsilon_{b,u}=200 \cdot 10^{-5}$ .

### Література

1. Барашиков А.Я., Сирота М.Д. Надежность зданий и сооружений: Уч. пособие. - К.: УМК ВО. 1993 - 212 с.

2. Гетун Г.В. Экспериментально-теоретические исследования изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных в растянутой зоне слоем сталефибробетона: Дис... канд.Техн.наук: 05.23.01.-Киев, 1983. - 180с.

3. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций. Под ред. А. А. Гвоздева М.: Стройиздат, 1978. - 205с.

4. Сунак О.П. Прочность, трещиностойкость и деформативность нормальных сечений изгибаемых комбинированно армированных сталефибробетонных элементов: Дис ... канд.Техн.наук: 05.23.01.-Киев, 1986. - 175с.

5. Сунак О.П. Сталефібробетонні конструкції: Навч. посібн. - Луцьк: Media, 1999. - 158с.

6. Пошивач В.Г. Надежность и контроль качества изгибаемых железобетонных конструкций: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01.- Киев, 1997. - 150 с.

7. Кудзис А.П. Оценка надежности железобетонных конструкций. - Вильнюс: Мокслас, 1985. - 156 с.

#### **Аннотация**

В статье рассмотрена изменчивость прочностных и деформативных характеристик мелкозернистого бетона – прочность на сжатие, растяжение, начальный модуль упругости, граничная сжимаемость.

**Ключевые слова:** прочность на сжатие, растяжение, начальный модуль упругости, граничная сжимаемость.

#### **Annotation**

In the article changeability of durability and deformation of fine - grained concrete is considered is durability on the compression, tension, initial module of resiliency, border compressibility.

**Keywords:** grained concrete is considered is durability on the compression, tension, initial module of resiliency, border compressibility.