

УДК 542.34

**ДИАГНОСТИКА СТАНУ МОНОЛІТНОГО БЕТОНУ В  
КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТАХ БУДІВЕЛЬНИХ СПОРУД  
УЛЬТРАЗВУКОВИМ ІМПУЛЬСНИМ МЕТОДОМ***Я.О. Серіков к.т.н.,**Харківська національна академія міського господарства, м. Харків*

Застосування монолітного бетону при спорудженні ряду об'єктів, наприклад, гідротехнічних споруд, масивних фундаментів і т. п. є поширеним сучасним шляхом вирішення технологічних завдань в будівництві, який використовують як в Україні, так і в зарубіжних країнах. Однак, особливості технології виготовлення таких конструкцій визначають, у ряді випадків, утворення площин розшарування бетону. При цьому відбувається зменшення міцності бетону на локалізованих місцях, що можуть мати достатньо велику площу. Це веде до зниження надійності й тривалості життєвого циклу, як конструктивного елемента, так і споруди в цілому.

У зв'язку з цим вирішення завдання дослідження характеристик монолітного бетону на етапі будівництва та в процесі експлуатації споруд є актуальним.

Відомо, що аналіз характеристик процесу поширення пружних хвиль в твердому тілі дозволяє, в принципі, вирішити поставлене завдання [1, 2, 3]. Фізично це пов'язане з тим, що поширення пружної хвилі у твердому тілі, що має структурні неоднорідності – розшарування матеріалу, макро- і мікротріщини супроводжується зміною її параметрів (наприклад, швидкості поширення, амплітуди, спектральних характеристик).

Аналіз фізико-механічних властивостей використовуваного бетону в монолітних конструкціях та спорудах, зміни характеристик зондувального сигналу при поширенні його в розглядуваному композиційному матеріалі, з урахуванням розмірів можливих структурних неоднорідностей, дає змогу вирішити завдання розробки методики діагностики стану монолітного бетону в конструкціях і контрольно-вимірювального пристрою для її реалізації.

Сутність питання полягає в наступному. Як композитний матеріал у таких конструкційних елементах застосовується монолітний бетон. При спорудженні конструкцій бетонна суміш транспортується гідротранспортом або бетоновозами й подається під тиском у необхідне місце бетононасосом. У процесі бетонування в результаті, наприклад вимушеної перерви в подаванні бетонної суміші може спостерігатися порушення технологічного процесу, що призводить до появи структурних неоднорідностей бетону, які знижують міцність конструкції чи споруди в цілому. Так, у ряді випадків вказані порушення технології призводять до утворення площин розшарування бетону. Розміри таких площин можуть досягати значних розмірів.

Цей ефект може бути викликаний досить тривалою перервою в подачі бетонної суміші при бетонуванні конструкції або порушенням технології готування бетонної суміші. У першому випадку утворення площини розшарування монолітного бетону відбувається через відсутність необхідного фізико-хімічного зв'язку між бетоном першого й другого шарів. У другому

разі утворення площини розшарування викликається різною міцністю бетону в шарах. Це викликає, як зниження надійності, так зменшення подовженості життєвого циклу споруди.

Площини розшарування бетону розташовані всередині конструкції й візуально не визначаються. Внаслідок цього виявлення таких структурних неоднорідностей, визначення їх розмірів і місця розташування є важливим завданням.

На додаток до цього, у дійсний час спостерігається широке використання монолітних бетонів у різних областях будівництва. Нагальною потребою є також періодичне обстеження існуючих будинків, конструкцій і споруд, що містять конструктивні елементи з монолітного бетону з метою визначення їх остаточного ресурсу за життєвим циклом, обсягу ремонтних робіт.

Стандартні та відомі розроблені ультразвукові методи дослідження якості бетону в конструкціях не дозволяють вирішити таке завдання. Це, зокрема, пояснюється значними розмірами конструкції, що підлягає обстеженню, відсутністю відповідних методик і апаратури. Це, частково викликано тим, що, як правило, завданням ультразвукових досліджень є дефектоскопія бетону на невеликих ділянках виробу. У зв'язку з цим відповідна апаратура характеризується невеликою потужністю генератора зондувальних імпульсів і досить високою частотою пружних коливань, які вводяться в бетон. Висока частота пружних коливань використовується для забезпечення необхідної точності вимірів.

Одним з напрямків неруйнівного ультразвукового контролю, що дозволяє визначати площини розшарування монолітного бетону є використання стандартного методу, що застосовується за умови пробурювання паралельних вертикальних шпурів в бетоні досліджуваної конструкції. Шпури бурять у місцях, що вимагають високої надійності конструкції. В підготовлені шпури вводять ультразвукові перетворювачі сигналу. Вимірювання характеристик інформаційного сигналу виконують поступово на різних заглибленнях ультразвукових перетворювачів. Наявність площини розшарування бетону визначають за декрементом зміни швидкості поширення ультразвукового сигналу. Застосування такої методики вимагає додаткового технологічного обладнання – бурової установки і на додаток характеризується високими трудозатратами та низькою надійністю даних контролю.

Фізична сутність розробленої методики діагностики стану монолітного бетону полягає у випромінюванні акустичного сигналу певної частоти з використанням п'єзоелектричного ефекту й прийомі інформаційних сигналів у ряді точок, розподілених по площі досліджуваної конструкції чи споруди.

Вимірювання характеристик прийнятих сигналів, з наступною обробкою даних за спеціальним алгоритмом дозволяє визначити розміри дефекту, глибину й місце розташування площини розшарування бетону масивних конструкцій і споруд. Важливим елементом розробленої методики є виключення необхідності буровлення допоміжних шпурів для проведення вимірів.

Слід зазначити, що попередня побудова кореляційної залежності "параметр поширення пружної хвилі – міцність бетону", відповідно до положень відомих нормативних документів, дозволяє визначити міцність бетону на ділянках досліджуваної конструкції чи споруди.

Запропонована методика реалізується спеціалізованою портативною акустичною апаратурою ПАА-3, розробленою з урахуванням специфіки проведення вимірів. Вона забезпечує максимальну простоту проведення вимірів, необхідну вірогідність результатів, надійність функціонування [4].

Розробка, зокрема, застосовувалася для діагностики масивних конструкцій з цементно-піщаних бетонів міцністю 2...10 МПа на промислових об'єктах Східної Німеччини.

Для порівняння результатів контролю вищевказана діагностика цементно-піщаного бетону низької міцності масивних конструкцій з використанням розроблених методики й портативної акустичної апаратури дублювалася контрольними вимірами на основі ультразвукового імпульсного методу, реалізованого з бураленням допоміжних шпурів і установкою в них випромінюючого і приймального п'єзоелектричних перетворювачів.

Дублювання вимірів ультразвуковим методом проводилося після одержання результатів діагностики з використанням розробленого акустичного методу в місцях виявлених площин розшарування бетону. Дослідження структурних неоднорідностей бетону ультразвуковим методом полягало в перевірці їх наявності й визначенні величини міцності бетону на контрольованих ділянках досліджуваної конструкції.

Порівняння даних, отриманих при використанні розробленої методики акустичного контролю й апаратури ПАА-3, з результатами, одержаними при їхній перевірці ультразвуковим імпульсним методом, показало збіг у визначенні місця розташування площин розшарування бетону. Діапазон порівняльних значень міцності бетону, визначеної на підставі вимірів обома методами, займає 5...8 %.

Одним з елементів розробленої методики діагностики є спеціалізована обробка даних вимірювання, що пов'язана з рядом обчислювальних робіт і побудовою графіків розподілу характеристик пружних хвиль у досліджуваному бетоні конструкції або споруди. У зв'язку з цим логічним продовженням розробки з'явилося створення програмного продукту, що дозволяє автоматизувати процес обробки даних.

Для створення програмного інтерфейсу використовувалося візуальне середовище програмування Delphi. Вибір цього середовища програмування обумовлений наступними основними міркуваннями.

В основі ідеології Delphi лежать технології візуального проектування й подійного програмування, застосування яких дозволяє істотно скоротити час розробки й полегшити процес створення доповнень – програм, які працюють у середовищі Windows.

Delphi також включає розширену підтримку баз даних, включаючи убудовану підтримку запитів, звіти й засоби створення баз даних.

Додатково Delphi оснащена експертами, що полегшують конструювання й реалізацію баз даних і відповідного інтерфейсу користувача. Проектувальник наборів даних (Data Set designer), що поставляється з Delphi,

за допомогою форм, дає користувачеві можливість швидко створювати таблиці, форматувати відображення запитаних даних.

Розроблене спеціалізоване програмне забезпечення дозволяє вирішити завдання обробки даних і одержувати тверду копію результатів розрахунку.

Розроблені методика, комплекс контрольно-виміральної апаратури та спеціалізоване програмне забезпечення для діагностики монолітного бетону в конструкційних елементах чи спорудах дають змогу визначати не тільки порушення структури досліджуваного матеріалу, але й визначати місце їх розташування з достатньою достовірністю. Таким чином, це поширює область застосування розробки і на дослідження експлуатованих конструкцій та споруд з метою визначення подовженості їх життєвого циклу, обсягу ремонтних чи реставраційних робіт.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Сериков Я.А. Применение ультразвукового импульсного метода контроля при реализации проектов ремонта и реконструкции существующего жилого фонда и промышленных объектов / Устойчивое развитие городов и новации жилищно-коммунального комплекса // Пятая Международная научно-практич. конф. М.: МИКХиС, 2007, т.2. С. 338 – 341.
2. Сериков Я.А., Л.Н.Шутенко, М.С.Золотов, С.Я.Сериков Диагностика монолитного бетона в конструкциях и сооружениях неразрушающим методом с использованием упругих волн / Устойчивое развитие городов и новации жилищно-коммунального комплекса // Пятая Международная научно-практич. конф. М.: МИКХиС, 2007, т.2. С. 162 - 165.
3. Шутенко Л.Н., Сериков Я.А., Золотов М.С. Исследование строительных материалов и конструктивных элементов зданий и сооружений ультразвуковыми методами. К.: Техника, 2006 – 210 с.
4. Serikov J. Improvement of the Methods and Means of Nonlinear Acoustics for Diagnostics of Concrete of Massive Items, Constructions and Structures // Nonlinear Acoustics at the beginning of the 21<sup>st</sup> Century // 16<sup>th</sup> Intern. Symp. on Nonlinear Acoustics «ISNA – 16». Moscow State University – Moscow, 2002. – V.2, p. 843 – 846.

УДК 624.016 – 192

#### ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАЛЕБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

*Н.В. Смолянюк к.т.н.,*

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков*

В сталебетонных конструкциях сцеплению листовой арматуры с бетоном по длине контакта придаётся первостепенное значение, поскольку надёжная связь является единственной гарантией эксплуатационной пригодности таких конструкций. В настоящее время существуют прогрессивные сварочные