

УДК 69.07

РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПЕРЕКРИТТІВ, ВИКОНАНИХ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ 3Д ДРУКУ

Сіренко К. О.¹, аспір., Сопільняк А. М.², канд. техн. наук, доц.
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій
[1 sirenok.kyrylo@365.pdaba.edu.ua](mailto:sirenok.kyrylo@365.pdaba.edu.ua), [2 sopilniak.artem@pdaba.edu.ua](mailto:sopilniak.artem@pdaba.edu.ua)

Друга декада XXI століття характеризується інтенсивним впровадженням автоматизованих технологій у сферу будівництва. Уже реалізовано комплексні системи автоматизованого проєктування будівельних конструкцій, інженерних мереж і обладнання (CAD, BIM). На сучасному етапі розвитку акцент зміщується на автоматизацію безпосередньо будівельного виробництва, зокрема процесів зведення об'єктів. Однією з найбільш перспективних технологій у цьому напрямі вважається тривимірний (3D) друк. Повноцінна інтеграція цієї технології у виробничий цикл дозволить забезпечити комплексну автоматизацію усіх стадій життєвого циклу будівель і споруд.

Аналіз сучасної практики засвідчує, що фахівці будівельної галузі та проєктувальники вже досягли певного рівня опанування технології виготовлення конструкцій із використанням 3D-друку бетоном. Проте на сьогодні функціональні можливості таких конструкцій переважно обмежуються елементами, що працюють виключно на сприйняття стискаючих зусиль. Така обмеженість зумовлена як фізико-механічними властивостями матеріалів, що застосовуються в процесі друку, так і технологічними складнощами, пов'язаними з інтеграцією арматурних елементів у процесі формування бетонних виробів шляхом екструзії.

Загальновідомим є той факт, що бетон як матеріал характеризується високою здатністю сприймати стискаючі навантаження, проте практично неефективний при роботі на згин та розтяг у відсутності відповідного армування. Найбільш типовими елементами, які зазнають згину та розтягу під час експлуатації, є конструкції перекриттів і покриттів. Отже, існує об'єктивна потреба в розробленні раціонального конструктивного рішення перекриття, яке б відповідало вказаним вимогам і забезпечувало ефективне використання потенціалу 3D-друку в будівництві. Взагалі покриття будівель можуть бути виконані плоскими з лінійних елементів або просторовими у вигляді тонкостінних оболонок.

Плоскі конструкції покриття у своєму традиційному вигляді схильні до роботи на згин, що передбачає необхідність улаштування немалої кількості армуючих елементів.

Більш детально розглянемо просторові покриття. В даній роботі буде запропонована просторова конструкція в основі котрої виступає оболонка позитивної гаусової кривизни. Формоутворення такої конструкції відбувається паралельним переміщенням кривої по дузі іншої кривої, по контуру оболонку передбачено обмежити балками-стінками. По поверхні оболонки розміщуються ребра в меридіональному напрямку вздовж центральних осьових ліній та по діагоналям до кутів конструкції перекриття та додаткові ребра в меридіональному напрямку таким чином що відстані між ними не перевищує 400 мм. Поперечний переріз ребер передбачено виконати у вигляді «тавра» шляхом поступового збільшення ширини поперечного перерізу до рівня низу плоскої плити таким чином, що зверху вони повинні об'єднатися утворивши суцільну площину. По ребрах влаштовується плоска плитна частина перекриття, що дозволить використовувати запропоновану конструкцію ще й у вигляді перекриття.

Балку-стінку передбачено виконати в два шари які розташовані на певній відстані один від одного для подальшого встановлення арматурної сітки. Між собою дві стінки

з'єднуються шляхом укладання арматурних стержнів з певним кроком через кожні декілька шарів.

Друк елементів конструкції покриття відбувається одночасно в межах однієї січної площини шар за шаром.

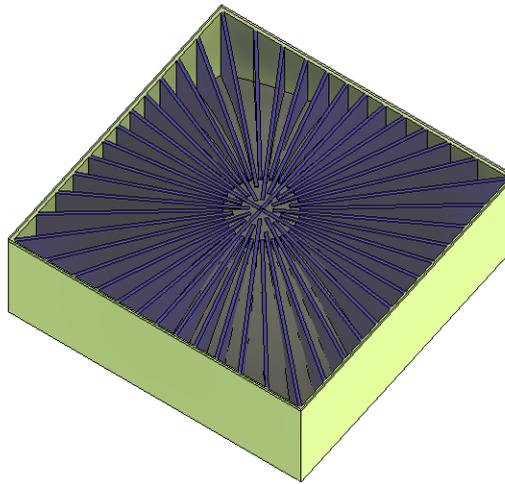


Рис. Об'ємний вигляд конструкції перекриття

Дана конструкція дозволить значно зменшити необхідність людського втручання, та у використанні додаткових елементів таких як опалубка, що робить її більш економічною та автоматизованою у виробництві і такою, що відповідає принципам технології 3D друку.

Підсумувавши вищевикладене можна сказати, що за останні декілька десятиріч відбувся значний стрибок в розвитку технології будівельного 3D друку. Вже майже без проблем друкуються конструкції які здатні сприймати стискаючі зусилля, але ще велика кількість питань залишається щодо виконання конструкцій, які здатні сприймати згинаючі та розтягуючі зусилля, таких як конструкції покриття та перекриття. Запропонована конструкція перекриття у вигляді оболонки позитивної гаусової кривизни здатна вирішити ряд проблем завдяки своїм конструктивним особливостям.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Савицький М., Айріх Ш., Халаф І. З. та ін.; за заг. ред. д-ра техн. наук, проф. Миколи Савицького. Архітектурно-конструктивно-технологічна система 3D-друку будівельних об'єктів : кол. монографія. Дніпро : ФОП Удовиченко О. М., 2019. 233 с.
2. Lukas Gebhard, Jaime Mata-Falcón, Ana Anton, Benjamin Dillenburger, Walter Kaufmann. Structural behaviour of 3D printed concrete beams with various reinforcement strategies. *Engineering Structures*. Vol. 240. 2021. P. 112380. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112380>
3. Mechtcherine V., Michel A., Liebscher M., Schmeier T. Extrusion-based additive manufacturing with carbon reinforced concrete: concept and feasibility study. *Materials*. 2020. Vol. 13. P. 2568.