

# EMI 센싱 기법을 이용한 잔골재 혼합비에 따른 모르타르의 응결특성

## Assesment of setting times of cement mortar with different ratio of sand using Electro-mechanical impedance sensing technique

이준철<sup>1\*</sup>

Lee, Jun-Cheol<sup>1\*</sup>

### Abstract

The electro-mechanical impedance(EMI) behavior of piezoelectric sensor embedded in cement mortar was investigated to assess the setting times. EMI signal was continuously measured for 12 hours by the PZT sensor embedded in cement mortar with different ratio of sand. As a result, the setting times by the penetration resistance test were accelerated as the sand ratio increased. However, the setting times by EMI sensing technique were delayed as the sand ratio increased.

키 워 드 : 전기역학적 임피던스, 응결, 모르타르, 압전센서

Keywords : electro-mechanical impedance, setting, mortar, piezo electric sensor

## 1. 서 론

시멘트는 수화과정에서 유체상태에서 고체상태로 상전이가 발생하게 되며 이를 응결(setting)이라고 한다. 시멘트의 응결은 시멘트계 재료의 마감시점, 콜드조인트 방지시점, 양생기간, 거푸집 해체 시점 등을 결정하는 중요한 요소이다.

시멘트 모르타르의 응결을 측정하는 기존의 대표적인 방법은 관입저항시험이 있다. 이 시험방법은 사용상의 편리함, 시험장치의 저가 등의 장점으로 시멘트 모르타르의 응결 측정에 가장 많이 사용되고 있다. 관입저항시험에서는 수화시간에 따른 관입핀의 일정 깊이까지의 침투저항력을 이용하여 시멘트 모르타르의 응결을 측정한다. 하지만 시멘트 모르타르의 관입저항시험에서는 관입되는 핀의 접촉되는 잔골재가 관입저항력에 영향을 미쳐 명확한 응결시간을 평가하지 못할 수도 있다.

최근 시멘트계 재료의 응결시간을 평가하기 위한 비파괴 검사의 일환으로 압전(PZT) 센서의 전기역학적 임피던스(EMI, electro-mechanical impedance)를 이용하는 기술이 제안되었다[1,2]. 이 연구에서는 시멘트계 재료에 매립된 PZT센서와 접하는 시멘트계 재료의 수화에 따른 강성변화가 PZT 센서의 EMI 신호를 변화시킨다는 것을 밝혀냈다.

본 연구에서는 매립된 PZT 센서의 EMI 신호거동을 분석하여 시멘트 모르타르에서 잔골재의 양이 응결에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

본 실험에서는 시멘트 모르타르의 잔골재비에 따른 PZT 센서의 EMI 신호거동을 통해 응결 시간을 평가하였다. 실험에 사용된 시멘트는 제1종의 보통포틀랜드시멘트이며, 잔골재는 KS L ISO 679의 표준사를 이용하였다. 시멘트 모르타르의 물시멘트비는 0.4로 하였으며 시멘트와 잔골재비는 1:1, 1:2, 1:3 으로 하였다. 시멘트 모르타르의 배합은 KS L 5109에 의거 실시하였으며, 배합이 완료된 즉시 지름 60mm, 높이 72mm의 비흡습성 용기에 담았다. 이후 절연코팅된 PZT 센서를 용기의 중앙부에 매립하였다.

PZT 센서의 EMI는 LCR meter(HIOKI 3235-50 LCR HiTESTER)를 이용하여 측정하였다. 측정 주파수의 범위는 20kHz~250kHz, 측정 주파수의 간격은 50Hz로 설정하여 매 10분마다

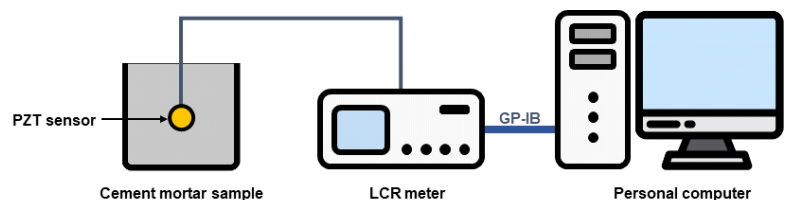


그림 1. PZT 센서의 EMI 측정 모식도

1) 서원대학교, 교수, 교신저자(leejc@seowon.ac.kr)

12시간동안 PZT센서의 EMI를 측정하였다. 그림 1은 본 실험에서의 PZT 센서의 EMI 측정 모식도를 나타낸 것이다. 본 실험에서는 EMI 센싱기법으로 측정된 응결시간을 비교평가하기 위해 시멘트 모르타르의 응결시간 측정에 대한 표준시험방법인 관입 저항시험을 실시하였다.

### 3. 실험결과

그림 2와 3은 각각 시간에 따른 시멘트 모르타르의 관입저항값과 EMI 신호거동으로 이를 통해 표1과 같이 시멘트 모르타르의 응결시간을 나타낼 수 있다.

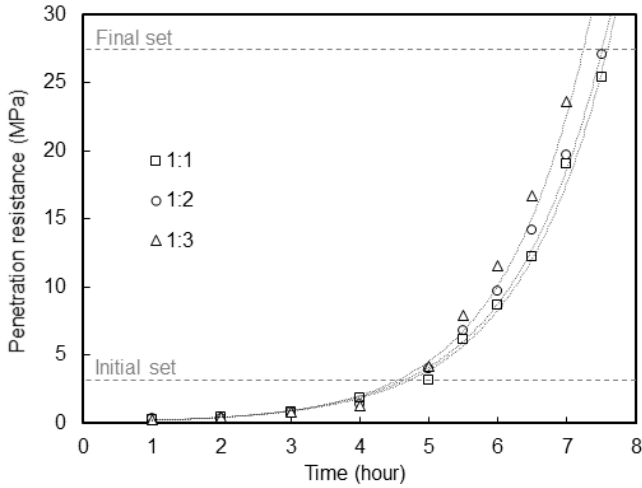


그림 2. 관입저항값

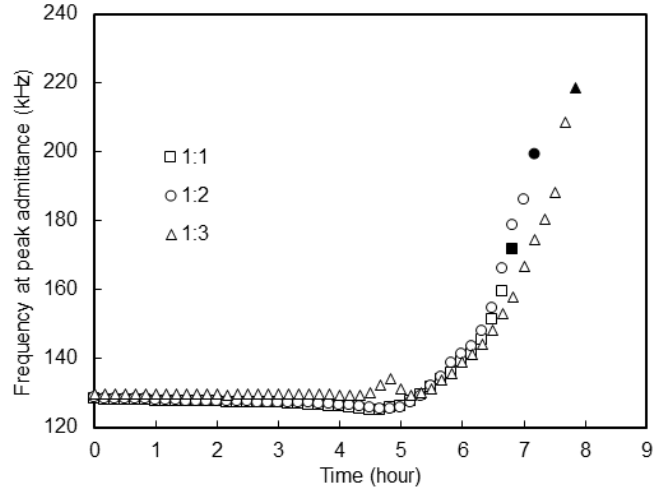


그림 3. PZT 센서의 EMI 거동

표 1. 시멘트 모르타르의 응결시간

Cement to sand ratio	Penetration resistance test		EMI behavior of PZT sensor	
	Initial setting (min)	Final setting(min)	Initial setting (min)	Final setting(min)
1:1	292	455	250	410
1:2	287	451	260	430
1:3	281	434	290	470

### 4. 결 론

본 연구에서는 PZT 센서의 EMI 신호거동을 이용하여 잔골재비에 따른 시멘트 모르타르의 응결시점을 평가하고자 하였다. 관입저항시험에서는 잔골재비가 증가할수록 시멘트 모르타르의 응결시간이 빨라지는 것으로 나타났으나, EMI 신호거동을 통한 응결시간 평가에서는 잔골재비가 증가할수록 시멘트 모르타르의 응결시간이 지연되는 것으로 나타났다. 관입저항시험은 골재의 양이 증가하게 되면 골재간의 마찰저항력이 커지게 되어 관입저항력에 영향을 미치게 되는 것으로 판단한다. 반면, 매립된 PZT 센서의 경우 잔골재비가 증가하면 PZT 센서와 시멘트 페이스트간 접촉하는 유효면적이 감소하여 EMI 신호에 영향을 미치는 강성이 줄어들게 되어 응결시점이 상대적으로 지연되는 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. J.C. Lee et. al. Electro-mechanical impedance based monitoring for the setting of cement paste using piezoelectricity sensor. Smart structures and systems. 2016. 123-134.
2. T. Bansal et. al. Equivalent structural parameters based non-destructive prediction of sustainable concrete strength using machine learning models via piezo sensor. Measurement. 2022. 110202.