

# 압전센서를 이용한 콘크리트의 응결시간 추정

## Estimation of setting times of concrete using piezoelectric sensor

이 준 철\*

Lee, Jun-Cheol

### Abstract

In this study, the setting times of concrete was evaluated using the electro-mechanical (EMI) behavior of piezoelectric sensor embedded in the concrete. Penetration resistance test was also performed to compare with EMI sensing technique. As a result, the setting times of concrete can be measured more effectively than penetration resistance test through the EMI sensing technique using the piezoelectric sensor.

키 워 드 : 응결, 압전 센서, 전기역학적 임피던스, 관입저항 시험

Keywords : setting, piezoelectric sensor, electro-mechanical impedance, penetration resistance test

## 1. 서 론

시멘트를 구성하고 있는 주요성분은 tricalcium silicate ( $C_3S$ ), dicalcium silicate ( $C_2S$ ), calcium aluminate( $C_3A$ ), tetracalcium aluminoferrite( $C_4AF$ ) 등이다. 이러한 주요성분의 수화과정을 통해 시멘트 페이스트는 시간이 지남에 따라 유동성을 잃고 응고하며 그 후 경화과정을 일으키게 된다. 시멘트의 수화과정에서 이와 같은 유체 상태에서 고체 상태로의 구조적 상전이를 응결(setting)이라고 한다. 시멘트의 응결은 시멘트계 재료의 마감작업 개시시점, 양생작업 개시시점, 증기양생 적용시점, 구조물의 하중재하시점, 콜드조인트 방지시점 등을 결정하는 중요한 요소로 작용된다.<sup>1)</sup>

시멘트계 재료 중 콘크리트의 응결시점을 평가하는 대표적인 시험방법은 관입저항시험이다. 이 방법은 사용상의 편리성, 실험실 환경에서의 적합성, 시험장치의 저가 등으로 인해 많이 사용되고 있다. 하지만 이 시험방법은 콘크리트의 응결을 측정하기 위해 콘크리트로부터 추출한 모르타르를 이용하기 때문에 콘크리트 자체의 응결 특성을 평가하는데 있어서 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 콘크리트 내부에 매립된 압전센서의 전기역학적 임피던스 (electro-mechanical impedance, EMI) 거동을 분석하여 콘크리트의 직접적인 응결시점을 평가하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

본 실험에서의 콘크리트 샘플 배합비는 표1과 같다. 강제식 팬믹서를 이용하여 콘크리트를 배합한 이후 지름 150mm, 높이 225mm의 비흡습성 플라스틱 용기에 담아 중앙부에 압전센서를 매립하였다. 본 실험에서는 콘크리트 매립시 발생하는 극성 쇼팅 현상을 방지하기 위해 그림 1과 같이 절연 처리된 부저형 타입의 압전센서를 사용하였다. 압전센서의 EMI 신호는 LCR meter를 이용하여 측정하였으며, LCR meter에 연결된 GP-1B를 이용하여 데이터를 수집하였다. EMI 신호의 측정주파수 범위는 20kHz ~ 250kHz, 측정 주파수의 간격은 50Hz로 설정하였으며 매 10분마다 12시간 동안 신호를 측정하였다. 그림 2는 EMI 신호 측정을 위한 장비 모식도를 나타낸 것이다.

표 1. 콘크리트 배합비

W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )		
		Cement	fine aggregate	Coarse aggregate
50	37.9	388	663	1,088

\* 서원대학교 건축학과 조교수, 교신저자(leejc@seowon.ac.kr)

압전센서의 EMI 신호 거동을 통해 측정된 응결시점과 상대적 비교평가를 하기 위해 관입저항시험을 실시하였다. 관입저항시험에 사용된 시료는 배합이 끝난 콘크리트를 4.75mm의 체가름을 통해 추출된 모르타르를 이용하였다.



그림 1. 본 실험에 사용한 압전센서

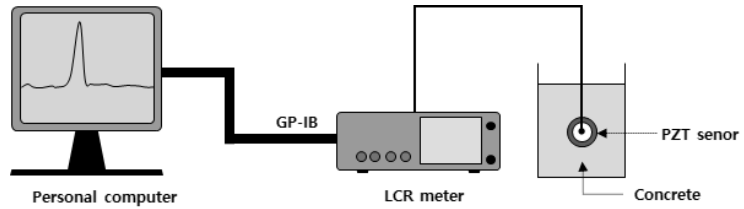


그림 2. EMI 측정 모식도

### 3. 실험결과

그림 3과 4는 시간에 따른 콘크리트의 관입저항값과 EMI 신호거동을 각각 나타낸 것으로 이를 통해 표 2와 같이 콘크리트의 응결시간을 나타낼 수 있다.

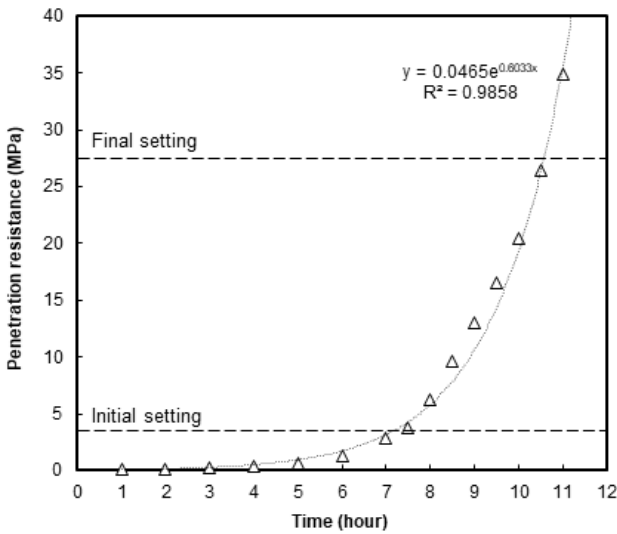


그림 3. 관입저항시험에 의한 응결시점

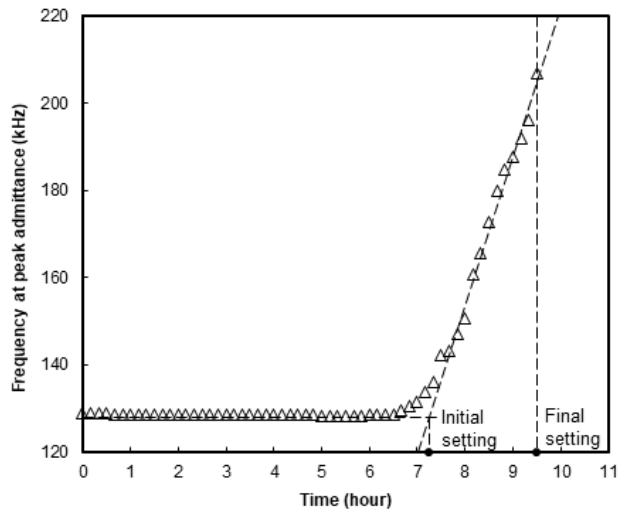


그림 4. 압전센서의 EMI 신호 거동에 의한 응결시점

표 2. 콘크리트의 응결시점

Penetration test		EMI behavior of PZT sensor	
Initial setting (min)	Final setting (min)	Initial setting (min)	Final setting (min)
430	635	435	580

### 4. 결 론

콘크리트의 응결시점을 측정하기 위한 관입저항시험의 경우 콘크리트 시료를 직접 사용하지 못하기 때문에 콘크리트에서 추출된 모르타르를 사용하기 때문에 콘크리트의 응결을 시간을 명확하게 대변하지 못한다. 하지만 콘크리트에 매립된 압전센서는 콘크리트 내부의 물리적인 상태를 직접적으로 반영하므로 실제 콘크리트 응결시점을 평가하는데 유효할 것이라고 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. B.J. Christensen, Time of Setting, Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials, ASTM STP 169D, pp.86~97, 2006