

충격반향기법을 활용한 콘크리트궤도 뜬침목 유지관리 기법 연구

Study on Concrete Trackbed Unsupported Sleepers Maintenance Technique Using Impact Echo

박재학*[†], 조호진*, 박성백**, 임유진***

Jaehak Park*[†], Hojin Cho*, Sungbaek Park**, Yujin Lim***

초 록 콘크리트궤도의 경우, 초기 시공비가 높은 단점을 감안하더라도 유지관리 및 궤도안전성 측면에서 많은 장점을 보유한 것이 부각되어 경부고속 2단계 구간 개통(2010년) 이후 시공실적이 꾸준히 증가하고 있다. 그러나 최근 콘크리트궤도 일부구간에서 초기 시공불량 및 도상결함에 의해 침목과 도상 경계면을 따라 다수의 균열이 발생하고 있다. 이를 콘크리트궤도 뜬침목이라 하고 침목 하부의 유동 발생이 주요 원인으로 침목과 도상의 분리현상은 점검주기에 따른 육안 및 계측점검을 통해 관리하고 있다. 그러나, 뜬침목이 경우 육안점검에서 분리틈의 크기(0.3mm)와 백화현상 여부만을 적용하고 있어, 실질적인 유지관리의사결정 모델을 제시하지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 충격 반향기법을 활용하여 뜬침목 여부를 비파괴 상태에서 명확하게 판단할 수 있는 기법을 제안하였다. 이를 위해 현 콘크리트궤도의 도상 침목분리 현황을 파악하고 유지관리 의사결정 기준에 따른 충격반향 기법의 적용가능성을 제시하였다.

주요어 : 콘크리트궤도, 뜬침목, 충격반향기법, 유지관리, 의사결정

1. 서 론

국내 콘크리트궤도는 총 부설연장 약 809km로 (고속선 294km/일반선 515km, 2013년 기준) 경부 고속 2단계 개통이후 지속적으로 늘어나는 추세이다. 이러한 콘크리트궤도는 열하주행에 따른 반복 하중에 의해 다양한 결함이 발생하고 있다. 이를 위해 선로유지관리지침 상에서는 점검주기 및 항목을 규정하여 해당 결함을 육안점검과 계측 점검을 실시하고 있다. 이러한 결함 중 도상과 침목의 분리현상은 시공불량 및 외부 다양한 원인에 의해 콘크리트궤도 유지관리 의사결정 과정에서 핵심요소로 판단하고 있어 이에 대한 신뢰성 있는 측정방법 및 장비의 적용이 필요할 것으로 보인다.

이를 위해, 본 연구에서는 콘크리트궤도의 뜬침목 현상에 대하여 충격반향기법의 적용 가능성을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 콘크리트궤도 도상 및 침목 분리 관리기준

콘크리트궤도의 도상 및 침목 분리현상에 대한 관리방법은 년1회 도상균열점검 시 합동으로 전수조사하는 육안점검 방법과 육안 점검을 통해 도출된 이상개소를 대상으로 동적변위 및 진동 가속도등을 측정하는 계측 점검으로 나눌 수 있다. 측정된 다수의 결함 중 분리틈이 0.3mm이상, 백화현상이 발생한 개소를 대상으로 유지보수를 실시하고 있다.

이러한 도상 및 침목의 분리현상은 전반적으로 시공초기 다짐 부족등에 의해 고르지 못한 침목 하부의 간극이 열차의 반복하중에 의해 재료분리가 발생하면서 발생하는 것을 일반적 원인으로 판단하고 있다.

† 교신저자: 주식회사 지에스지 총괄기획팀
(jaehak@igsg.co.kr)

* 주식회사 지에스지

** 한국철도공사 철도과학기술연구원

*** 배재대학교 건설환경철도공학과

2.2 콘크리트궤도 뜯침목 유지보수 방법 및 현황

콘크리트궤도의 도상 및 침목분리 시 보수 방법으로 결합발생 주변에 팩커를 설치하여 에폭시를 주입하여 우수침투와 내구성을 개선 할 수 있는 방법을 적용하고 있다.

해당 유지보수 공법은 콘크리트궤도의 도상과 침목사이에 에폭시가 주입 될 수 있는 공극이 발생하였시에만 적용이 가능하다.

하지만, 현재 육안 및 계측점검으로는 도상과 침목사이 표면에 발생하는 경계부 균열과 도상과 침목이 분리되는 결합인 뜯침목을 정확하게 구별하는데 어려움이 있다.

2.3 충격반향기법을 활용한 콘크리트궤도 뜯침목 측정 방법 제안

충격반향기법 적용을 위해 콘크리트 궤도 침목부에 충격재하 시 발생된 진동을 가속도 센서를 이용하여 측정하는 시스템을 구성하였다. 시험 시스템에는 충격원, 감지장치(가속도서), 데이터 수집 시스템이 포함된다. 콘크리트궤도의 뜯침목 판정은 매질이 없는 들뜸(뜯침목)의 경우에 응력과(wave)가 하부까지 통과하지 못하고 다시 반사되는 원리를 활용하였다. 이를 위해 시간-주파수 해석 기법인 Wavelet기법 중 Short-Time Fourier Transform(STFT)을 적용하고, 콘크리트 도상과 침목 경계면의 접촉 조건을 차등화하기 할 수 있도록 접촉 상태의 변화를 Time domain, Frequency domain, Autospectral density로 확인한다.

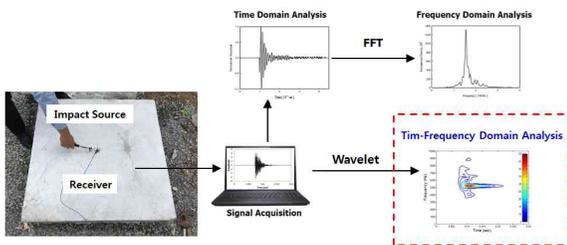


Fig. 1 Overview of test and analysis methods (Time-Frequency analysis)

여기에 콘크리트궤도 파속도 측정과 아래식(1)을 통해 산정되는 두께가 콘크리트궤도에 적용하는 침목의 규격(침목 두께, 106~128mm)에 일치여부를 활용하여 뜯침목을 결정할 수 있고, 도상 및 침목 경계면의 접촉 조건은 Time domain, Frequency domain, Autospectral density 형상 확인을 통해 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

$$T = \frac{0.96 \cdot V_p}{2 \cdot f_n} \quad (1)$$

여기서, V_p =P파속도, f_n =공진주파수(Hz)이다.

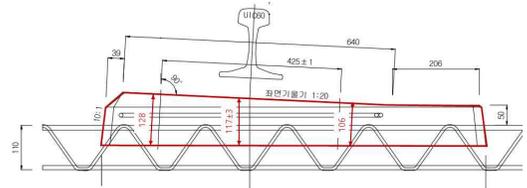
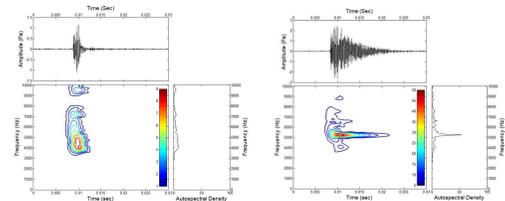


Fig. 2 Detailed design of concrete track sleeper (KCT-II, UIC60, Bi-Block Sleeper)



(a) Fully bonded (b) Cavity and separation

Fig. 3 Comparison of analysis result according to interface adhesion state

3. 결론

본 연구에서는 콘크리트궤도상에서 발생하는 도상 및 침목분리 현상의 뜯침목을 충격반향기법을 활용하여 육안점검의 한계성을 개선할 수 있는 방안을 제시하였다. 이를 위해 Wavelet기법 중 Short-Time Fourier Transform(STFT)을 적용하여 도상과 침목 경계부의 조건에 따른 들뜸여부를 명확하게 판단할 수 있는 경상조건을 제시하였다.

향후 해당기법의 현장조건을 반영한 적용성 평가를 통해 신뢰성 있는 뜯침목 판정 시스템을 제시할 수 있을 것으로 보인다.

후기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비 지원(18RTRP-B113566-03)에 의해 수행 되었습니다.

참고문헌

- [1] 조호진, 박성백, 박재학, 권세곤, 임유진(2017) 충격반향기법 및 웨이블릿 변환을 이용한 콘크리트 궤도 슬래브의 들뜸 및 이상개소 파악 한국철도학회논문집 제20권 제6호, pp. 795-808.