

УДК 624.073

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.148.2014.71841>

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КВАДРАТНИХ СТАЛЕБЕТОННИХ ПЛИТ З РІЗНИМИ УМОВАМИ ОПОРУ ТА КРОКОМ АНКЕРНИХ УПОРІВ**

Кандидати техн. наук А.А. Петрушевська, Є.В. Ігнатенко

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КВАДРАТНЫХ СТАЛЕБЕТОННЫХ ПЛИТ С РАЗЛИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ ОПИРАНИЯ И ШАГОМ АНКЕРНЫХ УПОРОВ**

Кандидаты техн. наук А.А. Петрушевская, Е.В. Игнатенко

**EXPERIMENTAL RESEARCHES OF STEEL CONCRETE SQUARE SLABS WITH DIFFERENT SUPPORT CONDITIONS AND THE PITCH ANCHOR STOPS**

Cand. of techn. sciences A.A Petrushevskia, E.V. Ignatenko

*У роботі наведено результати експериментальних досліджень квадратних сталобетонних плит із зовнішньою листовою арматурою, яка поєднана із бетоном за допомогою петлевих анкерів. За способом обпирання розглянуті зразки, як з вільним обпиранням по кутах, так і з жорстким закріпленням кутів.*

**Ключові слова:** сталобетон, плити, армування, анкера, деформування, руйнування, напруження.

*В работе приведены результаты экспериментальных исследований квадратных сталобетонных плит с внешним листовым армированием, которое объединено с бетоном с помощью петлевых анкеров. По способу опирания рассмотрены образцы, как со свободным опиранием по углам, так и с жестким закреплением углов.*

**Ключевые слова:** сталобетон, плиты, армирование, анкера, деформирование, разрушение, напряжение.

*The paper presents the results of experimental studies of square steel-concrete slabs reinforced with an external sheet, which combined with the concrete using a loop anchors. In the present work, reinforced concrete slabs with step anchors 50 and 100 mm. Plates were studied under two conditions support - hinged and rigid*

clamping angles. Results of experimental studies are: data on the nature of the stress-strain state at various stages of loading, as well as data on the nature of the fracture and limit state design, the relationship between the carrier plate and the ability to move the anchors at various ways support, the experimental curves of deformation of plates.

**Keywords:** steel concrete, slabs, reinforcing, anchors, deformation, destruction, pressure.

**Вступ.** Сучасне проектування вимагає забезпечення надійності будівель і споруд при одночасному зниженні їх матеріалоемності, трудомісткості та вартості на етапах проектування, монтажу й експлуатації. До числа таких конструкцій відносяться конструкції з зовнішнім армуванням листовою сталлю – сталебетонні конструкції. Найбільший ефект при зниженні ресурсоемності мають плити перекриття та покриття з зовнішнім армуванням, що згинаються в двох напрямках.

**Постановка проблеми.** Проблема розрахунку сталебетонних плит на силові впливи на сьогоднішній день полягає в необхідності врахування наступних факторів: неоднорідного напруженого стану, особливостей обпирання плит, нелінійності деформування бетону в умовах плоского напруженого стану і його анізотропних властивостей, залежності характеристик жорсткості від деформованого стану, податливості контакту, довільного навантаження і т.д. У зв'язку з цим розробка нових конструктивних рішень і методики розрахунку сталебетонних плит, що враховують зазначені фактори, і дослідження їх роботи є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень.** Плоский сталевий лист працює в умовах двоосового

напруженого стану, завдяки чому підвищується жорсткість і несуча здатність плити при однаковій витраті металу в порівнянні із залізобетонною [1-6].

**Основна частина досліджень.** Для вивчення питань, покладених в основу експериментальних досліджень, було виготовлено вісім дослідних зразків, що є квадратними в плані плитами зі стороною 1000 мм і завтовшки 62 мм. Кожен зразок складався з наступних складових частин: армоопалубочного елемента, виконаного з плоского металевого листа завтовшки 2 мм, петлевих анкерів і бетонного шару. Конструктивне рішення зразків наведено на рис. 1, 2.

Зразки П-1, П-2, П-5 та П-6 запроєктовані і виготовлені у вигляді бетонної плити із зовнішнім армуванням з листової сталі 1 (рис. 1). Для спільної роботи листові арматури об'єднана з бетоном похилими петлевими анкерами 3, розташованими за діагоналлю та у середині в напрямі краю кроком 100 мм. Їх нахил до горизонтальної поверхні складає 45° в напрямі від центру до краю плити.

Зразки П-3, П-4, П-7, П-8 (рис. 2) відрізняються від П-1,2,5,6 тим, що петлеві анкери 3 розташовані з кроком 50 мм.

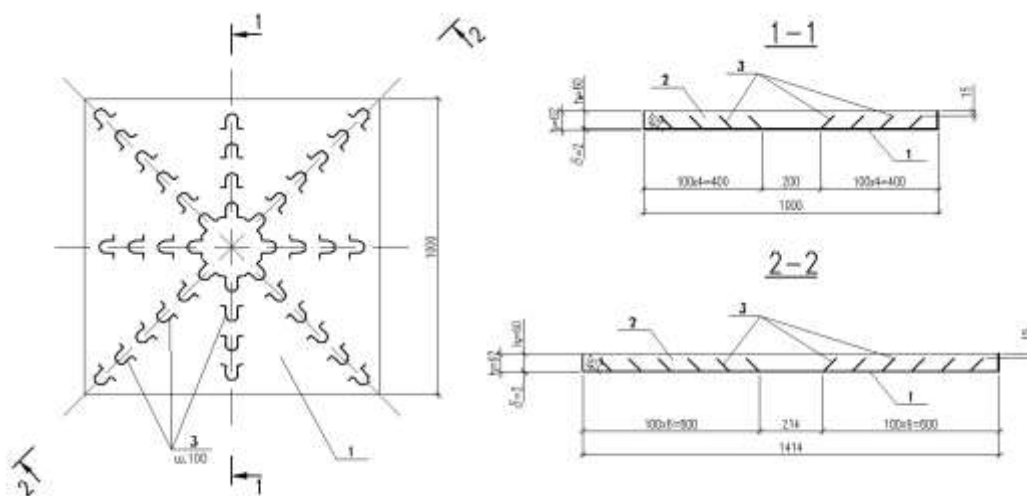


Рис. 1. Конструкція сталебетонних плит П-1, П-2, П-5, П-6:  
1 – сталевий лист, 2 – бетон, 3 – петлеві анкери

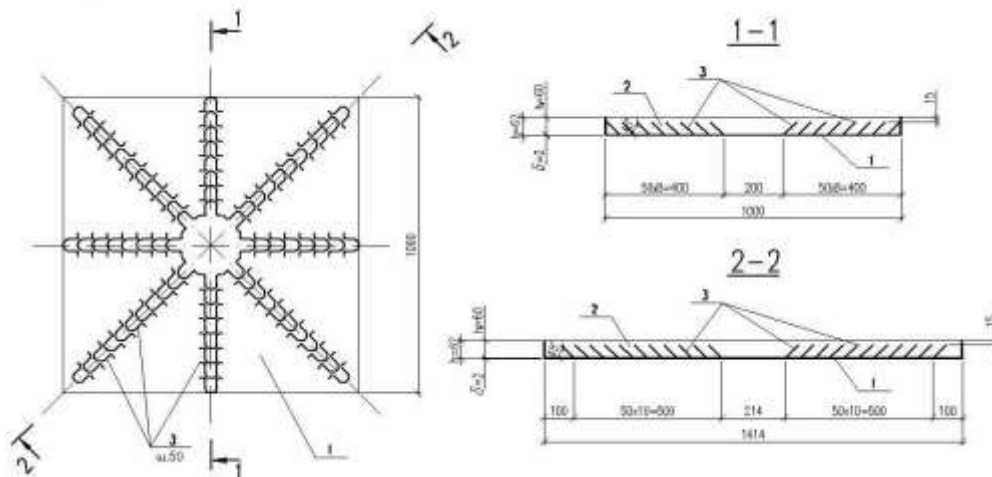


Рис. 2. Конструкція сталобетонних плит П-3, П-4, П-7, П-8:  
1 – сталевий лист, 2 – бетон, 3 – петлеві анкери

Для анкерів використовували дрітню рифлену арматуру діаметром 4 мм класу Вр-1. Анкери приварювалися до сталевих листів ручним напівавтоматичним зварюванням.

Бетонування дослідних зразків було виконане у лабораторії кафедри «Будівельні матеріали, конструкції та споруди» Української

державної академії залізничного транспорту. Для виготовлення бетонної суміші використовували дрібнозернистий бетон з В:Ц=0,43. Для визначення фізико-механічних характеристик бетону та сталі були проведені стандартні випробування [7, 8, 9, 10]. Результати випробувань наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики матеріалів

Характеристики сталі				
Межа плинності $\sigma_T$ , МПа	Межа міцності $\sigma_b$ , МПа	Модуль пружності $E_s \times 10^5$ , МПа	Коефіцієнт поперечної деформації $\nu_s$	
221	295	2,02	0,30	
Характеристики бетону				
Номер плити	Межа міцності на стиск $R_b$ , МПа	Межа міцності на розтягнення $R_{bt}$ , МПа	Модуль пружності $E_b \times 10^4$ , МПа	Коефіцієнт поперечної деформації $\nu_b$
П-1, П-2	40,7	5,69	3,37	0,18
П-3, П-4, П-5, П-6, П-7, П-8	40,1	5,43	3,29	0,18

Випробування зразків виконувалися ступенями приблизно по 0,4 т. За нульовий відлік брали свідчення реєструючих приладів під навантаженням тільки від власної ваги. Після кожного витриманого ступеня

навантаження оцінювався стан бетонної поверхні і сталевих листів плити. Ознаки руйнування матеріалу фіксувалися в журналі випробувань і позначалися крейдою на поверхні плити. Вертикальні переміщення

точок плити фіксувалися вздовж осі симетрії і по кутах індикаторами годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм і прогиномірами Аістова.

Деформації плити визначалися методом електротензометрії. Показання тензорезисторів реєструвалися за допомогою багатоканальної вимірювальної системи ВВП-9.

Після завершення випробування зразка виконувався розтин зовнішнього армування, що дало можливість оцінити руйнування бетону в місці контакту зі сталевим листом. У всіх плитах бетон руйнувався тріщинами, що

йдуть по осі симетрії від штампа (місця прикладання навантаження) до краю плити, також утворювалася тріщина по висоті плити до сталевого листа.

В результаті випробування дослідних зразків плит були отримані дані їх деформування під навантаженням. Аналіз діаграми «навантаження-прогин» (рис. 3), отриманої для центральної точки плити, дозволяє відзначити, що переміщення плит кожної серії носили різний характер. Найбільше навантаження витримують плити з кроком анкерів 50 мм.

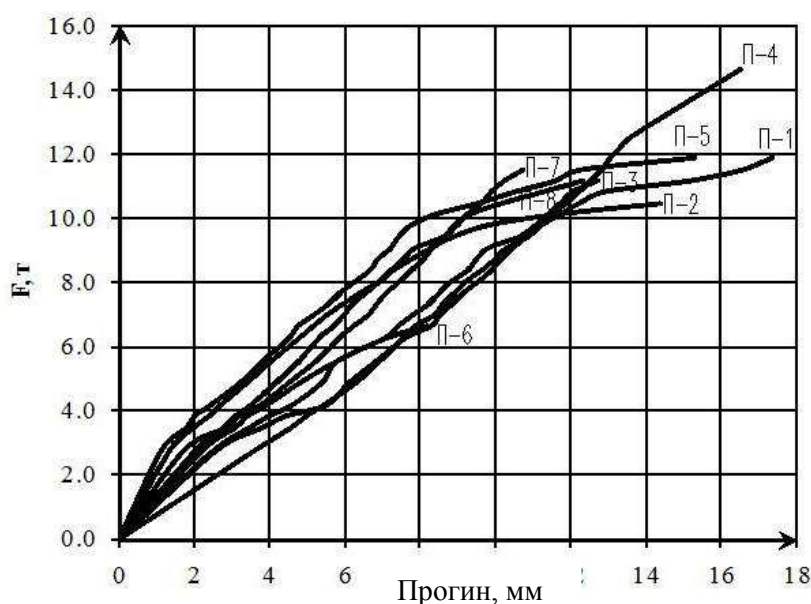


Рис. 3. Експериментальні криві деформування плит:  
 П-1, П-2 – крок анкерів 100 мм, вільне обпирання по кутах  
 П-3, П-4 – крок анкерів 50 мм, вільне обпирання по кутах;  
 П-5, П-6 – крок анкерів 100 мм, кути затиснені;  
 П-7, П-8 – крок анкерів 50 мм, кути затиснені

Згідно рис. 3 діаграми «навантаження-прогин» для всіх зразків мають нелінійний характер, котрий обумовлений утворенням тріщин в розтягненій зоні бетону та розвитком деформацій в шарах перетину.

**Висновки.** Результати вимірювання деформацій в сталобетонних зразках показали, що пластичні деформації в сталевому листі з'являються при навантаженні 8 т, а при навантаженні 10-12 т відбувається руйнування верхнього шару бетону в середині плити. Це

супроводжується зростанням прогинів плити в середині.

В результаті випробування квадратних сталобетонних плит були отримані дані про характер їх напружено-деформованого стану на різних етапах навантаження, а також дані про характер тріщиноутворення і граничного стану конструкції. Дослідження отриманих даних дозволило оцінити вплив кроку анкерних упорів на несучу здатність і деформативність сталобетонних плит.

### Список використаних джерел

1. Чихладзе, Э.Д. Теория деформирования сталебетонных плит [Текст] / Э.Д. Чихладзе, А.Д. Арсланханов // Совершенствование методов расчёта и проектирования конструкций и сооружений: сб. науч. трудов. – Харьков, ХарГАЖТ, 1996. – Вып. 27 – С. 4-39.
2. Chikhladze E.D. Experimental Researches of Steel-Concrete Plates [Text] / Chikhladze E.D., Vatulya G.L. // Shells and spatial structures: from resent past to the next millennium // Proceedings of the IASS 40<sup>th</sup> Anniversary Congress – Madrid, – 1999. – Vol. 1. – P.13-18.
3. Чихладзе, Э.Д. Экспериментальные исследования сталебетонных плит [Текст] / Э.Д. Чихладзе, А.Д. Арсланханов // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1991. - №5. – С. 125-128.
4. Чихладзе, Э.Д. Напряжённо-деформированное состояние сталебетонных пластинок [Текст] / Э.Д. Чихладзе, А.А. Шевченко, А.А. Петрушевская // Напряжённо-деформированное состояние сталебетонных пластинок: зб. наук. праць. – Харків, УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 125. – С. 5-12.
5. Чихладзе, Э.Д. Экспериментальные исследования сталебетонных балок [Текст] / Э.Д. Чихладзе, А.Д. Арсланханов, Э.И. Борисов // Известия вузов. Строительство. – 2000. – № 12. – С. 4-7.
6. Орёл, Е.Ф. Напряжённо-деформированное состояние сталебетонных плит с различными условиями опирания [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.23.01 / Е.Ф. Орёл. – Харьков, 2006. – 253 с.
7. Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості: ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). – [Чинний від 1996-01-01] – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 45 с. – (Державний стандарт України).
8. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками: ДСТУ Б В.2.7-214:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 43 с. – (Національний стандарт України).
9. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение: ГОСТ 12004-81. – [Введен в действие от 1983-07-01]. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1995. – 10 с. – (Межгосударственный стандарт).
10. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки: ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380-2005. – [Чинний від 2005-11-25]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 22 с.– (Національний стандарт України).

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Даренський

---

Петрушевська Алла Андріївна, канд. техн. наук, кафедра колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-59, e-mail: alla\_p1986@mail.ru.

Ігнатенко Євгеній Вікторович, канд. техн. наук, кафедра колії та колійного господарства, секція «Вишукування», Українська державна академія залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-67. E-mail: evgenignatenko@ukr.net.

Petrushevskaya Alla, Candidate of Technical Sciences, Department of Track and Track Maintenance, Ukrainian State Academy of Railway Transport, tel.: +38 (057) 730-10-59, e-mail: alla\_p1986@mail.ru.

Ignatenko Eugeny, Candidate of Technical Sciences, Department of Track and Track Maintenance, section «Researches», Ukrainian State Academy of Railway Transport, tel.: +38 (057) 730-10-67, e-mail: evgenignatenko@ukr.net.