

УДК 624.012

М.О.ХАРЧЕНКО

*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

**МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГРАНИЧНИХ ФІБРОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ТАВРОВОГО ПРОФІЛЮ ПРИ КОСОМУ ДЕФОРМУВАННІ**

Наведено методику експериментальних досліджень залізобетонних балок таврового профілю, які зазнають косоного деформування. За розробленою методикою можливо експериментально встановити залежність граничних значень фібрових деформацій бетону стиснутої зони від кута нахилу площини дії зовнішнього навантаження, кількості розтягнутих стрижнів арматури та їх розташування.

Приведена методика експериментальных исследований железобетонных балок таврового профиля, которые подвергаются косоному деформированию. С помощью данной методики можно экспериментально установить зависимость граничных значений фибровых деформаций бетона сжатой зоны от угла наклона плоскости действия внешних нагрузок, количества растянутых стержней арматуры та их расположения.

The method of experimental researching of non-uniplaner bended reinforced concrete T-beams are considered in this article. It's possible experimentally to establish the dependence of the limit strain of concrete compressed zone from the angle of the power plane, area reinforcement and its location using this method.

*Ключові слова:* граничні фіброві деформації, таврова балка, косе деформування.

Переважає частина залізобетонних конструкцій та їх елементів зазнають складного силового деформування. Не зважаючи на існуючий досвід проектування складно-напружених конструкцій [1-10], питання розрахунку їх міцності, жорсткості та тріщиностійкості в нормативній та науково-технічній літературі висвітлені поки що недостатньо. Це зумовлено відсутністю достовірних експериментально обґрунтованих методів їх розрахунку. Тому залізобетонні елементи, що зазнають складного силового деформування, потребують подальшого всебічного теоретичного та експериментального дослідження їх роботи. При цьому накопичення експериментальних даних і зіставлення їх надалі з результатами розрахунків на основі деформаційної моделі дозволяє враховувати особливості роботи елементів при косоному згинанні та підготувати рекомендації щодо удосконалення методики їх розрахунку.

Питанням експериментальних досліджень міцності залізобетонних елементів таврового профілю, що зазнають косоного деформування, присвячені роботи багатьох вчених [3-9] та ін. Їх основна увага приділялася визначенню руйнівного навантаження. При цьому параметри напружено-деформованого стану:  $x$  – висота стиснутої зони бетону;  $\theta$  – кут нахилу нейтральної лінії;  $\varepsilon_{cu,cd}$  – граничні деформації бетону в найбільш стиснутому ребрі балки, – не досліджувалися

достатньою мірою. На сучасному етапі для з'ясування реальної роботи косозігнутих залізобетонних елементів необхідно визначення всіх параметрів, які можуть впливати на картину їх руйнування.

Тому при розробці методики експериментальних досліджень ставилось за мету визначення залежності деформацій найбільш стиснутої фібри перерізу косодеформованої залізобетонної балки таврового профілю від зміни трьох факторів: кількість стрижнів арматури, її розташування у перерізі та кута  $\beta$  нахилу площини дії зовнішнього навантаження.

Для проведення експериментальних досліджень застосовувались зразки залізобетонних балок таврового профілю, які поділені на три серії залежно від кількості та розміщення поздовжньої робочої арматури (рис.1).

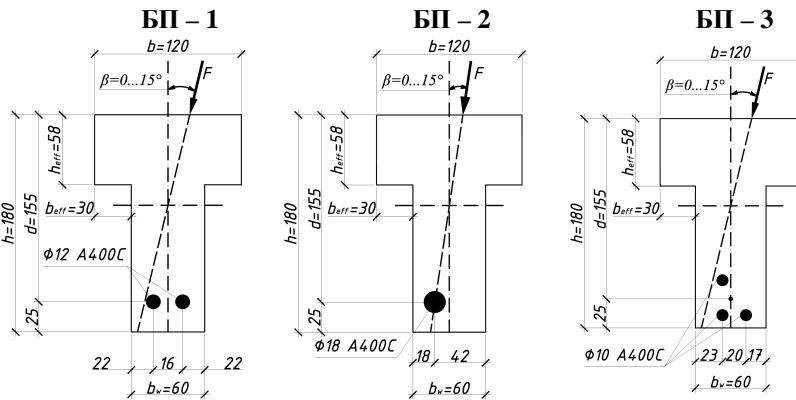


Рис.1 – Серії експериментальних зразків балок

Дослідні балки заармовано таким чином, щоб їх руйнування проходило по нормальному перерізу. Для цього на припорних ділянках поперечна арматура розташована з малим кроком ( $s = 85$  мм). Для дослідження стиснутого бетону без впливу стиснутої арматури в зоні чистого згину вилучена поперечна та конструктивна арматура на довжині 1/3 частини прольоту між місцями прикладання сил. Конструкція експериментальних зразків серії БП-1, геометричні розміри та схема їх завантаження наведено на рис.2. Для серій БП-2 та БП-3 конструкція та схема завантаження аналогічна БП-1.

Слід зауважити, що робочі стрижні в розтягнутій зоні балок серій БП-1 та БП-3 розміщені таким чином, щоб координати центра ваги ( $x_0; y_0$ ) розтягнутої арматури були однаковими. Балки серії БП-2

відрізняються від експериментальних зразків серії БП-1 та БП-3 розташуванням робочої арматури, зокрема зміщення її по горизонталі.

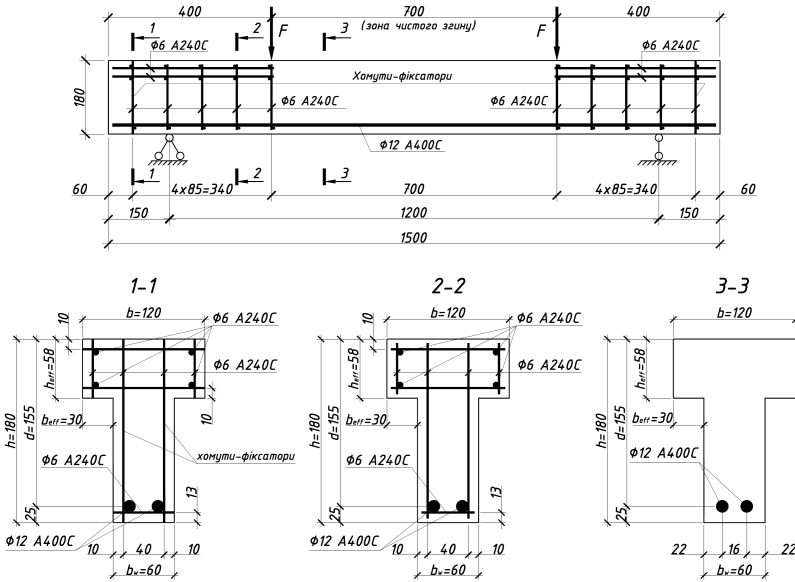


Рис.2 – Конструкція експериментальних зразків балок БП-1 та схема їх завантаження

Такий спосіб армування дозволить простежити, як змінюється характер поведінки під навантаженням і руйнування балок залежно від кількості стрижнів розтягнутої арматури та їх розташування.

Фізико-механічні характеристики матеріалів дослідних зразків балок визначалися шляхом їх стандартних випробувань [11, 12].

Випробування експериментальних зразків на дію короточасного навантаження проводилися на дослідній установці (гідрравлічний прес ПГ-50) лабораторії кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій та опору матеріалів ПолтНТУ. Схема експериментальної установки зображена на рис.3.

Експериментальні дослідження виконувалися відповідно до вимог [13] та інших джерел, які рекомендується використовувати при виконанні дослідних випробувань.

Дослідні зразки випробовувалися за схемою одно пролітної вільно обпертої балки завантаженої двома зосередженими силами в третині прольоту.

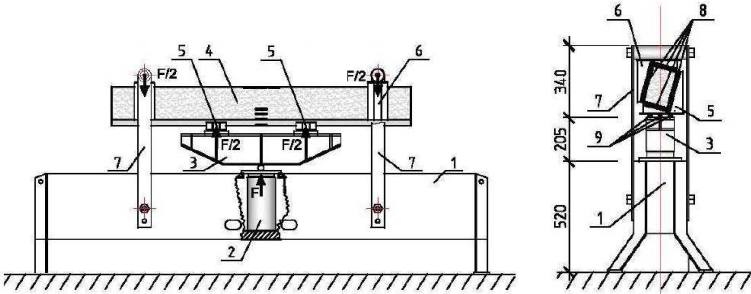


Рис.3 – Схема дослідної установки:

- 1 – жорстка база; 2 – гідравлічний домкрат; 3 – передавальна траверса; 4 – зразок експериментальної балки; 5 – завантажувальні накладки; 6 – опорні накладки; 7 – тяжі; 8 – шарніри; 9 – циліндричні котки.

Навантаження створювалося гідравлічним домкратом (2), що спирається на жорстку базу (1). Через силорозподільчу траверсу (3) за допомогою шарнірів (7) передавалося зусилля у вигляді двох зосереджених сил. При такій схемі завантаження створюється зона чистого згину, у межах якої досліджується деформативність нормальних перерізів по висоті перерізу балок. Шарнірно-рухомий та шарнірно-нерухомий характер обпирання зразка забезпечується за рахунок шарнірів (8), які встановлюються на суміжні грані балки. При цьому навантаження прикладається ступенями (2% від розрахункового руйнівного навантаження).

Для одержання експериментальних значень параметрів напружено-деформованого стану для різних форм стиснутої зони бетону балки випробовувалися при різних кутах нахилу силової площини від  $\beta = 5^0 \dots 15^0$ .

Підхід для створення складного завантаження балок при їх експериментальному дослідженні прийнято аналогічно [14]. Явище косоного деформування створюється за допомогою спеціально виготовлених сталевих завантажувальних (5) та опорних накладок (6), які фіксують балку в такому положенні, за якого забезпечується нахил зовнішньої силової площини під кутами  $\beta = 5^0 \dots 15^0$  до вертикалі. Балка встановлюється на них співвісно з базою дослідної установки, після чого закріплюється. Фактичне значення нахилу граней балки до вертикалі фіксується оптичним квадрантом КО-60 з ціною поділки 1'. Цей прилад прикладається до бічної поверхні балки в зоні чистого навкісного згинання.

Вільне деформування дослідного зразка балок у горизонтальному напрямі забезпечується встановленням під завантажувальні опори (5) сталевих циліндричних котків (9).

Для вимірювання прогинів застосовувалися прогиномірами типу 6 ПАО з точністю виміру 0,01 мм, які встановлювалися на відстані 1/4 прольоту від опор та по середині балки.

Поздовжні деформації бетону та арматури вимірювалися в середньому перерізі балки за допомогою електротензодатчиків опору з базою 50 та 20 мм відповідно, що під'єднувалися до вимірювача деформацій АИД-2М.

Фіброві деформації бетону вимірювалися за допомогою 6 тензодатчиків опору з базою 50 мм, які наклеювалися на суміжні грані балок в зоні чистого навскісного згинання на ділянці довжиною 200 мм над місцем ймовірного утворення небезпечної нормальної тріщини.

Для одержання найбільш повної оцінки результатів випробувань дослідний зразок балок доводився до руйнування, тобто вичерпання несучої здатності, яке характеризується безперервним наростанням прогинів, розвитком і розкриттям тріщин в бетоні при досягненні ним максимального навантаження. При цьому на кожному ступені завантаження виконувався ретельний огляд поверхні граней балок; фіксувались в журналі випробувань відліки за всіма тензодатчиками як на бетоні, так і на арматурі, величина навантаження; результати виміру прогину; осідання опор та поворот балки на опорах; тріщини, що з'явилися, та ширина їх розкриття.

Запропонована нами методика експериментальних досліджень роботи косозігнутих залізобетонних балок таврового профілю дозволяє отримати дані про величину граничних деформацій найбільш стиснутої фібри перерізу та оптимізувати процес проведення експерименту. А також дозволяє в повній мірі оцінити вплив пріоритетних факторів на міцність і напружено-деформований стан елементів, що працюють в умовах косоного деформування.

1.Павліков А.М. Нелінійна модель напружено-деформованого стану в косо завантажених залізобетонних елементів у закритичній стадії / А.М. Павліков. – Полтава: ПолтНТУ, 2007. – 259 с.

2.Вахненко П.Ф. Современные методы расчета железобетонных конструкций на сложные виды деформаций / П.Ф. Вахненко. – К.: Будівельник, 1992. – 112 с.

3.Семко А.В. Образование и раскрытие трещин, нормальных к продольной оси косоизгибаемых железобетонных элементов таврового и Г-образного сечения: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 „Строительные конструкции, здания и сооружения“ / А.В. Семко; Полт. инж.-строит. ин-т. – Полтава, 1988. – 184 с.

4.Сердюк Л.И. Экспериментально-теоретические исследования прочности обычных и предварительно-напряженных железобетонных элементов прямоугольного, таврового и Г-образного сечений со стержневой арматурой при косом изгибе: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 „Строительные конструкции, здания и сооружения“ / Л.И. Сердюк; Полт. инж.-строит. ин-т. – Полтава, 1966. – 159 с.

5.Фалеев Л.В. Экспериментально-теоретические исследования несущей способности

железобетонных балок таврового сечения, работающих на косоой изгиб с кручением / Л.В. Фалеев // Изв. вузов. Стр-во и арх. – 1967. – №2. – С.12-19.

6.Зернюк Е.В. Напряженно-деформированное состояние косоизгибаемых железобетонных элементов таврового профиля при действии эксплуатационного уровня загрузки: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 „Строительные конструкции, здания и сооружения“ / Е.В. Зернюк; Полт. техн. ун-т. – Полтава, 1997. – 170 с.

7.Хохлов А.Г. Влияние точности монтажа крановых рельсов на несущую способность подкрановых железобетонных балок: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.32.01 „Будівельні конструкції, будівлі та споруди“ / А.Г. Хохлов. – Полтава, 2000. – 24 с.

8.Карп'юк Ф.Р. Міцність, тріщиностійкість та деформативність при опорних ділянках попередньо напружених таврових залізобетонних елементів: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.32.01 „Будівельні конструкції, будівлі та споруди“ / Ф.Р. Карп'юк. – Одеса, 2010. – 23 с.

9.Дорофеев В.С. Нелінійний розрахунок попередньо напружених таврових залізобетонних елементів з використанням ПК «Ліра 9.6» / В.С. Дорофеев, А.М. Бамбура, В.М. Карпюк, Ф.Р. Карп'юк, О.В. Степура // – Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. наук. пр. – Вип. 74: В 1-х кн. Кн.2. – К.: ДП НДІБК, 2011. – С.134-144.

10.Бойко О.В. Оцінка міцності навскісно зігнутих балок на основі дволінійних діаграм деформування бетону та арматури: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.32.01 „Будівельні конструкції, будівлі та споруди“ / О.В. Бойко. – Полтава, 2010. – 22 с.

11.ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. – К. Мінрегіонбуд, 2010.

12.ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 10 с.

13.ДСТУ Б. В. 2.6-7-95. Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 45 с.

14.Федоров Д.Ф. Методика експериментальних досліджень фібрових деформацій розтягу косо зігнутих залізобетонних елементів у момент утворення першої тріщини / Д.Ф. Федоров // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2011. – Вип.22. – С.505-511.

*Отримано 27.04.2012*

УДК 624.014.2

Ю.О.КУШНІР

*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ СТАЛЕВИХ БАЛОК, ЩО ПІДСИЛЕНІ ГОРИЗОНТАЛЬНИМИ ЗАТЯЖКАМИ**

Наведено результати експериментальних досліджень міцності сталевих балок, які підсилені горизонтальними затяжками при різних рівнях попереднього навантаження.

Приведены результаты экспериментальных исследований стальных балок, усиленных горизонтальными затяжками при различных уровнях предварительной нагрузки.

The results of the experimental researches of steel beams reinforced horizontal braces at different levels of preloading are presented in this work.