

І.І. Кархут, О.В. Крочак, М.Й. Пахолок, С.П. Марценюк  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра будівельних конструкцій та мостів

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БЕТОННИХ КОЛЕКТОРІВ, ПІДСИЛЕНИХ СКЛЕПІНЧАСТИМИ ПЛИТАМИ

© Кархут І.І., Крочак О.В., Пахолок М.Й., Марценюк С.П., 2009

Наведено новий метод підсилення колекторів склепінчастими плитами, який дає можливість значно збільшити його несучу здатність з меншими трудозатратами, ніж існуючі методи. Наведено результати випробувань підсиленого колектора статичним навантаженням і дослідження його за допомогою методу акустичної емісії.

The article deals with the new method of collector reinforcing by means of arch slabs, that greatly increases the carrying capacity and decreases the labor-intensiveness in comparison with other methods. The results of tests of reinforced collector under permanent loading and investigations by means of physical emission are given.

**Постановка проблеми.** Навантаження на міські дороги та автомагістралі з кожним роком збільшуються, що призводить до збільшення навантажень на колектори, які часто знаходяться під ними. Від дефектів дорожнього покриття виникають динамічні навантаження, які призводять до збільшення зусиль в конструкціях колекторів у два рази. Збільшення навантаження вимагає заміни існуючих колекторів або підсилення існуючих.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним із способів підсилення залізобетонних трубопроводів є метод встановлення у старі труби нових, з подальшим заповненням розчином щілини між новою та старою трубою. Велика вартість цієї технології робить її економічно невигідною за великих обсягів робіт, а також під час ремонту трубопроводів діаметром більше ніж 1000 мм.

**Мета та завдання досліджень.** Мета роботи – дослідити міцність та деформативність залізобетонних колекторів, підсилених накладними склепінчастими плитами.

Для проведення експериментальних досліджень моделювалась плоска розрахункова схема підсиленого колектора, яка відповідає його реальній роботі. Були запроєктовані:

– залізобетонна склепінчаста балка завдовжки 1,8 м з розмірами поперечного перетину 200x150;

– залізобетонне кільце зовнішнім діаметром 1,2 м з поперечним перетином 200x90.

Балка армована 2  $\varnothing$  10 А400С і виготовлена з бетону класу В22,5, кільце армоване 3  $\varnothing$  4Вр 1 і виготовлене з бетону В 15.

Для проведення випробувань кільце закопали в пісок, залишивши на поверхні 1/10 його діаметра. Щоб всередину кільця не потрапив пісок, його з двох боків закрили щитами з ДВП. На кільце встановили склепінчасту балку на цементному розчині М100 завтовшки 20 мм. Своїми кінцями балка опиралась на пісок. Пісок навколо кільця та під опорами балки ущільнювався до  $\gamma^{\text{II}}$  у природному стані.

Завантаження цієї конструкції виконували за допомогою домкрата через розподільну траверсу. Схему випробування показано на рис. 1.

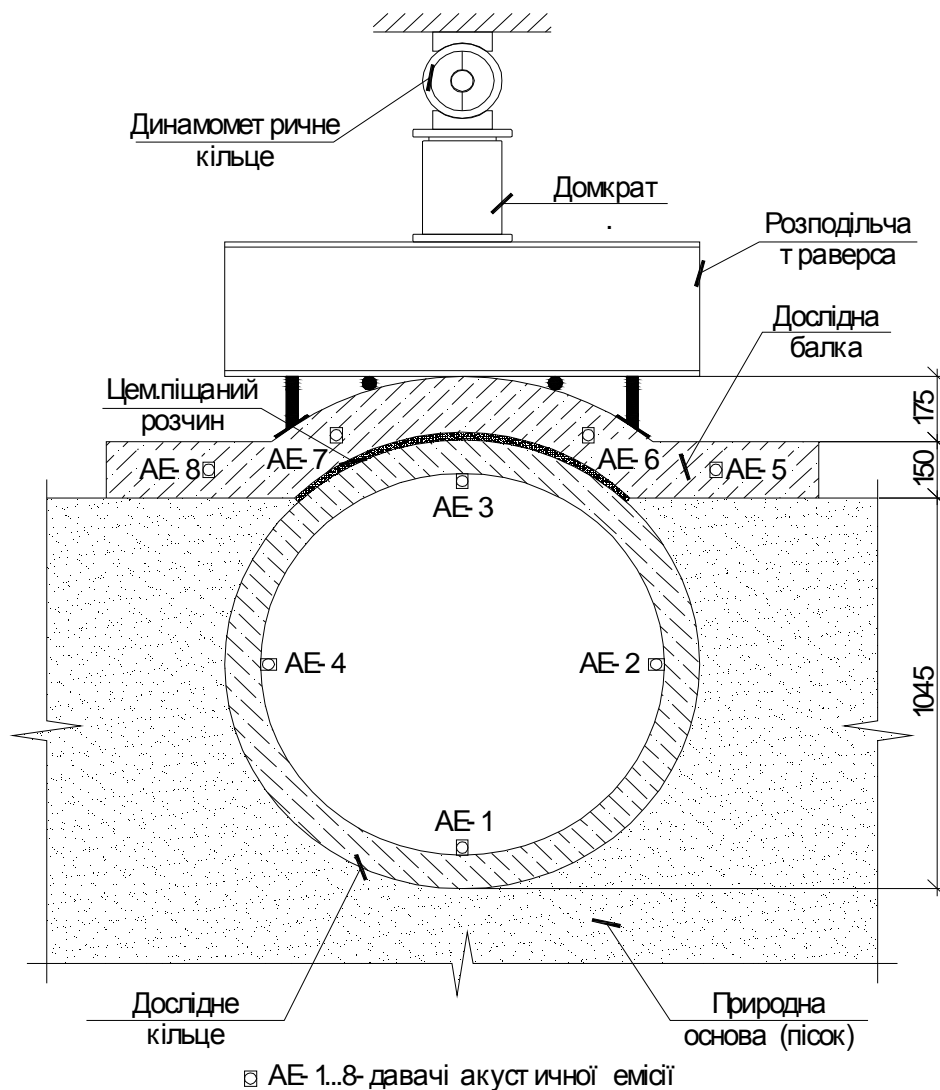


Рис. 1. Схема випробування залізобетонного кільця, підсиленого склепінчастою плитою

На балці і кільці були наклеєні тензодатчики на базі 50 мм (рис. 2) для заміру деформацій і давачі акустичної емісії з робочою частотою 60 кГц (рис.1), для контролю за небезпечними проявами у бетоні. Навантаження створювали масляною насосною станцією і прикладали ступенями по 10кН з витримкою по 5 хв після кожного навантаження.

Завантаження конструкції припинили за 80 кН, тому що тензодатчики, що знаходились на кільці і на балці, зафіксували великий стрибок деформацій, який свідчив про руйнування.

Під час випробування проводився постійний акустично-емісійний контроль небезпечних проявів в бетоні. На першому ступені навантаження сумарна кількість хітів (подій) не перевищувала 30–40 і до п'ятого ступеня становила 168. Це свідчить про «тихий» затухаючий процес та відсутність утворення макротріщин, які фіксуються за досягнення амплітудами хітів значень 60–70 dB. Фіксувалось також місцезнаходження тріщин методом локації акустичних сигналів.

За витримки кількість подій становила 1–3 шт., тобто тріщини не утворювались і не зростали як в балці, так і в кільці. На п'ятому ступені в балці (канали АЕ-5 – АЕ-8) та кільці (канали АЕ-1 – АЕ-4) відбулися стрибки накопичення енергії процесів (до 200 dB) та кількості подій (до 500–600). При цьому витримка не зупинила процесу наростання кількості подій.

Амплітуда сигналів, яка на перших ступенях становила в середньому 16–22 dB, а максимальна не перевищувала 30 dB, на п'ятому ступені зросла до 200 dB в кільці та 283 dB – в балці. Це свідчить про перевищення порога тріщиноутворення (60–70 dB) та проходження процесу

руйнування. Візуальний огляд склепінчастої балки підтвердив розвиток тріщин в бетоні. Хвильові процеси характеризувались двома групами частот, а також незначними гармонійними перешкодами, енергія яких не перевищувала 20 dB. Перша група з широким спектром характеризує оминання опорних частин та процеси в піщаному ґрунті під опорами балки. Друга група вузьких частот з піковими амплітудами характеризує мікро- та макропроцеси в бетоні балки та кільця.

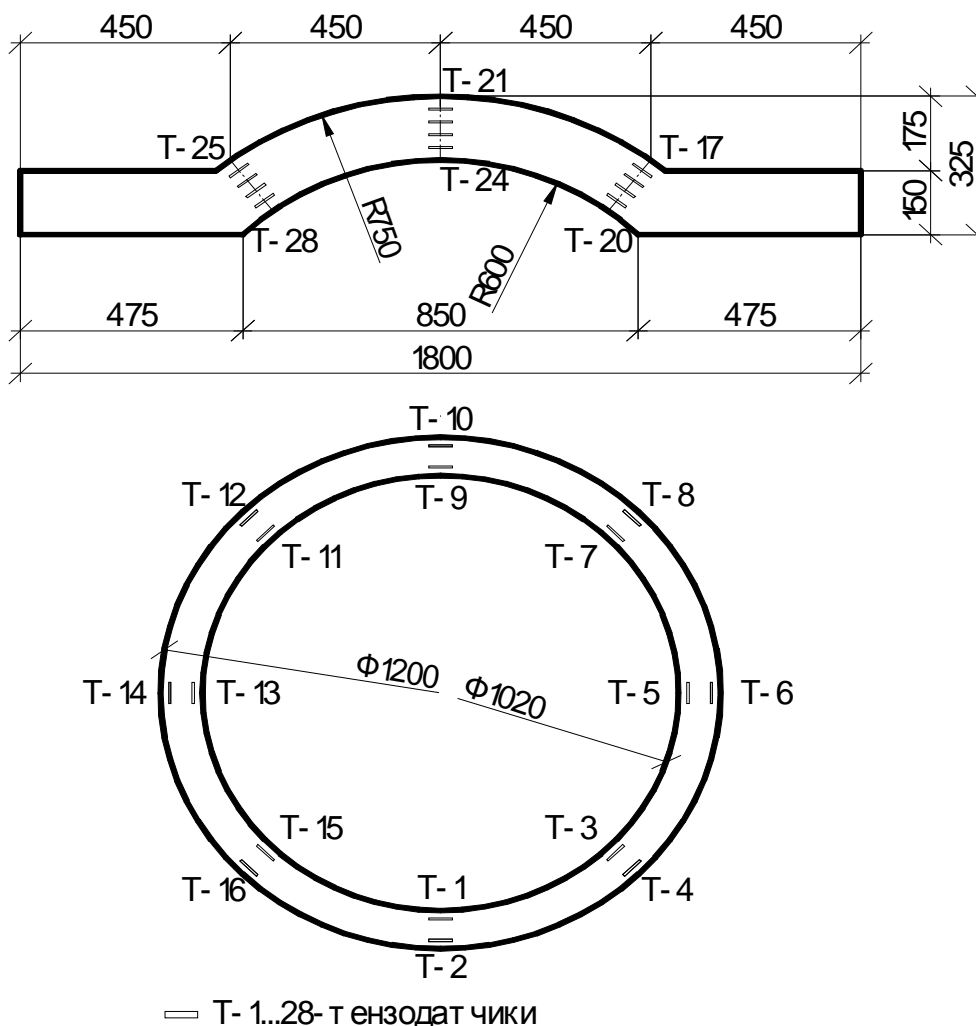
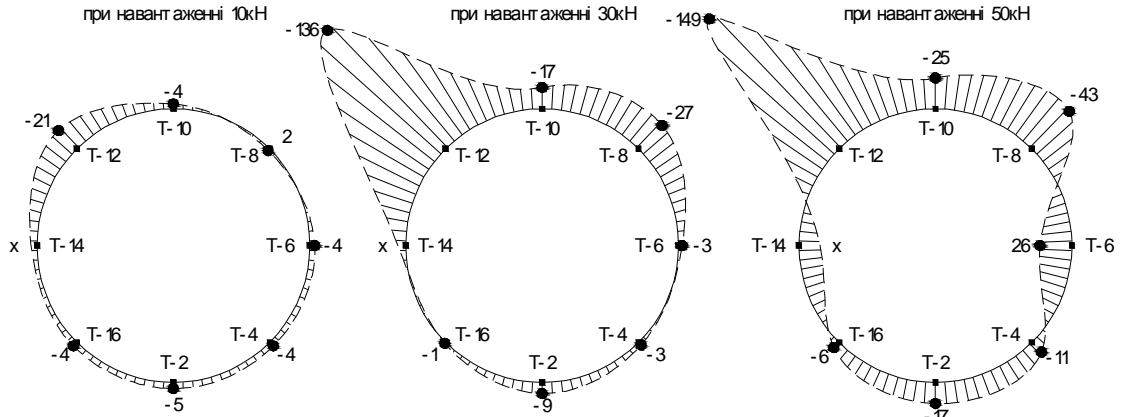


Рис. 2. Схема розміщення тензодатчиків на склепінчастій балці і кільці колектора

За допомогою акустичної емісії був зафіксований момент утворення тріщин у кільці, що дуже важливо, оскільки візуальний огляд кільця в процесі випробувань був неможливий. Після розвантаження кільця та його огляду було підтверджено наявність тріщин, зафіксованих акустико-емісійним методом, та відповідність їх положення визначеним методом локації.

За результатами випробувань побудовані графіки деформацій у залізобетонному кільці (рис. 3) і в накладній склепінчастій плиті (рис. 4). З графіків бачимо, що за руйнуючого навантаження максимальні деформації зафіксовані у верхній зоні кільця і становили 43–149 від. од. на зовнішній грані, та 45–68 від. од. – на внутрішній грані. Середні деформації відповідно 72 та 68 від. од., що свідчить про напружено-деформований стан центрального стиску. У нижній зоні кільця за рахунок перерозподілу тиску ґрунту по периметру кільця деформації були у 4–5 разів менші. Деформації в склепінчастій плиті по висоті перерізу змінювались, як і в балці на двох опорах. Під час навантаження до 30 кН 2/3 перетину плити було стиснуто. За збільшення навантаження стиснута зона зменшується, а деформації досягають значень 40–67 від. од. За руйнівного навантаження 60 кН в перетинах склепінчастої балки стиснута зона становила лише 3 см.

а) для датчиків по зовнішньому контуру



б) для датчиків по внутрішньому контуру

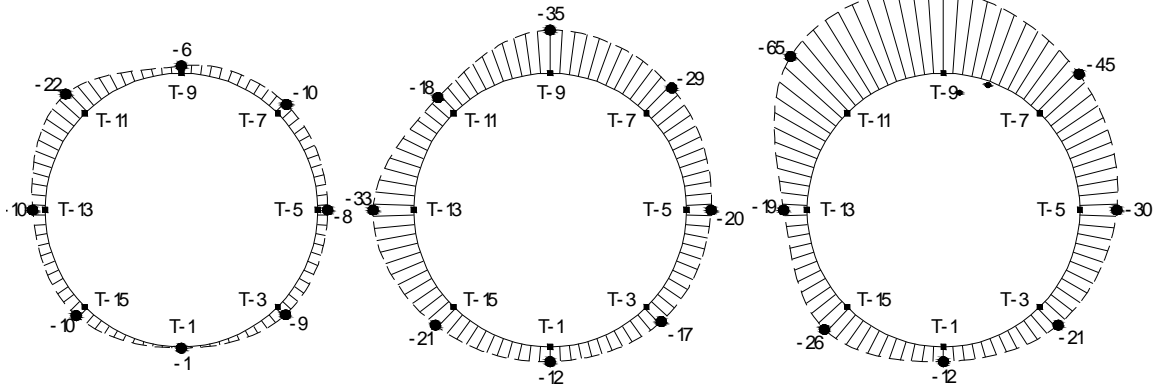


Рис. 3. Графіки деформацій в залізобетонному кільці за різних ступенів завантаження

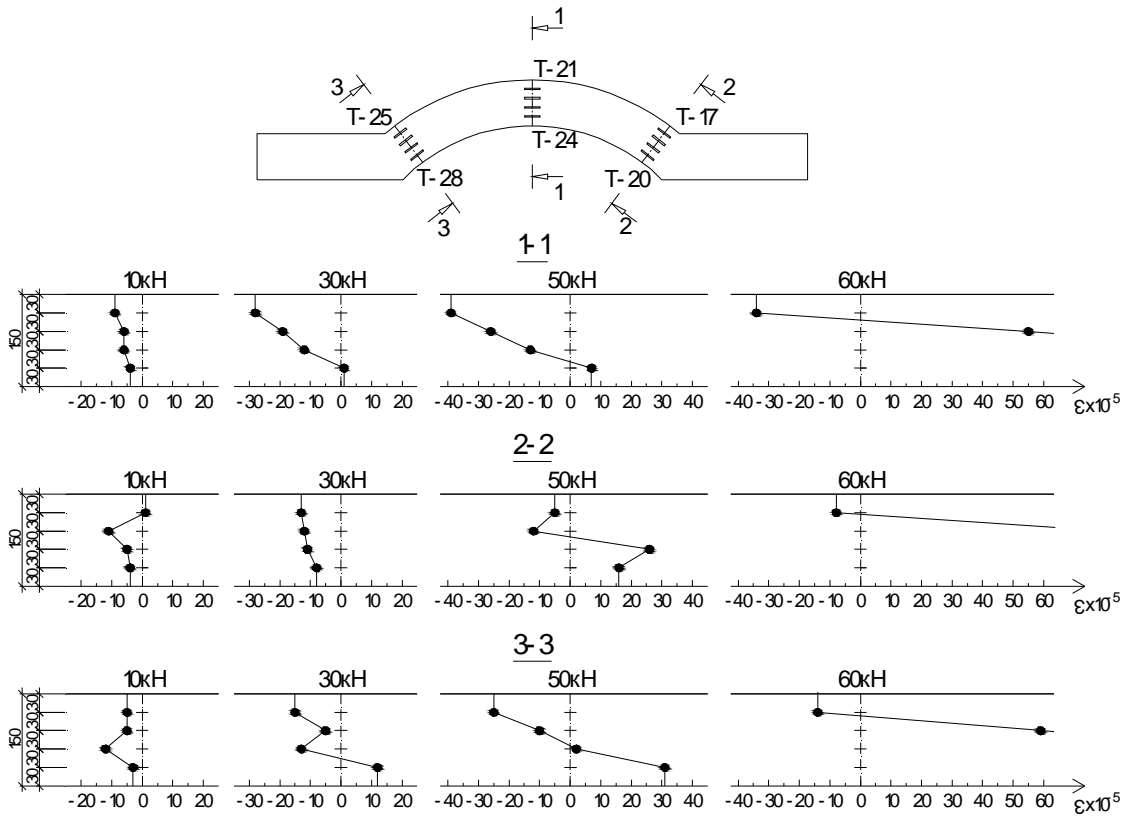


Рис. 4. Графіки деформацій у накладній склепінчастій залізобетонній плиті за різних ступенів завантаження

Тріщини у склепінчастій балці були зафіксовані на 5-му ступені. Вони утворились в криволінійній частині балки і їх ширина становила від 0.01 до 0.7 мм під час руйнування. Поява тріщин у кільці була зафіксована методом акустичної емісії. Візуальний огляд кільця після експерименту підтвердив, що у ньому утворились дві симетричні тріщини у верхній та нижній зонах.

Для визначення ефективності посилення колекторів накладною склепінчастою плитою було випробуване кільце без підсилення. Його завантажували ступенями по 5кН. Тріщини з'явилися за навантаження 10 кН, а фізичне руйнування наступило за 30 кН. Отже, підсилення накладною плитою збільшило несучу здатність колектора у 5 разів.

**Висновки.** Застосування збірних накладних склепінчастих плит для підсилення безнапірних бетонних колекторів дає змогу підвищити несучу здатність кільцевих перерізів у 4–5 разів за рахунок наближення напруженого стану кільця до центрального стиску. Величина підсилення залежить від якості ущільнення ґрунту під опорами накладних плит та однорідності їх контакту з бетоном кільця.

Застосування акустико-емісійного контролю дає змогу встановити момент тріщиноутворення та місце утворення тріщин в умовах відсутності візуального контролю. Для уточнення частотних характеристик руйнуючих тріщин необхідно продовжити дослідження з застосуванням акустико-емісійного контролю.

*1. Гончаренко Д.Ф., Корінько І.В. Ремонт и восстановление канализационных сетей и сооружений. – Харьков: Рубикон, 1999. 2. Водоснабжение и канализация. – 2002. – № 6. 3. ДСТУ 4227-2003. Настанови щодо проведення акустико-емісійного діагностування об'єктів підвищеної небезпеки. 4. Шаповал І.П., Заворіцький В.І., Майко В.І. Справочник сельського дорожника. – К.: Будівельник, 1984. – 280 с.*