

**Висновок.** За допомогою наведеного рішення отримано конструкцію з постійною щільністю енергії деформацій у межах кожного перетину (тобто плита і структура відчують однорідний напружений стан), яку відрізняють висококонкурентноспроможні техніко-економічні показники.

Зокрема у разі прольоту  $L = 24$  м наведена товщина залізобетонної плити дорівнює 12,5 см, перетин розтягнутого поясу складено із 2L75x5, стиснутого – 2L50x5 та розкосів у вигляді квадратної труби 60x60x4.

1. ДБН В.2.3 – 14:2006. *Мости та труби. Правила проектування.* – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. – 217 с. 2. Гибишман М.Е. *Проектирование транспортных сооружений: Учебник для вузов.* – 2-е изд., перераб. доп. / М.Е. Гибишман, В.И. Попов. – М.: Транспорт, 1988. – 447 с. 3. Шмуклер В.С. *Каркасные системы облегченного типа* / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Харьков: Золотые страницы, 2008. – 336 с. 4. Бережная Е.В., Краснов С.М., Краснова Е.С., Орешкин Д.А. *Пространственные решения пешеходных мостов с применением стеклопластика* // *Науковий вісник будівництва.* – Вип. 65, 2011. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – С. 116–125. 5. Шухов В.Г. *Стропила. Изыскание рациональных типов прямолинейных строительных ферм и теория арокных ферм.* – М.: Стройиздат, 1987. – 120 с. 6. ДБН В.1.2 – 15:2009. *Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи.* – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 66 с. 7. Городецкий А.С. *Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. Учебное пособие* / Городецкий А.С., Шмуклер В.С., Бондарев А.В. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2003. – 889 с. 8. Васильков Г.В. *Эволюционные задачи строительной механики. Синергетическая парадигма.* Ростов-на-дону: Инфосервис, 2003.

УДК 624.04

Г.М. Гладішев, Д.Г. Гладішев\*

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра будівельних конструкцій та мостів,  
\*кафедра архітектурних конструкцій

## **ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ ТА ГЛИБИНИ ТРИЩИНОУТВОРЕНЬ У ЗАЛІЗОБЕТОННОМУ ФУНДАМЕНТІ ПІД СТЕЛИ ПАМ’ЯТНИКА С. БАНДЕРІ У М. ЛЬВОВІ**

*О Гладішев Г.М., Гладішев Д.Г., 2012*

**Виконане інструментальне обстеження бетону фундаменту під стели пам’ятного комплексу неруйнівними методами після двох років від часу його улаштування. Визначені міцність бетону та глибини тріщиноутворень у бетоні фундаменту.**

**Ключові слова:** фундамент, міцність, обстеження, неруйнівні методи.

**An instrumental inspection of concrete of foundation is executed under a memorable complex by not destructive methods after 2-th annual period after his arranging. Certain durability of concrete and depth of formation of cracks in the concrete of foundation.**

**Key words:** foundation, durability, inspection, destructive methods.

**Вступ.** Ця робота обґрунтована зверненням управління капітального будівництва Львівської обласної державної адміністрації до Львівського територіального відділення Академії будівництва України стосовно оцінки міцності та стану бетону залізобетонних конструкцій фундаменту пам’ятника С. Бандері.

Цю роботу виконано 14–20 червня 2006 року. Загальний вигляд фундаменту на час його обстеження наведено на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вигляд фундаменту пам'ятника під час його обстеження

**Мета та завдання досліджень.** Метою цієї роботи було виконання робіт з визначення міцності бетону фундаменту та глибини тріщиноутворень у бетоні фундаменту.

Завдання роботи – визначення технічного стану фундаменту, що було необхідно проєктувальникам для оцінки його подальшої експлуатаційної придатності на проєктні навантаження і, за потреби, для розроблення конструктивних рішень з підвищення його надійності.

**Результати досліджень. Контроль міцності бетону.** Визначення міцності бетону фундаменту виконували неруйнівним методом ударного імпульсу. Натурні заміри фактичної міцності бетону залізобетонного фундаменту виконані механічним неруйнівним методом за ГОСТ 22690-88 [3]. Цей стандарт поширюється на важкий бетон і встановлює методи визначення міцності бетону на стиск у конструкціях.

Стандарт [3] дає методику і в переліку рекомендує використовувати прилад А-1 “Хмельницькпромбуду” для визначення міцності бетону методом ударного імпульсу.

Розташування ділянок, на яких проводили зондування бетону фундаменту, наведено на рис. 2.

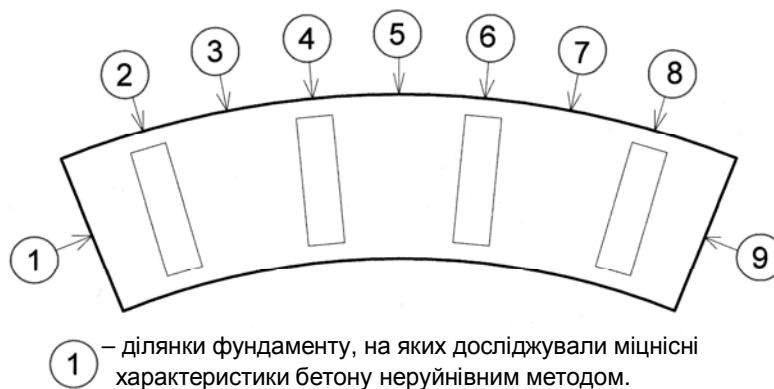


Рис. 2. Ділянки зондування бетону фундаменту

Для контролю міцності бетону до початку випробувань на поверхні фундаменту зафіксували дев'ять ділянок зондування з розмірами 20×20 см без раковин та великих включень. Ділянки очищали шпателем та наждачним бруском на глибину до 1–1,5 мм для виключення впливу глибини карбонізації бетону. На вибраних ділянках глибина карбонізації бетону <0,8–1,2 мм.

На підготовані ділянки наносили 9–10 відбитків, діаметри яких вимірювали за допомогою мікроскопу МПБ-2. Від розмірів отриманих діаметрів за допомогою тарувальної залежності перейшли до еталонної міцності бетону  $R_{15,i}$  (куби 15×15×15 см).

Щоб визначити фактичні класи (В) та марки (М) бетону, статистично опрацювали результати, отримані під час обстеження даних зі зондування міцнісних характеристик бетону.

Статистичне опрацювання міцнісних характеристик бетону [4] кожної ділянки фундаменту показало, що коефіцієнт варіації  $U$  коливається в межах від 5,58 % до 12,99 %, що означає незначне коливання міцності бетону фундаменту в межах ділянок зондування. Для довідки, нормативне значення коефіцієнта варіації за СНиП 2.03.01-84\* [1] –  $U=13,5$  % .

На підставі статистичного опрацювання можна засвідчити, що на окремих ділянках фундаменту фактичний клас “В” (марка “М”) бетону коливаються від В17,5 (М225) до В30 (М375). Це свідчить про деяку недосконалість технології виготовлення та укладання бетонної суміші у монолітний фундамент.

На основі загального статистичного опрацювання отриманих даних на усіх дев’яти ділянках зондування (рис. 2), можна засвідчити, що фактичний клас “В” (марка “М”) бетону становить В20 (М250), що і треба враховувати для перевіркових розрахунків несучої здатності залізобетонних конструкцій фундаменту.

Статистичне опрацювання отриманих даних за міцнісними характеристиками бетону на усіх ділянках зондування монолітного фундаменту показало, що коефіцієнт варіації  $U=16,97$  %, що вказує на мінливість коливання міцності бетону в межах монолітного фундаменту порівняно з нормативним значенням коефіцієнта варіації  $U=13,5$  %.

Фактичний клас “В” (марка “М”) бетону становить В20 (М250), що вище проектного класу бетону В15 (М200). Міцність бетону фундаменту на час обстеження забезпечена.

Фактичний вік бетону фундаменту під час обстеження  $\approx$  два роки.

Проектна марка бетону фундаменту М200 (умовний клас В15).

Виконавець забезпечив 100 % міцність бетону у його 28-денному віці.

**Визначення глибини тріщиноутворень у бетоні фундаменту ультразвуковим імпульсним методом.** Дослідження наявності технологічних дефектів, процесу утворення, розвитку тріщин, поверхневого розповсюдження їх на глибину поверхневої деградації бетону у залізобетонному фундаменті є важливим завданням, оскільки дає змогу прогнозувати його надійність та довговічність під впливом статичних та динамічних навантажень, кліматичних впливів, які провокують процес незворотного тріщиноутворення в бетоні та незворотних дефектів у його структурі на еталонних ділянках довжиною 120 мм. Такий контроль дає можливість визначати місця розташування тріщин та дефектів і їхню інтегральну глибину проникнення в бетон на мінімальній довжині 120 мм. Для досліджень процесу утворення та розвитку тріщин використали прилад УК14-ПМ з пристроєм для поверхневого прозвучування УППР-2м з базою вимірювання 120 мм. Застосування ультразвукового імпульсного методу прийнято відповідно до нормативних документів [2, 6].

Зондування бетону фундаменту ультразвуковим імпульсним методом проводили з поверхонь його бокових граней, вільних від зворотної засипки. Зондування проводили по горизонтальній площині на віддалі 15 см від обрізу фундаменту. Розташування ділянок, процес підготовки та зондування бетону ультразвуковим імпульсним методом наведено на рис. 3–5.

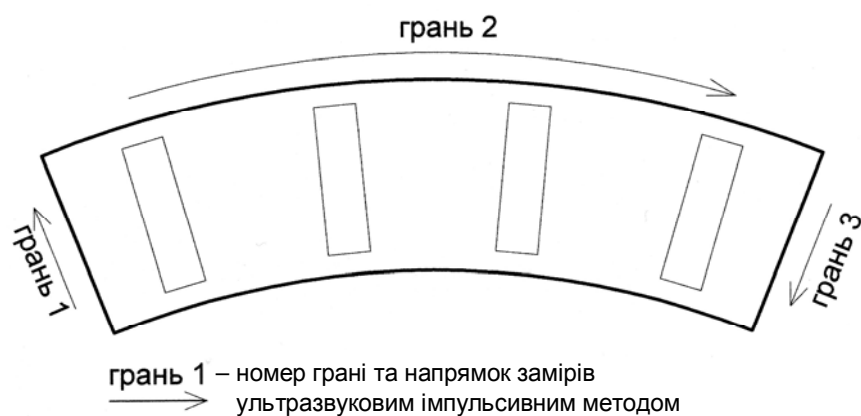


Рис. 3. Місця визначення глибини тріщиноутворень та дефектів у бетоні фундаменту



Рис. 4. Відгортання зворотної засипки від бокових граней фундаменту для проведення зондування бетону неруйнівними методами

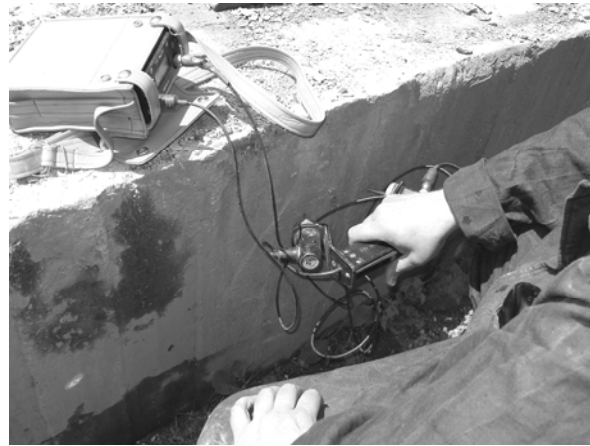


Рис. 5. Зондування бетону фундаменту ультразвуковим імпульсним методом на його боковій грані 1 (рис. 3)

У разі розташування генератора ультразвукових коливань та їх приймача на поверхні бетону можна розв'язати задачу і про висоту “ $h_{crc}$ ” розвитку нормальних тріщин і дефектів, які виходять на поверхню бокової грані.

Мінімальне значення часу проходження ультразвуку “ $t_{min}$ ” у бетоні визначали за всіма трьома гранями фундаменту. Для розрахунку “ $h_{crc}$ ” використали формулу (1) для фіксованої бази 120 мм приладу УППР-2М:

$$h_{crc} = \sqrt{\frac{0,25 \times b^2 \times t_1^2}{t_2^2} - a^2} = \sqrt{\frac{0,25 \times 120^2 \times t_1^2}{t_2^2} - 60^2} = 60 \times \sqrt{\frac{t_1^2}{t_2^2} - 1}, \quad (1)$$

де  $t_1 = t_i$  – час проходження ультразвуку, якщо в бетоні є перешкоди у вигляді тріщин або дефектів;  $t_2 = t_{1min}$  – час, за який ультразвук проходить у бетоні без перешкод у межах фіксованої бази  $b$ ;  $b = 2 \times a = 120$  мм – фіксована еталонна база вимірювання.

Гістограми розподілу глибин вертикальних тріщин та дефектів у бетоні за трьома боковими гранями фундаменту подано на рис. 6–8.

Аналіз даних замірів глибин проникнення тріщин  $h_{crc}$  та дефектів, починаючи із зовнішньої поверхні фундаменту, показав реальний стан щодо поширення тріщин у бетоні фундаменту.

На основі даних результатів ультразвукового дослідження бетону, визначили глибину та місця розташування вертикальних тріщин та дефектів з бокових поверхонь за трьома відкритими гранями фундаменту.



Рис. 6. Глибина тріщин та дефектів у бетоні фундаменту за гранню 1



Рис. 7. Глибина тріщин та дефектів у бетоні фундаменту за гранню 3

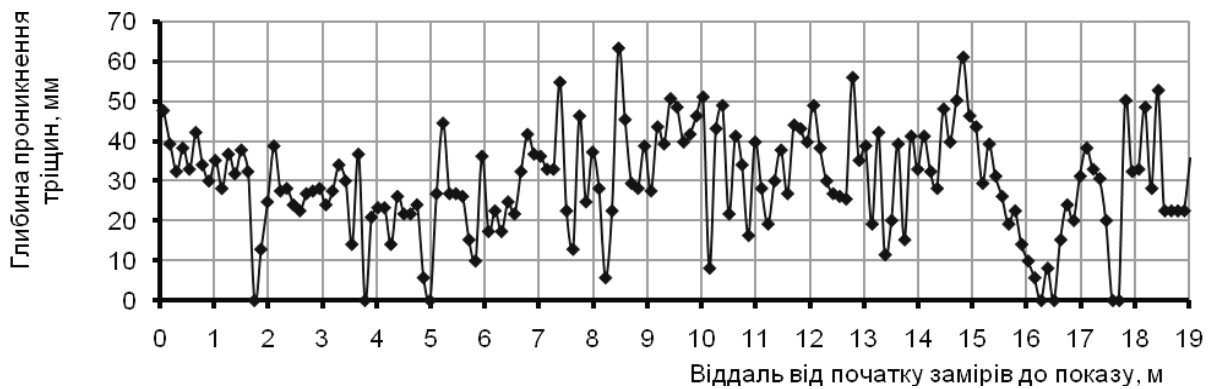


Рис. 8. Глибина тріщин та дефектів у бетоні фундаменту за гранню 2

Глибина тріщин у бетоні фундаменту становить:

- грань 1 (рис. 3) – 0–60 мм (рис. 6);
- грань 2 (рис. 3) – 0–64 мм (рис. 7);
- грань 3 (рис. 3) – 0–43 мм (рис. 8).

**Висновки.** 1. Загальне статистичне опрацювання даних міцнісних характеристик бетону фундаменту, отриманих механічним неруйнівним методом показала, що фактичний мінімальний клас “В” (марка “М”) бетону з забезпеченням 95 % становить В20 (М250), що більше проектного класу В15(М200).

2. Глибина тріщин та дефектів у бетоні за трьома гранями фундаменту на час обстеження становить 0–64 мм.

3. Отримані дані забезпечують надійність розрахунку конструкцій фундаменту.

4. Бетон фундаменту виготовлений без значних технологічних відхилень і тому має незначне коливання міцності без втрати своєї монолітності, тому що відсутні значні тріщиноутворення. Максимальна глибина тріщин 64 мм.

5. За приблизно два роки після улаштування фундаменту дефектів у бетоні, які б суттєво знизили б його несучу здатність, не виявлено.

6. За класифікацією [5] фундамент можна зарахувати до стану II. Стан II – задовільний (за умовами експлуатації відповідають стану I), наявні незначні дефекти та пошкодження, які можуть знизити довговічність конструкції, якщо не вжити необхідних заходів щодо захисту бетону конструкції від корозії.

7. Бокова поверхня бетону фундаменту не чим не захищена від впливу зволоженого ґрунту зворотної засипки.

8. Металеві стійки стел пам’ятника потребують якісного очищення та ефективного захисту від корозії.

9. За отриманими даними необхідно виконати перевірки розрахунки фундаменту та за необхідності прийняти конструктивні рішення щодо забезпечення надійності фундаменту на всіх теперішніх проектних навантаженнях.

1. СНиП 2.03.01-84\*. *Бетонные и железобетонные конструкции* / Госстрой СССР – М: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с. 2. ГОСТ 17624-87 *Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности* / Госстрой СССР. – М: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 24 с. 3. ГОСТ 22690-88 *Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля* / Госстрой СССР. – М: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 34 с. 4. ГОСТ 18105-86 (СТ СЭВ 2046-79) *Правила контролю міцності бетону*. 5. *Положення про безпечну і надійну експлуатацію виробничих будинків і споруд*. Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України і Міністерство праці і соціальної політики України Госнадзорохрантруда. К., 1999. – 53 с. 6. *Рекомендації по забезпеченню надійності і довговічності железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении*. Харьковский Промстройпроект. – М.: Стройиздат, 1990. – 176 с.