

자기장 환경에서 카르보닐철입자(CIPs) 기반 자가치유 캡슐의 동적 성능 분석에 관한 연구

A study on the dynamic performance of self-healing capsule based on carbonyl iron particles(CIPs) in magnetic field

성호¹ · 호걸¹ · 임태욱¹ · 이영준¹ · 김상유¹ · 정원석^{2*}

Cheng, Hao¹ · Hu, Jie¹ · Lim, Taek¹ · Lee, Yeong Jun¹ · Sangyou Kim¹ · Jung, Wonsuk^{2*}

Abstract : Recently, related studies on the application of bacterial spores to self-healing concrete have been widely reported. Using the self-healing method of bacterial spores as a kind of pro-environment, the green method is very attractive, but because the living environment of bacterial spores is relatively harsh, it is necessary to have a way to separate the living environment of bacterial spores from the harsh external environment, And release bacterial spores when needed. Therefore, capsules are widely used in self-healing concrete. To enhance the self-healing effect, the capsules need to be evenly distributed in the concrete. Furthermore, we develop a CIP-based smart capsule with controllability. We determined the magnetic force of each capsule by mixing CIP in resin, then mass-fabricating the capsules for self-healing by a microfluidic method, and by measuring the kinetic distance of the capsules containing different amounts of cip under the action of a magnetic field strength. The results show that with the increase of the amount of cip, the active distance of the capsule also increases. When the cip is 8wt%, the active distance reaches 1.75cm. We believe this research can provide momentum for the development of self-healing capsule applications.

키워드 : 자기치유 캡슐, 위치제어, 카보닐 철 입자, 자기장

Keywords : self-healing capsule, position control, carbonyl iron particles, magnetic field

1. 서론

지난 몇 년 동안 과학자들은 캡슐화된 석회석 생성 박테리아 포자를 사용하여 콘크리트 균열의 내부 수리를 위한 유망한 기술을 개발하였다[1]. 이 친환경 접근 방식은 매우 매력적이지만 박테리아 자가 치유는 저속 접근 방식이며 상대 습도가 높거나 많은 미생물과 직접 접촉하는 한 쌍의 영역에 위치한 표면, 균열 및 구조에만 적합하다. 캡슐화된 세균 포자가 콘크리트에 고르게 분포되기 어렵다는 단점이 있다[2]. 그래서, 불균일한 분포의 문제를 해결하기 위해 캡슐화된 캡슐의 겹질에 수산화철 분말을 혼합하여 캡슐에 일정한 동적 성능을 부여하였다. 자기장에 의해 구동되는 microfluidics 기반 캡슐[3]은 혼합 시 콘크리트의 위치를 제어하여 균일한 분포 효과를 얻을 수 있다.

2. 실험방법

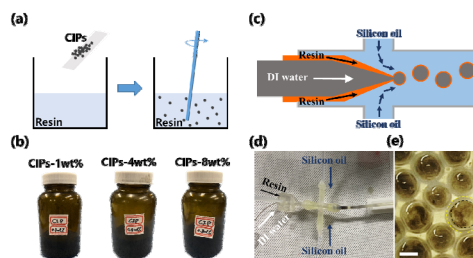


그림 1. (a) Resin-CIPs 용액 합성의 개략도, (b) 합성된 용액, (c) 캡슐 제조에 사용되는 미세유체 장치의 개략도 및 (d) 장치 사진, (e) 제조된 캡슐 사진

그림 1(a)와 같이 합성용액을 합성하기 위해 수지에 일정량의 CIPs를 첨가하였다. 합성하는 동안 수지 용액에 CIPs가 완전하고 균

1) 충남대학교, 기계공학과

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

일하게 분포되도록 하기 위해 유리 막대를 사용하여 2시간 동안 교반하였다. 다른 wt%의 합성된 용액은 그림 1(b)에 나와 있으며, 밀폐된 차광 유리병에 보관하고 사용하기 전에 10분 더 잘 저어주었다. 자가치유용 캡슐은 수제 미세유체장치로 양산하고 있다. 개략도 및 장치 사진은 각각 그림 1의 (c)와 (d)에 나와 있다. 미세유체로 제작된 캡슐은 그림 1(e)에 나와 있다.

3. 결과 및 토의

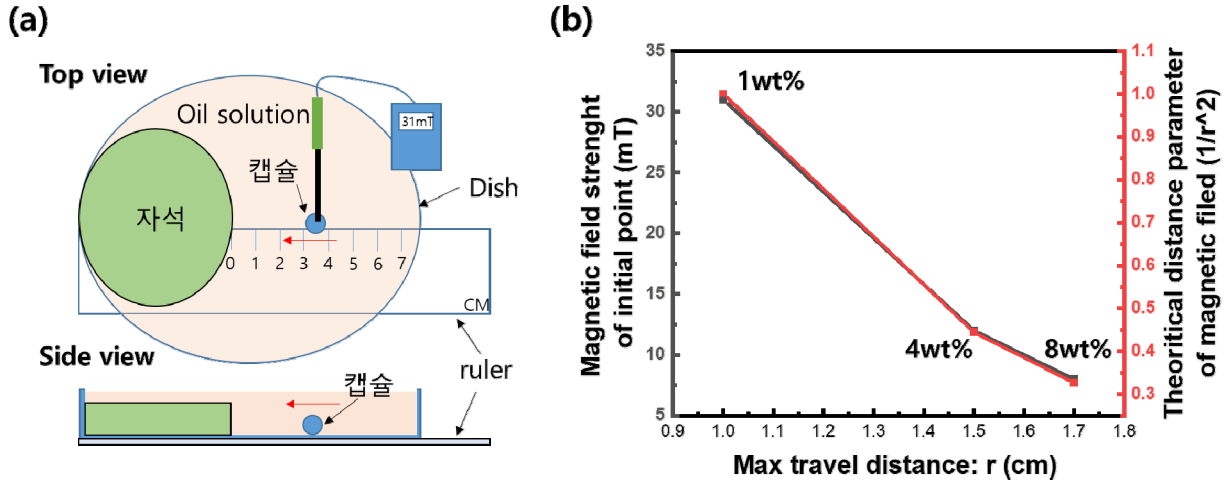


그림 2. (a) CIP 캡슐의 자력 측정 장치의 개략도, (b) 합성된 용액

동일한 자기장에서 CIP캡슐의 능동 성능 측정실험은 그림 2(a)에 표시된 장치에서 수행되었다. 테스트하는 동안 오일 액체가 채워진 접시에 다른 CIP캡슐을 넣고 접시의 한쪽 끝에 영구 자석을 놓고 접시 아래에 눈금자가 있고 캡슐의 동적 거리를 측정하였다. 캡슐의 최대 능동 거리가 결정되면 자력계를 사용하여 해당 위치의 자기력을 측정하였다. 측정 결과는 그림 2(b)와 같으며, 검은색 선은 측정값, 빨간색 선은 이론값이다. CIPs의 양이 증가함에 따라 캡슐의 능동 거리가 더 커짐을 알 수 있다: 1wt% 캡슐의 능동 거리는 1 cm, 해당 위치의 자기력은 31 mT, 활성 거리는 4wt% 캡슐은 1.5 cm, 해당 위치의 자기력은 12 mT이고, 8wt% 캡슐의 능동 거리는 1.75 cm 이고 해당 위치의 자기력은 8 mT 있다. 측정 결과와 이론값도 거의 일치한다.

3. 결론

Microfluidics 캡슐 제조 공법을 기반으로 resin 용액에 CIPs를 첨가하여 스마트하고 효율적이며 환경을 오염시키지 않는 자가 치유 캡슐을 제조하였다. 본 연구에서는 조건이 다른 CIPs 캡슐의 능동 거리와 해당 위치의 자기장 강도를 측정하여 자체 회복 건물물에 CIPs 캡슐을 적용하는 속도를 높일 수 있다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Souradeep G. Encapsulation Technology and Techniques in Self-Healing Concrete. Journal of Materials in Civil Engineering. 2016. p. 04016165.
2. Taheri S. Preparation of Self-healing Additives for Concrete via Miniemulsion Polymerization: Formulation and Production Challenges. International Journal of Concrete Structures and Materials. 2021. 15 p.
3. Siyuan X. Polymer Capsules with Tunable Shell Thickness Synthesized via Janus-to-core shell Transition of Biphasic Droplets Produced in a Microfluidic Flow-Focusing Device. Scientific Reports. 2020. 10 p.