

# 탄소나노튜브 분산용액을 혼입한 시멘트 페이스트의 특성 변화

## The Properties of Cement Paste Mixed with Carbon Nanotubes Dispersion Solution

박 성 환\*  
Park, Sung-Hwan

김 지 현\*\*  
Kim, Ji-Hyun

정 철 우\*\*\*  
Chung, Chul-Woo

### Abstract

Currently, the domestic construction industry is trying to expand the range of building materials due to overload of growth. In particular, several studies are being conducted to make up for the weakness of building materials by solving problems such as reduction of tensile strength and brittle behavior of concrete. Among them, efforts to maximize the use of carbon nanotubes (CNT) that has excellent mechanical and electrical conductivity properties are continuing. However, CNT is hydrophobic and have a strong Van der Waals force between particles, making it difficult to obtain an effective dispersion state. Therefore, in this study, various kinds of surfactants like DOC (Sodium Deoxycholate), PVP (Polyvinylpyrrolidone), and PCE (Polycarboxylate ester) were added to improve the dispersibility of CNT, and analyzed the changes in the properties of the cement paste mixed with them.

키 워 드 : 탄소나노튜브, 분산용액, 분산제, 시멘트 페이스트  
Keywords : carbon nanotube, dispersion solution, surfactant, cement paste

## 1. 서 론

현재 국내 건설 산업은 성장 과부하로 인해, 건축재료 사용 범위의 다변화로 눈을 돌리고 있다. 특히 시멘트를 기반으로 한 콘크리트의 인장강도 감소, 취성적 거동 등의 문제를 해결하여 본질적인 건축재료의 단점을 보완하기 위한 여러 연구가 진행되고 있다. 그 중에서도 우수한 역학적, 전기전도성 특성을 가진 탄소나노튜브 (Carbon Nanotube 이하 CNT) 사용을 극대화하기 위한 노력이 지속되고 있다. 하지만 CNT는 소수성의 특성을 띄며, 입자간의 강한 반 데르 발스 힘을 가지고 있어 효과적인 분산상태를 얻는 것에 어려움이 있다. 따라서 이 연구에서는 물리적 개질 방법인 여러 종류의 계면활성제 DOC (Sodium Deoxycholate), PVP (Polyvinylpyrrolidone) 및 PCE (Polycarboxylate ester)를 첨가하여 CNT의 분산성을 향상시키고, 이를 혼입한 시멘트 페이스트의 특성 변화를 확인하고자 한다.

## 2. 실험 계획 및 방법

본 연구에서는 국내 A사의 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 바인더로 고정하고 초순수 (Di water, 18.2 MΩ·cm)를 배합수로 사용한 배합을 기반으로 하였다. 배합에 혼입한 CNT는 시멘트 페이스트 내에서 분산의 균질도를 확보하기 위하여 3종류의 분산용액을 사용하였다. CNT 분산용액은 DOC, PVP 및 PCE를 분산제로 활용하였으며, Bead mill 분산방법을 적용하여 (주)EIO에서 제작하였다.

CNT 분산용액을 혼입한 시멘트 페이스트의 배합상세는 표 1과 같으며, CNT 혼입량은 시멘트 중량대비 0.1 wt.%로 하였다. CNT 분산용액을 혼입한 시멘트 페이스트는 배합직후 시멘트 페이스트의 레올로지적 특성을 측정 (Rheometer, Anton Paar MCR 302) 하였으며, 재령 28일 압축강도 측정을 위해  $\varnothing 15 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$  크기의 실린더형 시험체를 제작하였다. 제작된 시험체는 24시간 후 탈형하였으며, 이후 포화수산화칼슘 용액에 침지시켜  $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  조건에서 27일간 수증양생하였다. 재령 28일 압축강도 측정은 압축강도시험기 (UTM, Bongshin industry Co., LTD, KOREA)를 활용하였다.

\* 부경대학교 건축공학과 학·석사연계과정  
\*\* 부경대학교 융복합인프라기술연구소, 전임연구교수, 공학박사  
\*\*\* 부경대학교 건축공학과 부교수, 교신저자(cwchung@pknu.ac.kr)

표 1. CNT 분산용액에 따른 시멘트 페이스트의 배합사항

No.	Specimens	Surfactant	CNT : Surfactant (wt.%)	W/C	Replacement ratio of CNT (wt,%)	혼화제 (wt,%) <sup>1)</sup>
1	Plain	-	-	0.3	0.1	0.4
2	DOC-1	DOC	1:1			
3	PVP-1	PVP	1:1			
4	PCE-2	PCE	1:2			
5	PCE-4	PCE	1:4			

1) SP 450 (유동화제) 호스록 코리아(주), cement 대비 wt.% 치환

### 3. 결 론

CNT 분산용액을 혼입한 시멘트 페이스트의 재령 28일 압축강도를 측정된 결과, Plain의 압축강도는 평균 53.47 MPa로 측정되었으며 분산제의 종류에 따라 압축강도의 변화가 발생하는 것으로 확인되었다.

DOC 및 PVP를 분산제로 활용한 CNT 분산 용액을 시멘트 페이스트에 혼입한 경우 압축강도의 저하가 현저히 발생하였는데, 특히 DOC 활용시 Plain 대비 압축강도는 평균 30.43 % 감소 (39.22 MPa) 되는 것으로 측정되었다. 또한 PVP를 분산제로 활용한 경우에도 평균 압축강도가 48.64 MPa로 Plain 대비 13.73% 감소되는 것으로 측정되었다. 이는 DOC를 분산제로 활용한 경우, 시멘트 페이스트 배합과정에서 유효한 slump 확보가 어려워 작업성 저하가 큰 것으로 확인되었다. 따라서 추후 이에 대한 추가적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

반면 PCE를 분산제로 활용한 경우, 분산제의 혼입비율에 관계없이 Plain 대비 약 19.08~21.09 %의 압축강도 상승효과를 가지는 것으로 확인되었다. 이는 DOC 및 PVP 보다 PCE를 분산제로 활용할 때 CNT를 안정적으로 분산하여 시멘트 페이스트 내 CNT 보강효과를 상승시키는 것으로 사료된다.

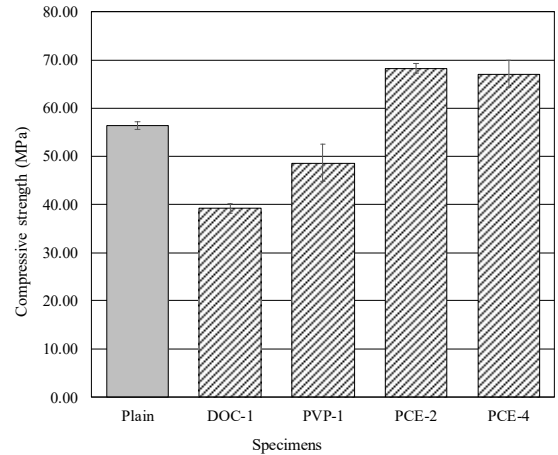


그림 1. 분산용액을 혼입한 시멘트 페이스트의 압축강도

### Acknowledgement

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 21NANO-B156177-02)

### 참 고 문 헌

1. 하성진, 강수태, 이종한, 분산제의 종류 및 사용량에 따른 CNT 보강 시멘트 복합체의 강도변화, 한국구조물진단유지관리공학회 논문집 제19권 제2호, pp.99~107, 2015
2. 최익제, 김지현, 정철우, 나노재료를 혼입한 시멘트 페이스트의 역학적 특성, 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집 제20권 제1호, pp.193~194, 2020
3. 김지현, 김원우, 문재흠, 정철우, 다중벽 탄소나노튜브가 시멘트 페이스트의 유변학적 물성 및 압축강도에 미치는 영향, 한국건설순환자원학회논문집 제8권 제4호, pp.467~474, 2020
4. Bakshi, S. R., Lahiri, D., Agarwal, A., Carbon nanotube reinforced metal matrix composites - a review, International Materials Reviews, Vol.55 No.1, pp.41~64, 2013