

고조파 평가를 통한 콘크리트의 고온 열화 평가

Evaluation of Deterioration of Concrete due to High Temperature through Harmonics

황 의 철* 김 규 용** 손 민 재* 편 수 정* Sasui* 남 정 수***
Hwang, Eui-Chul Kim, Guy-Yong Son, Min-Jae Pyeon, Su-Jeong Sasui, Sasui Nam, Jeong-Soo

Abstract

In this study, the deterioration of concrete subjected to high temperature was evaluated using harmonics. When concrete is exposed to high temperatures, its mechanical properties deteriorate. In order to evaluate this deterioration, a method of analyzing the waveform of elastic waves was applied. As the heating temperature increased, the fundamental wave of the 50 kHz elastic wave passing through the concrete decreased. In addition, harmonics were generated at each temperature, and the higher the heating temperature, the greater the ratio of harmonics. The higher the compressive strength, the greater the amplitude of the fundamental wave, and this phenomenon is thought to be due to the internal structure of concrete.

키 워 드 : 비파괴검사, 고조파, 고온, 열화, 고강도 콘크리트

Keywords : non-destructive test, harmonics, high temperature, deterioration, high strength concrete

1. 서 론

고온에 노출된 콘크리트는 내부구조의 열화로 인해 역학적 특성이 저하된다고 보고되고 있다. 이러한 콘크리트의 역학적 특성의 저하는 화재 등이 발생한 콘크리트 구조물의 내력저하를 유발할 수 있다.

한편, 콘크리트의 열화를 평가하기 위해 비파괴 검사를 적용한 연구는 지속적으로 이루어졌다. 특히, 콘크리트를 투과한 탄성파 속도를 이용한 비파괴 검사는 실제로 적용될 수 있는 방법으로 사용되고 있다. 하지만, 탄성파 속도는 콘크리트의 미세구조의 열화를 평가하기에 한계가 있으며, 연구자들은 탄성파의 파형을 분석하는 방법에 대해 관심을 갖고 있다. 탄성파는 콘크리트 내부를 전파하면서 비선형적 탄성특성에 의해 왜곡되며 결과적으로 고조파가 발생하게 된다.^{1),2)} 하지만, 탄성파의 고조파 발생을 이용하여 콘크리트의 고온열화에 대해 평가된 연구는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 고온을 받은 30, 70, 110MPa 콘크리트를 대상으로 투과된 탄성파의 기본파 및 고조파를 측정하고 온도에 따른 특성을 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획 및 콘크리트 배합을 표 1에 나타냈다. 30, 70, 110MPa 콘크리트를 대상을 가열 온도에 따른 탄성파의 기본파 및 고조파 변화를 평가하였다. 탄성파의 주파수는 50kHz를 적용하였다.

표 1. 실험계획 및 콘크리트 배합

Fck	W/B	슬럼프 플로우 (mm)	공기량 (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³) ²⁾						가열온도 (°C)	가열속도	평가항목
					W	C	SF	BFS	S	G			
30	55.0	1801	4	45	185	336	0	0	797	956	100, 300, 500, 700	1°C/min.	- 탄성파의 기본파 - 탄성파의 고조파
70	33.0	650±50	2		165	475	25	0	755	905			
110	19.0				160	589	126	126	618	741			

1) slump (mm)

2) W : Water, C : Cement, SF : Silica fume, BFS : Blast furnace slag powder, S : Fine aggregate, G : Coarse aggregate

* 충남대학교 건축공학과 박사과정

** 충남대학교 건축공학과 교수, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)

*** 충남대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

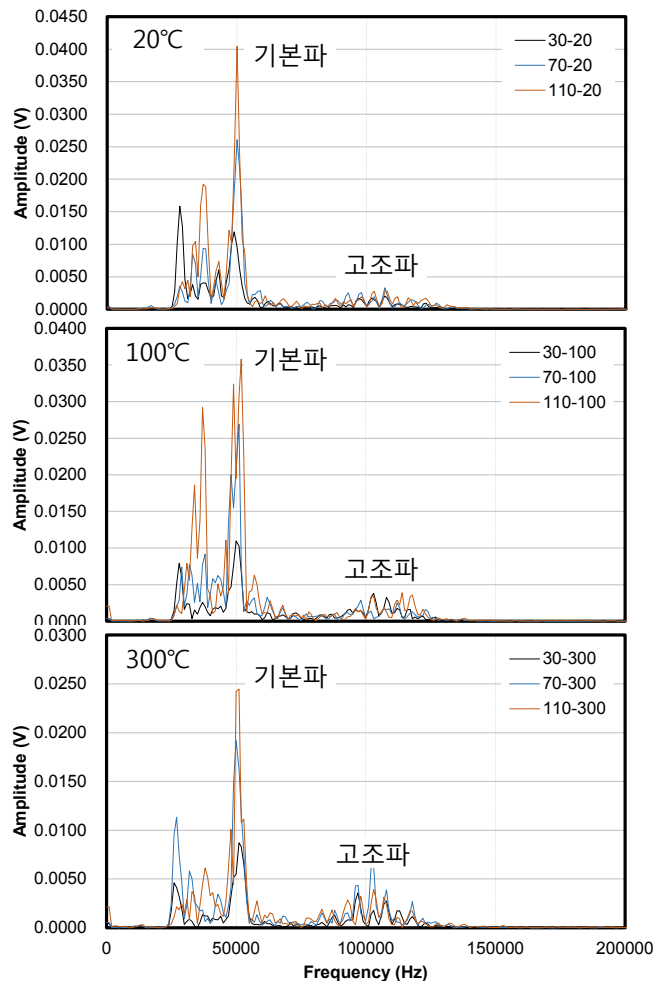


그림 1. 가열을 받은 콘크리트를 투과한 50kHz 탄성파의 기본파 및 고조파 (20~300°C)

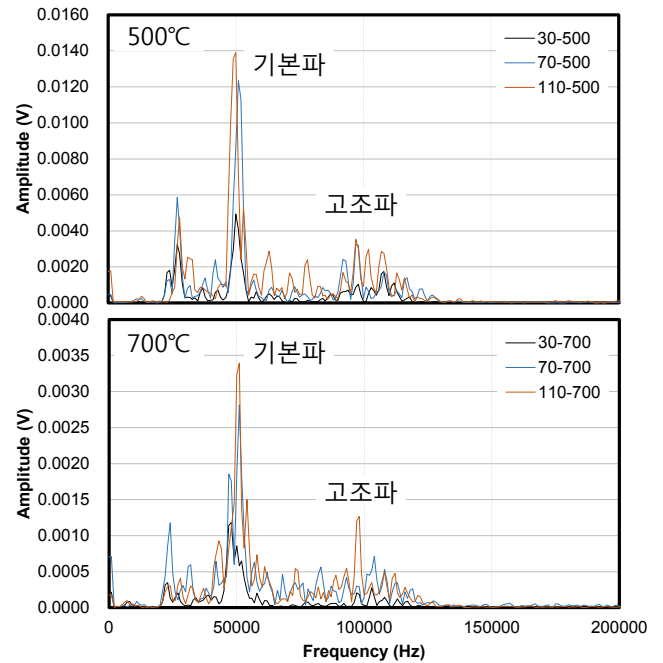


그림 2. 가열을 받은 콘크리트를 투과한 50kHz 탄성파의 기본파 및 고조파 (500~700°C)

3. 실험결과 및 고찰

가열을 받은 콘크리트를 투과한 50kHz 탄성파의 기본파 및 고조파를 그림 1, 2에 나타냈다.

콘크리트를 투과한 50kHz 탄성파의 기본파의 진폭은 압축강도가 높을수록 크게 측정되었다. 이는 압축강도가 높을수록 콘크리트의 내부구조가 치밀해지기 때문에 공극 등의 미세구조가 적기 때문이라고 생각된다.

콘크리트를 투과한 50kHz 탄성파의 기본파의 진폭은 가열온도가 높아질수록 저하되는 경향을 나타냈다. 또한, 가열온도에 관계 없이 고조파가 발생하는 현상을 확인할 수 있었다. 가열온도가 높아짐에 따라 콘크리트 내부에서 발생한 다양한 열화에 따라 기본파의 진폭이 감소되며 고조파가 지속적으로 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 가열온도에 따라 콘크리트를 투과한 탄성파의 기본파에 대한 고조파의 비율이 커지는 것을 알 수 있다. 이는 매질의 결합이 많아질수록 고조파가 크게 발생하는 특성에 기인한 것으로 판단된다.

4. 결 론

가열온도에 따라서 콘크리트를 투과한 탄성파의 기본파 및 고조파의 특성을 평가할 수 있었으며, 콘크리트의 열화가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 추후 연구에서는 온도에 따른 콘크리트의 역학적 특성과의 관계를 분석하여 탄성파의 파형 분석을 통한 비파괴검사의 적용 가능성에 대한 검토가 필요하다.

Acknowledgement

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2015R1A5A1037548).

참 고 문 헌

1. Malhotra, V. M., & Carino, N. J. (2003). Handbook on nondestructive testing of concrete. CRC press.
2. Shah, A. A., Ribakov, Y., & Zhang, C. (2013). Efficiency and sensitivity of linear and non-linear ultrasonics to identifying micro and macro-scale defects in concrete. Materials & Design, 50, 905-916.