

흑연을 혼입한 모르타르의 강도 특성에 관한 연구

A Study on the Strength Properties of Mortar with the Graphite

곽재훈*

김상현**

지석원***

서치호****

Kwa ck, Jael-Hoon

Kim, Sang-Heon

Ji, Suk-Wonn

Seo, Chee-Ho

Abstract

With excellent mechanical properties and durability of concrete and construction materials so far because, as has been the most widely used. However, existing in the electrical conductivity of the concrete material is given the characteristics of the concrete can not expand a lot of applications. For example, the cathode material of a parameter, ground resistance materials, electromagnetic shielding materials, sense of self-diagnostic materials, and anti-static materials are available. Currently, research on the electromagnetic shielding and absorbing mortar is incomplete. And Japan, the United States is part of the research in research institutions. Therefore, this research rate in the mouth in a different mix of conductive graphite particle the physical properties of cement mortar about the basic performance characteristics of the robbery was to figure out.

키워드 : 흑연, 전자파, 모르타르

Keywords : graphite, electromagnetic waves, mortar

1. 서론

1.1 연구의 목적 및 배경

각종 이동통신 및 전자파 이용기술의 발달과 함께 일반인의 전자파 노출로 인한 위험성의 우려가 증대되고 있다. 전자파 이용 기술의 진보와 적용분야 확대를 통한 유효한 성과를 올리기 위해서는 제반환경의 구축이 중요시 되고 있는 실정이다. 그 중 가장 중요한 분야가 건설 분야로서 기존의 건축 구조물이나 토목 구조물로서의 역할 뿐만 아니라 전자파의 능동적 기능을 강화하고 역기능을 최소화할 수 있는 환경을 제공해야 하는 역할을 부여받고 있다. 따라서 전자파 이용 기술에 따른 문제점 및 유지 관리에 대한 대책으로 다양한 전자파 차폐/흡수 기술이 연구 개발 되고 있으며 특히 콘크리트의 전자파 차폐/흡수 기능을 갖는 소재 개발이 주요 관심사로 떠오르고 있다.

가장 일반적인 전자파 흡수/차폐방법은 도전성재료들을 판의 형태로 사용하거나 도전재료를 코팅시켜 막을 형성시켜 사용하거나 매트릭스에 분산시켜 사용하는 방법들이다. 탄소섬유와 페라이트를 이용한 복합체 구성이 가장 흔히 사용되고 있는 방법으로 나타났다. 다른 매트릭스보다 시멘트 콘크리트가

유리한 점으로는 그 시공에 있어서 반죽으로 만들어 필요한 부분에 시공할 수 있다는 점으로는 그 시공에 있어서 반죽으로 만들어 필요한 부분에 시공할 수 있다는 점, 그리고 특별한 숙련공이 아니어도 시공에 문제가 없다는 점이다.

보통 시멘트 모르타르에 전자파 차폐/흡수 성능을 부여하는 방법에는 도전성 입자나 섬유를 혼입하는 방법과 페라이트를 강화하는 방법, 수용성폴리머를 이용하는 방법 등이 있다. 그 중 도전성 입자와 섬유를 혼입하는 방법이 가장 효과적이며 경제적인 방법이라 생각된다.

기존 연구 및 문헌 조사에는 전자파 흡수/차폐 재료로서 흑연을 사용한 기존 연구가 미비하며, 흑연 재료가 다른 탄소계 열 재료, 금속 재료보다 경제성에 좋다는 판단에 본 연구에 사용하였다.

1.2 연구의 방법 및 범위

현재 국내에서는 전자파 차폐/흡수 시멘트 모르타르에 관한 연구가 미비한 상태이고 일본, 미국의 일부 연구기관에서 연구하고 있다. 따라서 본 연구는 기초적 정보를 제공하고자 모르타르·콘크리트에 전자파 차폐/흡수 성능을 부여하는 방법 중 하나인 도전성 입자 즉 흑연 분말을 혼입한 시멘트 모르타르의 기초적 특성 중 강도 특성에 대하여 측정하였다. 입도가 다른 전도성 입자인 흑연 혼입율에 따른 시멘트 모르타르의 물리적 성질과 양생재령, 물시멘트비에 따라 기초적 성능 중 강

* 건국대학교 대학원 석사과정, 정회원

** 건국대학교 재료시공연구실 공학박사, 정회원

*** 건국대학교 재료시공연구실 공학박사, 정회원

**** 건국대학교 건축대학교수 공학박사, 정회원

도 특성에 대하여 파악하고자 하였다.

표 1. 전자파 차폐/흡수 충전제

분류	종류	특징
카본 블랙	Acetylene Black	고순도, 분산성 양호
	Oil Furance Black	고전도성
	Thermal Black	저전도성, 낮은 비용
	Channel Black	저전도성, 착생용, 작은 입자크기
탄소 섬유	Pan계	전도성 양호, 높은 비용, 가공성 불량
	Pitck계	PanrP에 비해 저전도성, 낮은 비용
흑연	천연 흑연	분말화가 곤란
	인공 흑연	
금속 미분말	Ag, Cu, 합금	산화변질의 문제
금속 산화물	ZnO, SnO ₂ , In ₂ O ₃ , CuI	다양한 색깔, 저전도성

표 4. 흑연의 물리적 특성

평균크기 (μm)	비중 (20℃)	흡수력 (%)	공간 (%)	단위중량 (t/m ³)
<100	2.11	7.3	38	1.28

표 5. 흑연의 화학적 성분

고체 용해 탄소(%)	휘발성(%)	SiO ₂ (%)
83	2.11	12

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에 사용된 보통 포틀랜드 시멘트는 KS L 5021(포틀랜드 시멘트)에 규정된 1종 보통 포틀랜드 시멘트 국내 H사에서 제조한 제품을 사용하였으며 화학성분은 표 1과 같다.

표 2. 보통 포틀랜드 시멘트의 화학적 성분

(단위 : %)							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
21.09	4.84	63.85	3.32	3.09	1.13	0.29	2.39

2.1.2 잔골재

잔골재는 인천사 세척사를 사용하였으며 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 3. 잔골재의 물리적 성질

최대치수 (mm)	비중	흡수율(%)	FM	단위중량 (kg/m ³)
2.5	2.61	1.03	2.57	1,576

2.1.3 흑연

전도성 물질은 흑연(Graphite)을 사용하였으며 흑연의 물리적 특성과 화학적 성분은 표 3, 표 4와 같다.

2.2 실험계획

입도가 다른 흑연의 혼입율에 따른 모르타르의 강도 특성에 대하여 비교 분석하기 위한 실험 계획은 표 6과 같다.

물시멘트비는 50, 60, 70%로 3수준으로 정하였고, 시멘트 모르타르에 전자파 차폐/흡수 성능을 부여하기 위해 도전성 재료로는 흑연을 사용하였으며 시멘트의 절대용적에 대해 흑연을 0, 3, 6 9%로 치환하여 혼입하였다. 흑연의 평균 입도는 5, 15μ m을 사용하였다.

표 6. 실험계획

실험요인		실험수준
배합 사항	물시멘트비(W/C)	50%, 60%, 70%
	흑연혼입율(%/C)	0%, 3%, 6%, 9%
	흑연 타입	5μm, 15μm

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로는 실험에 사용될 시멘트 모르타르 제작을 위해서 모르타르의 비빔은 KS L 5109에 규정되어 있는 모르타르 교반기를 사용하여 약 3분간 혼합하였다. 굳지않은 모르타르의 플로 시험은 KS L 5105에 의거하여 실시하였으며 경화 모르타르의 압축강도는 계획된 재령(3, 7, 14, 28)에 따라 KS L 5105에 의거 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 모르타르의 특성

3.1.1 플로

물시멘트비가 50%일 때의 시멘트 절대 용적에 대하여 흑연을 혼입율이 증가할수록 모르타르의 플로값은 떨어지는 것으로 나타났다. 이 원인은 흑연의 흡수율이 7.3% 정도의 높기 때문이며 시멘트 입자 정도의 미립분이기 때문에 플로 값이 하락하는 것으로 판단된다. 또한 물시멘트비가 증가할수록 플로

값은 증가하였지만 흑연의 평균 입도가 $5\mu\text{m}$ 보다는 $15\mu\text{m}$ 에서 플로 값이 크게 나타났다. 또한 물시멘트비가 증가할수록 플로 값은 증가 되었다. 흑연은 비결정탄소로 미립분이고 입자가 거칠고 미결정의 집합체이므로 표면적이 고 기체, 액체, 염류 등을 잘 흡하므로 물과 혼합하면 점성이 높아져 흑연의 혼입율이 커질수록 같은 플로값을 얻기 위해서는 많은 물량이 요구되어진다.

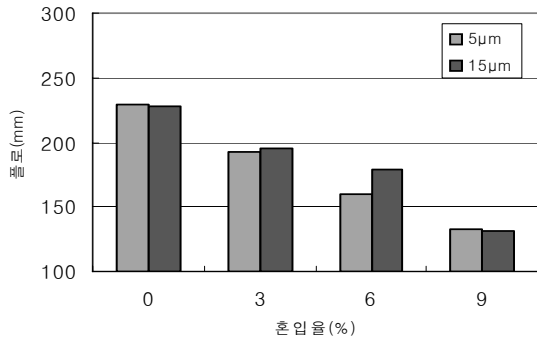


그림 1. W/C 50%의 플로

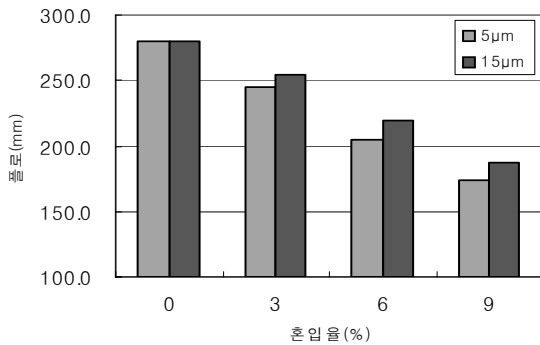


그림 2. W/C 60%의 플로

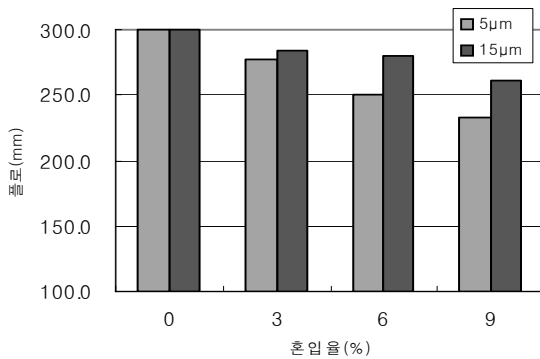


그림 3. W/C 70%의 플로

3.2 경화 모르타르의 특성

3.2.1 압축강도

물시멘트비 50%에서의 흑연 혼입율의 증가에 따른 재령별 압축강도는 그림 4와 같다. 재령 3일에서의 압축강도는 흑연 혼입율 3%의 압축강도는 흑연 혼입율 0% 압축강도와 비슷하였지만 흑연 혼입율 6%, 9% 압축강도에서는 더 높게 나타났다. 초기 수화 반응 시에 흑연의 흡수율에 의해 단위수량이 적어졌기 때문에 강도가 증진되었다고 판단된다. 재령 14일과 28일에서는 흑연의 혼입율이 증가할수록 시멘트량이 적어지기 때문에 압축강도가 하락하였다고 판단된다.

물시멘트비 70%에서의 압축강도는 그림7과 같다. 재령 3일에서는 흑연을 혼입한 압축강도가 낮게 나타났다. 이는 단위수량이 필요량보다 많았기 때문에 초기수화반응이 늦어졌다고 판단된다.

물시멘트비가 변화하여도 $15\mu\text{m}$ 흑연을 혼입한 것은 $5\mu\text{m}$ 흑연을 혼입한 것에 비해 압축강도가 크게 나타났다. 혼입율이 증가하여도 입도크기가 $15\mu\text{m}$ 가 $5\mu\text{m}$ 에 비해 압축강도가 높게 나타났다. 이는 $15\mu\text{m}$ 흑연은 $5\mu\text{m}$ 흑연에 비해 입경이 크기 때문에 조립률이 좋아지고 $15\mu\text{m}$ 의 흑연이 표면에 많은 공극이 있고 그 공극에도 시멘트 수화물이 형성되어 접착강도가 상승되었다고 판단된다.

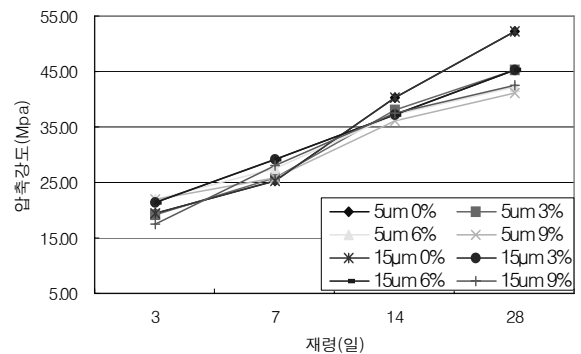


그림 4. W/C 50%의 압축강도

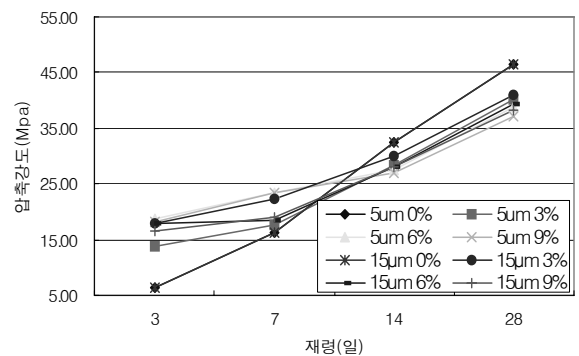


그림 5. W/C 60%의 압축강도

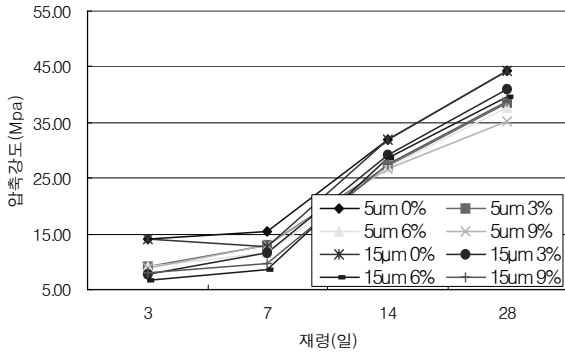


그림 7. W/C 70%의 압축강도

흑연 입도 5 μ m, 15 μ m의 28일 압축강도는 그림 8, 그림 9처럼 유사한 경향을 보이지만 입도크기가 큰 흑연이 높은 압축강도 특성을 나타낸다. 혼입율이 증가할수록 압축강도는 작아지는 것으로 나타났으며 물시멘트비가 증가할수록 각 혼입율에 따른 압축강도는 하락하는 것으로 나타났다.

강도저하의 원인은 도전성 재료의 혼입율이 증가함에 따라 단위수량이 커졌기 때문이다. 도전성 입자가 경도가 적고 미립분이기 때문에 혼합 시 모르타르 점성 증가로 인하여 모르타르 내의 기포 혼입을 유발하여 모르타르내 공기량을 증가시켰기 때문이다.

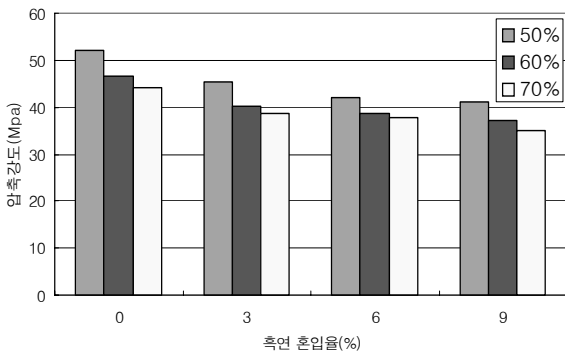


그림 8. 흑연 입도 5 μ m의 28일 압축강도

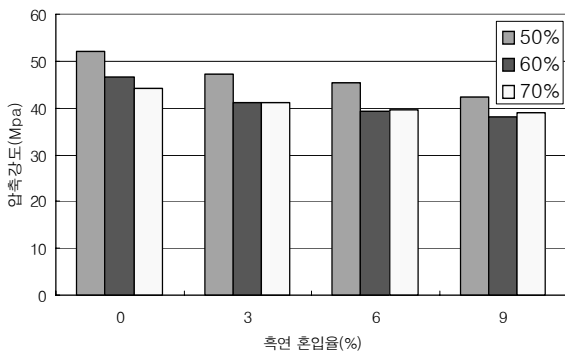


그림 8. 흑연 입도 15 μ m의 28일 압축강도

그림 9의 흑연 혼입율 9%에서는 엉킴현상처럼 균일하게 섞이지 않았기 때문에 물시멘트비 70%가 60%에서 보다 압축강도가 크게 나타났다.

4. 결 론

시멘트 절대 용적에 대하여 흑연을 혼입율을 증가시켜 배합한 모르타르의 압축강도의 특성을 다음과 같다.

- 1) 물시멘트비가 증가할수록 시멘트 절대 용적에 대하여 흑연의 혼입율이 증가하면 모르타르의 플로값은 떨어지는 것으로 나타난다. 흑연의 흡수율과 시멘트 정도의 미립분 정도의 크기 때문에 플로 값이 하락한다. 물과 혼합하면 흑연을 혼입한 모르타르는 점성이 증가하기 때문에 시공성을 유지하기 위해서는 적정 단위수량이 필요한 것으로 판단된다.
- 2) 흑연을 혼입한 모르타르의 특성은 혼입율이 증가할수록 모르타르의 강도는 하락하는 것으로 나타났으며, 혼입율이 증가할수록 결합제인 시멘트량이 감소하였고 도전성 입자인 흑연의 경도가 작고 모르타르내 공기량이 증가하여 강도저하의 원인이 되었다고 판단되었다.
- 3) 물시멘트비가 변화하여도 입도가 큰 15 μ m흑연이 5 μ m 흑연에 비하여 압축강도가 크게 나타났다. 입도가 큰 흑연은 공극이 더 많고 그 공극 사이에 시멘트 수화물이 형성되어 강도가 커졌다고 판단된다.
- 4) 흑연을 혼입하는 모르타르 비빔에서는 엉킴현상을 일으키지 않기 위해 충분한 비빔이 필요하다고 판단된다.

향후, 흑연을 혼입한 콘크리트의 역학적 특성과 함께 최적의 배합선정이 필요하며, 전자과 흡수에 대한 성능평가를 하여 이를 통한 다기능 콘크리트로서의 다양한 활용이 기대된다.

참 고 문 헌

1. 강석화, 전기전도성 콘크리트, 콘크리트학회지, 10(6), pp.34-40. 1992.
2. 김동일 외, 카본-페라이트 전파흡수체의 특성 전자공학회 논문집, 26(11), pp.1721-1727, 1989.
3. 김형돈, 전자파 차폐도로 개발 동향, 도장기술, pp.135, 2002.
4. 산업자원부, 미이용 자철광을 활용한 전자파 차폐 몰탈 제조 및 적용 기술개발, 한국건설기술연구원, 2004.
5. 심종우, 박동철, 이세현, 임재홍, 전자파 흡수형 차폐 시멘트 모르타르의 물리적 특성과 차폐효율, 대학건축학회 학술 발표논문집 22(1), pp.325-328
6. 오상균, 이진호, 안재철. 활성탄을 이용한 시멘트계 친환경 건축재의 활용을 위한 실험적 연구, 대한건축학회논문집, 20(1), pp.99-106. 2004.
7. 정낙삼, 장연춘, 강태원, 시험평가기술 : 전자파차폐 및 흡수 기능 복합재료의 성능평가 기술개발, 1차년도 보고서, 1993.
8. Cao J, Chung DDL, Coke powder as an admixture in cement for electromagnetic interference shielding, Cem Conc Res, 41(12), pp.2433-2436, 2003.
9. Cao J, Chung DDL, colloidal graphite as an admixture in cement and as a coating on cement for eletromagnetic interference shielding, Cem Conc Res, 33(11), pp.1737-1740, 2003.