

УДК 624.073.136

**РОЗРАХУНОК ПЛОСКИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ, ПІДСИЛЕНИХ  
ЗОВНІШНЬОЮ НАПРУЖЕНОЮ АРМАТУРОЮ**

**РАСЧЕТ ПЛОСКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ, УСИЛЕННЫХ  
ВНЕШНЕЙ НАПРЕЖЕННОЙ АРМАТУРОЙ**

**CALCULATION OF FLAT REINFORCED CONCRETE SLABS  
STRENGTHENED WITH EXTERNAL STRESSED REINFORCEMENT**

**Журавський О.Д.** к.т.н., доц., **Тимошук В.А.** аспірант (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ).

**Журавский А.Д.** к.т.н., доц., **Тимошук В.А.** аспирант (Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев).

**Zhuravskiy O.D.**, candidate of technical sciences, docent, **Tymoshchuk V.A.**, postgraduate (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv).

Подано результати теоретичних досліджень розрахунку плоских залізобетонних плит, підсиленних зовнішньою напруженою арматурою, в лінійній та нелінійній постановці задач, виконано порівняння результатів двох варіантів розрахунку.

Представлены результаты теоретических исследований расчета плоских железобетонных плит, усиленных внешней напряженной арматурой, в линейной и нелинейной постановке задач, выполнено сравнение результатов двух вариантов расчета.

The results of theoretical investigations of the calculation of flat reinforced concrete slabs reinforced by external stressed reinforcement in linear and nonlinear formulation of problems are presented, and the results of two calculation variants are compared.

**Ключові слова:**

Підсилення, плоска залізобетонна плита, зовнішня арматура, деформації, міцність.

Усиление, плоская железобетонная плита, внешняя арматура, деформации, прочность.

Strengthening, flat reinforce concrete slab, external reinforcement, deformation, strength.

**Стан питання та мета досліджень.** В сучасному будівництві при влаштуванні монолітних залізобетонних плоских перекриттів часто виникають проблеми, які пов'язані з понаднормовими прогинами та появами тріщин. Вони можуть виникати як під час експлуатації, так і під час будівництва. До причин, що викликають надмірні прогини можна віднести: відхилення від технології виготовлення, помилки при проектуванні тощо. При великих прольотах монолітних плит (>6 м) рекомендують використовувати попередньо напружену арматуру. Для підсилення залізобетонних плоских плит можна використовувати зовнішню напружену арматуру, яку розташовують у двох напрямках.

Метою дослідження є проведення теоретичних розрахунків та експериментального підтвердження можливості підсилення плоских залізобетонних плит зовнішньою напруженою арматурою, та вплив такого підсилення на подальшу роботу плити під збільшеним навантаженням.

Моделювання підсилення плити напруженою арматурою здійснювалось з розташуванням її в розтягнутих зонах плити, тобто у приопорних зонах (біля колон) зверху, а в прольотах - знизу (рис.1). Для розрахунку застосовувався програмний комплекс ЛІРА. Було створено 4 розрахункових моделі: 1- лінійний розрахунок моделі без підсилення, 2 – лінійний розрахунок моделі з підсиленням прямою арматурою, 3 – нелінійний розрахунок моделі без підсилення, 4 – нелінійний розрахунок моделі з підсиленням. В подальшому планується виконати експериментальне дослідження та порівняння результату з теоретичним розрахунком.

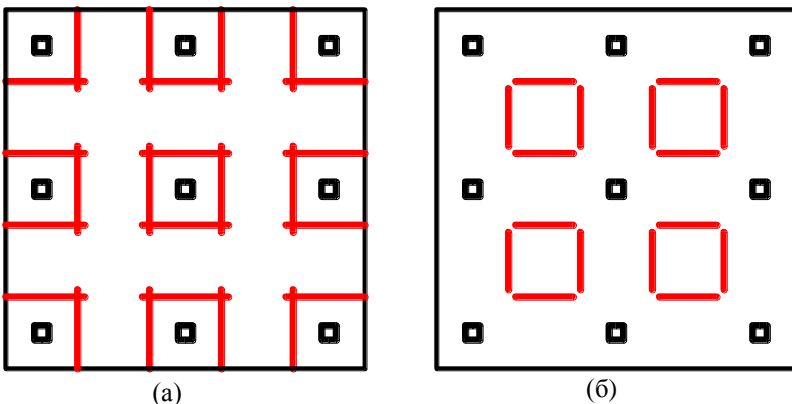


Рис. 1. Схема розташування зовнішньої арматури для підсилення плити:  
а - по верхній грані плити, б – по нижній грані плити

**Лінійний розрахунок плоских залізобетонних плит підсилених зовнішньою напруженою арматурою.** Розмір плити 2,5×2,5 м. Консолі 0,25 м по периметру плити. Крок колон 1 м. Корисне навантаження на плиту складає 9,8 кН/м<sup>2</sup>, бетон плити класу С40, товщина плити 2,5 см. В результаті лінійного

розрахунку отримані прогини плити та моменти  $M_x$ ,  $M_y$  до та після підсилення (рис. 2...4).

Таблиця 1

Значення прогинів та моментів у плиті при лінійному розрахунку

	До підсилення	Після підсилення
Прогини, мм	-1.62	-1.2
Момент $M_x$ , кНм/м (-)	-2.481	-2.308
Момент $M_x$ , кНм/м (+)	0.645	0.477
Момент $M_y$ , кНм/м (-)	-2.481	-2.308
Момент $M_y$ , кНм/м (+)	0.645	0.477

Виходячи з наведених значень у таблиці 1, можна сказати, що прогини у плиті підсиленою зовнішньою арматурою зменшилися на 25,9%. Також зменшилися і моменти на опорах і в прольоті на 6,97% та 26,0% відповідно.

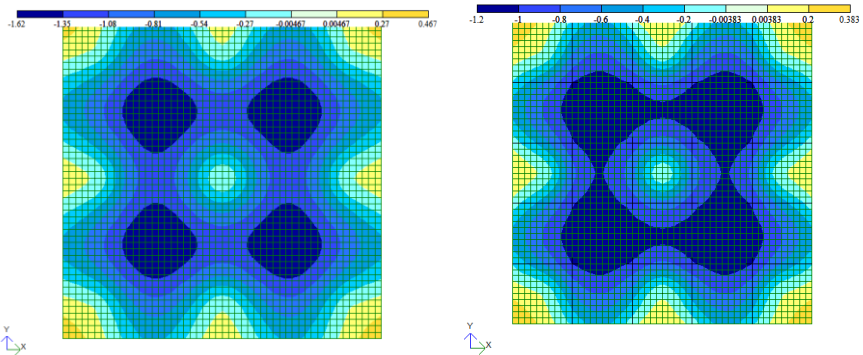


Рис. 2. Ізополя переміщень по осі Z, мм, до та після підсилення

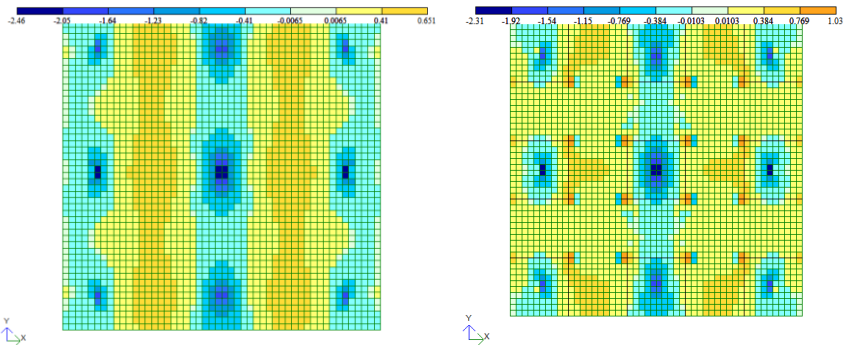


Рис. 3. Мозаїка моментів  $M_x$ , кНм/м, до та після підсилення

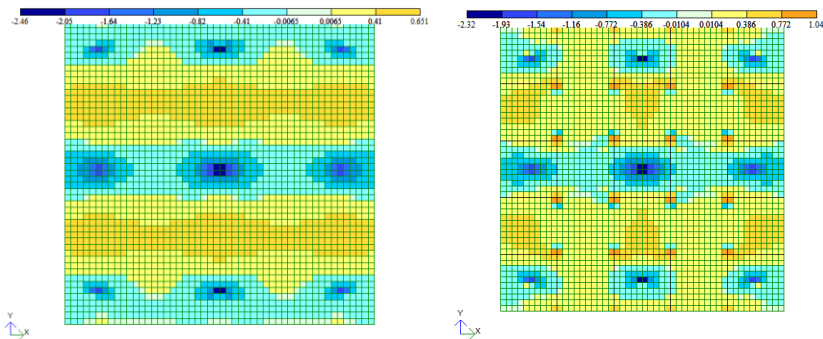


Рис. 4. Мозаїка моментів  $M_y$ , кНм/м, до та після підсилення

**Нелінійний розрахунок плоских залізобетонних плит підсилених зовнішньою напруженою арматурою.** Елементи плити задавалися скінченними елементами типу 241 – фізично нелінійним універсальним прямокутним SE оболонки. При заданні жорсткості було враховано фізичну нелінійність з врахуванням залежності  $\sigma$ - $\epsilon$  [1].

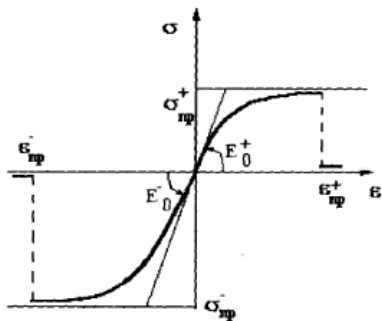


Рис. 5. Графік експоненціальної залежності для залізобетону

При проведенні нелінійного розрахунку плити було враховано повзучість бетону у віці 365 діб, таким чином значення отримані в результаті розрахунку є реальним відображенням роботи плити та зовнішньої арматури підсилення.

Корисне навантаження прикладене на плиту складає  $9,8 \text{ кН/м}^2$ , бетон плити класу С40, товщина плити 2,5 см.

В результаті нелінійного розрахунку було отримано прогини плити та моменти  $M_x$ ,  $M_y$  до та після підсилення (рис. 6...8).

Таблиця 2

Значення прогинів та моментів у плиті при нелінійному розрахунку

	До підсилення	Після підсилення
Прогини, мм	-12.2	-6.57
Момент $M_x$ , кНм/м (-)	-1.927	-1.649
Момент $M_x$ , кНм/м (+)	0.597	0.351
Момент $M_y$ , кНм/м (-)	-1.927	-1.649
Момент $M_y$ , кНм/м (+)	0.597	0.351

Виходячи з наведених значень у таблиці 2 можна сказати, що прогини у плиті підсиленою зовнішньою арматурою зменшилися на 46,15%. Також зменшилися і моменти на опорах і в прольоті на 14,43% та 41,2% відповідно.

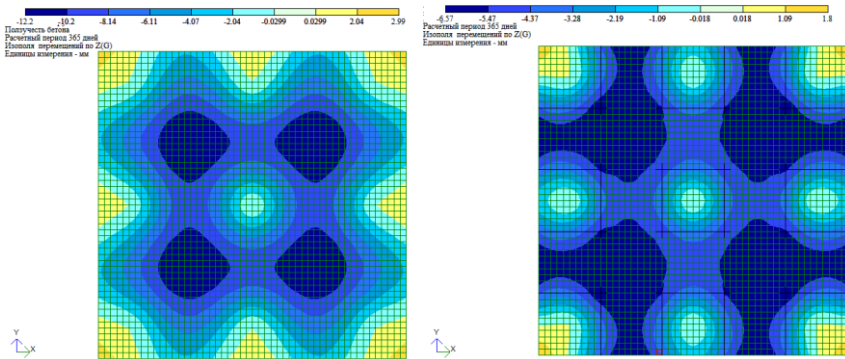
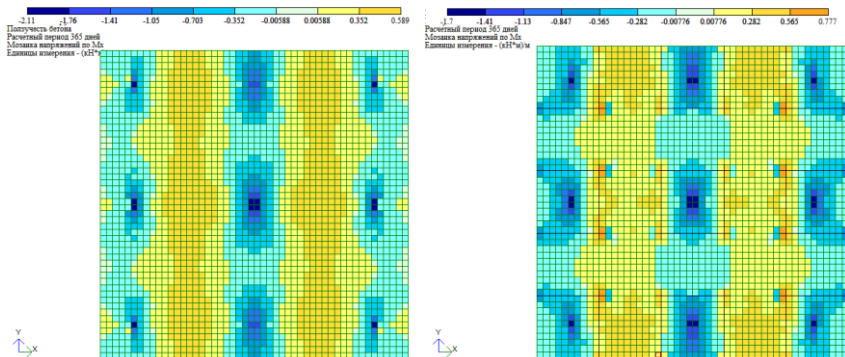


Рис.6. Ізополя переміщень по осі Z, мм, до та після підсилення

Рис.7. Мозаїка моментів  $M_x$ , кНм/м, до та після підсилення

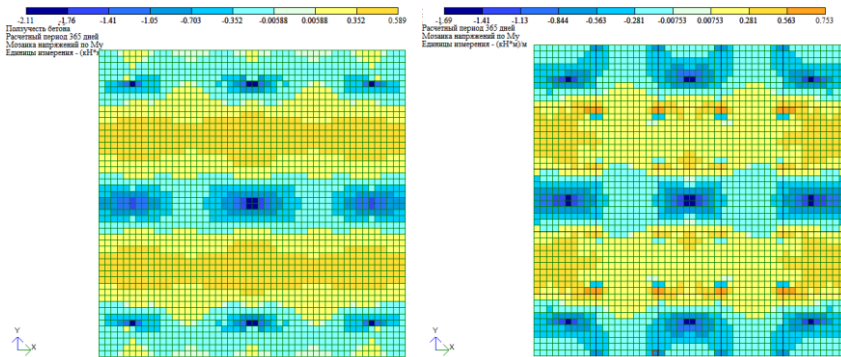


Рис. 8. Мозаїка моментів  $M_y$ , кНм/м, до та після підсилення

**Висновки.** Проаналізувавши дані таблиць 1 і 2, можна сказати, що модель з урахуванням нелінійності роботи матеріалу, показує пластичні деформації у бетоні, в той час як лінійний розрахунок показує тільки пружні.

Тому прогини при нелінійному розрахунку значно більші ніж при лінійному.

Для аналізу конструкцій перед підсиленням та розрахунку підсилення краще використовувати нелінійний метод розрахунку, так як він показує реальну роботу конструктивних залізобетонних елементів, і дозволяє отримати повну картину деформацій, напружень та руйнувань в елементі.

**Список використаних джерел:** **1.** Лира 9.4. Руководство пользователя. Основы. Учебное пособие / [Е. Б. Стрелец-Стрелецкий, В. Е. Боговис, Ю. В. Гензерский та ін.]. – Київ: ФАКТ, 2008. – 164 с. **2.** Железобетонные безбалочные бескапитальные перекрытия для многоэтажных зданий / А.Д. Глуховский. – Москва, 1956. – 62с. **3.** Портаев Д.В. Расчет и конструирование монолитных преднапряженных конструкций гражданских зданий: Научное издание. –М.: Издательство АСВ, 2011. -248 с. **4.** Кишиневская Е. В. Усиление строительных конструкций с помощью постнапряженного железобетона. СПб.: Диссертация магистерская: 05.23.01 – 2009. **5.** Post-tensioned concrete floors / Sami Kahn, Martin Williams.- Manchester: Hartnolls Limited, Bodmin, Cornwall, 2005.-312.