

섬유 종류에 따른 섬유 보강 시멘트 복합체의 전기적 특성에 대한 실험적 연구

Correlation between Electrical Conductivity and Shielding Effectiveness of Cementitious Composites according to Length and Volume Fraction of Steel Fiber

이예찬¹ · 김규용^{2*} · 한승현³ · 최윤성⁴ · 김문규³ · 남정수⁵

Lee, Yae-Chan¹ · Kim, Gyu-Yong^{2*} · Han, Seung-Hyeon³ · Choi, Youn-Sung⁴ · Kim, Moon-Kyu³ · Nam, Jeong-Soo⁵

Abstract : The purpose of this study is to compare and analyze the effect of type and volume fraction of fiber on the electrical conductivity and shielding effectiveness of cementitious composites. The large specific surface area of amorphous metallic fiber, as well as the high number of fibers per unit weight, provided an advantage in the formation of conductive path. As the result, the electrical conductivity of amorphous metallic fiber was evaluated to be higher, and the shielding effectiveness was also higher. However, the shielding effectiveness according to electrical conductivity was confirmed to have a threshold point, and further research is needed to improve it.

키워드 : 시멘트 복합체, 비정질 강섬유, 후크형 강섬유, 전기전도도, 차폐효과

Keywords : cementitious composites, amorphous metallic fiber, hooked steel fiber, electrical conductivity, shielding effectiveness

1. 서론

최근, 데이터 센터 및 사물인터넷을 활용한 스마트 시티가 발전됨에 따라, 전자기기의 의존도가 높아지고 있으며 이에 따라, 전자기기를 무력화시킬 수 있는 고출력 전자기파(Electromagnetic pulse; EMP) 차폐에 대한 관심이 집중되고 있다. 이러한 EMP의 차폐는 재료의 전기전도도와 큰 연관성이 있다는 연구가 있으며[1], 콘크리트 구조체로 EMP를 차폐하기 위해서는 콘크리트의 전기전도도를 부여할 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 비정질 강섬유와 후크형 강섬유를 활용하여 시멘트계 복합체에 전기전도도를 부여하였으며, 섬유의 특성 및 혼입률에 따른 전기전도도와 차폐효과를 비교·분석 하였다.

2. 실험 계획 및 방법

표 1에 시험체 계획 및 섬유의 물리적 특성을 나타냈으며, 그림 1에 전기전도도 측정 시험체를 나타냈다. 길이 30 mm의 비정질 강섬유와 후크형 강섬유를 0.5~2.0vol.%로 시멘트 복합체에 보강하였다. 전기전도도는 그림 1시험체로 Impedance analyzer를 통해 저

표 1. 시험체 계획 및 섬유의 물리적 특성

시험체명	섬유종류	섬유길이	혼입률	섬유의 물리적특성	
NCC	-	-	-	-	
AFRCC0,5	스무스 강섬유	30 mm	0,5vol%	길이: 30 mm, 너비: 1,6 mm, 두께 : 29 um, 등가직경: 0,25 mm, 비표면적: 9,6 m ² /kg, 인장강도: 1,400 MPa, 종횡비: 120(L/D), 섬유수: 100,000 (/kg), 전기전도도: 5,2×10 ⁴ S/cm	
AFRCC1,0			1,0vol%		
AFRCC1,5			1,5vol%		
AFRCC2,0			2,0vol%		
HSFRCC0,5		30 mm	0,5vol%		길이: 30 mm, 직경: 0,5 mm, 비표면적: 1,0 m ² /kg, 인장강도: 1,140 MPa, 종횡비: 60(L/D), 섬유수: 22,000 (/kg), 전기전도도: 5,2×10 ⁴ S/cm
HSFRCC1,0			1,0vol%		
HSFRCC1,5			1,5vol%		
SHFRCC2,0			2,0vol%		

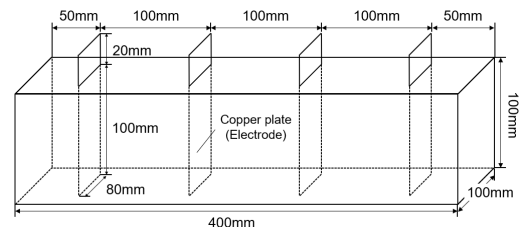


그림 1. 전기전도도 측정 시험체

1) 충남대학교, 박사과정
 2) 충남대학교, 교수, 공학박사(gyuyongkim@cnu.ac.kr)
 3) 충남대학교, 석사과정
 4) 충남대학교, 학·석통합과정
 5) 충남대학교, 교수, 공학박사

항을 측정된 뒤 전기전도도를 도출하였다. 차폐효과는 미 국방부 기준인 MIL-STD-188-125에 준하여 600~1500MHz의 주파수 범위로 측정하였다.

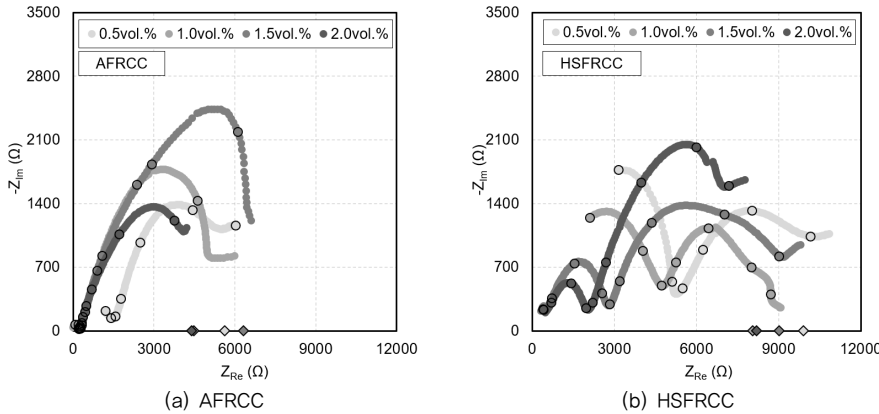


그림 2. 나이퀴스트 선도

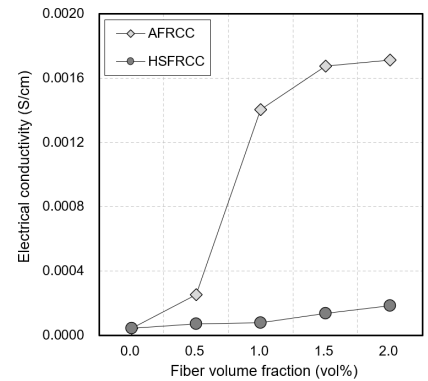


그림 3. 혼입률에 따른 전기전도도

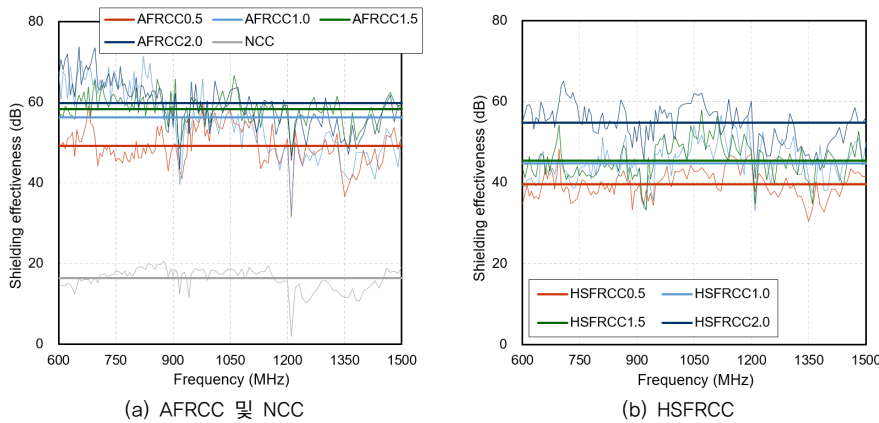


그림 4. 주파수에 따른 차폐효과

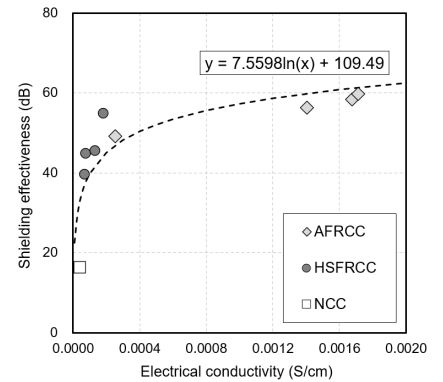


그림 5. 전기전도도와 차폐효과의 상관관계

3. 결론

그림 2에 전기전도도, 그림 3에 혼입률에 따른 전기전도도, 그림 3에 주파수 별 차폐효과를 나타냈으며, 그림 5에 전기전도도와 차폐효과의 상관관계를 나타냈으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 나이퀴스트 선도에 따른 시험체의 전기전도도 결과에서, 후크형 강섬유는 섬유의 혼입률이 증가할수록 전기전도도가 완만하게 증가하였으나, 비정질 강섬유는 0.5와 1.0vol%에서 전기전도도가 급격하게 증가하는 경향을 보였다. 이는 비정질 강섬유의 높은 비표면적 및 많은 섬유수로 인해 전도성 경로의 형성이 유리해져, 후크형 강섬유보다 더 낮은 혼입률에서 전기전도도를 확보할 수 있었던 것으로 판단된다.
- 2) 차폐 효과는 전기전도도와 큰 연관성이 있는 것을 확인하였으며, 전기전도도 0.0003 S/cm 이후에는 차폐효과가 60 dB 이상으로 증진되지 않는 것으로 평가되었다. 이를 통해, 차폐효과의 임계 전기전도도는 약 0.0003 S/cm이며, 추후 차폐효과 증진을 위해 그래핀, 탄소나노튜브, 금속분말과 같은 전도성 분말 및 Mesh 소재와 섬유의 연계성능에 대해 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1A2C2085867).

참고문헌

1. Lee S, Kim G, Kim H, Son M, Lee Y, Choi Y, Nam J. Electromagnetic Wave Shielding Properties of Amorphous Metallic Fiber-Reinforced High-Strength Concrete Using Waveguides. Materials. 2021. Vol.14 No.22. p. 7052.