

틸팅열차 및 기존열차의 분기기 통과시 발생하는 소음, 진동 발생 특성 Characteristics of Noise and Vibration emitted from Tilting and existing train pass through the Turnout system

박상곤^o, 정성근^{*}, 손성완^{*}, 엄기영^{**}, 엄주환^{**}

Sang-Gon Park, Seong-Geun Jeong, Sung-Wan Son, Ki-Young Um, Ju-Hwan Um

Key word : tilting train, turnout system, built-up crossing, manganese crossing

ABSTRACT

Turnout system is a mechanical installation enabling trains to be guided from one track to another which consists of point blades, common crossing and guard rail etc. These structural feature causes vibration, noise and damages while railroad car wheel is passes by. A tilting train is a train with a tilting mechanism that enables increased speed on regular railroad tracks. The aim of this paper is to study a characteristics of the shock-vibration and noise of tilting and existing train passes by turnout systems. To analyze and assesment, noise and vibration measurement was carried out at the Naesu-station of Chungbuk-line which equipped with cast manganese crossing and built-up crossing and Illo-station of Honam-line which equipped with cast manganese crossing.

1. 서 론

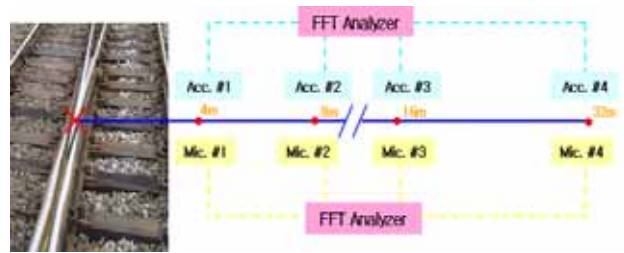
분기기는 궤도상의 주행차량을 인접한 다른 선로로 분기(分岐)시키기 위해, 또는 다른 궤도와 교차(交差)시키기 위해 설치되는 장치로서, 구조적으로 레일이 끊어진 부분(결선부, crossing)이 존재하게 된다. 이러한 분기부를 바퀴가 지날 때 충격, 소음, 파손, 손상 등이 심할 뿐 아니라 차량의 플랜지가 결선부에 빠져버리지 않도록 하기 위해 상대쪽 차륜을 잡아주는 가이드레일도 있어야 하는데 여기서도 충격과 소음이 크게 발생한다.

고속철도와 같이 열차의 고속화를 위해 개발된 틸팅열차는 새로운 노선의 신설 없이 기존 노선의 개량만으로도 열차 운행속도를 향상시킬 수 있다. 본 연구는 틸팅열차 운행시 분기기 구간에서 운행속도 개선을 위해 기존열차와 틸팅열차 통과시 분기기에서 발생하는 충격진동과 소음의 특성을 파악하는데 목적이 있다. 이를 위해 Fig. 1과 같이 망간 및 조립식 분기기가 설치된 충북선(내수역)과 망간 분기기가 설치된 호남선(일로역)에서 분기기 통과시 소음진동을 측정하고 이를 평가하였다.

2. 분기기 인근 소음진동 측정

2.1 측정 방법

분기기 인근의 소음과 진동을 측정하기 위해 각각 마이크로폰과 가속도계를 결선부(crossing)를 기준으로 4m, 8m, 16m, 32m 이격지점에 설치하되, 현장 여건에 따라 불가능한 위치는 배제하였다. 그림 1은 개량분기기가 부설되어 있는 구미역에서의 측정전경을 나타낸 것이다.



[Fig. 1] 분기기 인근 측정위치도



[Fig. 2] 분기기 인근 소음진동 측정 전경

2.2 틸팅차량의 소음진동 발생특성

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

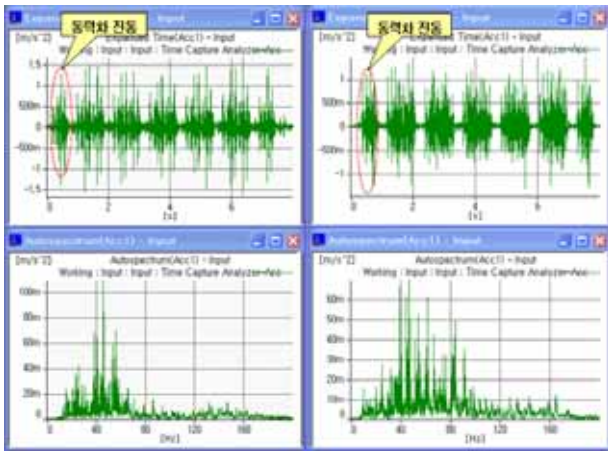
* 알엠에스 테크놀로지(주)

** 한국철도기술연구원

그림 3은 충북선 내수역에서 틸팅차량 운행시 분기기를 통과하는 동안 발생하는 진동의 크기를 각각 시간대역과 주파수대역의 overall값으로 나타낸 것이다. 이 때 열차의 평균속도는 65km/h이다.

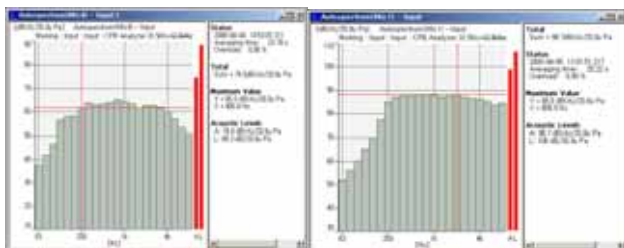
틸팅열차 운행시 충북선 내수역에 설치되어 있는 망간분기기와 조립식분기기에 대해 각각 측정된 진동특성을 살펴보면 망간분기기의 경우 약 60Hz이하 주파수대역에서 탁월성분이 발생하고 있으나 조립식분기기의 경우 100Hz 부근까지 고주파수대역의 성분이 지반을 통해 전달되고 있다. 이는 조립식분기기의 결선부에서 발생하는 충격성진동은 고주파수 대역의 진동 성분을 포함하고 있어 망간분기기에 비해 지반을 통해 전달되는 진동수준이 다소 높은 것과 관계가 있는 것으로 판단된다.

그림 4는 망간분기기와 조립식분기기에 대해 각각 측정된 소음특성으로 망간분기기의 경우 63~250Hz의 저주파 대역 소음은 완만히 상승하고 250Hz~4kHz 대역에서 고른 분포를 보이는 반면, 조립식분기기의 경우 250Hz 부근까지는 급격한 상승을 보이다가 250Hz~8kHz까지는 고른 분포를 보이고 있다. 이는 진동과 유사하게 조립식분기기의 결선부에서 발생하는 충격성소음이 고주파수 대역 성분을 포함하고 있기 때문으로 판단된다.



(a) 망간분기기 (b) 조립분기기

[Fig. 3] 분기기 통과시(65 km/h) 4m 지점에서의 진동 특성



(a) 망간분기기 (b) 조립분기기

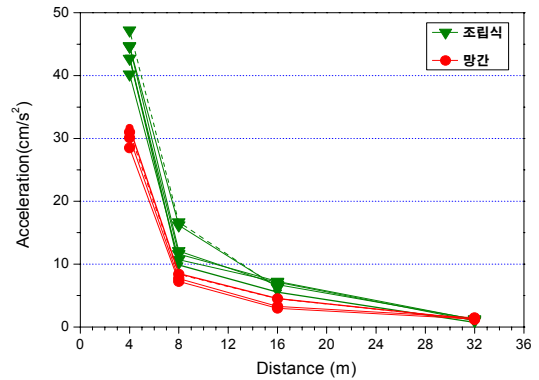
[Fig. 4] 분기기 통과시(65 km/h) 4m 지점에서의 소음 특성

2.3 분기기별 소음진동 특성평가

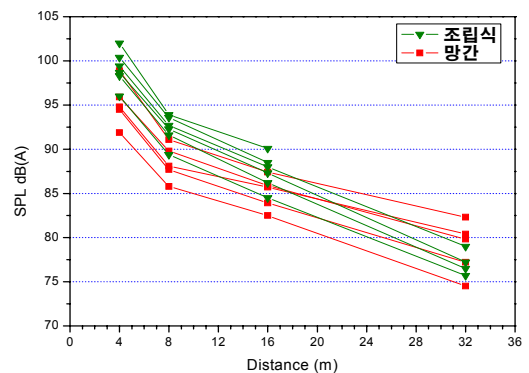
충북선(내수역)에 설치된 조립 크로싱과 망간 크로싱 타입 분기기에 따른 틸팅차량의 진동 특성을 분석하여 보면 그림 5와 같다. 분기기 결선부의 충격성 진동수준은 조립식 분기기보다 망간분기기가 더 낮다. 4m 지점에서의 수준을 비교하여 보면 조립식분기기의 경우 최대 47.2 cm/s²이지만 망간분기기에서는 최대 31.7cm/s²으로 약 32%정도 낮은 수준을 보였으나 분기기로부터 거리가 멀어질수록 진동수준은 차이가 없었다. 그림 6은 분기기 타입에 따른 무궁화 운행시 진동수준을 나타낸 그래프이며, 조립식분기기에서 진동수준이 높게 나타나고 있다.

분기기별 소음은 조립식분기기보다 망간분기기 소음이 낮았다. 4m 지점에서의 수준을 비교하여 보면 조립식분기기의 경우 최대 102.0 dB 이지만 망간분기기에서는 최대 98.9 dB(A) 으로 약 3dB정도 낮은 수준을 보였으나 분기기로부터 거리에 따른 감쇠율은 조립식 분기기가 더 높아 32m 지점 소음도는 망간분기기 소음이 더 높게 나타났다.

그림 6은 분기기 타입에 따른 무궁화 열차 운행시 소음수준을 나타낸 그래프이며, 조립식 분기기보다 통과속도가 다소 높은 망간분기기에서 소음수준이 높게 나타나고 있다.

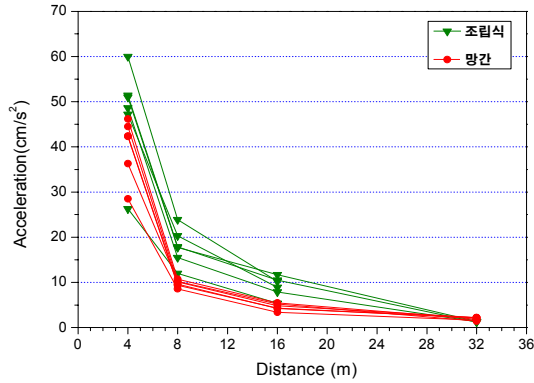


(a) 진동 수준 비교

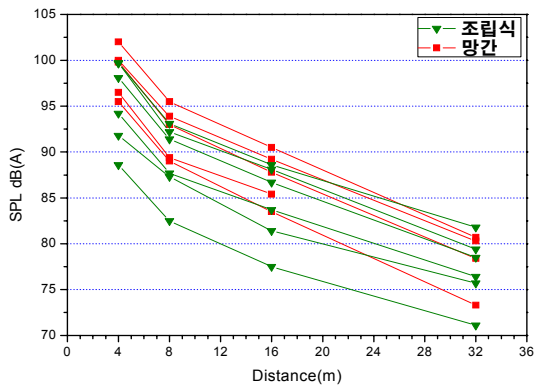


(b) 소음 수준 비교

[Fig. 5] 분기기 타입에 따른 틸팅차량의 소음진동 수준비교



(a) 진동 수준 비교

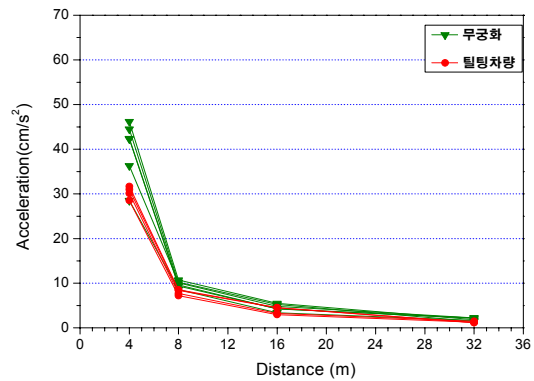


(b) 소음 수준 비교

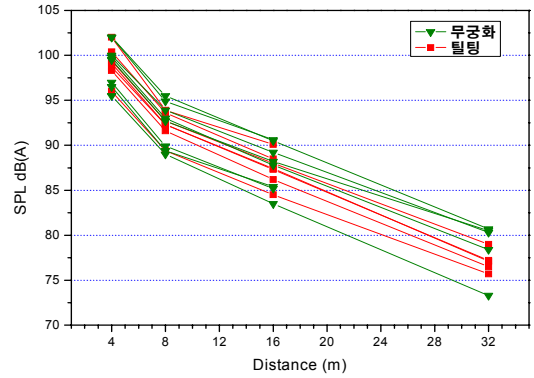
[Fig. 6] 분기기 타입에 따른 무궁화의 소음진동 수준비교

2.4 열차별 소음진동 특성평가

동일 분기기를 통과하는 열차 종류에 따른 소음진동수준을 분석하여 보면 그림 7와 같다. 먼저 망간 크로싱 타입 분기기를 통과하는 무궁화와 틸팅차량의 충격성 진동수준을 비교하여보면 4m 지점에서 틸팅차량의 경우 최대 31.7cm/s² 이고, 무궁화의 경우 최대 46.2cm/s²로 약 31.4%가량 틸팅차량의 진동수준이 낮았다. 소음수준을 비교하여 보면 4m 지점에서 평균 소음도는 무궁화 95.6 dB(A), 틸팅 95.2 dB(A) 로 오차 범위 이내에서 유사한 것으로 나타났다.



(a) 진동 수준 비교



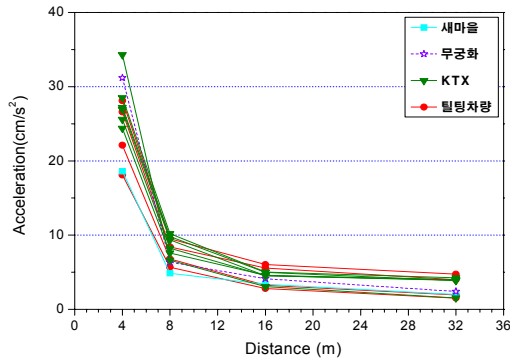
(b) 소음 수준 비교

[Fig. 7] 열차별 소음진동 수준비교-1(충북선-망간)

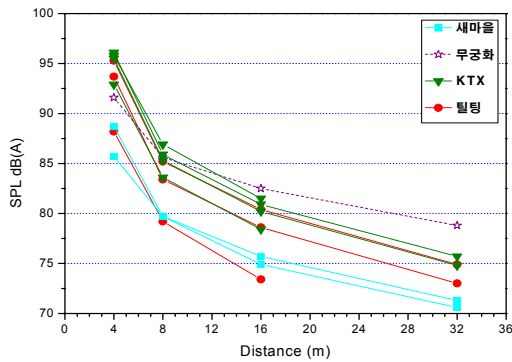
호남선(일로역)에 설치된 망간 크로싱 타입 분기기를 통과하는 열차 종류에 따른 소음진동수준을 분석하여 보면 그림 8과 같다. 틸팅차량의 경우 최대 28.1cm/s²의 충격성 진동을 보였을때 틸팅차량의 운행속도는 약 120Km/h이었으나, 새마을이나 무궁화의 경우 일로역에 정차를 위해 주행속도를 줄이며 측정지점을 통과하였다. 따라서 비슷한 운행속도로 분기기 통과시 진동측정한 결과를 비교하면 4m 지점에서 새마을의 경우 최대 18.6cm/s²(약 45Km/h)이며 틸팅차량의 경우 최대 18.1cm/s²(약 53Km/h)으로 약 2.7%정도 낮은 수준이었고, 무궁화의 경우 최대 34.3 cm/s²(약 44Km/h)으로 약 47.2%가량 틸팅차량의 진동수준이 낮았다. 또한 KTX(고속철도)의 운행속도는 약 130~140Km/h로 틸팅차량의 운행속도 53~120Km/h 중 유사한 운행속도로 분기기 통과시 진동수준을 비교하여 보면 4m 지점에서 KTX의 경우 28.5cm/s²이며 틸팅차량의 경우 최대 28.1cm/s²로 비슷한 진동수준을 보였으며 8m, 16m, 32m 지점에서도 비슷한 수준을 보였다.

열차 종류에 따른 소음을 분석하여 보면 틸팅차량의 경우 최대 95.3 dB(A)의 소음을 보였을때의 속도는 약 112Km/h이었으나 새마을이나 무궁화의 경우 일로역에 정차 후 속도를 가속하며 측정지점을 통과하였다. 따라서 비슷한 속도의 소음측정 결과를 비교하면 4m 지점에서 새마을 88.7~85.7 dB(A) (약 45Km/h), 틸팅 88.2 dB(A) (약 53Km/h), 무궁화 86.1~91.6dB(A) (약 43Km/h)으로 세 차종의 소음도는 유사하게 나타났으나 틸팅차량의 속도가 약 10km/h 정도 높아 다른 차종에 비해 상대적으로 양호한 소음수준으로 판단된다.

KTX의 운행속도는 약 130~140Km/h로 틸팅차량의 운행속도 53~120Km/h 중 유사한 운행속도에서 소음수준을 비교하여 보면 4m 지점에서 KTX 92.9 dB(A)(132km/h), 틸팅 93.7 dB(A)(120km/h) 로 비슷한 소음수준을 보였으며 8m, 16m, 32m 지점에서도 비슷한 수준을 보였다.



(a) 진동 수준 비교



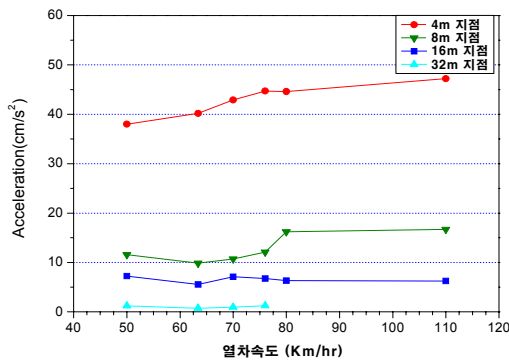
(b) 소음 수준 비교

[Fig. 8] 열차별 소음진동 수준비교-2(호남선-망간)

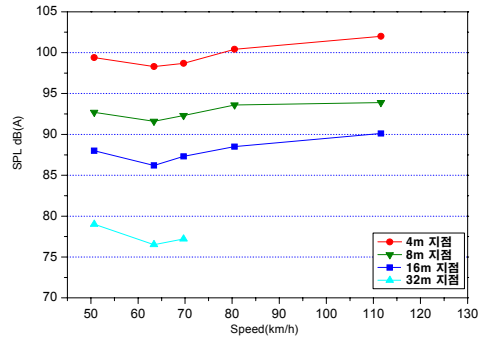
2.5 속도별 티팅차량의 소음진동 특성평가

티팅차량의 운행속도에 따른 충격성 진동의 변화추이를 분석한 결과는 그림 20이다. 티팅차량의 저속운행(50~70 Km/h)시 운행속도에 따른 진동수준변화는 차이가 미미하나 고속운행(110~120km/h)시 저속운행(50~70Km/h)때보다 약 20%정도의 진동수준이 높아졌다.

소음의 변화를 분석한 결과 조립식 분기기에서의 소음은 대체로 속도에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 다만 50km/h 정도의 저속 운행시 소음도는 약 70~80km/h 일 때와 유사한 소음도를 나타내고 있는데, 이는 열차소음을 구성하는 분기기와 차륜의 충격소음, 전동차 소음 및 공력 소음 중 저속으로 이동하는 차륜이 분기기에 닿는 순간의 충격이 70km/h 이하로 운행할 때보다 크기 때문으로 분석된다.



(a) 진동 수준 비교



(b) 소음 수준 비교

[Fig. 9] 속도별 소음진동 수준비교

3. 결론

기존선로를 이용한 고속열차로 개발중인 티팅열차의 시험 운행시 분기기 인근에서 소음과 진동을 측정하여 기존 열차들과 소음진동 특성을 고찰하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 티팅차량의 분기기 통과시 망간분기기에 비해 조립식 분기기의 결선부에서 발생하는 충격성 소음과 진동으로 인해 고주파수대역의 탁월성분(진동은 40~100Hz, 소음은 250Hz~8kHz)이 나타난다.
- 2) 망간분기기에 비해 조립식 분기기에서 4m 지점에서 소음은 약 3dB가량 낮은 수준이었으며, 진동은 약 15.5cm/s² (32%)가량 낮은 수준을 보였으나 분기기로부터 거리가 멀어질수록 그 차이는 낮아졌다.
- 3) 망간분기기를 통과시 티팅차량은 무궁화에 비해 진동은 약 31%가량 낮았으며, 소음은 비슷한 수준을 보였다. 고속으로 운행하는 KTX와 티팅차량은 분기기 통과시 발생하는 소음과 진동수준은 비슷한 수준을 보였다.
- 4) 티팅차량은 저속운행(50~70 Km/h)시 운행속도에 따른 진동수준변화는 차이가 미미하나 고속운행(110~120km/h)시 저속운행(50~70Km/h)때보다 약 20%정도의 진동수준이 높아졌으며, 소음수준은 대체로 속도에 비례하여 증가하였다.

후기

본 연구는 2006년도 건설교통부의 철도기술연구개발사업(기존선속도향상 실용기술개발)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- (1) 한국철도기술연구원, “분기기 성능개선을 통한 기존 선 속도향상 방안 연구”, 6차년도 보고서, 2007. 9.
- (2) 강대준 외 3인, “재래식 철도소음 특성”, 한국소음진동공학회논문집 제15권 제5호, pp. 511 ~ 518, 2005.