

**ВИКОРИСТАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ У
ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУДАХ**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В
ФОРТИФИКАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

**APPLICATION OF REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS IN THE
FORTIFICATION WORKS**

Афанасьєва Л.В., к.т.н., доцент, Діденко Д.В. інженер (Київський національний університет будівництва і архітектури, м.Київ)

Афанасьєва Л.В., к.т.н., доцент, Діденко Д.В. инженер (Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г.Киев)

Afanasieva L.V., associate professor, Didenko D.V., engineer (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv)

Наведені результати досліджень напруженого стану бетонних і залізобетонних елементів при дії високошвидкісного удару і обґрунтована можливість їх застосування у фортифікаційних спорудах

Приведены результаты исследований напряженного состояния бетонных и железобетонных элементов при действии высокоскоростного удара и обоснована возможность их применения в фортификационных сооружениях

There are brought the research results of concrete and reinforced concrete elements intensive state under the high-speed impact and there is grounded their application ability in the fortification works

Ключові слова:

Модель, ударник, плита, взаємодія, фортифікаційна споруда

Модель, ударник, плита, взаимодействие, фортификационное сооружение

Model, drop point, flagstone, interaction, fortification work

Будівництво багатьох споруд неможливо без урахування їх реакції на динамічні навантаження, в тому числі на дію високошвидкісного удару. Але процес пробивання твердими тілами залізобетонних конструкцій потребує масштабного дослідження.

Метою проведених чисельних досліджень є вивчення процесів деформування й руйнування залізобетонних елементів з різними типами

армування під дією високошвидкісного удару, а також розробка рекомендацій щодо їх конструювання і впровадження в практику будівництва.

Об'єктами дослідження є особливості механічного стану матеріалів при високошвидкісній взаємодії системи твердих тіл – «ударник-плита», тобто двох тіл, перше з яких має суттєво меншу площу перерізу і проникає в середину іншого («ударник»), а друге - тіло, що перешкоджає проникненню в середину себе іншого тіла («плита»).

Явище взаємодії ударника і плити відноситься до нелінійних задач, вирішення якої потребує використання чисельних методів розрахунку і моделювання. В проведених дослідженнях використовувався програмний комплекс ANSYS. Зазначений комплекс реалізує систему математичних рівнянь, що описує рух і стан ударника, а також плити при їх взаємодії. Застосування сітки Лагранжа, схема якої передбачає відповідність вузлів сітки точкам матеріального середовища, при моделюванні дії високошвидкісного удару досягається сумісне деформування матеріалів ударника й плити з матеріалом середовища [1]. Схема інтегрування системи рівнянь за часом при використанні Лагранжевої сітки включає операції, що наведені на рис. 1

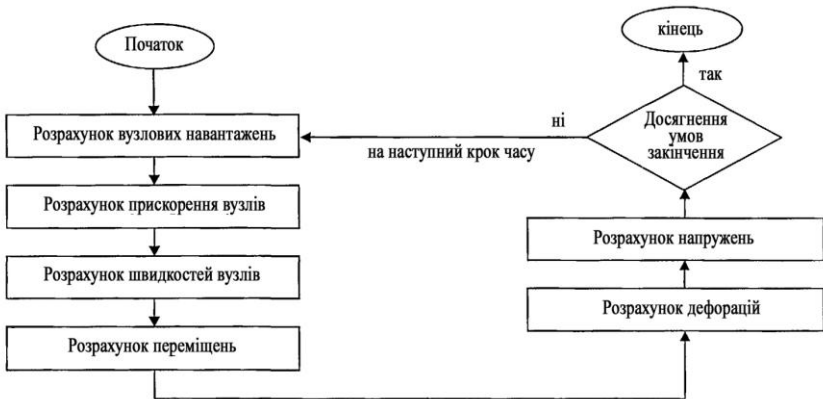


Рис.1 Схема інтегрування за часом системи рівнянь при Лагранжевій сітці

Для побудови структурованої сітки прийнятий тип кінцевого елемента у вигляді гексаедра(призма, тетраедр, октаедр),що дозволило моделювати фазові перетворення слів матеріалів в умовах високих швидкостей (вплив температури, стисненість і т.ін.).

Результати проведених чисельних досліджень мали за мету проектування залізобетонних плит, що мали найменше проникнення ударника в тіло плити. Використання програмного комплексу ANSYS передбачало використання досвідного ударника з такими характеристиками: циліндрична форма діаметром 23мм; довжина ударника 65мм; форма головної частини – тупа; початкова

швидкість ударника 800 м/с; гексаedr розміром 4мм; кількість елементів – 425; кут зустрічі – 00; густина матеріалу- 7750кг/м3; межа текучості -1539 МПа; температура плавлення 1489,9С; модуль зсуву -81,8 ГПа, а також дослідної плити : товщина - 400мм; матеріал – бетон класу – С35; гексаedr розміром 4мм; кількість елементів – 1834326;

Характер проникнення ударника в тіло бетонної плити наведений на рис.2

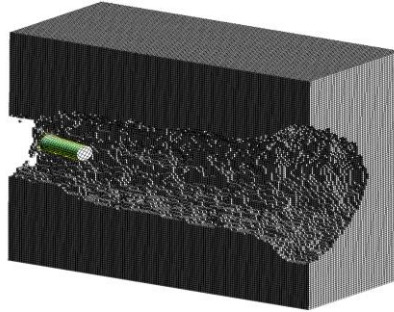


Рис.2 Характер проникнення ударника в бетонну плиту

Зміна швидкості ударника наведена на рис.3.

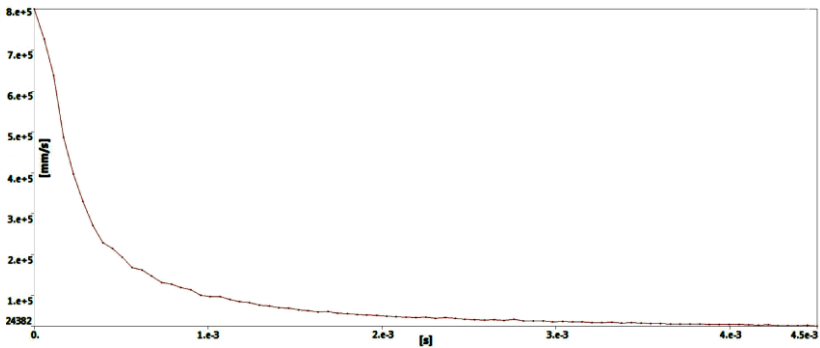


Рис.3 Графік зміни швидкості ударника

За результатами виконаних розрахунків визначені особливості проникнення ударника в залізобетонну плиту. Армування дослідної плити здійснювалось двома сітками, суцільним металевим листом, а також подвійною сіткою з поперечною арматурою.

Особливості проникнення ударника в залізобетонну плиту з різними типами армування наведені на рис.4

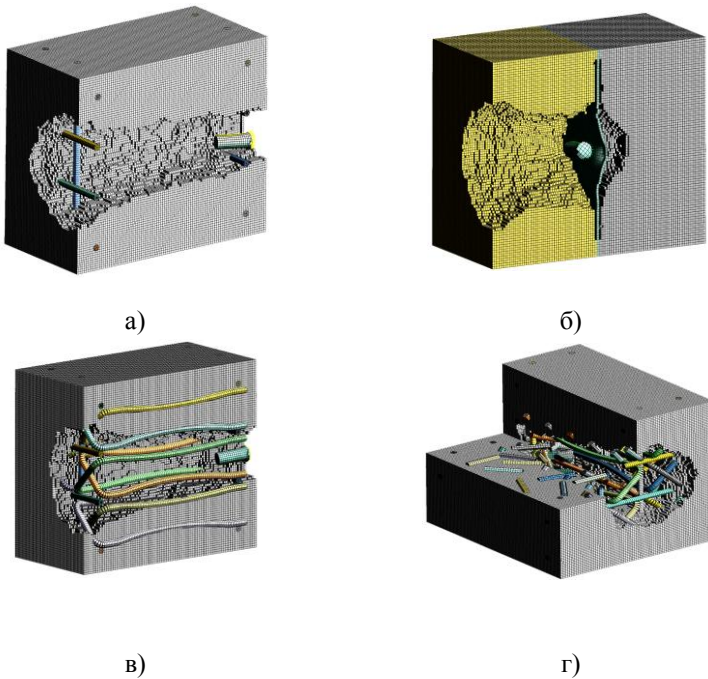


Рис.4 Особливості характеру проникнення ударника в залізобетонну плиту: **а**- з подвійною сіткою; **б**- з суцільним металевим листом; **в**- з подвійною сіткою і поперечною арматурою; **г**- з поперечною арматурою і подвійною сіткою з фіброю

За результатами розрахунків досліджено характер руйнування конструкцій на підставі отриманих значень остаточної швидкості ударника в тілі плити в залежності від типу армування останньої. Зазначена швидкість становить: - бетонна плита – 24,382 м/с; - бетонна плита армована двома сітками – 24,252 м/с; - бетонна плита розділена суцільним металевим листом – 3,868 м/с; - бетонна плита армована поперечною арматурою з подвійною сіткою - 26,179м/с; - бетонна плита армована поперечною арматурою і подвійною сіткою з фіброю- 17,178 м/с. Залишки неушкоджених зразків становлять 44 мм та 152 мм відповідно плит з подвійною поперечною арматурою і фіброю, а також з суцільним металевим листом. Всі інші дослідні зразки плит мали наскрізне руйнування під дією пробійника.

Аналіз проведених чисельних досліджень свідчить, що прийняті передумови розрахунку в роботі [2], а саме заміна шару армованого бетону пружно-

пластичним середовищем - гомогенною двофазною сумішшю матеріалів - не відповідає результатам розрахунку.

За результатами виконаних розрахунків доведено, що прийнятні особливості поведінки в умовах високошвидкісного удару притаманні плитам, що армовані суцільним листом, а також подвійною сіткою з поперечною арматурою і фіброю. Зазначені дослідні плити відрізняються залишковими нешкодженнями і найменшою остаточною швидкістю ударника (17,178 м/с).

Необхідно зазначити, що використання суцільного металевго листа для армування плити супроводжується розшаруванням плити вздовж металевго листа по обидві його сторони. Це потребує особливих конструктивних і технологічних рішень. Останнє ускладнює можливість використання таких плит в спорудах, що експлуатуються в умовах високошвидкісного удару.

Таким чином, на підставі проведених чисельних досліджень для використання у фортифікаційних спорудах рекомендуються залізобетонні плити, що армовані подвійною сіткою з поперечною арматурою і фіброю. Фортифікаційні споруди доцільно виконувати зі збірного залізобетону з урахуванням умов, що не ускладнюють виконання будівельно-монтажних робіт. До складу фортифікаційного об'єкта входять такі монтажні елементи: - фундаментні блоки – крайні і середні вагою 1,15 т і 0,55 т відповідно; - стінові панелі – фронтальні і торцеві вагою 5,785 т; - вхідні панелі вагою 4,721 т; - середні панелі вагою 2,08 т; - панелі перекриття вагою 4,463 т.

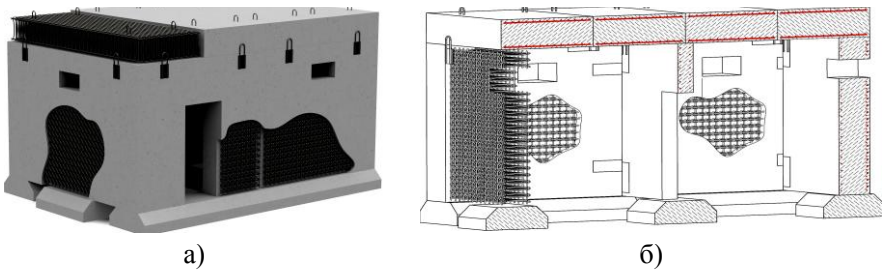


Рис.5 Запропонована конструкція фортифікаційної споруди:
а - загальний вигляд; б – схема армування елементів споруди

Зазначена вага конструкцій не ускладнює технологічний процес монтажу – монтаж елементів здійснюється одним вантажопідйомним пристроєм з одного місця стоянки. Загальний вигляд об'єкта (а), а також схема його армування (б) наведені на рис.5.

Запропонована конструкція дозволяє встановлювати фортифікаційну споруду на різну глибину з урахуванням умов будівництва та призначенням споруди.

Конструкція вантажопідйомних петель розроблена на підставі аналізу величини і розподілу напружень в бетоні складових елементів споруди. Максимальне напруження в бетоні становить 24,5 МПа.

Приклад конструктивного рішення стропу вальних петель фронтальної панелі наведено на рис.6.

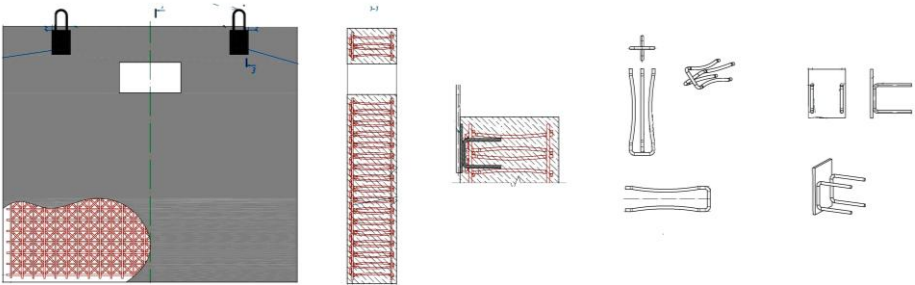


Рис.6 Влаштування вантажопідйомних петель конструктивних елементів споруди

Результати виконаних чисельних досліджень дозволили рекомендувати використання в практиці фортифікаційного будівництва залізобетонні конструкції, що придатні до експлуатації в умовах високошвидкісного удару.

1. Клованич С.Ф.- Метод конечных элементов в нелинейных задачах инженерной механики / Запорожье: Издательствожурнала“Світ геотехніки”, 2009. – 400 с.
2. Белов Н.Н., Югов Н.Т. Расчет прочности конструкций из бетонных и железобетонных плит при высокоскоростном ударе. Томский государственный архитектурно-строительный университет. УДК 539.3 12/V 2004г .3.
3. Hakan Hansson, Peter Skoglund. SWEDISH DEFENCE RESEARCH AGENCY. Weapons and Protection. Simulation of Concrete Penetration in 2D and 3D with the RHT Material Model. November 200.