

ВИПРОБУВАННЯ КРУГЛОПУСТОТНОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ ІЗ ПІДРІЗКАМИ НА ОПОРАХ

Андрій БЕЛОКОНЬ¹, Людмила ЖАРКО², Віктор ОВЧАР³, Олег ФЕСЕНКО⁴

^{1, 2, 3} Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»
5/2, вул. Преображенська, Київ, Україна, 03037

⁴ Національний університет біоресурсів і природокористування України
15, вул. Героїв Оборони, Київ, Україна, 03041

¹ a.belokon1407@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-1840-2107>

² zharkl@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0002-5966-1060>

³ vovchar@i.ua, <http://orcid.org/0000-0002-3896-2729>

⁴ oleg_for@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0001-8154-2239>

Анотація. У статті розглянуто результати випробування круглопустотної залізобетонної попередньо напруженої плити перекриття опалубочного формування ПК56.12-8AtVt із підрізками на опорах під дією рівномірно розподіленого навантаження.

Дослідження плити було проведено у випробувальному залі Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», за методикою, що запропонована в ДСТУ Б В.2.6-7.

Під час випробування вертикальне рівномірно розподілене навантаження по поверхні плити прикладалося за допомогою набору траверс і опорних пристроїв для завантаження, гідравлічних домкратів і насосної маслостанції з сило-вимірювачем.

Навантаження на плиту прикладали поетапно ступенями (частками) по 100 кг/м². Після кожної ступені навантаження виконувався огляд поверхні плити в зоні випробувань з фіксуванням у журналі результатів вимірювання переміщень та можливих пошкоджень.

Вертикальні переміщення кутів плити на опорах вимірювали чотирма індикаторами годинникового типу ИЧ-10, а в середині прогону двома прогиномірами 6ПАО. Прогин плити в середині прогону визначали з урахуванням переміщення плити на опорах.

За результатами дослідження встановлено, що до прикладення навантаження 800 кг/м² у плиті не було зафіксовано тріщин, ширина розкриття яких перевищувала граничні значення.



Андрій БЕЛОКОНЬ
інженер 1-ї категорії відділу досліджень конструкцій будівель і споруд



Людмила ЖАРКО
старший науковий співробітник, к.т.н., доцент



Віктор ОВЧАР
старший науковий співробітник, к.т.н. с.н.с



Олег ФЕСЕНКО
доцент кафедри будівництва, к.т.н

Несуча здатність плити була вичерпана при навантаженні 1280 кгс/м², що перевищувало розрахункове навантаження у 1,6 рази. Руйнування плити відбулося по похилих перерізах у місцях улаштування підрізок.

За результатами випробування було встановлено, що круглопустотна залізобетонна плита перекриття ПК56.12-8AtVt із підрізками на опорах відповідає вимогам ДСТУ Б.В.2.6-2 щодо міцності, жорсткості та тріщиностійкості.

Ключові слова: круглопустотна плита перекриття із підрізками; випробування рівномірно розподіленим навантаженням; руйнівне навантаження; прогин; несуча здатність; жорсткість; тріщиностійкість.

ВСТУП

Традиційно круглопустотні залізобетонні плити перекриття проектують такими, що вільно спираються по коротких сторонах. Під час статичних випробувань таких плит опирання зразків передбачено виконувати на рухомі опори: одну з можливістю поздовжнього переміщення, другу – із можливістю повороту. Фактичне защемлення плит у місцях спирання на стіни багатоповерхових будівель не враховують.

Улаштування підрізок вздовж коротких сторін плит передбачено як елемент безригельного перекриття для більш вільного об'ємно-планувального рішення приміщень і відповідно для збільшення висоти приміщень будівлі.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Випробування нових і традиційних будівельних матеріалів та конструкцій є однією з передумов гарантування їх надійної та безпечної експлуатації відповідно до вимог ДБН В.1.2-14:2018 [1]. Деякі аспекти визначення міцності бетону і випробування згинальних залізобетонних конструкцій було розглянуто у попередніх роботах авторів цієї статті [2-7].

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Випробування круглопустотної плити перекриття із підрізками були проведені з метою перевірки її несучої здатності, жорсткості та тріщиностійкості. Випробування плити відбувалися у випробувальному залі

Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій».

МЕТОДИКА ВИПРОБУВАННЯ ПЛИТИ

Круглопустотна залізобетонна плита перекриття ПК56.12-8AtVt попередньо напружена опалубочного формування була виготовлена розмірами 5600×1140×300 мм. Проектний клас бетону плити С25/30. Плита армована стрижнями із термічно зміцненої арматурної сталі Ат-V. Плита передбачена для використання під розрахункове навантаження 800 кгс/м². Плита виготовлена відповідно до технічних умов ДСТУ Б В.2.6-2 [8] та ДСТУ Б В.2-6-53 [9].

На торцях плити вздовж коротких її сторін виконано підрізки для спирання на ригелі або несучі стіни. Пустоти в торцях плити заповнені бетонними вкладками.

Плита з підрізками була укладена на опори випробувального стенду на цементно-піщаному розчині М100.

Випробування круглопустотної плити перекриття із підрізками виконували відповідно до ДСТУ Б В.2.6-7 [10] та ДСТУ-Н Б В.1.3-1 [11].

Під час випробування рівномірно розподілене навантаження по поверхні плити прикладалося за допомогою набору траверс і опорних пристроїв для завантаження, гідравлічних домкратів ДГ-25 і насосної станції з силовимірювачем (ціна поділки шкали 1,0 кгс/см²). Навантаження на плиту прикладали ступенями по 100 кгс/м² від 300 кгс/м² до розрахункового значення 800 кгс/м². Після прикладення кожного ступеня навантаження відбувалася витримка плити під навантаженням протягом 10 хв. Під час витримки плиту оглядали для фіксації можливого утворення тріщин. Випробування плити проводили до її руйнування.

Вертикальні переміщення кутів плити на опорах вимірювали чотирма індикаторами годинникового типу ИЧ-10, а в середині прогону – двома прогиномірами БПАО із ціною поділки 0,01 мм.

Схема прикладення рівномірно розподіленого вертикального навантаження та спирання на плити наведено на рисунку 1, а

схему розміщення навантажувального обладнання і вимірювальних приладів – на рисунку 2.

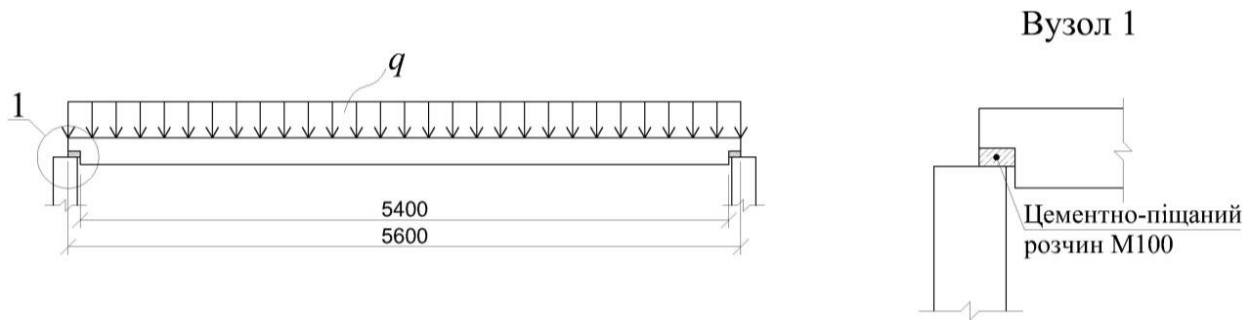
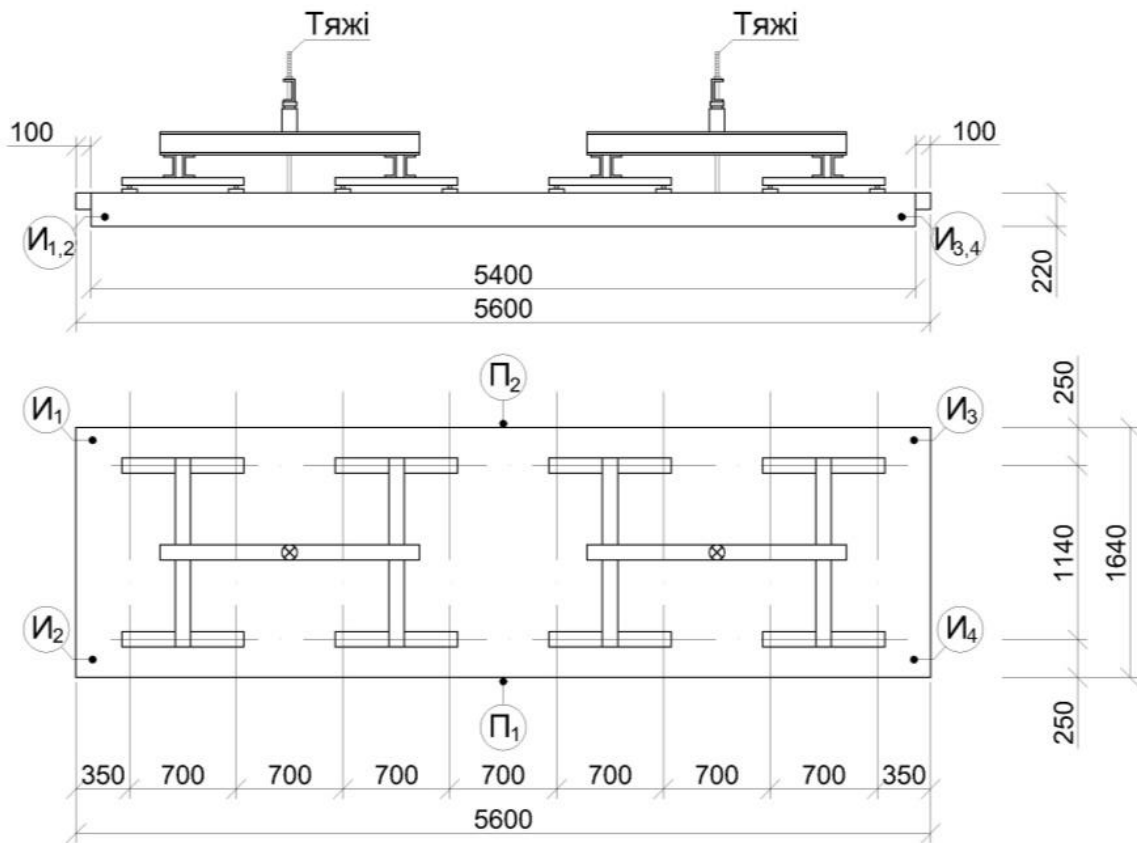


Рис.1. Схема навантаження і спирання плити
Fig.1. Loading and supporting scheme of slab



Примітки:

П_і - вимірювальний прилад "прогиномір";
І_і - індикатор годинникового типу.

Рис.2. Схема розміщення навантажувального обладнання і вимірювальних приладів
Fig.2. Scheme of loading equipment and displacement measuring instruments

Вигляд плити на випробувальному стенді з улаштуванням навантажувального обладнання і вимірювальних приладів наведено на рисунку 3.



a



б

Рис.3. Загальний вигляд плити: *a* - вузол спирання; *б* - на стенді під час випробування
Fig.3. Overall view: *a* -notch at the support of the slab; *b*-during the test

Після кожної ступені навантаження виконувався огляд поверхні плити в зоні випробувань з фіксуванням у журналі результатів вимірювання переміщень, та можливих пошкоджень. Абсолютні переміщення вимірювали після прикладання кожної ступені навантаження, а потім розраховували відносно початкового положення плити. Прогин плити в середині прогону визначали з урахуванням переміщення плити на опорах.

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ ПЛИТИ ІЗ ПІДРІЗКАМИ

Під час випробувань, до прикладання розрахункового навантаження 800 кгс/м², у



a



б

Рис. 4. Характер руйнування плити на опорах у місцях підрізок: а) ліва опора; б) права опора
Fig.4. Failure type of the end-notched slab at the support: a) left support; b) right support

плиті не було зафіксовано тріщин, ширина розкриття яких перевищувала граничні значення.

Несуча здатність випробуваного зразка плити була вичерпана після прикладення навантаження 1280 кгс/м², що перевищувало контрольне (розрахункове) навантаження з перевірки міцності в 1,6 рази.

Руйнування плити відбулося внаслідок роздроблення бетону стиснутої зони над похилою тріщиною в місцях улаштування підрізок, до досягнення границі текучості (умовної границі текучості) сталі в розтягнутій арматурі, що відповідає крихкому характеру руйнування (рис. 4).

Руйнування плити також супроводжувалося розривом або зруйнуванням анкерування поздовжньої та поперечної арматури на ділянці влаштування підрізки, у верхній, стиснутій зоні плити. При цьому прослизання напруженої стрижневої арматури у нижній, розтягнутій зоні плити не було зафіксовано.

За показами вимірювальних приладів, отриманих на різних ступенях навантаження, були розраховані значення переміщень плити на опорах (И1 – И4) та всередині прогону (П1 і П2), які представлені у таблиці 1.

За цими даними було побудовано графіки переміщення плити на опорах (рис. 5).

Графіки переміщення плити посередині прогону, із урахуванням переміщень на опорах, а саме $[П1 - (И2 + И4)/2]$ та $[П2 - (И1 + И3)/2]$ наведено на рисунку 6.

Із графіків видно, що значення переміщень плити на опорах при максимальному навантаженні 1280 кгс/м^2 становили від $0,19 \text{ мм}$ до $0,37 \text{ мм}$.

Після прикладання навантаження 800 кгс/м^2 значення переміщення плити у середині прогону не перевищувало 5 мм . Максимальне переміщення плити у середині прогону було зафіксовано після прикладання навантаження 1280 кгс/м^2 і становило $12,15 \text{ мм}$.

Табл. 2. Значення переміщень плити під час випробування
Table 2. Values of the slab's displacement during the test

Ступінь	Навантаження, кгс/м^2	Переміщення, $\text{мм} \cdot 10^2$					
		И ₁	И ₂	И ₃	И ₄	П ₁	П ₂
0	0	-	-	-	-	0	0
1	50	0	0	0	0	-40	-43
2	100	1	-1	-1	-1	-60	-53
3	200	-1	-5	-3	-3	-119	-116
4	300	-2	-8	-5	-5	-164	-139
5	400	-5	-10	-7	-9	-217	-206
6	500	-6	-15	-9	-12	-265	-231
7	600	-9	-19	-12	-16	-324	-295
8	700	-11	-23	-16	-19	-384	-363
9	800	-14	-28	-18	-22	-493	-483
10	1040	-16	-30	-19	-23	-529	-517
11	1280	-19	-37	-13	-29	-1215	-1160

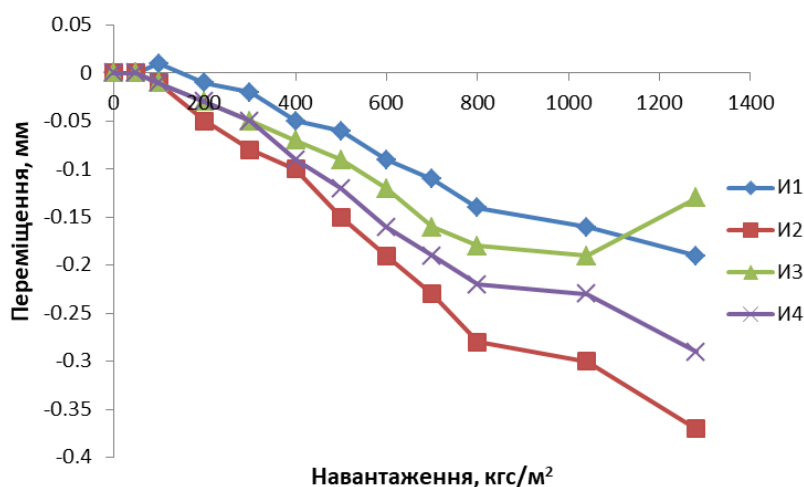


Рис.5. Графік переміщення плити на опорах, мм
Fig.5. Diagram of the slab's displacement at supports, mm

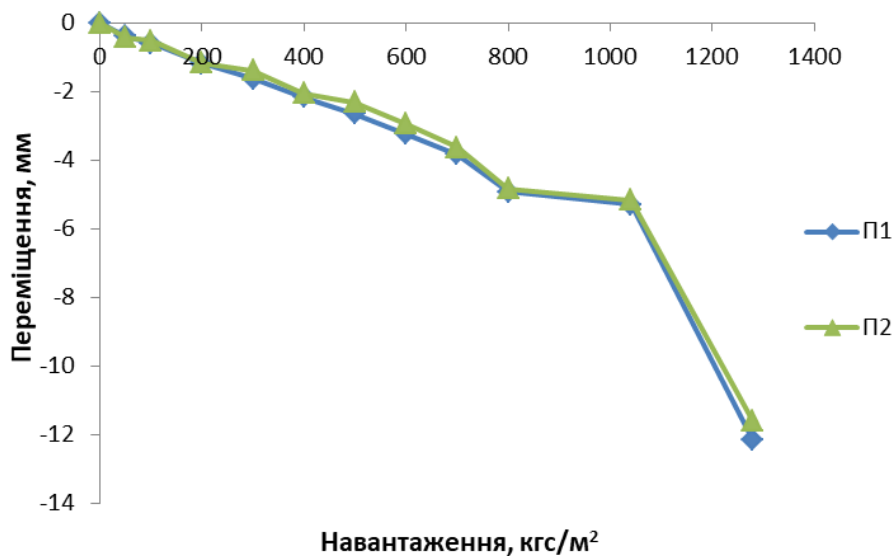


Рис.6. Графік переміщення плити у прогоні, мм
Fig.6. Diagram of the slab's displacement in span, mm

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

ЛІТЕРАТУРА

1. За результатами експериментального дослідження роботи круглопустотної залізобетонної попередньо напруженої плити перекриття опалубочного формування ПК56.12-8AtVt із підрізками на дію рівномірно розподіленого вертикального навантаження було зафіксовано таке:

- після прикладання навантаження 800 кгс/м² значення переміщення плити у середині прогону не перевищувало 5 мм;

- максимальне переміщення плити було зафіксовано після прикладання навантаження 1280 кгс/м² і становило 12,15 мм;

- несуча здатність плити була вичерпана при навантаженні 1280 кгс/м², що перевищувало контрольне (розрахункове) навантаження з перевірки міцності в 1,6 рази.

2. Руйнування плити відбулося внаслідок роздроблення бетону стиснутої зони над похилою тріщиною в місцях улаштування підрізок, до досягнення границі текучості (умовної границі текучості) сталі в розтягнутій арматурі, що відповідає крихкому характеру руйнування.

3. Загалом встановлено, що залізобетонна круглопустотна плита перекриття ПК56.12-8AtVt із підрізками відповідає вимогам ДСТУ Б.В.2.6-2 щодо оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості.

1. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – чинні від 2019-01-01. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 36 с.

2. **Жарко, Л., Овчар, В., Тарасюк, В., Фесенко, О.** До питання міцності і класу бетону на стиск в конструкціях. Наука та будівництво, 23(1), 2020, с. 27-35

<https://doi.org/10.33644/01102>

3. **Белоконь, А., Жарко, Л., Овчар, В., Фесенко, О.** Випробування нерозрізної залізобетонної балки з консолями та тріщинами підсиленої вуглепластиком. Наука та будівництво, 25(3), 2020, с. 47-54

<https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.5>

4. **Бамбура, А., Белоконь, А., Борецька Н., Жарко, Л.** Натурні випробування інноваційного рішення збірно-монолітного перекриття з пустотними попередньо напруженими плитами та прихованими ригелями. Наука та будівництво, 2 (12), 2017, с. 19-25

5. **Барашиков, А., Колякова В., Блалі М.** Экспериментальные исследования трещиностойкости железобетонных балок, усиленных различными материалами." *Міжв. н.-т. зб. наук. праць (будівництво)* 2: 100-105

6. **Головко Р., Слюсаренко Ю., Фесенко О.** Комплексна оцінка технічного стану перекриття будівлі лікувально-діагностичного

[Введіть текст]

комплексу лікарні «ОХМАТДИТ». Будівельні конструкції. Теорія і практика. – К.: КНУБА, 2020, № 7, с. 32-44

<https://doi.org/10.32347/2522-4182.7.2020.32-44>

7. **Syvko I., Syvko R., Selimov A., Tytarenko V., Zharko L., Fesenko O.** Peculiarities of structures inspection by the example of a three-chamber navigation lock in Zaporizhzhia city. Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво / Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка Випуск 2 (51)' 2018,с. 132-138

<https://doi.org/10.26906/znp.2018.51.1304>

8. **ДСТУ Б В.2.6-2:2009** Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови. – Чинний від 2010-10-01]. –К.: Мінрегіон України, 2010, 32 с. – (Національний стандарт України).

9. **ДСТУ Б В.2.6-53:2008** Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови. – Чинний від 2010-01-01]. –К.: Мінрегіон України, 2009, 23 с. – (Національний стандарт України).

10. **ДСТУ Б В.2.6-7-95** Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантажуванням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості: (ГОСТ 8829-94). – Чинний від 1996-01-01. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997, 30 с. – (Національний стандарт України).

11. **ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009** Виконання вимірювань, розрахунків та контроль точності геометричних параметрів. Настанова – Чинний від 2010-10-01.– К.: Мінрегіонбуд України, 2010, 108 с. – (Національний стандарт України).

REFERENCES

1. **DBN V.1.2-14:2018.** Zahalni pryntsyupy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud. – chynnyi vid 2019-01-01. – Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2018.—36 s. – (Derzhavni budivelni normy)

2. **Zharko, L., Ovchar, V., Tarasiuk, V., Fesenko, O.** (). Do pytannia mitsnosti i klasu betonu na stysk v konstruktsiiakh. Nauka ta budivnytstvo, 23(1), 2020, s. 27-35. <https://doi.org/10.33644/01102>

3. **Bielokon, A., Zharko, L., Ovchar, V., Fesenko, O.** Vyprobuvannia nerozriznoi

zalizobetonnoi balky z konsoliamy ta trishchynamy pidsylenoi vuhleplastykom. Nauka ta budivnytstvo, 25(3), 2020. s.47-54.

<https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.5>

4. **Bambura, A., Bielokon, A., Boretska N., Zharko, L.** Naturni vyprobuvannia innovatsiynoho rishennia zbirno-monolitnogo perekryttia z pustotnyimi poperedno napruzhenymy plytamy ta prykhovanymy ryheliamy. Nauka ta budivnytstvo, 2 (12), 2017, s. 19-25

5. **Barashykov, A., Koliakova V., Blaly M.** Eksperymentalnye yssledovaniya treshchynostoikosty zhelezobetonnykh balok, usylennykh razlychnymy materyalami." Mizhv. n.-t. zb. nauk. prats (budivnytstvo) 2: 100-105

6. **Holovko R., Sliusarenko Yu., Fesenko O.** Kompleksna otsinka tekhnichnogo stanu perekryttia budivli likuvalno-diahnostychnoho kompleksu likarni «OKhMATDYT». Budivelni konstruktzii. Teoriia i praktyka. – К.: КНУБА, 2020, № 7, с. 32-44

<https://doi.org/10.32347/2522-4182.7.2020.32-44>

7. **Syvko I., Syvko R., Selimov A., Tytarenko V., Zharko L., Fesenko O.** Peculiarities of structures inspection by the example of a three-chamber navigation lock in Zaporizhzhia city. Zbirnyk naukovykh prats. Serii: Haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo / Poltavskiy natsionalnyi tekhnichnyi universytet imeni Yurii Kondratiuka Vypusk 2 (51) 2018, s.132-.

<https://doi.org/10.26906/znp.2018.51.1304>

8. **DSTU B V.2.6-2:2009** Vyrobny betonni i zalizobetonni. Zahalni tekhnichni umovy. – Chynnyi vid 2010-10-01]. –К.: Minrehion Ukrainy, 2010, 32 s. –

9. **DSTU B V.2.6-53:2008** Plyty perekryttiv zalizobetonni bahatopustotni dlia budivel i sporud. Tekhnichni umovy. – Chynnyi vid 2010-01-01]. –К.: Minrehion Ukrainy, 2009, 23 s.

10. **DSTU B V.2.6-7-95** Vyrobny budivelni betonni ta zalizobetonni zbirni. Metody vyprobuvan navantazhuvanniam. Pravyla otsinky mitsnosti, zhorstkosti ta trishchynostiikosti: (HOST 8829-94). – Chynnyi vid 1996-01-01. – К.: Derzhavnyi komitet Ukrainy u spravakh misto-buduvannia i arkhitektury, 1997, 30 s. –

11. **DSTU-N B V.1.3-1:2009** Vykonannia vymiriuvan, rozrakhunok ta kontrol tochnosti heometrychnykh parametriv. Nastanova – Chynnyi vid 2010-10-01. – К.: Minrehionbud Ukrainy, 2010, 108 s.

TESTING OF HOLLOW-CORE END-NOTCHED FLOOR SLAB

*Andrii BIELOKON, Lyudmila ZHARKO,
Victor OVCHAR, Oleg FESENKO*

Abstract. This paper examines the test results of a hollow-core reinforced concrete prestressed end-notched floor slab of formwork formation subjected to uniformly distributed load.

The research of the end-notched slab was carrying out in the testing hall of the State Enterprise "State Research Institute of Building Structures" according to the procedure of standard DSTU B B.2.6-7.

Vertical uniformly distributed load was applied to the end-notched slab with cross-rails and support fixtures for loading, with hydraulic jacks and pumping station equipped with force meter.

The end-notched slab was subjected to step-by-step loading with load steps of 100 kgf/m².

Inspection of the surface of the end-notched slab in the test area, with recording in the register of measurement results of displacements and potential damages was carried out after every loading step.

Vertical displacements of the end-notched slab corners were measured with four clock type indicators ICH-10. Vertical displacements of the middle slab span were measured with two deflectometers 6PAO. The middle span deflection of the end-notched slab was calculated considering corner displacements.

Based on the results of research, it was established that before applying the load of 800 kg/m² there were not detected cracks the opening width of which exceeded the limit values.

The loss of loadbearing capacity of the end-notched slab was detected after the load of 1280 kgf/m², which exceeded the design load by 1.6 times. The end-notched slab collapsed due to loss of shear resistance.

According to the test results, it was established that hollow-core reinforced concrete prestressed end-notched floor slab meets the requirements of strength, stiffness and crack resistance.

Keywords: hollow-core reinforced concrete end-notched floor slab; tests with evenly distributed load; destructive load; nature of destruction; deflection; load-bearing capacity; rigidity; crack resistance.

Стаття надійшла до редакції 06.06.2022