

УДК 625.768.5

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІБРОАКУСТИЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ КОНСТРУКЦІЙ З ЦЕМЕНТОБЕТОНУ

О.Ю. Пархоменко, аспірант, І.В. Кіяшко, професор, к.т.н., ХНАДУ

Анотація. Наведено метод визначення геометричних параметрів цементобетонних шарів дорожніх конструкцій за характером розповсюдження хвильових полів. Розглянуто теоретичні аспекти визначення товщини конструкцій з цементного бетону.

Ключові слова: цементобетон, хвиля стиску, поверхнева хвиля.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА

А.Ю. Пархоменко, аспирант, И.В. Кияшко, профессор, к.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Приведен метод определения геометрических параметров цементобетонных слоев дорожных конструкций по характеру распространения волновых полей. Рассмотрены теоретические аспекты определения толщины конструкций из цементного бетона.

Ключевые слова: цементобетон, волна сжатия, поверхностная волна.

FEATURES OF ACOUSTIC METHOD IMPLEMENTATION FOR DETERMINING THE THICKNESS OF PORTLAND CEMENT CONCRETE CONSTRUCTIONS

O. Parkhomenko, postgraduate, I. Kiyashko, Professor, Candidate of Technical Science, KhNAHU

Abstract. Method for Portland Cement Concrete road constructions geometric characteristics determination using parameters of wave's fields propagation is described. Theoretical aspects for detecting of PCC constructions thickness are considered.

Key words: Portland Cement Concrete, compression wave, surface wave.

Вступ

Розробка і використання методів неруйнівного контролю якості продукції є одним з пріоритетних напрямів у будівельній галузі. Серед напрямів неруйнівного контролю якості влаштування дорожніх одягів жорсткого типу перспективними стають розробка і використання акустичної групи методів [1]. Швидкість отримання результатів з високою точністю, відсутність необхідності залучення кваліфікованих спеціалістів та спеціалізованих лабораторій, відносно невисока вартість обладнання зумовлює актуальність розвитку та впровадження неруйнівного експрес-

методу контролю якості конструкцій з цементного бетону.

Аналіз публікацій

Як неруйнівний експрес-метод визначення товщини можна застосовувати ударний імпульсний акустичний метод [2]. Сутність методу полягає у реєстрації параметрів розповсюдження хвилі стиску, що утворюється у товщі матеріалу під дією ударного імпульсного навантаження. Також метод може використовуватися для оцінки якості структури бетону, наявності розшарувань та тріщин.

Комплекс обладнання в загальній конфігурації складається із сейсмоприймача, генератора імпульсу ударної дії та обладнання для обробки і збереження даних (рис. 1).

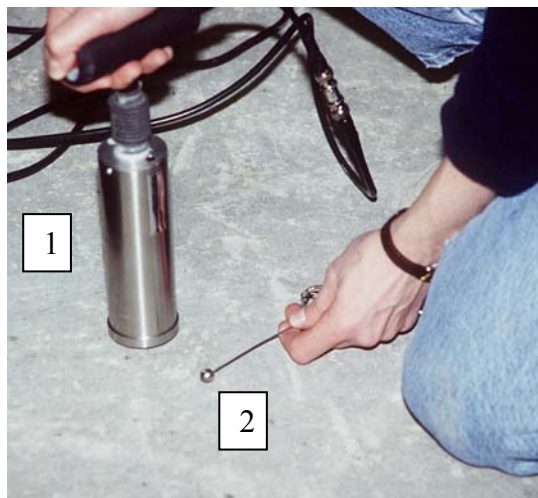


Рис. 1. Обладнання для реєстрації параметрів розповсюдження хвиль стиску при оцінці міцності цементобетонних конструкцій: 1 – сейсмоприймач, 2 – ударник (генератор тестового імпульсного навантаження)

Енергія механічних коливань у будь-якому середовищі передається за допомогою фізичної взаємодії структурних часток, що складають це середовище. При ударному впливі на конструкцію в ній виникає хвильове поле, яке характеризується широким діапазоном частот і рівним розподілом енергії коливань за всіма частотними складовими. Поширення даного поля пов'язане з поширенням двох основних видів хвиль: хвилі стиснення (Р-хвиля) і хвилі зсуву (S-хвиля). При падінні даних хвиль на вільну (денну) поверхню на ній виникають вільні коливання, що розповсюджуються у вигляді поверхневих хвиль. Одним з типів таких хвиль є хвиля Релея (R-хвиля) (рис. 2).

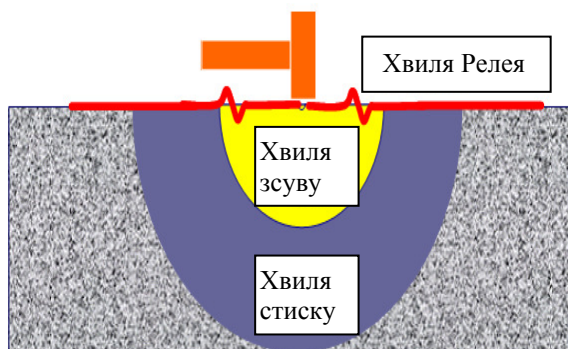


Рис. 2. Види хвильових полів, що утворюються під дією імпульсного навантаження

Параметри розповсюдження хвиль стиску і зсуву є основною інформаційною характеристикою акустичної групи методів неруйнівного контролю якості матеріалів. Однак для реєстрації даних параметрів у більшості випадків потрібен двосторонній доступ до конструкції, що неможливо при визначенні властивостей матеріалів шарів дорожнього одягу. Розв'язання даної задачі полягає в оцінці параметрів поширення хвиль стиску і зсуву за параметрами поширення хвиль Релея. Даний тип хвиль володіє високою енергоємністю, поширюється вздовж вільної поверхні конструкції по всій товщині матеріалу і може бути зареєстрований за умови одностороннього доступу до споруди або конструкції.

Хвиля стиску розповсюджується напівсферичним фронтом у товщі матеріалу та, відбившись від його нижньої поверхні, повертається до верхньої. Відбиття від нижньої грані відбувається завдяки різниці щільності матеріалів, що досліджується, та основи. Повним періодом коливання хвилі в даному випадку вважається момент від її утворення чи відбиття від верхньої грані, проходження та відбиття від нижньої грані та повернення її до поверхні, проходячи подвійну товщину матеріалу, який підлягає дослідженню (рис. 3)

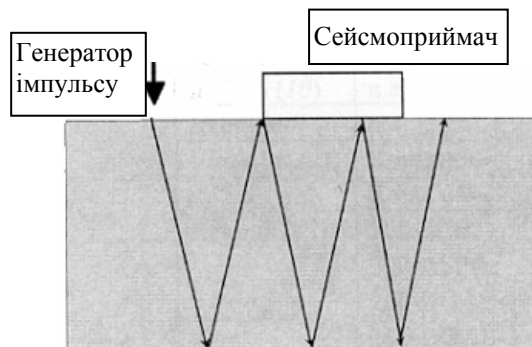


Рис. 3. Розповсюдження хвилі стиску в товщі матеріалу

Відома залежність, що пов'язує швидкість розповсюдження хвилі стиску (V_p), товщину зразка (h) та час виконання хвилею повного періоду коливання (t) [3, 4]

$$h = V_p \cdot (t/2). \quad (1)$$

Більш прогресивним методом визначення товщини зразків з будівельних матеріалів є реєстрація та аналіз частотного спектра відображеного сигналу [5]. Результатом та-

кого аналізу є побудова графіка залежності частоти хвилі від амплітуди при проходженні її в товщі матеріалу (рис. 4), аналізуючи який, можна визначити характеристики матеріалу, що досліджуються за рівнянням (2).

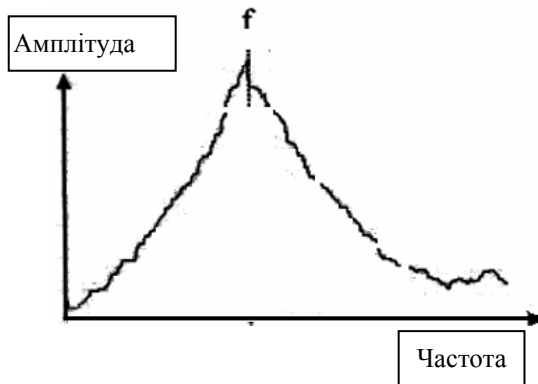


Рис. 4. Амплітудно-частотний спектр розповсюдження хвилі стиску при випробуванні зразка ударно-імпульсним методом

$$h = V_p / f, \quad (2)$$

де f – значення пікової (резонансної частоти), що відповідає пакету хвиль, відбитих від нижньої поверхні зразка з амплітудою, що дорівнює товщині шару конструкції.

Мета роботи

Теоретичне обґрунтування експериментального експрес-методу, що дозволяє як у лабораторних, так і в польових умовах визначити фізико-механічні та геометричні параметри конструкцій з цементного бетону без їх руйнування.

Результати експериментальних досліджень

Для розрахунку товщини зразка за методом ударного імпульсу необхідно визначити швидкість розповсюдження хвилі стиску V_p . Для вирішення цієї задачі було використано пару сейсмоприймачів для реєстрації параметрів розповсюдження хвиль стиску. За відомої відстані між датчиками, зареєструвавши час проходження хвилі, можна розрахувати швидкість її розповсюдження. Використання такої схеми дозволяє оцінити властивості матеріалу між парою датчиків, а не в одній точці, особливості їх структури та узагальнену товщину зразка. Але використання такої схеми пов'язане зі значними труднощами в обробці та інтерпретації сиг-

налу. Тому швидкість розповсюдження хвилі стиску можна визначити за швидкістю розповсюдження поверхневої хвилі типу Релея за методом спектрального аналізу параметрів розповсюдження поверхневих хвиль.

Принцип дії методу полягає в наступному: під дією імпульсного навантаження в шарі конструкції виникають неперіодичні коливання широкого спектра частот. Відомо, що глибина локалізації поверхневої хвилі Релея є пропорційною її довжині, що визначається співвідношенням швидкості до частоти. Використовуючи математичний апарат обробки інформації, будуються графічні залежності швидкості поверхневої хвилі Релея від частоти або довжини, що називаються дисперсійними кривими (рис. 5)

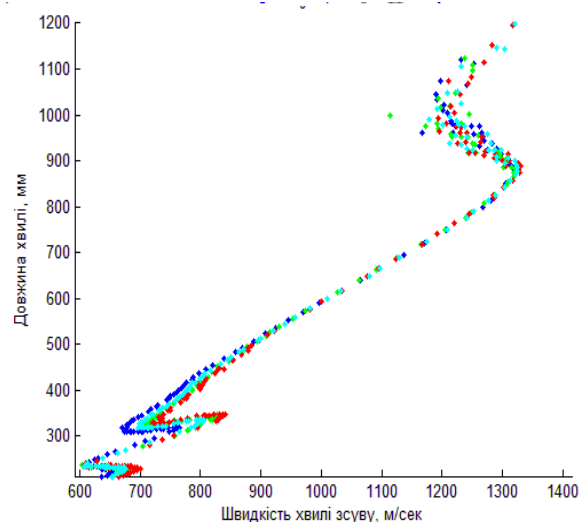


Рис. 5. Дисперсійна крива, отримана під час випробування цементобетонних плит з визначення параметрів розповсюдження поверхневих хвиль

За аналізом окремих ділянок дисперсійної кривої розповсюдження можливе визначення швидкості окремих груп хвиль, що локалізовані в товщі зразка та характеризують безпосередньо його властивості. Користуючись відомою залежністю, можна розрахувати швидкість розповсюдження хвилі зсуву за швидкістю розповсюдження хвилі Релея через коефіцієнт Пуассона з подальшим розрахунком товщини зразка за формулою (2).

Обладнання для реєстрації та обробки параметрів розповсюдження поверхневих хвиль типу Релея складається з імпульсного наван-

тажувача ударної дії, комплексу сеймоприймачів та комплексу з обробки та візуалізації сигналу (рис. 6), який складається з блоку аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) та персонального комп'ютера [6].

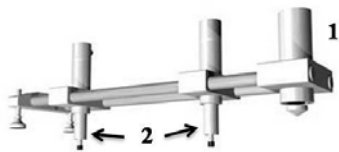


Рис. 6. Обладнання для реєстрації та обробки параметрів розповсюдження поверхневих хвиль типу Релея: 1 – генератор імпульсного навантаження; 2 – сеймоприймачі; 3 – комплекс з обробки сигналу

Висновки

Таким чином, використання параметрів розповсюдження хвильових полів для контролю якості влаштування монолітних шарів жорсткого дорожнього одягу дозволить отримати достатньо точні результати щодо фізико-механічних та геометричних параметрів цементобетонних шарів. Висока швидкість проведення випробувань у тестовій точці без залучення спеціалізованого лабораторного обладнання, можливість використання запропонованого методу як у лабораторних, так і в польових умовах на різних етапах будівництва та експлуатації дорожніх споруд робить цей метод перспективним серед існуючих методів неруйнівної діагностики.

Література

1. Кіяшко І.В. Особливості використання віброакустичних методів неруйнівного контролю якості дорожнього одягу жорсткого типу / І.В. Кіяшко, О.Ю. Пархоменко, Д.М. Новаковський // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 40, Ч. 1. – С. 445–453.
2. Куншиков Б.К. Общий курс геофизических методов разведки / Б.К. Куншиков, М.К. Куншикова. – М.: Недра, 1976. – 430 с.
3. Филоненко-Бородич М.М. Теория упругости / М.М. Филоненко-Бородич. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. – 364 с.
4. Nazarian S. Acceptance Criteria of Airfield Concrete Pavement Using Seismic and Maturity Concepts: Appendices. Report IPRF-01-G-002-02-2 / S. Nazarian, D. Yuan, K. Smith // Programs Management Office 5420 Old Orchard Road Skokie, IL 60077. – 2006. – 2 May/ – 98 p.
5. Richart F.E. Jr, Wood R.D., Hall J.R. Jr Vibration of soils and foundations. New Jersey, Prentice-Hall, 1970. – 124 p.
6. Foti S. Multistation Methods for Geotechnical Characterization using Surface Waves: PhD Dissertation / S. Foti. – Italy, 2000. – 300 с.

Рецензент: В.К. Жданюк, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 5 вересня 2012 р.