

시멘트계 접합부의 유도가열에 의한 승온특성 및 공극구조

Heating Properties and Pore structure of Cementitious Joint by Induction Heating

강 동 우* 안 재 철** 김 정 길*** 강 병 희****
 Kang, Dong-Woo Ahn, Jae-Cheol Kim, Jung-Kil Kang, Byeung-Hee

Abstract

The purpose of this study is to suggest basic data for development optimal disassembly manufacturing system during analysis pore structure and heating properties of cementitious joint using conductive resistor by induction heating. From the results, we knew cementitious joint is weak easily by heating of conductive resistor, such as wire mesh, punching metal, and steel fiber, from induction heating.

키 워 드 : 유도가열, 도전성 저항체, 시멘트계 접합부, 분해성
 Keywords : Induction Heating, Conductive Resister, Cementitious Joint, Disassembly Property

1. 서 론

본 연구에서는, 건축 부재 및 재료의 결합방법으로서 범용적으로 이용되는 시멘트계 접합부에 분해성을 부여하는 것을 목적으로, 유도가열 방법을 시멘트계 접합부의 분해 메커니즘으로 이용하고자 하였다. 따라서, 모르타르와 같은 시멘트계 접합부에 도전성 저항체를 이용하는 것에 의해서, 시공성 및 부착강도 등의 조립성을 유지하면서, 현장해체가 가능한 분해성을 부여하는 것을 목적으로, 유도가열에 의한 승온특성이 우수한 도전성 저항체를 선정하고자 한다. 따라서, 각 도전성 저항체에 따른 조립성 및 유도가열에 의한 접합부의 승온특성과 공극특성을 분석하여 최적의 순역공정 생산시스템을 개발하기 위한 기초자료를 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 실험개요

표 1은 본 실험의 인자를 나타낸다. 유도가열은 기본주파수 100 kHz(동작주파수 60~120 kHz), 최대 고주파출력 5 kW의 실험용 장치를 사용하였다. 가열코일은 팬케이크형으로 $\phi 10 \times 3N$, 외형치수 $\phi 120$ 의 것을 사용하였으며, 이때 동작주파수는 100 kHz이다. 도전성저항체로는 금속망과 편칭메탈, 그리고 강섬유를 사용하였으며, 부착모르타르는 예비실험을 통하여 결정하였다.

표 1. 실험인자

기호	도전성저항체	
	도전성저항체	사양
N	-	-
F-4M F-10M	철망	$\phi 1.60 \text{ mm} \times P4.75 \text{ mm}$ $\phi 0.55 \text{ mm} \times P1.99 \text{ mm}$
S-4M S-10M	스테인레스망	$\phi 1.60 \text{ mm} \times P4.75 \text{ mm}$ $\phi 0.53 \text{ mm} \times P2.01 \text{ mm}$
Fp0.5- $\phi 3$ Fp1.0- $\phi 3$ Fp1.0- $\phi 5$	철제 편칭메탈	T0.5 mm- $\phi 3 \text{ mm} \times P5 \text{ mm}$ (개구율32.4%) T1.0 mm- $\phi 3 \text{ mm} \times P5 \text{ mm}$ (개구율32.4%) T1.0 mm- $\phi 5 \text{ mm} \times P6 \text{ mm}$ (개구율62.5%)
Sp0.5- $\phi 3$ Sp1.0- $\phi 3$	스테인레스제 편칭메탈	T0.5 mm- $\phi 3 \text{ mm} \times P5 \text{ mm}$ T1.0 mm- $\phi 3 \text{ mm} \times P5 \text{ mm}$
SF06 SF13	철섬유 6 mm 철섬유 13 mm	1% 2% 3%

표 2. 강섬유 혼입 부착 모르타르의 배합비

강섬유 체적 혼입율	시멘트계 바인더					
	물	시멘트	폴리머	소포제	증점제	SP제
0.0	0.35	1	0.1	0.001	-	-
1.0, 2.0	0.40	1	0.1	0.001	-	-
3.0	0.40	1	0.1	0.001	0.002	0.015

3. 실험결과 및 분석

3.1 유도가열에 따른 부착모르타르의 표면 온도 변화

그림 1은 도전성 저항체 유도가열 실험에서 승온특성이 우수한 주파수출력 2.25 kW, 도전성 저항체로부터의 가열거리 1

* 동아대학교 건축공학과 석사과정
 ** 상지건축부설연구소 선임연구원, 공학박사, 교신저자 (jcan222@nate.com)
 *** 상지건축부설연구소 연구소장, 공학박사
 **** 동아대학교 건축공학과 교수, 공학박사

cm에서의 유도가열시 부착모르타르 표면온도를 측정한 결과를 나타낸 것이다.

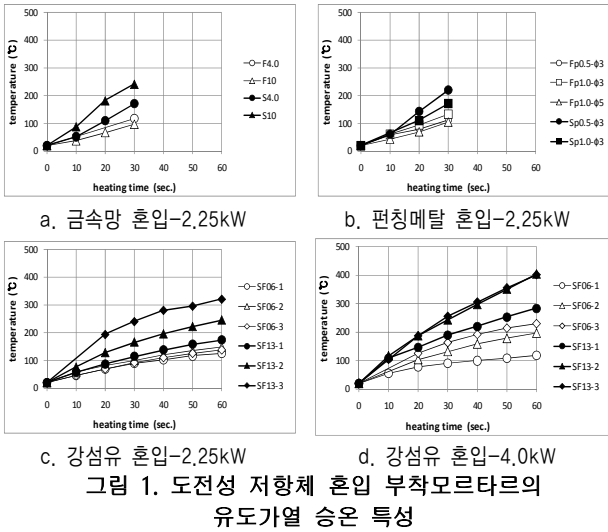


그림 1. 도전성 저항체 혼입 부착모르타르의 유도가열 승온 특성

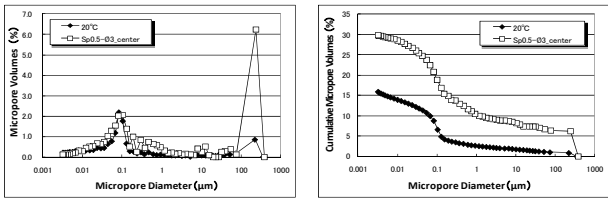


그림 2. Sp0.5-ø3_2.25kW(중앙부)

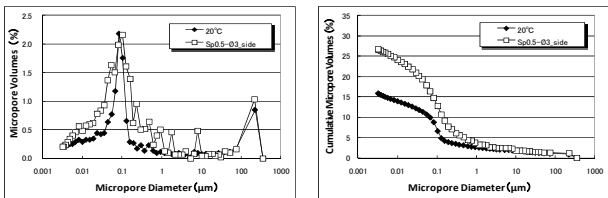


그림 3. Sp0.5-ø3_2.25kW(외각부)

저항체의 재종에 따른 부착 모르타르의 승온특성은 저항체 가열실험 결과, 균일한 가열이 가능한 스테인레스(SUS304)가 철에 비하여 다소 높게 나타나, 부착 모르타르를 효율적으로 가열하는 것으로 나타났다. 금속망과 펀칭메탈을 이용한 경우의 차이는 크지 않았으나, 금속망의 경우 선재의 두께는 얇아도 모르타르내 골고루 분포된 10매쉬가 모르타르의 가열에는 더욱 효율적이다. 강섬유의 경우에서도 유도가열 시간에 따른 온도상승을 나타내었으나, 금속망 및 펀칭메탈과는 달리 고주파 출력에 따른 차이는 크지 않았다. 강섬유 길이가 6mm인 SF06은 2.25kW의 출력조건에서 혼입율에 따른 승온특성의 차이가 크지 않았으나, 4kW에서는 혼입율에 큰 영향을 받았다. 반면, SF13의 경우, 전반적인 승온특성이 SF06에 비하여 우수하였으며, SF13 3% 혼입의 경우는 2.25kW 이상의 출력조건에서 30초의 가열로 약 250℃ 모르타르 온도상승이 가능하였다. 그러나, 강섬유의 경우, 내부 분산에 따른 섬유간 연결상태가 유도가열 효율에 큰 영향을 미치기

때문에, 철망 및 펀칭메탈에 비하여 온도상승의 오차가 다소 컸다.

3.2 유도가열에 의한 시멘트계 접합부의 공극구조 변화

그림 2와 3은 펀칭메탈을 도전성 저항체로 삽입한 시멘트계 접합부의 유도가열에 의한 공극구조 변화를 수은압입법을 이용하여 측정한 결과이다. 전 절의 마이크로파 가열결과와 마찬가지로 전체적으로, 0.1 μm 부근에서 높은 피크치를 나타내고 있으며, 도전성 저항체의 유도가열에 의해 부착모르타르의 누적공극량은 약 10 vol% 증가하였다. 그러나, 유도가열은 그림 3와 같이 도전성 저항체에 접한 부분의 표면만 집중적으로 가열되기 때문에, 단시간에 부착 모르타르 전체에서의 균일한 가열은 이루어지지 않은 것으로 보인다. 이때, 포로시미터 시험체의 크기(5 mm 육면체)를 고려한다면, 도전성 저항체와 접한 표면부에서 고온에 의해 C-S-H 및 수산화칼슘의 탈수가 발생하여 1 μm 범위의 공극(macropore)량도 다소 증가하였으나, 300℃미만의 가열에 의한 0.01~0.5 μm 범위의 미세공극량이 증가율이 더 높은 것으로 나타났다.

4. 결론

- 1) 도전성 저항체로 철과 스테인레스, 그리고 강섬유를 이용할 경우, 유도가열에 의한 선택적인 급속가열이 용이하게 이루어졌다.
- 2) 유도가열을 이용한 시멘트계 접합부의 온도상승 및 취약화는 고주파 출력 및 가열코일로부터 도전성 저항체의 거리에 큰 영향을 받는다.
- 3) 공극구조 분석을 통해, 유도가열에 의한 도전성 저항체의 가열로 인해 시멘트계 접합부의 취약화가 용이하게 이루어지는 것을 알 수 있었다.
- 4) 도전성 저항체로서 금속망을 이용할 경우 부착력이 저하되지 않는 범위내에서 10매쉬 정도의 가능한 철선 간격이 좁은 것이 열전도에 의한 모르타르 취약화에 적절하다. 또한, 13mm 강섬유를 2% 이상 혼입할 경우 우수한 분해성능을 나타내는 것을 알 수 있다.

참고 문헌

1. 安幸徹 建築材料及び部品の易分解性を考慮したセメント系接合技術の開発 東京大学博士論文 2010年3월