

Air-coupled 충격반향법을 활용한 철도 궤도 콘크리트 내부 박리평가 Evaluation of delamination in railway concrete slab using Air-coupled Impact-echo testing

기성훈*[†], 이진욱**, 최찬용**

Seong-Hoon Kee*[†], Jin-Wook Lee** , Chanyong Choi**

초 록 Air-coupled Impact-echo (IE) testing was used to evaluate delamination in track concrete layer (TCL) in urban railway concrete tracks. A simulated traffic concrete layer (TCL) specimen was prepared in the laboratory. The concrete specimen was designed to have dimensions of 1500 mm (length) × 1500 mm (width) × 300 mm (depth), which is large enough to simulate a full scale TCL in urban subway concrete tracks in Korea. Four delamination defects, with different depth d (50 mm and 250 mm) and widths w (150 mm and 300 mm), were simulated in the concrete slab by inserting double layered plastic film before casting concrete: DL1 ($d = 50$ mm, $w = 300$ mm), DL2 ($d = 250$ mm, $w = 300$ mm), DL3 ($d = 50$ mm, $w = 150$ mm) and DL4 ($d = 250$ mm, $w = 150$ mm). The concrete surface scanned by a air-coupled IE equipment developed in the laboratory. A peak frequency map was constructed to visualize the delamination based on the results measured by air-coupled IE testing.

주요어 : air-coupled impact-echo, traffic control layer, concrete tracks, delamination

1. 서 론

충격반향법(Impact-echo, IE)은 콘크리트 구조물 내부의 박리를 평가하는데 효과적인 방법으로 널리 알려져 있다. IE에서는 구조물 표면에 가해진 기계적 충격으로 동적응답을 측정한다. 판형 구조물에 가해진 기계적 충격은 체적파 (P 파 및 S 파), 표면파를 발생시킨다. 한편 판의 상부와 하부에서 다중 반사 및 모드변화에 따라 램파가 발생한다. IE에서 구조물의 동적응답은 충격원에 가까운 표면에 부착된 센서 (변위센서, 가속도계 등)을 활용하여 측정한다 (Sansalone 1997). 하지만 접촉센서는 표면상태에 따른 측정 신호 품질의 일관성 및 대상구조물에 탈부착과정에서 시간 소요 등의 문제가 있어 현장에 적용 시 각별한 주의가 요구된다. 기존 연구자들 (Zhu and Popovics, 2007, Kee *et al.* 2012)은 Air-coupled 센서의 활용으로 IE의 속도 및 결과의 일관성을 향상시킬 수 있음을 실험적으로 확인하였다.

이 주요 연구에서는 철도 콘크리트 궤도 TCL 내부 박리 평가를 위한 Air-coupled IE 타당성을 조사하기 위한 예비실험 결과를 보여준다.

2. 실험

2.1 실험체 준비

콘크리트 실험체는 1500mm (길이) × 1500mm (폭) × 300mm (깊이)의 크기로 설계되어 도시 지하철 콘크리트 트랙에서 깊이방향으로 실제 규모의 TCL을 모사하고자 하였다. 콘크리트 배합은 포틀랜드 시멘트 (440 kg/m³), 잔골재 (701 kg/m³), 굵은골재 (1049 kg/m³) 및 물 (165 kg/m³)로 구성되어, 35 MPa의 설계압축강도를 갖도록 하였다. 콘크리트 실험체 내부에는 콘크리트 타설 전 플라스틱을 삽입하여, 깊이가 50 mm인 얇은 박리와 깊이가 250mm의 깊은박리를 모사하였다 (Fig. 1).

2.2 Air-coupled IE 센서

Fig 2에서는 이 연구에서 개발된 air-coupled IE 센싱장치의 시작품을 보여준

[†] 교신저자: 동아대학교 건축공학과 (shkee@dau.ac.kr)

* 동아대학교 건축공학과

** 한국철도기술연구원 첨단인프라연구팀

다. 음향센서로 콘덴서마이크(PCB 130E20)를 활용하였다. 센서는 직경은 6.3mm이며 넓은 주파수 범위 (20Hz ~ 20kHz)와 고감도 (45mV / Pa) 특성을 갖고 있어, 콘크리트 표면에서 IE 평가 수행에 효과적인 것을 확인하였다.



Fig. 1 Installation of reinforcing steel mats and fabricated delamination in a wooden concrete form before casting concrete.



Fig. 2 A prototype of an air-coupled sensor in IE testing.

2.3 Air-coupled IE

Air-coupled IE 시험은 콘크리트 표면에 가로, 세로 각각 7개의 실험점으로 구성된 실험격자에서 총 49개의 위치에서 수행되었다. Air-coupled 센서로 측정된 시간신호는 FFT 알고리즘을 통하여 주파수신호로 변환하였다. 결과의 시각화를 위하여 각 측정점에서 얻은 피크주파수를 활용하여 주파수 맵을 작성하였다 (Fig. 3). 주파수 맵에서는 저주파일수록 푸른색 계열로 표시되고, 고주파일수록 붉은색 계열로 표시하였다. 결과적으로 얇은박리의 위치가 푸른색으로 명확하게 표시되고 있음을 확인하였다. 하지만 이 연구에서 사용된 air-coupled IE 센서로는 깊은박리의 위치는 명확하게 식별하기가 어려워, 추가연구가 필요한 것으로 판단된다.

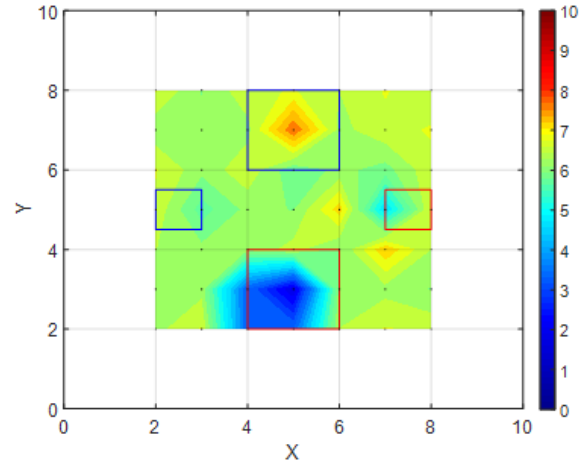


Fig. 3 Frequency map representing the location and areal extent of delamination in the concrete slab.

3. 결론

Air-coupled IE를 활용하여 측정된 데이터로 구축된 주파수지도는 콘크리트 슬래브에 모사된 얇은박리($d = 50\text{mm}$)의 위치와 넓이를 시각화하는데 효과적인 것을 확인하였다.

후기

이 연구는 2018년 한국철도기술연구원 주요사업 ‘도시철도 인프라의 재해약자 대피 성능 및 콘크리트 성능향상기술개발’의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] ASTM (2010) Standard Practice for measuring delaminations in concrete bridge decks by sounding. D4580-03. West Conshohocken, PA.
- [2] Sanasalonw, M. (1997) Impact echo: The complete story. *ACI structural Journal* 94(71), 777-786.
- [3] Zhu, J. and J.S.Popovics (2007) Imaging concrete structures using air-coupled impact-echo. *Journal of Engineering Mechanics-ASCE*, 133(6), 628-640.
- [4] Kee, S.-H, T.Oh, J.S.Popovics, R.W.Arndt and J.Zhu (2012) Nondestructive Bridge Deck Testing with Air-Coupled Impact-Echo and Infrared Thermography." *Journal of Bridge Engineering-ASCE* 17(6), 928-939.