

Кучин Ілля¹, Данішевський Владислав²

¹аспірант, УДУНТ ННІ ПДАБА, Дніпро, Україна, e-mail: illiakuchyn@gmail.com

²директор ННІ ПДАБА, доктор технічних наук, професор, УДУНТ ННІ ПДАБА,
Дніпро, Україна, e-mail: vladyslav.danishevskyy@gmail.com

ВПЛИВ КОНФІГУРАЦІЇ КРУГЛИХ ВКЛЮЧЕНЬ НА ЗАТУХАННЯ ХВИЛЬ У КОМПОЗИТНІЙ БАЛЦІ

Анотація. У роботі досліджено вплив геометричної конфігурації круглих включень на загасання хвиль у композитній балці. Порівняно ефективність гумових включень та порожніх просторів у бетонній балці за допомогою чисельного моделювання. Результати показали, що гумові включення забезпечують краще розсіювання енергії та зменшення амплітуди переміщень.

Ключові слова: композитна балка, загасання хвиль, геометрична конфігурація, гумові включення, чисельне моделювання.

Вступ. Композитні балки з круглими включеннями є перспективним рішенням для контролю поширення хвиль у таких сферах, як сейсмічний захист та віброізоляція, що підтверджується дослідженнями у галузі фононних матеріалів і структур [1]. Геометричні характеристики включень, зокрема їх розмір, розташування та відстань між ними, суттєво впливають на розсіювання енергії та загасання хвиль. Незважаючи на значний потенціал таких конструкцій, комбінований вплив геометрії включень та контрасту матеріалів залишається недостатньо дослідженим. Метою цього дослідження є оцінка того, як геометричні конфігурації круглих включень впливають на загасання хвиль у композитних балках, а також пошук шляхів оптимізації конструкцій для покращення віброізоляції та розсіювання енергії за допомогою чисельного моделювання.

Матеріал і результати досліджень.

Для дослідження використано композитну балку з бетону та гуми, що дозволяє моделювати періодично гетерогенні середовища, як описано в [2]. Бетон забезпечує міцність і жорсткість, тоді як гума сприяє поглинанню енергії та демпфуванню вібрацій, що робить цю комбінацію ідеальною для сейсмічного захисту. Розглянуто два варіанти конфігурації: балка з гумовими включеннями та балка з порожніми просторами замість



включень. Геометрія балки становить 0,4 м у висоту та 4 м у довжину, з комітками розміром 0,4 м × 0,4 м, де включення займають 50% площі комітки (радіус $\approx 0,1596$ м).

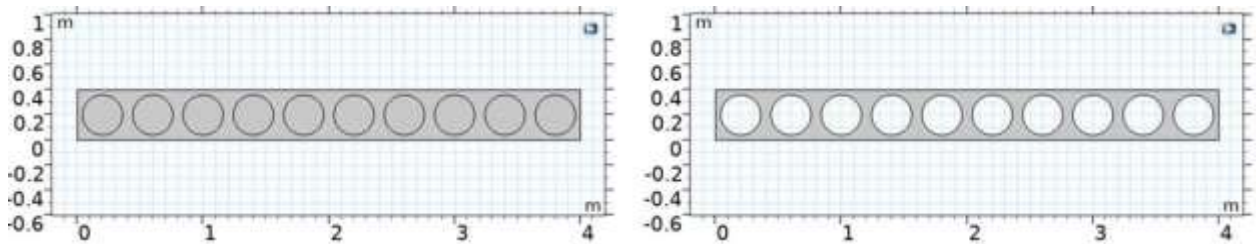


Рисунок 1 – Геометрична конфігурація композитної балки з круглими включеннями (ліворуч: з гумовими включеннями, праворуч: з порожніми просторами)

Характеристики матеріалів наведено в таблиці 1:

Таблиця 1 – Характеристики матеріалів

Матеріал	Щільність (кг/м ³)	Модуль Юнга (Па)	Коефіцієнт Пуассона
Бетон	2300	3.14×10^{10}	0.2
Гума	1300	1.4×10^5	0.48

До лівого кінця балки прикладено хвильове навантаження з частотою 50 Гц та амплітудою 1000 кН/м², а правий кінець був закріплений. Чисельне моделювання проводилося методом скінченних елементів із використанням відповідних сіток для обох конфігурацій.

Результати моделювання показали, що гумові включення значно ефективніше зменшують амплітуду хвиль порівняно з порожніми просторами. Аналіз поля переміщень у напрямку X продемонстрував відмінності у поширенні хвиль для обох конфігурацій.

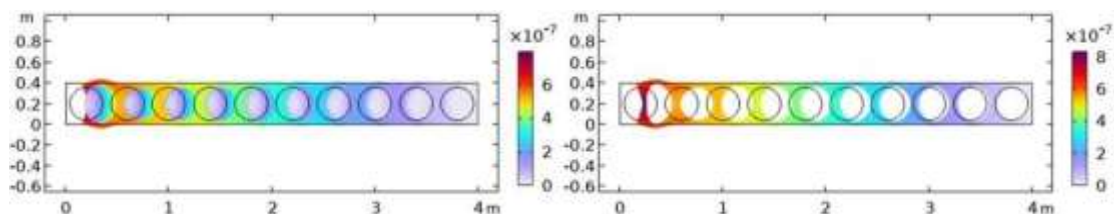


Рисунок 2 – Поле переміщень у напрямку X для обох конфігурацій: бетон з гумовими включеннями (ліворуч) та бетон з порожніми просторами (праворуч) при $t = 0,00454$ с

Лінійні графіки переміщень уздовж балки підтвердили, що в конфігурації з гумовими включеннями амплітуда хвилі зменшується швидше з відстанню від джерела навантаження, ніж у випадку з порожнінами.



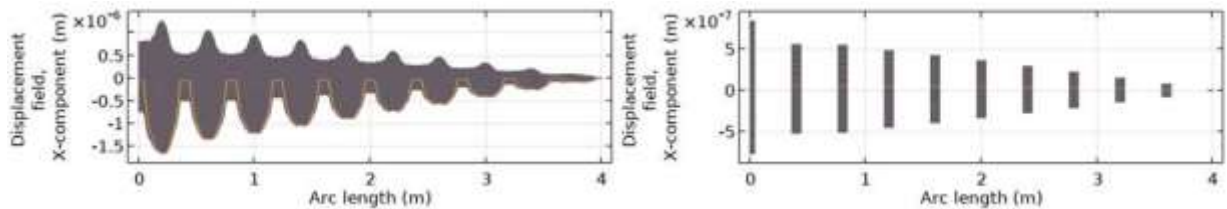


Рисунок 3 – Лінійні графіки переміщень уздовж балки для обох конфігурацій: бетон з гумовими включеннями (ліворуч) та бетон з порожніми просторами (праворуч)

Порівняння переміщень у точках на відстанях 0,0 м, 0,8 м, 1,6 м, 2,4 м і 3,2 м від джерела навантаження показало, що гумові включення забезпечують більш ефективне загасання хвиль, особливо на більших відстанях.

Висновки. Дослідження показало, що гумові включення суттєво підвищують ефективність загасання хвиль у композитних балках порівняно з порожніми просторами, демонструючи кращі показники розсіювання енергії та зменшення амплітуди переміщень. У майбутньому планується дослідити вплив включень інших форм та комбінацій матеріалів, а також провести експериментальну валідацію результатів моделювання, подібно до досліджень [3, 4], для подальшого вдосконалення конструкцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hussein, M. I., Leamy, M. J., & Ruzzene, M. (2014). Dynamics of phononic materials and structures: historical origins, recent progress, and future outlook. *Applied Mechanics Reviews*, 66, 040802.
2. Colquitt, D. J., Danishevskyy, V. V., & Kaplunov, J. D. (2019). Composite dynamic models for periodically heterogeneous media. *Mathematics and Mechanics of Solids*, 24, 2663–2693.
3. Xiang, H. J., Shi, Z. F., Wang, S. J., & Mo, Y. L. (2012). Periodic materials-based vibration attenuation in layered foundations: experimental validation. *Smart Materials and Structures*, 21, 112003.
4. Yan, Y., Mo, Y. L., Menq, F-Y., Stokoe, K. H., Perkins, J., & Tang, Y. (2014). Development of seismic isolation systems using periodic materials. Technical Report Project no. 113219: Department of Civil and Environmental Engineering, University of Houston.

