

УДК 539.261

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.155.2015.91719>

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ БЕЗБАЛАСТНОГО МОСТОВОГО ПОЛОТНА НА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТАХ: ВПЛИВ НАДЛИШКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЗАРЯДІВ І МЕХАНІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ НА ТРІЩИНОУТВОРЕННЯ

Инж. О.А. Забияка

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕЗБАЛЛАСТНОГО МОСТОВОГО ПОЛОТНА НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТАХ: ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТОЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ

Инж. А.А. Забияка

INCREASED DURABILITY WITHOUT BALLAST BRIDGE TRACK ON CONCRETE PLATES: THE EFFECT OF ELECTRIC CHARGES AND EXCESS STRESS ON CRACKING

Eng. O.A. Zabiyaka

Проведене дослідження впливу надлишкових електричних зарядів і механічних напружень на тріщиноутворення в плитах безбаластного мостового полотна залізничних мостів. Використано методи обчислюваного і натурного експерименту. Доведена неможливість утворення тріщин у плитах, що відповідають нормативним вимогам, в результаті лише механічних навантажень.

Ключові слова: залізобетонна плита, надлишковий електричний заряд, механічне навантаження, тріщиноутворення

Выполнены исследования влияния избыточных электрических зарядов и механических напряжений на трещинообразование в плитах безбалластного мостового полотна железнодорожных мостов. Использованы методы вычислительного и натурного эксперимента. Доказана невозможность образования трещин в плитах, соответствующих нормативным требованиям, в результате только механических нагрузок.

Ключевые слова: железобетонная плита, избыточный электрический заряд, механическая нагрузка, трещинообразование

Studies of the effect of electric charges and excess stress on cracking in plates of ballastless bridge deck of railway bridges have been met. Methods of computing experiment, field experiment on Starokonstantinov plant of concrete sleepers were used. The impossibility of the formation of cracks in the plates that meet the regulatory requirements, as a result of mechanical loads only been proven. It is found that the cause of crack formation is excessive electric charges.

Keywords: reinforced concrete plate, the excess electrical charge, mechanical load, cracking

Вступ

В результаті обстежень експлуатованих мостів з безбаластовим мостовим полотном БМП, виконуваних останні десятиліття в Україні та інших країнах, відмічене збільшення тріщиноутворення у плитах БМП. При цьому причини тріщин не є

очевидними, а їх утворення не пояснюється сучасними уявленнями про поведінку бетону і конструкції в таких умовах.

У роботі розроблені нові теоретичні уявлення, згідно з якими основним фактором тріщиноутворення у плитах БМП є вплив надлишкових зарядів Землі, зокрема на дні

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

русла річки, які переходять у конструкції мосту. Величини цих зарядів значні, вони еквівалентні напруженню електричного поля у межах декількох сотень В/м. Утворення тріщин від напружень, створюваних високоміцними шпильками, які вважають головним чинником тріщиноутворення, не відповідає дійсності.

Мета дослідження – визначення впливу факторів від натягу високоміцних шпильок і від надлишкового заряду Землі на утворення тріщин в плитах БМП.

Матеріали досліджень

Для перевірки цих уявлень, зокрема виявлення можливості утворення тріщин у плиті БМП від сили натягу високоміцних шпильок і навантаження на вісь колеса від потягів, проведено обчислювальний експеримент методом скінчених елементів у переміщеннях за допомогою програмного комплексу ЛПРА 9.6. Як прокладний шар приймали соснову дошку, бетон класу С32/40 і полімеркомпозиційний матеріал. З кожним варіантом прокладного шару сполучали три варіанти сили натягу високоміцних шпильок – 5, 10 і 13 Тс. Навантаження плити здійснювали ступенями до максимальної величини 25 Тс кроками по 5 Тс.

У розрахунку було прийнято, що надлишковий заряд Землі призводить до перевищення нормативного навантаження на плиту БМП за законами будівельної механіки. Для виявлення впливу такого перевищення нормативного навантаження на утворення тріщин у плиті безбаластового мостового полотна, улаштованого у відповідності до нормативних вимог. Розрахункову схему склали із 13790 фізично нелінійних армованих пластинчатих кінцевих елементів *KEN*№234, *KEN*№236.

$$L_x = \sqrt{L_0^2 + h^2} = \sqrt{20^2 + 0,012^2} = 20,0000036 \text{ , см,}$$

а подовження:

$$\Delta L = 0,0000036 \text{ см} = 3,6 \times 10^{-6} \text{ см} = 360 \text{ Å.}$$

Узагальнені результати розрахунку максимальних величини напружень і деформацій, які виникають в плиті БМП в залежності від модуля деформації (пружності) прокладного шару та сили затягування шпильок, наведено на графіках рис.1. Згідно з цими графіками величини розтягувальних напружень досягають 1,8 МПа, що менше нормативного опору бетону на розтяг 2,10 МПа і міцності бетону на згин.

Слід зазначити, що ДБН не містить показника міцності бетону на згин. Міститься величина нормативного опору на розтяг – 2,10 МПа. За [1] міцність бетону на розтяг становить 1/10–1/17, а міцність на згин – 1/6–1/10 міцності на стиск. Тобто міцність на згин у 1,7 разів вища, ніж на розтяг. Відповідно, розрахунковий опір бетону на згин класу С32/40 за 2 групою граничних станів 2,10 МПа складатиме близько $2,1 \times 1,7 = 3,6$ МПа.

Бетон у плиті БМП має ще більш високу міцність на згин у порівнянні з міцністю на розтяг. Це обумовлено тим, що стандартна призма-зразок має розмір 10×10×40 см, тобто відношення довжини до висоти і ширини зразка складає 4. У плиті БМП на ділянці роботи в зоні шпильки це відношення наближається до 1. Отже, фактичний опір бетону згину повинен бути значно більшим, ніж міцність на згин, і набагато більшим, ніж міцність на розтяг.

Виконаємо відповідний розрахунок. Максимальний прогин плити на ділянці довжиною $L_0 = 20$ см в зоні шпильки становить $h = 0,012$ мм (рис.1). Відповідно, довжина цієї ділянки при розтягуванні складе:

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

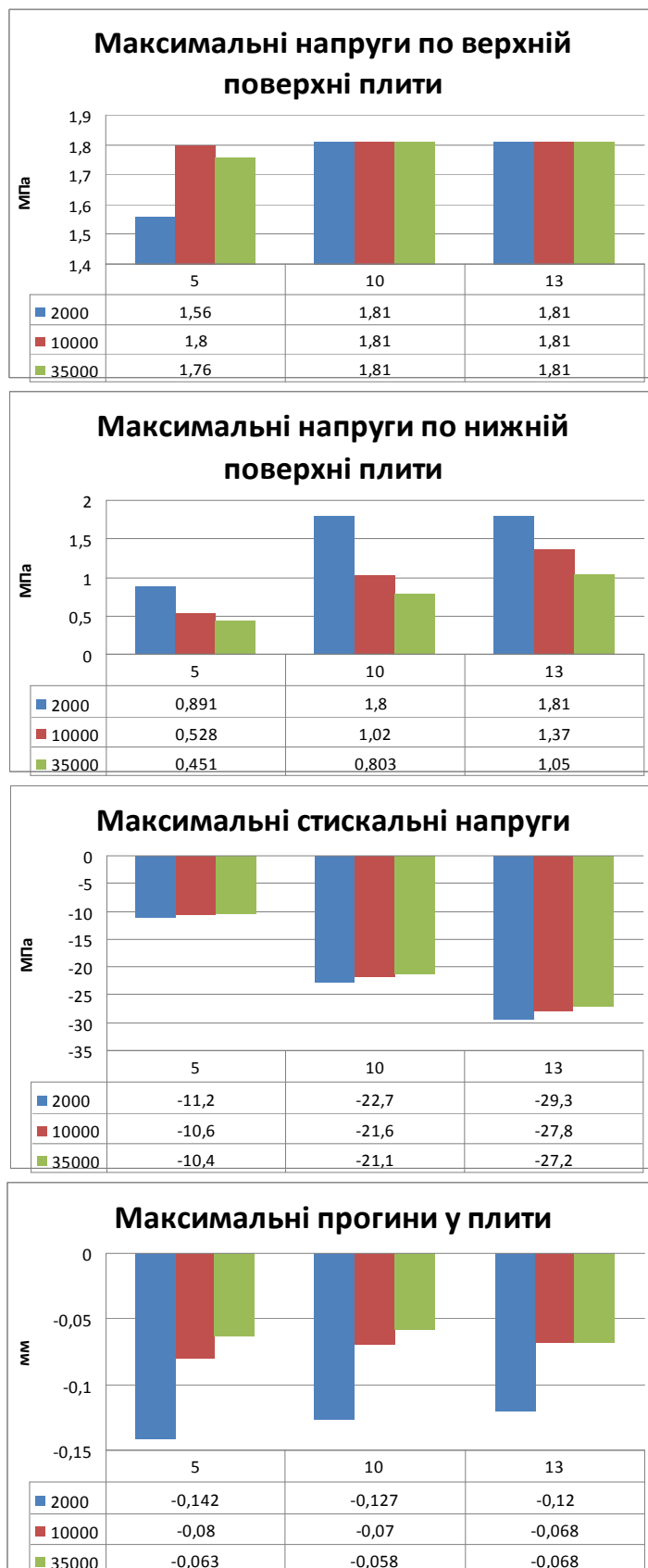


Рис. 1. Максимальні величини напружень і деформацій у плиті БМП в залежності від модуля деформації прокладного шару та сили затягування шпильок

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

По довжині ділянки 20 см розташовуються в лінійний ланцюжок в середньому кількість зерен щебеню:

$$N_{щ} = \frac{20}{1,5 \times 0,61} = 21,85.$$

Між двома суміжними зернами щебеню розташовано 8 тонких шарів води (рис.2).

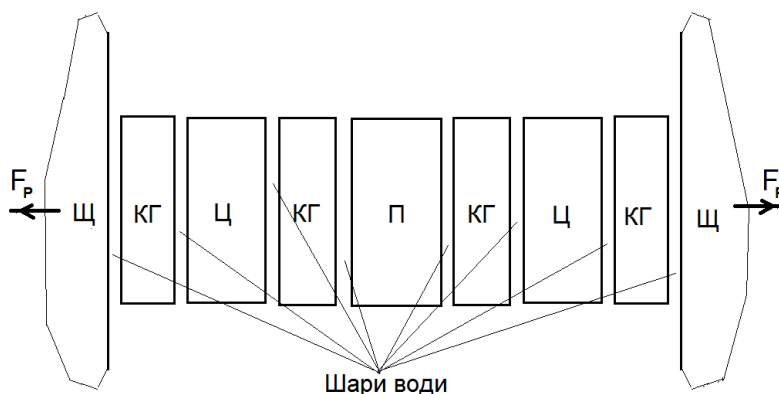


Рис. 2. Схема розташування структурних елементів бетону між двома зернами щебеню: Щ – зерно щебеню; КГ – блок кристалогідрату; Ц – частка цементу; П – зерно піску

Загальна кількість паралельних шарів води в ланцюжку на ділянці 20 см:

$$N_B = 21,85 \times 8 = 175.$$

У розтягнутому контакті між зернами щебеню в кожному шарі відбувається перехід молекул води із зони стиснення, і товщина потовщеного шару збільшується на величину:

$$\Delta l = 4,9 - 2,8 = 2,1 \text{ \AA}.$$

Загальне збільшення довжини бетону на ділянці 20 см:

$$\Delta L = 2,1 \times 175 = 367 \text{ \AA},$$

що відповідає розрахунковому 360 Å, визначеному модулем деформації бетону.

Як бачимо, таке незначне подовження не може призвести до виникнення тріщини, відбувається лише перетікання води в локальних поверхневих шарах на кожній частинці та зерні бетону без порушення його суцільності.

Слід також відмітити отримані розрахунком дуже високі значення згинальних напружень в зоні концентраторів, що досягли 13,8 МПа. В дійсності це не напруження на згин, тому що дійсна схема роботи бетону у зоні шпильки поєднує зрізання та зминання бетону під

шайбою, через яку передається натяг від шпильки. За такою схемою напруження у бетоні на зрізання дуже малі, а бетон, що працює на зминання, має значно більшу міцність, ніж експериментально виявлені і розраховані. У зв'язку з викладеним величиною 13,8 МПа як розтягувальним напруженням зневажимо.

Таким чином, перевірка можливості утворення тріщин у плитах, що відповідають нормативним вимогам, в результаті механічних навантажень не дозволяє зробити висновок, що механічні напруження є єдиною причиною виникнення тріщин в зоні високоміцної шпильки, в якій вони максимальні. Тим більше тріщиноутворення від механічних напружень неможливе в середині плити, де вони дуже малі.

Для перевірки висновків за результатами обчислювального експерименту щодо неможливості виникнення тріщин у зоні шпильки від її натягу проведені експериментально-виробничі дослідження напружено-деформованого стану плит безбаластового мостового полотна на Старокостянтинівському ЗЗБШ за

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

спеціально розробленою методикою. Пливу піддавали зовнішньому навантаженню до 38 Тс на вісь. Вимірювання розтягувальних і стискуючих напружень на поверхнях граней

плити здійснювали за допомогою дротяних тензометричних датчиків опору, розташованих за схемою, наведеною на рис.3.

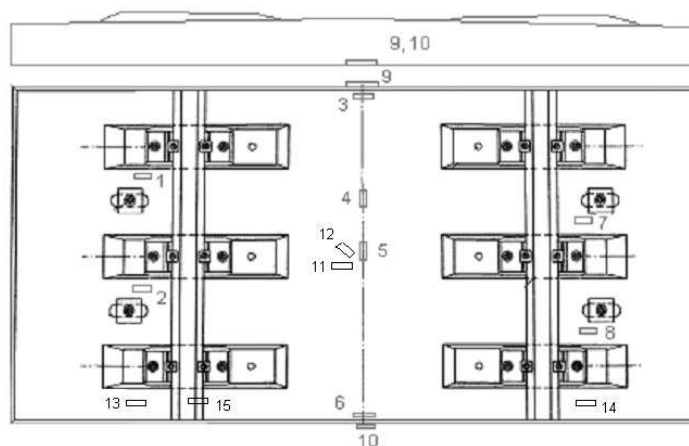


Рис. 3. Схема розташування тензометричних датчиків на плиті БМП

В результаті проведених випробувань та аналізу їх результатів вплив зовнішнього навантаження на напруги і деформації у місцях розташування всіх датчиків, крім 1 і 2 (рис.3), не виявлений. Відзначено вплив сили затягування шпильок на величину напружень у місцях розташування датчиків 1 і 2. Підтверджено, що у зоні високоміцних шпильок виникають значні розтягувальні напруження величиною до 12 МПа, проте утворення тріщин у плитах БМП під час випробування не відмічене.

Це підтвердило результати обчислюваних та інших експериментів – незважаючи на значні напруження, які вважають розтягувальними, у зоні отворів для високоміцних шпильок тріщини в основному не утворюються. Це обумовлене тим, що розрахункова модель досліджуваної ділянки плити не відбиває її дійсної роботи, яка є сполученням згину зі зрізанням та зминанням, для яких міцність бетону набагато перевищує експериментальні та дійсні напруження в плитах БМП.

Для виявлення впливу електричного потенціалу і створених ним електричного поля і надлишкових електричних зарядів на міцність бетону розроблено оригінальну методику, яка полягає у випробуванні серії

однакових зразків: контрольних – без впливу потенціалу і дослідних – під впливом штучно створеного потенціалу. Експериментально встановлено, що накладення постійного електричного поля на конструкцію з бетону невисокої міцності з високими В/Ц не чинить негативного впливу на міцність бетону при розтягу і тріщиностійкість конструкції. Накладення електричного поля на конструкцію з бетону високої міцності з низьким В/Ц може призвести до зниження міцності бетону на розтяг (приблизно на 14 %) і, відповідно, тріщиностійкості конструкції. Надане пояснення цьому явищу з позицій фізико-хімічної механіки [2].

Висновки та рекомендації

Доведена неможливість утворення тріщин у плитах безбаластного мостового полотна, що відповідають нормативним вимогам, в результаті лише механічних навантажень. Встановлено, що одним із основних факторів утворення тріщин є надлишкові електричні заряди, які наводяться на безбаластне мостове полотно.

Розроблено інструктивний документ, що використовується на залізницях України для збільшення довговічності експлуатації плит безбаластового мостового полотна та

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

підвищення безпеки руху, а саме тріщиностійкості плит безбаластного «Рекомендації із забезпечення мостового полотна» / ЦП 0224 [3].

Список використаних джерел

1. Марка бетона по прочності [Електронне джерело] // Режим доступу: [aquabios.ru](http://aquabios.ru/aquabios.ru/information/slovar-m/marka_beton_proshnos)
2. Пługин, Ал.А. Исследование влияния электрического поля на прочность цементного камня / Ал.А.Пługин, А.А.Забияка, В.В.Перестюк, С.Г.Нестеренко, А.А.Пługин // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2012. – Вип.130. – С.56–63.
3. ЦП 0224 Рекомендації із забезпечення тріщиностійкості плит безбаластного мостового полотна / ЦП Укрзалізниці; А.А.Пługін, А.М.Пługін, С.В.Мірошніченко, О.А.Калінін, Д.А.Пługін, В.А.Лютій, Г.О.Линник, О.В.Романенко, О.А.Забияка, І.Г.Корнієнко, О.С.Борзяк. – Київ, 2010. – Затв.08.06.2010, нак.№075-ЦЗ. – 42 с.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Пługін А.А.

Забияка Олександр Анатолійович, інженер, заст. начальника центру діагностування інженерних споруд Головного управління колійного господарства, Державна адміністрація залізничного транспорту України (Укрзалізниця); Тел.: (044) 465 25 77, E-mail: zabiyaka@uz.gov.ua

Zabiyaka Oleksandr, engineer, deputy head of centre for diagnosing engineering structures of the Main directorate of track facilities, State Administration of Railway Transport of Ukraine; Tel.: (+38 044) 465 25 77; E-mail: zabiyaka@uz.gov.ua

Стаття прийнята 25.05.2015 р