

аспірант **Петрик Ю.М.**,
Державне підприємство «Державний науково-дослідний
інститут будівельних конструкцій»

ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ З НАПРУЖЕННЯМ КАНАТНОЇ АРМАТУРИ НА БЕТОН(ПОСТНАПРУЖЕННЯ) ТА ЇХ НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ

Викладено задачі досліджень монолітних залізобетонних конструкцій перекриттів з напруженням канатної арматури на бетон (постнапруження). Представлено результати натурних випробувань.

The tasks of research system for prestressing of monolithic reinforced-concrete construction (post-tensioning), the results of test of structural are presented in the article.

ВСТУП

В Україні напруження на бетон монолітних залізобетонних конструкцій (постнапруження) є перспективною технологією у промисловому та цивільному будівництві. За останні три десятиріччя будівництво за цією технологією стало займати домінуюче положення в світі .

Переваги постнапруження монолітних залізобетонних конструкцій пов'язані зі зменшенням товщини перекриття, що впливає на висоту поверхів і будівлі, збільшення прогонів між колонами, зменшення ваги перекриттів і фундаменту, пришвидшення формування перекриттів, скороченням витрат на виготовлення і обслуговування будівлі, підвищенням гнучкості об'ємно-планувальних рішень. Відомо, що економічна ефективність систем постнапруження виявляється для прогонів більше за 7м.

Для постнапруження використовується арматурні канати, які встановлюють під час армування та напружують після досягнення не менше 70% міцності бетону на стиск.

Можливі дві системи постнапруження: пов'язана, з канатами в гофрованій трубі, що після напруження заповнюється ін'єктованим розчином, та непов'язана, зі змащеними канатами в пластиковій оболонці.

Арматурні канати застосовують поодинці або пучками — моноканатне та мультіканатне армування. Наймеш витратною є моноканатна непов'язана система постнапруження.

Монолітні залізобетонні конструкції з напруженням арматури на бетон мають ряд технічних і економічних переваг перед аналогічними ненапруженими конструкціями — більші прольоти, менша товщина елементів, зменшення ваги перекриттів та навантажень на фундаменти, тощо.

З застосуванням такої технології у світовій будівельній практиці в останні роки виконується до 80% площі перекриттів цивільних будівель.



Рис.1. Застосування постнапруження за технологією фірми VSL. Гонконг, Китай



Рис.2. Застосування постнапруження за технологією фірми VSL. Дубай, ОАЕ (фестивальне містечко).
Загальна площа постнапруження 250 тис.м²

В зарубіжних джерелах технологія напруження монолітних залізобетонних конструкцій, переважно з використанням канатної арматури, відома як “постнапруження” (post-tensioning). Зокрема, така назва застосована в керівному документі країн Євросоюзу ETAG 013, в якому викладені вимоги до елементів, які застосовуються для постнапруження.

Освоєння технології постнапруження є актуальною задачею будівельної галузі України. Для її успішного впровадження необхідно вирішити ряд питань нормативного та технічного характеру. В ДП НДІБК розглянуто першочергові задачі науково- технічної підтримки впровадження технології постнапруження у проектуванні і будівництві монолітних залізобетонних конструкцій на будівельних об'єктах компанії «Єврокон Україна».

Положення щодо попереднього напруження залізобетонних конструкцій викладені у розділі 3.3 ДБН В.2.6-98:2009 . Проте, даний ДБН не регламентує ряд важливих характеристик попередньо напружених конструкцій (релаксація, пластичність, опір арматури втомі, характеристики анкерних і з'єднувальних пристроїв, тощо), а відносить їх до «відповідних нормативних документів». На «відповідні нормативні документи» посилаються також ряд пунктів у розділах 3.2 і 3.3 ДСТУ Б В.2.6-156:2010. В той же час, такі документи щодо постнапруження залізобетону до цього часу в Україні не були розроблені.

На ряді вітчизняних заводів виготовляються збірні попередньо напружені конструкції перекриттів з застосуванням канатної арматури К-7 згідно ГОСТ 13840-68 . Проте, для постнапружених монолітних конструкцій крім канатів необхідні також інші супутні вироби (перш за все — анкерні пристрої), які в Україні не виробляються.

Положення щодо проектування попередньо напружених залізобетонних конструкцій містяться також в ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010. Для визначення характеристик попередньо напруженої арматури, анкерних і з'єднувальних пристроїв, тощо, даний стандарт посилається на відповідні Європейські технічні ухвалення (European Technical Approval, ETA), які не є чинними в Україні.

У системі нормативних документів України аналогом ETA виступає Технічне свідоцтво, яке є документом, що видається після проведення науково-технічної експертизи нових будівельних виробів у разі підтвердження придатності виробів до застосування. З врахуванням стану нормативної бази України, для забезпечення впровадження технології постнапруження у промисловому і цивільному будівництві України, в ДП НДІБК були проведені такі дослідження щодо підтвердження придатності для застосування в будівництві комплектів виробів для постнапруження зарубіжного виробництва, до складу яких входять одиночні канати в пластиковій оболонці разом з відповідними засобами для розміщення в конструкції, анкерування,

з'єднання та натягування («моноканатні вироби»):

- 1) вивчення нормативно-технічної документації, що стосується вимог та методів випробувань моноканатних виробів (на основі вимог ЕТАГ 013);
- 2) визначення номенклатури і параметрів зразків для випробувань, проведення вибіркових механічних випробувань елементів моноканатних виробів;
- 3) аналіз результатів випробувань елементів моноканатних виробів, які виконувалися раніше у зарубіжних лабораторіях;
- 4) аналіз системи контролю виробництва моноканатних виробів та оцінка її відповідності вимогам стандартів України.

На підставі аналізу документації та результатів випробувань ДП НДІБК склав «Висновок щодо придатності для застосування моноканатних виробів» та підготував проект технічного свідоцтва для ТОВ «Єврокон Україна» на моноканатні вироби для постнапружених монолітних залізобетонних конструкцій перекриттів. Перевірка придатності до застосування виконана для моноканатних виробів компанії VSL International Ltd. (www.vsl.com). За прототип Технічного свідоцтва на моноканатні вироби для постнапруження монолітних залізобетонних конструкцій перекриттів обране Європейське технічне ухвалення ЕТА 10/0008 . Зазначені роботи виконані у відповідності до вимог ДСТУ-Н БА.1.1-99:2011, інших нормативних документів України, на підставі доручення Мінрегіону України.

Першочерговим об'єктом для застосування і перевірки моноканатних виробів було визначене незавершене будівництво паркінгу в осях 1-20/А-Г торгово-розважального центру по проспекту Генерала Ватутіна в м. Києві, який будувався ТОВ «Єврокон Україна» в 2007-2008 р.р. з застосуванням постнапружених конструкцій перекриттів. З метою апробації технології постнапруження монолітних залізобетонних конструкцій, спеціалістами ДП НДІБК виконано роботи з наукового супроводу будівництва даного об'єкту за такими напрямками:

1. Розроблена методика розрахунків постнапружених елементів перекриттів за першою та другою групами граничних станів.

2. Розроблена програма та методика, проведені натурні механічні випробування елементів постнапруженого перекриття паркінгу.

3. Визначені нормовані вимоги з вогнестійкості до постнапружених залізобетонних конструкцій перекриттів, вибрані дослідні зразки постнапружених елементів перекриттів для випробування на вогнестійкість.

4. Виконано аналіз технології влаштування постнапружених елементів перекриттів.

5. Складені «Рекомендації щодо розрахунку, конструювання та технології влаштування монолітних залізобетонних постнапружених перекриттів» з прикладами розрахунків постнапружених елементів.



Рис.3. Встановлення канатів для постнапруження балки монолітного перекриття

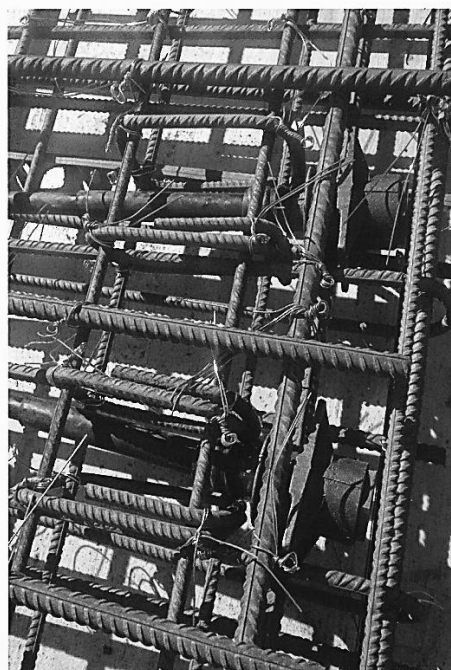


Рис.4. Вузли анкерування канатів у монолітному перекритті

НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ

Будівля паркінгу має залізобетонний рамно-в'язевий каркас з колонами, жорстко з'єднаними з фундаментами кроком 8,4X 16,0м; перекриття монолітні залізобетонні балкові товщиною 240мм; балки розташовано по цифрових осях і мають переріз 1600x750мм та 800x750мм.

Бетон класу С30/35 з мінімальною товщиною захисного шару 40мм.

Балки і плити перекриття армовані арматурою класу А500С.

Плита перекриття армована верхньою і нижньою арматурними сітками та окремими 7-дротовими канатами з напруженням на бетон, які розташовано по середині товщини плити. Балки армовано окремими 7-дротовими канатами з напруженням на бетон, без зчеплення (канат в пластиковій гільзі зі змащенням), які розташовано на різних рівнях по висоті балки і їх геометрія близька до параболічного вигляду.

Для постнапруження непов'язаної системи армування перекриття було застосовано моноканатні вироби у такому складі: 7-жильні, високоміцні сталеві арматурні канати діаметром 15,2мм, попередньо змащені та обшиті полімерною трубою; анкери для кріплення канатів, які складаються з труби SH S6N та клинів W6C-SH; муфти для з'єднання двох послідовно розміщених арматурних канатів з однієї муфти типу SH 1/0,6", двох клинів типу 0,6"SH та однієї стопорної пружини. Випробування зразків арматурних канатів показало, що їх тимчасовий опір розриванню $\delta_8=1,92...1,95\text{кН/мм}^2$ -, межа текучості $\delta_{0,2}=1,75...1,76\text{кН/мм}^2$.

Методика випробування розроблена згідно ДСТУ Б В.2.6-7-95.

Випробування було проведено 31 жовтня 2014 р. на ділянці перекриття над 2-м поверхом паркінгу в осях 6-8/А-Г. Навантаження перекриття виконувалось шляхом наповнення водою двох ємкостей, влаштованих з застосуванням герметизованої полімерною плівкою і розкріпленої щитової опалубки.

Розрахункове за першою групою граничних станів навантаження на перекриття складає $9,0\text{кН/м}^2$ (900кгс/м^2) без врахування власної ваги перекриття. Значення контрольних навантажень для випробування складають: $7,5\text{кН/м}^2$ для контролю прогинів і ширини розкриття тріщин та $14,5\text{кН/м}^2$ для контролю міцності.

Навантаження на перекриття прикладалося ступенями по $2,0...1,0\text{кН/м}^2$. На обох ділянках №1 і №2 навантаження доводилось спочатку до контрольного значення за прогинами і тріщинами ($7,5\text{кН/м}^2$), а потім до розрахункового

значення ($9,0\text{кН/м}^2$). Після цього навантаження ділянки №2 було припинене, а на ділянці №1 навантаження збільшувалося до виявлення ознак вичерпання несучої здатності конструкцій.

Для вимірювання прогинів було встановлено прогиноміри з ціною поділки $0,01\text{мм}$ з нижньої сторони плити. Кожен з прогиномірів був закріплений спеціальними струбцинами до індивідуального стояка на перекритті першого поверху. Висмикування канатів контролювалося індикаторами ИЧ-10 з ціною поділки $0,01\text{мм}$, які було встановлено збоку плити перекриття по осі 8.

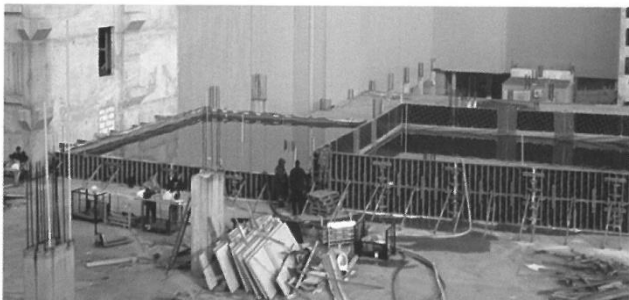


Рис.5. Випробування фрагменту перекриття другого поверху. Навантаження прикладається шляхом наповнення емкостей водою. Вигляд зверху



Рис.6. Випробування фрагменту перекриття другого поверху. Навантаження прикладається шляхом наповнення емкостей водою. Вигляд збоку

У процесі проведення випробувань було досягнуто максимальне рівномірно розподілене по площі навантаження на перекриття у розмірі $q_e=15,50\text{кН/м}^2$. При такому навантаженні ознак вичерпання несучої здатності балок не було виявлено, проте на ділянці між осями 7-8/А-Б були виявлені початкові ознаки вичерпання несучої здатності плити по першому випадку зруйнування — внаслідок текучості робочої арматури в нормальному перерізі плити, яка була зафіксована за різким зростанням прогину плити під час витримки на останньому етапі навантаження (на 10% після 30 хвилин витримки, покази прогиноміра ПП2).

Таким чином, в результаті випробування натурального фрагмента було встановлено, що:

а) при рівномірно розподіленому по площі навантаженні несуча здатність перекриття лімітується несучою здатністю плити, яка є меншою, ніж несуча здатність балок;

б) фактична несуча здатність плити становить не менше $15,50 \text{кН/м}^2$ (без врахування власної ваги плити), що перевищує контрольне навантаження по перевірці міцності.

Отже, на підставі результатів випробування натурального фрагменту перекриття, можна вважати, що фактична несуча здатність перекриття складає $9,5 \text{кН/м}^2$. В термінології цьому значенню відповідає розрахункове граничне значення корисного (без врахування власної ваги) навантаження на перекриття при $\gamma_f > 1$. Вказане навантаження не враховує коефіцієнт надійності за відповідальністю γ_n згідно ДБН В.1.2.-14:2009 (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ).

ВИСНОВКИ

Встановлено, що застосування у будівництві монолітних залізобетонних конструкцій системи постнапруження з моноканатними виробами забезпечує достатню міцність, жорсткість та тріщиностійкість великопрогонових перекриттів.

Отримані дані будуть використані як доказ експлуатаційної придатності постнапружених перекриттів та розробці проекту технічного свідоцтва придатності до застосування виробів системи постнапруження.

Виконані в ДП НДІБК вищенаведені дослідження дозволять перейти до практичного застосування конструкцій монолітних залізобетонних постнапружених перекриттів у повній відповідності до вимог нормативних документів України.