

열차 통과시 분기기 인근 소음진동 발생특성

Characteristics of Noise and Vibration emitted from Turnout System

임정빈† · 이홍기* · 박해동* · 엄기영** · 엄주환**

Jung-Bin Im, Hong-Ki Lee, Hae-Dong Park, Ki-Young Um and Ju-Hwan Um

Key Words : Turnout(분기기), Crossing(크로스), Noise(소음), Vibration(진동), Tilting Train(틸팅열차), Speed-Up(속도향상)

ABSTRACT

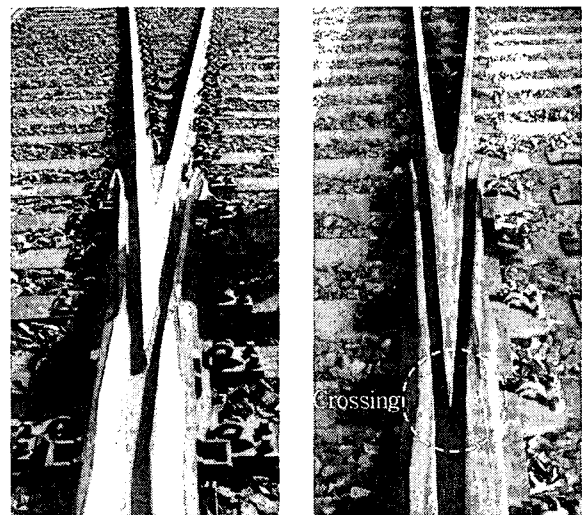
A turnout which permits trains to pass from one track to another has a disconnecting rail component, namely a crossing, so that noise and vibration are occurred abruptly when train is passing through it. In Korea, it is planned to adopt the high speed tilting train, which operates at the speed of 180 km/h, at the conventional line. However, for application of the tilting train, it is prerequisite to establish the stable turnout system allowing the tilting train to pass through it without reducing speed. This study was performed to evaluate noise and vibration emitted from the prototype turnout which is developed for speed-up of the conventional line. For the purpose, noise and vibration were measured at near the conventional turnout and the improved one, which is constructed at Waegwan station and Kumi station of Gyeongbu line, respectively.

1. 서 론

분기기(turnout system)는 궤도상에 주행하는 열차를 운행 목적에 맞게 2방향 이상의 타 궤도로 진입을 유도하는 역할을 하는 장치로서, 구조적으로 레일이 끊어진 부분(결선부, crossing)이 존재하게 된다. 주행열차의 차륜이 이러한 결선부를 통과할 때 차륜과 레일간의 급격한 운동변화로 인하여 충격진동과 소음, 레일과 차륜의 마모, 손상은 물론 최악의 경우에는 열차의 탈선사고까지 유발할 수 있으므로 국내에서는 분기기 통과속도를 130km/h로 제한하고 있다. 한국철도기술연구원에서는 기존선 속도향상에 관한 연구의 일환으로 180km/h의 속도로 운행하는 틸팅열차의 주행안정성이 확보될 수 있도록 기존 분기기를 개선한 개량분기기를 시험 부설하고 성능을 평가하고 있다⁽¹⁾.

본 연구는 분기기 성능개선에 관한 연구의 일환으로 열차 통과시 기존 분기기 및 개량 분기기에서 발생하는 충격진동과 소음의 특성을 파악하는데 목적이 있다. 이를 위해 Fig. 1과 같이 기존 분기기(#10 고정 망간크로스 50kg)가 부설되어 있는 경부선 왜관역과 개량 분기기(#10 고정 망

간크로스 60kg)가 부설되어 있는 경부선 구미역 구내에서 열차 통과시 소음진동을 측정하고 이를 평가하였다.



[Fig. 1] 시험 대상 분기기

2. 분기기 인근 소음진동 측정

2.1 측정 방법

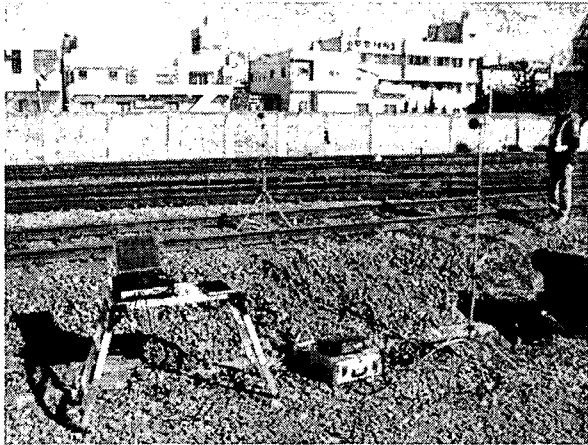
분기기 인근의 소음과 진동을 측정하기 위해 각각 마이크

† 알엠에스 테크놀로지(주)
E-mail : rmstech@rmstech.co.kr
Tel : (041)556-7600, Fax : (041)556-7603

* 알엠에스 테크놀로지(주)

** 한국철도기술연구원

로폰과 가속도계를 결선부(crossing)를 기준으로 4 m, 8 m, 그리고 16 m 이격지점에 설치하되, 현장 여건에 따라 불가능한 위치는 배제하였다. 그림 2는 개량분기기가 부설되어 있는 구미역에서의 측정전경을 나타낸 것이다.



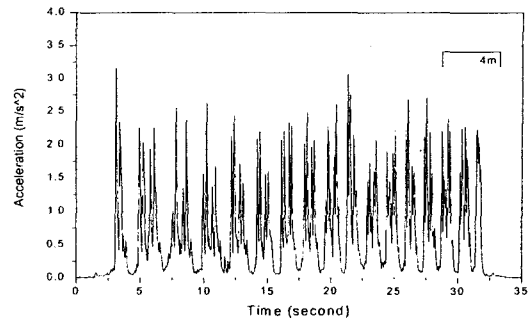
[Fig. 2] 분기기 인근 소음진동 측정 전경

2.2 열차 종류별 소음진동 발생 특성

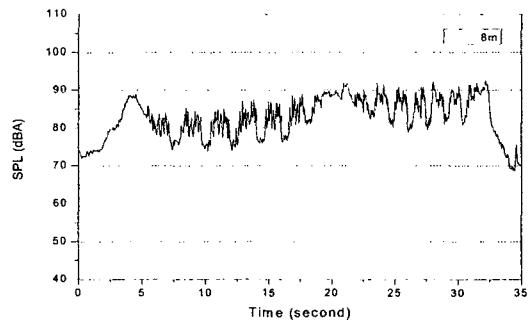
그림 3은 정차 후 출발하는 새마을호 열차(총 16량)가 분기기를 통과하는 동안 발생하는 진동과 소음의 시간이력선도를 나타낸 것으로, 이 때 열차의 평균속도는 46 km/h이다. 그림에서 통과시간동안 열차가 점차 가속하고 있음을 볼 수 있으며 동력차가 결선부를 지나갈 때, 특히 선두의 동력차가 지나갈 때 가장 큰 진동가속도를 나타내고 있다. 또한 소음의 경우 동력차가 위치한 맨 앞부분과 중간부분, 그리고 끝부분에서 크게 발생하고 있으며 결선부에서 발생하는 소음은 선두와 중간부분, 그리고 후미의 동력차소음에 비해 상대적으로 작은 값을 나타내고 있다.

그림 4는 역을 정차하지 않고 고속으로 통과하는 새마을호 열차(총 16량)에 대한 경우로서 통과속도는 116 km/h이다. 그림에서 진동가속도의 크기는 열차 후미의 동력차가 결선부를 통과할 때 가장 큰 값을 나타내며 소음은 중간부분의 동력차가 통과할 때 가장 큰 값을 나타낸다. 특히 정차 후 출발하는 경우와 비교하여 통과열차의 경우가 동력차 소음과 결선부 충격소음의 크기 차이가 미미하며 통과시간동안 전체적인 크기도 일정한 특징을 보이고 있다.

그림 5는 정차 후 출발하는 무궁화호 열차(총 8량)에 대한 경우로서 평균속도는 46 km/h이다. 그림 4의 새마을호 열차에 대한 경우와 마찬가지로 통과시간동안 열차가 점차 가속하고 있음을 볼 수 있으며 선두의 동력차가 지나갈 때 진동과 소음이 가장 크게 발생함을 나타내고 있다. 또한 결선부 충격소음은 동력차 소음에 비해 약 10 dB 정도 낮음을 볼 수 있다.

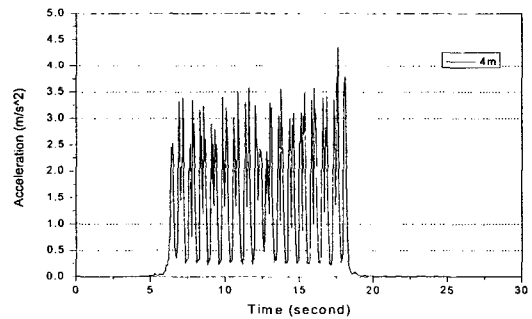


(a) 4 m 지점 수직방향 진동가속도

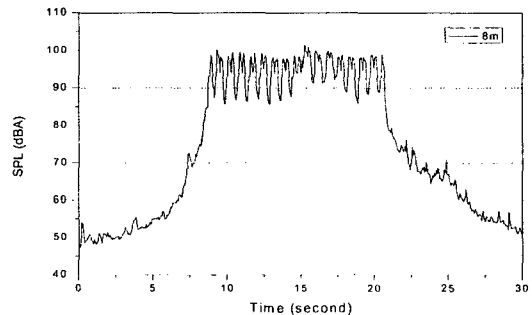


(b) 8 m 지점 음압레벨

[Fig. 3] 새마을호 정차 후 통과시(46 km/h) 분기기 인근 소음진동 시간이력선도

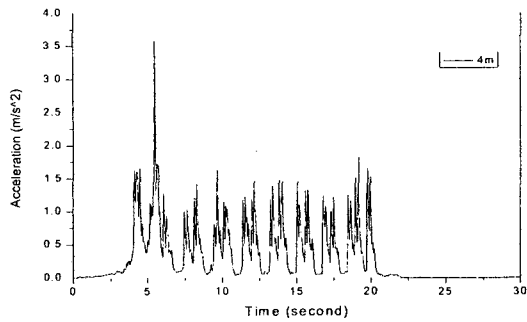


(a) 4 m 지점 수직방향 진동가속도

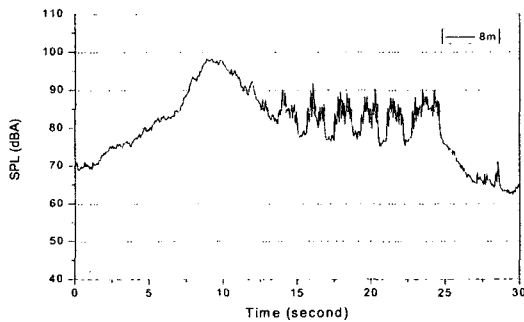


(b) 8 m 지점 소음레벨

[Fig. 4] 새마을호 고속 통과시(116 km/h) 분기기 인근 소음진동 시간이력선도



(a) 4 m 지점 수직방향 진동가속도



(b) 8 m 지점 소음레벨

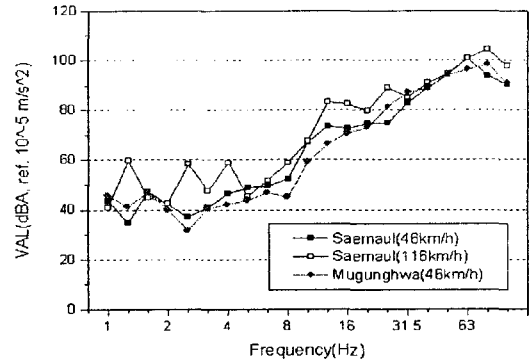
[Fig. 5] 무궁화호 정차 후 통과시(46 km/h) 분기기 인근 소음진동 시간이력선도

그림 6은 그림 3~그림 5에서 진동이 최대인 순간의 주파수 스펙트럼을 비교한 것으로, 통과속도가 높을수록 결선부에 가해지는 차량의 순간적인 충격력이 증가하여 대체로 전 주파수 대역에서 진동이 증가하며 분기기의 결선부로부터 4 m 지점에서 새마을호와 무궁화호 모두 63 Hz 부근의 주파수 대역에서 진동가속도가 최대임을 볼 수 있다.

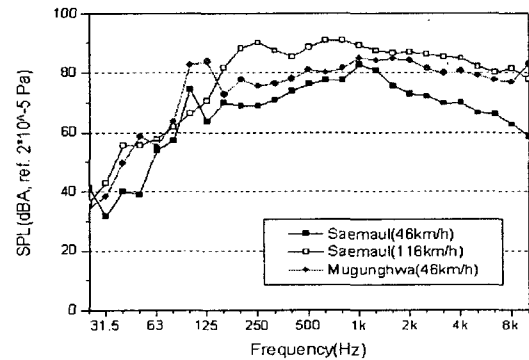
그림 7은 그림 3~그림 5에서 소음이 최대인 순간의 주파수 스펙트럼을 비교한 것으로, 서로 유사한 속도의 저속에서 상대적으로 무궁화호가 새마을호에 비해 전 주파수대역에서 소음도가 높으며 새마을호와 무궁화호 모두 100 Hz와 1 kHz 부근의 주파수대역에서 주된 소음이 발생하는 것으로 나타났다. 이 중 100 Hz~125 Hz 대역의 소음은 동력차의 엔진소음에 기인한 것으로 판단된다⁽²⁾. 고속으로 운행하는 새마을호의 경우는 전 주파수대역에서 소음도가 높아지며, 특히 250 Hz~1 kHz 대역에서 주된 소음이 발생함을 볼 수 있다. 또한 차량과 레일간의 마찰소음 및 공력소음의 증가로 인하여 저속의 경우와는 달리 100 Hz~125 Hz 대역의 엔진소음이 주된 소음이 되지 않음을 볼 수 있다.

그림 8은 결선부 충격소음의 주파수 스펙트럼을 나타낸 것으로 동력차 소음의 영향을 최소화할 수 있도록 객차 통과시의 측정 자료를 분석한 결과이다. 그림에서 저속으로 운행하는 새마을호와 무궁화호의 경우 주파수 특성이 서로 유사하며, 주로 250 Hz 대역에서 충격소음이 발생하는 것으로

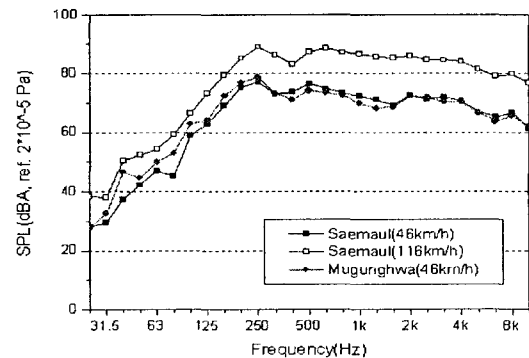
나타났다. 고속 운행하는 새마을호의 경우는 그림 7의 동력차 통과시의 결과와 유사함을 볼 수 있으며, 따라서 통과시 간동안 주파수 스펙트럼과 소음레벨이 거의 일정함을 알 수 있다.



[Fig. 6] 동력차 통과시 분기기 충격진동의 주파수 스펙트럼



[Fig. 7] 동력차 통과시 엔진소음의 주파수 스펙트럼



[Fig. 8] 객차 통과시 분기기 충격소음의 주파수 스펙트럼

2.3 개량 분기기의 소음진동 성능평가

구미역에 부설된 개량 분기기의 소음진동 저감성능을 평가하기 위하여 왜관의 기존 분기기와 상대적으로 비교 분석하였다. 앞에서 고찰한 바와 같이 동력차가 분기기를 통과하는 순간 결선부에서 충격진동이 최대로 발생하였으므로 새

마을호의 PMC동차와 무궁화호 및 화물차의 디젤동차로 구분하여 통과속도에 따라 비교를 하였다. 소음의 경우는 객차 통과시 결선부의 충격소음에 대하여 비교를 하였다.

그림 9는 이격거리 4 m에서 분기기 종류별 열차 통과시의 충격진동 발생량을 비교한 것으로, 기존 분기기에 비해 개량 분기기는 약 12 dB(통과속도 50 km/h 기준)의 진동 저감효과가 있는 것으로 나타났다. 기존 분기기의 경우 PMC동차와 디젤동차의 통과속도가 2배가 될 때 결선부 충격진동의 증가폭은 각각 2.4 dB, 7.4 dB로 디젤동차가 속도에 따른 진동의 증가폭이 보다 큰 것으로 나타났다.

그림 10은 이격거리 8 m에서 분기기 종류별 열차 통과시의 충격소음 발생량을 비교한 것으로, 기존 분기기에 비해 개량 분기기는 약 3 dB(통과속도 50 km/h 기준)의 소음저감효과가 있는 것으로 파악되었다. 기존 분기기의 경우 PMC동차와 디젤동차의 통과속도가 2배가 될 때 결선부 충격소음의 증가폭은 각각 7.4 dB, 11.3 dB로 디젤동차가 속도에 따른 소음의 증가폭이 보다 큰 것으로 파악된다. 그러나 개량 분기기에 대해서는 고속에서의 측정 자료가 충분치 못하여 경향성을 파악하기가 곤란하였다.

3. 결론

열차 통과시 분기기 주변지역에서 발생하는 충격진동과 소음의 특성을 고찰하였으며 그 결과는 다음과 같다.

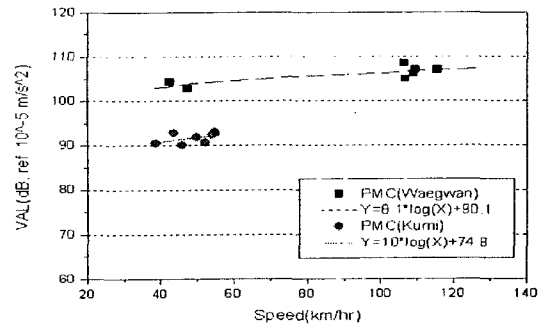
- 1) 동력차가 분기기의 결선부를 통과하는 순간에 진동과 소음이 가장 크게 발생하며, 저속에서는 동력차의 엔진소음이 충격소음보다 지배적이다.
- 2) 결선부의 충격에 의한 진동과 소음은 각각 63 Hz와 250 Hz 부근의 주파수대역에서 주로 발생한다.
- 3) 개량분기기는 기존분기기에 비해 통과속도 50 km/h의 저속에서 진동가속도레벨은 12 dB(이격거리 4m 기준), 충격소음레벨은 3 dB(이격거리 8m 기준)의 저감효과가 있다.
- 4) 결선부의 충격진동과 소음의 크기는 열차의 통과속도에 비례하며 PMC동차에 비해 디젤동차의 증가폭이 크다.

후기

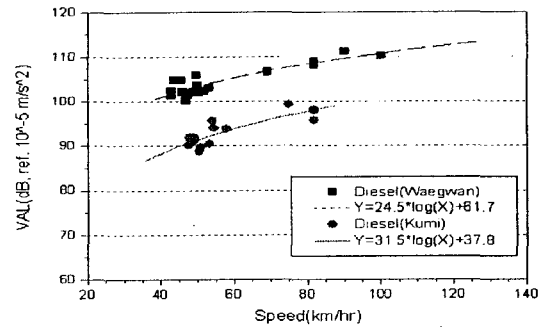
본 연구는 2005년도 건설교통부의 철도기술연구개발사업(기존선속도향상 실용기술개발)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) 한국철도기술연구원, “분기기 성능개선을 통한 기존 선 속도향상 방안 연구”, 5차년도 중간보고서, 2006. 7.
- (2) 강대준 외 3인, “재래식 철도소음 특성”, 한국소음진동공학회논문집 제15권 제5호, pp. 511~518, 2005.

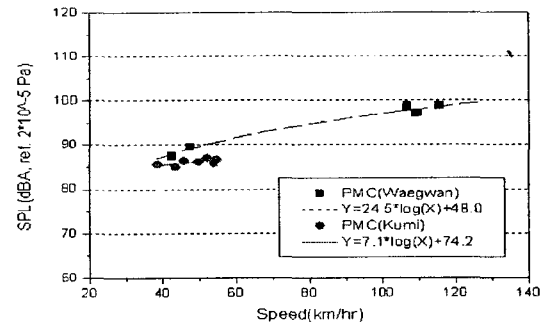


(a) 새마을호

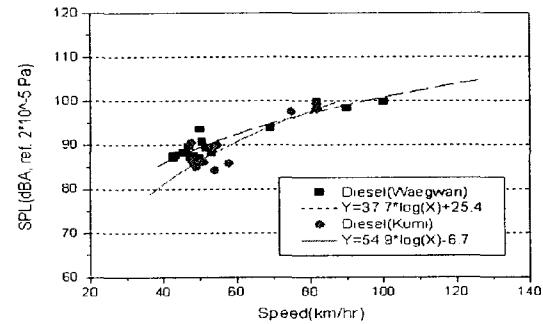


(b) 무궁화호, 화물차

[Fig. 9] 분기기 종류별 충격진동 발생량 비교



(a) 새마을호



(b) 무궁화호, 화물차

[Fig. 10] 분기기 종류별 충격소음 발생량 비교