

ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ В УМОВАХ ВИСОКОШВИДКІСНОГО УДАРУ

*Наведені результати досліджень напруженого стану бетонних і залізобетонних елементів при дії високошвидкісного удару і обґрунтована можливість їх застосування в спорудах різного призначення
Модель, ударник, плита, взаємодія.*

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 variant construction designations

*Ключові слова
Model, drop point, flagstone, interaction*

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

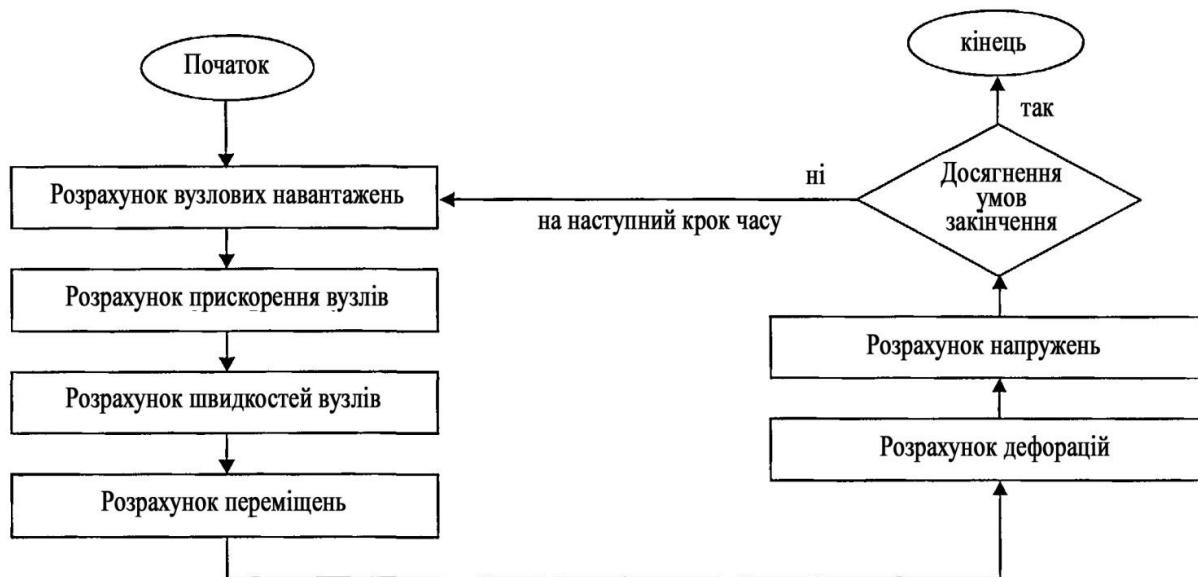


Рис.1 Схема інтегрування за часом системи рівнянь при Лагранжевій сітці

Для побудови структурованої сітки прийнятий тип кінцевого елемента у вигляді гексаедра(призма, тетраедр, октаедр),що дозволило моделювати фазові перетворення слоїв 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 дослідного ударника з такими характеристиками: циліндрична форма діаметром 23мм; довжина ударника 65мм; форма головної частини – тупа; початкова швидкість ударника 800 м/с; гексаедр 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;
гексаедр розміром 4мм; кількість елементів – 1834326;

За результатами розрахунку дослідних елементів із зазначеними параметрами отримано характер проникнення ударника в тіло плити , що наведений на рис.2

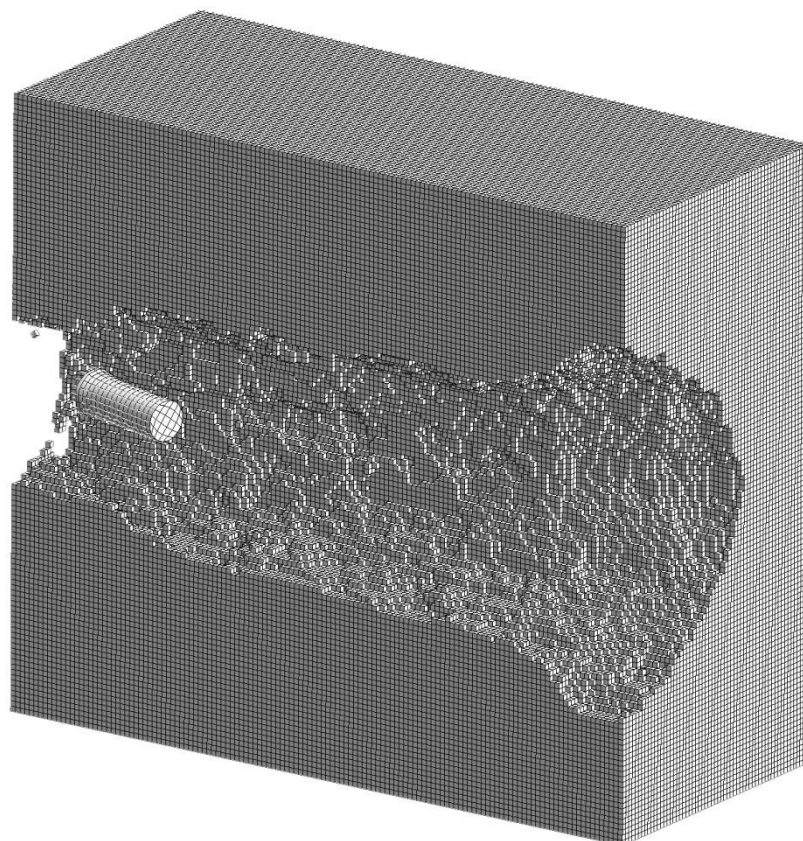


Рис.2 Характер проникнення ударника в бетонну плиту

Зміна швидкості ударника наведена на рис.3

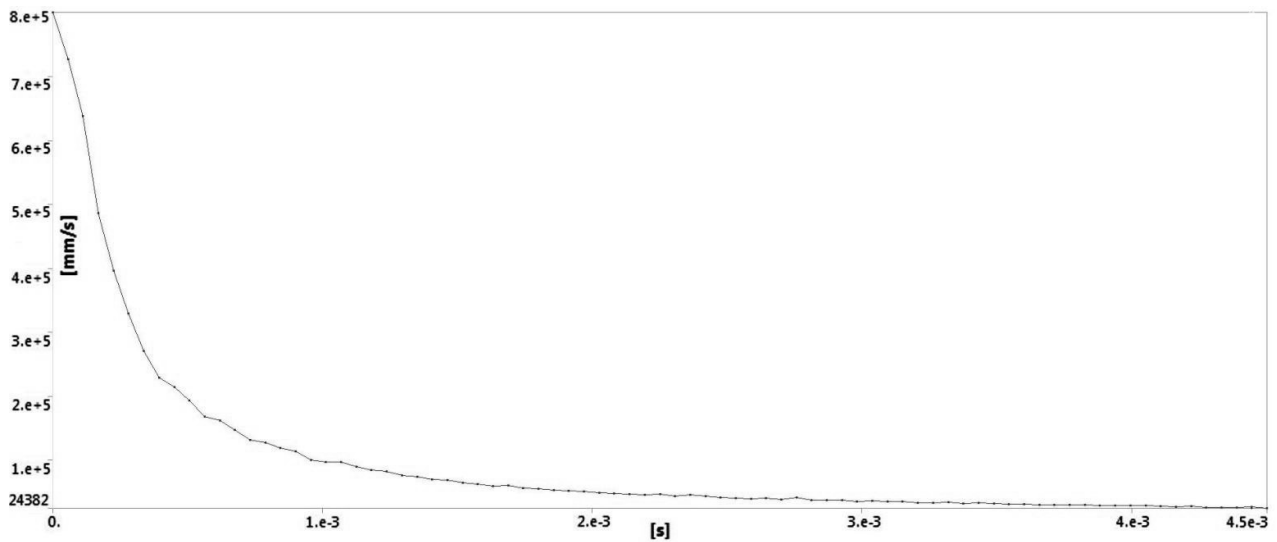
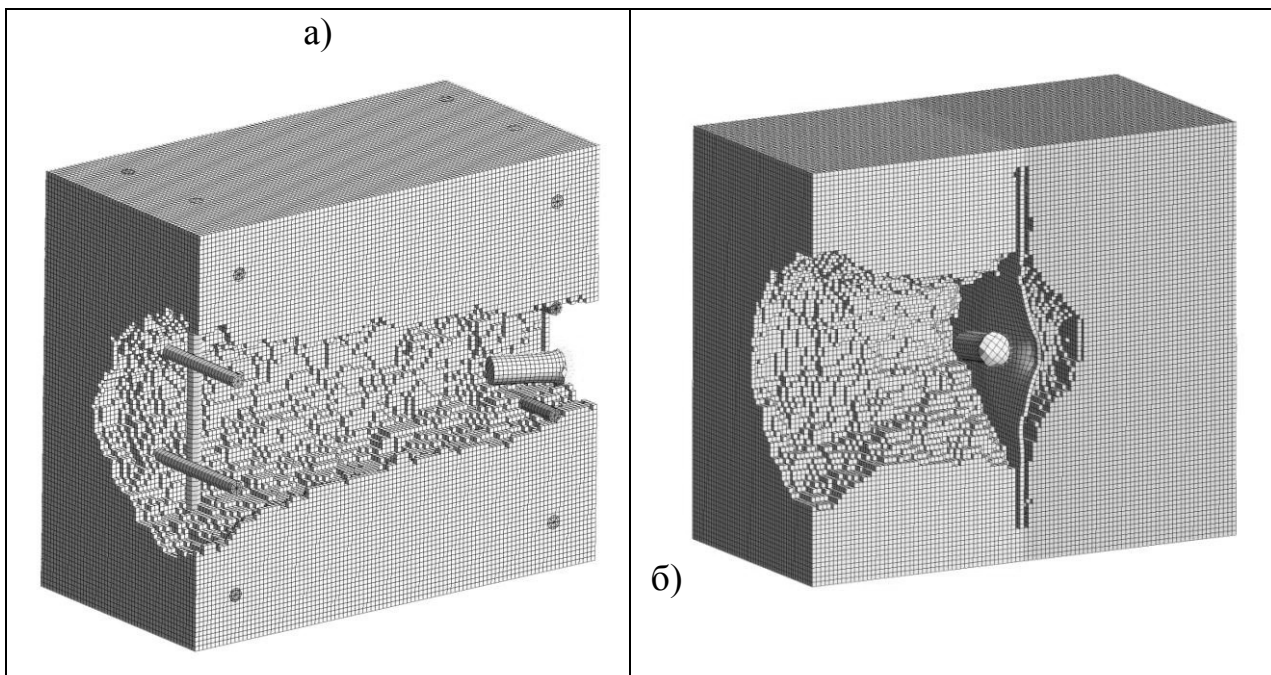


Рис.3 Графік зміни швидкості ударника

За результатами виконаних розрахунків отримані 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 представлені на рис.4



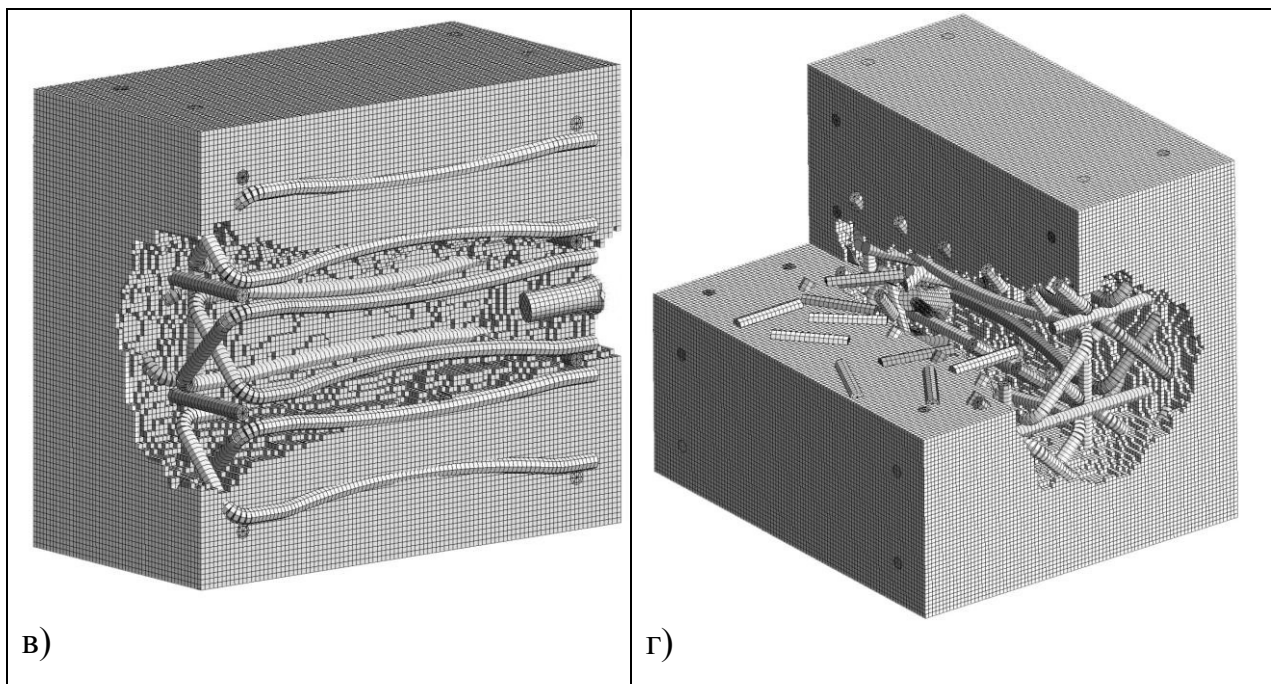


Рис.4 Особливості характеру проникнення ударника в залізобетонну плиту: а- з подвійною сіткою; б- з суцільним металевим листом; в- з подвійною сіткою і поперечною арматурою; г- з поперечною арматурою і подвійною сіткою з фіброю

Результати розрахунків залізобетонних плит з різними типами армування наведені в табл.1

Таблиця 1

Результати розрахунків залізобетонних плит з різними типами армування

№	Дослідний зразок	Остаточна швидкість ударника м/с	Характер руйнування плити
1	3.1 Бетонна плита	24,382	Наскрізне пробиття
2	3.2 Бетонна плита армована двома сітками.	24,252	Наскрізне пробиття
3	3.3 Бетонна плита розділена суцільним металевим листом	3,868	Залишок не ушкодженого зразку 152 мм
4	3.4 Бетонна плита армована поперечною арматурою і подвійною сіткою.	26,179	Наскрізне пробиття
5	3.5 Бетонна плита армована поперечною арматурою і подвійною сіткою з фіброю Ø12 А 400С	17,178	Залишок не ушкодженого зразку 44 мм

Аналіз проведених чисельних досліджень свідчить, що прийняті передумови розрахунку в роботі [2], а саме заміна шару армованого бетону упругопластичним середовищем- гомогенною двофазною сумішшю матеріалів- не відповідає результатам розрахунку. За даними табл.1 для бетонної плити і плити,що армована двома сітками, характерно наскрізне пробиття ударником, при цьому остаточна швидкість ударника у двох випадках майже однакова. Результати розрахунків свідчать,що прийнятними особливостями поведінки в умовах високошвидкісного удару володіють плита,що армована суцільним листом, а також плита,армована подвійною сіткою з поперечною арматурою і фіброю. Зазначені дослідні зразки відрізняються залишковими неушкодженими зразками 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, що ускладнює можливість використання таких плит в умовах високошвидкісного удару.

Таким чином, на підставі проведених чисельних досліджень для використання в спорудах, що експлуатуються в умовах високошвидкісного удару, рекомендуються залізобетонні плити, що армовані подвійною сіткою з поперечною арматурою і фіброю.

Література

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. 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 2002.