

ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РЕБРИСТИХ ПЛИТ ПОКРИТТІВ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ, ЗРУЙНОВАНИХ ОБСТРІЛАМИ

Олександр ЖУРАВСЬКИЙ¹, Дмитро ЖУРАВСЬКИЙ², Олександр ПОВАЖНЮК³,

^{1,2,3}Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітряних Сил, Київ, Україна, 03037

¹zhuravskiy.od@knuba.edu.ua, <http://orcid.org/0000-0001-7065-3312>

²dima.zuravskiy@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-2702-9367>

³povazhnuk.olexandr@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-0522-2174>

Анотація. З початком повномасштабної війни, розпочатої російськими загарбниками, були пошкоджені та зруйновані будівлі та споруди промислового призначення та критичної інфраструктури [7...10]. При частковому пошкодженні несучих конструкцій покриття є можливість їхнього відновлення або заміни на нові. Для заміни зруйнованих плит на нові необхідно використовувати баштові крани.

При існуючій забудові та великій висоті будівель використовувати баштові крани немає можливості та економічно не вигідно. Крім того, роботи необхідно виконувати у стислі терміни та якісно, забезпечуючи достатню несучу здатність. Для вирішення цієї задачі було прийнято використання плит покриття з монолітного залізобетону по профнастилу та металевим балкам. В таких плитах профнастил відіграє роль як незнімної опалубки так і зовнішнього армування. Улаштування таких плит виконується на покритті з окремих елементів. Для скорочення термінів виконання робіт використовується швидкотверднучий бетон [11, 12]. При цьому можливо використовувати легкі підймальні механізми.

Також необхідно забезпечити розміри плит, які існували. Це збірні ребристі залізобетонні плити з розмірами в плані 6,0×1,5 м та висотою перерізу 300 мм. Для прикладу використані результати обстеження та підсилення покриття двох будівель промислового та адміністративного призначення, виконані співробітниками кафедри ЗБК КНУБА. В роботі



Олександр ЖУРАВСЬКИЙ

завідувач кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій, д.т.н., професор



Дмитро ЖУРАВСЬКИЙ

аспірант кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій



Олександр ПОВАЖНЮК

аспірант кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,

наведена методика розрахунку залізобетонної плити покриття по профнастилу та комплексної метало-залізобетонної балки. Розрахунки виконувались на стадії зведення та на стадії експлуатації згідно діючих норм для даного типу конструкцій [1...6, 13...25].

Ключові слова: відновлення; залізобетонні плити покриття; профнастил; металевий швелер; несуча здатність.

РЕЗУЛЬТАТИ ОБСТЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ І ПІДСИЛЕННЯ ПЛИТ ПОКРИТТЯ

У результаті військових дій багато будівель та споруд зазнають ураження від артилерійських обстрілів. Найбільш уразливими є покриття будівель та споруд. Руйнування може бути повним з обваленням усіх конструкцій або частковим з незначним пошкодженням (руйнування декількох плит або їх частин).

На рис. 1 наведено руйнування збірних залізобетонних ребристих плит покриття промислової будівлі. Тут зафіксовано повне руйнування трьох плит покриття світлового ліхтаря та руйнування полиць та поперечних ребер двох плит покриття. На рис. 2 наведено руйнування збірних залізобетонних ребристих плит покриття адміністративної будівлі. Тут зафіксовано руйнування полиць та поперечних ребер двох плит покриття.



Рис. 1. Зруйновані плити покриття внаслідок артилерійського обстрілу. Фото 1. Д. Журавський, 2022
Fig. 1. Destroyed cover slabs as a result of artillery fire. Photos 1 by D. Zhuravskiy, 2022



Рис. 2. Зруйновані плити покриття адміністративної будівлі внаслідок артилерійського обстрілу. Фото 2. Д. Журавський, 2022
Fig. 2. Destroyed roof slabs of an administrative building due to artillery fire. Photos 2 by D. Zhuravskiy, 2022

Для відновлення повністю зруйнованих плит покриття використовуємо плити покриття з монолітного залізобетону по профнастилу та металевим балкам (рис. 3).

У якості повздовжніх ребер були прийняті балки з металевого швелера №20, а монолітна з/б плита з бетону класу С16/20 по профнастилу марки Н60×640×1,0.

Профнастил розташовується у поперечному напрямку і опирається на металеві балки. Плита армується арматурною сіткою С1, яка зварена з арматурних стержнів Ø8А400С з кроком 100 мм у двох напрямках. Для спільної роботи монолітної з/б плити та металевих балок необхідно влаштовувати анкери, які приварюють до верхньої полиці балок через профнастил. Анкери виконані з арматурних стержнів Ø8А240С.

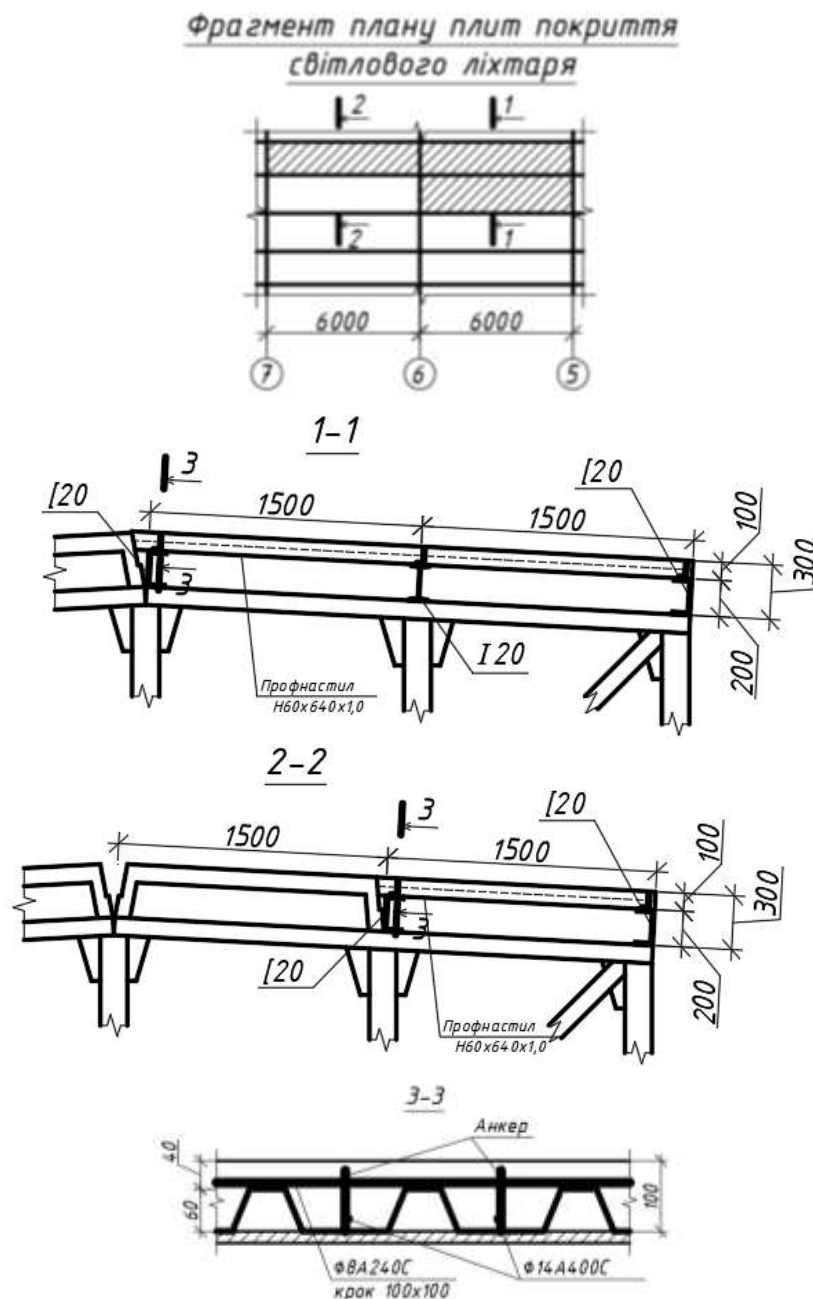


Рис. 3. Відновлення плит покриття світлового ліхтаря.
Fig. 3. Restoration of skylight covering plates

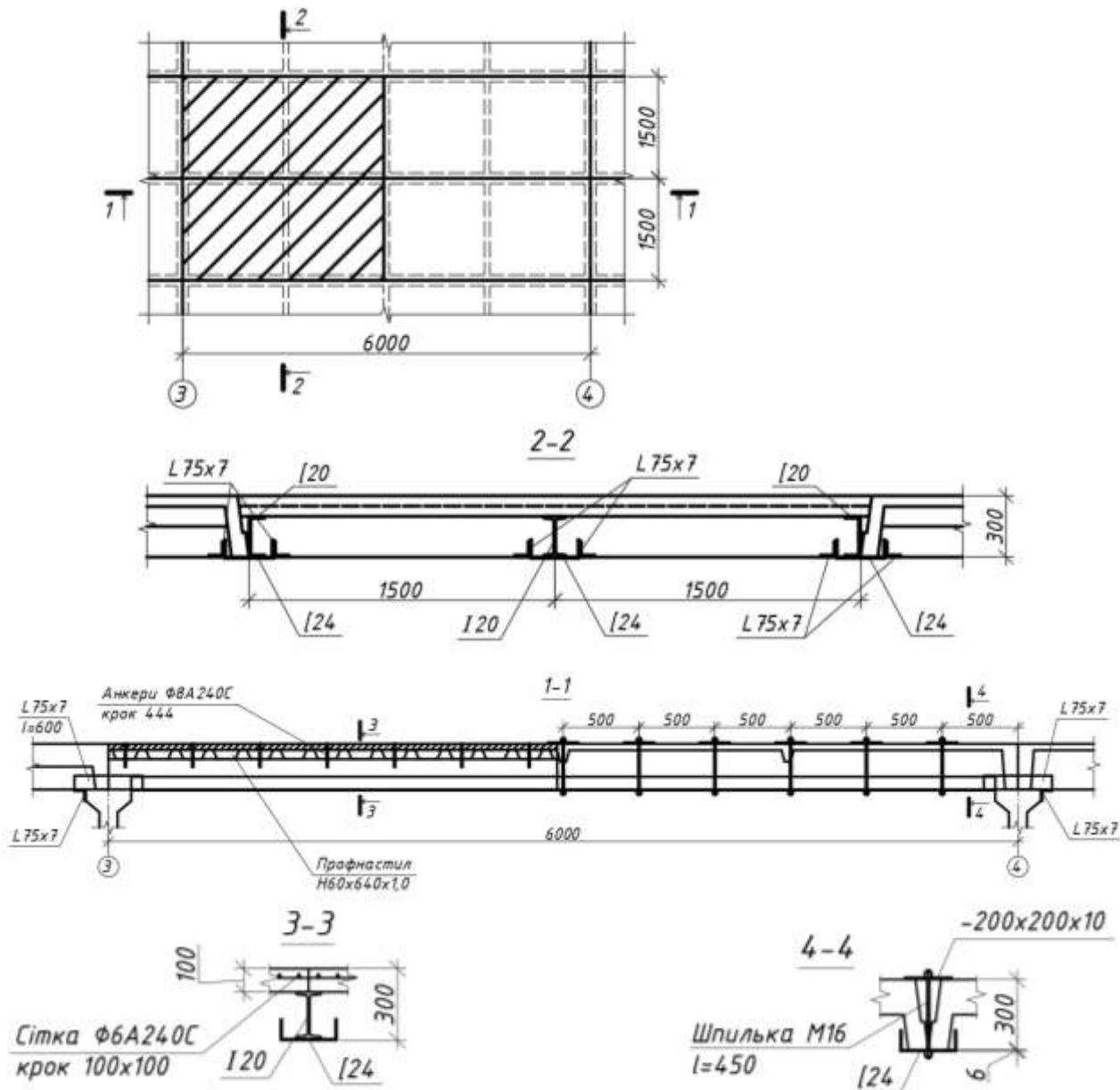


Рис. 4. Відновлення плит покриття адміністративної будівлі.
Fig. 4. Restoration of covering plates of the administrative building.

Для підсилення частково зруйнованих плит покриття адміністративної будівлі використовуємо плити покриття з монолітного залізобетону по профнастилу та металевим балкам в $\frac{1}{2}$ частині плит (рис. 4).

У якості повздовжніх ребер були прийняті балки з металевого швелера №20 та двотавр №20, а монолітна з/б плита з бетону класу С16/20 по

профнастилу марки Н60×640×1,0 аналогічно як у попередньому випадку. Для об'єднання металевих балок та повздовжніх ребер з/б плит влаштовується швелери №24 по усій довжині повздовжніх ребер плити (6,0 м). Швелери встановлюються горизонтально і закріплюються до з/б плит шпильками М16 та пластин -200×200×10.

РОЗРАХУНОК МЕТАЛО- ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ ПОКРИТТЯ ПО ПОПРОФНАСТИЛУ

Для розрахунку використовуємо програмний комплекс SCAD++, який реалізує метод скінчених елементів.

Розрахунок виконувався на стадії зведення та на стадії експлуатації. Розрахункова модель наведена на рис. 5.

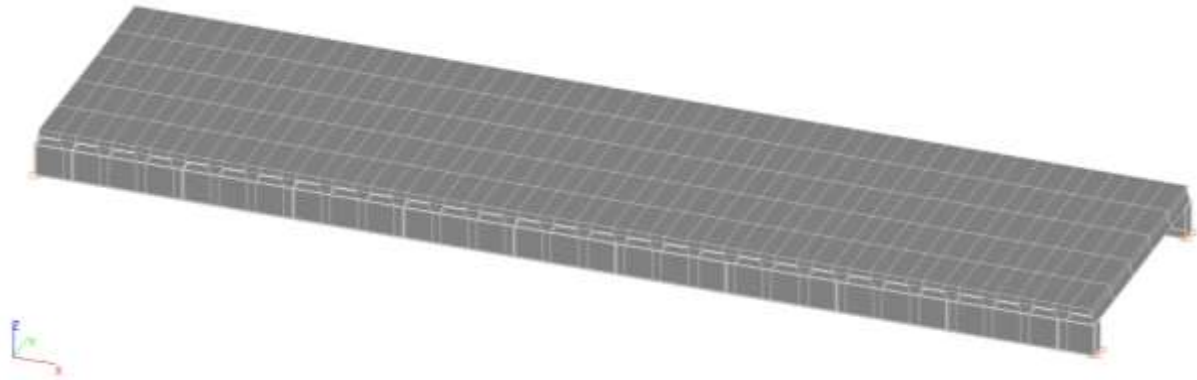


Рис. 5. Розрахункова модель метало-залізобетонної плити покриття по профнастилу.

Fig. 5. Calculation model of metal-reinforced concrete slabs for covering on corrugated board

Розрахунок на стадії зведення

При розрахунку на стадії зведення працюють повздовжні балки та профнастил. Навантаження діють від власної ваги та ваги бетону. У результаті розрахунку отримані переміщення від сумарних навантажень (рис. 6). Максимальні переміщення (прогини) плити становили 149,4 мм, що

перевищують гранично допустимі $1/200)6000=30$ мм. Це говорить про те, що вкладання бетону потрібно виконувати шарами (30...40 мм) після набору міцності попереднього шару (5...7 діб) або влаштувати тимчасові опори під повздовжні балки та профнастил.

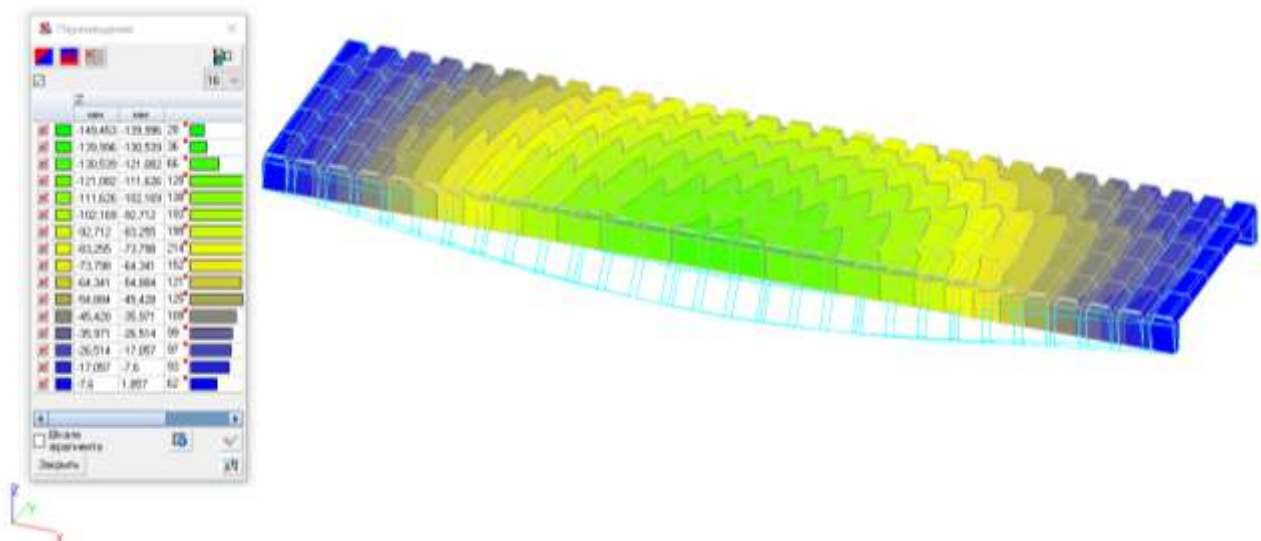


Рис. 6. Схема переміщень по осі Z від сумарних навантажень на стадії зведення.

Fig. 6. Scheme of movements along the Z axis from total loads at the construction stage.

Розрахунок на стадії експлуатації

При розрахунку на стадії затвердівший бетон включається в роботу завдяки анкерним стержням, які приварені до поздовжніх балок зі швелера. Навантаження на плиту діють від власної ваги (включно з вагою затвердівшого бетону), ваги покрівлі (утеплювач з пінополістиролу 100 мм, армована стяжка

40 мм, шар руберойду на мастиці) та снігового навантаження.

У результаті розрахунку отримані переміщення від сумарних навантажень (рис. 7). Максимальні переміщення (прогини) плити становили 1,3 мм, що не перевищують гранично допустимі $(1/200)6000=30$ мм.

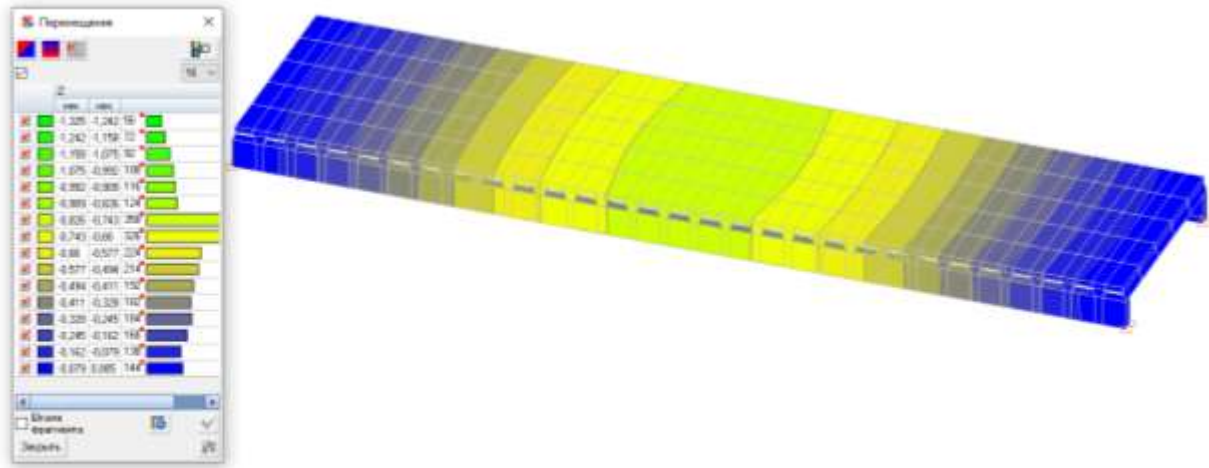


Рис. 7. Схема переміщень по осі Z від сумарних навантажень на стадії експлуатації.
Fig. 7. Scheme of movements along the Z axis from total loads at the operation stage

При аналізі напружень металевих балок та профнастилi вздовж осей X та Y встановлено, що їхні максимальні значення на перевищують

235 МПа для сталі, з виготовлені дані елементи (рис. 8, 9).

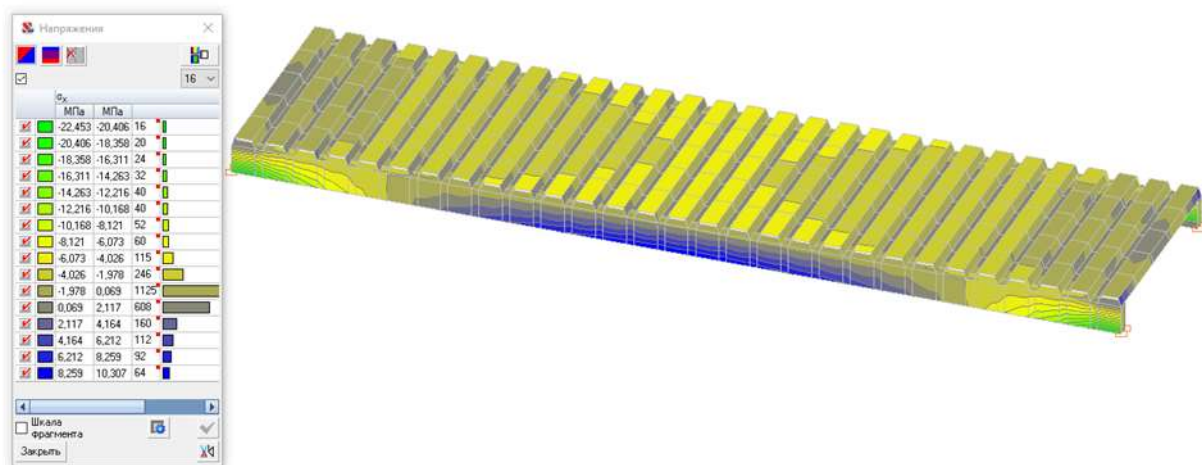


Рис. 8. Мозаїка напружень в металевих балках та профнастилi по осі X (МПа).
Fig. 8. Mosaic of stresses in metal beams and corrugated sheeting along the X axis (MPa).

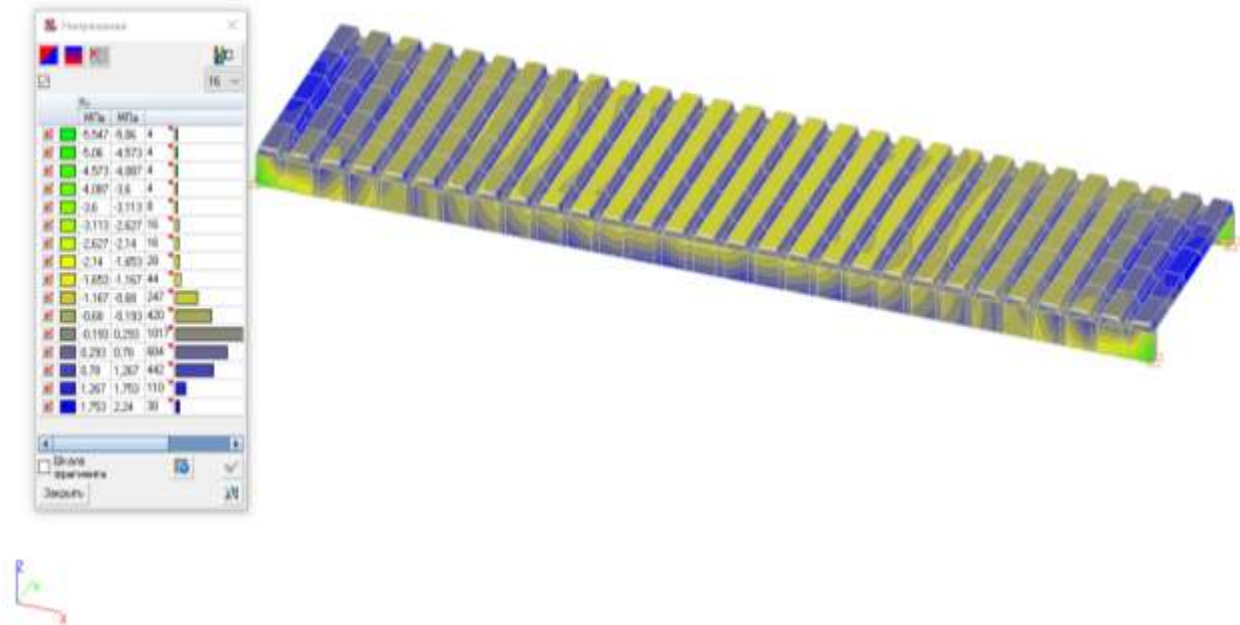


Рис. 9. Мозаїка напружень в металевих балках та профнастилі по осі Y (МПа).
Fig. 9. Mosaic of stresses in metal beams and corrugated sheeting along the Y axis (MPa)

Напруження в бетоні вздовж осі X та осі Y наведені на рис. 10 та 11. Максимальні

напруження стиску становлять 0,92 МПа, що не перевищують $f_{cd}=11,5$ МПа для бетону класу С16/20.

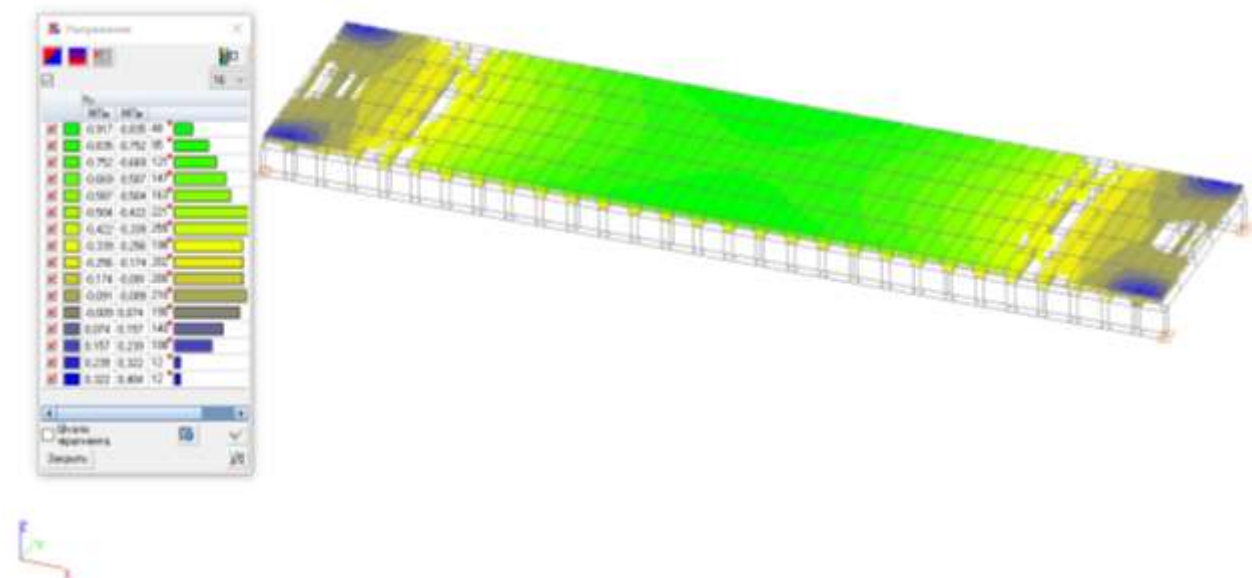


Рис. 10. Мозаїка напружень в бетоні по осі X (МПа).
Fig. 10. Mosaic of stresses in concrete along the X axis (MPa)

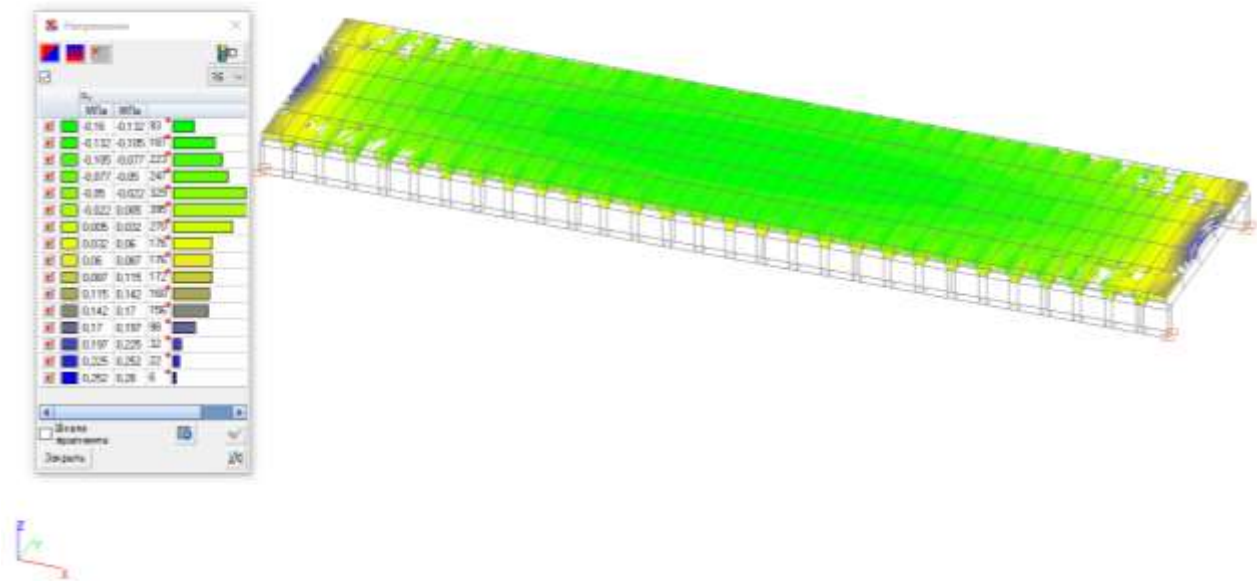


Рис. 11. Мозаїка напружень в бетоні по осі Y (МПа).
Fig. 11. Mosaic of stresses in concrete along the Y axis (MPa).

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕДАЦІЇ

В результаті проведених досліджень встановлено, що при відновленні пошкоджених плит покриття ефективно можна використовували металозалізобетонні плити покриття по профнастилу. При цьому необхідно використовувати швидкотвердіючі бетони, що значно скорочує термін зведення таких конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.6-160:2010. Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ, Мінрегіонбуд України, 2010.
2. ДСТУБ В.2.6-215:2016. Розрахунок і конструювання сталезалізобетонних конструкцій з плитами по профільованим настилам. – Київ, Мінрегіонбуд України, 2016.
3. ДСТУ Б В.2.6-216:2016. Розрахунок і конструювання з'єднувальних елементів сталезалізобетонних конструкцій. – Київ, Мінрегіонбуд України, 2016.
4. ДСТУ-Н Б ЕН 1993-1-8:2011. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-8. Проектування з'єднань. – Київ, Мінрегіонбуд України, 2011.
5. ДСТУ-Н Б Е 1993-1-1. Проектування сталевих конструкцій. Загальні правила та правила для будівель. – Київ, Мінрегіонбуд України, 2010.
6. Біляєв М.А. Проектування сталезалізобетонних конструкцій будівель відповідно до Єврокоду 4 / Калафат К.В., Білик А.С., Постернак О.М. // Підручник для іноз. студ. будів. факульт./ під загальною ред. М.А.Біляєва. -К.: «Освіта України», 2021. - 500 с.
7. Zhuravskiy O. Prospects for the Development of High-rise Construction in Ukraine. / Afanasieva L. // AIP Conference Proceedings. Volume 2949, Issue 1, 020028 (2023). <https://doi.org/10.1063/5.0166761>. Published Online: 17 August 2023.
8. Zhuravskiy O. Effective prestressed slabs for airfield pavements and roads // Science for modern man: Environmental, energy and economic aspects of modern technologies. Monographic series «European Science». Book 16. Part 2. 2023. Karlsruhe, Germany. P.117-151. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-16-02>.
9. Журавський О. Особливості відновлення зруйнованих плит покриттів промислових будівель і споруд після артилерійських обстрілів / Поважнюк О. // Робоча програма та тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції «Будівлі і споруди

- спеціального призначення. Сучасні матеріали та конструкції». –К., КНУБА, 26 квітня 2023. С. 24-25.
10. **Куцик О.В.** Міцність і тріщиностійкість згинальний елементів з високоміцного бетону / Журавський О.Д. // *Будівельні конструкції. Теорія і практика: Збірник наукових праць.* –К., КНУБА, -Вип. 1., 2017, С. 199-204.
 11. **Дворкін Л.Й.** Високоміцні швидкотверднучі бетони та фібробетони: монографія / Є.М.Бабич, В.В.Житковський, О.М.Бордюженко [та ін.]. Рівне:НУВГП, 2017, 331 с.
 12. **Дворкін Л.Й.** Бетони нового покоління. / В.В.Житковський, О.М.Бордюженко, В.В.Марчук, Ю.О.Рубцова. НУВГП. 2021. 317 с.
 13. **Dujmovic D.** Composite structures according to Eurocode 4. Worked Examples / Androic B., Lukacevic I. // *Ernst & Sohn, 2015.* – 890 p.
 14. **Johnson R.P.** Composite structures of steel and concrete. Volume 1. *Beams, slabs columns and frames for buildings* // *Wiley-Blackwell, 2018.* – 230 p.
 15. **Lawson R.M.** Design of composite beams with large web openings / *Hicks S.J.* // *SCI Publication. P355.* // *Steel Construction Institute, 2011.* – 117 p.
 16. **Hicks S.** EN1994 - Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures. Composite slabs. *CEN, 2004.* – 119 p.
 17. **Козарь В.І.** Напружено-деформований стан залізобетонних плит по сталевому профільованому настилу // *36. наук. пр. (галузеве машинобудування, будівництво) / Полтавський державний технічний університет ім. Юрія Кондратюка.* - Полтава, 1999. - Вип. 4. - С. 87-90.
 18. **Козарь В.І.** Монолітні залізобетонні плити по сталевому профільованому настилу: Автореф. дис....канд.техн.наук. - Полтава. 1999. -19 с.
 19. **Стороженко Л.І.** Сталезалізобетонні конструкції / О.В.Семко, В.Ф.Пенц // - Полтава: 2005. - 181 с.
 20. **Стороженко Л.І.** Робота сталезалізобетонних двотаврових балок із залізобетонним верхнім поясом під дією малоциклового навантаження / Крупченко О.А. // *Дороги і мости - К. 2007. Вип.7, т.ІІ - С. 214-218.*
 21. **Семко О.В.** Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій. -К.: *Сталь, 2004.* -316 с.
 22. **Семко О.В.** Надійність сталезалізобетонних конструкцій: Автореф....дис. д-ра техн. наук. - Полтава, 2006. -35 с.
 23. **Сколибог О.В.** Сталезалізобетонні балки із зовнішнім листовим армуванням: Автореф. дис....канд.техн.наук. - Полтава, 2006. -22 с.
 24. **Ромашко О.В.** Узагальнена модель зчеплення арматури з бетоном / *Ромашко В.М. Журавський О.Д.* // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Вип. 37.* - Рівне, 2019, С. 214-221.
 25. **Smorkalov D.** Experimental and theoretical studies of single and double-layer slabs supported on four sides. / *Zhuravskiy O., Delyavskyy M.* // *Cite as: AIP Conference Proceedings 2077, 020052 (2019); https://doi.org/10.1063/1.5091913. Published Online: 21 February 2019*

REFERENCES

1. **DBN V.2.6-160:2010.** Konstruktsii budynkiv i sporud. Stalezalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia. – Kyiv, *Minrehionbud Ukrainy, 2010.*
2. **DSTU B V.2.6-215:2016.** Rozrakhunok i konstruiuvannia stalezalizobetonnykh konstruktsii z plytamy po profilovanykh nastylam. – Kyiv, *Minrehionbud Ukrainy, 2016.*
3. **DSTU B V.2.6-216:2016.** Rozrakhunok i konstruiuvannia ziednuvalnykh elementiv stalezalizobetonnykh konstruktsii. – Kyiv, *Minrehionbud Ukrainy, 2016.*
4. **DSTU-N B EN 1993-1-8:2011.** Yevrokod 3. Proektuvannia stalevykh konstruktsii. Chastyna 1-8. Proektuvannia ziednan. – Kyiv, *Minrehionbud Ukrainy, 2011.*
5. **DSTU-N B E 1993-1-1.** Proektuvannia stalevykh konstruktsii. Zahalni pravyla ta pravyla dlia budivel. – Kyiv, *Minrehionbud Ukrainy, 2010.*
6. **Biliaiev M.A.** Proektuvannia stalezalizobetonnykh konstruktsii budivel vidpovidno do Yevrokodu 4 / *Kalafat K.V., Bilyk A.S., Posternak O.M.* // *Pidruchnyk dlia inoz. stud. budiv. fakult./ pid zahalnoiu red. M.A.Biliaieva.* -K.: «Osvita Ukrainy», 2021. - 500 s.
7. **Zhuravskiy O.** Prospects for the Development of High-rise Construction in Ukraine. / *Afanasieva L.* // *AIP Conference Proceedings. Volume 2949, Issue 1, 020028 (2023). https://doi.org/10.1063/5.0166761. Published Online: 17 August 2023.*

8. **Zhuravskiy O.** Effective prestressed slabs for airfield pavements and roads // *Science for modern man: Environmental, energy and economic aspects of modern technologies. Monographic series «European Science». Book 16. Part 2. 2023. Karlsruhe, Germany. P.117-151. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-16-02>.*
9. **Zhuravskiy O.** Osoblyvosti vidnovlennia zruinovanykh plyt pokryttiv promyslovykh budivel i sporud pislia artyleriiskykh obstriliv / *Povazhniuk O. // Robocha prohrama ta tezy dopovidei IV Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii «Budivli i sporudy spetsialnoho pryznachennia. Suchasni materialy ta konstruktsii».*–K., KNUBA, 26 kvitnia 2023. S. 24-25.
10. **Kutsyk O.V.** Mitsnist i trishchynostiikist zghynalniy elementiv z vysokomitsnoho betonu / *Zhuravskiy O.D. // Budivelni konstruktsii. Teoriia i praktyka: Zbirnyk naukovykh prats. – K., KNUBA, -Vyp. 1., 2017, S. 199-204.*
11. **Dvorkin L.I.** Vysokomitsni shvydkotverdnuchi betony ta fibrobetony: monohrafiia / *Ye.M.Babych, V.V.Zhytkovskiy, O.M.Bordiuzhenko [ta in.]. Rivne:NUVHP, 2017, 331 s.*
12. **Dvorkin L.I.** Betony novoho pokolinnia. / *V.V.Zhytkovskiy, O.M.Bordiuzhenko, V.V.Marchuk, Yu.O.Rubtsova. NUVHP. 2021. 317 s.*
13. **Dujmovic D.** Composite structures according to Eurocode 4. Worked Examples / *Androic B., Lukacevic I. // Ernst & Sohn, 2015. – 890 p.*
14. **Johnson R.P.** Composite structures of steel and concrete. Volume 1. *Beams, slabs columns and frames for buildings // Wiley-Blackwell, 2018. – 230 p.*
15. **Lawson R.M.** Design of composite beams with large web openings / *Hicks S.J. // SCI Publication. P355. // Steel Construction Institute, 2011. – 117 p.*
16. **Hicks S.** EN1994 - Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures. Composite slabs. *CEN, 2004. – 119 p.*
17. **Kozar V.I.** Napruzhenodeformovanyi stan zalizobetonnykh plyt po stalevomu profilovanomu nastylu // *Zb. nauk. pr. (haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo) / Poltavskiy derzhavnyi tekhnichnyi universytet im. Yurii Kondratiuka. - Poltava, 1999. - Vyp. 4. - S. 87-90.*
18. **Kozar V.I.** Monolitni zalizobetonni plyty po stalevomu profilovanomu nastylu: *Avtoref. dys....kand.tekhn.nauk. - Poltava. 1999. -19 c.*
19. **Storozhenko L.I.** Stalezalizobetonni konstruktsii / *O.V.Semko, V.F.Pents // -Poltava: 2005. - 181 s.*
20. **Storozhenko L.I.** Robota stalezalizobetonnykh dvotavrovnykh balok iz zalizobetonnym verkhnim poiasom pid diieiu malo-tsyklovoho navantazhennia / *Krupchenko O.A. // Dorohy i mosty - K. 2007. Vyp.7, t.II - S. 214-218.*
21. **Semko O.V.** Imovirnisni aspekty rozrakhunku stalezalizobetonnykh konstruktsii. -K.: *Stal, 2004. -316 s.*
22. **Semko O.V.** Nadiinist stalezalizobetonnykh konstruktsii: *Avtoref....dys. d-ra tekhn. nauk. - Poltava, 2006. -35 s.*
23. **kolyboh O.V.** Stalezalizobetonni balky iz zovnishnim lystovym armuvanniam: *Avtoref. dys....kand.tekhn.nauk. - Poltava, 2006. -22 s.*
24. **Romashko O.V.** Uzahalnena model zchepлення armatury z betonom / *Romashko V.M. Zhuravskiy O.D. // Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy: Zbirnyk naukovykh prats. Vyp. 37. - Rivne, 2019, C. 214-221.*
25. **Smorkalov D.** Experimental and theoretical studies of single and double-layer slabs supported on four sides. / *Zhuravskiy O., Delyavskyy M. // Cite as: AIP Conference Proceedings 2077, 020052 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5091913>. Published Online: 21 February 2019*

**FEATURES OF RESTORATION OF
PRECAST REINFORCED CONCRETE
RIBBED SLABS OF COVERINGS OF
INDUSTRIAL BUILDINGS DESTROYED
BY BOMBARDMENT**

*Oleksandr ZHURAVSKYI,
Dmytro ZHURAVSKYI,
Oleksandr POVAZHNIYK*

Summary. With the beginning of the full-scale war launched by the Russian invaders, buildings and structures of industrial purpose and critical infrastructure were damaged and destroyed. In case of partial damage to the supporting structures of the coating, it is possible to restore them or replace them with new ones. To replace the destroyed slabs with new ones, it is necessary to use tower cranes. With the existing development and high height of the buildings, it is not possible and economically unprofitable to use tower cranes. In addition, the work must be performed in a short time and with high quality, ensuring sufficient bearing capacity. To solve this problem, it was decided to use monolithic reinforced concrete slabs on

corrugated flooring and metal beams. In such slabs, the corrugated flooring plays the role of both permanent formwork and external reinforcement. The arrangement of such slabs is performed on a coating of individual elements. To reduce the time for the work, quick-hardening concrete is used [11, 12]. In this case, it is possible to use light lifting mechanisms. It is also necessary to ensure the dimensions of the slabs that existed. These are prefabricated ribbed reinforced concrete slabs with dimensions in plan of 6.0×1.5 m and a section height of 300 mm. For example, the results of the survey and reinforcement of the covering of two buildings of industrial and administrative purpose, performed by employees of the Department of Reinforced Concrete Construction of the KNUBA, were used. The paper presents a methodology for calculating a reinforced concrete slab covering on corrugated board and a complex metal-reinforced concrete beam. The calculations were performed at the construction stage and at the operation stage according to the current standards for this type of structures [1...3].

Keywords: recovery; reinforced concrete slabs of covering; profiled flooring; metal channel; load-bearing capacity

Стаття надійшла до редакції 10.11.2024