

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ ЗАХИСНИХ СТІН
ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД ДИНАМІЧНИМ ВПЛИВАМ**

**EXPERIMENTAL RESEARCHES OF PROTECTIVE WALLS
PROTECTION OF FORTIFICATIONS FOR DYNAMIC INFLUENCES**

Філіпчук С.В. к.т.н., доц., ORCID ID: 0000-0002-4464-4620 (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),

Filipchuk S.V. candidate of technical sciences, associate professor, ORCID ID: 0000-0002-4464-4620 (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

Наведені результати випробування динамічною дією дослідних захисних сталефібробетонних плит. Використання високоміцних швидкотверднучих бетонів дозволяє зменшити товщину плит в 2 ... 3 рази порівняно з бетонів звичайних класів.

Concrete protective fortifications are widely distributed in the general defense system of many states. First and foremost, thanks to the high strength and durability of such structures. In such structures a certain specificity of concrete work was noted in conditions of high-speed impact. The use of reinforced concrete in modern fortifications, as a protective coating is virtually absent, or has very limited protection. Basically, these are not large checkpoints, checkpoints, which give protection similar to a light against a fragmentation coating. The thickness of concrete in such buildings is not more than 300 mm.

In the laboratories of the Department of Industrial, Civil Engineering and Engineering, and the Building Products Technology and Materials Science, two plates (P1 and P2) of high-strength, fast-hardening concrete were designed and manufactured. Plates had a size of 1000 × 1000 mm and a thickness of 300 and 400 mm.

The results of the test with dynamic action with a robust thickness of up to 30 mm of experimental protective steel-reinforced concrete slabs confirmed the possibility and feasibility of application for their manufacture of high-strength fast-hardening concretes. The use of such concrete will reduce the thickness of the plates in 2 to 3 times compared with the concrete of conventional classes. The comparison of plates, which were subjected to a defeat of a robust thickness of 12.7 mm, was calculated, with calculations in PC FORT. According to the calculation of the plate its durability is ensured as in real conditions.

Ключові слова:

Міцність, арматура, високоміцний важкий бетон, пробивання
Strength, armature, high-hard concrete, penetration

Вступ. Залізобетонні захисні фортифікаційні споруди мають велике розповсюдження в загальній оборонній системі багатьох держав. В першу чергу завдяки високій міцності та довговічності таких споруд. У таких спорудах відмічена певна специфіка роботи бетону в умовах високошвидкісних ударів [1,2].

Найбільш захищені захисні споруди обов'язково містять основні несучі елементи виконані із залізобетону. Це підземні стіни, різної форми та конфігурації, балки, ригелі, прогони, оболонки та перекриття. Натомість використання залізобетону сучасних фортифікаційних спорудах, в якості захисного покриття практично відсутнє, або має дуже обмежений захист. В основному це не великі блокпости, пропускні пункти, які дають захист аналогічний легкому проти осколкового покриттю. Товщина бетону в таких спорудах є не більшою за 300 мм. Вони мають потужне потрійне армування, що виконується із зміщенням арматурних сіток та високий процент армування

Мета досліджень полягала у встановленні:

- відповідності теоретичних положень щодо доцільності використання високоміцних швидкотверднучих бетонів для виготовлення захисних конструкцій при дії динамічних навантажень;
- дійсного опору дослідних плит та характер їх пошкоджень при динамічній дії;
- відповідності теоретичних розрахунків експериментальним даним.

Методика досліджень. В лабораторіях кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд і кафедри технології будівельних виробів та матеріалознавства були запроектовані та виготовлені дві плити (П1 та П2) з високоміцного швидкотверднучого бетону. Плити мали розмір в плані 1000×1000 мм та товщину 300 і 400 мм (рис. 1.).

Плита П1 була запроектована суцільного перерізу товщиною 300 мм. Армування складалося з трьох плоских сіток, що утворювали просторовий каркас із стержнів $\varnothing 16A500C$ ($A_s = 2,011 \text{ см}^2$) з кроком 150 мм. У якості поперечної арматури використовувалися вигнуті стержні $\varnothing 6 A240C$ ($A_s = 0,283 \text{ см}^2$). з кроком 50 мм. Із зовнішньої та внутрішньої сторони плити були встановлені заборні сітки з вічком 20×20 мм для запобігання ймовірного вильоту осколків зруйнованого бетону (рис. 2.).

Поряд з бетонуванням плит відбувалося бетонування бетонних кубів та призм. В наслідок випробування відповідних бетонних кубів та призм у віці 28 діб були отримані наступні результати: кубикова міцність склала $f_{cm, cube} = 85,3 \text{ МПа}$, призмova міцність $f_{cm, prism} = 68,27 \text{ МПа}$.

Для армування дослідних плит використовували арматуру класу А500С діаметрами 12 та 16 мм. Механічні характеристики арматури визначали дослідним шляхом за стандартними методиками. Випробовувалось по три стержні довжиною 40 см в розривній машині УИМ 50 (шкала вимірювань 100 – 500 кН). Розтягуючі зусилля прикладалися ступенями, з витримкою для зняття відліків по приладах. Під час випробовувань деформації арматури на ступенях навантаження вимірювали двома тензометрами Гугенбергера з ціною поділок 0,001 мм на базі 20 мм, що розташовувались на діаметрально протилежних сторонах стержня. Початок межі текучості фіксувався за допомогою тензометра, про що свідчив приріст деформацій стержня в той самий час, як вказівна стрілка на шкалі преса знаходилась в сталому положенні. Межа міцності визначалась безпосередньо в момент розриву зразка [3,4]..



Рис. 1 – Опалубка з вкладеним каркасом, підготовлена для бетонування плит П1 та П2

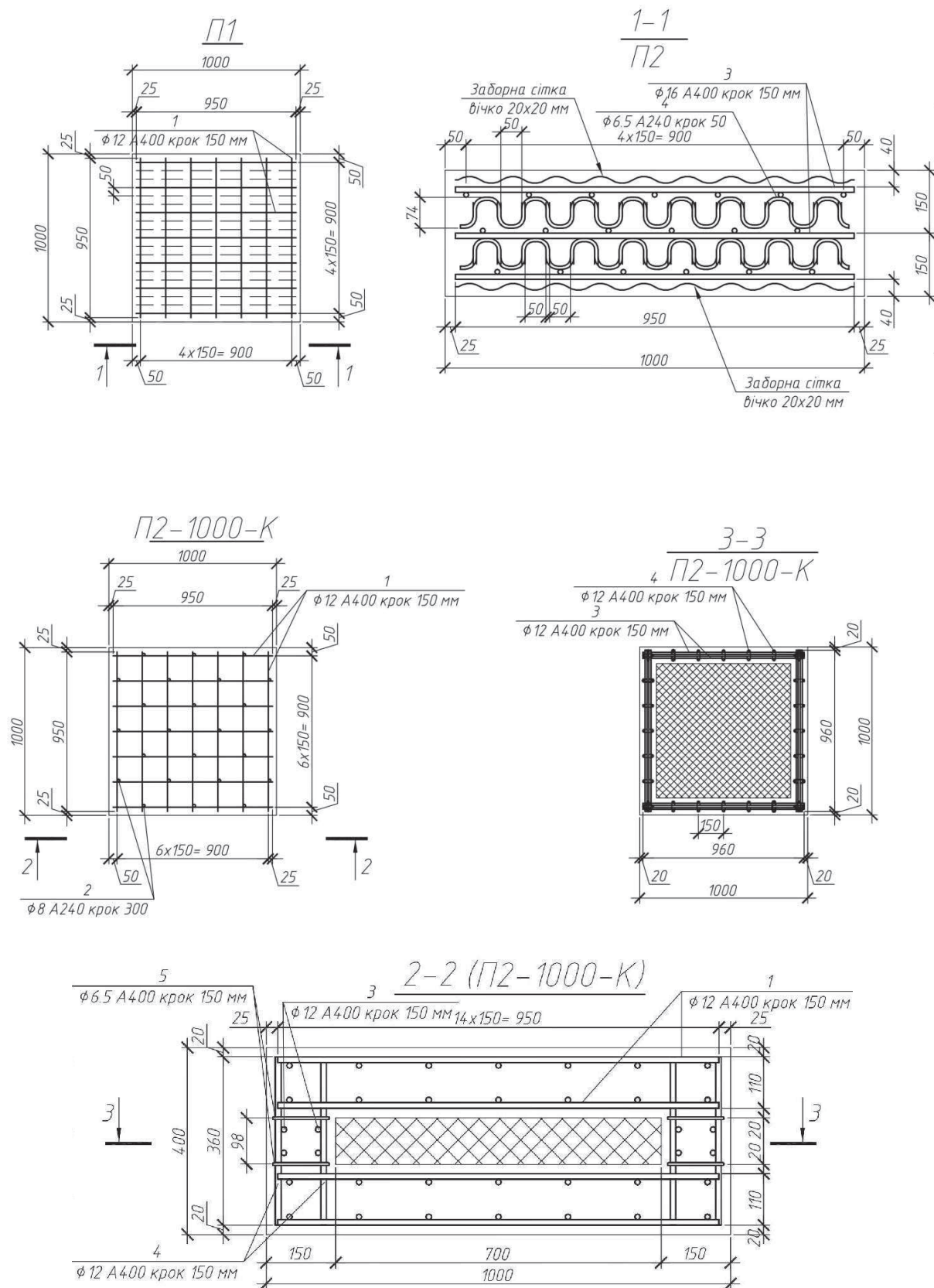


Рис. 2 – Конструктивна схема дослідних плит П1 та П2 з високоміцного швидкотверднучого бетону

За результатами випробовувань встановлені такі характеристики для арматури діаметрами 12 та 16 мм відповідно: межа текучості $f_y = 538,2$ та $556,9$ МПа; межа міцності $f_u = 658,7$ та $676,3$ МПа; максимальні деформації, які відповідають межі текучості, $\varepsilon_{s0} = 240,2 \times 10^{-5}$ та $272,2 \times 10^{-5}$.

Плити П1 та П2 були піддані проникненню бойком товщиною 7,2 мм та 12,7 мм та бойком товщиною 120 мм.

При враженні плит бойком товщиною 7,2 мм та 12,7 мм спостерігалися відбитки в бетоні обох плит глибиною 3-5 мм та діаметром 30-40 мм. Натомість, в фундаментному блоці виготовленого з бетону класу С15 глибина проникнення склала 13-15 мм.

При враженні плит бойком товщиною 120 мм в суцільній плиті відбулося роздріблення бетону в місці ураження (край плити). В трьохшаровій плиті відбулося руйнування першого шару плити, а другий і третій шари плити залишилися неушкодженими. Арматура в обох плитах зазнала пошкоджень, проте залишилася цілою (рис. 3).



Рис. 3 – Ураження плити П-2 бойком товщиною 120 мм

Порівняння польових випробувань з розрахунками в ПК ФОРТ. Виконаємо порівняння плит, що піддавалися ураженню бойком товщиною 12,7 мм з розрахунками в ПК ФОРТ. Для цього у відповідне вікно програми введемо вихідні дані з розмірами плити, характеристиками матеріалів та відповідною товщиною бойка (рис. 4). Згідно розрахунку плити її міцність забезпечена так як і в реальних умовах.

Висновок. Результати випробування динамічною дією бойком товщиною до 30 мм дослідних захисних сталевібробетонних плит підтвердили можливість і доцільність застосування для їх виготовлення високоміцних швидкотверднучих бетонів. Використання таких бетонів дозволить зменшити товщину плит в 2 ... 3 рази порівняно з бетонів звичайних класів.

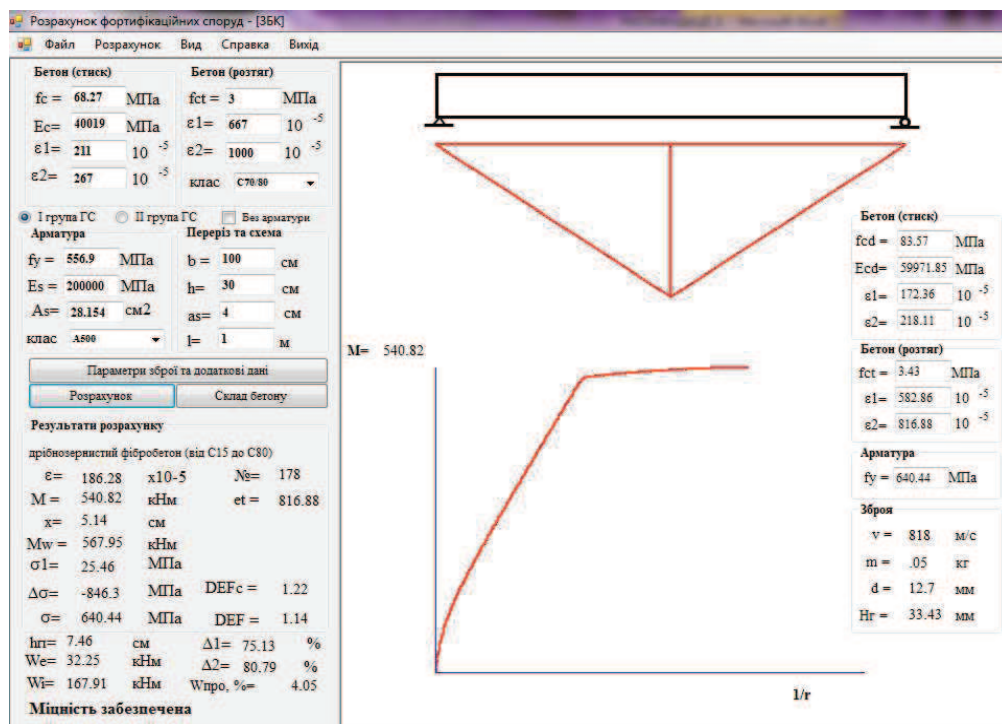


Рис. 4 – До автоматизованого розрахунку плити П1.

1. Дворкін Л.Й., Бабич Є.М., Житковський В.В., Бордюженко О.М., Філіпчук С.В., Кочкар'ов Д.В., Ковалик І.В., Ковальчук Т.В., Скрипник М.М. Високоміцні швидкотверднучі бетони та фібробетони – Рівне: НУВГП, 2017. 331 с.

2. Механічні характеристики швидкотверднучих високоміцних бетонів. / Є.М. Бабич, В.Є. Бабич, С.В. Філіпчук, Д.В. Кочкар'ов // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2016. – Випуск 32. – С. 114–120.

3. Babych, Y., Filipchuk, S., Fenko, O., “Mathematical modeling of the resistance of pulling out steel bars from high strength concrete,” International Journal of Engineering and Technology (UAE), vol. 7 (3.2), pp. 516-521, May 2018.

4. Бабич Є.М., Кочкар'ов Д.В., Філіпчук С.В.. Оцінювання міцнісних і деформаційних характеристик високоміцних бетонів при динамічних впливах. ”Наука та будівництво” Журнал – Київ: НДІБК, 2017. – № 4. – С. 15–21.

1. Dvorkin L.J., Babich E.M., ZHitkovs'kij V.V., Bordyuzhenko O.M., Filipchuk S.V., Kochkar'ov D.V., Kovalik I.V., Koval'chuk T.V., Skripnik M.M. Visokomicni shvidkotverdnuchi betoni ta fibro betoni – Rivne: NUVGP, 2017. 331 s.

2. Mekhanichni harakteristiki shvidkotverdnuchih visokomicnih betoniv. / Є.М. Babich, V.Є. Babich, S.V. Filipchuk, D.V. Kochkar'ov // Resursoekonomni materiali, konstrukcii, budivli ta sporudi: Zbirnik naukovih prac'. – Rivne: NUVGP, 2016.–Vipusk 32. – S. 114–120.

3. Babych, Y., Filipchuk, S., Fenko, O., “Mathematical modeling of the resistance of pulling out steel bars from high strength concrete,” International Journal of Engineering and Technology (UAE), vol. 7 (3.2), pp. 516-521, May 2018.

4. Babych Ye.M., Kochkarov D.V., Filipchuk S.V.. Otsiniuvannia mitsnisnykh i deformatsiinykh kharakterystyk vysokomitsnykh betoniv pry dynamichnykh vplyvakh. ”Nauka ta budivnytstvo” Zhurnal – Kyiv: NDIBK, 2017. – № 4. – S. 15–21.