

PDMS 몰드를 이용하여 제작된 시멘트 경화체 표면의 소수성 평가

Evaluation on Hydrophobicity of the Surface of Hardened Cement Paste Produced by PDMS Mold

진 다 형* 유 준 성** 배 성 철***
Jin, Da-Hyung Liu, Jun-Xing Bae, Sung-Chul

Abstract

A hydrophobic surface increases the contact angle between water and cement paste. There are two methods to increase water contact angle, i.e. lowering the surface energy and adjusting the surface roughness of concrete. The hydrophobicity of concrete can be quantitatively evaluated according to the chemical and physical properties of the solid surface. So far, researches have shown the chemical properties of hydrophobic concrete, however it has not covered how to control surface. This study demonstrated the hydrophobic cement paste prepared by low-resolution molds printed with a 3D printer that exhibit rough surface. Thus, we presented the most hydrophobic characteristics of mold.

키 워 드 : 3D 프린팅, 소수성, 거칠기, 젖음성, 시멘트 페이스트

Keywords : 3d printing, hydrophobicity, roughness, wettability, cement paste

1. 서 론

시멘트는 수 세기 동안 건설 재료의 핵심 소재로 사용되었다. 취성적 성질을 갖는 콘크리트의 균열을 보강하기 위해 내부에 강한 인장 강도를 갖는 철근으로 보강했지만 해수나 수중 환경에 노출되면 CaO와 Ca(OH)₂가 용해되어 콘크리트 내부 환경은 중성적으로 변화한다. 콘크리트 중성화가 이루어지면서 철근에 녹이 발생하고 이러한 녹에 의하여 철근의 체적이 팽창하게 되어 콘크리트 내부의 철근 주변에 균열이 발생한다. 이때 콘크리트의 표면이 소수성을 띄게 되면 수분 침투 저항성이 증가하여 콘크리트의 손상을 줄일 수 있다. 소수성은 고체의 화학적 성질과 물리적 성질에 따라 정량적으로 평가할 수 있는데, 현재 콘크리트의 화학적 성질을 다루는 연구는 활발하게 진행되는 반면 콘크리트 표면 돌기 모양과 같은 물리적 성질을 다루는 연구는 아직 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 저 해상도의 Fused deposition modeling (FDM) 3D 프린터와 아크릴판으로 제작한 Polydimethylsiloxane (PDMS) 몰드를 이용하여 제작된 시멘트 경화체의 표면 거칠기와 소수성과의 상관관계를 밝히고자 한다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1 재료 및 시험체 제작

본 연구에서 사용된 몰드 주형은 아크릴 판과 3D 프린터(GUIDER 2, FlashForge, 중국)를 사용하여 제작하였다. 3D 프린터의 필라멘트는 1.75 mm의 Polylactic acid (PLA)를 사용하여 노즐 온도 220°C, 바닥 온도 50°C로 설정하였으며, PDMS를 아크릴과 PLA 주형에 붓고 45°C에서 7시간 동안 오븐에서 가열하여 50×50×50mm³ 몰드를 제작하였다. 이렇게 제조된 PDMS 몰드에 시멘트 페이스트를 7일 양생 후 실험에 사용했다. 시멘트 페이스트는 물-바인더 비가 0.28이 되도록 일반 포틀랜드 시멘트, 실리카 폼, 물을 섞어 제조하였으며, 시멘트 질량의 1% 만큼 유동화제를 혼입하여 유동성을 확보하였다.

2.2 Wenzel과 Cassie 모델

Wenzel과 Cassie 모델을 통해 유도된 식을 이용한다면 Wenzel 모델과 Cassie 접촉각을 동일하게 만들 수 있는 표면 설계가 가능하다. 이때 Water Contact Angle을 이용하면 고체 표면에 대한 정량적 평가가 가능하다.¹⁾

* 한양대학교 건축공학과 석사과정

** 한양대학교 건축공학과 박사과정

*** 한양대학교 건축공학과 부교수, 교신저자(sbae@hanyang.ac.kr)

$$\cos \theta = \left[\frac{1}{(4A)/(a/H)(A-1)} - 1 \right] \quad (1)$$

여기서, θ = Water Contact Angle, $A = \frac{1}{(b/a+1)^2}$, a = Pillar area, b = Spacing, h = Height를 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

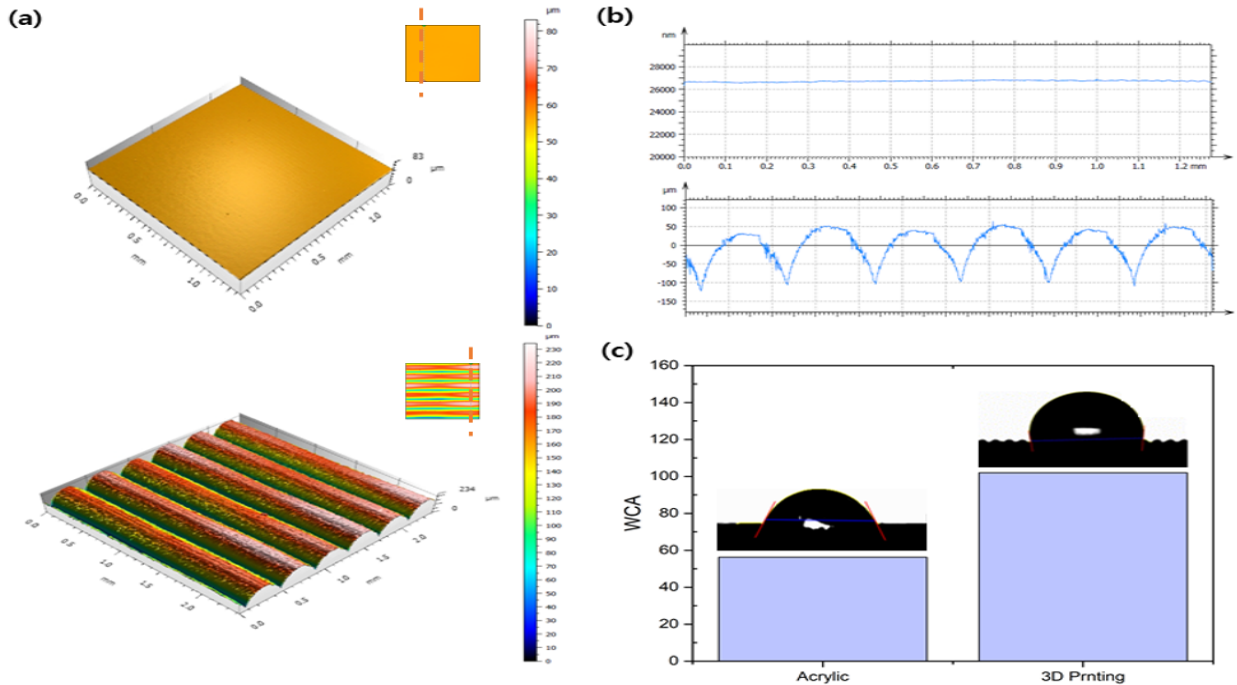


그림 1. (a) 아크릴판과 3D 프린터로 제작된 주형의 3D 이미지 (b) 단면 굴곡 (c) PDMS몰드로 제작된 시멘트 경화체의 접촉각

3D 프린터와 아크릴 주형으로 제조된 PDMS 몰드의 표면 거칠기는 공초점 레이저 주사 전자 현미경을 이용하여 측정하였다. 그림 1의 (a)는 각각 아크릴판과 3D 프린터로 제작된 주형의 3D 이미지, (b)는 표면 조도를 의미한다. profilometer로 얻어진 산술평균으로 계산된 표면 높낮이 편차인 Ra 값은 각각 16.3 nm, 10.2 μm로 3D 프린터 주형이 더 거침을 알 수 있으며, 3D 프린터로 제작했을 때 생겨나는 돌기의 Aspect ratio (h/b)는 0.76으로 측정되었다. 그림 1의 (c)는 아크릴과 3D 프린터 주형으로 제조된 PDMS 몰드에 타설 한 시멘트 페이스트 경화체의 접촉각을 의미한다. 이때 아크릴과 3D 프린터로 제작하였을 때 각각 56°, 102°로 3D 프린터로 제작하였을 때 더 높은 접촉각을 가짐을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 화학적 표면처리 없이 소수성 표면 제작이 가능함을 3D 프린터로 제작된 PDMS 몰드를 이용하여 확인하고자 하였다. 아크릴판과 3D 프린터로 제작된 PDMS 몰드의 3D 이미지, Aspect ratio 그리고 높낮이 편차를 통해 미세 구조를 확인하였고, 접촉각을 측정을 통해 제작된 시멘트 페이스트 경화체의 소수성을 확인하였다.

Acknowledgement

본 연구는 한국연구재단의 연구비지원(NRF-2020R1A4A1019074)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Liang Zhu, et al. Tuning wettability and getting superhydrophobic surface by controlling surface roughness with well-designed microstructures, 2005.