

터널 콘크리트 구조물의 안전진단을 위한 충격반향법 실험

신성렬 · 장원일¹⁾

1. 서론

터널은 지하철, 도로터널 등 교통시설뿐만 아니라 다양한 지하공간 개발에 있어 가장 중요한 부분이며 장대화, 대단면화 되고 있어 터널의 안정성 확보 및 공사 중 품질관리가 강조되고 있다. 터널 안전진단에서 라이닝배면의 공동유무를 탐지하고 지보재 및 복공의 상태와 결함을 파악할 수 있는 탐사방법인 충격반향법(Impact-Echo method)을 대상으로 본 연구에서는 실시간 자료추정과 해석이 가능한 Impact-Echo 시스템을 구성하여 기존에 널리 사용되는 1축 가속도계와 함께 3축 가속도계를 사용하여 관형 콘크리트 모형에 대한 실험을 실시하여 그 반응 특성에 대하여 고찰하였으며, 지하철 터널에 대한 현장적용 사례를 소개하였다.

2. 모형실험 및 결과

충격반향법은 외부 충격에 의한 공진현상으로부터 주파수 영역에서 자료를 해석하는 탄성과탐사의 일종이며, Fig. 1에서 나타난 바와 같이 충격반향법을 실시하기 위하여 구성된 시스템은 음원→가속도계→A/D 변환기→자료 저장 및 처리장치이다. 자료취득 및 자료처리의 전과정은 실시간으로 자료취득 및 시계열분석과 통계처리/분석을 할 수 있는 다양한 모듈로 구성되었다. 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 모형설치 장소의 한계 등으로 인하여 토사층 위에 가로×세로가 9.2m×4.2m 두께가 약 10cm 내외로 콘크리트를 타설하여 모형을 제작하였다. 관형 콘크리트의 한 지점에서 타격지점과 수진기의 이격거리는 5cm, 음원과 수진기는 나란히 Y방향으로 설치하고 일축 및 3축 가속도계로 각각을 측정하는 다음 한 다음 시간 영역자료→주파수영역자료→심도영역으로 자료처리 하였다. Fig. 2(a)는 일축 가속도계를 사용하여 측정된 시간영역의 자료이며, Fig. 2(b)는 주파수영역에서의 파워스펙트럼, Fig. 2(c)는 주파수영역에서의 위상, Fig. 2(d)는 심도전환 결과를 나타낸 것으로 9.1cm에서 최대값을 가지는데 모형의 두께 10cm 내외와(모형의 두께를 10cm로 정확하게 유지하며 콘크리트를 타설하기 어려움) 비교할 때 비교적 잘 일치하며 약 10%이내의 오차범위를 나타낸다. 3축 가속도계 중 Z성분의 측정자료는 Fig. 3(a)에 있으며 일축 가속도계로 측정된 경우와 매우 비슷한 양상을 보이며, 주파수영역 자료인 Fig. 3(b)는 최대 진폭이 16500Hz 부근에서 나타나며 두 번째로 큰 진폭이 18500Hz에서 나타난다. 위상각은 변화가 약하며, 심도전환한 결과는 최대 진폭이 10.4cm 부근에, 두 번째 진폭은 9.1cm로서 실제두께와 비교적 일치한다.

3. 현장적용 사례

지하철터널 ××구간에서 터널 라이닝 배면공동 탐지를 위하여 일축 가속도계를 사용한 충격반향법 탐사가 시행되었다. Fig. 4는 충격반향법의 자료처리과정에 따라 파워스펙트럼을 거리-심도의 단면도로 나타낸 것으로, 거리가 2~4m 이며 심도가 0.7~0.75m 부근에 매우 큰 스펙트럼이 나타난다. 이것은 터널 라이닝 배면공동에 의한 것이거나 또는 라이닝과 원지반의 밀착상태가 불량하거나 원지반의 파쇄상태가 심한 곳으로 추정되어 코어링(Coring)에 의한 확인작업이 바람직하였으나 현장 여건상 확인작업은 이루어지지 않았다.

4. 결론

일축 및 3축 가속도계를 이용한 관형 콘크리트 모형에 대한 충격반향법 실험 결과 두께 및 배면공동 탐지용으로 일축가속도계 사용만으로 충분하였고, 오차 10%이내의 정확한 결과를 나타내었으며, 3축 가속도계를 사용하여 두께를 측정할 때 Z성분의 측정결과는 실제두께와 비슷한 결과를 보였다. 현장적용 결과 주파수영역 영상화 처리 단면에서는 심도가 확

인되어 더욱 정량적인 해석이 가능하다. 시공 중 품질관리와 터널구조물의 유지관리 및 안전진단과 관련하여 보다 효과적인 현장조사가 수행될 수 있는 음향을 이용한 탐사시스템 개발이 필요하며, 3성분측정에 의한 보다 정량적인 자료처리 및 해석기법에 대한 연구가 요망된다.

5. 참고문헌

1. 신성렬, 조철현, 신창수, 양승진, 장원일, 1998, "GPR 및 단일채널 탄성파탐사에 의한 터널라이닝 배면공동 조사", 한국구조물진단학회지, Vol. 2, No. 4, pp. 148-158
2. Sansalone, M. J., Streett, W. B., and Jaeger, B. J., 1995, "Seminar on the principles of impact-echo and use of the DOCTER impact-echo field instrument", Cornell univ.

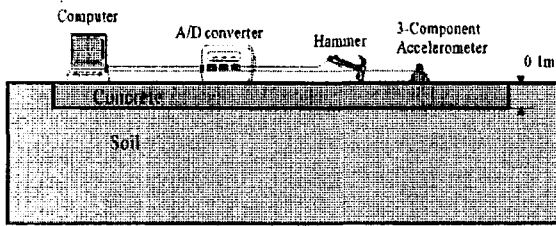


Fig. 1. Schematic diagram of Impact-Echo method and the model used in the experiments

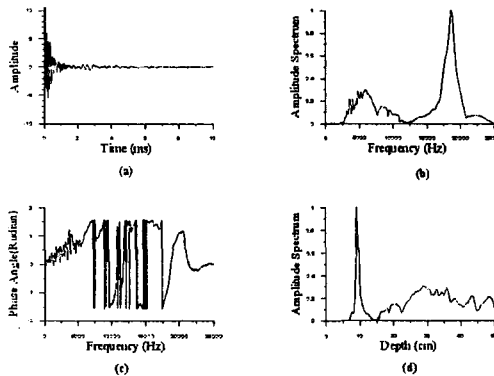


Fig. 2. (a)The results observed with single-axis accelerometer. It shows free oscillation of concrete plate model. (b)power spectrum and (c)phase angle in frequency domain. The frequency of maximum amplitude spectrum is 18500Hz. (d)depth conversion.

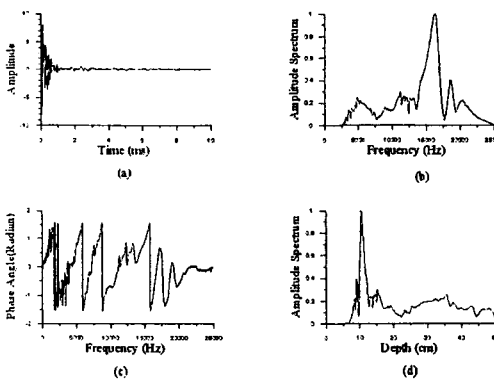
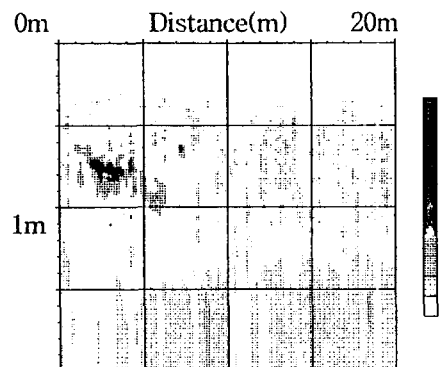


Fig. 3. (a)Z-component observed with triaxial accelerometer. (b)power spectrum and (c)phase angle in frequency domain. (d)depth conversion.

Fig. 4. The image section of power spectrum in depth domain. The applied frequency band is from 500Hz to 20000Hz.



주요어 : 충격반향법, 가속도계, 안전진단, 라이닝 두께, 공동탐지
 1) 한국해양대학교 해양개발공학부 (srshin@hanara.kmaritime.ac.kr)