

# CNT를 사용한 비정질금속섬유 보강 시멘트 복합체의 역학 및 내구특성

## Mechanical and durability characteristics of amorphous metallic fiber reinforced cement composite using CNTs

○윤 주 호\*\* 김 교 은\* 김 관 호\*\* 김 채 영\*\* 이 재 인\*\*\* 최 세 진\*\*\*\*

Yoon, Joo-Ho Kim, Kyo-Eun Kim, Kwan-Ho Kim, Chae-Young Lee, Jae-In Choi, Se-Jin

### Abstract

This study used CNT and amorphous metallic fiber together to alleviate the problem of deteriorating durability due to cracks in concrete structures and to increase the electrical conductivity of cement composites with low electrical conductivity. For this purpose, the mechanical properties and durability properties were compared and analyzed according to the amount of CNT and amorphous metallic fiber mixed.

키워드 : 탄소나노튜브, 비정질금속섬유, 압축강도, 탄산화 깊이

Keywords : Carbon nanotube, Amorphous metallic fiber, Compressive strength, Carbonation depth

### 1. 서론

콘크리트는 우수한 압축강도와 내구성을 보유하는 건설재료이나 압축강도에 비해 인장강도와 휨강도가 낮은 단점을 가지고 있다[1]. 또한, 도로에 사용되는 콘크리트는 광범위한 온도 변화와 하중에 의해 파손, 결빙 등이 발생함에 따라 교통사고를 유발하는 주요 원인 중 하나로 알려져 있다. 이러한 문제를 완화하고 콘크리트 구조물의 균열을 저감시키기 위해 탄소기반 재료인 CNT를 활용한 연구가 진행되고 있다[2]. CNT는 높은 열 및 전기전도성을 보유하고 있어 전기전도도가 낮은 시멘트 복합체에 혼합할 경우 전도성 네트워크를 형성하여 전기전도도를 향상시키는 것으로 보고되고 있다. 또한, 철의 100배 이상의 인장강도를 보유하고 있으며 시멘트 매트릭스 균열을 억제함에 따라 기계적 특성 및 내구 특성이 향상되는 것으로 알려져 있다. 한편 최근 들어 시멘트 복합체의 역학적 특성 및 균열 문제를 개선하기 위해 보강섬유를 혼합하거나 CNT와 보강섬유를 함께 혼합한 연구가 보고되고 있다. CNT와 섬유를 함께 사용할 경우 섬유와 CNT의 가교작용으로 인해 응력분배 효과가 향상되어 균열억제 성능을 증진시키는 것으로 알려져 있으나, 섬유로써 강섬유를 사용한 연구가 주를 이루고 있다.

\* 원광대 건축공학과 학부생

\*\* 원광대 건축공학과 석사과정

\*\*\* 원광대 건축공학과 박사과정

\*\*\*\* 원광대 건축공학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Wonkwang University, csj2378@wku.ac.kr)

이 연구는 2019년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:2019R11A3A01049510

본 연구에서는 강섬유에 비해 우수한 인장강도와 내부식성 및 부착강도를 보유한 비정질금속섬유와 높은 인장강도 및 열전도도를 보유하고 있는 CNT를 함께 혼합한 시멘트 복합체의 역학 및 내구특성을 비교·분석하였다.

### 2. 실험 방법 및 사용재료

본 연구에 사용된 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 잔골재의 경우 밀도 2.60g/cm<sup>3</sup>, 조립률 2.45의 남원산 산모래를 사용하였다. CNT의 경우 비표면적 221m<sup>2</sup>/g, 순도 98.88%, 밀도 0.094g/ml인 Multi-walled carbon nanotube를 사용하였다. 비정질금속섬유의 경우 밀도 7.2g/cm<sup>3</sup>, 인장강도 1400N/mm<sup>2</sup>, 길이 15mm의 제품을 사용하였다. 표1은 본 연구에 사용된 실험 배합표를 나타낸 것으로 물시멘트비는 40%로 고정하여 실험을 진행하였다. CNT의 경우 시멘트 중량에 대하여 0, 0.2, 0.4% 추가 혼합하여 사용하였으며 분산을 위해 배합수와 폴리카르본산계 고성능 AE감수제 및 CNT를 사전에 혼합하여 사용하였다. 비정질금속섬유의 경우 0, 10, 20kg/m<sup>3</sup>를 혼합하였으며, 시험체는 제작 24시간 이후 탈형하여 소요의 재령까지 20℃ 수중 양생을 진행하였다.



그림 1. 탄소나노튜브



그림 2. 비정질금속섬유

표1. 모르타르 배합표

Mix	W/C (%)	CNT (C * wt%)	Unit weight(kg/m <sup>3</sup> )					AD (C * %)		
			W	C	NS	CNT	AMF			
Control	40	0	136	340	739	0	0	0.5		
C2A0		0.2				0.68	0		10	
C2A1										20
C2A2										
C4A0		0.4				1.36	0	10	20	2.0
C4A1										
C4A2										

3. 실험 결과

3.1 압축강도

그림 3은 재령별 압축강도를 나타낸 것으로 재령 7일의 경우 Control배합에서 약 44.7MPa를 나타내었다. C2배합의 경우 C2A2배합에서 약 48.0MPa를 나타내어 전체 배합 중 가장 높은 압축강도를 나타내었으며, 이는 Control배합에 비해 약 7.4% 높은 값이다. 재령 28일의 경우 Control배합에서 약 47.9MPa의 압축강도를 나타내었으며, C2배합의 경우 C2A1, C2A2배합에서 약 53.7~54.0MPa를 나타내어 Control배합에 비해 최대 약 12.7% 높은 값을 나타내었다. C4배합의 압축강도는 약 40.5~44.1MPa를 나타내었으며 C2배합과 유사하게 비정질금속섬유의 혼입량이 증가함에 따라 압축강도는 증가하는 경향을 나타내었다. 재령 56일의 경우 C2배합에서 비정질금속섬유를 사용한 배합은 약 56.4~56.6MPa를 나타내어 비정질금속섬유를 사용하지 않은 C2A0배합에 비해 약 6.6~7.0% 높게 나타났다.

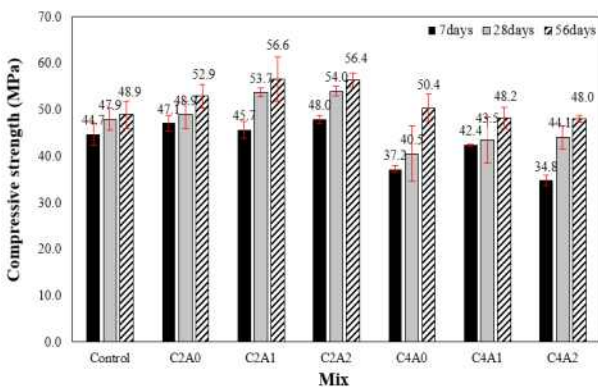


그림 3. 압축강도

3.2 탄산화 깊이

그림 4는 촉진 재령 28일의 탄산화 깊이를 나타낸 것으로 Control배합과 C2A0배합에서 약 1.31mm로써 전체 배합 중 가장 낮은 탄산화 깊이를 나타내었다. 비정질금속섬유를 혼입한 C2A1, C2A2배합의 경우 약 1.45~1.50mm로 유사하게 나타났으며, CNT를 0.4% 혼입한 C4A0배합의 탄산화 깊이는 약 1.82mm로 Control배합에 비해 약 38.9%

높게 나타났다. 반면 비정질금속섬유를 함께 사용한 C4A1, C4A2 배합에서는 약 1.48~1.59mm의 탄산화 깊이를 나타내어 C4A0배합에 비해 약 12.6~18.7% 낮은 탄산화 깊이를 나타내었다.

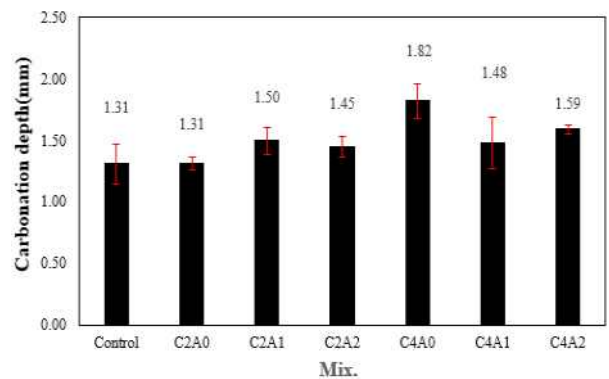


그림 4. 탄산화 깊이

4. 결론

본 연구는 높은 인장강도와 열전도도를 보유한 CNT와 우수한 부착강도 및 내부식성을 보유한 비정질금속섬유를 함께 사용한 시멘트 복합체의 역학 및 내구 특성을 비교·분석한 것으로 주요 결론은 다음과 같다.

1. CNT 0.2%와 비정질금속섬유를 함께 사용한 배합의 압축강도의 경우 약 56.4~56.6MPa를 나타내어 C2A0배합에 비해 약 6.6~7.0% 높은 재령 56일의 압축강도를 나타내었다.
2. 탄산화 깊이의 경우 Control, C2A0배합에서 약 1.31mm의 가장 낮은 탄산화 깊이를 나타내었으며, C4A0배합에서 약 1.82mm로 전체 배합 중 가장 높은 탄산화 깊이를 나타내어 Control배합에 비해 약 38.9% 높게 나타났다.

참고문헌

1. Choi S, Bae S, Lee J, Bang E, Choi H, Ko H, (2002) "Effect of Bio-Inspired Polymer Types on Engineering Characteristics of Cement Composites" polymers, Vol. 14, No.9.
2. Jiang H., Yang Y., Liu X., Jiang S., Ren Y., (2023) "High-efficient improvement in flexural properties of carbon/Kevlar-fiber hybrid composites by CNT-toughening only between xenogenic fiber-layers" Thin-Walled Struct, Vol. 190.