

Корисна модель належить до галузі будівництва та може бути використана при виготовленні залізобетонної кесонної плити перекриття методом 3D друку.

Відома залізобетонна плита перекриття [1], що має ребристу конструкцію та виготовляється в заводських умовах із застосуванням арматурних каркасів та бетонної суміші, укладеної у форми з поперечними та поздовжніми ребрами. Ребриста форма плити дозволяє зменшити витрати бетону при збереженні необхідної несучої здатності та жорсткості, а також збільшує прольоти, що перекриваються.

Недоліком такої конструкції плити є значні витрати на виготовлення та утримання опалубки складної конфігурації, обмеження у варіативності форми та габаритів плит, а також висока матеріалоемність у порівнянні з більш сучасними пустотними чи кесонними плитами. Крім того, значна маса елементів ускладнює транспортування та монтаж, що призводить до додаткових логістичних і виробничих витрат.

Найбільш близьким аналогом корисної моделі є залізобетонна плита перекриття, виготовлена методом 3D-друку [2]. Відома залізобетонна плита перекриття складається з бетонного тіла плити та арматурних елементів. Така плита перекриття є ребристою, в якій геометрія ребер визначається траєкторіями головних згинальних моментів, а розміри оптимізуються за допомогою методу скінченних елементів. Конструкція дозволяє формувати індивідуальні конфігурації плит залежно від навантаження та схеми опор, забезпечуючи суттєве зменшення витрат матеріалу. Однак, попри високу ефективність геометрії ребристої плити, надрукованої за допомогою 3D-друку (3DCP), конструкція плити потребує додаткового підсилення у місцях концентрації напружень, зокрема в зонах обпирання та при дії зсувних зусиль.

В основу корисної моделі поставлена задача зменшення маси залізобетонної плити перекриття та витрати матеріалів, а також підвищення міцності та жорсткості плити. Додатковою задачею корисної моделі є можливість формування складної внутрішньої геометрії плити та спрощений процес виготовлення.

Поставлена задача вирішується тим, що у залізобетонній кесонній плиті перекриття, виготовленій методом 3D-друку, що складається з бетонного тіла плити, в якому розміщені арматурні елементи, згідно з корисною моделлю, тіло плити на своїй нижній поверхні містить систему поперечних і поздовжніх ребер, які формують кесони, при цьому арматурні елементи в центрі тіла плити виконані у вигляді арматурної сітки, а в ребрах - у вигляді поздовжніх арматурних стрижнів і кутових арматурних елементів, причому поздовжні арматурні стрижні розміщені в ребрах попарно та з'єднані між собою кутовими арматурними елементами в місцях перетину ребер.

Зменшення маси плити та витрати матеріалів досягаються за рахунок оптимізованої форми кесонів. Форма та розміри кесонів визначаються за результатами комп'ютерного моделювання, яке враховує розподіл навантаження та необхідну жорсткість плити. Оптимізована кесонна форма створює раціональну внутрішню структуру, що дозволяє скоротити витрати бетону до 30 % порівняно з аналогами. Додатково, корисна модель дозволяє створювати конструкції зі змінною висотою та формою кесонів у межах однієї плити, що забезпечує точне розміщення матеріалу лише там, де це необхідно для несучої здатності.

Підвищення міцності та жорсткості плити досягаються за рахунок комп'ютерного моделювання, що дозволяє визначити і реалізувати таку форму кесонів та розташувати арматуру в зонах найбільших напружень, що дає змогу як найкраще справлятися з розподілом навантаження і забезпечує необхідну жорсткість.

Можливість формування складної внутрішньої геометрії плити, недосяжної для традиційних методів, досягається за рахунок технології пошарової екструзії (3D-друку, що дозволяє формувати складну внутрішню геометрію, що неможливо або є надзвичайно дорогим при використанні традиційних форм та опалубки складної конфігурації) та адаптивності (можливості формування конструкцій зі змінною висотою та формою кесонів у межах однієї плити).

Спрощення процесу виготовлення плити, за рахунок використання технології 3D-друку, повністю усуває потребу в опалубці та розпалубці та дозволяє виготовлення безпосередньо на будівельному майданчику.

Корисна модель пояснюється графічними матеріалами.

На фіг. 1 - зображена залізобетонна кесонна плита перекриття, виготовлена методом 3D-друку в аксонометрії.

На фіг. 2 представлений вигляд знизу залізобетонної плити перекриття зі схемою армування.

На фіг. 3 показаний поперечний розріз плити перекриття.

Корисна модель далі буде проілюстрована прикладом залізобетонної кесонної плити перекриття, виготовленої методом 3D-друку. Цей приклад не повинен розглядатися, як такий, що обмежує корисну модель.

Залізобетонна плита перекриття, виготовлена методом 3D-друку, складається з бетонного тіла 1 плити, в якому розміщені арматурні елементи. Причому тіло 1 плити на своїй нижній поверхні містить систему поперечних і поздовжніх ребер 3, які формують кесони 6. Крім того, арматурні елементи в

центрі тіла 1 плити виконані у вигляді арматурної сітки 2, а в ребрах 3 - у вигляді поздовжніх арматурних стрижнів 4 і кутових арматурних елементів 5. Причому, поздовжні арматурні стрижні 4 розміщені в ребрах 3 попарно та з'єднані між собою кутовими арматурними елементами 5 в місцях перетину ребер 3.

Виготовлення залізобетонної кесонної плити перекриття здійснюють за допомогою великогабаритного 3D-принтера, який пошарово екструзує спеціалізовану бетонну суміш. Друк виконують в перевернутому положенні. Процес починається з підготовки цифрової 3D-моделі плити з оптимізованою геометрією кесонів та слайсінгу моделі для подальшого друку. Після чого встановлюють друкарський комплекс та проводять його налаштування.

Першим та ключовим етапом виготовлення є послідовне друкування тіла 1 плити, куди в центр між шарами інтегрують арматурну сітку 2. Наступним етапом є друк поперечних та поздовжніх ребер 3, що формують кесони 6. В ребра 3 інтегрують поздовжні арматурні стрижні 4, що розміщують попарно. В місцях перетину ребер 3 інтегрують кутові арматурні елементи 5 для з'єднання поздовжніх арматурних стрижнів 4 між собою. Форму та розміри кесонів 6 визначають за результатами комп'ютерного моделювання, що враховує розподіл навантаження та необхідну жорсткість. Після друку та інтеграції арматурних елементів у тіло плити - відбувається додаткова обробка та догляд за бетоном, до набору міцності та перевертання плити у проектне положення.

Таким чином, особливістю конструкції залізобетонної кесонної плити перекриття є зменшення витрати бетону до 30 %, можливість формування складної внутрішньої структури, недосяжної для традиційних методів, а також підвищення міцності й жорсткості при зниженій масі плити.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

1. ДСТУ Б В.2.6-147:2010 Плити перекриттів залізобетонні ребристі. Технічні умови. - Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. - 34 с.

2. Breseghello L., Hajikarimian H., Naboni R. 3DLightSlab. Design to 3D concrete printing workflow for stress-driven ribbed slabs // Journal of Building Engineering. – 2024. – Vol. 91. – 109573. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109573>

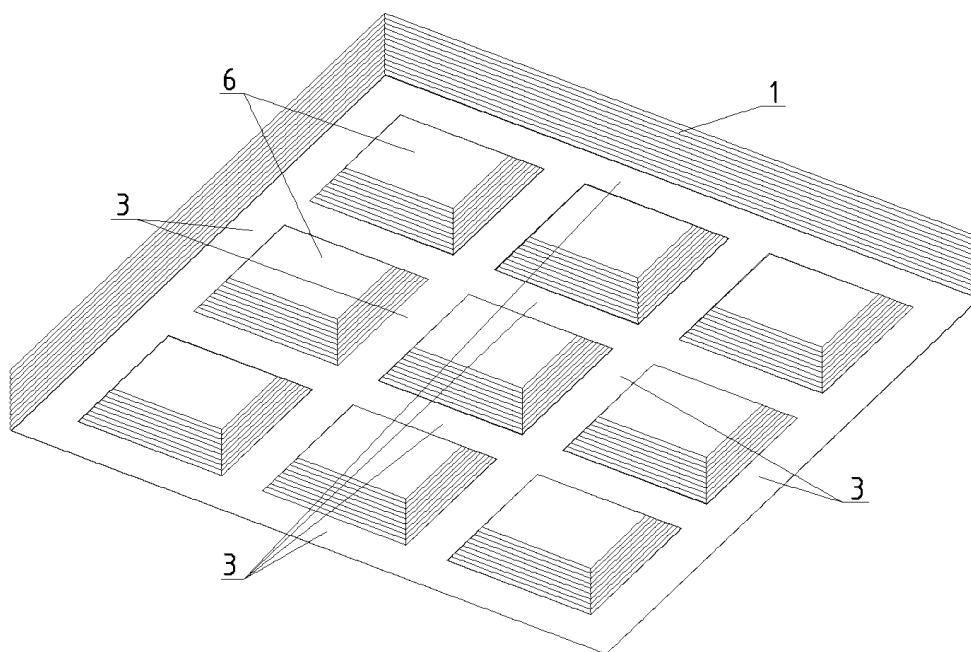


Fig. 1

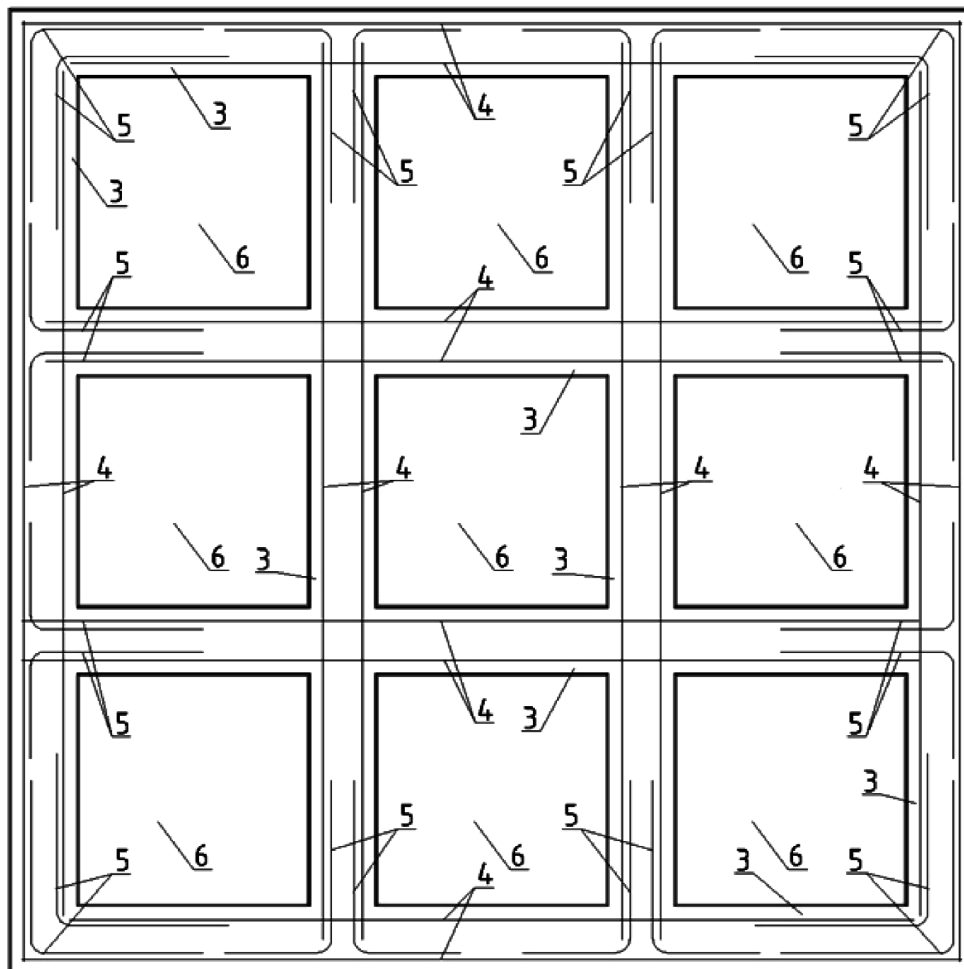


Fig. 2

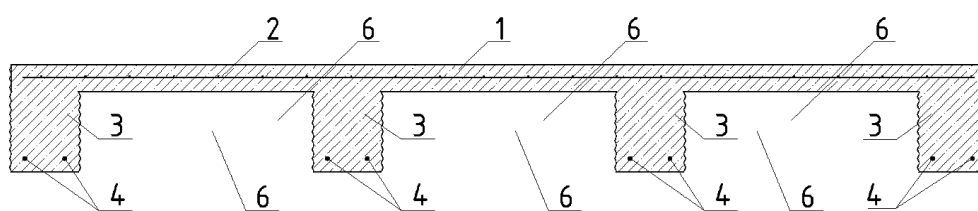


Fig. 3