

НАПРУЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПІДСИЛЕНИХ ВВЕДЕННЯМ ДОДАТКОВИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК

Витак Олег Петрович

Аспірант

Кафедра Будівельних конструкцій та мостів

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Науковий керівник: Бобало Тарас Володимирович

канд.техн.наук, доцент кафедри Будівельних конструкцій та мостів

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Анотація. Ця стаття досліджує ефективність підсилення напружених залізобетонних плит за допомогою введення додаткових залізобетонних балок. Досліджено вплив такого підсилення на міцність, деформації та інші важливі характеристики структури. Зокрема, увага приділяється аналізу розподілу навантаження, змінам у стрес-стрейн діаграмі, а також загальному збільшенню стійкості плити під впливом введення додаткових балок. Результати досліджень вказують на потенційну ефективність цього методу підсилення та можливі переваги для підвищення надійності та тривалості експлуатації залізобетонних конструкцій.

Вступ

Залізобетонні конструкції відіграють неабияку функцію в цивільному та промисловому будівництві. Особливу увагу слід звернути на етапі реконструкції даних споруд. Неабияку цінність у реконструкції споруд загалом займають монолітні чи збірні плити перекриття.

Через експлуатацію споруд, а також можливе розширення виробництва чи навіть просте збільшення ваги яка буде діяти на плити перекриття можуть виникнути проблеми, такі як понаднормований прогин, виникнення тріщин, інших деформацій та навіть руйнування. Саме реконструкція/посилення конструкцій (в даному випадку плит перекриття) потрібно передбачити з метою приведення певних елементів споруди у відповідність з більшими вимогами для експлуатації. На практиці один з найефективніших способів посилення плит є саме за допомогою введення додаткових залізобетонних балок через попередньо влаштовані отвори.

Мета дослідження

Теоретичне та експериментальне визначення прогину залізобетонних плит, що підсилюються монолітними залізобетонними балками шляхом підмонолічування через додатково влаштовані отвори в плиті; розробка/рекомендація оптимальних методів влаштування даного підсилення.

Об'єкт дослідження

Залізобетонні (збірні, монолітні) плити перекриття, несуча здатність яких є недостатньою для нормального подальшого використання, котрі потребують введення додаткового підсилення.

Предмет дослідження

Дослідження поведінки залізобетонних плит, які підсилюються за допомогою додаткових залізобетонних балок. Вплив підсилення на загальний прогин конструкції, її напруження та інші характеристики.

Гіпотеза

Ця гіпотеза вказує на припущення, що введення додаткових залізобетонних балок в залізобетонні (монолітні/збірні) плити перекриття можуть позитивно вплинути на міцність та деформативність конструкції, забезпечуючи їй більшу стійкість і здатність сприймати збільшення навантажень, що дуже часто є необхідним в процесі реконструкції чи капітального ремонту. Оцінивши вартість введення додаткових балок підсилення, можна визначити ефективність даного експерименту. Щоб підтвердити чи спростувати цю гіпотезу, необхідно провести відповідні інженерні та структурні аналізи, експерименти та тестування.

Наукова новизна

Наукова новизна в дослідженні "Напруження залізобетонних плит підсилених введенням додаткових залізобетонних балок" може виявитися в ряді аспектів, які вносять нові знання або покращення в існуючі концепції та методи:

- Отримати нові результати експериментальних досліджень несучої здатності залізобетонних плит, підсилених введенням додаткових залізобетонних монолітних балок;
- Розробити/покращити методику розрахунку підсилення залізобетонних плит введенням додаткових балок, використовуючи деформаційну модель.

Попередній розрахунок кроку та розміру шпонок

Стратегія підсилення плит є такою, щоб забезпечити надійність комбінованого перекриття (балково-плитного). Для підсилення плити влаштовуються залізобетонні монолітні балки через попередньо пробиті отвори. Завдяки ним їм забезпечується спільна робота плити та балки.

В даному випадку передбачається плита товщиною 40мм, шириною 750мм, довжиною (прольотом) 2100мм. Розмір балки: висота – 120мм, ширина – 150мм. Загальна висота підсиленої плити – 160мм. Армування балок буде виконуватися арматурним каркасом з робочою арматурою Ø12A500C, 4шт у нижній та 2 шт у верхній зоні. Поперечне армування – хомути Ø8 A500C з кроком 100мм.

Перед влаштуванням випробувань конструкцій передбачається виконання теоретичного розрахунку ручним методом, та/або за допомогою використання програмного комплексу (ЛІРА-САПР).

Схема підсилення – див. рис.1:

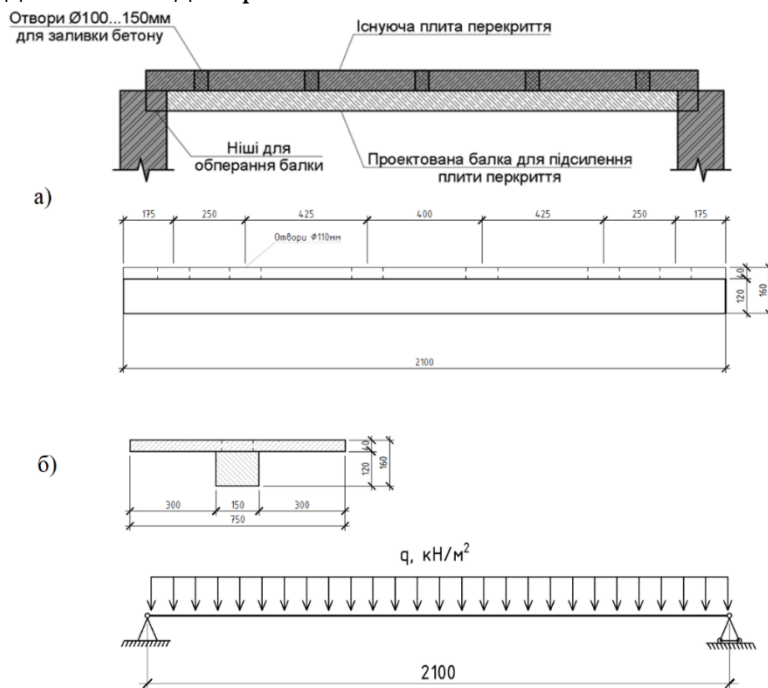


Рис.1. Схема підсилення (а) та розрахункова схема (б) плити

$$A_1 = 4 \times 75 = 300 \text{ см}^2;$$

$$A_2 = 15 \times 12 = 180 \text{ см}^2;$$

$$y_c = \frac{\frac{4}{2} \times A_1 + (4 + \frac{12}{2}) \times A_2}{A_1 + A_2} = \frac{2 \times 300 + 10 \times 180}{300 + 180} = 5 \text{ (см)};$$

$$S = A_1 \times (y_c - \frac{4}{2}) = 300 \times (5 - 2) = 900 \text{ (см}^3\text{)};$$

$$I_{red} = \frac{75 \times 4^3}{12} + \frac{15 \times 12^3}{12} + 300 \times 3^2 + 180 \times 5^2 = 400 + 2160 + 2700 + 4500 = 9760 \text{ (см}^4\text{)};$$

$$\tau = \frac{Q \times S \times a}{b \times I_{red}} = \frac{Q \times 900 \times a}{1 \times 9760} = 0.092 \times Q \times a, \quad \text{де } a - \text{ крок шпонок, см};$$

$$\tau_1 = 0.092 \times 36 \times Q_{max} = 0.092 \times 0.36 \times 100 \text{ кН} \times 36 \text{ см} = 119 \text{ кН}$$

$$\sigma_B = R_{b,loc} \times 4 \times 11 = 44 \times R_{b,loc} \approx 132 \text{ кН}$$

–задовільняє, але конструктивно оберемо менший крок шпонок

$$M_B = \sigma_B \times 8 \text{ см} = 10.56 \text{ кНм}, \quad W_{nec} = \frac{M_B}{R_y} = \frac{10.56}{0.21} = 50.23 \text{ (см}^3\text{)} (\text{двотавр №12})$$

Для кроку шпонок 25см:

$$\tau_1 = 0.092 \times 25 \times Q_{max} = 0.092 \times 0.25 \times 100 \text{ кН} \times 25 \text{ см} = 57.5 \text{ кН}$$

$$\sigma_B = R_{b,loc} \times 4 \times 11 = 44 \times R_{b,loc} \approx 132 \text{ кН}$$

$$M_B = \sigma_B \times 8 \text{ см} = 4.6 \text{ кНм}, \quad W_{nec} = \frac{M_B}{R_y} = \frac{4.6}{0.21} = 21.9 \text{ (см}^3\text{)} - \text{зварний двотавр.}$$

Схему напружень у перерізі конструкції – див. рис.2:

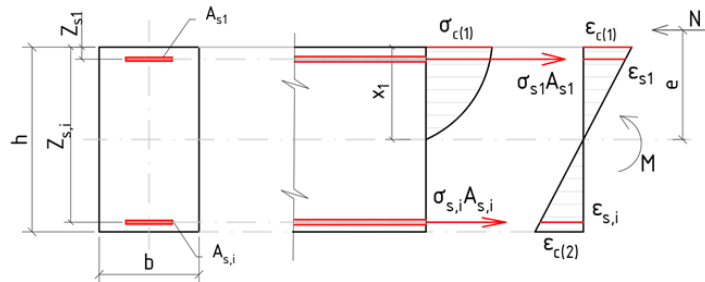


Рис.2. Схема напружень у перерізі

Отже, рекомендований крок шпонок – мінімум 250мм на приопорних зонах (зони з найбільшою зрізаючою силою). Розмір отвору для шпонок – 110мм (для зручності). Основний елемент шпонок (рекомендовано) – зварний двотавр.

Після проведення розрахунку в ПК ЛІРА-САПР виведено результати:

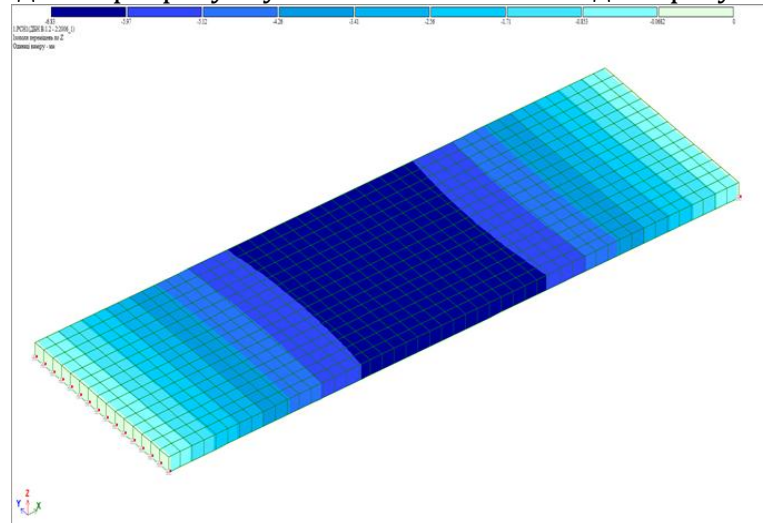


Рис.3. Ізополя переміщень у плиті без підсилення

Максимальний прогин плити – 6,83мм при постійному навантаженні – 1,5кН/м².

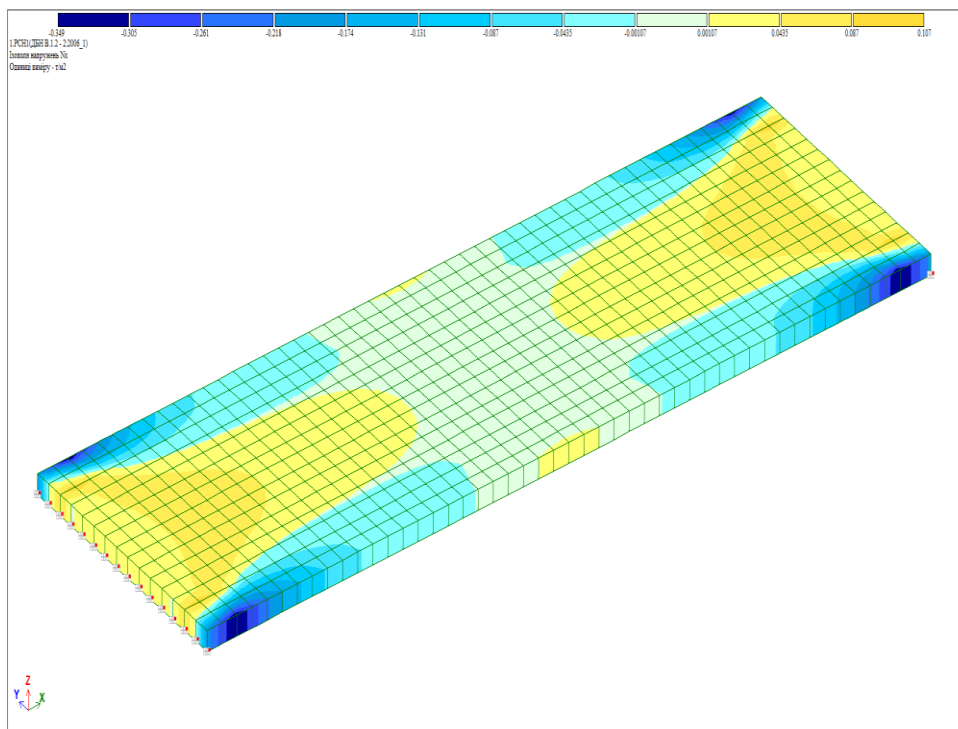


Рис.4. Ізополя N_x у плиті без підсилення

Максимальне значення N_x -0.349т/м² та +0.107т/м².

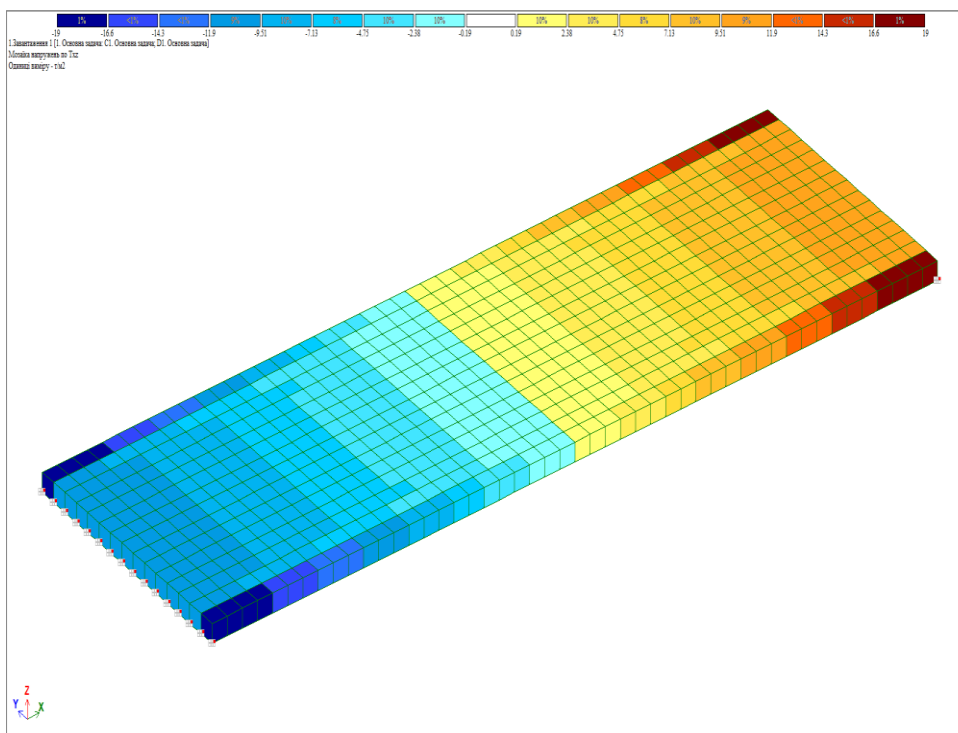


Рис.5. Ізополя t_{xz} у плиті без підсилення

Максимальне значення t_{xz} +19т/м².

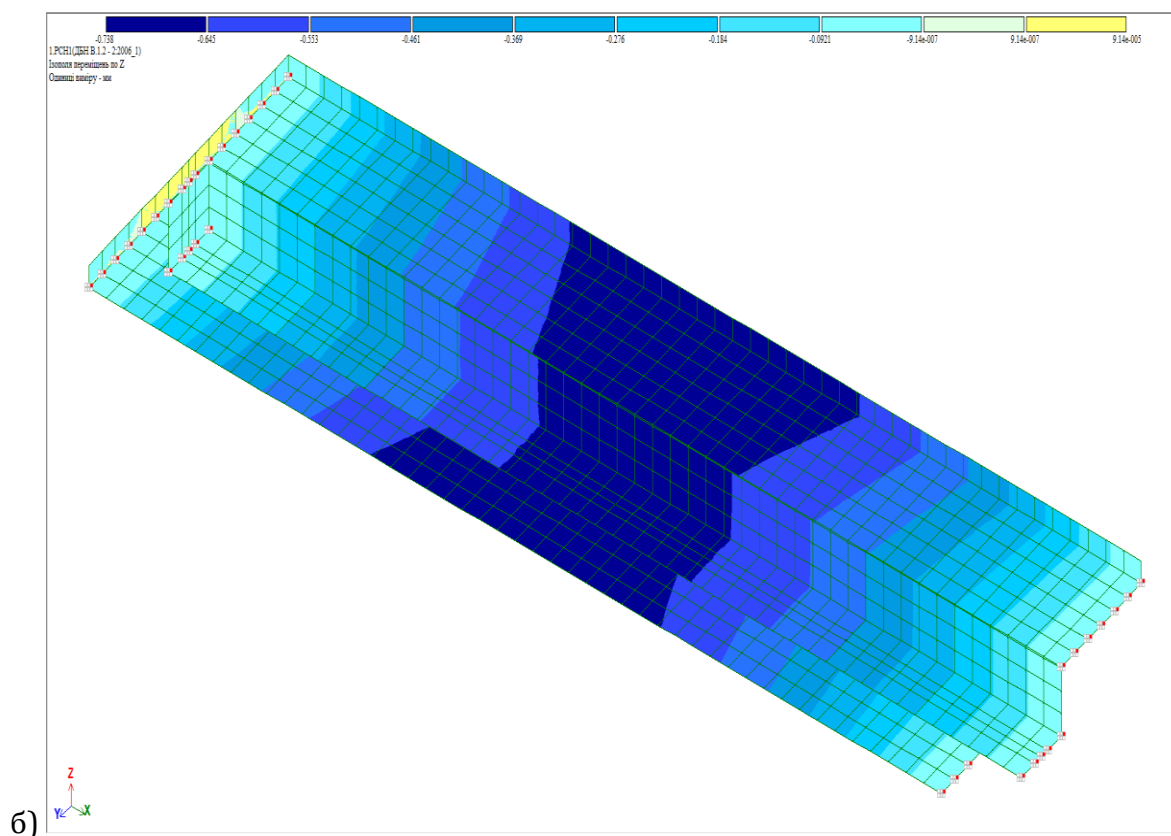
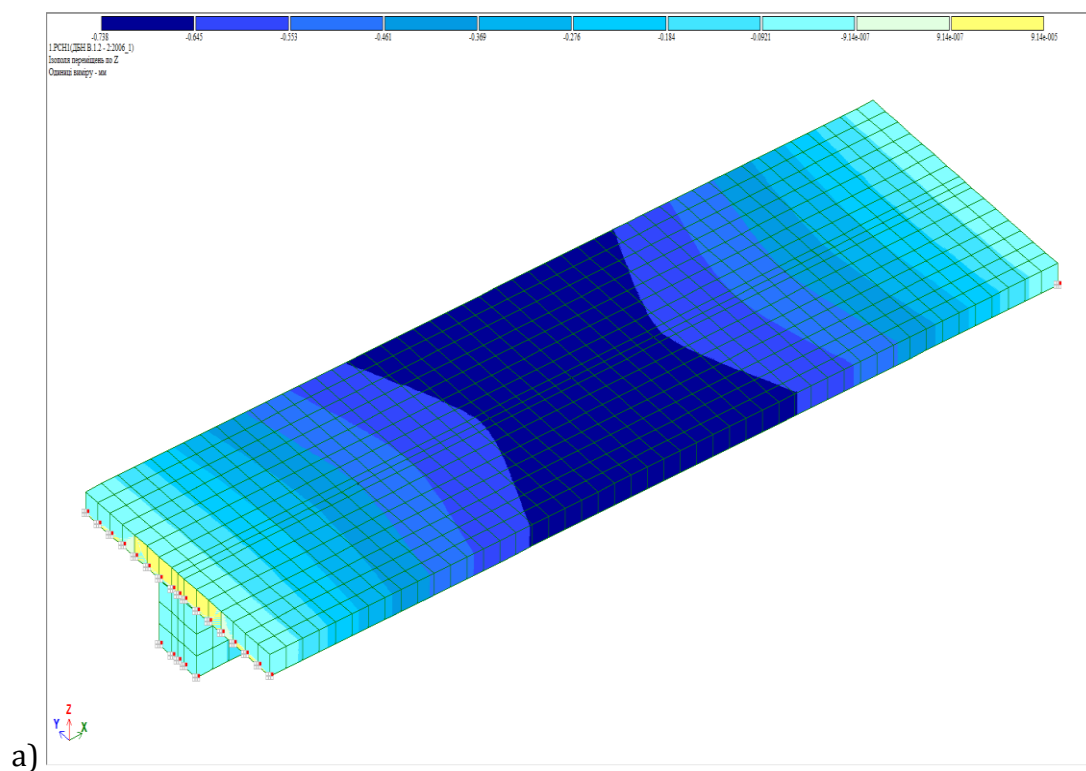


Рис.6. Ізополі переміщень у плиті з підсиленням. Вид зверху (а) та вид знизу (б)

Максимальний прогин плити – 0,74мм при постійному навантаженні – 1,5кН/м².

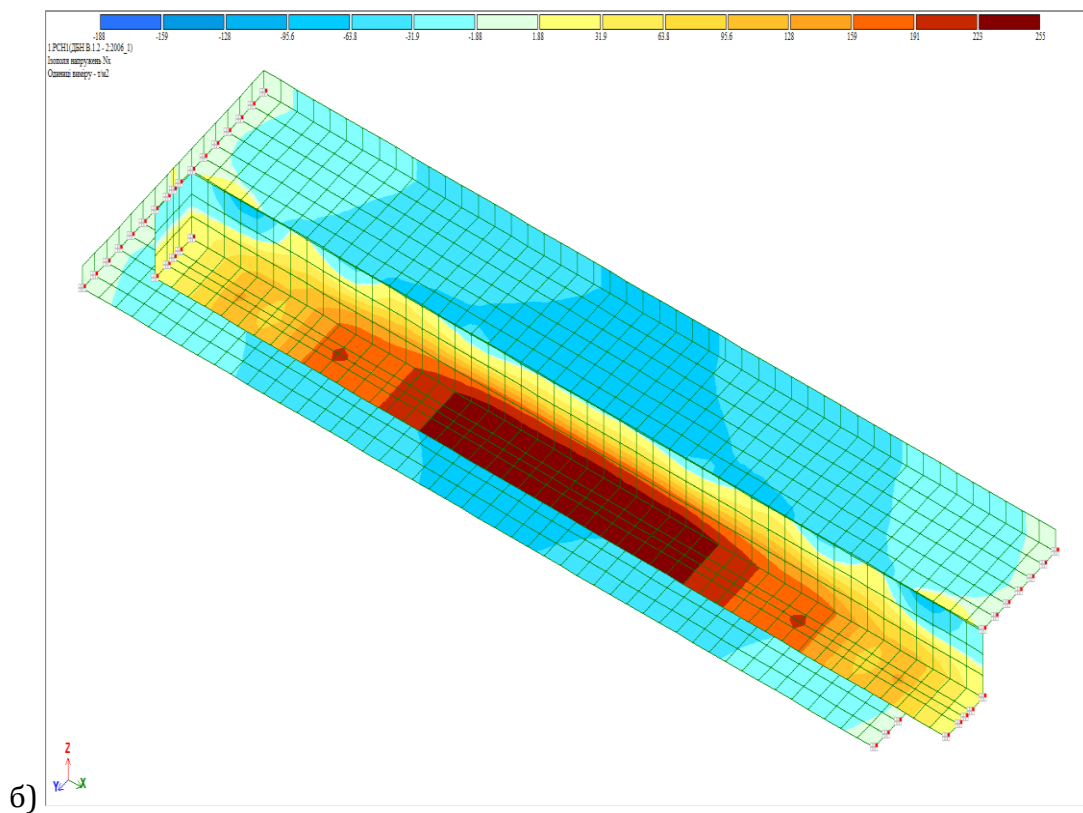
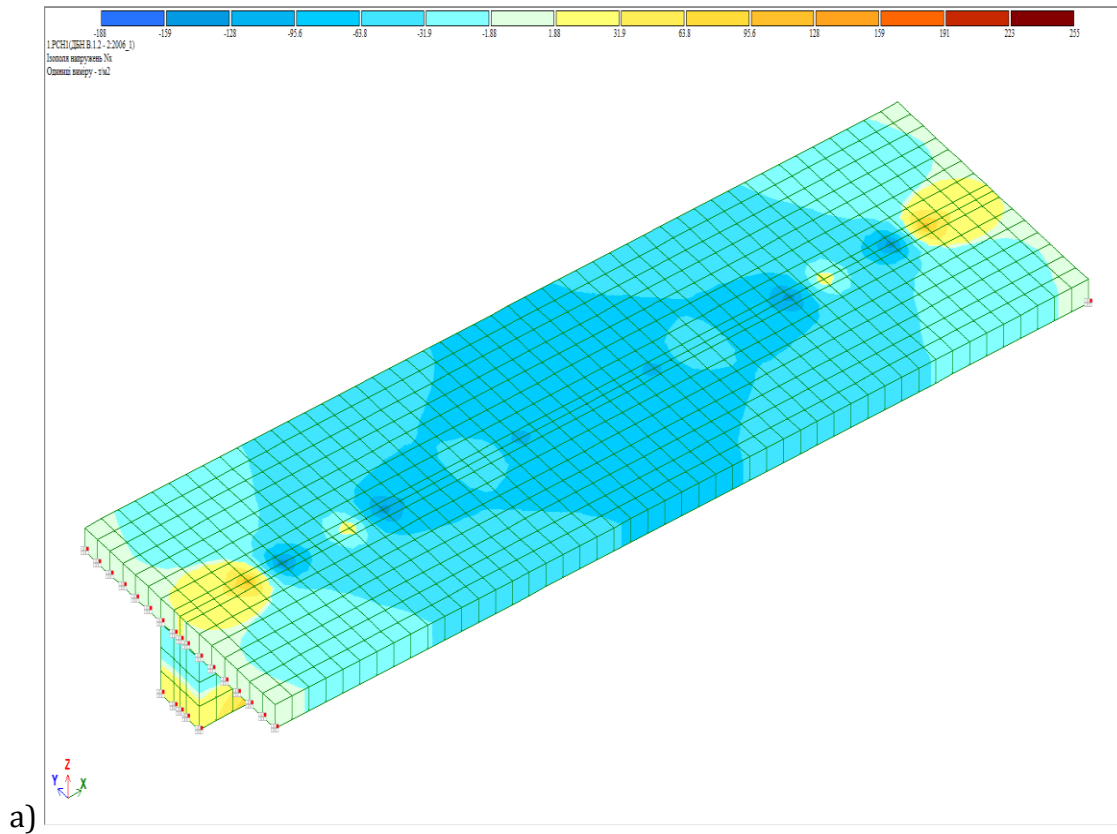


Рис.7. Ізополя N_x у плиті з підсиленням. Вид зверху (а) та вид знизу (б)

Максимальне значення N_x -188т/м² та +255т/м².

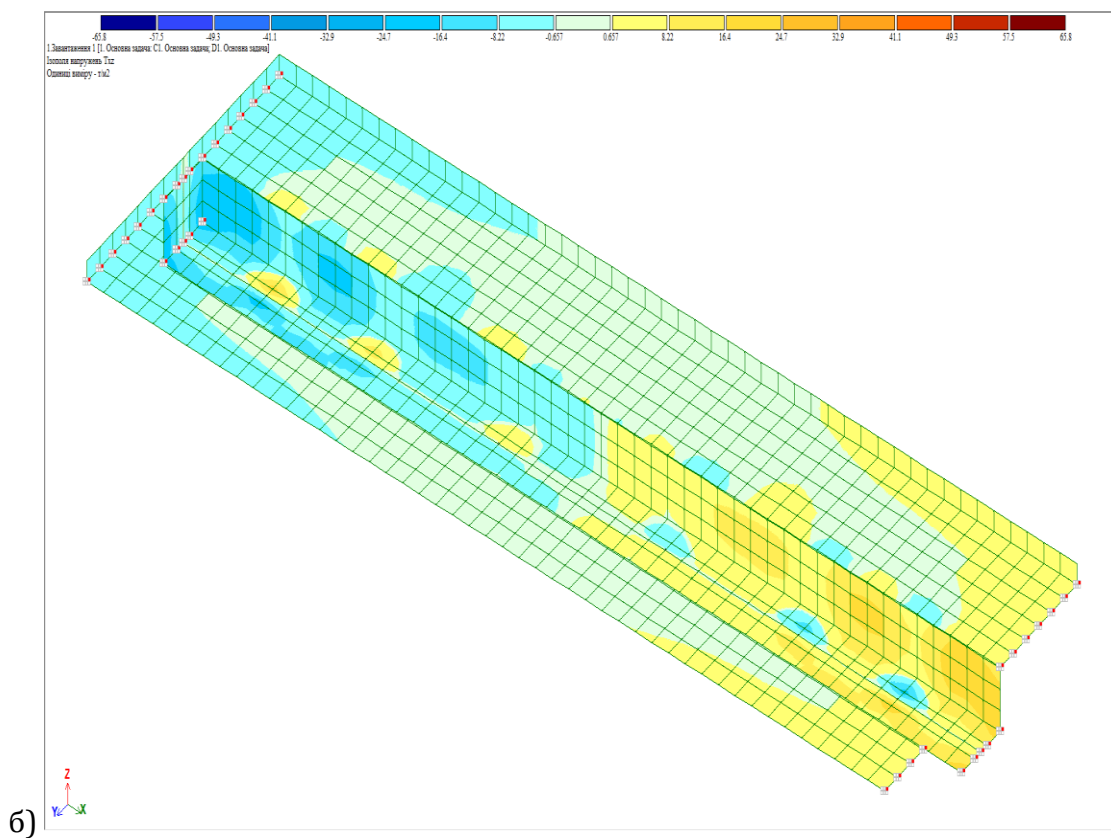
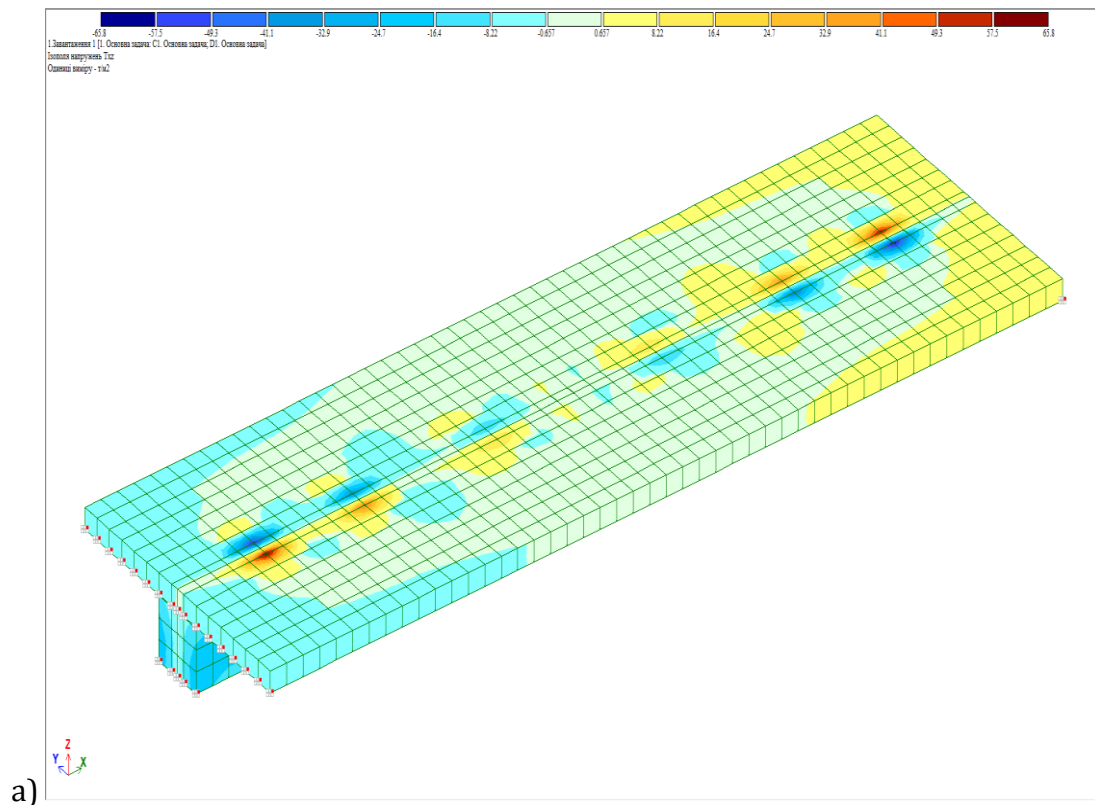


Рис.8. Ізополя txz у плиті з підсиленням. Вид зверху (а) та вид знизу (б)

Максимальне значення txz $+65.8 \text{ т/м}^2$.

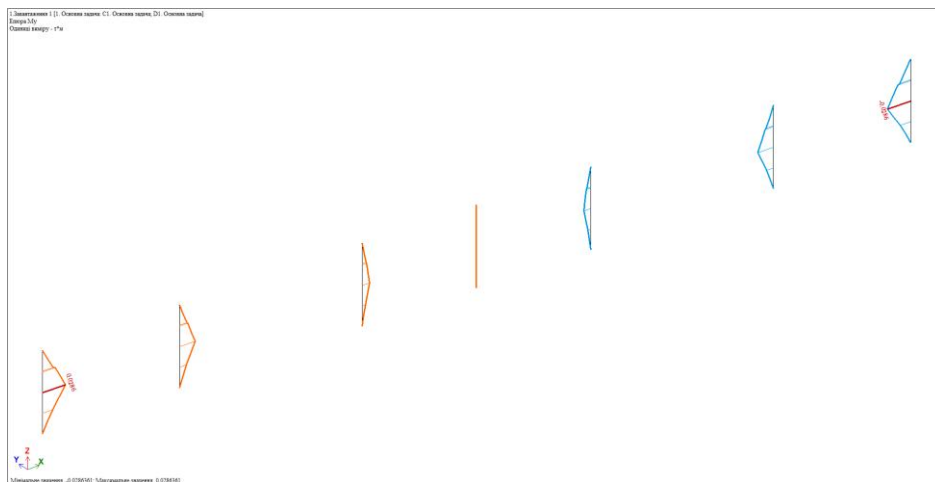


Рис.9. Епюра M_y у шпонках підсиленої плити

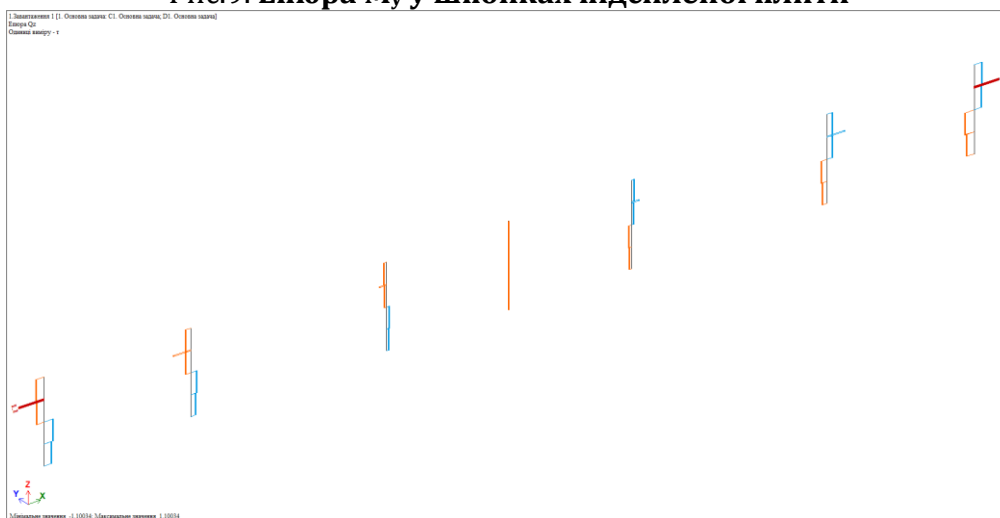


Рис.10. Епюра Q_z у шпонках підсиленої плити

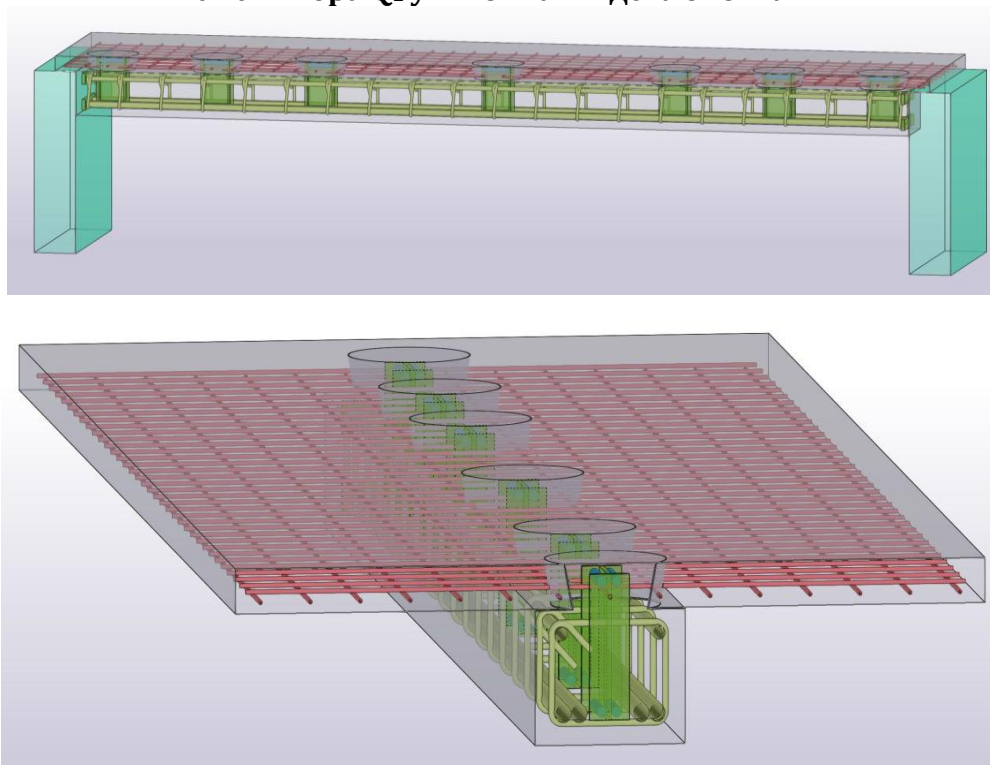


Рис.11. Рекомендований тип підсилення плити

Висновок

У підсумку дослідження «Напруження залізобетонних плит підсиленних введенням додаткових залізобетонних балок» за допомогою ПК ЛІРА-САПР та ручного розрахунку доведено, що введення додаткових балок позитивно вплине на деформативність плити перекриття. Однак слід врахувати, що після посилення у конструкції виникне складний НДС, що видно на рис.8. Тому перед влаштуванням даного типу підсилення слід виконати певні розрахунки.

Список використаних джерел:

1. Барашиков А.Я. Експериментальні дослідження згинаних залізобетонних елементів підсиленних різними способами / А.Я.Барашиков, О.П.Сумак, Б.А.Боярчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівель і споруд: Зб. наук. праць.–Рівне, РДТУ, 2000.–с. 294-297.
2. Боднарчук Т. Оцінка впливу поздовжньої арматури на несучу здатність похилих перерізів залізобетонних елементівщо працюють на згин та сприймають поперечну силу. / Т. Боднарчук, М. Воробець, С. Нікіфоряк //Архітектура і сільськогосподарське будівництво. –2012. -№ 13. –С.1-4.
3. Вегера П.І. Аналіз ефективних способів підсилення похилих перерізів в згинаних залізобетонних елементах. /П.І. Вегера, Р.Є. Хміль, З.Я.Бліхарський // Містобудування та територіальне планування. –2014. -№54. –С.88-93.
4. Гнідець Б. Г. Збірно-монолітні залізобетонні конструкції. Проектування, дослідження і провадження в будівництво. / Б. Г. Гнідець. – Львів: Львівська політехніка, 2008.с
5. Гончар В.І. Методичні вказівки до виконання курсового проекту №1 «Залізобетонні та кам'яні конструкції багатоповерхової виробничої будови» по курсу «Залізобетонні та кам'яні конструкції» для студентів спеціальності «Промислове та цивільне будівництво» - Кривий Ріг: КТУ, 2004.- 17 с.
6. ДБН В.1.2-14:2009. Загальні принципи забезпечення надійності і конструктивної безпеки будинків, споруд, будівельних конструкцій і основ. [чинний від 2009-12-1]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2009. –43 с. -(Національний стандарт України).
7. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
8. Дорофеев В.С. Деформаційний метод розрахунку міцності приопорних ділянок залізобетонних конструкцій / В.С. Дорофеев, В.М. Карпюк, Ф.Р. Карп'юк, Н.М. Ярошевич// Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2008. -№ 31. –С. 141–150.
9. ДСТУ 3760:2019. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови.
10. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогини і переміщення. Вимоги проектування.
11. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010.– 166 с.
12. Залізобетонні конструкції: Підручник / За ред. П.Ф. Вахненка. – К.: Вища школа, 1999. – 508с.
13. Кріпак В.Д., Шинкарьок Ю.М. Патент № 48726 А. Спосіб Кріпака-Шинкарьока досліджень залізобетонних плит, що працюють на згин в двох напрямках, та пристрій для його здійснення. Україна, 15.08.2002, Бюл. №8.
14. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції: будівлі, споруди та їх частини : підручник / А.М. Павліков. – Полтава : ПолтНТУ, 2017. – 284 с.