

연구노트

기존 및 개량 고속분기기의 소음특성 평가에 대한 사례연구

엄기영 · 엄주환 · 이진형

한국철도기술연구원 기존철도기술개발사업단 인프라기술개발팀
(2006년 10월 18일 접수, 2006년 12월 15일 승인)

A Case Study on the Evaluation of Noise Characteristics Around the Conventional, Improved and High-speed Turnout System

Ki-Young Eum · Ju-Hwan Um · Chin-Hyung Lee

KCR infrastructure Development Team, Conventional Rail Engineering Corps, Korea Railroad Research Institute
(Manuscript received 18 October 2006; accepted 15 December 2006)

Abstract

A turnout system which permits trains to pass from one track to another consists of the switch, the crossing, lead rails which are necessary to connect the switch and the crossing, two guard rails and a switch machine for operating the switch. A turnout is the sole moving part among the railway components and has complex configuration, so the safety has always been raised an issue.

In Korea, it is planned to adopt the high speed tilting train, which operates at the maximum speed of 180km/h, at conventional lines by the year of 2010. However, for the application of the tilting train to conventional lines, it is prerequisite to establish a stable turnout system allowing the tilting train to pass through it without reducing speed. Therefore, the improved turnout system for the speed-up of conventional lines has been developed and the prototype of the turnout system has been constructed.

In this study, evaluation of noise characteristics around the improved turnout system was performed through the field measurements. Field measurements of noise around the conventional and the high-speed turnout system were also carried out for the comparison.

Key words : improved turnout system, noise, tilting train, speed-up

1. 서론

철도운행에 있어 분기기(turnout system)는 열차를 주행선로에서 이웃한 선로로 이동시키는 매우 중요한 역할을 수행하는 장치로써 포인트부, 리드부, 그리고 크로스부로 이루어져 있다. 그러나 분기기는 레일 주변설비 중 유일한 가동부로 구조도 복잡하고 천이과정 중 결선부에서 차륜, 레일간의 급격한 운동 변화가 필연적으로 발생되어 안전성 문제와 반복되는 통과열차의 충격하중에 의한 소음진동문제가 항상 거론되고 있다 (서사범, 1999). 실제로, 국외에서도 차량의 탈선사고가 빈번히 발생하는 취약부위이기도 하다. 또한 차량, 궤도, 통신, 그리고 전기 분야 등 분기기는 각각 다른 기능을 수행하는 매우 복잡한 장치들의 조합 시스템이므로 각각의 단위개체들의 최적화만으로는 분기기의 전반적 성능을 향상시키는 힘들며 이들에 대한 통합 기술의 확보가 필수적이다. 우리나라 철도는 기존선의 최고운행속력을 200km/h까지 향상 시키는 계획을 수립하고, 곡선부가 많은 우리나라 지형에 적합한 최고운행속력 180km/h의 틸팅열차를 개발 중이다. 그러나 국내외에서 발생하는 열차 사고사례의 상당수가 분기기와 관련이 있을 만큼 분기기에서는 대형사고가 빈번하여 각국의 철도기관에서도 이를 취약부로 분류하여 엄격히 관리하고 있고, 사고를 감소시키고자 우리나라 규정에서도 분기기의 직선 측 최대 통과속력을 130km/h로 제한시키고 있다. 현재로서는 기존선 차량 최고주행 속도 140km/h와 불과 10km/h의 차이만 가지고 있어 전체 선로운영 효율측면에서 큰 문제가 되고 있지는 않으나 계획대로 운행 최고속력이 증가된다면 점차 격차가 벌어지게 되어 선로운영에 큰 차질이 빚어질 것으로 예상된다. 반면 이 규정을 무시하고 분기기 통과속력을 증가시킨다면 차량의 안전성은 더 이상 보장할 수 없게 될 것이다.

따라서 틸팅열차의 직선 측 분기기에서의 속력향상을 위해 기존의 분기기를 개선하여 보다 성능이 향상된 개량분기기를 개발하는 연구가 활발히 진행 중이며, 현재 구미역에 그 시제품이 부설되어 있다 (한국철도기술연구원, 2003, 2004). 그러나 개량분

기기 부설에 따른 분기기인근의 소음특성에 관한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구는 현장측정실험을 통하여 기존 분기기와 개량분기기의 소음특성을 비교분석하여 향후 개선 대책을 제시하고자한다.

II. 개량분기기 인근 소음 측정

기존선의 속력 향상을 위해 시험 부설된 개량분기기의 성능 중 소음특성을 평가하기 위해 각각 기존분기기(#10 고정 망간크로싱, 50kg), 개량분기기(#10 고정 망간크로싱, 60kg), 그리고 고속분기기(노스가동형)가 부설되어 있는 왜관역, 구미역, 그리고 황간역에서 열차 통과 시 발생하는 분기기 인근의 소음을 측정하였다. 그림 1은 각 역에 부설되어 있는 시험대상 분기기를 나타낸 것이다.



(a) Conventional turnout



(b) Improved turnout



(c) High-speed turnout

Fig 1. Test turnouts

1. 측정방법

분기기 인근의 소음을 측정하기 위해 그림 2에 나타난 바와 같이 측정 장비를 구성하였다. 소음측정은 마이크로폰을 이용하였으며, 마이크로폰의 위치는 기본적으로 크로싱부(crossing)를 기준으로 4m,

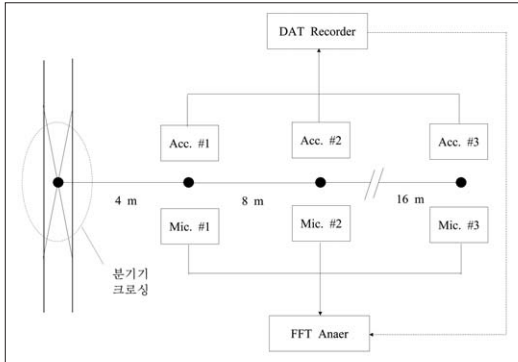


Fig 2. Instrumentation

Table 1. Specification of the measurement apparatus

명 칭	모델명	제조회사
주파수 분석기 (FFT Analyzer)	Pulse 3260C	B&K
데이터 레코더 (DAT Recorder)	PC204AX	SONY
가속도계 (Accelerator)	3191A	Dytran
	731A	Wilcoxon Research
마이크로폰 (Microphone)	40AR	G.R.A.S
	2559	Lason Davis
기준음 발생장치 (Sound Calibrator)	CAL200	Lason Davis



Fig. 3. View of measurements

8m, 그리고 16m 이격지점에 설치하되 현장 여건에 따라 불가능한 위치는 배제하였다. 주요센서 및 측정장비의 제원은 표 1에 나타내었다. 측정은 이격거리별로 동시에 수행하였으며, 그림 3에 측정 전경을 나타내었다.

2. 측정결과

그림 4는 왜관역에서 정차 후 출발하는 새마을호 열차(총 16량)가 분기기를 통과하는 동안 발생하는 소음의 크기를 8m의 이격지점에서 주파수대역의 overall 값으로 나타낸 것이다. 이 때 열차의 평균속력은 46 km/h 이다. 결과에서 동력차가 위치한 맨 앞부분과 중간부분, 그리고 끝부분에서 소음이 크게 발생하며 가속이 될 수록 전체적인 소음도가 높아지고 있음을 알 수 있다. 동력차의 처음, 중간 그리고 마지막 부분의 평균소음도는 각각 88(dBA), 92(dBA) 그리고 92(dBA)이다. 크로싱부에서 발생하는 소음은 선두와 중간부분 그리고 후미의 동력차 소음에 비해 상대적으로 작은 값이며 크로싱부에서 충격이 발생할 때마다 톱니모양으로 변동하는 충격 소음의 형태를 나타내고 있음을 알 수 있다. Fig. 5는 왜관역을 통과하는 새마을호 열차(총 16량)에 대한 경우로서 통과속력은 112km/h이다. 결과에서 중간부분의 동력차가 통과할 때 소음이 가장 큰 값을 나타냄을 알 수 있다. 동력차의 처음, 중간 그리고 마지막 부분의 평균소음도는 각각 100(dBA), 102(dBA) 그리고 98(dBA)이다. 특히 정차 후 출발하는 경우와 비교하여 통과열차의 경우가 동력차 소음과 결선부 충격소음의 크기 차이가 미미하며 통과 시간동안 전체적인 크기도 일정한 특징을 보이고 있음을 알 수 있다. Fig. 6은 왜관역에서 정차 후 출발하는 무궁화호 열차(총 8량)에 대한 경우로서 평균 통과속력은 48km/h이다. 결과에서 동력차가 통과할 때 소음이 가장 크게 발생하며 결선부 충격소음은 동력차 소음에 비해 상대적으로 작은 값을 나타낸다. 동력차의 평균소음도는 98(dBA)이다. Fig. 7은 황간역을 통과하는 무궁화호 열차(총 8량)에 대한 경우로서 통과속력은 94km/h이다. 결과에서 소음은 선두의 동력차 및 후미의 객차가 통과할 때 가

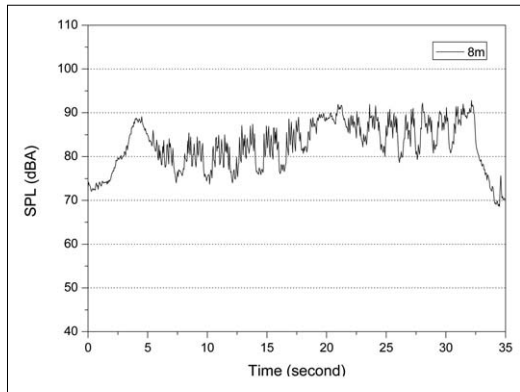


Fig. 4. Measurement results of conventional turnout (Saemaul train - 46km/h)

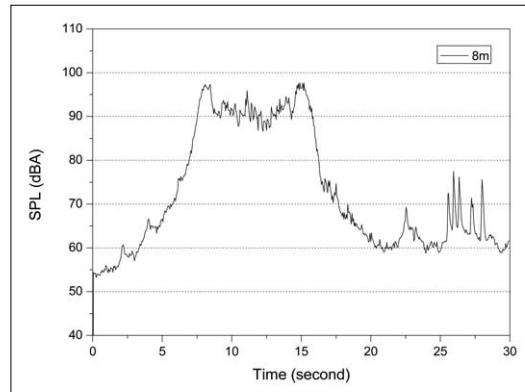


Fig. 7. Measurement results of high-speed turnout (Mugunghwa train - 94km/h)

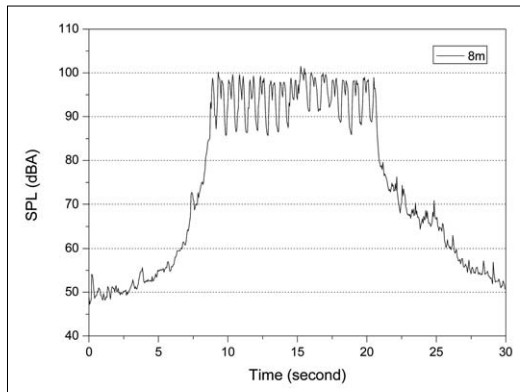
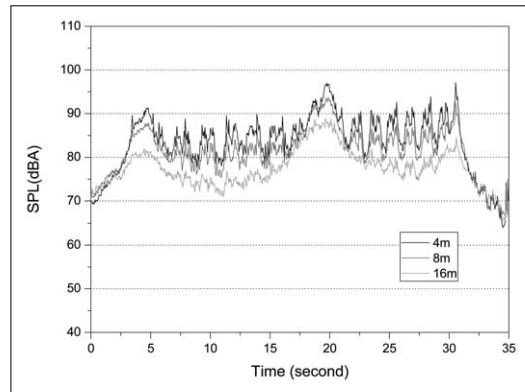


Fig. 5. Measurement results of conventional turnout (Saemaul train - 112km/h)



(a) Saemaul train - 48km/h

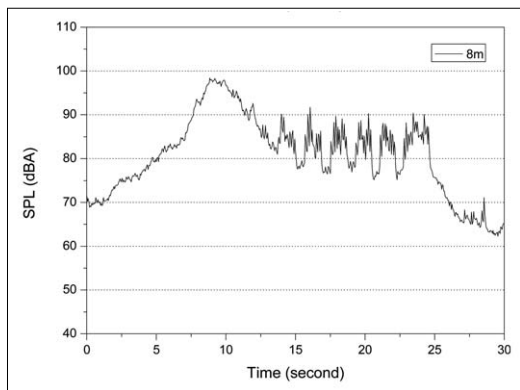
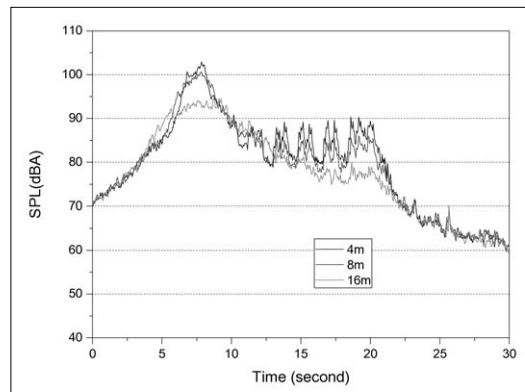


Fig. 6. Measurement results of conventional turnout (Mugunghwa train - 48km/h)



(b) Mugunghwa train - 49km/h

Fig. 8. Measurement results of improved turnout

장 큰 값을 나타내며, 열차 중간부 통과 시 구분되는 결선부 충격소음은 열차 선두와 후미의 소음에 비해 상대적으로 작은 특징을 보이고 있음을 알 수 있다.

동력차와 객차의 평균소음도는 각각 97(dBA)와 98(dBA)이다. Fig. 8은 구미역에서 정차 후 출발하는 새마을호 열차와 무궁화호 열차에 대하여 분기

통과 시 발생하는 소음의 overall 값을 이격거리별로 측정한 결과이다. 이 때 새마을호의 평균속력은 48km/h이고 무궁화호의 평균속력은 49km/h이다. 결과에서 분기기 통과속력은 새마을호와 무궁화호가 서로 유사하지만 무궁화호의 동력차 소음이 새마을호에 비해 상대적으로 높음을 볼 수 있다. 또한 분기기로부터 거리가 멀어질수록 동력차 소음이 크로싱부 충격소음보다 더욱 지배적(dominant)이 됨을 볼 수 있다. 이는 크로싱부 충격소음의 거리 감쇠량이 동력차 소음보다 크기 때문으로, 따라서 철도변에 인접한 거주 지역에서 느끼는 소음은 크로싱부 충격소음보다는 동력차 소음이 주가 됨을 알 수 있다. 또한 새마을호 통과 시 8m 이격거리에서의 동력차의 처음, 중간 그리고 마지막 부분의 평균소음도는 각각 88 (dBA), 93(dBA) 그리고 92(dBA)이며, 무궁화호 통과시의 동력차의 평균소음도는 99(dBA)이다.

III. 개량분기기의 소음 성능평가

열차 종류별, 그리고 통과속력별로 이격거리에 따라 측정된 분기기 인근의 소음측정결과를 바탕으로 하여 분기기 종류에 따른 소음 발생량을 정량화하고 개량 분기기의 성능을 평가하였다. 소음 측정자료는 통과시간동안의 최대값과 크로싱부 충격소음의 최대값으로 구분하여 음압레벨(SPL; Sound Pressure Level)로 아래식을 이용하여 정량화하였다(강대준, 1997; 주진수, 박병전, 1998; 환경부, 2003).

$$SPL = 20 \log \frac{P}{P_{ref}} (dB)$$

여기서 p : 음압의 실효값, p_{ref} : 음압의 최저 가청한도(= $2 \times 10^{-5} Pa$)

1. 분기기종류별 소음 발생량

Fig. 9는 분기기로부터 8m 이격거리에서의 최대 소음도를 선형보간하여 분기기 종류별로 비교한 결과이다. 결과에서 분기기 종류에 따른 최대소음도의 차이가 명확히 구분되지 않음을 볼 수 있는데, 이는

열차 통과시간동안 발생하는 소음의 최대값이 크로싱부의 충격소음 뿐만 아니라 차량별 특성에 따른 동력차 소음에 기인하기 때문에 분기기의 종류에 따라 달라지는 않는 것으로 판단된다. Fig. 10은 분기기로부터 8m 이격거리에서의 소음측정 자료 중 크로싱부의 충격소음만 분리하여 분기기 종류별로 비교한 결과이다. 앞에서 열차 통과시간동안 발생한 최대소음도를 비교한 결과에 비해 분기기 종류별 소음도의 차이가 비교적 명확히 구분됨을 볼 수 있으며, 왜관 > 구미 > 황간의 순으로 소음발생량이 높음을 알 수 있다. 특히 개량 분기기는 저속(50km/h)에서 기존 분기기에 비해 3dB의 소음저감효과가 있는 것으로 나타났으나, 100km/h 이상의 고속에서는 구미역에서의 측정자료가 충분치 못하여 경향성 파악이 곤란하였다. Fig. 11은 분기기 종류에 따른 구분 없이 분기기로부터 8m와 16 m이격거리에서

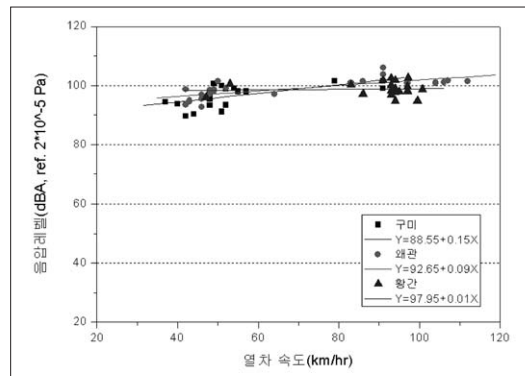


Fig. 9. Noise generation of maximum noise level

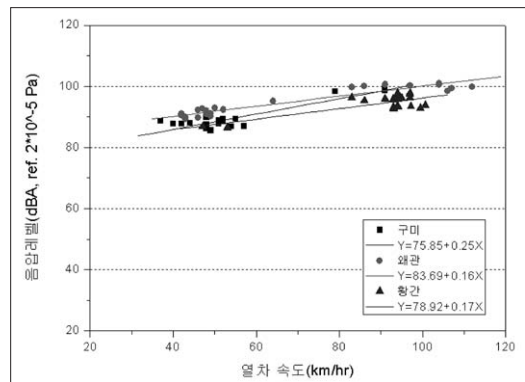
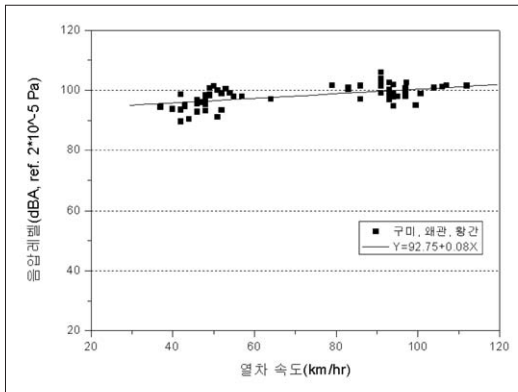
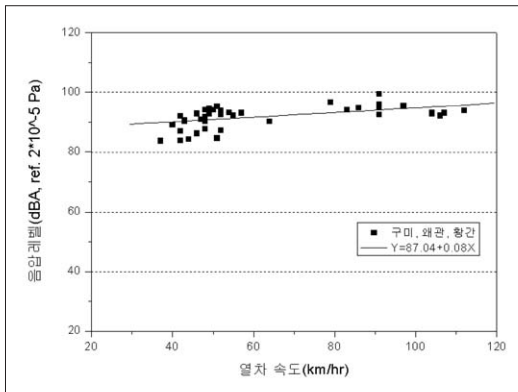


Fig. 10. Noise generation of impact noise level at the crossing



(a) Separation length(8m)



(b) Separation length(16m)

Fig. 11. Damping of noise generation

통과시간동안의 최대 소음도를 선형보간하여 비교한 결과이다. 결과에서 이격거리가 2배 되었을 때 소음도는 6dB 감소하는 특징을 나타내었다.

IV. 결론

본 연구에서는 기존선 속도 향상을 위해 시험 부설된 개량 분기기의 성능을 입증하고자, 기존/개량/노즈가동 분기기 인근에서의 소음측정결과를 비교 분석하여 개량된 분기기의 소음발생수준을 평가하였다. 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) 분기기 크로싱부에서 발생하는 소음은 동력차 소음에 비해 상대적으로 작은 값이며, 결크로싱부에서 충격이 발생할 때마다 톱니모양으로 변동하는 충

격소음의 형태를 나타낸다.

(2) 분기기 통과시의 충격소음만 구분하여 비교할 경우 소음발생량은 기존분기기 > 개량분기기 > 고속 분기기의 순으로 나타나며, 고속분기기 및 개량분기기가 기존분기기에 비해 소음저감효과가 발생함을 알 수 있다.

(3) 분기기 인근의 소음은 분기기로부터 거리가 멀어질수록 동력차 소음이 크로싱부 충격소음보다 더욱 지배적이 된다. 이는 크로싱부 충격소음의 거리 감쇠량이 동력차 소음보다 크기 때문이다.

(4) 분기기 인근의 소음은 크로싱부의 충격소음과 동력차소음이 문제가 되므로 주택밀집지역에 분기기를 부설할 때에는 고속분기기 및 방음벽을 설치하여 충격소음 저감 및 동력차의 소음을 차단하는 것이 필요하다.

참고문헌

강대준, 1997, 철도소음과 그 영향, 한국소음진동공학회지, 7(5), 827-836.
 김기환, 박춘수, 정경렬, 1999, Wheel/Rail 접촉점의 Parameter에 관한연구, 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, 155-160.
 서사범, 1999, 선로공학, 삶과꿈.
 주진수, 박병전, 1998, 평탄부 선로에서 철도소음의 전파예측에 관한 연구, 한국소음진동공학회지, 8(1), 187-194.
 한국철도기술연구원, 2003, 분기기 성능개선을 통한 기존선 속도향상 방안 연구, 한국철도기술연구원.
 한국철도기술연구원, 2004, 틸팅차량 투입선로의 선로성능평가 및 분석(II), 한국철도기술연구원.
 환경부, 2003, 소음·진동공정시험방법, 환경부 고시 제2003-221호, 환경부.