

전기역학적 임피던스 기법을 이용한 강섬유 보강 모르타르의 응결시간 평가

Measurement of Setting Times of Steel Fiber Reinforced Mortar using Electric-mechanical Impedance Sensing Technique

이 준 철* 김 화 중**

Lee, Jun Choel Kim, Wha Jung

Abstract

This study investigated the evolution of electro-mechanical impedance (EMI) of piezoelectricity (PZT) sensor embedded in hydrating steel fiber reinforced mortar to determine the setting times of that. Penetration resistance test was also conducted in order to justify the valid of EMI sensing technique. As a result, the setting times of steel fiber reinforced mortar can be effectively monitored through the EMI sensing technique using PZT sensor.

키 워 드 : 전기역학적 임피던스, 응결, 강섬유, 모르타르

Keywords : electric-mechanical impedance, setting, steel fiber, mortar

1. 서 론

시멘트는 물과 접촉하면서 점진적으로 강성을 띠는 구조물로 바뀌는 재료이다. 이러한 시멘트 재료의 구조적인 전이는 물과의 화학적 반응에 의해 발생하는 것이며, 이를 수화과정이라고 한다. 시멘트의 수화과정 중 유체상태의 시멘트 페이스트가 고체상태로 상전이가 발생하는 구간을 응결구간이라고 한다. 시멘트의 응결은 콘크리트의 마감작업 시점, 양생작업 시점, 증기양생 적용 시점, 콜드 조인트 방지시점을 결정하는 중요한 요소로 작용한다. 따라서 시멘트의 응결시점을 명확하게 파악하는 것이 매우 중요하다(1).

시멘트의 응결을 측정하는 대표적인 방법은 바카트칩 시험과 관입저항시험이 있다. 이 방법들은 관입되는 칩의 깊이와 칩의 관입저항력으로 응결시간을 측정하게 된다. 하지만 섬유가 혼입된 시멘트계 재료의 응결을 상기의 방법으로 측정할 경우 관입되는 칩과 섬유가 맞물리게 되면서 섬유와 시멘트계 재료 사이의 계면저항력이 발생하게 되어 명확한 응결시간을 측정할 수 없게 된다. 따라서 본 연구에서는 압전센서(PZT)의 전기역학적 임피던스(Electric-mechanical impedance, EMI)를 이용하여 섬유가 포함된 시멘트계 재료의 응결 시간을 평가하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 실험에서는 모르타르 시편 내에 압전센서를 매립하여 EMI 신호거동을 연속적으로 모니터링하여 모르타르의 응결시간을 평가하고자 하였다.

본 실험에 사용된 시멘트는 1종의 보통포틀랜드 시멘트이며, 잔골재는 KS L ISO 679를 만족하는 주문진 표준사를 사용하였다. 보강섬유로는 길이 30mm, 비중 7.85, 인장강도 1,100MPa의 양단 후크형 번들 타입의 강섬유를 사용하였다. 모르타르의 배합은 KS L 5109에 의거 실시하였으며, 물-시멘트비 50%, 시멘트-모래 중량비는 1:3으로 배합을 실시하였다.

모르타르 배합이 완료된 후, 지름 60mm, 높이 72mm의 비흡수성 용기에 담아 중앙부에 부저형 압전센서를 매립하여 EMI를 측정하였다. 압전소자의 EMI는 LCR meter(HIOKI 3235-50 LCR HiTESTER)를 이용하여 측정하였으며, LCR meter에 연결된 범용 인터페이스 버스(GP-IB)를 이용하여 데이터를 수집하였다. 측정 주파수의 범위는 20kHz~250kHz로 설정하였으며, 측정 주파수의 간격은 500Hz로 설정하여 매 10분마다 12시간동안 압전소자의 EMI를 측정하였다.

그림 1은 관입저항시험에 의한 측정된 강섬유 보강 모르타르의 응결시점과 수화시간에 따른 압전소자의 EMI 신호 거동을 나타낸 것이다. 관입저항시험에서는 Plain 모르타르와 비교시 강섬유 보강 모르타르의 응결시점은 상당히 지연되는 것으로 나타났다. 이는 핀의 관입시 혼입된 강섬유에 의해 주변 모르타르 구조를 붕괴시켜 이후 핀의 관입시 관입저항력이 저하되기 때문인 것으로 판단된다.

모르타르에 매립된 PZT 센서의 EMI 신호는 수화가 진행됨에 따라 공진피크가 지속적으로 감소하는 경향을 나타냈으며, 특정시점에서 공진피크가 소멸되는 현상을 나타냈다. 공진주파수는 수화초기에는 큰 변화가 없었으나, 특정시점부터 공진피크가 소멸되는 시점까지 고주파대역으로

* 경북대학교 대경권 국토교통기술지역점센터 박사 후 연구원, 교신저자(uggenius@hanmail.net)

** 경북대학교 건설에너지환경공학부 교수, 공학박사

이동하는 경향을 나타냈다. 관입저항시험과 비교시 공진주파수의 이동시점은 초결시점, 공진피크의 소멸시점은 종결시점과 관련성이 있는 것으로 판단된다. 이를 바탕으로 볼 때, EMI 센싱기법에서는 강섬유 보강 모르타르와 Plain 모르타르의 응결시점이 거의 유사한 것으로 나타났다. 따라서 EMI 센싱기법을 이용하여 강섬유가 혼입된 시멘트계 재료의 응결시점을 효과적으로 평가할 수 있을 것이라고 판단한다.

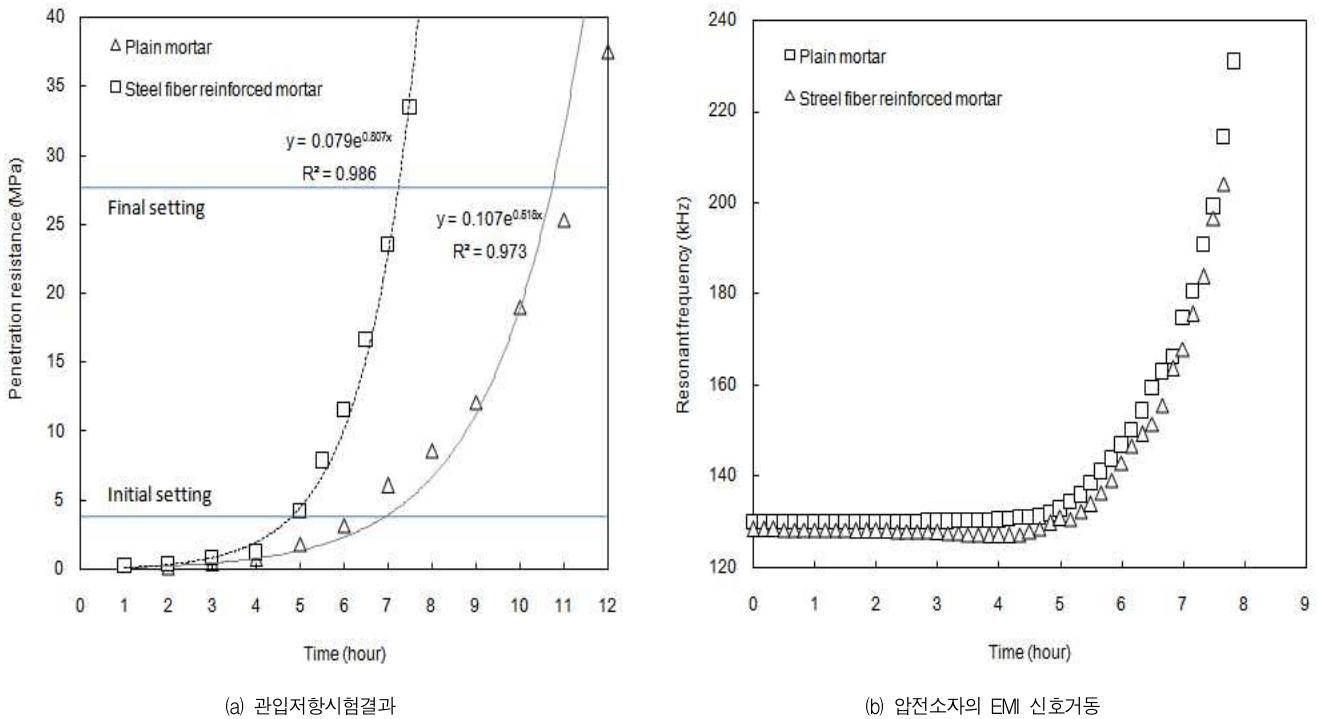


그림 1. 관입저항시험 및 EMI 센싱기법에 의한 응결시점

3. 결 론

본 연구에서는 EMI 센싱기법을 이용하여 강섬유 보강 모르타르의 응결시점을 평가하였다. 강섬유가 보강된 모르타르의 응결시점은 섬유 저항력과 섬유에 의한 주변 구조 붕괴로 인해 관입저항시험을 통해서 명확한 응결시점을 평가하기가 어려웠다. 하지만 EMI 센싱기법에서는 EMI 공진주파수 이동시점과 공진피크 소멸시점을 통해 강섬유 보강 모르타르의 응결시점을 파악하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 성과는 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF- 2015R1C1A1A02036463)

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