

콘크리트-아스팔트궤도 연결 접속부 내 광폭침목 거동평가

Performance Evaluation of Wide Sleeper of the Connection Area Between Concrete and Asphalt Trackbed

전선표*, 이성혁**, 정우영*†, 박성민*, 손호영*

SeonPyo Jeon*, SeongHyeok Lee**, WooYoung Jung*†, SungMin Park*, HoYoung Son*

Abstract The connection area of trackbed systems associated with stiffness change according to substructures' types can result in differential settlement due to superstructure loads. The primary objective of this research is to evaluate the performance of superstructures to the connection area between the concrete and asphalt systems during the construction. Also, the Finite Element (FE) program, ABAQUS was applied to carry out the numerical analysis of the connection area of trackbed systems and KRL-2012 load based on the railway design guideline was used.

Keywords : FEM, Asphalt Track, Wide Sleeper, Connection Area, Structural Behavior

초 록 일반적으로 철도궤도 접속부는 하부지반 또는 노반강화층의 지지강성이 변하는 구간으로 상부 차량하중으로 인한 불균등 침하현상이 발생할 수 있다. 본 연구는 아스팔트 직결궤도 개발에 따른 현장시공 시 콘크리트 도상궤도와와의 접속부에서 발생 가능한 상부 구조의 거동을 해석적으로 평가하고자 한다. 콘크리트-아스팔트 도상궤도 접속부 내 상부 구조의 거동 평가를 위하여 ABAQUS를 이용하였으며 검토 설계하중으로는 철도설계기준 (2012)에 의한 KRL-2012하중을 적용하여 평가하였다.

주요어 : 유한요소해석, 아스팔트궤도, 광폭침목, 접속부, 구조거동

1. 서 론

제2차 국가철도망 구축계획에 의하여 고속철도는 '10년 대비 '20년에 90.31% 증가할 계획이며 철도 고속화에 맞춰 현재 한국철도기술연구원에서는 새로운 인프라기술로서 한국형 아스팔트 콘크리트 궤도에 대한 연구가 진행 중에 있다. 본 연구에서는 이들 아스팔트궤도 시공성 검토를 위하여 콘크리트 도상궤도와와의 접속부에서 발생 가능한 상부구조의 안전성에 대하여 평가를 해석적으로 수행하였다.

2. 광폭침목의 거동

2.1 하중

철도하중은 KRL-2012 표준열차하중을 고려하여 재하 하였으며 그 값은 Fig.1과 같다.

† 교신저자: 강릉원주대학교 공과대학 토목공학과(woojung@gwnu.ac.kr)

* 강릉원주대학교 공과대학 토목공학과

** 한국철도기술 연구원 첨단인프라연구단 TFT

해석 시 고려된 충격계수는 KR Code2012에서 제시된 설계 식을 사용하였으며 그 값은 식 (1)과 같으며 통과차량의 최대속도는 300km/h를 본 해석에서 고려하였다.

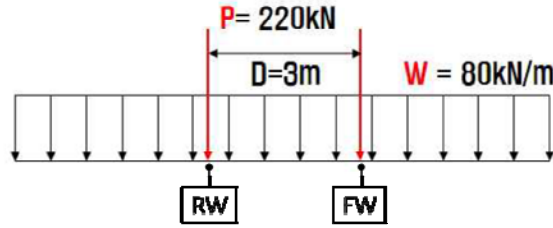


Fig. 1 Train Load of KRL-2012

$$\begin{aligned} DAF \\ (\text{Dynamic Amplitude Factor}) \end{aligned} = 1 + t \times \varnothing \left(1.0 + 0.5 \frac{V - 60}{190} \right) \quad (60 < V \leq 300\text{km/h}) \quad (1)$$

여기서, DAF : 동적할증계수

t : 확률의 신뢰구간에 좌우되는 표준편차의 가중치(t=3 : 침목 구조계산)

∅ : 궤도품질에 좌우되는 계수

V : 설계속도 (300km/h)

2.2 아스팔트 콘크리트 직결궤도 접속부 광폭침목 유한요소 모델

해석 시 고려된 접속부 유형은 토공 접속부이며 상부침목의 경우 하부 폭이 넓게 설계된 광폭침목으로 최근 개발된 아스팔트 도상궤도에 적용하기 위해 개발된 맞춤형 침목이다. 일반적인 광폭침목은 레일 장착지점은 넓은 단면적으로 이루어져 있고 중앙 단면적은 최적화하였으며 PC강연선을 매립한 PC침목이나 접속부에 설치될 침목은 Fig. 2에서 보이듯 안전성을 위하여 중앙부 단면의 축소가 이루어지지 않은 모델로 구성되어 있다.

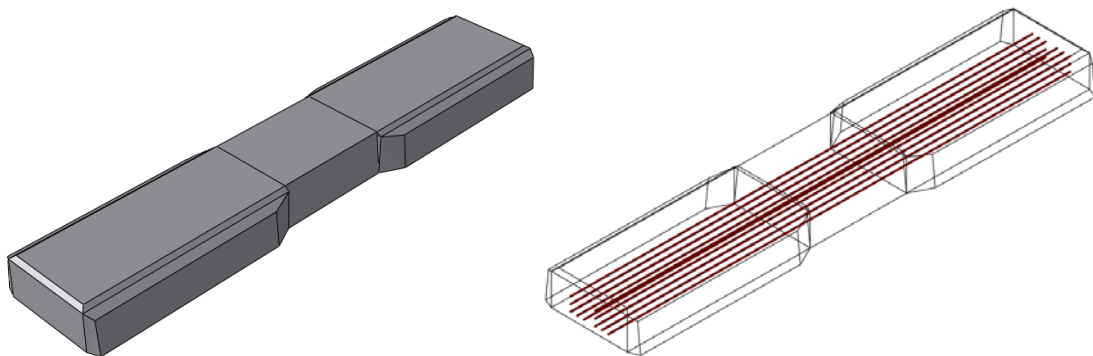


Fig. 2 Design of The Wide Sleeper at Connection Area

유한요소 해석모델의 경우, 좌우대칭을 고려하여 2개의 선로 중앙을 기점으로 Half Modeling을 구축하였으며 모델의 길이는 20.8M로 콘크리트 침목 16개, 광폭침목 16개가 모

델링 하였다. 침목의 간격은 650mm로 배치되었으며 하부 지반의 기울기는 KRC-04020 쌓기편의 고속철도 표준기울기를 적용하였으며 레일과 침목 사이의 하중전달 매개체인 체결구는 스프링으로 모델링하여 하중 재하 후 하부에 전달되는 하중을 분포하중으로 변환하여 다시 재하 하였다. Fig. 3은 최종적인 수치해석 모델링을 보여준다.

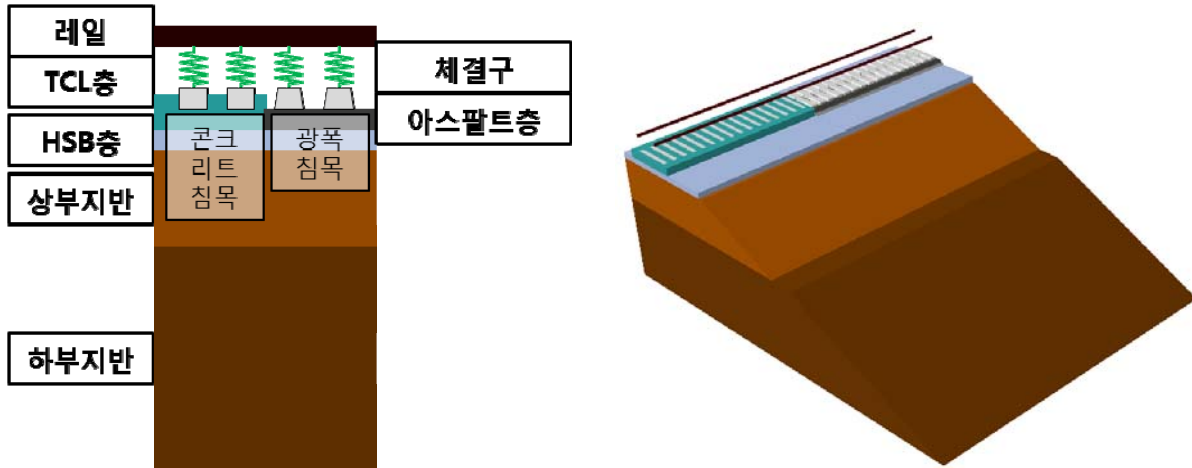


Fig. 3 Finite Element Model of the Connection Area Track

재하 하중의 경우 콘크리트 궤도와 아스팔트 콘크리트 궤도 변환지점에 가장 가까운 콘크리트 침목(C1)을 기준으로 아스팔트 층의 첫 번째 침목(A1)까지 하중위치를 변화하면서 적용하였다. KRL-2012의 집중하중은 좌(左)에서 우(右)로 진행하며 오른쪽 하중이 하중 재하 지점에 재하 되는 것을 FW, 왼쪽 하중이 하중 재하 지점에 재하 되는 것을 RW로 결과를 분류하였다.

2.3 해석 결과

Table 1은 하중 위치에 따라 접속부 구간 내 광폭침목에 발생하는 최대 하중 값을 나타내고 있다. 광폭침목에 전달되는 하중이 가장 큰 시기는 KRL-2012 표준열차하중도의 왼쪽 집중하중(RW)이 첫 번째 광폭침목의 중앙(A1)에 위치할 때이며 전체적으로 두 집중하중의 작용점이 아스팔트 콘크리트 궤도 위에 위치하였을 때 비교적 큰 값을 나타내고 있다. Table 2는 가장 큰 집중하중이 재하 되었을 때를 포함하여 콘크리트 침목 중앙(C1), 분할 지점(Split Point), 광폭침목 중앙지점(A1)에 집중하중이 재하 되었을 때 광폭침목 내 하부에 발생된 응력 값을 나타내고 있다.

본 해석결과, 접속부 내 광폭침목 하부에 발생하는 응력은 모두 압축응력으로 예측되었으며 이는 PC침목 설계 시 고려된 허용범위 내에서 거동하는 것으로 접속부 구간 내 하부 휨-인장 균열에 대한 문제점은 없을 것으로 판단된다. 다만 해석 시 침목의 PC강연선 정착부 상단에서 다소 국부적인 휨-인장응력이 발생하였는데 이는 3차원 해석모델링의 격자(Mesh)에 의한 문제나 PC 강연선 정착지점의 Pre-Stressing 긴장력에 의해 발생된 것이므로 보이는 바 본 연구에서는 이들의 영향성은 무시하였다.

Table 1 Maximum Reaction Force according to loading location

| Reference Concentrated Load | Loading Location | Maximum Reaction Force of Wide Sleeper |
|-----------------------------|---------------------|--|
| Right(FW) | 0mm (C1) | 87.92 kN |
| | 130mm | 90.29 kN |
| | 260mm | 92.50 kN |
| | 325mm (Split Point) | 93.51 kN |
| | 390mm | 94.51 kN |
| | 520mm | 96.18 kN |
| | 650mm (A1) | 97.43 kN |
| | 780mm | 98.18 kN |
| | 910mm | 98.51 kN |
| | 1040mm | 98.57 kN |
| | 1170mm | 98.40 kN |
| | 1300mm (A2) | 99.28 kN |
| | Left(RW) | 0mm (C1) |
| 130mm | | 101.89 kN |
| 260mm | | 101.49 kN |
| 325mm (Split Point) | | 101.68 kN |
| 390mm | | 102.07 kN |
| 520mm | | 102.35 kN |
| 650mm (A1) | | 102.36 kN |
| 780mm | | 102.17 kN |
| 910mm | | 101.86 kN |
| 1040mm | | 102.01 kN |
| 1170mm | | 102.29 kN |
| 1300mm (A2) | | 102.31 kN |

Table 2 Comparison of stress in lower surface of wide sleeper

| Reference Concentrated Load | Loading Location | Stress in Lower Surface of Wide Sleeper |
|-----------------------------|---------------------|---|
| Right(FW) | 0mm (C1) | -1.85737 MPa |
| | 325mm (Split Point) | -1.86164 MPa |
| | 650mm (A1) | -1.84458 MPa |
| Left(RW) | 0mm (C1) | -1.70123 MPa |
| | 325mm (Split Point) | -1.64306 MPa |
| | 650mm (A1) | -1.53612 MPa |

3. 결론

토공 접속부 내 아스팔트-콘크리트 직결레도 시공 시 상부 광폭침목에서의 구조거동을 해석적으로 평가, 분석하였다. 접속부 하부강성 변화에 의하여 상부 침목에서 발생하는 응력은

대부분 압축응력으로 평가되어 하부 휨-인장에 의한 구조적 문제점은 없을 것으로 예측되었다. 이는 PC 강연선의 성능으로 하중에 의해 발생하는 인장응력을 모두 상쇄 시키는 것으로 판단되며 광폭침목의 하단부 인장균열은 발생하지 않을 것으로 예상된다. 다만 외부온도에 의한 영향성과 시공 시 발생하는 잠재응력에 대한 변동성은 향후 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 한국철도기술연구원 주요사업 “철도건설 및 운용비 절감을 위한 경제성 향상 기술개발(고속화에 대응한 아스팔트 노반 및 궤도구조 개발)”의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Wang et al, (2005) Three – Dimensional Finite Element Simulations of Ground Vibration Generated by High-Speed Trains and Engineering Countermeasures, *Journal of Vibration and Control*
- [2] Korea Rail Code 2012 (2014) KR Code-2012, *Korea Rail Network Authority*
- [3] ABAQUS/CAE Ver6.13 User`s Manual (2013) *Dassault Systemes*