

## ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ ОПЕРТИХ ПО КОНТУРУ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ ПЛИТ

С. Лисюк

*Український регіональний спеціалізований науково-реставраційний інститут  
„Укрзахідпроектреставрація”, м. Львів*

**Ключові слова:** міцність, напружено-деформований стан, попередньо напружені плити оперті по контуру.

**Key words:** strength, stressed-deformed state, prestressed slabs leaning on a contour.

There are given the results of experimental investigation and proposed the test procedure of strength of a biaxial prestressed slabs that are leaned on a contour at a cross-section bend.

**Постановка проблеми:** У практиці сучасного будівництва все більше знаходять застосування попередньо напружені у двох напрямках залізобетонні плитні конструкції. Проте такі конструкції, що працюють в умовах складного напруженого стану, досліджені ще недостатньо. Існуючі норми теж не дають конкретних рекомендацій для розрахунку такого класу конструкцій. Ця проблема стала основою для вивчення міцності та деформативності одного з типів двовісно попередньо напружених конструкцій – залізобетонних плит, опертих по контуру.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженням напружено-деформованого стану за поперечного згину попередньо напружених у двох напрямках плит займалася низка науковців. Серед них слід виокремити роботи Г. М. Мамедова [1], М. Ю. Карчемського [2], Б. М. Лісіцина [3], Ю. І. Лубошнікова [4], І. П. Шаповала [5], а також Т. К. Даниліної і Ф. Є. Гітмана [6]. Незважаючи на значну кількість експериментів, у яких дослідні зрізці різнилися характеристиками матеріалів, геометричними параметрами, способом прикладання зусиль, а також рівнями попереднього обтиску, досі немає моделі поведінки двовісно напружених плит за поперечного згину, яка б змогла описати всі, без винятку, результати, отримані під час експериментів.

**Постановка завдання.** Метою дослідження було визначення тріщиностійкості, міцності та максимальних вигинів двовісно напружених плит за поперечного згину, а також теоретичне обґрунтування експериментальних даних.

**Виклад основного матеріалу.** Експериментальному дослідженню короткочасного поперечного згину піддавали плити розміром 80x800x800мм з попередньо напруженою у двох напрямках арматурою  $A_T-V$  діаметром 12 мм після визначення втрат напружень попереднього обтиску від усадки та повзучості. Об'єм та характеристики зразків-плит перед дослідженням на поперечний згин наведено в табл. 1. Крім того, вказані рівні попереднього обтиску бетону на момент прикладання поперечного навантаження, які визначалися з врахуванням втрат попереднього напруження від усадки та повзучості бетону.

Таблиця 1

Характеристика зразків для дослідження на поперечний згин

Марка зразка	Термін випробування плит, доба	Призмova міцність, МПа	Попередні напруження від зусиль обтиску, МПа				Зусилля руйнування плити, кН/м <sup>2</sup>
			в арматурі		в бетоні		
			вісь X	вісь Y	вісь X	вісь Y	
ПН-I 0.7/0.0	87	22,8	646	-	9,1	0	750
ПН-II 0.7/0.0	89		626	-	8,8	0	820
ПН-I 0.7/0.3	91		644	419	9,1	3,9	860

ПН-II 0.7/0.3	93	633	406	8,9	3,8	834
ПН-I 0.7/0.7	95	657	667	9,2	9,4	940
ПН-II 0.7/0.7	97	636	685	8,9	9,6	1040
ПН-I 0.0/0.0	86	-	-	-	-	330

Дослідні зразки виготовлені з бетону одного складу. Для всіх зразків застосовували цемент Миколаївського заводу з активністю 40 МПа. Як крупний заповнювач використовували гранітний щебінь фракції до 20 мм, дрібним заповнювачем слугував пісок кварцовий з модулем крупності 1,84. Склад бетону за вагою становив 1 : 1,37 : 3,71 за водоцементного відношення 0,57. Бетонну суміш готували в один заміс.

Одночасно з дослідними зразками для визначення характеристик бетону виготовлялися кубики та призми. Останні виготовляли в металевій опалубці. Бетонування проводили в горизонтальному положенні. Ущільнення бетону тривалістю 1 - 2 хв здійснювали поверхневим вібратором. Кубикову і призмову міцність зразків, а також початковий модуль пружності бетону за короткочасної дії навантаження визначали на гідравлічному пресі відповідно до вказівок чинних нормативних документів [7; 8].

Для цього плити опиралися по контуру на 16 шарнірів (рис. 1), розташованих на жорсткій металевій рамі. Згідно із вимогами до проведення випробувань [9] рівномірно-розподілене навантаження на плиту виконували за допомогою 16 зосереджених сил згідно зі схемою, наведеною на рис. 2. Навантаження плити здійснювали за допомогою двох гідравлічних домкратів потужністю 250 кН, об'єднаних спільним масляним контуром. Для забезпечення однакових зусиль у кожному з домкратів їх об'єднано в один контур за допомогою під'єднання до спільної насосної станції.

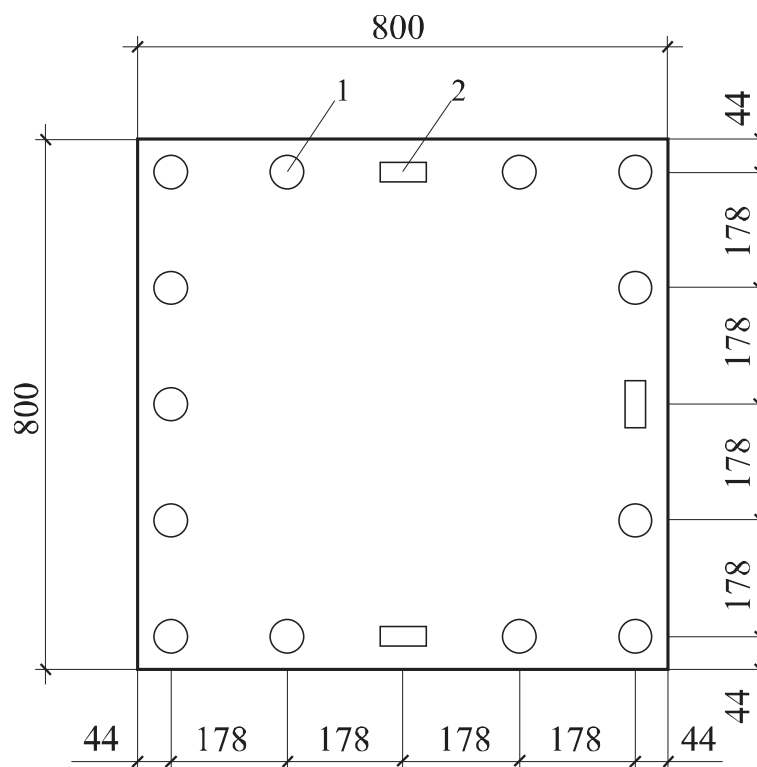


Рис. 1. Схема опирання плити:  
1 – сферична опора; 2 – циліндрична опора.

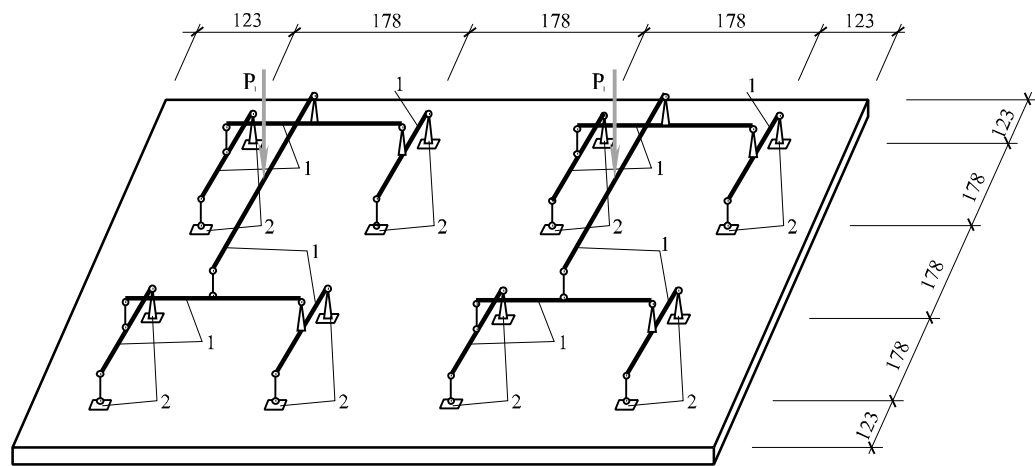


Рис. 2. Схема завантаження плити:  
1 – траверси; 2 – точки прикладання зусиль.

Дії рівномірно-розподіленого навантаження піддавали плити з такими рівнями попереднього натягу вздовж протилежних осей: 0,0/0,0, 0,7/0,0, 0,7/0,3 та 0,7/0,7.

У результаті експериментальних досліджень двовісно напружених плит за поперечного згину встановлено, що всі плити, незалежно від зусиль попереднього обтиску, руйнуються за однією схемою (рис. 3). За характером руйнування попередньо-напружених плит можна зробити висновок, що оперті по контуру плити працюють в основному на зріз. Зокрема, у всіх випадках для плит з рівнями попереднього обтиску 0,7/0,7, 0,7/0,3 та 0,7/0,0 спочатку відбувалося відколювання приопорних ділянок вздовж двох протилежних граней плити, за рахунок чого плита змінювала характер опирання, тобто опирання по контуру переходило на опирання на дві протилежні сторони. Це призвело до значного зниження несучої здатності плити, внаслідок чого руйнування плити відбувалося за моментною схемою. Отже, у цій ситуації вирішальною є міцність плити на зріз. Пропонується вести розрахунок міцності такого типу плит як таких, що працюють на продавлювання. За основу такого розрахунку взято формулу:

$$P \leq R_{bt} h_0 u_m \chi, \quad (1)$$

де  $R_{bt}$  – розрахунковий опір бетону на розтяг;  $u_m = 2(h_k + b_k + 2h_0)$  – середнє арифметичне між верхньою та нижньою основами піраміди продавлювання в межах корисної висоти  $h_0$ ;  $\chi$  – коефіцієнт, який враховує вплив попереднього обтиску.

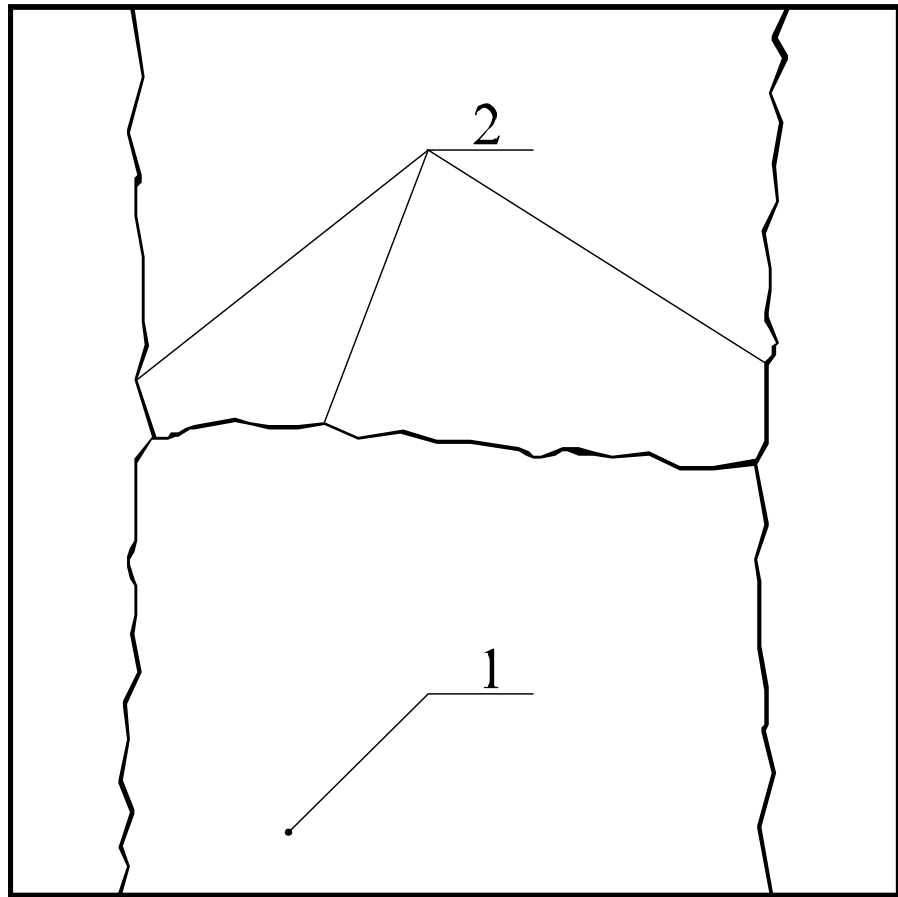


Рис. 3. Схема руйнування плити: 1 – плита; 2 – тріщини.

Якщо формулу (1) взяти за основу розрахунку попередньо напружених плит, то сюди необхідно внести додаткові коефіцієнти, які б враховували вплив попереднього напруження на несучу здатність плити. Загалом коефіцієнт  $\chi$  можна подати такою залежністю:

$$\chi = 1 + k_x \eta_x + k_y \eta_y, \quad (2)$$

де  $\eta_x = \frac{\sigma_x}{R_b}$  – інтенсивність обтиску вздовж осі  $X$ ;  $\eta_y = \frac{\sigma_y}{R_b}$  – інтенсивність обтиску вздовж осі  $Y$ ;  $k_x$  і  $k_y$  – коефіцієнти, які враховують вплив рівня обтискувальних напружень у відповідному напрямку.

Як показав експеримент, у плитах із різними рівнями попереднього обтиску вздовж протилежних осей сколювання приопорних ділянок відбувалося перпендикулярно осі з меншим рівнем обтиску, тобто на підвищення несучої здатності найбільше впливає одновісне напруження, додатковий обтиск плити вздовж другої з осей має менший вплив на підвищення несучої здатності. Тому за даними проведених експериментів за умови, що  $\sigma_x \geq \sigma_y$ , коефіцієнти  $k_x$  і  $k_y$  мають сталі значення і можуть прийматись як  $k_x = 1,95$ ;  $k_y = 0,95$ .

Як випливає з формули (2), у разі повної відсутності попереднього напруження  $\eta_x = \eta_y = 0$  і  $\chi = 1$ . Тепер співвідношення (1) збігається з формулою, яку використовують у розрахунках міцності фундаментних плит, що працюють на продавлювання.

Порівняння експериментальних і теоретичних значень продавлюючої сили  $P$  показано у табл. 2. Для розрахунків прийнято такі дані:  $R_{bt} = 1,85$  МПа,  $h_0 = 4$  см,  $u_m = 2,2$  м. Значення продавлюючої сили приймали як суму зусиль у двох домкратах.

Таблиця 2  
Порівняння експериментальних і теоретичних значень

Показник	Зусилля руйнування плит, кН			
	0,0/0,0	0,7/0,0	0,7/0,3	0,7/0,7
Середньоарифметичні значення, отримані в експерименті	165	392,5	438,5	495
Теоретичні значення	162,8	385	431,4	493,3

**Висновки.** Двовісно попередньо напружені плити, використані в експерименті, зруйнувалися від продавлюючих зусиль. Аналіз результатів експерименту дозволив запропонувати спосіб визначення міцності плит, що працюють на продавлювання, із врахуванням зусиль попереднього обтиску в них. Як видно з табл. 2, теоретичні дані непогано збігаються з експериментальними значеннями, при цьому похибка лежить у межах 2%. Це свідчить про можливість застосування методики для розрахунку опертих по контуру попередньо напружених плит, що працюють на продавлювання.

#### Бібліографічний список.

1. Мамедов Г.М. Исследование железобетонных панелей с двухосным предварительным напряженным армированием для плоской крыши панельно-каркасных зданий: Автореф. дис ... к. т. н. – М., 1952. – 21 с.
  2. Карчемский М.Ю. Железобетонные плиты, предварительно напряженные в двух направлениях. – К.: Госстройиздат, 1958. – 121 с.
  3. Лисицин Б.М. Теоретическое и экспериментальное исследование предварительно напряженных в двух направлениях железобетонных плит и шатровых панелей: Автореф. дис ... к. т. н. – К., 1961. – 20 с.
  4. Лубошников Ю. И. Особенности деформирования предварительно напряжённых железобетонных плит, опертых по контуру // Исследование строительных конструкций: Сб. науч. тр. / Красноярский промстройНИИпроект. – Красноярск, 1979. . – Вып. 1. – С. 11-18.
  5. Шаповал И.П. Исследование работы предварительно напряженных в двух направлениях, опертых по контуру железобетонных конструкций с учетом длительных процессов: Автореф. дис... к. т. н. – К., 1959. – 22 с.
  6. Данилина Т.К., Гитман Ф.Е. Панели перекрытий, предварительно напряжённые в двух направлениях // Жилищное строительство. – 1982. – № 1. - С. 17-19.
  7. ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам Госстрой СССР. – М: ЦИТП, 1990.
  8. ГОСТ 24452-80 Бетоны. Методы определения призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона Госстрой СРСР. – М: Издательство стандартов, 1985.
- ГОСТ 8829-94 Изделия строительные железобетонные и бетонные заводського изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости Госстрой РФ. – М: ЦИТП, 1997.