

FCP 제작용 3D 프린팅 콘크리트 노즐 개발을 위한 요구사항 분석연구

Requirement Analysis Study for Development of 3D Printing Concrete Nozzle for FCP Manufacturing

윤종영¹ · 김지혜² · 김혜권² · 이동훈^{3*}

Youn, Jong-Young¹ · Kim, Ji-Hye² · Kim, Hye-Kwon² · Donghoon Lee^{3*}

Abstract

In the construction industry, interest in technologies such as 3D Construction Printing (3DCP) is increasing, and research is being conducted continuously. In the case of atypical architecture, different shapes must be implemented, and the introduction of 3D printing technology is intended to solve it. Our researchers are conducting research to produce Free-form Concrete Panel (FCP). It automatically manufactures the FCP's formwork without any error with the design shape. At this time, the concrete nozzle based on the 3D printing technology is developed and the concrete is precisely extruded into the manufactured form to prevent the deformation of the formwork that can occur due to the concrete load. Therefore, in this study, the requirements for the development of 3D printing concrete nozzles for FCP manufacturing are analyzed. Based on the analyzed requirements, the first nozzle was developed. Such equipment is easy to shorten construction period and cost reduction in the atypical construction field, and is expected to be utilized as basic 3D printing equipment.

키 워 드 : 콘크리트 노즐, 3D 프린팅, 비정형 콘크리트 패널

Keywords : concrete nozzle, 3d printing, free-form concrete panel

1. 서 론

1.1 연구의 목적

건설산업에서 3D Construction Printing(3DCP) 기술에 대한 관심이 증가하고 있으며 지속적으로 연구들이 수행되고 있다 [1]. 이는 건축물을 자동으로 구현하기 때문에 비용절감, 공기단축이라는 이점이 있다. 특히 비정형 건축의 경우 사용되는 패널의 형상이 각기 달라 구현에 어려움이 있다. 이를 개선하기 위해 3D 프린팅 기술 관련 연구들이 수행되고 있다. 본 연구진은 FCP(Free-form Concrete Panel) 생산기술에 관한 연구를 수행하고 있으며 FCP 거푸집을 자동으로 제작하는 장비를 개발하였다. FCP 설계형상을 입력하여 실리콘 및 강판 재질의 거푸집을 양면과 측면에서 로드로 조절하여 자동으로 거푸집을 제작한다. 이러한 거푸집에 콘크리트를 타설 시 발생하는 하중으로 인해 FCP 거푸집 형상이 변형되어 오차가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 전술된 3D 프린팅 기술로 정밀하게 압출이 가능한 FCP 제작용 콘크리트 노즐을 개발하여 FCP 거푸집의 변형을 예방하며 오차없이 FCP를 구현한다. 따라서 FCP 제작용 3D 프린팅 콘크리트 노즐 개발에 필요한 요구사항을 분석한다.

2. FCP 제작용 콘크리트 노즐 개발

2.1 FCP 제작용 3D 프린팅 콘크리트 노즐 요구사항

3D 프린팅 기술 관련 선행연구를 분석하여 콘크리트 노즐의 요구사항을 분석하였다[2]. FCP 거푸집은 각기 다른 형태이며 설계형상에 적합한 콘크리트를 정량으로 정밀하게 압출해야 한다. 이를 위해 노즐이 콘크리트를 자유롭게 압출 및 정지 기능이 요구되며 정지 시 정량 이상의 콘크리트가 압출되지 않는 개폐방식이 요구된다. 또한 노즐은 거푸집 내에 콘크리트를 적층하기 위해 정확한 위치에 압출되어야 한다. 이를 만족하기 위해 노즐의 압출속도의 제어와 노즐의 이동속도 및 최적 경로설정이 요구된다. 따라서 이를 기반으로 1차적으로 노즐을 개발하였으며 이를 노즐의 크기, 노즐 이동 속도, 최적 콘크리트 선정 및 압출 속도, FCP 곡률의 반경을 고려한 노즐 경로의 반영 여부 및 적합성을 판단한다.

1) 한밭대학교, 석사

2) 한밭대학교, 학사

3) 한밭대학교, 부교수, 교신저자(donghoon@hanbat.ac.kr)

2.2 FCP 제작용 3D 프린팅 콘크리트 노즐 1차 개발

본 연구에서는 전술된 요구사항을 분석하여 FCP 제작용 3D 프린팅 콘크리트 노즐을 1차적으로 개발하였으며 이는 그림 1과 같다. 콘크리트는 믹싱탱크에 공급되며 콘크리트 압출용 스크류에 의해 압출된다. 이때 스크류의 회전용 모터의 속도에 따라 콘크리트 압출 속도가 조절된다. 스크류 회전용 모터는 회전 방향을 정회전에서 역회전으로 변경 가능하며 이는 일시적으로 압력을 조절하여 콘크리트 누출을 방지한다. 하지만 노즐 압출구에서 콘크리트가 누출될 수 있어 정밀한 압출을 위해 콘크리트 압출량이 조절되어야 한다. 이는 공압 실린더를 사용하여 슬릿형 개폐장치를 조작해 압출구를 차단하여 콘크리트를 자유롭게 압출 및 정지한다.



그림 1. FCP 제작용 3D 프린팅 콘크리트 노즐 및 구성요소

3. 결 론

본 연구에서는 본 연구진들이 개발한 FCP 생산 장비에 사용되는 3D 프린팅 콘크리트 노즐을 개발하고자 요구사항을 분석하였다. 요구사항으로는 정밀하고 정량의 콘크리트를 압출하기 위한 압출 조절 기능과 압출구를 개폐할 수 있는 기능이 요구된다. 또한 적층을 위해 노즐의 이동속도 조절과 최적 경로설정이 가능하며 압출속도의 제어가 가능해야 한다. 이러한 분석내용을 바탕으로 FCP 제작용 3D 프린팅 콘크리트 노즐을 개발하였다. 개발된 노즐은 개폐부에 공압 실린더를 설치하였다. 이는 슬릿형 개폐장치를 이동시켜 콘크리트 압출 및 정지시킨다. 스크류 회전용 모터는 정회전 및 역회전의 방향의 변경이 가능하여 일시적으로 콘크리트의 압력을 조절하며 콘크리트 압출 속도를 조절한다. 본 장비는 추후 노즐의 크기, 노즐 이동 속도, 최적 콘크리트 선정 및 압출 속도, FCP 곡물의 반경을 고려한 노즐 경로를 파악하는 실험을 통해 2차적으로 노즐을 디자인한다. 이러한 장비는 비정형 건축분야에서 공기단축 및 비용절감에 용이하며 기초적인 3D 프린팅 장비로 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(No. 2020R1C1C101260012)

참고 문헌

1. Kho P. Verian, Scott R. Kowaleski, Matthew D. Carli, Randall P. Bright, Eerik Maandi, Gary Sill. Properties of 3D Printing Mortar with the Development of a 3D Construction Printing (3DCP) Delivery System. Transportation research record. 2020. 1-9p.
2. Ji-Yeong, Yun., Kyeong-Tae, Jeong., Donghoon Lee. Development of 3D concrete extrusion nozzle for producing free-form concrete panels. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT). 2021. 427-436p.