

SWCNT 분산용액을 혼입한 시멘트 페이스트의 휨강도 및 미세구조

Bending Strength and Microstructure of Cement Paste Containing SWCNT Dispersion Solution

최 익 제*
Choi, Ik-Je

김 지 현**
Kim, Ji-Hyun

이 수 용***
Lee, Soo-Yong

정 철 우****
Chung, Chul-Woo

Abstract

It is known that physical and chemical changes of cement hydrates cause problems in the volume stability of concrete. In order to overcome these problems, there is a growing interest in research on mixing technology of cement-based materials and nanomaterials. Among the nanomaterials, carbon nanotubes (CNTs) are attracting attention due to their excellent mechanical properties. The CNTs are made of cylindrically shaped graphene sheets. According to the number of sheets, single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) and multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) are classified. Although the SWCNT has superior mechanical properties, the research using MWCNT is vigorous due to the difficulty of marketability and manufacturing, but the research using SWCNT is insufficient. In this study, we investigate the effect of SWCNT on the formation of hydrate of cement paste by observing the microstructure of broken cement paste after measuring the flexural strength of cement paste with SWCNT dispersion.

키 워 드 : 단일벽 탄소나노튜브, 미세구조, 휨강도

Keywords : Single-walled Carbon Nanotube, Microstructure, Bending strength

1. 서 론

1.1 연구의 목적

시멘트 수화물의 물리적 변화 및 화학적 변화로 인해 콘크리트의 체적 안정성에 문제가 발생하는 것으로 알려져 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 시멘트기반 재료와 나노재료의 혼합 기술에 관련된 연구에 관심이 커지고 있다. 나노재료 중에서도 탄소나노튜브(Carbon Nanotube, CNT)는 탁월한 역학적 특성으로 인해 각광 받고 있다. CNT는 그래핀 시트가 말려 실린더 형태로써, 이 시트의 개수에 따라 단일벽 탄소나노튜브(Single-walled Carbon Nanotube, SWCNT), 다중벽 탄소나노튜브(Multi-walled Carbon Nanotube, MWCNT)로 분류한다. 그 중에서도 SWCNT가 역학적 특성이 더 우수함에도 불구하고 시장성 및 제조의 어려움으로 인해 SWCNT를 활용한 연구는 많이 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 SWCNT 분산용액을 혼입한 시멘트 페이스트의 휨강도 측정 후 파손된 샘플을 이용하여 미세구조를 관측하여 SWCNT가 시멘트 페이스트의 수화물 생성 시 어떤 효과를 가지는지 확인 하고자 한다.

2. 실험재료 및 실험방법

2.1 실험재료

본 연구에서 사용된 SWCNT는 한화케미칼(주) AST-100F이며, 분산을 위한 계면활성제는 AE제, 카르복실계-유동화제와 SWCNT의 분산에 주로 사용되는 DOC(Sodium Deoxycloate)를 이용하여 분산액을 제조하였다.

2.2 실험방법

본 연구에 사용된 분산용액 제조 방법은 계면활성제(AE제, DOC, 유동화제)를 배합수 대비 0.5wt%를 사용하여 계면활성제 수용액을 제조하였다. 이 때 배합수는 초순수(18M·cm)를 사용했다. 그 후 계면활성제 수용액에 SWCNT를 1.0±0.1mg/mL를 혼입하여 초음파처리 및 초원심분리를 실시하였다. 초원심분리 후 나온 용액에서 pipet으로 상등액만 추출 하여 SWCNT 분산용액으로 사용하였다. SWCNT 분산용액

* 부경대학교 건축공학과 석사과정

** 부경대학교 공학연구원 융복합인프라기술연구소 선임연구원, 공학박사

*** 부경대학교 건축공학과 정교수

**** 부경대학교 건축공학과 부교수, 교신저자(cwchung@pknu.ac.kr)

을 이용한 시멘트 페이스트 제작은 w/c 0.35로 분산용액을 배합수량의 10wt%로 치환하여 믹서를 사용하여 배합하였다. 휨강도 측정은 10×30×140mm 사이즈의 얇은 바(Bar) 형태로 제작하여 4 banding 실험을 진행하였다. 이후 파손된 샘플을 이용하여 FE-SEM 촬영 및 EDS를 분석하였다.

3. 실험결과

3.1 휨강도

휨강도 측정은 샘플 제작 후 24시간 동안 25±1℃에서 기건 양생 후 포화 수산화칼슘 용액에 침지시켜 28일간 수중 양생을 실시한 후 실시하였다. 측정결과 SWCNT 분산용액을 혼입한 시멘트 복합체의 강도가 증가한 것을 확인 할 수 있었다.

표 1. SWCNT분산 용액을 혼입한 시멘트 페이스트의 휨강도

| 샘플 | PL | AE-PL | DOC-PL | SP-PL | AE-SWCNT | DOC-SWCNT | SP-SWCNT |
|-----------|------|-------|--------|-------|----------|-----------|----------|
| 휨 강도(MPa) | 5.65 | 4.83 | 6.57 | 4.94 | 6.32 | 7.53 | 5.70 |

3.2 FE-SEM 촬영 및 EDS분석

FE-SEM 촬영은 휨 강도 측정 후 파손된 샘플을 이용하여 백금(Platinum) 코팅 후 촬영하였다. 분석결과 침상형인 SWCNT가 고르게 분산되어 있는 것을 짐작 할 수 있었다. 하지만 시멘트 수화물 중 에트리נג가이트도 침상형 구조로 알려져 있어 EDS 분석을 실시하여 C(carbon)에서 enegyry peak 이 높게 나타나는 것을 확인 후 SWCNT임을 확인 할 수 있었다.

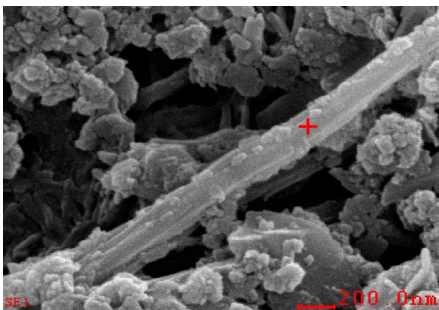


그림 1. SWCNT 분산용액을 혼입한 시멘트 페이스트의 FE-SEM 촬영사진

표 2. EDS분석 결과 원소 energy peak

| Element | Wt% | At% |
|---------|------------|-------|
| CK | 11.71 | 27.94 |
| OK | 24.41 | 43.73 |
| NaK | 01.15 | 01.44 |
| MgK | 00.53 | 00.63 |
| AlK | 01.84 | 01.96 |
| SiK | 03.90 | 03.98 |
| AuM | 35.16 | 05.11 |
| CaK | 21.29 | 15.22 |
| Matrix | Correction | ZAF |

4. 결 론

본 연구에서는 SWCNT 분산용액을 혼입한 시멘트 페이스트의 휨 강도 측정 및 미세구조를 분석 하였다. 휨 강도 측정 시 SWCNT 분산용액을 혼입한 시멘트 페이스트의 강도가 증가한 것으로 볼 때 SWCNT가 시멘트 복합체의 미세/나노 구조에 영향을 주는 것으로 판단된다. FE-SEM촬영 결과 SWCNT가 시멘트 수화반응시 생성된 공극이나 미세 구조에 엉겨 있는 것을 확인 할 수 있었다.

Acknowledgement

이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.NRF-2013R1A1A1 057516)

참 고 문 헌

1. S.J. Chen, F.G. Collins, Z. Pan, C. M. Wang, Carbon nanotube-cement composites: A retrospect, IES Journal Part A Civil&Structural Engineering, Vol.4, No.4, pp.254~265, 2011,9