

# PDMS 몰드 기반의 선택적 파단 위치 제어가 가능한 캡슐 제작 공정 개발

## Development of capsule fabrication process that can control selective fracture location based on PDMS mold

임태욱<sup>1</sup> · 성호<sup>1</sup> · 왕수러<sup>1</sup> · 호걸<sup>1</sup> · 정원석<sup>2\*</sup>

Lim, Tae-Uk<sup>1</sup> · Cheng, Hao<sup>1</sup> · Wang, Shu-Le<sup>1</sup> · Hu, Jie<sup>1</sup> · Jung, Won-Suk<sup>2\*</sup>

### Abstract

Recently, research on the self-healing of concrete using bacteria has been actively conducted. The self-healing method using bacteria has a low self-healing rate and the surrounding environment of the fracture site is very important. A previous study to solve this problem involves the manufacture of capsules using 3D printing. Fracture position control was an important topic in 3D printing-based capsules. In this study, to compensate for the shortcomings of existing studies, a capsule capable of selective destruction location control was produced using PDMS-based molds that are not restricted by the environment. Resin capsules were prepared for each part using several molds and a bonding surface was arranged. In order to verify this on the bonding surface, fracture strength and wave unit values were analyzed through a three-way compression experiment. It can be seen that as the curing time increases, the deviation between samples decreases. In addition, through experiments, it was confirmed that the junction surface and wave unit values coincide in all three directions. It can be used for self-healing research using various solutions.

키 워 드 : 자기치유 캡슐, 주조, 파단 위치 제어

Keywords : self healing capsule, casting, control selective fracture location

## 1. 서 론

지난 몇 년 동안 과학자들은 캡슐화된 석회석 생성 박테리아 포자를 사용하여 콘크리트 균열의 내부 치유를 위한 유망한 기술을 개발했다[1]. 이 친환경 접근 방식은 매우 매력적이며 그럴듯하지만, 박테리아 자가 치유는 저속 접근 방식으로, 상대 습도가 높거나 많은 미생물과 직접 접촉하는 영역에 위치한 표면과 골절 및 구조에 만 적합하다. 해양 구조물이나 하수관과 같은 상황에 적용하기 힘든 단점이 있다[2]. 이러한 문제점을 해결하기 위한 선행 연구로는 3D 프린팅을 이용한 캡슐제작 연구가 있다. 3D 프린팅 기반의 캡슐에서는 파단위치 제어가 중요한 주제였다[3].

따라서 본 연구에서는 환경의 제약을 받지 않는 자기치유 기술에 사용될 수 있는 PDMS 몰드 기반의 선택적 파단위치 제어가 가능한 캡슐을 제안한다. 캡슐의 제조 공정에서 생기는 접합면을 이용한 파단위치를 제어하고자 하였다. 이는 콘크리트 안에서의 거동 예측이 가능해 다양한 자기치유 용액의 연구에 이용될 수 있다.

## 2. 실험방법

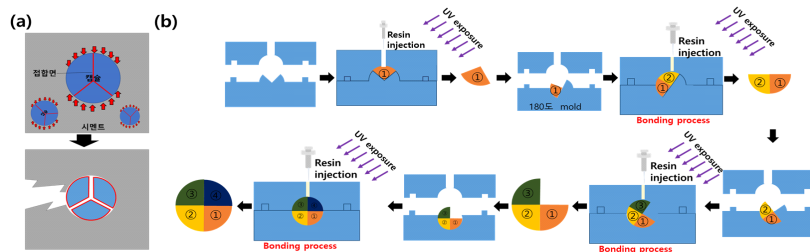


그림 1. (a) 콘크리트 안에서의 선택적 파단위치 제어 개략도, (b) PDMS 몰드 기반의 캡슐 제조 공정

1) 충남대학교, 기계공학과

2) 충남대학교, 교수, 교신저자(wonsuk81@cnu.ac.kr)

그림 1의 (a)와 같이 콘크리트 안에서 하중에 방향과 관계없이 항상 동일 부위에서 파단이 일어나도록 캡슐의 접합 면을 배치한 캡슐을 제작하였다. 캡슐의 제조공정은 그림 1의 (b)와 같이 4가지 PDMS 몰드를 이용하여 레진 캡슐의 제조공정을 진행해 4개의 접합 면을 갖도록 했다. 압축실험은 10mm/min의 속도로 3가지 방향의 하중에 따른 강도와 파단 위치를 분석하였다.[4]

### 3. 결과 및 토의

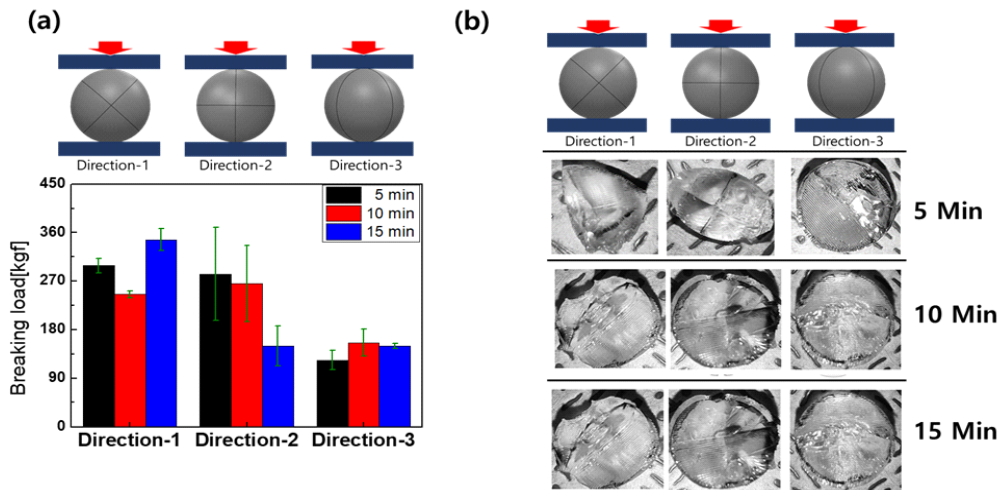


그림 2. 경화 시간에 따른 캡슐의 방향별 (a) 파단강도 및 (b) 캡슐의 파단위치 사진

그림 2의 (a)에서 그래프는 경화 시간에 따른 압축 방향별 강도와 편차를 나타낸 것으로 경화 시간이 증가함에 따라 캡슐별 편차가 감소한다. 15분 이상의 경화 과정을 거치면 균일한 품질이 보장된다는 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 2의 (b)의 파단 단면 사진을 보면 일정한 패턴의 결을 볼 수 있다. 이는 3D 프린터를 이용한 패턴을 이용해 몰드 제작하는 과정에서 생긴 무늬이다. 이를 통해 모든 방향에서 파단이 접합 면에서 일어난 것을 확인할 수 있다.

### 4. 결론

PDMS 몰드 기반의 캡슐 제작을 통해 캡슐의 제조공정에서 접합 면을 배치하여 선택적으로 파단위치를 제어하고 하고자 캡슐을 제작 및 압축실험을 진행하였다. 경화 시간이 길어짐에 따라 샘플 간 강도 편차가 감소함을 확인하였다. 또한 모든 샘플에서 파단 면과 접합 면이 일치한다. 이는 다양한 하중 조건에서 동일하게 파단 위치가 고정된 것을 확인할 수 있다.

### 감사의 글

본 논문은 2022년 한국 연구재단의 기초연구실사업(과제번호: 2020R1A4A3079595)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

### 참고 문헌

1. Souradeep, G.. Encapsulation technology and techniques in self-healing concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2016. 04016165.
2. Shima Taheri. Preparation of Self-healing Additives for Concrete via Miniemulsion Polymerization: Formulation and Production Challenges. *Int J Concr Struct Mater*. 2021. <https://doi.org/10.1186/s40069-020004492>
3. Taeuk Lim. Simulated and Experimental Investigation of Mechanical Properties for Improving Isotropic Fracture Strength of 3D-Printed Capsules. *Materials*. 2021. 4677.
4. W.W. Feng. On the Contact Problem of an Inflated Spherical Nonlinear Membrane. *Journal of Applied Mechanics*. 1973. 209-214 p.