

# 콘크리트의 손상 평가를 위한 초음파 감쇠량 측정법

## Ultrasonic Wave Attenuation Measurement for Damage Characterization of Concrete

곽 호 경\*      임 홍 재\*\*      김 재 홍\*\*\*

Kwak, Hyo Gyoung    Yim, Hong Jae    Kim, Jae Hong

---

### ABSTRACT

A nondestructive test method based on the self-compensating frequency response function is proposed in this paper to quantitatively measure the attenuation in concrete materials. Since the proposed technique measures inherent attenuation of material itself, more stable experimental results can be expected. In advance, comparison of the experimental results to those obtained by other methods shows the repeatability and accuracy of the proposed technique.

### 요 약

이 논문에서는 자기보상 주파수 응답 함수 기법을 적용하여, 콘크리트 재료의 감쇠계수를 정량적으로 측정할 수 있는 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 상대적인 감쇠량이 아닌, 재료 고유의 감쇠 계수를 측정할 수 있으며, 감쇠계수 측정 실험을 통해 제안된 기법의 재현성 및 정확성을 검증하였다.

---

### 1. 서 론

콘크리트 재료의 손상에 대한 평가를 위해, 초음파의 전달 특성을 이용한 여러 비파괴검사 기법이 제안되었다[1]. 최근에는 초음파의 속도보다 내부 미소균열에 더욱 민감한 초음파의 감쇠량에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 자기보상 주파수 응답함수 기법 (self-compensating frequency response function, SC-FRF) 을 적용, 보다 정량적인 초음파 감쇠량 측정 기법을 제안한다.

### 2. 초음파 감쇠량 측정 기법

초음파 속도측정은 적절한 전달 매개 물질(couplant)을 사용하면, 탐촉자(transducer)와 시편의 접촉 상태에 민감하지 않다. 그러나 초음파 감쇠량은 탐촉자와 시편의 접촉 상태가 큰 영향을 미치므로, Achebach et al. 등[2]은 자기보정 기법을 통해 램파(Lamb wave)의 정량적 감쇠량 측정법을 제안하였다. 이 후, 김재홍[3]은 레일리파(Rayleigh wave)의 감쇠량 측정을 위해 자기보정 주파수 응답함수 형태로 발전시켰다. 본 연구는 콘크리트에서 전달되는 체적파(body wave)의 감쇠량 측정법을 제안하고자 한다.

---

\* 정회원, 한국과학기술원, 건설및환경공학과, 교수

\*\* 정회원, 한국과학기술원, 건설및환경공학과, 석사과정

\*\*\* 정회원, Northwestern University, Center for Advanced Cement-Based Materials, 박사후 연구원

그림 1과 같이, A점 탐촉자로 가진된 초음파  $T_x(f)$ 로부터 B점과 C점의 압전센서(PZT ceramic)에서 측정된 신호를 각각  $P_{xy1}(f)$ ,  $P_{xy2}(f)$ 로 표현할 수 있다. 또한, D점 탐촉자로 가진된 초음파  $T_y(f)$ 는 C점, B점에서  $P_{yx1}(f)$ ,  $P_{yx2}(f)$ 로 표현할 수 있다. 이때, 시편과 센서와의 접촉상태에 대한 영향을  $R_x(f)$ 와  $R_y(f)$ 로 표현하면 식 (1)-(4)와 같이 정리되며, 식 (5)에 따라 재료 고유의 주파수 응답 함수를 얻을 수 있다. 이를 자기보상 주파수 응답함수 기법(SC-FRF)이라 한다.

$$P_{xy1}(f) = R_x(f) T_x(f) \quad (1) \quad P_{xy2}(f) = R_y(f) F(f) T_x(f) \quad (2)$$

$$P_{yx1}(f) = R_y(f) T_y(f) \quad (3) \quad P_{yx2}(f) = R_x(f) F(f) T_y(f) \quad (4)$$

$$\frac{P_{xy2}(f) P_{yx2}(f)}{P_{xy1}(f) P_{yx1}(f)} = \frac{R_y(f) F(f) T_x(f) R_x(f) F(f) T_y(f)}{R_x(f) T_x(f) R_y(f) T_y(f)} = F^2 \quad (5)$$

### 3. 실험

제안한 기법의 검증을 위해 직경 150 mm, 두께 200 mm로 절단한 콘크리트 시편에 감쇠량 측정 실험을 실시하였다. 준비된 시편의 28일 압축강도는 25.2 MPa 이며 배합비(물:시멘트:모래:자갈의 중량비)는 0.55:1:3.17:3.51이다. 그림 2와 같이 Test A는 시편 양쪽의 탐촉자에서 측정된 감쇠량이며 Test B는 자기보상 주파수 응답함수 기법을 적용하여 측정된 감쇠량이다. 재현성 확인을 위해 탐촉자 및 압전센서를 3회 재설치하여 40 kHz에서 200 kHz까지의 감쇠량을 측정하였다.

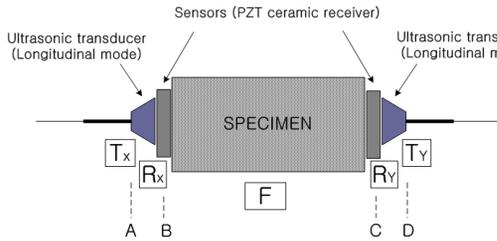


그림1. Experimental test setup

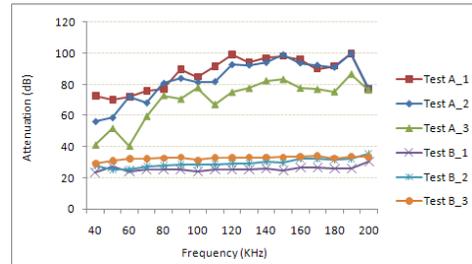


그림2. Conventional technique (A) and SC-FRF (B)

### 4. 결론

제안된 기법을 이용한 Test B의 측정값이 기존의 방법을 이용한 Test A에 비해 보다 분산되지 않은 결과를 보여주고 있다. 따라서 제안한 자기보상 주파수 응답함수 기법을 이용하면, 우수한 재현성 및 정확성을 갖는 측정을 수행할 수 있다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(07첨단도시 A01)에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. ACI Committee 228. Nondestructive test methods for evaluation of concrete in structures. American Concrete Institute 1998; ACI 228.2R-98
2. J. D. Achenbach, I. N. Komsky, Y. C. Lee and Y. C. Angel, "Self-calibrating ultrasonic technique for crack depth measurement." Journal of Nondestructive Evaluation, Vol. 11, No. 2, pp. 103, (1992)
3. Kim JH. Nondestructive evaluation of concrete structures using surface and ultrasonic waves. Doctoral dissertation: Korea Advanced Institute of Science and Technology 2008.