

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

РЕГМІ УТТАР КУМАР

УДК 624. 012.46

**ЗАЛІЗОБЕТОННІ ПЛИТИ, ЛОКАЛЬНО
ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНІ
У ДВОХ НАПРЯМКАХ**

05.23.01 - будівельні конструкції,
будівлі та споруди

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 1999

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі залізобетонних і кам'яних конструкцій Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури Міністерства освіти України.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор

Шагін Олександр Львович, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, завідувач кафедри залізобетонних конструкцій

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, **Шмуклер Валерій Самуїлович**, Харківська державна академія міського господарства, професор кафедри будівельних конструкцій,

- кандидат технічних наук, старший науковий співробітник **Азізов Талят Нурединович**, директор Сумського центру наукових досліджень і проектування промислових будівель та споруд.

Провідна установа -

Донбаська державна академія будівництва та архітектури Міністерства освіти України, м. Макіївка.

Захист відбудеться “ 4 ” березня 1999 р. о 13-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.820.02 **Харківської державної академії залізничного транспорту** за адресою: 310050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківської державної академії залізничного транспорту за адресою: 310050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий “ 1 ” лютого 1999 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради, к.т.н. , доцент

Єрмак Е.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Плити, оперті різним способом по контуру, являють собою ефективний клас конструкцій, що знайшов достатньо широке застосування в практиці будівництва багатьох країн. При цьому в більшості випадків, наприклад, у Непалі, дані перекриття зводяться в монолітному виконанні, без попереднього напруження. Зазначене можливо при прогонах порівняно невеликої довжини. У разі потреби перекриття збільшених прогонів в обох напрямках потрібно застосування попередньо напружених плит.

Проте реалізація зазначених конструктивних рішень надзвичайно ускладнена відсутністю ефективних способів обтиснення монолітних залізобетонних конструкцій. Існуючі способи потребують спеціальної оснастки, механізмів, істотних витрат енергетичних ресурсів.

У той же час досвід будівництва в різних країнах показує, що даного типу задачі виникають достатньо часто при зведенні об'єктів торгівлі, спортивних залів і ін.; при реконструкції, де можливе в основному монолітне виконання. Рішення даних задач стало реальним завдяки розробленому в ХДТУБА способу локального попереднього напруження монолітних залізобетонних конструкцій. Проте він поки знайшов застосування тільки в достатньо простих елементах балкового типу. Тому проведення досліджень з метою створення локально попередньо напружених у двох напрямках опертих по контуру великопрогонних плит у даний час є перспективним.

Мета роботи - створення монолітних опертих по контуру плит, локально попередньо напружених у двох напрямках, а також розробка методики їхнього розрахунку з урахуванням фізичної нелінійності і зміни схеми роботи під навантаженням, обумовленої появою тріщин.

Основні задачі дослідження:

1. Розробити принципи конструювання опертих по контуру монолітних залізобетонних плит, локально попередньо напружених у двох напрямках.
2. Створити методику визначення напруг в елементах плит при обтисненні.
3. Розробити та експериментально перевірити методику розрахункового визначення втрат напруг в арматурі локально обтиснутих елементів від повзучості та усадки бетону.
4. Експериментально вивчити вплив схеми відтягування арматури, що напружується, на розмір втрат напруг і роботу локально попередньо напружених елементів під навантаженням.

5. Розробити методику розрахунку двовісно локально попередньо напружених опертих по контуру ребристих плит з урахуванням тріщиноутворення, фізичної нелінійності та особливостей деформування бетону в умовах двовісного напруженого стану.

6. Провести дослідження характеру напружено-деформованого стану опертих по контуру ребристих плит при різних рівнях навантаження.

7. Впровадити результати цієї роботи.

Об'єктом дослідження є локально попередньо напружені оперті по контуру плити, балки, втрати напруг в арматурі, закономірності роботи плит при впливі обтиснення і навантаження.

Галузь досліджень - попередньо напружені монолітні залізобетонні конструкції перекриттів.

Наукова ідея складається в спрямованому формуванні напружено-деформованого стану монолітних опертих по контуру плит, що забезпечують за допомогою локального обтиснення можливість перекриття прогонів збільшеної довжини, зниження матеріальних і енергетичних витрат.

Методи досліджень: короточасні і тривалі іспити конструкцій, теоретична побудова розрахункового апарату, його чисельна апробація з використанням ПЕВМ і експериментальна перевірка.

Наукову новизну результатів досліджень, поданих у дисертації, складають:

- запропоновані принципи локального попереднього напруження опертих по контуру монолітних залізобетонних плит із підкріплюючими ребрами в двох напрямках;

- отримані в теоретичних і експериментальних дослідженнях дані про втрати напруг від усадки і повзучості бетону і вплив схем відтягування арматури на роботу локально обтиснутих елементів;

- розроблена методика розрахунку опертих по контуру залізобетонних ребристих плит, попередньо напружених у двох напрямках.

Практична значимість поданих у дисертації результатів полягає в тому, що запропоновані принципи локального попереднього напруження, конструктивні рішення і розроблена методика розрахунку забезпечують можливість раціонального проектування і зведення великопрогінних монолітних перекриттів, що відкриває перспективу зниження енергетичних і матеріальних витрат і поліпшення об'ємно-планувальних рішень у новому будівництві і реконструкції.

Результати роботи впроваджені в АТ "Харківпроект" у проекті солодовні Роганського (Харківської області) пивзаводу й в АТ "Будівельний торговий дім" при реконструкції корпусу Харківської державної фармацевтичної академії по вул. Пушкінській, 27 і житлового

будинку № 44 по вул. Мироносицькій у м. Харкові; у проекті нормативного документу “ДБН. Ремонт та підсилення несучих будівельних конструкцій та основ промислових будівель та споруд, що експлуатуються (реконструюються)”, розділ “Кам'яні та армокам'яні конструкції”.

Особисто одержані здобувачем результати, що виносяться на захист:

- розроблені монолітні локально попередньо напружені в двох напрямках оперті по контуру плити і на їх основі ефективні конструктивні рішення перекриттів збільшених прогонів;
- запропоновані й обгрунтовані розрахункові моделі розроблених конструкцій;
- розроблена методика розрахунку підкріпленої двовісно локально попередньо напруженої опертої по контуру плити з урахуванням фізичної нелінійності, роботи бетону в умовах двовісного стиску, тріщиноутворення;
- виявлений характер перерозподілу зусиль у конструкції;
- розроблена, експериментально підтверджена і зіставлена з нормативною методика розрахункового визначення втрат напруг від усадки і повзучості бетону при локальному обтисненні;
- експериментально досліджено вплив схем відтягування, рівня натягу арматури на роботу локально попередньо напружених елементів;
- здійснено впровадження розроблених рішень.

А п р о б а ц і я р о б о т и. Основні результати досліджень доповідалися на 3-й міжнародній конференції “Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація” (Кривий Ріг, 1998 р.), наукових конференціях ХДТУБА 1997-1998 рр, науковому семінарі ХДАЗТ.

П у б л і к а ц і ї. Основні положення дисертації і результати опубліковані в 6 друкарських роботах.

О б ‘ є м р о б о т и. Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаної літератури з 137 найменувань і додатка. Вона включає 121 сторінку основного машинописного тексту, 4 таблиці і 75 малюнків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Попереднє напруження підвищує ефективність, довговічність залізобетонних конструкцій, забезпечує можливість перекриття прогонів збільшеної довжини.

Розробці способів попереднього обтиснення, конструкцій на їх основі, вивченню характеру їх роботи під навантаженням присвячені дослідження Бердичевського Г.І., Гвоздєва А.А., Голишева О.Б., Дмитрієва С.А., Михайлова В.В., Леонгардта Ф., Фрейсине Е., Маньєля Г. і ін.

Оцінка втрат напруг, вплив усадки і повзучості бетону стали предметом досліджень Александровського С.В., Бабича Е.М., Барашикова А.Я., Берга О.Я., Прокоповича І.Є., Улицького І.І., Щербакова Е.М. та ін.

Досліджено різні типи попередньо напружених конструкцій, у тому числі й оперті по контуру плити, попередньо напружені в двох напрямках. Їм присвячені роботи Карчемського М.Ю., Лісичина Б.М., Светова А.А. і ін.

Розробці методів розрахунку опертих по контуру залізобетонних плит присвячені роботи Гвоздева А.А., Здоренко В.С., Карпенко М.І., Крилова С.М., Лівшиця Я.Д., Чихладзе Е.Д., Шагіна О.Л., Шмуклера В.С., Яременко О.Ф. і ін.

Проте достатньо широке застосування в практиці знайшли лише двовісно обтиснуті збірні плити розміром на кімнату. Двовісне обтиснення монолітних плит поки практично не використовувалося через відсутність ефективних способів його здійснення.

Найбільш перспективним у цих цілях є спосіб локального попереднього напруження, запропонований Шагіним О.Л.

На підставі проведеного аналізу стана питання в **р о з д і л і 1** сформульовані задачі роботи.

Р о з д і л 2 присвячений запропонованим конструкціям монолітних двовісно локально обтиснутих плит перекриттів збільшених прогонів.

Найбільш раціональною є конструкція, подана на рис.1. Вона складається із суцільної залізобетонної полки та ортогональної системи підкріплюючих її ребер - локально попередньо напружених балок.

Конструкція в цілому по статичній схемі є опертою по контуру плитою, внаслідок чого її полка працює в основному в умовах двовісного стиску. У той же час кожний осередок полки, обмежений двома відрізками ребер у кожному напрямку, працює як нерозрізна пластина, оперта по контуру, із розмірами сторін, що відповідають відстаням між ребрами у взаємно перпендикулярних напрямках. Превалюючою у формуванні напружено-деформованого стану є її робота в цілому як плити, опертої по контуру. Тому арматура підкріплюючих балок, що напружується, є безперервною в межах довжин прогонів конструкції в цілому.

Ребра являють собою підкріплюючу систему перехресних балок, у нижніх зонах яких виникає розтяг. Запропоноване локальне попереднє напруження ребер викликає позацентрове обтиснення всієї опертої по контуру плити в цілому.

Обтиснення здійснюється відтягуванням вниз арматури, що напружується. Вона розміщується в спеціальному пазі, який залишають при бетонуванні. Зазначене відтягування проводиться прикладенням безпосередньо до арматури поперечних навантажень F_p після набору бетоном конструкції передаточної міцності R_{ep} , коли кінцеві ділянки арматури, що напружується,

залишаються заанкереною в суцільних близьких до опор зонах підкріплюючих балок. Виникає при відтягуванні зусилля натягу арматури N_{sp} викликає локальне (у межах довжини паза L_{sp}) обтиснення конструкції.

Через те, що попередньо напружується арматура обох напрямків, першими відтягаються стрижні, що розташовуються нижче (рис. 1). При цьому доцільно нижче розташовувати арматуру ребер короткого напрямку, у яких розміри згинальних моментів більше і відповідно в даному напрямку повинно бути вищим і значення робочої висоти перерізу h_0 .

Розміри ординат стрілок відтягування підраховуються в залежності від значень навантажень, що відтягують, F_p , схем відтягування, довжин оголених ділянок арматури L_{sp} , її параметрів.

Для зменшення глибини паза і більш низького розташування точки виходу попередньо напруженої арматури в паз, що підвищує ефективність обтиснення, доцільно в обох напрямках відтягування робити двома силами. Воно здійснюється найпростішими гвинтовими домкратами, тому що сили відтягування F_p на порядок менші, ніж утворювані ними зусилля N_{sp} . Їхня величина контролюється виміром стрілки відтягування.

Після завершення відтягування провадиться фіксація положення напруженої арматури упорним вкладишем або упорним стрижнем. З метою захисту напруженої арматури від корозії і впливу вогню паз зачеканюється бетоном. Він повинний мати підвищену міцність і розтяжність.

У разі потреби одержання гладкої стелі пропонується рішення з ребрами над полкою, приведені на рис. 2. Між ребрами укладається звукоізоляційний (теплоізоляційний) прошарок, по якому влаштовується стяжка.

При збільшених навантаженнях більш раціональним є рішення, подане на рис. 3, де роль підготовки під підлогу виконує силова монолітна залізобетонна плита, що укладається поверх ребер і об'єднується з ними за допомогою випусків арматури і шпонок. При цьому товщина нижньої плити може бути мінімальною.

У запропонованих конструкціях, як і звичайно при використанні способу локального обтиснення, застосовується змішане армування: дві третини розрахункової кількості арматури попередньо напружується і розташовується в пазі, одна третина розміщується в стінках паза в складі каркасів, що забезпечують міцність похилих перерізів конструкції.

Рівень обтиснення і кількість напруженої арматури в кожному напрямку підбираються, виходячи з характеру розподілу зусиль у плиті, що намічається. Визначення розмірів навантажень, що відтягують, F_p для створення зусиль натягу N_{sp} у кожній підкріплюючій балці проводиться на основі розгляду деформованого стану оголеної відтягнутої арматури в пазі. Напруги в бетоні елементів конструкції при обтисненні визначаються з розрахунку опертої по контуру плити на дію на неї знизу навантажень F_p і горизонтальних зусиль натягу N_{sp} , значення яких приймаються без

урахування других втрат. Отримані розрахунком значення напруг не повинні перевищувати R_{bt} у розтягнутій зоні і $\sigma_{\text{сп}}^{\text{с}}$ у стиснутому бетоні. В подальших розрахунках запропонованої конструкції повинні враховуватися, виходячи з особливостей способу локального обтиснення, втрати від усадки і повзучості бетону, релаксації напруг в арматурі, якщо вона має реологічні властивості.

Через те, що підхід СНиП 2.03.01-84* розрахований на традиційні засоби обтиснення, не може бути поширений на локально попередньо напружені конструкції, що працюють по шпренгельній схемі, була розроблена методика розрахункового визначення втрат напруг від впливу усадки і повзучості бетону. Зусилля в даній один раз зовнішньо статично невизначеній системі розраховуються методом сил.

У якості зайвого невідомого приймається зусилля в стійці (упорному вкладиші), розташованій в середині довжини паза L_{sp} , або в шпренгельній частині (напруженій арматурі), коли відтягування й установка упорних вкладишів проводяться в двох точках.

Втрати напруг в арматурі для випадку стійки в середині довжини паза

$$\Delta\sigma_{sp} = - \frac{\varepsilon_y L_{sp} \text{ctg}\alpha}{2\delta_{11} A_{sp} \sin\alpha},$$

(1)

$$\delta_{11} = \frac{L_{sp}}{3B_{\delta}} \left[\left(\frac{e_H \text{ctg}\alpha}{2} \right)^2 + \left(\frac{L_{sp}}{4} + \frac{e_H \text{ctg}\alpha}{2} \right)^2 + \left(\frac{L_{sp}}{4} + \frac{e_H \text{ctg}\alpha}{2} \right) \frac{e_H \text{ctg}\alpha}{2} \right] +$$

$$+ L_{sp} \frac{\text{ctg}^2\alpha}{4(EA)_{\delta}} + \frac{L_{sp}}{4(GA)_{\delta}} + \frac{1}{2 \sin^2\alpha} \cdot \frac{L_{sp}}{2 \cos\alpha} + \frac{L_{sp} \sin\alpha}{2(EA)_{sp}},$$

(2)

де $\varepsilon_{\text{спс}}$ - деформації усадки і повзучості бетону, $\alpha_{\text{на}}$ - кут нахилу напруженої арматури, e - відстань від точки виходу арматури в паз до фізичної вісі, B_{δ} , $(EA)_{\delta}$, $(GA)_{\delta}$ - жорсткості балкової частини відповідно на вигин, стиск і зсув.

Виконані чисельні дослідження показали, що втрати напруг від усадки і повзучості бетону, підраховані по розробленій методиці, у 1,4...1,65 разі менше аналогічних, визначених за методикою норм для випадку натягу на бетон. Досліджено вплив міцності бетону і кількості арматури на розмір втрат напруг у ній.

В р о з д і л і 3 викладається розроблена методика розрахунку запропонованої конструкції двовісно обтиснутої підкріпленої плити.

Виборові розрахункових моделей передувало чисельне дослідження, ціллю якого було зіставлення результатів розрахунку запропонованої конструкції за схемою опертої по контуру ребристої плити і системи перехресних балок таврового перерізу з прийнятим у практиці співвідношенням товщини полки і висоти перерізу балок. Розрахунок провадився з використанням програмного комплексу “Міраж”, побудованого на методі кінцевих елементів.

На рис. 4 наведені отримані в результаті виконаних розрахунків епюри згинальних моментів у балках при схемах опертої по контуру плити і системи перехресних балок. Як видно з рис. 4, при балковій схемі значення згинальних моментів більше на 7...9%.

Після появи тріщин у полці плити зазначена різниця буде істотно меншою, тому що крутильна жорсткість у плитах із тріщинами падає в значно більшому ступені, ніж згинальна. Крім того, у слабо армованій полці жорсткість буде падати більш інтенсивно, ніж у нормально армованих підкріплюючих балках. Таким чином, після появи тріщин у полці різниця між результатами розрахунків по зазначеним вище схемах буде істотно меншою, до 3...5%. Важливо, що дана різниця йде в запас конструкції.

Отримані результати дозволили розділити розрахунок конструкції на 2 стадії з різними розрахунковими схемами.

На першій стадії, до появи тріщин у полці, конструкція розраховується за схемою підкріпленої опертої по контуру плити на дію зусиль обтиснення з урахуванням других втрат і навантаження q .

Після досягнення навантаження q_{crc} , що викликає появу тріщин у полці, здійснюється друга стадія розрахунку на дію приросту навантаження $\Delta^E q = q - q_{crc}$ за схемою системи перехресних балок. У якості початкового приймається напружено-деформований стан у компонентах перерізів, що сформувалося на момент дії навантаження тріщиноутворення q_{crc} .

Розрахунок на другій стадії провадиться методом послідовних навантажень. НДС у перерізах балок, з огляду на нелінійність деформування бетону й арматур, на кожному кроці навантаження уточнюється в ітераційному процесі. Тому що розрахунок ведеться на дію приросту навантаження, вводяться запропоновані Шагіним О.Л. внутрішньокрокові січні модулі деформацій бетону й арматур, що відбивають їхню роботу від зазначеного початкового стану до такого, що викликається заданим приростом навантаження $\Delta^E q$.

Урахування роботи бетону полки в умовах двовісного стиску провадиться за допомогою ортотропної моделі, що описує його деформування у взаємно перпендикулярних напрямках без використання коефіцієнтів поперечних деформацій.

Закономірності деформування в кожному напрямку при різних співвідношеннях напруг

$$\frac{\sigma_y}{\sigma_x} = \alpha$$

і класах бетону, наприклад, у напрямку вісі x , записуються у формі, аналогічній запропонованій Бондаренко В.М. для випадку одновісного напруженого стану,

$$\varepsilon_{x,\alpha} = \frac{\sigma_{x,\alpha}}{E_{x,\alpha}},$$

(3)

$$E_{x,\alpha} = \frac{E_{bo}}{1 + \eta_{x,\alpha} \left(\frac{\sigma_{x,\alpha}}{R_{x,\alpha}} \right)^{m_{x,\alpha}}},$$

(4)

де $\eta_{x,\alpha}$ і $m_{x,\alpha}$ - параметри нелінійності деформування бетону уздовж вісі x при двовісному стиску зі співвідношенням α .

Значення $R_{x,\alpha}$ є дійсним, експериментально встановленим значенням міцності бетону даного класу при двовісному стиску зі співвідношенням α .

Оцінка НДС перерізів у напрямках вісей x і y провадиться за методикою Бондаренко В.М. на основі використання рівнянь рівноваги, гіпотези плоских перерізів, зазначених вище фізичних законів і нелінійного закону розподілу напруг по висоті перерізів. Жорсткості перерізів визначаються по Мурашеву В.І.

У процесі послідовного перебору навантажень виявляється те, при якому досягається один із видів граничних станів.

На кожному кроці приросту навантаження в процесі послідовних наближень (зовнішній цикл ітерацій) виявляється розподіл зусиль між напрямками і перерізами, що відповідає значенням їх уточнених жорсткостей.

На рис. 5 наведені епюри згинальних моментів у системі перехресних балок прогонами $L_x = 13,06$ м, $L_y = 18,10$ м від експлуатаційного навантаження $q = 10$ кН/м² в пружній постановці і з урахуванням перерозподілу зусиль після появи тріщин у балках. Як видно з рис. 5, величина максимальних згинальних моментів за рахунок перерозподілу зусиль зменшилась.

Конструктивний розрахунок полки провадиться окремо як нерозрізної плити, опертої по контуру, по теорії Карпенко М.І.

З метою перевірки прийнятності розробленої методики оцінки втрат напруг в арматурі від усадки і повзучості бетону, вивчення впливу схем відтягування напруженої арматури на роботу

локально попередньо напружених згинальних елементів були проведені експериментальні дослідження, опису яких присвячений **розділ 4**.

Випробовувалися 4 серії по 3 балки в кожній. Переріз балок 80×140 мм, довжина 1200 мм. Довжина паза 600 мм, поперечний переріз паза 30×60 мм. Кубикова міцність бетону $R = 29,9$ МПа.

Напружена арматура $\varnothing 10$ мм із зміцненою витягом сталі класу *A-IIIв*. Стрижень при бетонуванні балки розташовувався в дерев'яному пазоутворювачі, який через 3 години після бетонування витягався з бетону зразка.

У трьох серіях випробовувалися локально попередньо напружені зразки, у четвертій - без обтиснення. Зразки конструювались так, щоб після відтягування вісі напружених стрижнів у середині довжини паза знаходилися при всіх схемах відтягування на тому самому рівні, що і вісі арматури в серії 4 без попереднього напруження. Таким чином, у всіх серіях робоча висота перерізу зразків h_0 у середині прогону була однаковою.

У стінках пазів установлювалися каркаси з ненапруженою арматурою $\varnothing 5$ мм класу *Bp-I*, поперечні стрижні також $\varnothing 5$ мм кроком 100 мм.

Зразки бетонувалися в металевих опалубних формах, із віброущільненням.

У серії 1 відтягування провадилося однієї силою, прикладеною в середині довжини паза, у серії 2 - двома силами в третинах довжини паза, у серії 3 - у чвертях довжини паза.

Деформації бетону вимірювалися індикаторами годинникового типу з ціною розподілу 0,001 мм, арматури - важільними тензометрами з ціною розподілу також 0,001 мм, прогини - прогиновимірювачами з ціною розподілу 0,1 мм.

На рис. 6 наведені графіки росту деформацій обтиснення в бетоні. На першій стадії ріст деформацій був обумовлений ростом навантаження, що відтягує. Після фіксації положення напруженої арматури за допомогою металевих упорних вкладишів у міру зняття навантаження відтягнута арматура, що накопичила енергію, передаючи тиск на упорні вкладиші, вигинала балку.

Значення деформацій обтиснення бетону на другій стадії склали 28 % від аналогічного розміру на першій стадії.

У напруженій арматурі на другій стадії мало місце незначне зменшення напруг (рис. 7).

Після локального попереднього напруження балки протягом 60 діб знаходилися в ненавантаженому стані, коли здійснювалося спостереження за деформаціями усадки і повзучості бетону і втратами напруг в арматурі. Результати виміру зазначених деформацій у бетоні дозволили зробити розрахункове визначення втрат напруг по розробленій методиці і зіставити їх із фактично обмірюваними значеннями деформацій в арматурі. Паралельно розмір втрат був підрахований і за методикою СНиП 2.03.01-84* для способу натягу на бетон. Підраховані по розробленій методиці значення втрат були на 4,7...19 % більші, ніж фактичні. Розміри втрат напруг, підраховані за

методикою норм, були в 2...2,5 рази більші фактичних. Таким чином, прийнятність розробленої методики очевидна.

Отримані результати дозволяють зробити важливий висновок, що при використанні способу локального попереднього навантаження розмір втрат напруг можна приймати рівним мінімальному значенню в 100 МПа, встановленому нормами.

Випробування зразків на згин провадилися за схемою шарнірно опертої балки прогоном 1 м, яка навантажувалась в третилах прольоту в машині УІМ-50.

Несуча спроможність при всіх трьох схемах відтягування і без попереднього напруження виявилася приблизно однаковою від $2F=45,8 \text{ кН}$ до $2F = 47,7 \text{ кН}$.

Локальне попереднє напруження значно (у 2,8...3,2 рази) підвищило розмір навантаження тріщиноутворення (рис. 8) і знизило деформативність конструкції при експлуатаційному навантаженні в 1,9...2,3 рази (рис. 8).

На рис. 9 показані епюри прогинів балок при різних рівнях навантаження. Ріст прогинів носив нелінійний характер при високих рівнях навантаження.

На розташування тріщин, закономірність їхнього розвитку схеми відтягування впливу не мали. Руйнування у всіх серіях завершувалося роздрібленням стиснутої зони, появою лещадок при інтенсивному розвитку пластичних деформацій в арматурі.

У **р о з д і л і 5** освітлені питання впровадження результатів роботи, визначені раціональні області застосування розроблених опертих по контуру плит у новому будівництві і реконструкції.

ВИСНОВОК

1. Запропоновано принципи двовісного локального попереднього напруження монолітних залізобетонних перекриттів за допомогою найпростіших механізмів, що не потребують витрат енергетичних ресурсів.

2. Розроблено ефективні конструктивні рішення опертих по контуру залізобетонних плит перекриттів, підкріплених системами локально попередньо напружених ортогонально розташованих балок.

3. Запропонована кінцево-елементна модель і розроблена методика розрахунку опертих по контуру підкріплених плит на вплив зусиль обтиснення в двох напрямках. Досліджено характер розподілу зусиль в елементах плити при двовісному обтисненні.

4. Розроблено методику розрахункової оцінки втрат напруг в арматурі локально попередньо напружених елементів від усадки і повзучості бетону, що враховує дійсну схему роботи як конструкції шпренгельного типу.

5. Проведено експериментальні дослідження втрат напруг у локально попередньо напружених елементах від усадки і повзучості бетону, що показали прийнятну відповідність із ними результатів розрахунку по розробленій методиці оцінки зазначених втрат. Встановлено, що фактичні втрати напруг від усадки і повзучості бетону в локально попередньо напружених елементах у 2...2,5 рази менші, ніж одержувані розрахунком за методикою СНиП 2.03.01-84*, що використовується для конструкцій, обтиснутих традиційними способами.

Загальні втрати напруг при використанні способу локального обтиснення менші мінімального значення встановленого нормами 100 МПа.

6. Експериментально встановлено, що вид схеми відтягування напруженої арматури не впливає на несучу спроможність локально обтиснутих елементів, локальна попередня напруга не збільшувала міцність конструкції.

7. У експериментах виявлені закономірності деформування локально обтиснутих елементів на всіх стадіях навантаження, характер тріщиноутворення і вичерпання несучої спроможності.

У досліджуваному в експериментах діапазоні локальне попереднє обтиснення в 2,8...3,2 рази підвищило розмір навантаження тріщиноутворення і у 1,9...2,3 рази зменшило значення прогинів при експлуатаційних рівнях навантаження.

8. Чисельне дослідження за допомогою програмного комплексу “Міраж” показало, що при співвідношеннях висоти перерізів підкріплюючих балок і товщин полиць, що мають місце у будівельній практиці, відмінність у результатах розрахунків за схемами опертої по контуру плити і системи перехресних балок таврового перерізу не перевищує 9%. Після появи тріщин у полиці дана відмінність істотно зменшується.

9. Розроблено методику розрахунку двовісно локально попередньо напружених опертих по контуру плит, що враховує нелінійні діаграми деформування арматури і двовісно стиснутого бетону, тріщиноутворення в елементах конструкцій, трансформацію розрахункової схеми.

До появи тріщин у полиці конструкція розраховується за схемою опертої по контуру плити, після їхньої появи - за схемою системи перехресних балок.

По першій схемі послідовними навантаженнями з урахуванням втрат напруг визначається розмір навантаження тріщиноутворення.

По другій схемі розрахунок ведеться також послідовними навантаженнями з уточненням у процесі ітерацій значень напруг і внутрішньокрокових січних модулів деформацій.

10. На основі опрацювання відомих експериментальних даних чисельно побудована запропонована Шагіним О.Л. ортотропна модель опису роботи бетону в умовах двовісного стиску.

11. Досліджено характер перерозподілу зусиль між напрямками і перерізами підкріплених балками двовісно обтиснутих опертих по контуру плит на різних стадіях навантаження.

Урахування в розрахунках перерозподілу зусиль дозволяє зменшити розмір максимальних згинальних моментів, наприклад, при експлуатаційних навантаженнях на 7...9 %.

12. Результати роботи впроваджені в проекті перекриттів солодовні Роганського (Харківської області) пивзаводу, при реконструкції двоповерхового будинку навчального корпусу Харківської державної фармацевтичної академії по вул. Пушкінській, 27 і житлового будинку по вул. Мироносицькій, 44 у м. Харкові; у проекті ДБН з реконструкції кам'яних будинків.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ

ОПУБЛІКОВАНІ У ТАКИХ РОБОТАХ:

1. Регми Уттар Кумар. Определение усилий в ребристых перекрытиях, предварительно напряженных в двух направлениях // Науковий вісник будівництва.-Харків: ХДТУБА, 1998.-№ 2.-С. 206-208.

2. Регми Уттар Кумар. Потери напряжений в локально предварительно обжатых элементах // Науковий вісник будівництва.-Харків: ХДТУБА, 1998.-№ 4.-С. 41-44.

3. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Задорожный А.А., Проценко А.Н., Регми Уттар Кумар. Использование оборудования “мокрого” торкретирования в условиях реконструкции зданий и сооружений // Науковий вісник будівництва.-Харків: ХДТУБА, 1998.-№ 2.-С. 26-29.

4. Шагин А.Л., Регми Уттар Кумар. Монолитные перекрытия, локально предварительно напряженные в двух направлениях // Коммунальное хозяйство городов.-Киев: Изд “Техніка”, 1997.-№ 12.-С. 55-58.

5. Шагин А.Л., Регми Уттар Кумар. Перекрытия с ортогональным предварительно напряженным подкреплением для жилых и общественных зданий // Коммунальное хозяйство городов.-Киев: Изд “Техніка”, 1998.-№ 16.-С. 8-10.

6. Шагин А.Л., Домбаев И.А., Регми Уттар Кумар. Подведение монолитных предварительно напряженных перекрытий // Науковий вісник будівництва.-Вип. 4.-Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 1998.-С.35-38.

АНОТАЦІЇ

Регмі Уттар Кумар. Залізобетонні плити, локально попередньо напружені в двох напрямках.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук. Фах 05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди. Харківська державна академія залізничного транспорту. Харків, 1999.

Дисертація присвячена створенню ефективних конструкцій залізобетонних опертих по контуру плит перекриттів збільшених прогоні, розробці принципів керування їхнім напружено-деформованим станом за допомогою локального двовісного попереднього обтиснення.

У дисертації запропонована методика розрахункового визначення втрат напруг у локально обтиснутих елементах від повзучості й усадки бетону.

Розроблено методику розрахунку опертих по контуру підкріплених двовісно локально попередньо напружених плит з урахуванням фізичної нелінійності, деформування бетону в умовах плоского напруженого стану, трансформації схеми роботи конструкції під навантаженням. Оцінено ступінь перерозподілу зусиль між напрямками, елементами і перерізами.

Експериментально досліджений вплив схем і рівня локального попереднього напруження на розмір втрат напруг і роботу конструкцій під навантаженням.

Визначено області раціонального застосування запропонованих конструкцій у новому будівництві і реконструкції.

Результати роботи впроваджені в АТ “Харківпроект” і “Будівельний торговий дім”, проекти “ДБН. Ремонт та підсилення несучих будівельних конструкцій та основ промислових споруд, що експлуатуються (реконструюються)”, розділ “Кам'яні та армокам'яні конструкції”.

Ключові слова: залізобетонна плита, підкріплюючі балки, локальне обтиснення, втрати напруг, перерозподіл зусиль, тріщиностійкість, деформативність.

Regmi Uttar Kumar. Reinforced concrete slab, locally prestressed in two directions.

Thesis for scientific degree, doctor of philosophy in technical sciences, speciality 05.23.01 – construction designs, buildings and structures. Kharkov State academy of Railway Transport. Kharkov - 1999.

In this theses presented monolithic two way supported on four sides reinforced concrete slab, locally prestressed in two directions.

Defined different types of orthogonal slab. Given several options to construct smooth ceiling and floor. Proposed upward and downward inverted beam as well as beam between two R.C.C. slabs.

Explained about formation of open duct to placed tendons. Given procedure of prestressing which is released after jacking down of tendons by acting force on its with simple mechanical jack. Prestressing force is subjected within the length of open duct. End of the tendon which is transferred prestress force to the structure is anchored in support portion. Due to this, the anchorage length remained without prestress. One third of the total calculated (working) reinforcement bar is placed in the

composition of frameworks to provide strength and resist shear forces, remaining two third is used for prestressing of structure. After the jacking down tendon from its original place, released vertical upward force equal to jack (pull) down force F_p and horizontal force projection of stress in the tendon N_{sp} .

Before completion, the open duct should be filled completely with rich concrete, under pressure.

Method and process of post tensioning, its calculation and as well as calculation for losses of stress is work out. Experimentally verified, the losses of stress under local post tension is 2...2,5 times less than traditional post tensioning method. For the detail analysis of losses of stress, has been seen different statically diagram of jack (force) down tendon.

Experiment shown, that losses of stress does not exceed 20% under different statically diagram. Results of the experiment and calculation have shown that, in the case of local post tension the losses of stress is small and their value can be accepted equal 1000 kg/cm^2 - the minimum value, installed by USSR's code.

Work out the method - "two way prestress in monolithic structure" with consideration of non linear strain diagram of steel reinforcement bar and concrete, working in condition of plane stressed state, as well as effect of cracks.

Calculation of structure completed in two steps - first, before developing of crack on the slab - structure is designed on diagram of slab rested on four sides, on the effect of post tension force (with consideration of the second losses) and load, second step after developing of crack, it is designed like cross T beam on the effect of incrementation of load. Studies is shown, that deflections between results of the calculation on the both diagram not more than 3...5%.

For the calculation used the programme complex "Mirag", built on the method of finite elements.

Accounted physical non linearity, redistribution of forces brings reduction of maximum values of bending moments, for instance, under service load its value decrease about 8...10%.

Experimentally analysed the different statically diagram of force down tendon and its effect on the structure.

Determined area of rational application the offered designs in the new construction and reconstruction's of building and as well as in other civil engineering field.

Result of dissertation work are introduced in "Kharkovproject", construction of supermarket and project of DBN (State Building codes of Ukraine) on reconstruction of stone buildings.

Keywords: reinforced concrete slab, open duct, jack down force, local post tension, losses of stress, redistribution of forces, crack resistance, strain diagram.

Регми Уттар Кумар. Железобетонные плиты, локально предварительно напряженные в двух направлениях.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения. Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта. Харьков, 1999.

Диссертация посвящена созданию эффективных конструкций железобетонных опертых по контуру плит перекрытий увеличенных пролетов, разработке принципов управления их напряженно-деформированным состоянием с помощью локального двухосного предварительного обжатия.

В диссертации предложена методика расчетного определения потерь напряжений в локально обжатых изгибаемых элементах от ползучести и усадки бетона.

Разработана методика расчета опертых по контуру подкрепленных двухосно локально предварительно напряженных плит с учетом физической нелинейности, деформирования бетона в условиях плоского напряженного состояния, трансформации схемы работы конструкции под нагрузкой. Оценена степень перераспределения усилий между направлениями, элементами и сечениями.

Экспериментально исследовано влияние схем и уровня локального предварительного напряжения на величину потерь напряжений и работу конструкций под нагрузкой.

Определены области рационального применения предложенных конструкций в новом строительстве и реконструкции.

Результаты работы внедрены в АО “Харьковпроект” и “Строительный торговый дом”, проекте “ДБН. Ремонт та підсилення несучих будівельних конструкцій та основ промислових споруд, що експлуатуються (реконструюються)”, раздел “Кам’яні та армокам’яні конструкції”.

Ключевые слова: железобетонная плита, подкрепляющие балки, локальное обжатие, потери напряжений, перераспределение усилий, трещиностойкость, деформативность.

Відповідальний за випуск

Романенко В.В.

Підписано до друку 29.01.99 р.

Формат 60 x 84 1/16 Папір друкарський.

Друк офсетний. Ум.-друк.арк. 1,0. Уч.-вид.арк. 1,2.

Зам. № 75. Тираж 100 пр. Безкоштовно.

Вид. ХарДАЗТ, 310051, м.Харків-5, пл. Фейєрбаха,7

Друк. ХарДАЗТ, 310051, м.Харків-5, пл. Фейєрбаха,7