

강섬유 종류에 따른 시멘트 복합체의 전기전도도 측정에 대한 실험적 연구

An Experimental Study on the Measurement of Electrical Conductivity of Cementitious Composites According to the Type of Steel Fiber

이 예 찬* 김 규 용** 남 정 수*** 이 상 규**** 서 동 균* 유 하 민*

Lee, Yae-Chan Kim, Gyu-Yong Nam, Jeong-Soo Lee, Sang-Kyu Shu, Dong-Kyun Eu, Ha-Min

Abstract

The purpose of this study is to measure the electrical conductivity of cementitious composites as an early step to obtain shielding performance by mixing various type of steel fiber into cementitious composites, the main building material of protection facility, to shield electromagnetic pulse (EMP) damage. Fiber such as conductors as amorphous metallic fiber, hooked steel fiber, and smooth steel fiber are mixed into cementitious composites to give electrical conductivity and measure the impedance of concrete using LCR meter. By doing this, the electrical conductivity of each type of steel fiber reinforced cementitious composites (FRCC) is compared.

키 워 드 : 비정질 강섬유, 후크형 강섬유, 스무스 강섬유, 전기전도도, 임피던스

Keywords : amorphous metallic fiber, hooked steel fiber, smooth steel fiber, electrical conductivity, ac-impedance

1. 서 론

전자파의 일종인 전자기펄스(Electro magnetic pulse: EMP)의 차폐는 반사, 흡수, 산란 등에 의해 진행된다. 특히, 반사작용과 흡수작용은 도전성 재료를 통해 가능하며, 전기전도성이 높을수록 차폐성능이 우수하다고 보고되고 있다. 한편, 주된 건축재료인 시멘트 복합체에 도전체인 강섬유를 혼입하여 섬유의 연결성을 확보하고 이를 통해 복합체의 전기전도성을 높일 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 표 1과 같은 다양한 종류의 강섬유를 시멘트 복합체에 혼입하여 시험체별 전기전도도를 비교하였다.

표 1. 강섬유의 역학적 특성

섬유종류	약어	특성
비정질 강섬유	AF15	길이: 15mm, 폭: 1mm, 두께: 24 μ m, 비표면적: 11.6m ² /kg, 섬유수: 385,000/kg
	AF30	길이: 30mm, 폭: 1.6mm, 두께: 29 μ m, 비표면적: 11.6m ² /kg, 섬유수: 100,000/kg
후크형 강섬유	HSF	길이: 30mm, 지름: 0.5mm, 비표면적: 1.0m ² /kg, 섬유수: 22,000/kg
스무스 강섬유	SSF	길이: 13mm, 지름: 0.2mm, 비표면적: 2.5m ² /kg, 섬유수: 345,000/kg

표 2. 시험체명 및 섬유혼입률

시험체명	섬유종류	섬유혼입률(vol.%)	시험체명	섬유종류	섬유혼입률(vol.%)
AF15 1.0	AF15	1.0	AF30 1.0	AF30	1.0
AF15 1.5		1.5	AF30 1.5		1.5
AF15 2.0		2.0	AF30 2.0		2.0
HSF 2.0	HSF	2.0	AF15+AF30	AF15+AF30	1.0+1.0
SSF 2.0	SSF	2.0	NCC ¹⁾	-	-

1) Normal cementitious composites

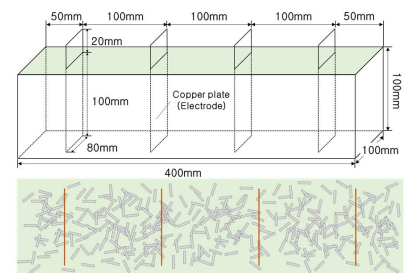


그림 1. 시험체 개요

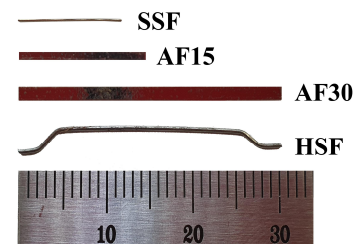


그림 2. 섬유 종류별 사진

* 충남대학교 건축공학과 석사과정

** 충남대학교 건축공학과 교수, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)

*** 충남대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

**** 충남대학교 건축공학과 박사과정

2. 실험방법 및 사용재료

본 실험에서는 표 2와 같이 시험체명 및 섬유 혼입률(vol.%)을 구성하였다. 또한, 시험체는 그림 1과 같이 100mm×100mm×400mm (너비×깊이×길이)의 직육면체이며 구리판을 100mm간격으로 4개 삽입하였다. 임피던스는 Keysight사의 E4890 AL모델 LCR meter를 통해 측정하였다.

LCR meter로 임피던스 저항(Z)과 위상(θ)을 측정하였고, 식(1)에 대입하여 임피던스 실수부와 허수부를 도출하여 그림 3의 나이퀴스트 선도를 작성하였다. 또한, 식(2)와 같이 시멘트 복합체의 전기전도도(L)는 식(1)에서의 저항(R), 구리판 사이의 면적(S), 구리판 사이의 거리(l)를 대입해 얻어냈다.

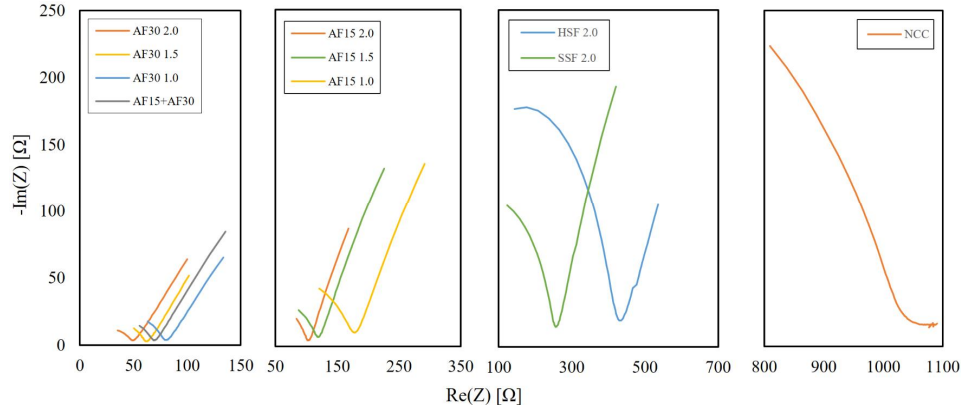


그림 3. 시험체 종류별 나이퀴스트 선도

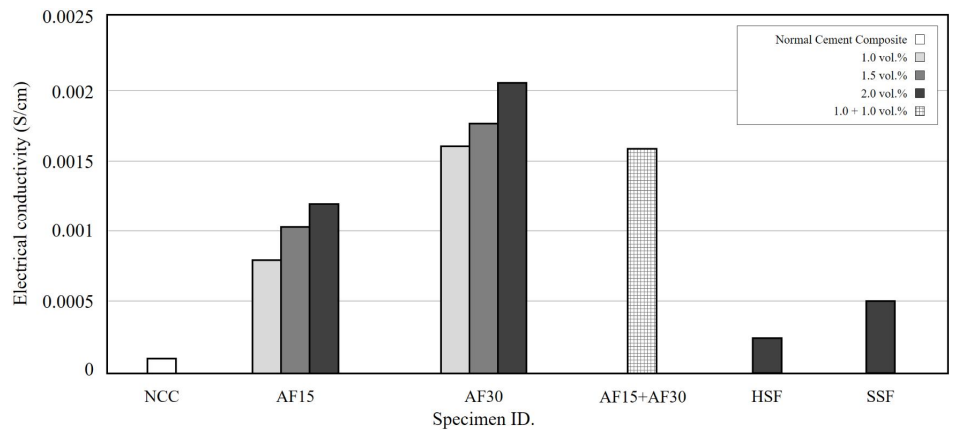


그림 4. 시험체 종류별 전기전도도

3. 결과 및 고찰

그림 4에 시험체 종류별 전기전도도를 나타냈다. 섬유 종류에 따라서는 비정질 강섬유, 스무스 강섬유, 후크형 강섬유 순으로 측정되었다. 이는 비표면적의 크기에 따라 나타난 결과로서, 비표면적이 클수록 섬유간의 연결성이 높아져 전도성이 증가하는 것으로 판단된다.

AF15와 AF30을 통해 비정질 강섬유의 길이 및 혼입률에 따른 전기전도도를 비교하였다. 비정질 강섬유의 길이가 길어지고 섬유량이 많아질수록 섬유 간의 연결성이 높아져 전기전도도가 높게 측정된 것으로 사료된다.

4. 결론

본 실험을 통해 섬유 종류별로 강섬유 보강 시멘트 복합체의 전기전도도가 상이한 것을 확인하였다. 섬유의 종류별로는 비표면적의 크기가 커질수록 섬유 간의 연결성이 좋아져 시멘트 복합체의 전기전도도가 높게 측정되었다. 또한, 비정질 강섬유에서는 섬유의 길이가 길며 섬유 혼입률이 많을수록 섬유 간의 연결성이 좋아져 전기전도도가 높게 측정되는 것을 확인하였다. 이를 통해, 섬유 비표면적의 크기, 섬유의 길이, 섬유 혼입률이 섬유 간의 연결성에 영향을 미치며, 섬유 간의 연결성이 좋아질수록 섬유보강 시멘트 복합체의 전기전도도가 향상되는 것으로 사료된다.

Acknowledgement

이 논문은 국토교통부 건설기술연구사업 (과제번호: 20SCIP-B146646-03)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Chen, B., Wu, K., & Yao, W., Conductivity of carbon fiber reinforced cement-based composites. Cement and Concrete Composites, Vol.26, No.4, pp.291~297, 2004