

콘크리트 강도발현 모니터링을 위한 비접촉식 초음파 센싱 시스템

Air-coupled Ultrasonic Waves Sensing System for Evaluating Concrete Strength Level

김인호* · 정형조* · 김도겸** · 민지영**†

In-Ho Kim, Hyung-Jo Jung, Do-Gyeum Kim, and Jiyoung Min

1. 서 론

콘크리트 물성이나 건전도를 구조물에 손상을 가하지 않고 비파괴적으로 검사하기 위한 다양한 기법들이 다수의 연구자들에 의해 제안되었으며, 그 중 초음파를 이용한 기법의 경우 오랜 역사를 가지고 연구되어 왔다. 그러나 콘크리트는 다중 스케일의 복합재료인데다 불균질하며 초음파의 흡수산란이 크고 상의 선명도가 낮다. 초음파 장비의 경우 금속과 같은 균질한 물질을 다루는 기계·항공·자동차 분야에서 사용하기 위해 개발되기 때문에, 위와 같은 어려움을 극복하고 콘크리트 상태에 대한 정보를 획득하기 위해서는 다양한 지점에서 다수의 신호를 획득할 수 있는 스캐닝 시스템 도입이 절실하다. 그러나 주로 수 십 kHz 대역의 고주파 대역을 사용하기 때문에 커플러의 영향을 최소화하기 위해 트랜스듀서가 위치하는 곳의 표면처리가 추가적으로 필요하다. 따라서 접촉식 초음파 시스템의 경우 진단을 위한 스캐닝에 많은 시간이 소요되고 자동화가 어렵는데다 모든 진행 과정에서 검사자에 의존적이므로 결과의 변동성이 크다는 한계가 있다. 또한 커플러 물성이나 두께의 조절 및 분석이 어려워 커플러 층에서의 초음파 영향을 정확히 고려할 수 없다.

IT 및 전자·의료 산업이 발전함에 따라 콘크리트용 초음파 진단 시스템의 하드웨어적인 한계를 비접촉식(air-coupled) 시스템으로 극복하기 위한 시도가 보고되고 있다. 공기와 콘크리트 매질간 임피던스 차이로 인해 대부분의 파동이 공기-콘크리트 경계면에서 반사되어 초음파 입사 효율이 매우 작아지기

때문에, 각 매질층에서의 임피던스, 초음파 가진 진폭(크기), 초음파 수신 감도, 초음파 입사 높이 및 각도 등을 조절하면서 가장 효율이 높은 setup을 결정해야 할 것이다. 이에 앞서 본 연구에서는 시중에서 저렴하게 구입할 수 있는 비접촉식 초음파 트랜스듀서를 이용하여 콘크리트용 초음파 진단 시스템에 대한 기초 연구를 수행하였다.

2. 콘크리트용 비접촉식 초음파 시스템

2.1 초음파 계측 시스템

비접촉식 초음파 시스템의 전체적인 구성안을 Fig. 1에 나타내었다. 시중에 판매되는 가진/센싱용 비접촉식 초음파 트랜스듀서는 대부분 중심 주파수 50 kHz의 펄스파를 가진하고 가진 후 반사되는 초음파 신호를 TTL 형태로 계측하도록 설계되어 있다. 하지만 파형 및 중심 주파수에 따라 초음파 침투 깊이 및 파동 감쇠율 등 주요 파 특성이 다르므로, 심도있는 초음파 분석을 위해서는 이들을 조절할 수 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 가진용 트랜스듀서에 파형 및 가진 중심 주파수를 조절할 수 있는 신호 발생기를(20~80 kHz, 10 kHz 단위로 조절 가능), 센서용 트랜스듀서에 안정적인 신호계측을 위한 시그널 컨디셔너를 연결하였으며, 트랜스듀서를 제외한 계측용 부품(칩)들은 PCB Board로 제작하여 휴대가 간편하게 하였다. 비접촉식 초음파 시스템은 접촉식 초음파 장비와 달리 동일한 형태 및 진폭을 가지는 파가 주기적으로 발생하기 때문에 계측 신호의 반복성이 우수하다는 장점도 가진다. Pitch and Catch를 위하여 가진/센싱용으로 구분하여 사용하였으나 동일한 모델이며, Fig. 2는 제작된 PCB Board와 트랜스듀서를 보여준다.

† 교신저자; 한국건설기술연구원

E-mail : amote83@kict.re.kr

Tel : 031-910-0629, Fax : 031-910-0715

* 한국과학기술원

** 한국건설기술연구원

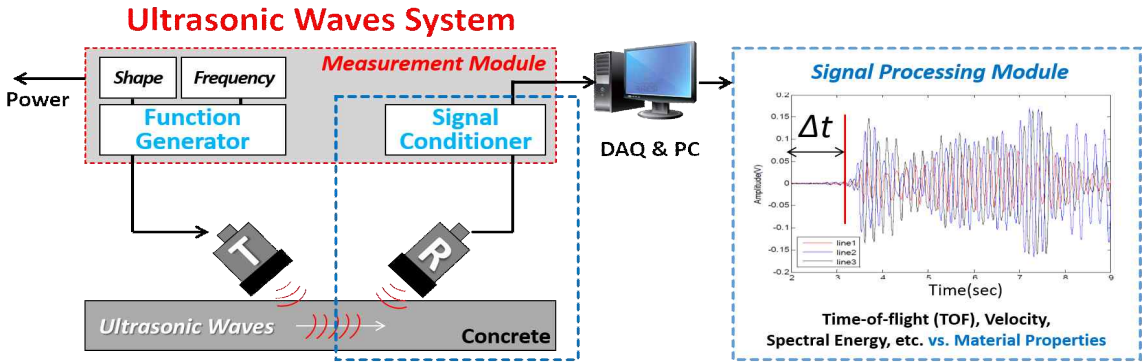


Fig.1 Schematic of air-coupled ultrasonic waves system

2.2 자동 스캐닝용 Moving Frame

앞서 언급하였듯이 공기와 콘크리트 매질간 입사각 및 공기층 높이는 주요 변수 중 하나이다. 두 변수를 조절하기 위해서 Fig. 3과 같은 프레임 제작하였다. 이 프레임은 트랜스듀서와 구조물 사이의 간격을 조절하여 트랜스듀서가 구조물로부터 일정한 높이에 위치할 수 있게 한다. 그리고 가진용 트랜스듀서의 경우 입사각을 조절할 수 있도록 각도계를 부착하여 미세 각도 조절을 가능하게 하였다. 또한, 볼트 타입 이동식으로 트랜스듀서 지지봉을 고정할 수 있도록 제작함으로써 두 트랜스듀서 간 거리를 조절할 수 있게 하였다.

3. 결 론

제안된 시스템은 비접촉식 초음파 트랜스듀서를 이용한 콘크리트 NDT 시스템으로, 기존 시스템 대비 비용을 1/100 이상 수준으로 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 가진 및 계측 신호의 반복성이 뛰어나

며, Moving Frame을 통하여 넓은 면적에서의 스캐닝이 가능하다는 장점이 있다. 개발된 비접촉식 시스템은 추후 콘크리트 구조물의 강도(발현) 추정, 균열 등의 손상 진단 등에 적용할 수 있을 것이다.

후 기

본 과제는 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제(2011T100200161)입니다.

참고문헌

- 1) K.S. Hall (2011) "Air-Coupled Ultrasonic tomographic imaging of concrete elements", Ph.D. dissertation thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, USA.
- 2) G.P. Centrangolo and J.S. Popovics (2010) "Inspection of Concrete Using Air-Coupled Ultrasonic Pulse Velocity", ACI Materials Journal, 107(2), 155-163.

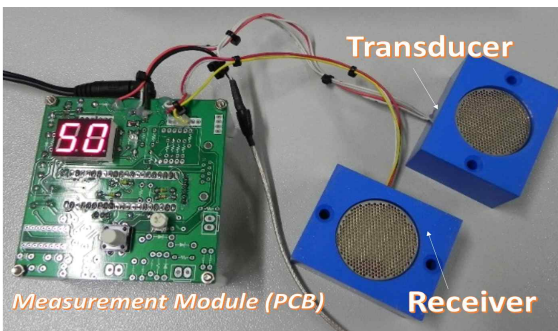


Fig.2 Air-coupled transducers and PCB-type measurement module

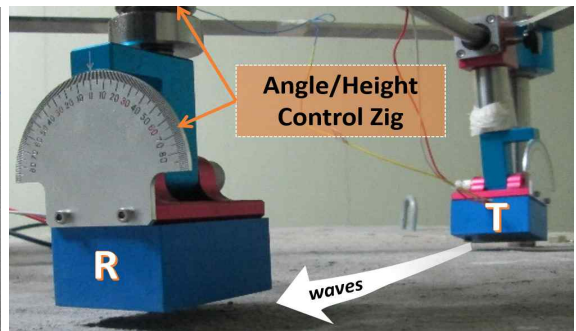


Fig.3 Automatic scanning system with a moving frame