

Висновки. Головним для запропонованих збірних сталезалізобетонних безбалкових перекриттів є відносна простота у виготовленні окремих конструкцій та зручність монтажу. Застосовуючи запропоновані конструктивні схеми безбалкових перекриттів, можливо спростити монтаж будівлі, а також покращати функціональні якості будівель за рахунок значного розширення трансформації приміщень та їх перепланування у разі зміни технології або призначення об'єктів. Такі перекриття після ретельного їх дослідження можуть бути використані під час спорудження житлових і цивільних будівель.

1. Абовская С.Н. Новые пространственные сталежелезобетонные конструкции. – Красноярск: Стройиздат, 1992. – 240 с. 2. Ватин Н.И., Иванов А.Д. Сопряжение колонны и безребристой бескапитальной плиты перекрытия монолитного железобетонного каркасного здания. – СПб.: Изд-во СПбОДЗПП, 2006. – 82 с. 3. Дорфман А.Э., Левонтин Л.Н. Проектирование безбалочных бескапитальных перекрытий. – М., Стройиздат, 1975. – 124 с. 4. Патент на кор. модель №37444 Україна. Держ. департамент інтелектуальної власності, МПК (2006) E04B 1/02. Збірна плита перекриття / Заявники: Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко, О.В. Нижник; власник ПолтНТУ. – 2008. 5. Патент на кор. модель № 33426 Україна. Держ. департамент інтелектуальної власності, МПК (2006) E04B 1/02. Таврова сталезалізобетонна балка зі стрічковим армуванням / Заявники: Л.І. Стороженко, О.В. Нижник, Т.П. Куч; власник ПолтНТУ. – 2008. 6. Патент на корисну модель № 32750 Україна. Держ. департамент інтелектуальної власності МПК (2006) E04B 1/02 Сталезалізобетонна балка з армуванням трубами / Заявники: Л.І. Стороженко, О.В. Нижник, Т.П. Куч; власник ПолтНТУ. – 2008. 7. Патент на кор. модель №41231 Україна. Держ. департамент інтелектуальної власності МПК (2006) E04B 1/02 Збірна плита перекриття зі сталевим обрамленням / Заявники: Л.І. Стороженко, О.В. Нижник; власник ПолтНТУ. – 2009. 8. Патент на кор. модель № 47176 Україна. Держ. департамент інтелектуальної власності, МПК (2009) E04B 5/00 Безбалкове збірне перекриття з плит зі сталевим обрамленням / Заявники: Л.І. Стороженко, О.В. Нижник; власник ПолтНТУ. – 2010. 9. Стороженко Л.І., Сурдін В.М., Єфіменко В.І., Вербицький В.І. Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація: Монографія. – Кривий Ріг, 2007. – 448 с.

УДК 624.074:[624.012.4+624.014.2]

Л.І. Стороженко, О.В. Нижник, А.В. Іванюк, Т.П. Куч
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННІ ЕЛЕМЕНТИ ЧАСТОРЕБРИСТИХ ПЕРЕКРИТТІВ

© Стороженко Л.І., Нижник О.В., Іванюк А.В., Куч Т.П., 2010

Розглянуто нові конструктивні форми та результати експериментальних досліджень елементів сталезалізобетонних часторебристих перекриттів. Крім того, наведено варіант їх використання у реальних несучих конструкціях будівель.

Ключові слова: часторебристе перекриття, сталезалізобетонні балки, сталева труба, сталеві листи, сумісна робота, деформації.

In this article the new forms and the results of experimental researches of the composite steel and reinforced concrete slabs with frequent ribs are considered. There is the variant of such elements using in the real bearing building constructions.

Keywords: slabs with frequent ribs, composite steel and reinforced concrete beams, steel pipe, steel sheets, compositely work, deformations.

Постановка проблеми. Зміна архітектурних і технологічних вимог в промисловості та громадському будівництві неминує призводить до зміни конструкторських форм. Сучасні

завдання розвитку будівельної індустрії нашої країни вимагають здійснення інтенсифікації та ефективного виробництва будівельних конструкцій на основі науково-технічного прогресу, який полягає в економії матеріалів і трудовитрат під час їх виготовлення та монтажу, а також надійності будівель та споруд. Внаслідок цього останнім часом в будівництві все частіше розпочали застосовують сталезалізобетонні конструкції, які є сполученням металевих профілів із залізобетоном зі стрижневим армуванням [1; 2; 3].

Сьогодні у нашій країні значну частку у житловому будівництві становлять будівлі із залізобетонним безбалковим каркасом. Це зумовлено тим, що таке рішення забезпечує можливість спорудження будівель будь-якої конфігурації в плані з різними об'ємно-планувальними вирішеннями. Створення конструкції каркаса з безбалковим перекриттям, що забезпечує сприйняття не тільки вертикальних, але й горизонтальних навантажень, дає можливість покращити сучасні традиційні методи конструювання каркасних будівель [4; 5; 6].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження та використання сталезалізобетону набуло надзвичайно широкого розповсюдження у багатьох країнах і, зокрема, в Україні [1; 2].

Економічність сталезалізобетонних конструкцій із використанням профілів, порівняно з традиційними залізобетонними, забезпечується за рахунок ефективнішого застосування жорсткої арматури раціональним її розміщенням, що дає можливість отримати приріст міцності та жорсткості [3; 4].

Формулювання цілі статті. Мета роботи – представити нові форми елементів сталезалізобетонного часторебристого перекриття та результатів їх експериментальних досліджень. Крім того, наведено варіант їх використання в реальних несучих конструкціях будівель.

Виклад основного матеріалу. В основу запропонованої авторами конструкції збірного безбалкового перекриття покладено завдання удосконалення поперечного перерізу шляхом його оптимізації, зміни технології виготовлення та ефективних засобів забезпечення сумісної роботи бетону зі сталевим елементом, що дає можливість уникнути опалубних робіт, економити матеріали, а також спростити і прискорити виготовлення та монтаж конструкцій.

Особливість запропонованих сталезалізобетонних часторебристих плит полягає у тому, що вони складаються із залізобетонної складової – плити та поперечних і поздовжніх сталезалізобетонних балок, які працюють сумісно із залізобетонною плитою. Далі наведено нові конструктивні форми сталезалізобетонних балок як елементів часторебристих плит.

Сутність запропонованої таврової сталезалізобетонної балки зі стрічковим армуванням (рис. 1) полягає у конструктивному вирішенні поперечного перерізу, виконаному зі сталевих вертикальних листів, які сумісно працюють із бетонною складовою конструкції таврового перерізу. Варто зазначити, що на цю конструкцію був отриманий патент на корисну модель [7].

На рис. 1 зображено таврову сталезалізобетонну балку зі стрічковим армуванням. Вона складається із залізобетонної конструкції таврового перерізу 1 та сталевих стрічкових листів 2, розміщених на протилежних гранях стінки тавра та виконують роль жорсткої арматури й частково невід'ємної опалубки. Сталеві листи з'єднуються між собою за допомогою арматурних хомутив 3. У верхній частині балки влаштовується арматурна сітка 4.

Як досліджувані зразки також були виготовлені балки, зображені на рис. 2. Вони складаються із залізобетонної лінійної конструкції 1 та зовнішньої сталеві труби 2, яка виконує роль жорсткої арматури. Для армування плити застосовується арматурна сітка 3. Труба з'єднується із залізобетонною плитою за допомогою сталевих трубок 4. На цю конструкцію також був отриманий патент [6].

Виготовлення запропонованих балок доцільно проводити у перевернутому стані після встановлення нескладної опалубки. Зовнішня арматура у вигляді сталевих листів та труб виключає необхідність багаторядного розміщення стрижнів по висоті перерізу, як це часто відбувається у звичайних залізобетонних елементах, а також дає змогу економічно використовувати сталь і значно спрощувати укладання та ущільнення бетонної суміші під час виготовлення конструкції.

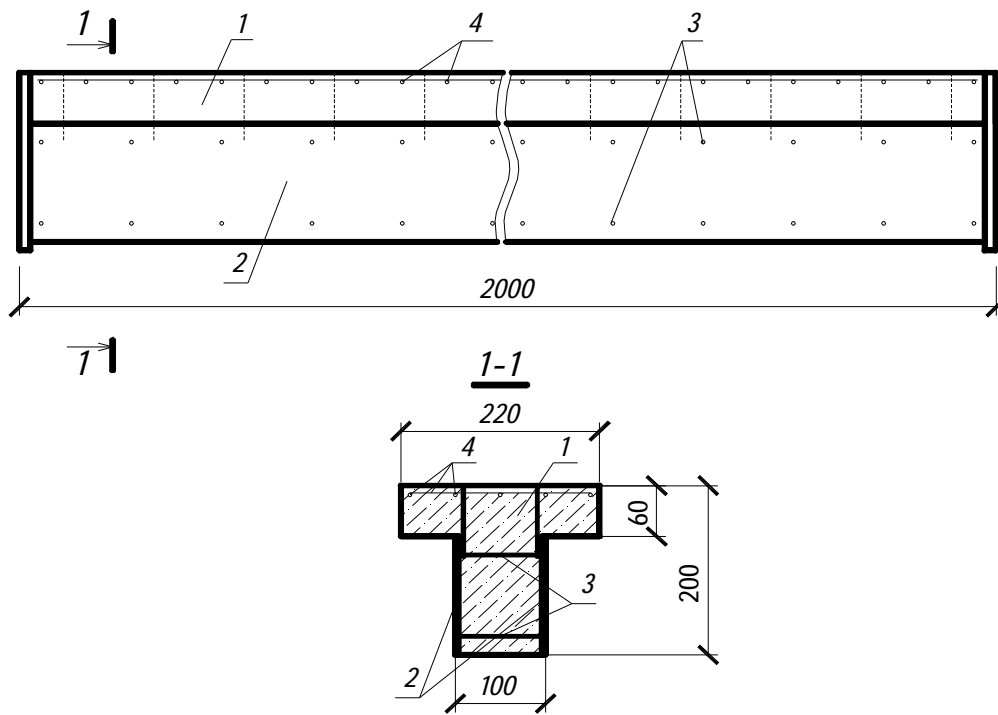


Рис. 1. Таврова сталезалізобетонна балка зі стрічковим армуванням

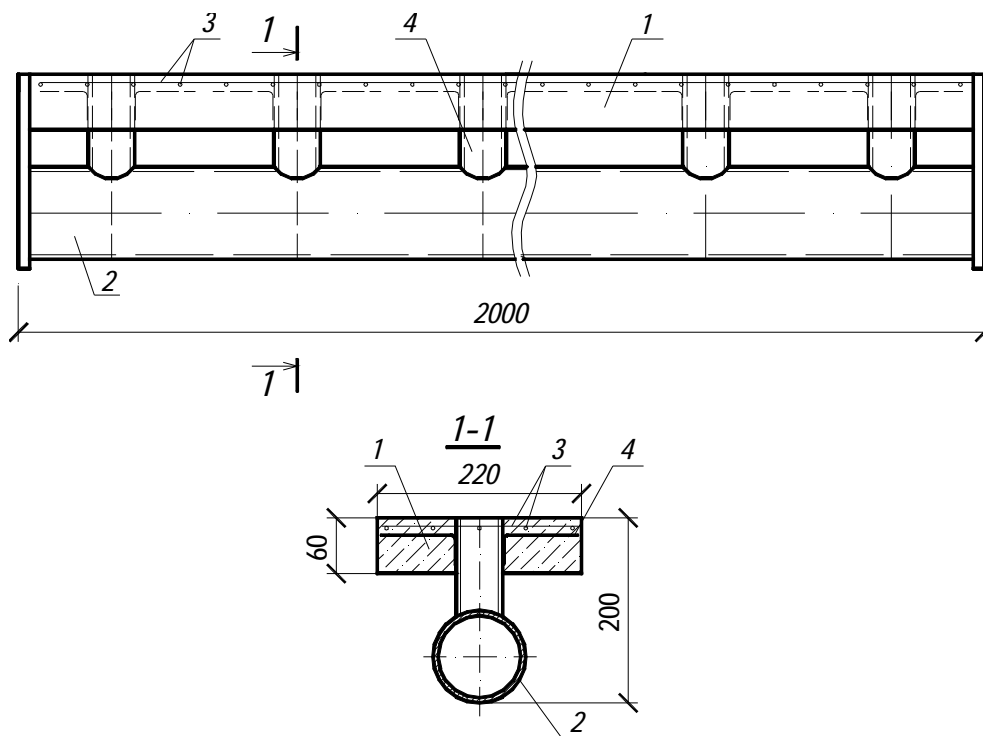


Рис. 2. Сталезалізобетонна балка з армуванням трубою

Особливістю роботи цих сталезалізобетонних балок зі стрічковим армуванням та армуванням трубою є те, що сталеві складові конструкції працюють сумісно із залізобетонною складовою завдяки арматурним засобам та хомутам. Таке конструктивне вирішення дає змогу сприймати великі згинальні моменти та ідеально працювати на поперечну силу завдяки бетону, який знаходиться у складному напруженому стані, а також вертикальним елементам, що добре працюють на зріз. Як наслідок, усе це веде до збільшення несучої здатності згинальних елементів, дає можливість ефективніше використовувати фізико-механічні властивості матеріалів та економити цемент і сталь.

Під час складання програми експериментальних досліджень враховано, що несуча здатність сталезалізобетонних елементів залежить від геометричних характеристик сталевих листів та труб: їх товщини, довжини, діаметра, товщини стінки; та фізико-механічних властивостей матеріалів – сталі та бетону.

Для отримання експериментальних результатів, які дали можливість достатньою мірою говорити про особливості роботи сталезалізобетонних балок з армуванням сталевими листами, були запроєктовані дослідні зразки серій БТ-1, БТ-2 та БТ-3, а для балок з армуванням трубами – Б-1, Б-2.

Згідно з прийнятою методикою проведення експериментальних досліджень несучої здатності й деформативності сталезалізобетонних балок вимірювання деформацій проводилося у зоні чистого згину та в приопорній зоні. Під час проведення досліджень напружено-деформованого стану експериментальних зразків за усіх схем завантаження відмічались характерні особливості розподілу деформацій по висоті перерізу, а також інтенсивність росту прогинів на початку роботи балки у пластичній стадії.

Під час дослідження напружено-деформованого стану згинальних елементів за нормальними перерізами вирішальне значення мали деформації у волокнах, які найвіддаленіші від нейтрального шару. З цієї метою побудовані графіки залежності деформацій від навантаження для зразків серій БТ-1, БТ-2 та БТ-3 (рис. 3).

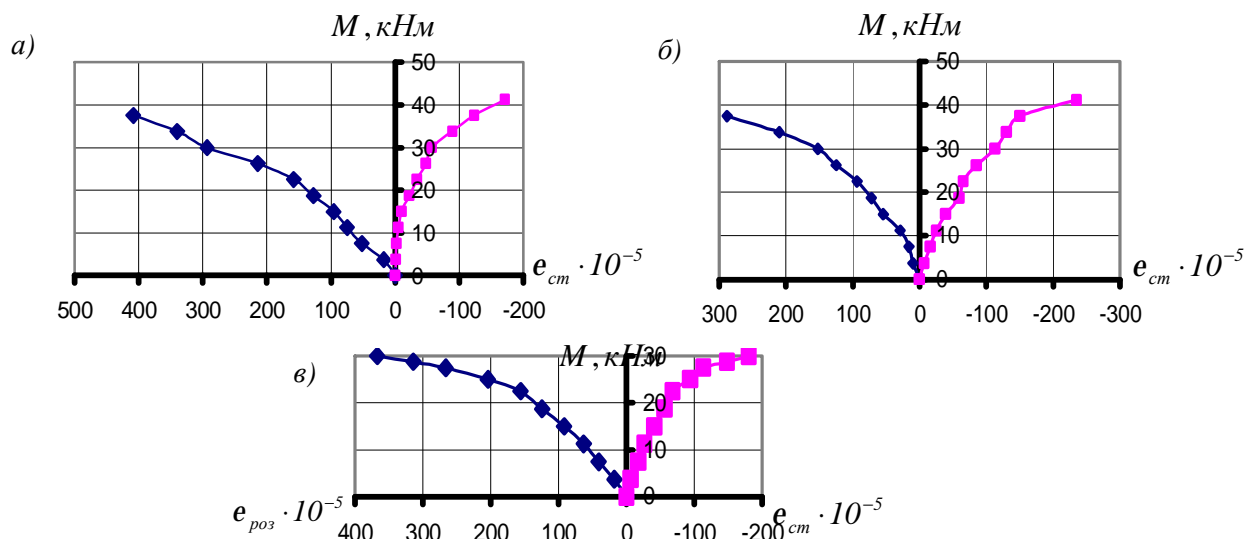


Рис. 3. Залежність поздовжніх деформацій від величини згинального моменту у крайніх волокнах досліджуваних зразків: а – БТ-1; б – БТ-2; в – БТ-3

Із наведених графіків зрозуміло, що на початковій стадії навантаження виникають переважно пружні деформації. На подальших ступенях навантаження, що відповідають деформаціям, за яких відбувається утворення тріщин на бетонній полиці, різко знижується несуча здатність зразків.

За деформацій балок серій БТ-1, БТ-2 (мають відстань між зусиллями 1,5 м) (рис. 3, а, б) та БТ-3 (відстань між зусиллями 1 м) (рис. 3, в) спостерігалася пружна робота сталевих листів і бетону до досягнення 65–70 % навантаження від руйнуючого. За досягнення навантажень більше 70 % від руйнуючого почали спостерігатися тріщини в бетонній полиці з подальшим сколюванням залізобетонної складової у приопорних зонах (для балок серій БТ-1 та БТ-2) та з поступовим руйнуванням посередині (для балок серії БТ-3) за досягнення руйнуючого навантаження.

Під час навантажень, що відповідали руйнуючим ($M \leq M_u$), почали спостерігатися значні деформації балок, прогин досягнув 2 см, після чого балки втратили свою несучу здатність.

На момент руйнування залізобетонної стиснутої полицки деформації крайніх розтягнутих волокон становили $\varepsilon = (300 - 400) \cdot 10^5$, крайніх стиснутих – $\varepsilon = (170 - 235) \cdot 10^5$ відносних одиниць. Загалом кожна досліджувана балка на усіх ступенях завантаження працювала як єдина монолітна конструкція.

Графіки залежності деформацій від навантаження для зразків серій Б-1, Б-2 зображено на рис. 4.

Під час дослідження на дію згинального моменту зона чистого згину становила 500 мм, а під час дослідження на дію поперечної сили відстань між зусиллями становила 1000 мм.

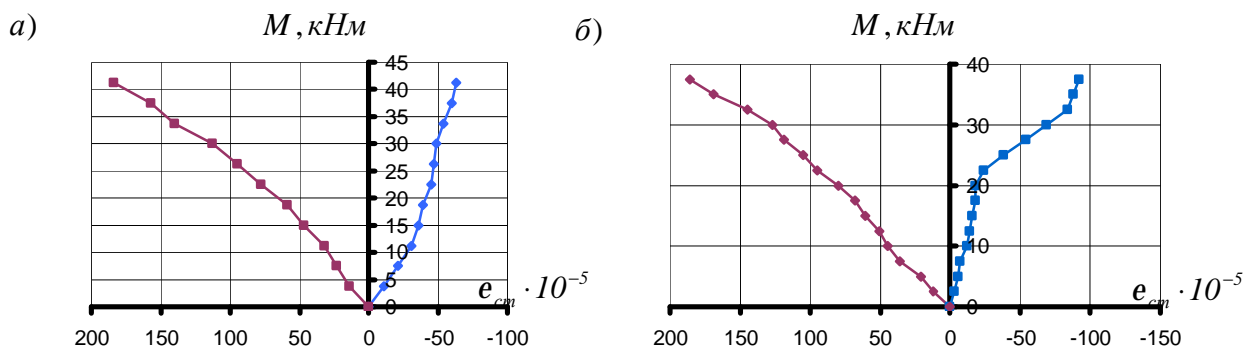


Рис. 4. Залежність поздовжніх деформацій від величини згинального моменту у крайніх волокнах досліджуваних зразків: а – Б-1; б – Б-2

Із графіків бачимо, що на початкових стадіях навантаження виникають переважно пружні деформації. На подальших рівнях навантаження, що відповідають деформаціям, за яких спостерігається текучість та відбувається утворення тріщин на бетонній полиці, вичерпується несуча здатність зразка.

За деформації балки Б-1 спостерігалася пружна робота арматури і бетону до досягнення 75 % навантажень від руйнуючого. Після цього спостерігалися значні тріщини у бетонній полиці, за рахунок чого відбувалось повне руйнування бетонної полиці посередині за навантажень, що відповідали руйнуючим ($M \leq M_u$), прогин досягнув 1,4 см, після чого балка втратила свою несучу здатність.

Під час випробовувань балки Б-2 на дію поперечної сили спостерігалися утворення характерних похилих тріщин у приопорній зоні. Руйнування конструкції відбувалося пластично, прогин балок сягнув близько 1,2 см.

Із проведених досліджень можна зробити висновок, що сталезалізобетонні елементи з армуванням трубами руйнувалися не крихко, а пластично, що характерно для сталезалізобетонних конструкцій, тому за несучу здатність приймалося зусилля, яке відповідало максимальному навантаженню, здатному витримувати зразок. Так, несуча здатність балки серії Б-1 становить $M = 42$ кНм, а для серії Б-2 – $M = 37$ кНм.

На момент руйнування залізобетонної стиснутої полицки для серії Б-1 деформації крайніх розтягнутих волокон становили $\epsilon = 180 \times 10^5$, крайніх стиснутих – $\epsilon = 70 \times 10^5$ відносних одиниць, а для серії Б-2 деформації крайніх розтягнутих волокон становили $\epsilon = 185 \times 10^5$, крайніх стиснутих – $\epsilon = 90 \times 10^5$ відносних одиниць.

Після завершення випробувань кожен зразок ретельно оглядали, особливу увагу приділяли місцю переходу сталевих елементів у залізобетонну складову – на їх межі жодних істотних порушень зв'язку не було, що свідчить про сумісну роботу двох складових комплексної балки.

Згідно з вищезрозглянутими сталезалізобетонними конструкціями представлені нові конструктивні форми сталезалізобетонних часторебристих плит (рис. 5), сутність яких полягає у тому, що вони складаються із залізобетонної складової – плити та поперечних і поздовжніх сталезалізобетонних балок (рис. 1, 2), які працюють сумісно із залізобетонною плитою. У такий спосіб метал порівняно рівномірно розподіляється поверхнею перекриття.

На основі запропонованих часторебристих плит перекриття було запроєктоване сталезалізобетонне перекриття багатоярусної автомобільної стоянки в м. Полтаві. Конструкції таких об'єктів повинні витримувати значні навантаження, тому був запроєктований сталезалізобетонний

каркас, який включав трубобетонні колони та сталезалізобетонні плити, які складаються із залізобетонної полиці та поздовжніх сталевих труб, що виконують роль жорсткої арматури та працюють сумісно із залізобетонною складовою.

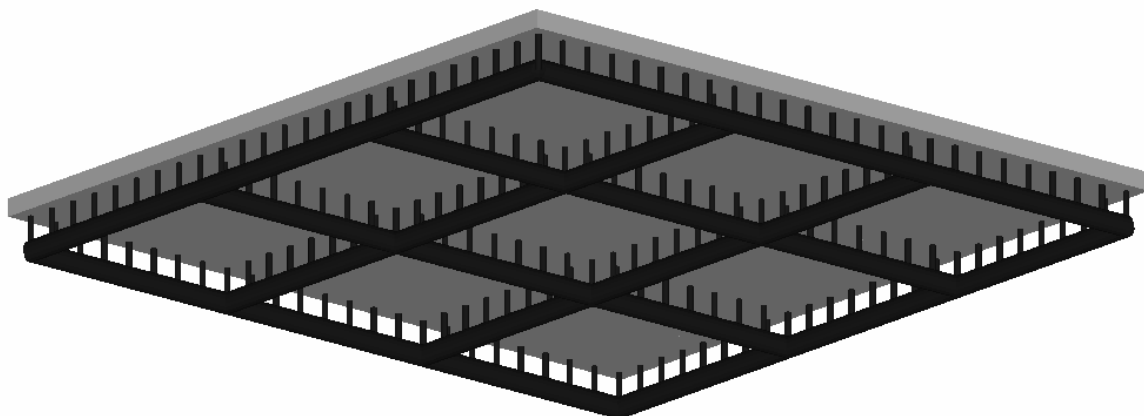


Рис. 5. Сталезалізобетонна часторебриста плита

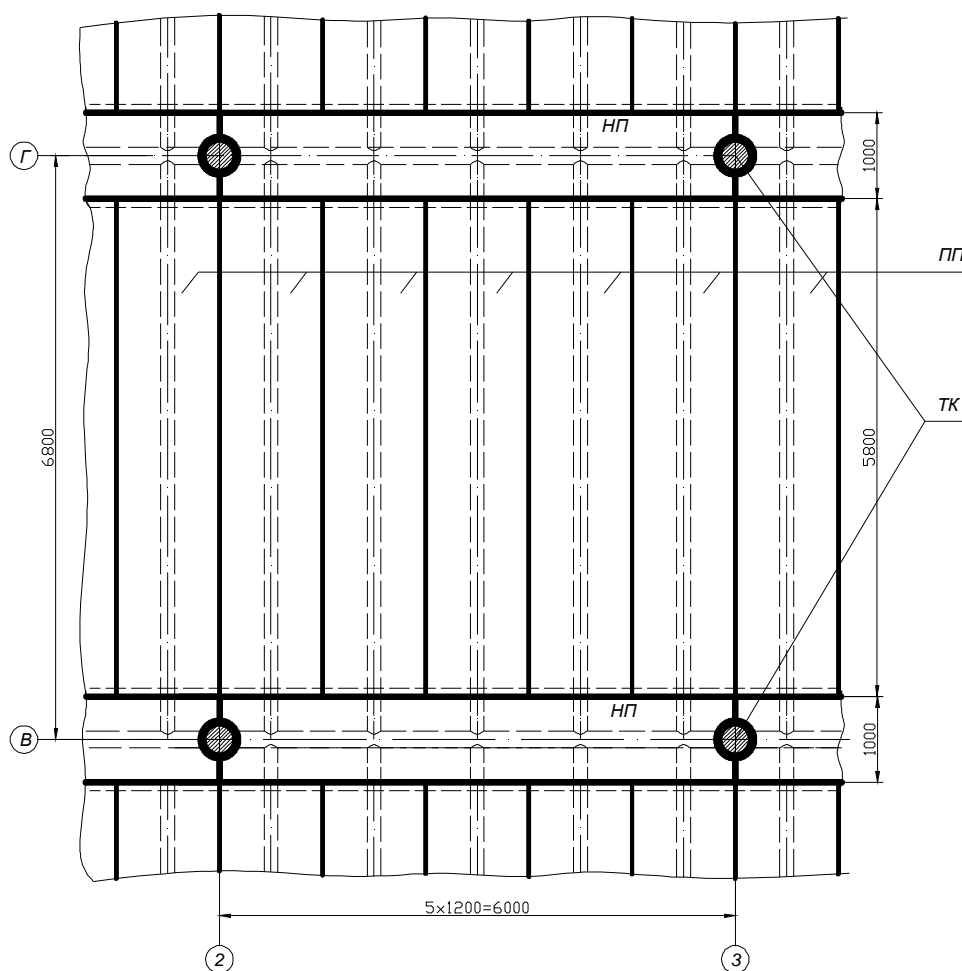


Рис. 6. Фрагмент перекриття багатоярусної автомобільної стоянки:
ПН – плита надколонна; ПП – плита прольотна; ТК – трубобетонна колона

Фрагмент схеми перекриття з використанням часторебристого сталезалізобетонного перекриття зображено на рис. 6.

Як бачимо з цього рисунка, таке перекриття влаштовується завдяки використанню тільки сталезалізобетонних плит перекриття досліджувальної конструкції. Сутність його полягає у тому,

що плити поділяються на дві категорії: плити надколонні та плити прольотні. Надколонні плити опираються безпосередньо на консолі трубобетонних колон, а прольотні, своєю чергою, на надколонні плити, утворюючи в такий спосіб часторебристе сталезалізобетонне перекриття.

Крім того, було розроблено конструкцію вузлів опирання надколонних плит на трубобетонні колони та прольотних плит – на надколонні плити.

Висновки. Запропоновано нові види елементів сталезалізобетонних часторебристих перекриттів. Маючи високу жорсткість, вони дають змогу покращати функціональні якості будівель і виступати як конкурентоспроможні порівняно із залізобетонними та сталевими конструкціями під час використання їх у спорудженні промислових та цивільних будівель. На основі цих часторебристих плит перекриття було запроєктовано сталезалізобетонне перекриття багатоярусної автомобільної стоянки в м. Полтаві.

1. Клименко Ф.Е. Сталобетонные конструкции с внешним полосовым армированием. –К.: Будівельник, 1984. – 88 с. 2. Залізобетонні конструкції / П.Ф. Вахненко, А.М. Павліков, О.В. Горик та ін. – К.: Вища шк., 1999. – 508 с. 3. Стороженко Л.І., Семко О.В. Сталезалізобетонні конструкції: Навч. посібник / Л.І. Стороженко, О.В. Семко. – Полтава, 2001. – 55 с. 4. Стороженко Л.І. Сталезалізобетон: Збірник наукових праць / Л.І. Стороженко. – Полтава: ПНТУ, 2006. – 386 с. 5. Стороженко Л.І. Сталежелезобетонные конструкции / Л.І. Стороженко, А.В. Семко, В.И. Ефименко. – К.: Четверта хвиля, 1997. – 158 с. 6. Пат. на кор. модель 32750 Україна, МПК (2006) E04B 1/00. Сталезалізобетонна балка з армуванням трубами / Заявники: Л.І. Стороженко, О.В. Нижник, Т.П. Куч; власник – ПолтНТУ. – № и 2008 01084; заявл. 29.01.2008; опубл. 26.05.2008. Бюл. №10. 7. Пат. на кор. модель 33426 Україна, МПК (2006) E04B 1/02. Таврова сталезалізобетонна балка зі стрічковим армуванням / Заявники: Л.І. Стороженко, О.В. Нижник, Т.П. Куч; власник – ПолтНТУ. – № и 2008 01082; заявл. 29.01.2008; опубл. 25.06.2008. Бюл. №12.

УДК 624.015.5

Л.І. Стороженко, В.Ф. Пенц, Л.М. Стовба

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОЄКТУВАННЯ ЗГІНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ТОНКОСТІННИХ ТРУБ КВАДРАТНОГО ПЕРЕТИНУ, ЗАПОВНЕНИХ БЕТОНОМ

© Стороженко Л.І., Пенц В.Ф., Стовба Л.М., 2010

Запропоновано рекомендації щодо проєктування згинальних елементів із тонкостінних труб квадратного перетину, заповнених бетоном.

Ключові слова: рекомендації, проєктування, згинальний елемент, тонкостінні труби.

This paper is devoted to the project recommendations concrete-filled flexible elements with slime-side tubes of the square sections.

Keywords: recommendations, project, flexible element, slime-side tubes.

Постановка проблеми. Доведено високу техніко-економічну ефективність трубобетону. Спеціально для будівництва випускаються гнуті зварені профілі квадратного перетину. Але відсутня проєктна основа для згинальних конструктивних елементів із труб квадратного перетину, заповнених бетоном.