

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

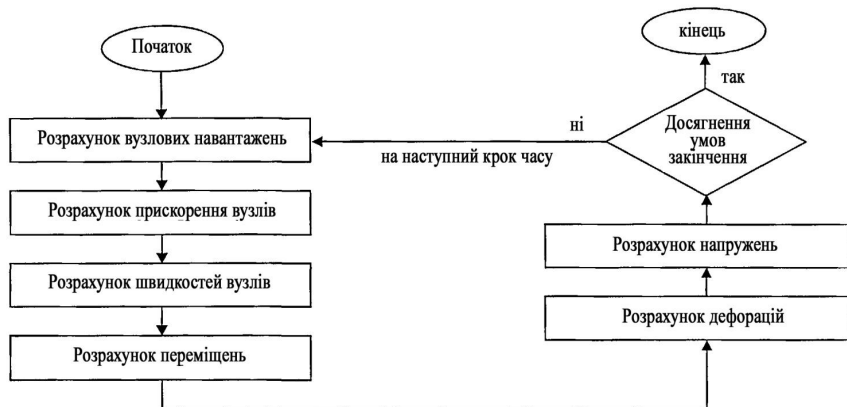


Рис.1 Схема інтегрування за часом системи рівнянь при Лагранжевій сітці

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; гексаedr 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

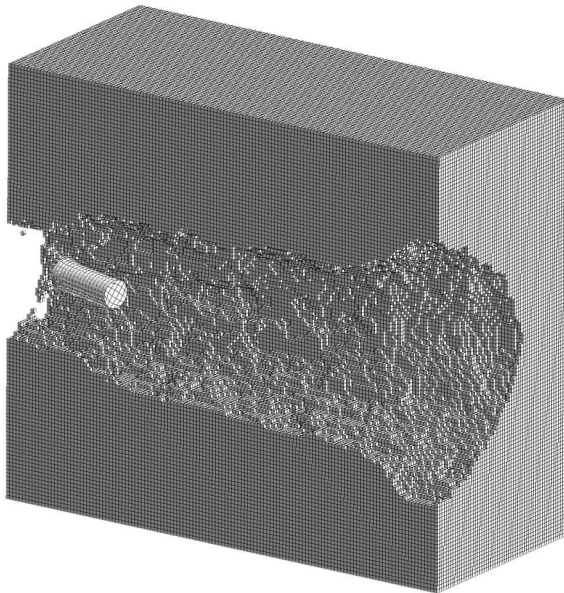


Рис.2 Характер проникнення ударника в бетонну плиту

Зміна швидкості ударника наведена на рис.3

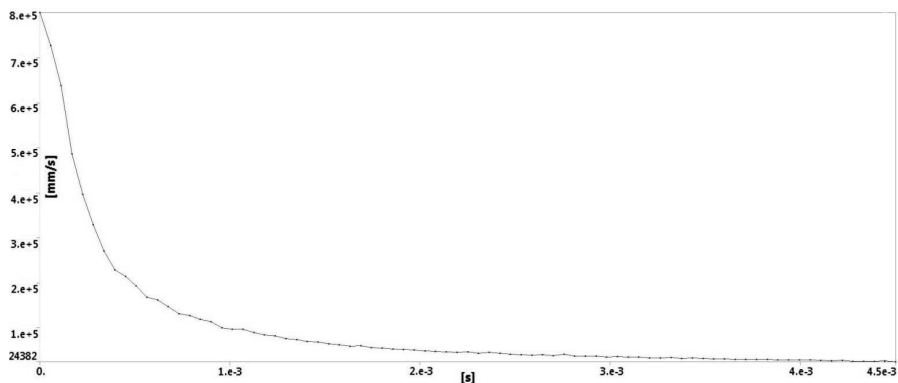
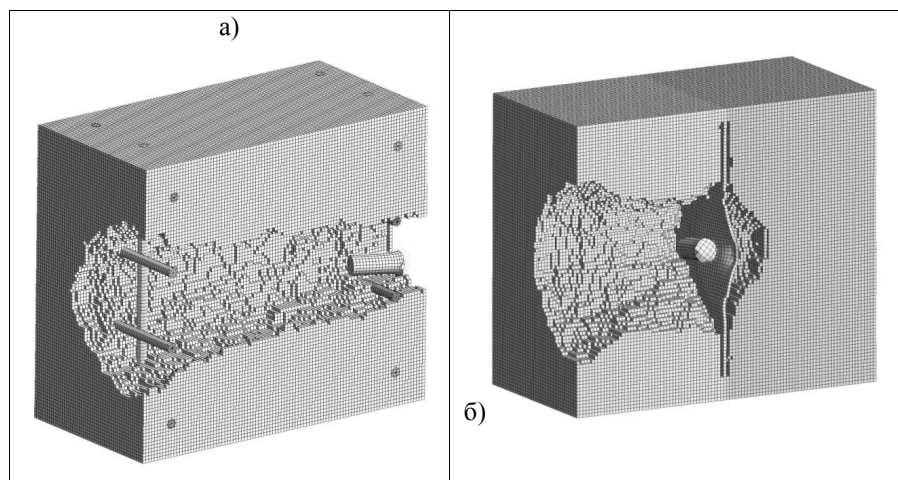


Рис.3 Графік зміни швидкості ударника

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



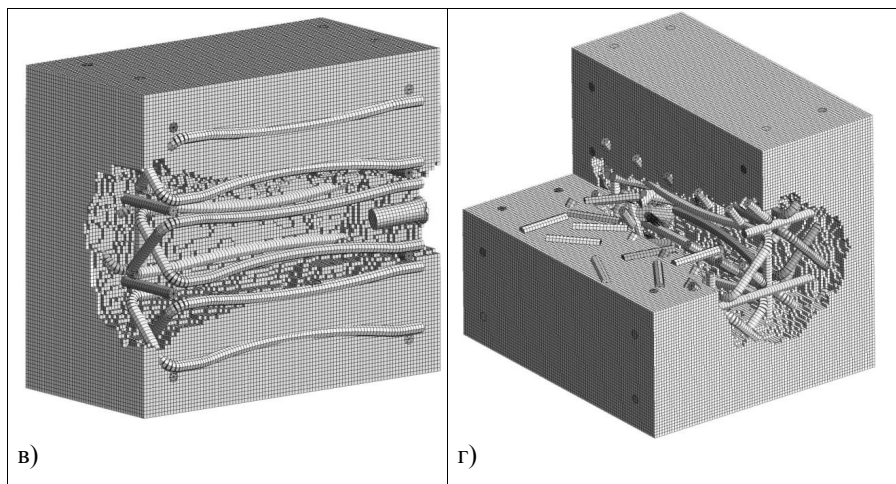


Рис.4 Особливості характеру проникнення ударника в залізобетонну плиту:
а- з подвійною сіткою; б- з суцільним металевим листом; в- з подвійною сіткою і поперечною арматурою; г- з поперечною арматурою і подвійною сіткою з фіброю

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 металевого листа для армування плити супроводжується розшаруванням плити вздовж металевого 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.