

PSD 함수를 이용한 뜬침목 구간의 거동 분석

Analysis of Tack Behavior with the Hanging Sleeper Section Using PSD Function

배준현*, 배영훈[†], 최영태*

Jun-Hyun Bae*, Younghoon Bae[†], Young-Tae Choi*

초 록 열차 주행 시 충격하중 및 진동으로 인해 마모 또는 파쇄된 자갈층은 반복되는 열차 주행으로 인해 침목 하방향 및 궤도 종횡방향으로 이동하게 되며, 궤도 휨 강성으로 인해 열차 통과 후 침목 저부와 도상자갈 사이의 유격으로 인해 뜬침목 구간이 발생된다. 고속열차가 뜬침목 구간을 주행할 경우 궤도틀림이 진전되며 이로 인한 주행 안정성 및 승차감이 저하된다. 따라서 본 연구에서는 PSD 함수를 이용하여 생성된 뜬침목 구간에 대해 차량-궤도 상호작용 해석을 실시하여 침목 저부에 작용하는 하중을 산정하였으며, 양호한 자갈궤도 구간 및 Sine파 함수에 의해 생성된 뜬침목 구간에서 산정된 침목 저부 하중과 비교·검토하였다.

주요어 : PSD함수, 뜬침목, 궤도틀림, 충격하중, 차량-궤도 상호작용

1. 서 론

열차 주행 시 충격하중 및 진동은 도상자갈의 마모 또는 파쇄를 촉진하며, 마모 또는 파쇄된 자갈층은 반복되는 열차 주행으로 인해 침목 하방향 및 궤도 종횡방향으로 이동하게 된다. 레일 체결장치에 의해 레일과 침목은 일체화되어 있으며 궤도의 휨 강성으로 인해 열차 통과 후 레일 및 침목은 원래 위치로 복원되는데, 이때 침목 저부와 도상자갈 사이에 유격(Gap)이 발생하는 뜬침목 구간이 관찰된다[1].

고속열차가 이 뜬침목 구간을 주행할 경우 큰 충격하중이 발생하게 되고 궤도틀림이 진전될 수 있으며 및 이로 인해 열차의 주행 안정성 및 승차감이 저해될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 PSD 함수를 이용하여 인공적으로 뜬침목 구간을 생성한 후 해당 자갈궤도 구간의 침목 저부에 전달되는 하중을 산정하고, 이를 양호한 자갈궤도 및 Sine파 함수에 의한 해석 결과와 비교하고자 한다.

2. 본 론

2.1 해석모델 단면제원

2.1.1 해석모델링

본 연구에서는 차량-궤도 상호작용 해석 Tool을 이용하여 상호작용 해석을 실시하였다. 상호작용 해석을 위한 모델링은 Fig. 1과 같으며, 해석 시 자갈궤도 구성품의 기본 물성은 Table 1과 같다.

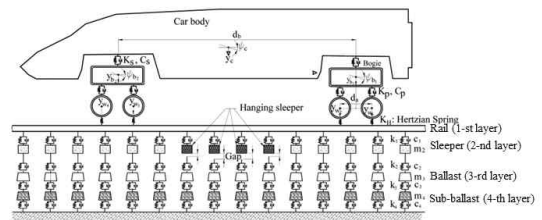


Fig. 1 Vehicle-Track Interaction Model

2.1.2 뜬침목 모델링

Fig. 2와 같이 PSD함수를 이용하여 뜬침목 구간을 인공적으로 생성한 후 차량-궤도 상호작용 해석을 실시하였다. 이는 열차 운행 및 궤광의 자중에 의해 레일이 일정량 침하 할 경우 궤도틀림과 동시에 발생한다고 가정하였다. 도상침하 형상은 불규칙한 사

[†] 교신저자: 한국철도기술연구원 첨단궤도토목분부 (yhbae@hk.ac.kr)

* 한국철도기술연구원 첨단궤도토목분부

인파로 가정하고, 열차속도와 도상 침하형상 (파장 및 진폭)을 매개변수로 하여 동적거동 분석을 실시하였다. 또한 양호한 자갈궤도 및 Sine과 함수에 의해 생성된 뜬침목 구간의 자갈궤도에 대한 차량궤도 상호작용 해석을 실시하여 PSD함수에 의한 뜬침목 구간의 해석 결과와도 비교하였다.

Table 1 Material properties of Analysis model

Materials	Properties	
Rail (UIC60)	Modulus of elasticity (MPa)	2.1×10^5
	Poisson's ratio	0.3
Sleeper	Modulus of elasticity (MPa)	3.0×10^4
	Poisson's ratio	0.2
Train	Velocity (km/h)	300
	cars	6

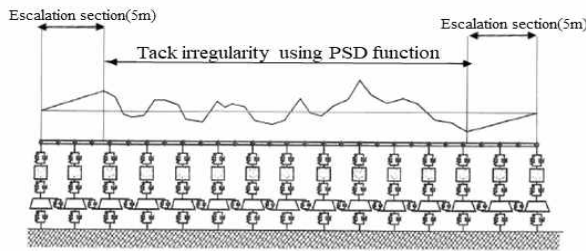


Fig. 2 Creation of track irregularity using PSD function[2]

2.2 해석 결과

서로 인접한 5개의 침목구간에서 침목 저부에 작용되는 최대 하중 해석결과는 Table 2와 같다.

Sine과 함수의 경우 파장이 길어질수록 뜬침목에 대한 영향이 거의 나타나지 않아 파장이 5m 기준으로 진폭 2mm에 대하여 검토하였고, PSD 함수의 경우 설정된 진폭은 $5 \leq L \leq 20$ mm이다. 양호한 노반 상태에서 반쪽 침목에 작용하는 하

Table 2 Analysis result of

Items	Bearing Capacity of the Sleeper (kN)	Rate of Increase (%)	Note
Good load bed	43		
Sine Curve	42~60	-2 ~ 40	- wavelength(5 m) - height(2 mm)
PSD Function	54~80	26 ~ 86	

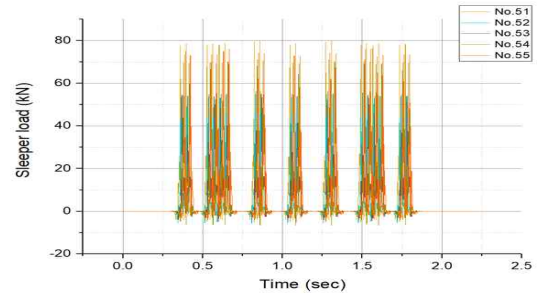


Fig. 3 Analysis of the Sleeper Section Using PSD Function

중은 43 kN인 반면, PSD함수를 통해 생성된 뜬침목 구간에서 반쪽 침목에 작용하는 하중은 최대 80 kN으로 양호한 구간 대비 1.86배 상승했음을 알 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 차량-궤도 상호작용 해석을 통해 뜬침목 발생구간에서 침목 저부에 작용하는 하중을 양호한 자갈궤도와 비교·검토하였다.

일정 간격으로 뜬침목이 모사된 경우에 비해 PSD 함수를 통해 뜬침목이 모사된 구간에서 침목 저부에 작용하는 하중이 약 1.3배 컸으며, 양호한 자갈궤도 구간 대비 침목 저부에 작용 하중이 1.86배 컸다.

따라서 실제 뜬침목 구간에서 열차 주행 시 충격량은 2배 또는 그 이상일 수 있으므로, 자갈궤도 품질 저하를 막기 위한 뜬침목 구간의 주기적인 관찰 및 이력관리가 필요하다고 판단된다.

후 기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(18RTRP-B065581-06)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] K.S. Shim, M.S. Kim, S.W. You, J.S. Shin, et al (2015) Unsupported sleepers maintenance of high speed railway ballast track, *Proceedings of the 2015 fall conference of the Korean Society for Railway*, yeosu, pp. 818-825.
- [2] ABDUR ROHIM BOY BERAWI (2013) Improving railway track maintenance using power spectral density (PSD), *PhD Thesis*, University of Porto