

УДК 624.131.64

ВИКОРИСТАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ВИСОКОШВИДКІСНОГО УДАРУ

ПРИМЕНЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО УДАРА

APPLICATION OF REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS UNDER THE HIGH-SPEED IMPACT

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

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

Afanasiyeva L.V., associate professor, Didenko D.V., master (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 в спорудах різного призначення.

Приведены результаты исследований напряженного состояния бетонных и железобетонных элементов при действии высокоскоростного удара и обоснована возможность их использования в сооружениях различного назначения.

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:

Модель, ударник, плита, взаємодія

Модель, ударник, плита, взаимодействие

Model, drop point, flagstone, interaction

Вступ. 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.

Стан питання та задачі 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»).

Методика досліджень. 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. Схема інтегрування системи рівнянь за часом при використанні Лагранжевої сітки включає операції, що наведені на рис.1

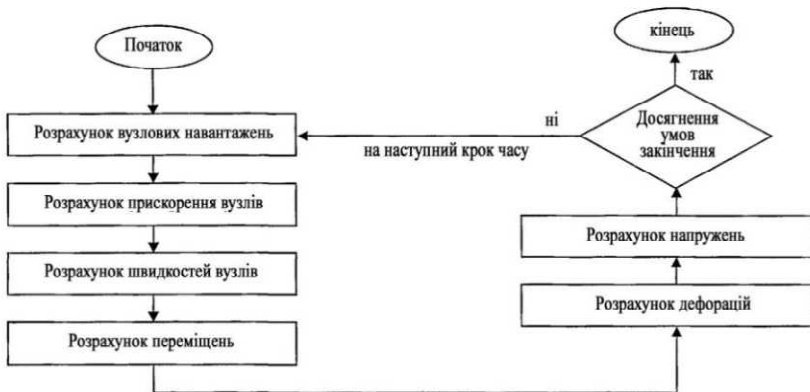


Рис.1. Схема інтегрування за часом системи рівнянь при Лагранжевій сітці

Для побудови структурованої сітки прийнятий тип кінцевого елемента у вигляді гексаедра, що дозволило моделювати фазові перетворення слоїв матеріалів в умовах високих швидкостей. За модель матеріалу бетону прийнята RHT модель, за модель матеріалу сталі прийнята Johnson and Cook модель [1].

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; гексаedr розміром 4мм; кількість елементів – 425; кут зустрічі – 0°; густина матеріалу- 7750кг/м3; межа текучості -1539 МПа; температура плавлення 1489,9 С; 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. Зміна швидкості ударника наведена на рис.3.

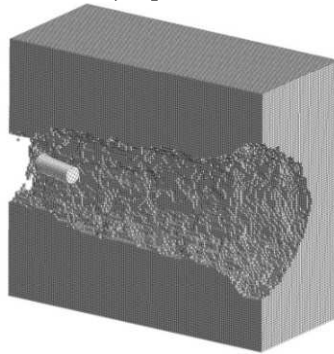


Рис.2 Характер проникнення ударника в бетонну плити

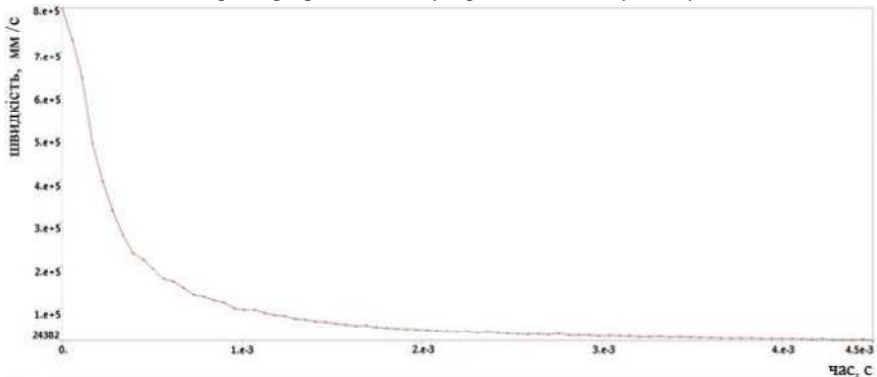


Рис.3. Графік зміни швидкості ударника

Аналіз даних розрахунку свідчить, що швидкість ударника до зіткнення з плитою дорівнює 800 м/с, а після проникнення в бетонну плити швидкість дослідного ударника зменшилась до 24,3 м/с. Відхилення траєкторії ударника в плиті відповідає даним роботи [1].

За результатами виконаних розрахунків отримані особливості проникнення ударника в залізобетонну плити. Армування дослідної плити здійснювалось двома сітками, суцільним металевим листом, подвійною

сіткою з поперечною арматурою, а також фіброю з подвійною сіткою і поперечною арматурою. Особливості проникнення ударника в залізобетонну плиту з різними типами армування, що досліджувались, представлені на рис.4

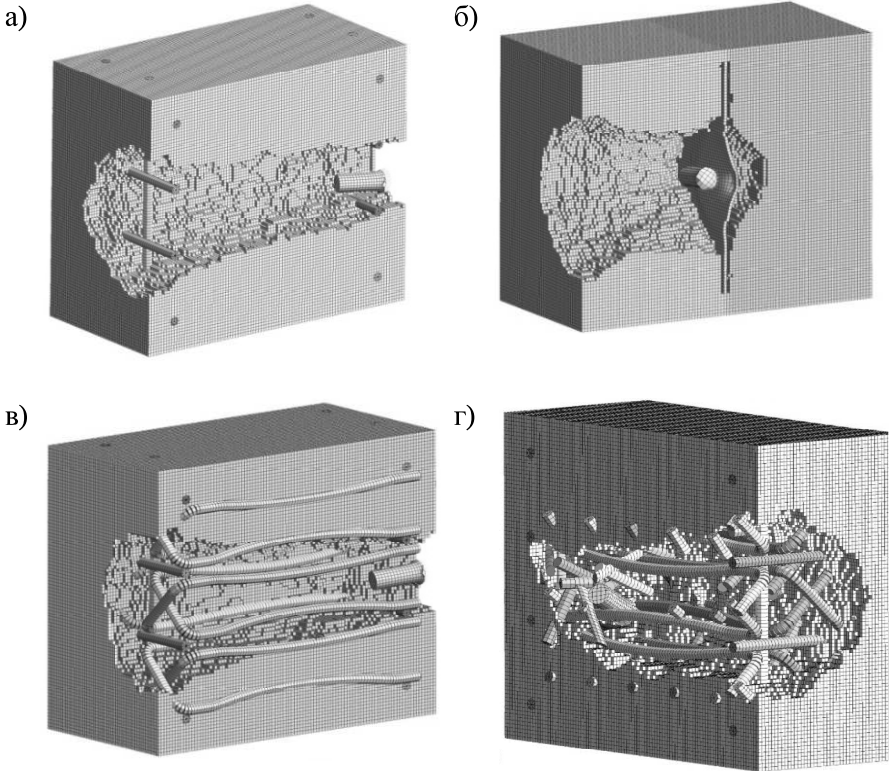


Рис.4. Особливості характеру проникнення ударника в залізобетонну плиту:
а- з подвійною сіткою; б- з суцільним металевим листом; в- з подвійною сіткою і поперечною арматурою; г- з фіброю, подвійною сіткою і поперечною арматурою

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

Таблиця 1

Результати розрахунків залізобетонних плит з різними типами армування

| № п/п | Тип дослідної плити | Остаточна швидкість ударника, м/с | Характер руйнування плити |
|-------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Бетонна плита армована двома сітками. | 24,252 | Наскрізне пробиття |
| 2 | Бетонна плита розділена суцільним металевим листом | 3,868 | Залишок не ушкодженого зразку 152 мм |
| 3 | Бетонна плита армована поперечною арматурою і подвійною сіткою. | 26,179 | Наскрізне пробиття |
| 4 | Бетонна плита армована фіброю з подвійною сіткою і поперечною арматурою | 17,178 | Залишок не ушкодженого зразку 44 мм |

Висновки. 1. Аналіз проведених чисельних досліджень свідчить, що прийняті передумови розрахунку в роботі [2], а саме заміна шару армованого бетону пружньопластичним середовищем, що являє собою гомогенну двофазну суміш матеріалів, не відповідає результатам розрахунку. За даними розрахунків для бетонної плити (рис.2) і плити, що армована двома сітками (рис. 4а), характерно наскрізне пробиття ударником, при цьому остаточна швидкість ударника у двох випадках майже однакова.

2. Результати розрахунків свідчать, що прийнятними особливостями поведінки, тобто мають неушкоджений залишок плити (див. табл.1), в умовах високошвидкісного удару володіє плита, що армована суцільним листом, а також плита армована фіброю, подвійною сіткою та поперечною арматурою. Зазначені дослідні зразки відрізняються залишковими неушкодженими зразками і найменшою остаточною швидкістю ударника. 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.

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

1. Hakan Hansson, Peter Skoglund. Simulation of Concrete Penetration in 2D and 3D with the RHT Material Model. – Swedish defence research agency FOI-R-0720-SE Technical report, 2002. – 50с. 2. Белов Н.Н., Копаница Д.Г. Расчет железобетонных конструкций на взрывные и ударные нагрузки. – Нортхэмптон-Томск, 2004. – С.358.