

다중벽 탄소나노튜브와 나노실리카를 혼입한 시멘트 복합체의 성능 평가

Performance Evaluation of Cement Composites Mixed with Multi-Wall Carbon Nanotube and Nanosilica

김성우¹ · 손정진¹ · 김지현² · 정철우^{3*}

Kim, Seong Woo¹ · Son, Jeong Jin¹ · Kim, Ji-Hyun² · Chung, Chul-Woo^{3*}

Abstract : Recently, a lot of nano-scale material technology development and research have been conducted in construction fields to improve the compressive strength and durability of cement-based Composites. There are some studies that have confirmed the properties and application effects of cement-based complex using each nanomaterial, but development and research using both materials are relatively limited. This study sought to confirm the effect of multi-wall carbon nanotubes (MWCNT) and nanosilica, which are representative construction nanomaterials, on the compressive strength, voids, and microstructure formation of cement. The purpose was to produce a cement composite by changing the mixing rate of the two nanomaterials, and to find the optimal mixing amount considering its mechanical and rheological properties.

키워드 : 나노 재료, 다중벽 탄소나노튜브, 나노실리카, 시멘트 복합체

Keywords : nano material, multi-wall carbon nanotube, nanosilica, cement composites

1. 서론

최근 국내외 건설 분야에서 시멘트 기반 복합체의 강도 및 내구성 증진을 목적으로 나노 단위의 재료 기술 개발과 연구가 활발하게 진행되고 있다. 각각의 나노 재료를 사용하여 시멘트 기반 복합체의 성질과 적용 효과를 확인한 연구는 보고되고 있으나, 두 가지 물질을 함께 사용한 연구 및 개발은 상대적으로 제한적이다. 본 연구에서는 높은 역학적 성능을 가지며, 큰 비표면적으로 수화 생성을 촉진하여 시멘트의 미세구조를 변화시키는 대표적 건설용 불활성 나노 재료인 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT)를 사용하였다. 이와 함께 초기 수화반응을 촉진시키고, 미세 공극을 채워 시멘트의 강도와 내구성 향상에 도움을 줄 수 있는 활성 나노 재료인 나노실리카를 사용하였다. 이들을 함께 활용하였을 때 시멘트의 강도 및 공극, 미세 구조 형성에 미치는 영향을 확인하는 것을 목적으로 두 가지 나노 재료의 혼입률을 변화시켜 시멘트 복합체를 제조하였다. 이후 제작한 시멘트 복합체의 역학적 성질과 유변학적 특성을 고려하여 다중벽 탄소나노튜브와 나노실리카의 최적의 혼입량을 찾고자 하였다.

2. 실험 재료 및 계획

2.1 실험 재료

탄소나노튜브(CNT)와 나노실리카는 입자 상호 간에 작용하는 반데르발스 반발력으로 인해 시멘트 수화생성물 내에서 고르게 분산되지 못하며, 자체적으로 응집체를 형성하여 시멘트 기반 재료의 역학적 성능 향상에 크게 기여하지 못한다. 따라서 이들을 시멘트 기반 재료에 적용 시, 적절한 방법으로 입자들을 분산하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 다중벽 탄소나노튜브를 PCE, 물과 함께 1:1:98 중량 비율로 수용액을 제작하고, 나노실리카는 물과 함께 5:95 중량 비율로 수용액을 제작하였다. 이후 제작한 수용액을 초음파 처리(Tip-Sonication, Sonicator, SONICS&MATERIALS, VC-505)하여 CNT를 수용액 내에 고르게 분산된 형태로 제조하였다. 연구에 사용된 CNT는 국내 J사에서 생산된 평균 직경 20nm의 MWCNT를 사용하였으며, 나노실리카는 국내 S사에서 생산된 평균 입경 15nm의 미분말을 사용하였다. 시멘트 복합체 제조에 사용된 시멘트는 국내 A사의 제1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

2.2 실험 계획

본 연구에서는 다중벽 탄소나노튜브를 결합재 대비 혼입률 0.05, 0.1wt.%, 나노실리카를 결합재 대비 치환율 0.5, 0.75, 1wt.%로 구

1) 부경대학교 건축·소방공학부, 석사과정

2) 부경대학교 융복합인프라기술연구소, 전임연구교수

3) 부경대학교 건축공학과, 교수, 교신저자(cwchung@pknu.ac.kr)

분하여 혼입한 시멘트 복합체를 제작하였다. 시멘트 복합체의 물시멘트비는 0.4, 결합재 대비 실리카 폼의 치환율은 10wt.%로 고정하였으며, 감수제 혼입량은 결합재 대비 0.8wt.%로 통일하여 배합을 진행하였다. 다중벽 탄소나노튜브와 나노실리카를 혼입한 시멘트 복합체의 배합 상세는 표 1에 나타내었다. 제작한 시험체는 23±1°C의 포화수산화칼슘(Ca(OH)₂) 수용액에 수중 양생을 하였으며, 이후 28일 경과 후 압축강도를 측정하였다.

표 1. 다중벽 탄소나노튜브와 나노실리카를 혼입한 시멘트 복합체의 배합 상세

	Specimen	W/C	Binder(wt.%)			MWCNT(wt.%)	SP(B.wt.%)
			Cement	Silica Fume	Nano Silica		
CONTROL	Plain	0.4	90.00	10	—	—	0.8
NS	N1		89.50		0.50	—	
	N2		89.25		0.75	—	
	N3		89.00		1.00	—	
CNT	C1		90.00		—	0.05	
	C2		90.00		—	0.10	
NS + CNT	N1C1		89.50		0.50	0.05	
	N1C2		89.50		0.50	0.10	
	N2C1		89.25		0.75	0.05	
	N2C2		89.25		0.75	0.10	
	N3C1		89.00		1.00	0.05	
	N3C2		89.00		1.00	0.10	

3. 실험 결과 및 결론

다중벽 탄소나노튜브와 나노실리카를 혼입한 시멘트 복합체의 재령 28일 압축강도를 측정된 결과를 그림 1에 나타내었다. 나노실리카와 다중벽 탄소나노튜브를 단일로 혼입하였을 때 보다 함께 혼입하였을 때 더 높은 압축강도 결과값을 보였다. 나노 재료 단일 혼입 시, 나노실리카 치환율과 다중벽 탄소나노튜브 혼입률을 높일수록 압축강도가 증가하였다. 그러나 나노실리카와 다중벽 탄소나노튜브를 함께 혼입한 샘플의 경우 나노실리카 치환율을 높일수록 오히려 압축강도 수치가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 과도한 양의 나노실리카의 투입이 다중벽 탄소나노튜브의 혼입과 함께 시멘트 복합체의 유변학적 특성에 부정적인 영향을 주고, 나노실리카 미분말의 재용집을 초래해 균질한 배합이 이루어지지 못한 이유로 사료된다.

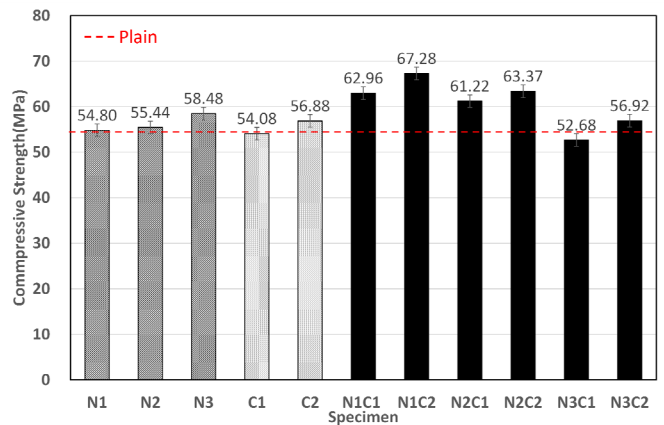


그림 1. 다중벽 탄소나노튜브와 나노실리카를 혼입한 시멘트 복합체의 재령 28일 압축강도

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 23NANO-C156177-04).

참고문헌

- 오성우, 오경석, 정상화, 정원석, 유성원. CNT 첨가량에 따른 시멘트의 역학성능 및 미세구조의 영향. 한국구조물진단유지관리공학회 논문집. 2017. 제21권 6호. pp. 162-168.
- R.N.F.Carmo, H.Costa, E.Júlio. Influence of nanoparticles additions on the bond between steel fibres and the binding paste. Construction and Building Materials. 2017. Vol. 151. pp. 312-318.