

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 624.016

DOI 10.31649/2311-1429-2022-1-49-54

О. В. Синьковська

А. В. Ігнатенко

ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЦИЛІНДРИЧНИХ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ОПОР БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Запропоновано нову конструкцію циліндричних несучих елементів опор будівель та споруд, що є альтернативною сталобетонним та конструкціям з використанням різноманітних варіантів непрямого армування. Обойма представленого до розгляду нового конструктивну виконана з просіченого листа, що виготовлений по безвідходній технології шляхом просікання та витягуванням суцільного сталевго листа.

Для визначення максимальної кількості переваг та недоліків представленого типу сталобетонних елементів з сітчастою обоймою, найбільш ефективним є проведення всебічних експериментальних досліджень, як саме запропонованого конструктивну, так і вже відомих та досить широко досліджених сталобетонних конструктивів з суцільною сталевгою обоймою. Саме тому, враховуючи трудозатратність, матеріалоємність та вартість таких експериментальних досліджень вважаємо роботу по плануванню експериментальних досліджень, своєчасною та актуальною. В даній роботі при плануванні експерименту враховувались задачі майбутніх досліджень, які полягали у виборі оптимального для роботи конструкції способу передачі навантаження на сталобетонний елемент та у визначенні ступеню впливу таких факторів, як циклічність, ексцентриситет, тип обойми, товщина та діаметр обойми, міцність бетону на несучу здатність та деформативність сталобетонних конструктивів.

Так для отримання максимально достовірних дослідних даних з мінімальними економічними та часовими затратами, шляхом введення параметрів оптимізації, якими є несуча здатність та деформативність, та параметром обмеження – руйнування, був проведений розрахунок оптимізації експерименту, через планування мінімальної кількості досліджень та умов їх проведення, що є необхідні та достатні для вирішення поставленої задачі з необхідною точністю.

Ключові слова: планування експерименту, обойма, бетон, деформації, циклічність, ексцентриситет

Вступ

Останнім часом при спорудженні опор будівель та споруд все частіше застосовуються сталобетонні несучі елементи [1, 2]. При цьому слід відмітити, що до класу сталобетонних, в першу чергу, відносяться трубобетонні, а також різноманітні системи з непрямым армуванням – поперечним армуванням у вигляді радіальних кілець, хомутів, спірального намотування та інше.

До класу сталобетонних несучих елементів опор, що розглядаються, також відносяться елементи, обойма яких виконана з просіченого листа [3]. Такий лист має ряд переваг [4-6]. А саме: безвідходна технологія його виробництва, що реалізується шляхом спочатку просікання та слідом витягуванням ділянок суцільного сталевго листа-заготовки, що виконується на спеціальному пресі (відмічається, що жорстке дотримання технології виготовлення цього елемента дозволяє забезпечити задану величину жорскостних характеристик); знижені в порівнянні з суцільним листом витрати матеріалу (в середньому просічено-витажний лист $\approx 60\%$ легше, по відношенню до цільного листа металу аналогічних розмірів та товщини, при цьому, зберігаються необхідні показники його міцності); поліпшене зчеплення листа з бетонним ядром, причому без створення спеціальних анкерів; збільшена корозійна та вогнева стійкість конструкції за рахунок наявності у неї захисного бетонного шару; можливість варіювання розмірами комірки листа, кутом нахилу її твірних, а також товщиною листа, що дає можливість надання конструкції раціональних характеристик.

Метою запланованих експериментальних досліджень є вивчення несучої здатності, особливостей деформування и характеру руйнування сталобетонних несучих елементів опор будівель та споруд в залежності: від способу бетонування та передачі вістового зовнішнього навантаження; від ексцентриситету та циклічності прикладання навантаження; від зовнішнього діаметру та товщини стінки обойми; від міцності бетону.

Задачі досліджень полягали в наступному:

у виборі оптимального для роботи конструкції способу передачі навантаження на сталобетонний елемент;

у визначенні ступеню впливу циклічності, ексцентриситету, типу обойми, її товщини та діаметру, міцності бетону на несучу здатність та деформативність сталобетонних конструктивів.

Основна частина

Об'єктом досліджень є сталобетонні циліндричні зразки чотирьох типів (рис. 1.), висотою 700 мм, що складаються з бетонного ядра та суцільної, або сітчастої (просічено-втяжний лист) обойми.



Рисунок 1 – Структурна схема експериментальних досліджень

В свою чергу, I тип сталобетонних зразків, зовнішнім діаметром 152 мм, в залежності від особливостей бетонування торців елемента поділено на три підтипу (рис. 2).

Перший підтип I тупу сталобетонних зразків (ТБ152з) являє собою конструктив, що виготовлено за способом «бетонування врівень» (рис. 2), тобто, бетонне ядро виконано врівень з верхніми та нижніми торцями обойми.

Другий підтип I типу сталобетонних зразків (ТБ152в), представляє собою конструктив виготовлений за способом «виступаюче бетонування» (рис. 2), тобто бетонне ядро зразків мало висоту на ~2,6см більше висоти труби-обойми (1,3 см на кожному торці). При підготуванні до бетонування сталобетонних зразків з виступаючим бетонним ядром, до верхнього та нижнього торця обойми було закріплено сталеві кільця, що були виготовлені з труби, яка аналогічна обоймі, висотою, що дорівнює виступаючому бетону.

Третій підтип I типу сталобетонних зразків (ТБ152н) представляє собою конструктив з аналогічною обоймою-трубою, та відрізняється тим, що бетонування виконано за способом «недобетонування» (рис. 2). В даному підтипі висота бетонного ядра була менше висоти на ~2,5см (по 1,25 на кожному торці).

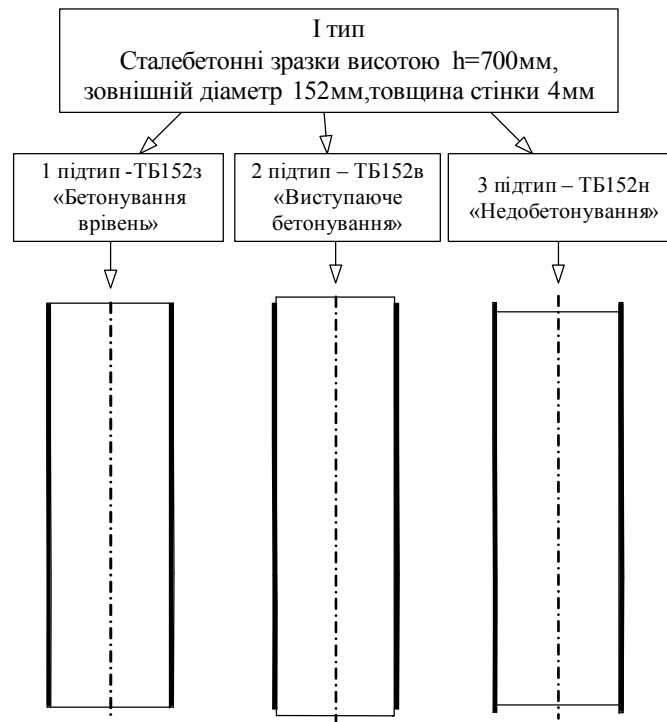


Рисунок 2 – Сталебетонні зразки I типу (TB152)

До II типу об'єкту дослідження (рис. 3,б) відносяться сталебетонні зразки зовнішнім діаметром 325мм (TB325). Бетонне ядро, що заповнює виготовлену трубу-обойму, виготовлялось по обрізу верхнього та нижнього торців обойми. Обойма виготовлена шляхом вальцювання та подальшого зварювання суцільного сталевих листа товщиною 4 мм (рис.4).

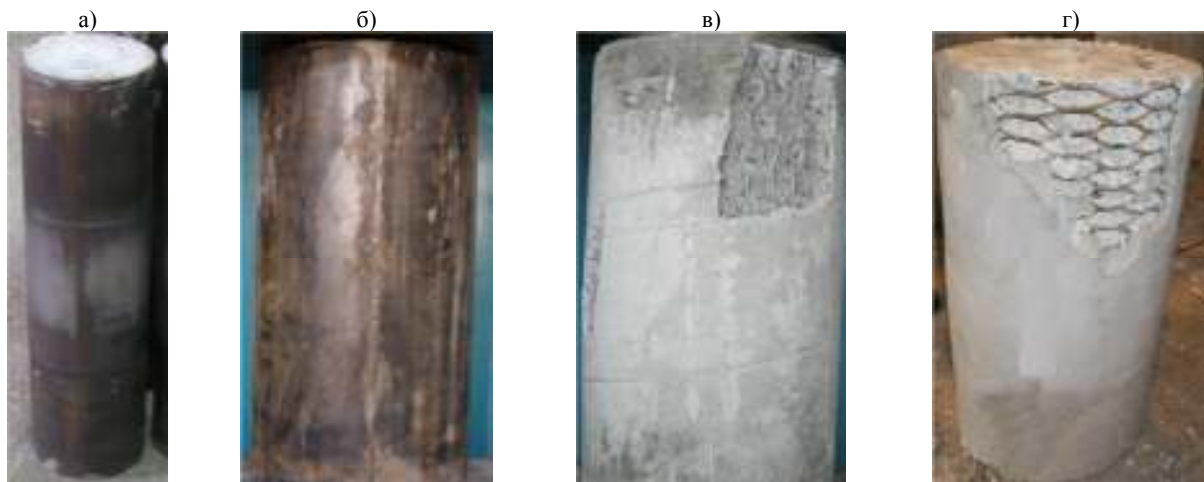


Рисунок 3 - Об'єкт досліджень – сталебетонні циліндричні несучі елементи чотирьох типів: а,б – суцільна обойма, відповідно безшовна електрозварна та виготовлена за допомогою зварка встик; в,г – сітчаста обойма, відповідно з комірками вздовж та поперек твірної обойми

Сталебетонні зразки III типу представляють собою конструктив зовнішнім діаметром 350 мм (ПВ350в), де обойма виготовлена з просічено-втяжного листа, та має зовнішній діаметр 325 мм, з комірками розташованими вздовж напрямку твірної конструктивна (рис. 3,в). Відмітимо, що суцільний сталевий лист-заготовка, з якого виготовлено просічено-втяжне (сітчасте) полотно, має товщину аналогічну суцільним обоймам I, II типу, рівну 4мм. У результаті просікання та витягування листа-заготовки було отримано сітчасте полотно з габаритною товщиною $S = 12,7 \text{ мм}$ (рис. 5), потім шляхом його вальцювання та потім зваркою встик (рис. 4), отримана сітчаста обойма, з комірками вздовж твірної.



Рисунок 4 – Схема об'єднання зварюванням сталевих листів обойм різного типу

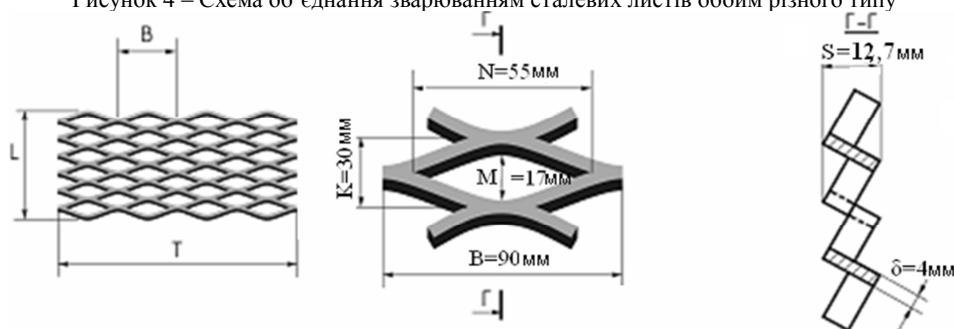


Рисунок 5 – Основні геометричні характеристики просічено-витяжного листа

Сталобетонні зразки IV типу (ПВ350п), представляє собою конструктив аналогічний зразкам III типу, відрізняючись тим, що комірки сітчастої обойми розташовані поперек напрямку твірної конструктивна (рис. 3,г). Сітчаста обойма сталобетонних зразків IV типу, також виготовлена шляхом вальцювання підготовленого полотна просіченого листа з наступною зваркою, але за допомогою накладної пластини 9 (рис. 4).

Додатково для проведення експериментальних досліджень заплановано підготовку полії електрозварної безшовної труби, аналогічної обоймам зразків I типу, тобто висотою 700 мм, зовнішнім діаметром 152 мм та товщиною стінки 4мм, а також бетонне ядро, що було вилучене з труби-обойми видавлюванням зовнішнім діаметром 144 мм та бетонні зразки висотою також 700 мм і зовнішнім діаметром 350 мм.

Отримання максимально достовірних дослідних даних з мінімальними економічними та часовими затратами, виконано шляхом оптимізації експерименту, через планування мінімальної кількості досліджень та умов їх проведення, що є необхідні та достатні для вирішення поставленої задачі з необхідною точністю [7,8].

Умови проведення експериментальних досліджень представимо в наступному вигляді:

$$\eta = \eta \{ f_{prism}, D, \delta, N, n, e \} \quad (1)$$

де f_{prism} – призмове міцність бетонного ядра сталобетонного зразка;

D, δ – відповідно зовнішній діаметр сталевий обійми та її товщина;

N – величина зовнішнього стискаючого зусилля;

n, e – відповідно циклічність та ексцентричність прикладення зовнішнього стискаючого зусилля.

Для оптимізації способу передачі зовнішнього стискаючого зусилля було передбачено проведення екстремально експериментальних досліджень (рис. 6). При цьому параметрами оптимізації є несуча здатність та деформативність, а характер руйнування розглядається, як параметр обмеження.

Рисунок 6 – Планування експериментальних досліджень з оптимізації способу передачу зовнішнього навантаження на зразок, відповідно:

x_1 – навантаження на бетон та сталь одночасно; x_2 – тільки на сталеву обійму; x_3 – тільки на бетон

Тоді кількість зразків повного факторного експерименту складає:

$$\rho = q^k = 2^3. \quad (2)$$

Після вибору оптимального способу передачі навантаження, передбачено проведення покрокового науково-дослідного експерименту по визначенню впливу типу обійми, циклічності, класу бетону та ексцентричності на несучу здатність та деформативність для п'яти типів зразків, що включають і чисто бетонні зразки (рис. 1). В даному випадку повний факторний експеримент складає:

$$\rho = q^k \times 5 = 2^4 \times 5 = 80. \quad (3)$$

Однак, враховуючи об'ємність та значну вартість повного факторного експериментального дослідження, було прийняте рішення о проведенні «напіврепліки», що складає:

$$\rho = q^{k-1} \times 5 = 2^3 \times 5 = 40. \quad (4)$$

Відмітимо, що «напіврепліка» повного факторного експерименту є достатньо необхідною кількістю випробувань для отримання репрезентативних результатів.

Висновки

Таким чином, на основі результату планування експериментальних досліджень, де було отримано мінімальна необхідна кількість зразків, може бути проведена класифікація та побудовані матриці планування експериментів, що враховують вплив способу передачі зовнішнього стискаючого зусилля, типу обійм, циклічності, класу бетону та ексцентричності на несучу здатність, деформативність та характер руйнування об'єкта досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кришан А. Л. Трубобетонные колонны для многоэтажных зданий . *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2008. №4. С.75-80.
2. Цай Шаохуай Новейший опыт применения трубобетона в КНР. *Бетон и железобетон*. 2001. №3. С.20-24.
3. Sinkovska O., Ignatenko A. Peculiarities of carrying capacity evaluations of cylindrical CFST columns with new type casing. *Matec web of Conferences*. 116 02031. 2017.
4. Синьковская Е.В. Опора моста облегченного типа. *Научовий вісник будівництва*. Харків: ХДТБА. 2012. № 68. С. 96 – 100.
5. Синьковская Е.В. Применение новых типов армирования в мостовых опорах. *Проблеми розвитку міського середовища: Наук.-техн. збірник: тези докл. Київ: НАУ, 2011. Вип.5-6. С.328-329.*

6. Шмуклер В.С. Климов Ю.А., Буряк Н.П. Каркасные системы облегченного типа. Харьков: Золотые страницы. 2008. 336с.
7. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Москва: «Наука». 1976. 279с.
8. Математическая теория планирования эксперимента / [под. ред С.М. Ермакова]. Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1983. 392с.

REFERENCES

1. Krishan A. L. Trubobetonnyie kolonnyi dlya mnogoetazhnyih zdaniy . Stroitel'naya mehanika inzhenernyih konstruktсий i sooruzheniy. 2008. №4. S.75-80.
2. Tsay Shaohuay Noveyshiy opyt primeneniya trubobetona v KNR. Beton i zhelezobeton. 2001. №3. S.20-24.
3. Sinkovska O., Ignatenko A. Peculiarities of carrying capacity evaluations of cylindrical CFST columns with new type casing. *Matec web of Conferences*. 116 02031. 2017.
4. Sinkovskaya E.V. Opora mosta oblegchennogo tipa. Naukoviy vіsник budіvnitstva. Harkiv: HDTBA. 2012. № 68. S. 96 – 100.
5. Sinkovskaya E.V. Primenenie novyih tipov armirovaniya v mostovyih oporah. Problemi rozvitku miskogo seredovischa: Nauk.-tehn. zbirnik: tezisi dokl. KiYiv: NAU, 2011. Vip.5-6. S.328-329.
6. Shmukler B.C. Klimov Yu.A., Buryak N.P. Karkasnyie sistemyi oblegchennogo tipa. Harkov: Zolotyie stranitsyi. 2008. 336s.
7. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskiy Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnyih usloviy. Moskva: «Nauka». 1976. 279s.
8. Matematicheskaya teoriya planirovaniya eksperimenta / [pod. red S.M. Ermakova]. Moskva: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literaturyi. 1983. 392s.

Синьковська Олена Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри мостів, конструкцій і будівельної механіки ім. В.О. Російського, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, email: iglema@meta.ua

Ігнатенко Андрій Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри мостів, конструкцій і будівельної механіки ім. В.О. Російського, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, email: zamdec@ukr.net

O. V. Synkovska
A. V. Ihnatenko

PLANNING OF EXPERIMENTAL RESEARCH CYLINDRICAL LOAD-BEARING SUPPORT OF BUILDINGS

Kharkiv National Automobile and Highway University

A new construction of cylindrical load-bearings support of buildings is offered, that has an alternative reinforced concrete and with using of several different ways of indirect use. Shell is introduced for the view of the new construction sieved sheet, that is created from non-exit technology using imbibitions and extrusion of the steel sheet itself..

For gaining the maximum amount of advantages and disadvantages from the introduced us reinforced concrete elements with mesh shell. The most efficient is method is a comprehensive research of introduced construction, as well as an already known researches of reinforced concrete with mesh shell. That's why, when we are calculating labor, material intensity and cost of these experimental researches. Keep in mind that this is promptly and relevant researches. In this work while planning the experiment some things were taken to consideration: best way for the construction to give the weight to reinforced concrete part and how to define the level of influence of factors like this: cyclicity, eccentricity, type of shell, thickness and diameter of shell, durability of concrete and deformation of reinforced concrete constructions.

So, to get the most reliable information from these researches with minimal waste, we need to optimize parameter of load-bearing capacity and deformation and parameter of restriction-destruction. A calculation was made for optimizing the experiment about minimal amount of researches and conditions where they are done, and that is enough to solve the problem precisely.

Key words: *Planning the experiment, shell, concrete, deformations, cyclicity, eccentricity*

Synkovska Olena – Ph.D, Associate Professor of bridge construction department, constructions and building mechanics name of. V.O. Rosyskovo, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, email: iglema@meta.ua

Ihnatenko Andrii – Ph.D, Associate Professor of bridge construction department, constructions and building mechanics name of. V. O. Rosyskovo, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, email: zamdec@ukr.net