

БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

УДК 624.012.4:620.179.18

**ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ШЛЯХОМ МІСЦЕВОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ
ПОВЕРХНЕВОЇ ДІЛЯНКИ БЕТОНУ**

В. О. Попов, М. І. Ковальчук

Розглянуто нову методику визначення параметрів напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій шляхом виконання розвантаження поверхневої ділянки бетону. Вказані існуючі методи, виконаний їх аналіз, проведені необхідні експерименти, визначені їх результати у вигляді графіків, зроблені висновки на основі проведених дослідів.

Рассмотрена новая методика определения параметров напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций путем выполнения разгрузки поверхностью участка бетона. Указанные существующие методы, выполнен их анализ, проведены необходимые эксперименты, определены их результаты в виде графиков, сделаны выводы на основе проведенных опытов.

Describes a new method for determining the parameters of the stress-strain state of reinforced concrete structures by means of discharge of surface areas of concrete. These existing methods made their analysis, conducted the necessary experiments, determined the results in graphs, conclusions on the basis of experiments.

Вступ

Як відомо, при обстеженні технічного стану будівельних об'єктів важливо мати достовірну інформацію про рівень фактичних напружень у матеріалах несучих елементів, зокрема, у бетоні залізобетонних конструкцій. В більшості випадків напруження у бетоні визначають шляхом теоретичних розрахунків або за допомогою простих інструментальних методів, що мають значну похибку. Точність цих методів значною мірою залежить від визначеності фактичних навантажень і чіткості використаних розрахункових схем. Для оцінювання напруженого стану в конструкціях розроблено ряд пристроїв і методів, які дозволяють визначати напруження у матеріалах, однорідних за своєю структурою. Бетон не підпадає під це визначення.

Мета статті: розглянути нову методику визначення параметрів напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій шляхом виконання розвантаження поверхневої ділянки бетону.

1. Аналіз існуючих методів

З ряду інструментальних методів, що використовуються для визначення напружень у бетоні будівельних конструкцій, виділяється метод, запропонований Яловим Г. Н. та інш. [1]. Сутність цього методу полягає у визначенні напружень у бетоні через деформації розвантаження його поверхневої ділянки в місцях прорізу, та з припущення про лінійний характер цих деформацій. Практична реалізація за цим методом полягає у послідовності виконання таких операцій: до поверхні навантаженої ділянки бетону притискається прилад із тензодатчиком багаторазового використання, після чого у поверхні бетону за допомогою диска з алмазним покриттям у напрямку, перпендикулярному до розповсюдження силових ліній, виконується проріз з певними геометричними параметрами. З різниці відліків до і після виконання прорізів визначається величина відносної деформації часткового розвантаження, спричиненого прорізом у поверхневій ділянці бетону (перетином силових ліній). Шляхом запропонованих розрахунків [1] визначається рівень фактичних напружень у бетоні.

Головними недоліками методики [1] є:

- велика ймовірність проковзування тензодатчика відносно поверхні бетону, до якої він притиснутий через пружну прокладку;
- залежність як параметрів тензодатчика, так і значень, що він визначає, від рівня зусилля, що притискує його до поверхні бетону;

- недостатність розмірів тензодатчика (активна база 5 мм) для отримання стабільних результатів для матеріалів із неоднорідною структурою (бетону);
- значна відносно величини бази датчика глибина одностороннього прорізу, обумовлена необхідністю відчутного (але неповного [1]) розвантаження ділянки бетону з притисненим до неї тензодатчиком.

Але запропонований у [1] метод, який можна назвати методом прорізів, може вважатись перспективним, тому з метою його подальшого розвитку в Науково-дослідній лабораторії ефективних будівельних конструкцій Вінницького державного технічного університету була запропонована інша методика визначення пружної деформації розвантаження бетону [2].

Загальна схема запропонованої методики така:

- на підготовлену поверхню бетону, що знаходиться під навантаженням, у місці вибраному для досліджень у напрямку розповсюдження силових ліній наклеюється тензодатчик (у подальшому датчик) і знімаються його початкові показання;
- за допомогою спеціального пристрою [3] (рис. 1) з обох сторін датчика перпендикулярно до його осі виконуються прорізи у поверхні бетону;
- визначаються деформації розвантаження бетону.

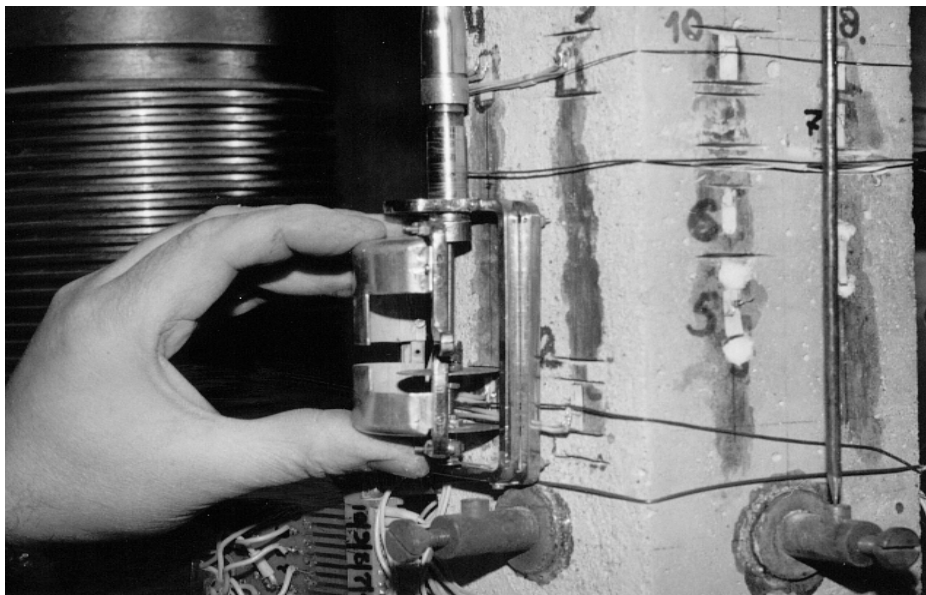


Рис. 1. Виконання відокремлюючих прорізів на поверхні бетону

2. Задача експерименту

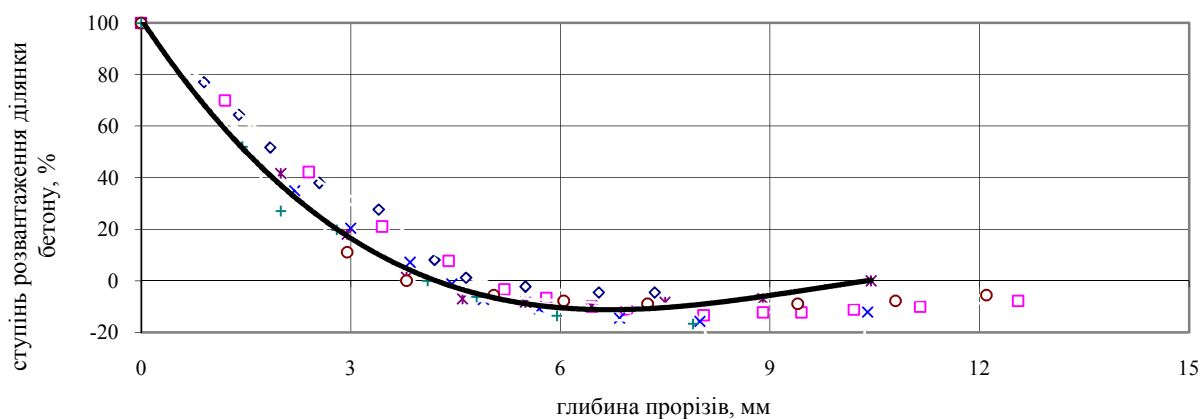
1. Визначення залежності зміни ступеня розвантаження поверхневої ділянки бетону (у тому числі, при повному розвантаженні) від глибини відокремлюючих прорізів.
2. Визначення впливу розмірів активної бази на необхідні параметри прорізів.

У експериментах використовувались дротяні тензорезистори типу ПКБ із довжиною активної бази 10, 20 і 50 мм. Вимірювання велись за допомогою приладу ИДЦ-1. Випробування проводились на бокових гранях центрально-стиснених призм розмірами 100×100×400 мм, виготовлених з бетону з призмовою міцністю $R_b=24$ МПа, з контролем навантажувального зусилля і деформації. Покази датчиків порівнювались із значеннями деформації, що вимірювались багато-обертними індикаторами годинникового типу на базі 200 мм, одержаних шляхом багаторазових послідовних завантажень і розвантажень. Рівень навантажень стиску в призмах варіювався від $0,6R_b$ до $0,8R_b$ – тобто, у діапазоні, в якому виявляються реологічні властивості бетону. Глибина прорізів збільшувалась поступово, кроком $0,8 \div 1,1$ мм. Покази датчика знімалися через $15 \div 20$ хвилин після кожного поглиблення прорізів для стабілізації температури зразка у місці прорізів.

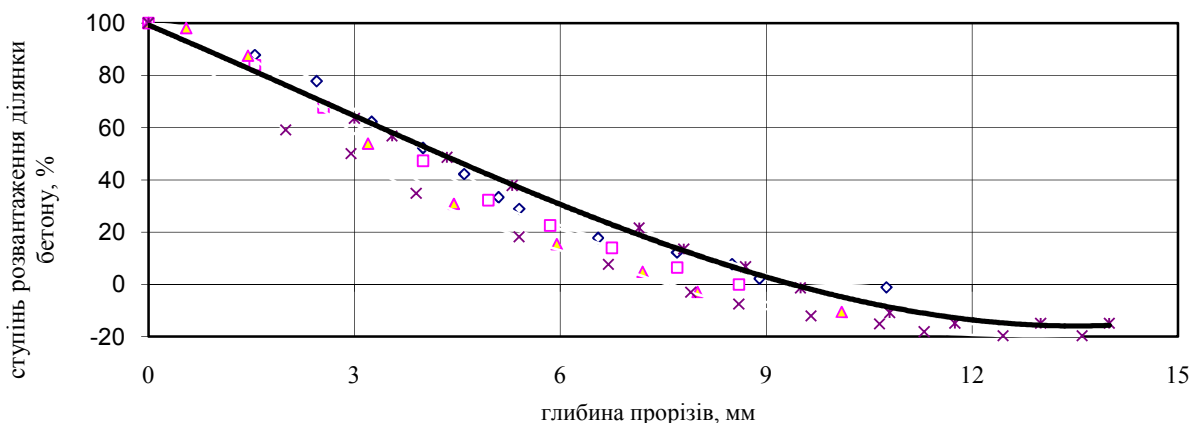
Крім цього, всі експериментальні зразки були розбиті на дві групи, що різнилися між собою терміном наклеювання на них датчиків. В одному випадку датчики клеїлися на поверхню бетону ненавантажених, а у другому на поверхню попередньо завантажених до певного рівня призм. В обох випадках дослідження з виконанням прорізів по кінцях датчиків проводились на зразках з однаковим рівнем навантажень.

3. Результати експерименту

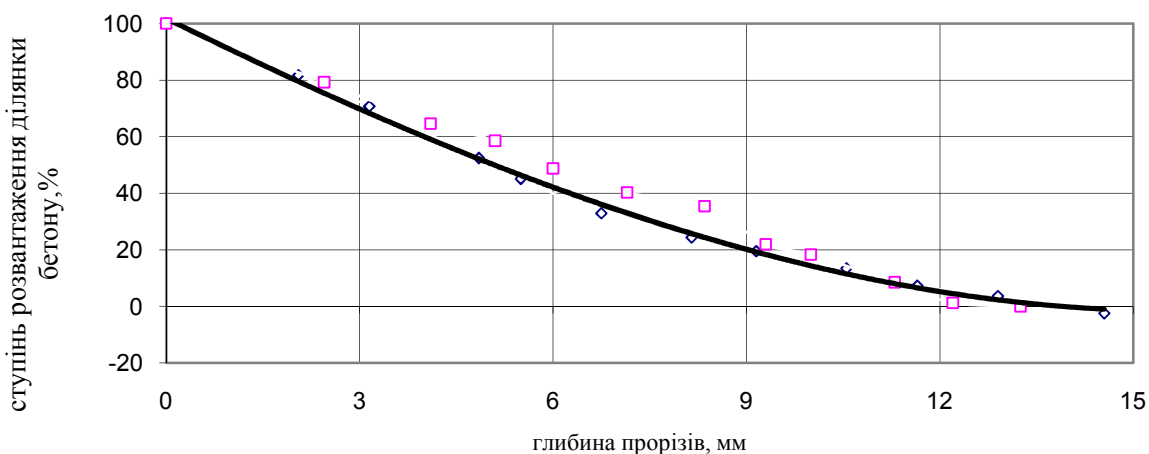
В ході експериментальних досліджень була виявлена залежність між глибиною прорізів і ступенем розвантаження поверхневої ділянки бетону для датчиків із різними базами (див. рис. 2), причому ширина прорізів на поверхні бетону була не менше ніж їх подвійна глибина.



а) для активної бази 10 мм (відстань між прорізами 15 мм)



б) для активної бази 20 мм (відстань між прорізами 25 мм)



в) для активної бази 50 мм (відстань між прорізами 50 мм)

Рис. 2. Графік зміни ступеня розвантаження ділянки бетону в залежності від глибини прорізів для датчиків з різною базою

На цих діаграмах ступінь розвантаження ділянки бетону наведено в процентах від величини початкового навантаження стиску. Апроксимуюча крива розвантаження побудована за

результатом обробки експериментальних даних за методом найменших квадратів. Як видно з наведеного, розвантаження бетону відбувається за нелінійною залежністю. Причому при певному значенні глибини прорізу датчик повністю розвантажується. З подальшим поглибленням прорізу ділянка бетону починає спочатку розтягуватися, а потім знову розвантажуватись. Цей ефект може пояснюватись впливом дії силових ліній, що огинають прорізи, на зміну напруженого стану обмеженої прорізами ділянки поверхні бетону. Як видно з діаграм (рис. 2), глибина прорізів, необхідна для повного розвантаження поверхневої ділянки бетону, у всіх випадках менше половини відстані між ними. У випадку використання датчиків з базою 50 мм, які, з огляду на стабільність показників, що визначаються, є найбільш прийнятними для матеріалів із неоднорідною структурою, глибина прорізів не перевищує мінімально допустимого значення товщини захисного шару бетону для залізобетонних конструкцій – 15 мм.

Крім того, залежність ступеня розвантаження бетону від величини відносної глибини прорізів може бути виражена єдиною функцією для датчиків з різною базою (див. рис. 3), а саме:

$$dN=0,0082dh^3+0,169dh^2-11,25dh+101,8 \quad (1)$$

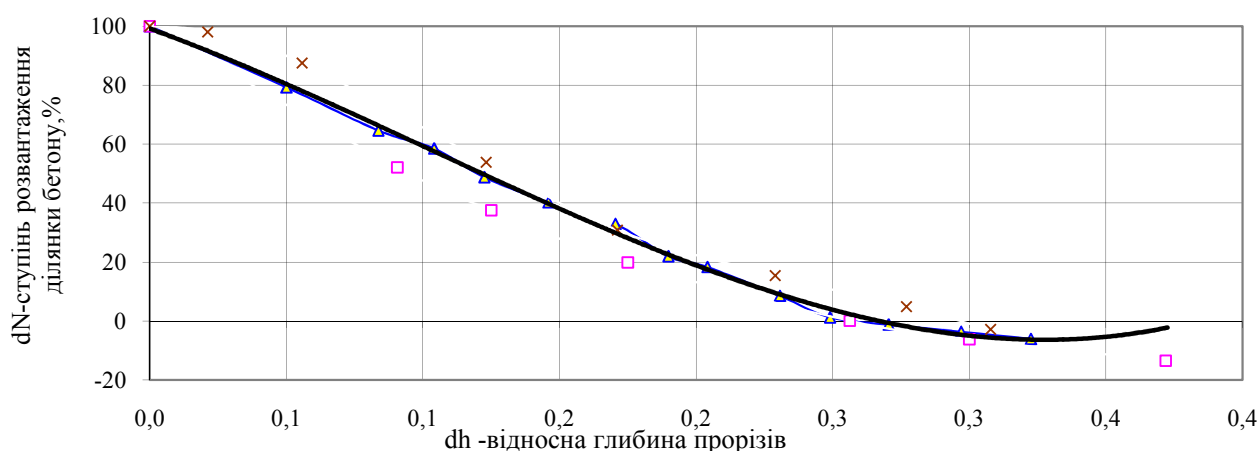


Рис. 3. Графік зміни ступеня розвантаження ділянки бетону в залежності від відносної глибини прорізів для датчиків із різною базою

З графіка на рис. 3 видно, що повне розвантаження датчика може бути гарантовано досягнутим при значеннях відносної глибини прорізів (dh_0) у межах:

$$dh_0=h/b=0,25\div 0,29 \quad (2)$$

де h – глибина прорізів,
 b – відстань між прорізами.

Таким чином фактична, необхідна для повного розвантаження поверхневої ділянки бетону, глибина прорізів визначається в залежності від відстані між ними (b), що визначається величиною активної бази датчика.

Графіки, наведені на рисунках 2 і 3 дійсні для вказаних мінімально можливих відстаней між прорізами. При цьому слід враховувати, що за мінімальну відстань від прорізу до петель тензорешітки датчика у дослідях прийнято 1,5 мм.

Висновки

- Запропонована методика дозволяє гарантовано одержувати повне розвантаження поверхневої ділянки бетону при невеликій, порівняно з величиною активної бази тензодатчика, глибині прорізів. Для датчика з базою 50 мм повне розвантаження ділянки бетону досягається при прорізах глибиною 13÷15 мм по обох кінцях датчика, що не перевищує товщини мінімально допустимого захисного шару для стрижневої арматури.
- Експериментально досліджено залежність впливу відносної глибини прорізів (dh) на ступінь

розвантаження ділянки бетону (dN). Показано, що ця залежність єдина для датчиків з базами різної довжини, і для повного розвантаження поверхневої ділянки бетону величина відносної глибини прорізів складає $dh_0=0,25\div 0,29$.

- В ході проведення експериментів було виявлено цікавий ефект: в разі, коли відносна глибина прорізів перевищує dh_0 , поверхнева ділянка бетону починає сприймати розтягуючі навантаження. Причому при поступовому збільшенні відносної глибини прорізів понад dh_0 деформації розтягування спочатку збільшуються, а потім зменшуються до нуля (див. рис. 2а, 2б). Цей ефект можна пояснити впливом силових ліній, що огинають прорізи на зміну напруженого стану обмеженої ділянки поверхні бетону.

Використана література

1. Експериментально-теоретичне дослідження роботи залізобетону та його складових при навантаженнях високого рівня: НТЗ (проміжний) / Сverdlov В. Д. – Вінниця, 2000. – 84 с.
2. Сидоренко М. В. Экспериментальное определение напряжения в бетоне конструкции / Сидоренко М. В., Коршунов Д. А., Ялов Г. Н. // «Вопросы качества строительства»: Сборник научных трудов. – К. : НИИСК, 1991, С. 62-69.
3. Коршунов Д. А. Определение напряжений в бетоне конструкций / Д. А. Коршунов, М. В. Сидоренко, Г. Г. Ялов // Бетон и железобетон. – 1993. – № 3. – С. 15.

Попов Володимир Олексійович – к.т.н., доцент кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

Ковальчук М. І. – студент Вінницького національного технічного університету.