

АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ ТИПІВ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ШВІВ НА МОСТОВИХ
СПОРУДАХ: КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРЕВАГИ

ANALYSIS AND COMPARISON OF DIFFERENT TYPES OF EXPANSION JOINTS ON BRIDGE
STRUCTURES: DESIGN FEATURES AND ADVANTAGES



Виноградов Владислав Олегович, аспірант, кафедра «Мости, тунелі і гідротехнічні споруди» Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: vynogradov_v@ukr.net, тел. 067-829-26-87

<https://orcid.org/0009-0006-8358-4962>

Анотація: Мости, як важливі інфраструктурні об'єкти, піддаються постійному впливу різноманітних факторів: навантажень, температурних коливань, механічних деформацій та агресивного впливу навколишнього середовища. Всі ці фактори спричиняють зміщення окремих частин конструкції, що вимагає наявності спеціальних елементів для компенсації таких деформацій. Одним з таких елементів є деформаційні шви. Серед різноманітних типів деформаційних швів на мостах, щебеневі-мастичні шви займають важливе місце завдяки своїй ефективності, довговічності та здатності адаптуватися до різних умов експлуатації.

Ключові слова: щебеневі-мастичні шви, деформаційні шви, мости, мастика, компенсація деформацій, мостові конструкції.

Вступ.

Мости є одними з найбільш важливих і складних інфраструктурних об'єктів, що забезпечують транспортне сполучення та функціонування міських і міжміських мереж. Вони піддаються численним фізичним та механічним впливам, зокрема різноманітним навантаженням від транспортних засобів, температурним коливанням, вібраціям і природним явищам, таким як вітри, дощі або снігопади. Ці фактори можуть призвести до значних деформацій конструкцій, що вимагає застосування спеціальних технічних рішень для забезпечення безпечної експлуатації мостів.

Одним з таких рішень є деформаційні шви, які є невід'ємною частиною конструкції мостових споруд. Вони призначені для компенсації рухів окремих елементів мосту, спричинених зміною температури, механічними навантаженнями чи іншими факторами. Завдяки деформаційним швам мости здатні зберігати свою цілісність, зменшуючи ризик тріщин, розривів або інших пошкоджень конструкцій.

Деформаційні шви не тільки виконують функцію компенсації деформацій, але й мають важливе значення для герметизації мостових конструкцій. Вони запобігають проникненню води, бруду, агресивних хімічних речовин, що може призвести до корозії металевих елементів або руйнування бетонних частин моста. Крім того, шви забезпечують поглинання вібрацій і зниження шуму, що сприяє підвищенню комфорту для водіїв та пішоходів.

Вибір відповідних матеріалів і технологій для виготовлення та монтажу деформаційних швів є важливим завданням для інженерів і проектувальників. Одним з таких інноваційних рішень є

щебеневі-мастичні деформаційні шви, які поєднують у собі міцність і гнучкість, забезпечуючи надійний захист від впливу навколишнього середовища. У даній статті розглянуто основні характеристики щебеневі-мастичних швів, їх функціональні можливості, переваги та виклики, з якими можна зіткнутися при їх використанні, а також сучасні підходи до проектування та експлуатації таких швів на мостах.

Матеріали та методи. У статті використано комбінацію теоретичних та експериментальних підходів для дослідження деформаційних швів на мостах, зокрема щебеневі-мастичних швів. Було проведено огляд конструктивних особливостей щебеневі-мастичних швів, включаючи геометрію швів, вибір матеріалів для мастики та щебеневі основи, а також технології їх виготовлення та монтажу. Використовувався порівняльний аналіз з іншими типами деформаційних швів, такими як гумові-бітумні та металеві шви.

Метою роботи є проведення порівняльного аналізу конструктивних властивостей деформаційних швів різних типів деформаційних швів, які влаштовують на мостах.

Виклад основного матеріалу.

Деформаційні шви мостів відіграють важливу роль у збереженні структурної цілісності та довговічності транспортної інфраструктури [1].

Деформаційні шви мостів є критично важливими елементами інфраструктури, проте вони стикаються з низкою проблем, які можуть значно вплинути на їх ефективність [2]. Однією з основних труднощів є передчасний знос і руйнування швів, що часто спричиняється впливом агресивних умов навколишнього середовища, таких як різкі перепади температур, інтенсивні опади та наявність корозійних агентів [3,4]. Крім того, недостатньо ефективні системи герметизації та водовідведення можуть сприяти накопиченню води та сміття в деформаційних швах, що значно прискорює процес їх деградації і ставить під загрозу безпеку мостових конструкцій [5].

На даний час основні вимоги щодо влаштування конструкцій деформаційних швів встановлено відповідно до діючих нормативних документів [6,7], які передбачають що проектний термін служби таких конструкцій повинен становити не менше 20 років та забезпечувати плавний проїзд автомобільного транспорту по мосту.

Відповідно до класифікації прийнятої в [7] розрізняють наступні конструкції деформаційних швів на мостових спорудах:

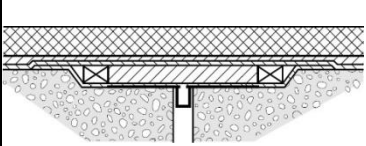
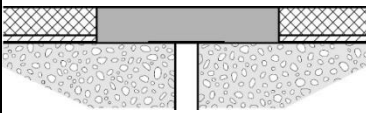
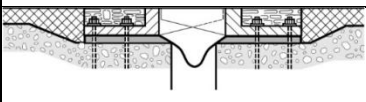
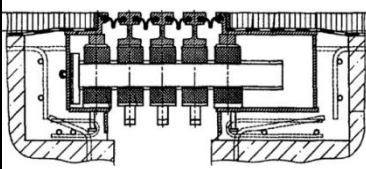
- деформаційні шви закритого типу;
- щебеневі-мастикові деформаційні шви;
- деформаційні шви, що заповнюються;
- деформаційні шви, що перекриваються;
- деформаційні шви з еластомерним компенсатором.

Для проведення порівняльного аналізу деформаційних швів, які влаштовуються на мостових спорудах, під час їх реконструкції та капітального ремонту було розглянуто їх основні технічні характеристики та існуючих досвід експлуатації таких швів. Основні переваги та недоліки різних типів деформаційних швів, зокрема щебеневі – мастикових наведено в таблиці 1.

За результатами проведеного аналізу різних типів деформаційних швів, встановлено їх основні переваги безпосередньо під час експлуатації, а саме:

- деформаційні шви закритого типу, зокрема щебеневі – мастикові забезпечують високу герметичність шва, так як передбачають влаштування гідроізоляційних шарів, висока міцність основних робочих елементів, що сприймають розтягувальні навантаження.
- деформаційні шви перекривного типу мають високу жорсткість та міцність основних робочих елементів шва, а також такі шви здатні витримувати високі механічні навантаження.

Таблиця 1 – Аналіз різних типів деформаційних швів, які влаштовують на мостових спорудах
Table 1 – Analysis of different types of expansion joints used in bridge structures

Тип деформаційного шва	Схема влаштування деформаційного шва	переваги та недоліки конструкції деформаційного шва
Деформаційний шов закритого типу		Міцність основних матеріалів, які застосовуються для влаштування даного типу деформаційного шва до впливу основних навантажень, зокрема до розтягуючих і стиснених напружень, які виникають через температурні коливання прогонових конструкцій. Проте, такі деформаційні шви є недостатньо герметичні, внаслідок цього в несних залізобетонних елементах моста швидко знижується міцність через накопичення води
Щебенево-мастикові деформаційні шви		Міцність основних матеріалів, які застосовуються для влаштування даного типу деформаційного шва до впливу основних навантажень, зокрема до розтягуючих і стиснених напружень, які виникають через температурні коливання прогонових конструкцій. Додатковий компенсатор сприяє стіканню води та запобігає утриманню води (герметичність)
Деформаційні шви, що перекриваються гребінчастими плитами		Забезпечення міцності на основні проєктні навантаження. Основним недоліком, таких деформаційних швів є короточасна спільна робота конструктивних елементів шва (гребінчастих плит), що в свою чергу зменшує стійкість до динамічного навантаження від автомобільного транспорту. Окрім цього, у разі порушення цілісності конструкцій деформаційних швів, зокрема гребінчастих плит можливе зменшення надійності конструкцій мосту, розташованих в їх зоні. А також такі шви мають надмірний шум при їх проїзді.
Модульний деформаційний шов		Міцність основних матеріалів, які застосовуються для влаштування даного типу деформаційного шва до впливу основних навантажень, зокрема до розтягуючих і стиснених напружень, які виникають через температурні коливання прогонових конструкцій. Відсутність надмірного шуму та вібраційних навантажень.

Висновки. У результаті проведеного аналізу різних типів деформаційних швів на мостах, можна зробити кілька важливих висновків. Так кожен тип шва має свої конструктивні особливості та переваги, що дозволяють ефективно вирішувати проблеми герметичності, міцності та довговічності мостових споруд.

Деформаційні шви закритого типу забезпечують високу герметичність і підвищену міцність завдяки застосуванню додаткових елементів, таких як гідроізоляційні шари, що суттєво покращують захист від впливу вологи.

Деформаційні шви перекритого типу мають підвищену жорсткість та міцність, що дозволяє зберігати їх функціональність під великими навантаженнями та в умовах постійних температурних коливань.

Усі зазначені типи деформаційних швів мають важливе значення для забезпечення надійної і довговічної експлуатації мостових конструкцій, а їх використання має бути вибрано з урахуванням специфіки кожного окремого об'єкта. Тому вибір оптимального типу деформаційного шва є ключовим фактором для покращення ефективності та безпеки мостових споруд.

Перелік посилань

1. Jiang, T.; Zhang, Y.; Wang, L.; Zhang, L.; Song, G. Monitoring Fatigue Damage of Modular Bridge Expansion Joints Using Piezoceramic Transducers. *Sensors* 2018, 18, 3973.
2. Li, J.; Wen, F.; Chen, J.; Yang, C.; Du, W.; Xu, L.; Li, P. Experimental Study of Bridge Expansion Joint Damage Based on Natural Frequency. *Sensors* 2023, 23, 6437.
3. Zhang, X.; Cheng, Z.; Du, L.; Du, Y. Progressive Classifier Mechanism for Bridge Expansion Joint Health Status Monitoring System Based on Acoustic Sensors. *Sensors* 2023, 23, 5090.
4. Li, Y.; Lu, P.; Liu, C.; Ren, W.; Wen, J. Fatigue Life of a Comb Plate Expansion Joint. *Machines* 2023, 11, 494.
5. Kong, F.; Xu, F.; Xiong, Q.; Xu, S.; Li, X.; Fu, W.; Guo, Z. Experimental Research on Properties of UHPC Based on Composite Cementitious Materials System. *Coatings* 2022, 12, 1219.
6. ДБН В.2.3-22:2009 "Мости та труби. Основні вимоги проектування".
7. СОУ 42.1-37641918-111:2014 Споруди транспорту. Деформаційні шви автодорожніх мостів. Вимоги до вибору та влаштування.

ANALYSIS AND COMPARISON OF DIFFERENT TYPES OF EXPANSION JOINTS ON BRIDGE STRUCTURES: DESIGN FEATURES AND ADVANTAGES

Vladyslav Vynogradov O., PhD student, Department of Bridges and Tunnels National transport university, e-mail: vynogradov_v@ukr.net, +38067-829-26-87, <https://orcid.org/0009-0006-8358-4962>

Summary. Bridges, as important infrastructure facilities, are constantly exposed to a variety of factors: loads, temperature fluctuations, mechanical deformations, and aggressive environmental influences. All these factors cause displacement of certain parts of the structure, which requires special elements to compensate for such deformations. One of these elements is expansion joints. Among the various types of expansion joints on bridges, crushed stone mastic joints occupy an important place due to their efficiency, durability and ability to adapt to various operating conditions

Keywords: rubble-mastic joints, expansion joints, bridges, mastic, deformation compensation, bridge structures.

References

1. Jiang, T.; Zhang, Y.; Wang, L.; Zhang, L.; Song, G. Monitoring Fatigue Damage of Modular Bridge Expansion Joints Using Piezoceramic Transducers. *Sensors* **2018**, *18*, 3973.
2. Li, J.; Wen, F.; Chen, J.; Yang, C.; Du, W.; Xu, L.; Li, P. Experimental Study of Bridge Expansion Joint Damage Based on Natural Frequency. *Sensors* **2023**, *23*, 6437.
3. Zhang, X.; Cheng, Z.; Du, L.; Du, Y. Progressive Classifier Mechanism for Bridge Expansion Joint Health Status Monitoring System Based on Acoustic Sensors. *Sensors* **2023**, *23*, 5090.
4. Li, Y.; Lu, P.; Liu, C.; Ren, W.; Wen, J. Fatigue Life of a Comb Plate Expansion Joint. *Machines* **2023**, *11*, 494.
5. Kong, F.; Xu, F.; Xiong, Q.; Xu, S.; Li, X.; Fu, W.; Guo, Z. Experimental Research on Properties of UHPC Based on Composite Cementitious Materials System. *Coatings* **2022**, *12*, 1219.
6. DBN B.2.3-22:2009 "Bridges and pipes. Basic design requirements".
7. DSTU 42.1-37641918-111:2014 "Transport facilities. Deformation joints of road bridges. Requirements for selection and installation."

Дата надходження до редакції 20.02.2025.