

고온에 노출된 콘크리트를 투과한 100kHz 초음파의 고조파 평가

Harmonic evaluation of 100 kHz ultrasonic pulse transmitted through concrete exposed to high temperature

황의철¹ · 박기홍² · 편수정³ · 유하민³ · 남정수⁴ · 김규용^{5*}

Hwang, Eui-Chul¹ · Park, Ki-Hong² · Pyeon, Su-Jeong³ · Eu, Ha-Min³ · Nam, Jeong-Soo⁴ · Kim, Guy-Yong^{5*}

Abstract : In this study, harmonics of 100 kHz ultrasonic pulse transmitted through concrete exposed to high temperature were evaluated. Concrete exposed to high temperatures deteriorates its mechanical properties. In ultrasonic pulse, the fundamental wave was attenuated by the deterioration of the concrete. In addition, it was possible to confirm the occurrence of harmonics. It is thought that the fundamental and harmonics of ultrasonic pulse greatly affected by the internal structure of concrete.

키워드 : 비파괴검사, 고조파, 고온, 열화, 콘크리트

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

1. 서론

콘크리트는 일반적으로 열에 강한재료로 알려져 있지만, 화재와 같은 고온에 노출되는 경우 콘크리트 내부구조의 열화가 발생하여 역학적 특성이 저하되는 것으로 보고되고 있다. 이러한 콘크리트의 열화를 평가를 위해 지속적인 연구가 이루어져왔으며, 비파괴 검사에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, 최근에는 콘크리트를 투과한 초음파의 파형 변화를 이용하여 콘크리트의 열화를 평가하기 위한 연구가 수행되고 있다. 초음파가 콘크리트 내부를 투과하면서 비선형적인 탄성특성에 의해 왜곡되며 고조파가 발생하게 된다 [1,2].

본 연구에서는 고온에 노출된 30, 70, 110MPa 콘크리트를 투과한 100kHz 초음파의 기본파 및 고조파를 평가하여, 온도에 따른 변화를 분석하였다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획 및 콘크리트의 배합을 표 1에 나타냈다. 30, 70, 110MPa 콘크리트를 대상으로 온도에 따른 초음파의 기본파 및 고조파를 평가하였다. 초음의 주파수는 100kHz를 적용하였다.

표 1. 실험계획 및 콘크리트 배합

F _{ck}	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	180 ¹⁾	4	45	185	336	0	0	797	956	100, 300, 500, 700	1°C/min.	- 초음파의 기본파 - 초음파의 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

1) 두산건설, 품질/기술연구소, 대리, 공학박사
 2) 두산건설, 품질/기술연구소, 부장
 3) 충남대학교 건축공학과 박사과정
 4) 충남대학교 건축공학과 조교수, 공학박사
 5) 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)

3. 실험결과 및 고찰

고온에 노출된 콘크리트를 투과한 100kHz 초음파의 기본파 및 고조파를 그림 1, 2.에 나타냈다.

상온에서 콘크리트를 투과한 100kHz 초음파의 기본파는 압축 강도가 높을수록 크게 측정되었다. 압축강도가 높을수록 결합재량이 많아져 콘크리트의 내부구조가 치밀해지기 때문에, 결함으로 인식될 수 있는 공극 등의 미세구조가 적기 때문이라고 생각된다.

가열온도가 높아질수록 콘크리트를 투과한 100kHz 초음파의 기본파는 작아졌다. 또한, 700℃를 제외하고 고조파가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 가열온도가 높아짐에 따라 콘크리트 내부에서 발생한 다양한 열화에 따라 기본파의 진폭이 감소되며 고조파가 지속적으로 발생하는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만, 700℃의 경우 콘크리트에서 발생된 열화에 의해 초음파의 감쇄가 크게 발생하여 고조파가 발생하지 않은 것으로 판단된다.

4. 결론

콘크리트를 투과한 초음파의 기본파 및 고조파는 가열온도에 따라 달라지는 특성을 나타냈으며, 열화에 의해 감소하는 경향을 나타냈다. 추후 연구에서는 온도에 따른 콘크리트의 역학적 특성과의 관계를 분석하여 초음파의 파형 분석을 통한 비파괴검사의 적용 가능성에 대한 검토가 필요하다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Malhotra VM, Carino NJ. Handbook on nondestructive testing of concrete. CRC press. 2003.
2. Shah AA, Ribakov Y, Zhang C. Efficiency and sensitivity of linear and non-linear ultrasonics to identifying micro and macro-scale defects in concrete. Materials & Design, 2013. 50. p. 905-916.

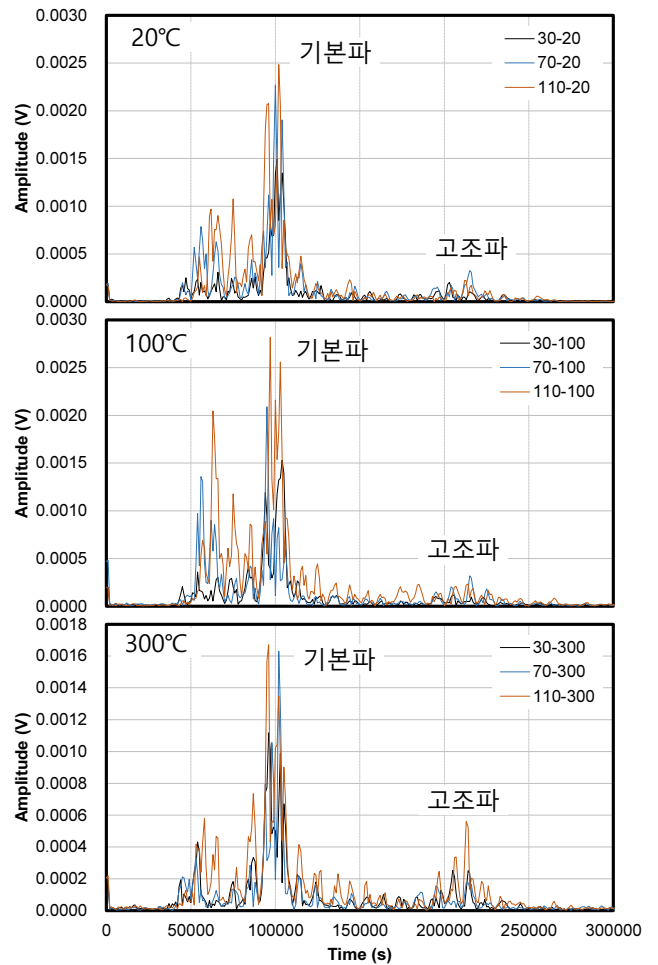


그림 1. 고온에 노출된 콘크리트를 투과한 100kHz 초음파의 기본파 및 고조파 (20~300℃)

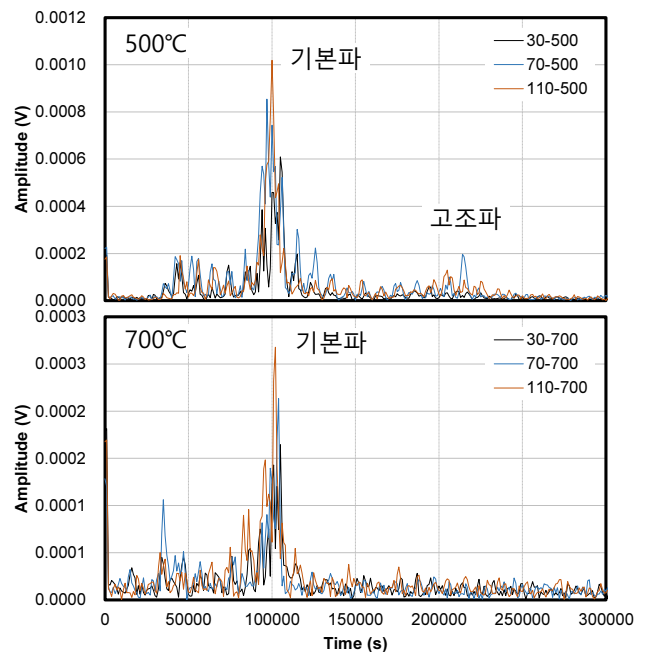


그림 2. 고온에 노출된 콘크리트를 투과한 100kHz 초음파의 기본파 및 고조파 (500~700℃)