

# 전도성 재료를 혼입한 모르타르의 발열특성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Exothermic Properties of Cement Mortar Containing Conductive Materials

송 동근\*                      홍 철 호\*\*                      이 한 승\*\*\*  
 Song, Dong-Geun              Hong, Chul-Ho              Lee, Han-Seung

### Abstract

In this study, an experiment was carried out using graphite, conductive nickel powder, copper bar, carbon fiber for evaluate the exothermic properties and heating reproducibility of the cement mortar containing conductive material. As a result, the conductive materials that interfere with heating reproducibility are present, and the optimal conductive materials exist in each input voltage.

키 워 드 : 흑연, 전기전도 모르타르, 발열특성, 재현성, 최적전압, 열 분포  
 Keywords : graphite, electric conductive mortar, exothermic properties, reproducibility, optimum voltage, heat distribution

### 1. 서 론

본 연구는 전도성 재료인 인상흑연(Flake Graphite), 팽창흑연(Expanded Graphite), 니켈분말(Conductive Nickel), 카본사(Carbon Fiber), 구리 막대(Copper Bar)를 흑연과 함께 배합하여 비저항을 갖는 전기전도성 발열 모르타르를 만드는 것을 목표로 발열특성과 재현성을 규명하고, 입력 전압 별 최적인 전도성 재료를 파악하여 이들의 적용가능성을 파악하고자 하였다.

### 2. 실험개요

표 1은 본 연구에서 전기전도성 발열 모르타르를 제작하기 위한 실험에서 사용한 실험배합표이다. 시멘트(C)의 양은 일정하게 하고, 잔골재(S)로 사용한 해사(海沙)의 일부를 전도성 재료(M)로 내할 첨가하였다. 시멘트와 잔골재+전도성재료의 비는 1:2로 설정하였다. 물시멘트비는 고정시키지 않고 물(W)의 양을 KSL 5111을 준용하여 타격 flow값이 130±15mm 범위에 들어오도록 각각 설정하였다. 믹싱 후에는 전압을 가해 줄 수 있도록 특별히 제작된 100x100x20mm 아크릴 몰드에 성형하고 중앙부에는 열전대를 삽입하였다.

7일간 20℃, 60%에서 기건양생 후, 전압 조절기를 통해 10V, 30V, 50V로 변화시키며 실험을 진행하였으며 온도는 Data Logger를 통해 실시간으로 측정하고 열화상 카메라를 통해 모르타르 시험체의 열분포를 확인하였다. 배합표에는 명시되어 있지 않지만 간접저항 가열 방식을 위해 삽입하는 구리 막대(CB)는 100mm 길이로 2개를 사용하였으며 모르타르 성형 시 중간층에 평행으로 배치하여 매립하였다.

표 1. 실험배합표

Case	전도성재료 (M)	내 할 치 환율 (M / S)	C (g)	S (g)	W (g)	전도성 재료 (g)			
						흑연 FG	흑연 EG	축진재 CN	축진재 CF
1	인상흑연(FG)	30%	200	307	220	93	-	-	-
2	팽창흑연(EG)	30%		307	220	-	93	-	-
3	인상흑연(FG)	25%		300	200	80	-	20	-
	니켈(CN)	5%							
4	팽창흑연(EG)	25%		300	200	-	80	20	-
	니켈(CN)	5%							
5	인상흑연(FG)	25%		312	300	80	-	-	8
	카본사(CF)	2%							
6	팽창흑연(EG)	25%	312	300	-	80	-	8	
	카본사(CF)	Vol.2%							
7	Plain (W/C=0.35)		400	70	-	-	-	-	

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 전도성 재료에 따른 발열특성과 재현성

인상흑연(FG), 팽창흑연(EG) 두 가지 종류의 흑연으로 예비실험을 한 결과, 팽창흑연을 혼입한 모르타르에서 우수한 발열현상이 일어났다.

\* 한양대학교 일반대학원 건축시스템공학과 석사과정  
 \*\* 한양대학교 건축학과, 공학석사  
 \*\*\* 한양대학교 ERICA 건축학부 교수, 교신저자(erclcehs@hanyang.ac.kr)

하지만 3번의 동일한 실험으로 재현성을 확인한 결과 팽창흑연은 발열 재현성이 거의 없었다. 이에 본 연구에서는 흑연과 전도성 촉진재료를 함께 혼입하여 모르타르의 발열실험을 수행하였다. 그림 1은 10V의 입력전압에서 전도성 촉진재료 혼입에 따른 온도발열 그래프이다. 카본사(CF)를 흑연에 혼입한 경우가 가시적인 발열효과를 보였다. 이에 동일한 조건으로 발열 재현성 실험을 한 결과, 인상흑연과 카본사를 혼입한 경우는 그림 2와 같이 발열효과와 온도 재현성이 모두 우수한 반면, 팽창흑연과 카본사를 혼입한 경우는 그림 3과 같이 온도 재현성이 현저하게 떨어지는 것을 확인하였다. 더불어 발열효과가 있었던 팽창흑연과 니켈분말을 혼입한 경우 또한 재현성 실험에서 좋지 않은 결과를 보여주었다.

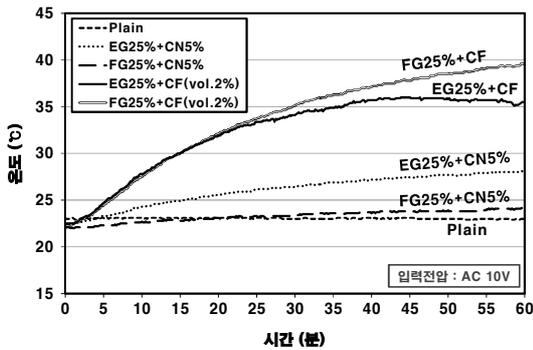


그림 1. 전도성 촉진재료 혼입에 따른 온도발열

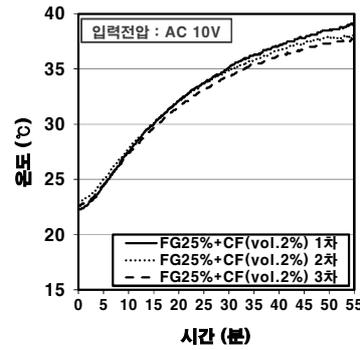


그림 2. 인상흑연+카본사의 발열 재현성

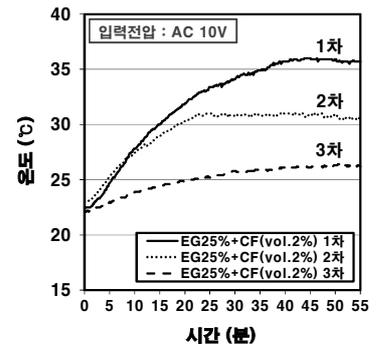


그림 3. 팽창흑연+카본사의 발열 재현성

### 3.2 입력 전압에 따른 발열특성과 재현성

그림 4와 그림 5는 인상흑연과 전도성 촉진재료를 혼입한 모르타르에 입력 전압을 변화시킬 경우의 발열 특성과 재현성을 보여준다. 발열 재현성이 거의 없다고 판단되는 팽창흑연은 실험에서 제외시켰고, 10V 이상의 전압에서 카본사(CF)가 산화하는 현상을 보여 30V부터는 그래프 상에서 표현하지 않았다.

그래프를 분석한 결과, 입력전압에 따라서 효과적인 발열성능을 보여주는 전도성재료들이 상이하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 10V의 낮은 전압에서는 인상흑연(FG)과 카본사(CF)를 혼입한 경우가 유일하게 발열성능과 재현성을 보여주었고 30V부터는 인상흑연만 혼입한 경우, 인상흑연과 전도성니켈 분말(CN)을 혼입한 경우, 인상흑연을 포함한 모르타르에 구리 막대(CB)를 매립한 경우에서 우수한 발열효과와 재현성을 보여주었다. 특히 구리 막대(CB)를 이용하여 간접 저항가열을 한 경우, 그림 6과 같이 상대적으로 다른 경우(그림 7)보다 열 분포가 매우 고르고 발열 온도 또한 높은 것을 확인할 수 있다.

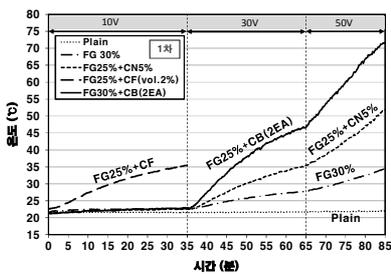


그림 4. 입력전압에 따른 온도발열 추이 (1차)

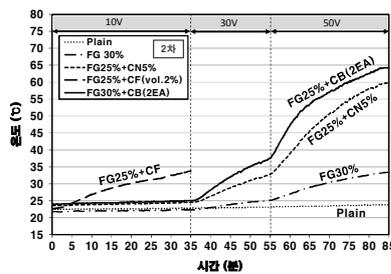


그림 5. 입력전압에 따른 온도발열 추이 (2차)

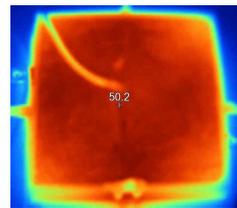


그림 6. 입력전압 50V에서 인상흑연+구리막대의 열분포도

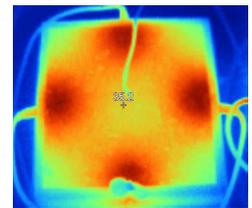


그림 7. 입력전압 50V에서 인상흑연+니켈의 열분포도

## 4. 결 론

전도성 재료를 혼입한 전기전도성 발열 모르타르의 발열성능과 재현성을 평가한 본 연구를 통하여 입력하는 전압에 따라 최적의 전도성재료가 상이하다는 것을 알 수 있다. 팽창흑연(EG)보다는 인상흑연(FG)를 배합에 사용하는 것이 온도 발열과 발열 재현성이 우수하며 직접 저항가열 방식에서 10V까지의 전압에서는 인상흑연과 카본사(CF)의 혼입이 가장 효율적이고 30V 이상에서는 인상흑연과 전도성 니켈(CN)분말의 혼입이 가장 우수하다. 또한 구리막대(CB)를 모르타르 내에 매립하는 간접 저항가열 방식이 직접 저항가열 방식에 비해 열분포가 고르고 발열성능 또한 우수하다는 것을 확인하였다.

### 참 고 문 헌

1. 박상준 외 4명, 흑연을 혼합한 발열모르타르의 전기적 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회지, 제9권, pp.137~142, 1997
2. 박상준 외 4명, 전기전도 모르타르의 특성에 관한 기초적 연구, 대한건축학회논문집, 제16권, pp.649~652, 1996