

알칼리 활성화 황토 결합재 제조를 위한 프로토타입의 마이크로파 가열 시스템 개발

Development of Prototype System for Microwave Heating in a Manufacture Process of Alkali Activted Hwangtoh Binder

김 백 중* 로 양** 이 종 구*** 강 경 인****
Kim, Baek-Joong Lu Yang Yi, Chong-Ku Kang, Kyung-In

Abstract

The objective of this study is to develop the prototype system for microwave heating in a manufacture process of alkali activated Hwangtoh binder as replacement materials for the cement in concrete. In order to achieve this, four research phases are carried out as follows: 1) establishment of a system concept 2) deduction of a system element 3) design of the entire system 4) making of the prototype system for microwave heating.

키 워 드 : 마이크로파, 가열 시스템, 결합재, 알칼리 활성화
Keywords : microwave, heating system, binder, alkali activation

1. 서 론

1.1 연구의 목적

콘크리트의 주요 구성재료인 시멘트는 내구성 및 시공성 등의 장점으로 건축물 구조체에 광범위하게 사용되지만, 시멘트는 높은 에너지 소비와 CO₂, 분진 및 폐기물의 발생으로 인해 환경문제의 주요 요인으로 인식되고 있다. 시멘트의 사용량 절감을 위한 대체 결합재 개발의 일환으로 잠재수경성을 가진 산업부산물이나 천연자원의 경회를 알칼리 활성화제로 유도하는 연구¹⁻³⁾가 진행되고 있으며, 이러한 연구에 있어 원재료의 가공과 활용시 에너지 소비와 유해물질 발생량을 줄인 환경친화적 재료의 개발에 대한 요구가 커지고 있다.

이에 본 연구에서는 국내의 대표적인 천연자원인 황토를 활용한 콘크리트 결합재 개발의 일환으로 에너지 소비 및 CO₂ 발생량을 줄일 수 있는 기술적 대안을 마련하고자 하며, 이를 위해 알칼리 활성화 천연황토 결합재의 제조과정에 활용할 프로토타입의 마

이크로파 가열 시스템 모델을 개발하고자 한다.

1.2 연구의 방법

본 연구는 다음과 같은 방법으로 수행한다.

첫째, 문헌조사 등을 통하여 관련기술의 동향을 파악한다. 둘째, 개발 장비의 성능조건을 도출하여 장비개념을 정립하고, 이를 바탕으로 하여 장비 개발에 필요한 주요 구성요소를 도출한다. 셋째, 주요 구성요소별 설계사양을 도출하여 제작하고 성능을 시험한다. 전체 시스템을 설계하고 구성요소들을 결합하여 프로토타입을 제작한다. 향후, 제작된 프로토타입을 활용하여 성능실험을 실시한다.

2. 시스템개념 및 주요 구성요소

2.1 마이크로파 가열

황토를 안정되게 반응시키기 위해서는 활성화온도의 유지가 중요하다. 활성화 온도의 유지를 위해 사용된 기존의 대부분의 가열

* 고려대학교 건축공학과 박사과정
** 고려대학교 건축공학과 석사과정
*** 고려대학교 건축사회환경공학부 부교수, 교신저자 (chongku@korea.ac.kr)
**** 고려대학교 건축사회환경공학부 교수
이 논문은 2011도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 연구이고(2011-0004787), 연구자의 일부는 2단계 연구중심대학(BK21) 육성사업에 의한 BK21 건설산업 글로벌리더 양성사업단의 연구비 지원을 받았습니다.

1) A.J. Majumdar, B. Singh and R.N. Edmonds, "Hydration of mixtures of C12A7 and granulated blastfurnace slag", Cement and Concrete Research, Vol. 19, 1989, pp. 848-856
2) A. Palomo, M.W. Grutzeck, and M.T. Blanco, "Alkali-activated fly ashes. A cement for the future", Cement and Concrete Research 29(1999), pp. 1323-1329
3) 김백중, 최희복, 강경인, 이종구, Geopolymerization을 적용한 천연황토 페이스트의 특성, Journal of the Korea Concrete Institute, Vol.23, No.1, pp.121~127, 2011

방법은 열전도나 대류에 통해 피가열물의 표면에서 내부로 열이 전달되는 형태로 에너지 효율이 낮을 뿐 아니라 온도제어가 어렵다는 한계를 가지고 있다. 반면, 마이크로파 가열법은 피가열체 내에 함유된 수분의 물분자가 마이크로파에 의해 진동하면서 분자간 마찰에 의해 열이 발생하는 원리로 에너지 효율이 높고 시험체의 형상에 영향을 받지 않는다는 장점을 가진다.

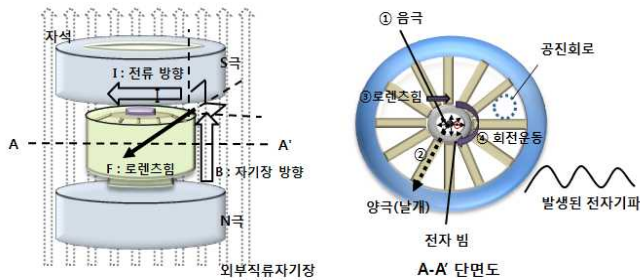


그림 1. 마이크로파 발생 원리

2.2 시스템 개념 및 주요 구성요소 도출

개발시스템의 기본개념은 천연항토 결합재 내의 물분자를 마이크로파로 진동시켜 열을 발생시킴으로서 결합재의 중합반응 유도를 위한 양생온도를 확보할 수 있도록 하는 것이다. 따라서, 개발시스템은 기본적으로 a) 마이크로파 발생시스템, b) 마이크로파의 출력을 조절할 수 있는 제어시스템 c) 실험상황을 확인할 수 있는 모니터링 시스템이 필요하다.

마이크로파 발생시스템은 그림 2의 원리에 따라 마이크로파를 발생시키는 마그네트론(Magnetron)과 발생된 마이크로파를 캐비티(Cavity) 내에 고르게 분산시키는 교반장치(Stirrer)가 요구된다. 제어시스템은 시험체의 내외부 온도를 측정할 수 있는 열전대(Thermocouple)와 적외선 온도센서(IR Sensor) 및 실시간으로 시험체의 온도 변화 측정하여 마그네트론의 출력을 조절(온도우선 제어방식)하거나 지정된 출력하에 온도 변화를 확인(출력우선 제어방식)할 수 있는 제어장치(Controller)로 요구된다. 또한, 모니터링 시스템은 마이크로파를 발생시키는 마그네트론에 사용되는 출력량과 시험체 내외부 온도변화를 실시간 모니터링 할 수 있어야 하며, 초기 실험의 결과값을 반영하여 본 실험 진행시 시험체의 급격한 온도변화를 방지하는 자동 조절 기능(Auto tuning)을 포함하여야 한다.

3. 시스템 설계 및 프로토 타입 제작

주요 구성요소를 조합한 전체 시스템의 구성도는 그림 2와 같으며, 실제 제작된 프로토 타입의 마이크로웨이브 가열의 형태는 그림 3과 같다. 개발된 시스템은 앞서 도출한 구성요소 이외에 마그네트론 등의 주요 구성요소가 과전류 및 과열에 노출되는 것을 방지하기 위해 검출기(Detector)와 온도조절장치(Thermostat)

등을 적용하여 시스템의 안전성을 확보하였다.

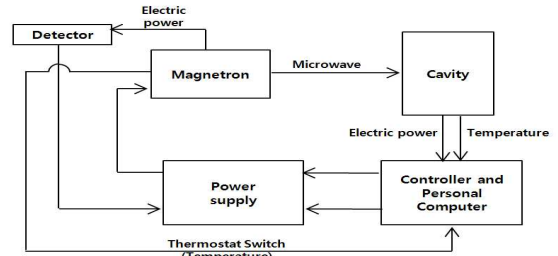
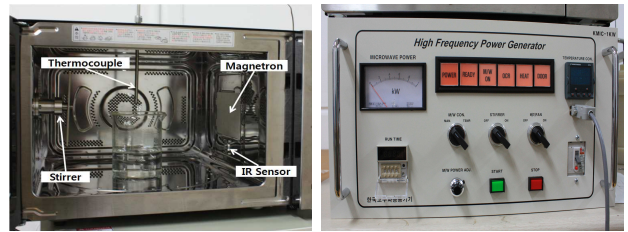


그림 2. 개발 시스템의 구성도



(a) Cavity (b) Controller
그림 3. 제작된 프로토 타입의 가열 시스템

4. 결 론

본 연구에서는 알칼리 활성 결합재의 제조에 활용할 마이크로파 가열 시스템 모델을 개발하고자 하였다. 이를 위해 요구되는 주요 구성요소를 도출하고 이를 조합하여 시스템을 구성하였으며, 이를 기반으로 프로토 타입의 시스템을 제작하였다. 제작된 가열 시스템은 향후 알칼리 활성 천연항토 결합재의 제조에 적용될 예정이며, 기존 가열 시스템 대비 에너지 소비량 저감 효율을 분석할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김백중, 최희복, 강경인, 이종구, Geopolymerization을 적용한 천연 항토 페이스트의 특성, Journal of the Korea Concrete Institute, Vol.23, No.1, pp.121~127, 2011
2. A.J. Majumdar, B. Singh and R.N. Edmonds, Hydration of mixtures of C12A7 and granulated blastfurnace slag, Cement and Concrete Research, Vol.19, pp.848~856, 1989
3. A. Palomo, M.W. Grutzeck, and M.T. Blanco, Alkali-activated fly ashes. A cement for the future, Cement and Concrete Research 29, pp.1323~1329, 1999