

# 다관절 로봇을 이용한 건설용 3D프린팅 출력시스템 개발

## Development of a 3D Printing System for Construction Using an Articulated Robot

이기륜<sup>1\*</sup> · 노현주<sup>2</sup> · 정남철<sup>2</sup>

Lee, Giryun<sup>1\*</sup> · Nho, Hyunju<sup>2</sup> · Jung, Namcheol<sup>2</sup>

**Abstract** : 3D printing technology is recognized as a core technology that will lead the next generation, and is a field that can have a large ripple effect if it innovates the existing construction production method. Therefore, this study deals with the development of a 3d printing system using an articulated robot for construction purposes. In this system, ABB robot was used to control the developed cement gun accurately. The system is composed of mixer to mix cementitious materials, pump to transfer the materials, abb robot to motion control and cement gun to extrude the materials to print required construction parts. Using the system developed in this study, a suitable mix ratio of cementitious materials was found and successively printed a 1m high structure that demonstrated possibility of printing structures using 3d printer. In the future, we plan to build a foundation for automated construction through research on construction methods and materials that can be continuously layered for the system.

**키워드** : 3차원 프린팅, 다관절 로봇, 건설 자동화.

**Keywords** : 3D printing, articulated robot, construction automation

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

미국, 중동, 싱가포르 등에서는 3D프린팅이 차세대를 이끌 핵심기술로 인정받고 있으며, 이를 활성화하기 위하여 국가차원에서 정책 및 지원을 확대하고 있는 실정이다. 3D프린팅이란 3D모델링 데이터를 별도의 형틀(Mold) 없이 재료를 적층 경화하여 제품을 형상화하는 기술로 적층제조, 쾌속조형이라고도 한다. 3D프린팅 기술은 3차원 물체를 프린팅 방식으로 제조할 수 있는 기술로, 기존 건축의 생산방식을 혁신할 경우 큰 파급효과를 가져올 수 있는 분야이다 [1-3]. 또한, 디자인의 제약 없이 다양한 비정형 형상을 제작할 수 있다 [4]. 따라서 프로그래밍이 쉽고 사용자 친화적인 티치 펜던트를 갖춘 다관절 로봇을 이용하여 건설용 3D프린팅 출력시스템 개발을 통해 시공 자동화 기반을 구축하는 것을 본 연구의 목적으로 한다.

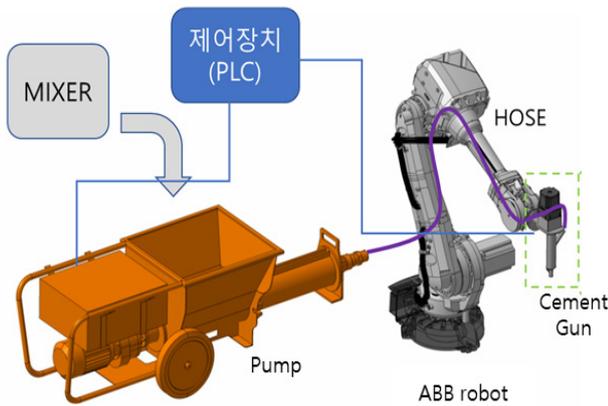
## 2. 다관절로봇 연계 건설용 3D프린팅 출력시스템

### 2.1 건설용 3D프린팅 출력시스템

3D 프린팅 시스템은 정밀하고 유연하게 제어하며 재료를 일정하게 압출 할 수 있는 기술이 핵심이다. 따라서 본 연구에서는 1) 3D 공간에서의 모션 제어, 2) 재료 압송/압출시스템 개발이라는 주요 목표를 가진 건설용 3D 프린팅 출력시스템 개발에 중점을 두었다. 정밀하게 7축 제어가 가능한 ABB 다관절 로봇을 사용하고 일정하게 재료를 압출할 수 있는 Cement gun(노즐)을 개발하여 건설용 3D 프린팅 출력 시스템을 구축하였다. 그림 1(a)와 같이 본 시스템은 재료를 배합하기 위한 믹서기, 재료를 압송 할 수 있는 펌프, 받은 재료를 일정하게 압출 가능한 노즐과 정밀하게 제어할 수 있는 다관절 로봇으로 구성하였다. 출력시스템의 출력 가능한 범위는 모션 제어를 담당하는 다관절로봇의 사양에 의존한다. 따라서, 본 연구에서 사용한 다관절 로봇의 주요 사양은 레일을 포함한 7축 움직임이 가능한 IRB 4600-45 모델로 작업반경 2,050mm, 가반하중은 45kg 로 이에 적합한 노즐을 개발하여 시멘트계 재료를 일정하게 적층할 수 있도록 개발하였다.

1) 현대건설 기술연구원, 스마트건설연구실 건설자동화연구팀, 연구원, 교신저자(giryun1@hdec.co.kr)

2) 현대건설 기술연구원, 스마트건설연구실 건설자동화연구팀, 연구원



(a)

(b)

그림 1. 건설용 3D 프린팅 출력시스템 (a)구성도, (b)출력물

## 2.2 출력 프로세스

건설용 3D 프린터의 출력 프로세스는 크게 프린팅 준비, 재료 준비, 출력의 3단계로 구성된다. 프린팅 준비 단계에서는 프린팅 구성 요소를 3D CAD 모델로 설계하여 모델을 STL 파일 형식으로 변환한다. 이 파일에서 구성 요소의 인쇄 경로가 생성되어 G 코드 파일이 생성된다. G 코드 파일이 생성되면 개발된 출력시스템에 대한 프린팅 준비 단계가 완료된다. 다음 단계에서는 프린팅을 위해 콘크리트 또는 시멘트질 재료(Cementitious materials)를 혼합하는 작업이 포함된다. 재료가 준비되면 펌프에 재료를 지속적으로 공급하여 시멘트건으로 압출을 하는 펌프-노즐 시스템을 사용하여 출력한다. 따라서 두 개의 시스템을 제어하여 재료를 지속적이고 안정적으로 출력할 수 있다.

## 3. 결론

본 연구에서는 7축 다관절 로봇을 이용하여 건설용 3D프린팅 출력시스템을 구축하여 정밀하게 제어하고 개발한 Cement gun으로 재료를 일정하게 압출 할 수 있다. 또한, 본 연구에서 개발한 시스템을 사용해 적층이 가능한 시멘트계 재료 특성과 압출메커니즘을 연구하여 구조물에 활용 할 수 있는 재료를 개발하여 다관절 로봇의 작업이 가능한 최대 높이인 1m의 구조체 그림 1 (b) 를 프린팅 하였다. 추후 지속적으로 일정하게 적층이 가능한 재료와 출력시스템이 맞는 구조 공법과 같은 연구를 통해 시공 자동화 기반을 구축하고자 한다.

## 참고문헌

1. Jo J, Jo B, Cho W, Kim J. Development of a 3D printer for Concrete Structures: Laboratory Testing of Cementitious Materials. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. 2020. p.1-11.
2. 유승규, 박현수, 배성철. 국내외 콘크리트 3D프린팅 기술 및 적용 사례. *한국콘크리트학회*. 2019. p. 58-64.
3. 이호재, 김원우, 서은아, 문재흠. 건설용 3D프린팅 압출 및 적층공정에 따른 시멘트계 복합재료의 수축 특성 영향. *한국구조물진단유지관리공학회*. 2020. p. 113-118.
4. 이동현, 한종인, 이강, 김정훈. 건설용 3D 프린터의 형식 선정 및 설계 고려사항 분석. *대한토목학회*. 2019. p. 915-916.