기존선 분기기시스템 인근 소음측정 및 분석

Evaluation of Noise Characteristics around the Conventional Turnout System through the Field Measurements

신한철* 엄기영** 박용걸***
Shin, Han-Chul Eum, Ki-Young Park, Yong-Gul

ABSTRACT

A turnout system which permits trains to pass from one track to another is a combination 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. 서 론

분기기는 레일 주변설비 중 유일한 가동부로 구조도 복잡하고 천이과정 중 결선부에서 차륜, 레일간의 급격한 운동변화가 필연적으로 발생되어 안전성 문제와 반복되는 통과열차의 충격하중에 의한 소음진동 문제가 항상 거론되고 있다. 또한 차량, 궤도, 통신, 그리고 전기 분야 등 분기기는 각각 다른 기능을 수행하는 매우 복잡한 장치들의 조합 시스템이므로 각각의 단위 개체들의 최적화만으로는 분기기의 전반적 성능을 향상시키기는 힘들며 이들에 대한 통합 기술 중 유일한 가동부로 구조도 복잡하고 천이과정 중 차륜, 레일간의 급격한 운동변화가 필연적으로 발생되어 안전성 문제가 항상 거론되고 있다.

분기기에서는 대형사고가 빈번하여 외국의 철도기관에서도 취약부로 분류하여 엄격히 관리하고 있고, 우리나라 규정에서도 분기기의 통과속도를 제한하고 있다. 현재로서는 기존선 열차 최고주행 속도 140km/h와 불과 10km/h의 차이만 가지고 있어 전체 선로운영 효율측면에서 큰 문제가 되고 있지는 않으나 계획대로 운행 최고속도가 증가된다면 점차 격차가 벌어지게 되어 선로운영에 큰 차질이 빚어질 것으로 예상된다. 반면 이 규정을 무시하고 분기기통과속도를 증가시킨다면 열차의 안전성은 더 이상 보장할 수 없게 될 것이다.

* 정회원, 서울특별시 기술심사담당관, 철도기술사
E-mail : hans@seoul.go.kr
TEL : (02)3707-8010 FAX : (02)3707-8529
** 정회원, 한국철도기술연구원, 책임연구원, 공학박사
*** 정회원, 서울산업대학교, 철도건설공학과 주임교수, 공학박사

본 연구에서는 기존선 분기기시스템 인근에서 소음측정결과 분석, 분기기 시스템별, 열차종류별, 거리별, 속도별 특성 분석을 통하여 소음발생수준에 대하여 비교·분석을 수행하였다.

2. 분기기 인근 소음 측정

분기기 시스템은 크로싱부에서 열차 운행시 결선부에서 열차 충격으로 인하여 인근 지역에 소음이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 충북선 구간에서 조립 크로싱과 망간 크로싱 타입의 분기기가 설치된 내수역과 호남선 구간에서 망간 크로싱 분기기가 설치된 일로역에서 시험운행 중인 틸팅열차 뿐만 아니라 새마을, KTX, 무궁화, 화물열차 운행시 분기기 인근의 소음을 측정 분석하였다.

2.1 분기기 크로싱부 소음 측정 방법

분기기 인근 소음 측정을 위한 센서의 설치 위치는 아래 그림에 나타낸 바와 같이 크로싱부를 기준으로 거리별 소음 영향을 파악하기 위해 4 m, 8 m, 16 m, 그리고 32m 의 4 개 이격지점에 설치하였다. 소음 측정용 센서는 1/2 인치 프리 필드형 마이크로폰을 이용하였다. 주요 센서 및 측정 장비의 연결 개념도는 그림 1에, 현장 설치 모습은 그림 2 에 나타내었다.

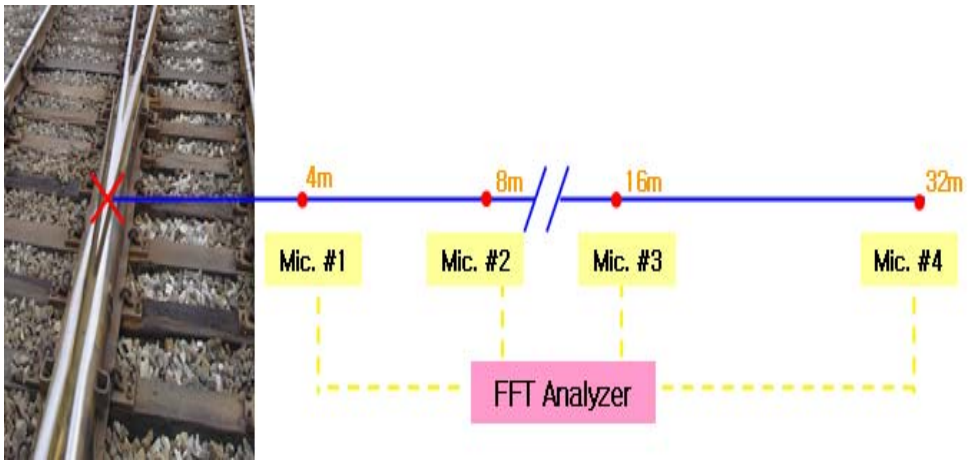


그림 1. 측정위치

충북선(내수역) 호남선(일로역)

그림 2. 현장 설치 전경

3. 분기기 인근 소음 측정결과 분석

분기기 시스템별, 열차종류별, 속도별, 거리별로 이격거리에 따라 측정한 분기기 인근의 소음측정결과를 바탕으로 하여 분기기 종류에 따른 소음 발생량을 정량화하고 개량 분기기 시스템별 성능을 평가하였다. 소음 측정자료는 통과시간동안의 최대값과 크로싱부 충격소음의 최대값으로 구분하여 음압레벨(SPL ; Sound Pressure Level)로 아래식을 이용하여 정량화하였다.

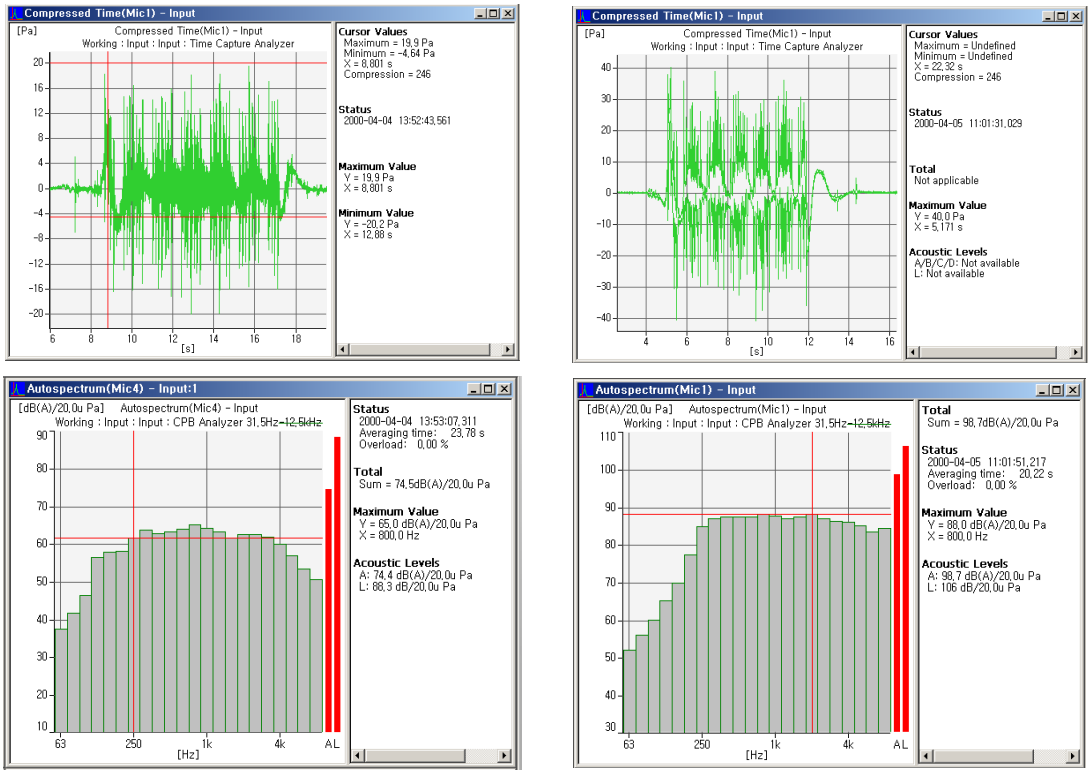
$$SPL = 20\log\frac{p}{p_{ref}} \quad (dB)$$

여기서 p: 음압의 실효값, p_{ref}: 음압의 최저 가청한도($= 2\times10^{-5}Pa$)

3.1 분기기 종류별 특성 분석

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

틸팅열차 운행시 충북선 내수역에 설치되어 있는 망간분기기와 조립식분기기에서 각각 측정한 소음특성을 살펴보면 망간분기기의 경우 63Hz~250Hz 의 저주파 대역 소음은 완만히 상승하고 250Hz~4kHz 대역에서 고른 분포를 보이는 반면, 조립식분기기의 경우 250Hz 부근까지는 급격한 상승을 보이다가 250Hz~8kHz 까지는 고른 분포를 보이고 있다. 이는 진동과 유사하게 조립식분기기의 결선부에서 발생하는 충격성소음이 고주파수 대역 성분을 포함하고 있기 때문으로 판단된다.



(a) 망간분기기 (b) 조립분기기

그림 3. 4m 지점 소음측정결과(틸팅열차)

그림 4은 충북선(내수역)에 설치된 조립 크로싱과 망간 크로싱 타입 분기기에 따른 틸팅열차의 소음 특성을 분석한 것이다. 분기기별 소음은 조립식분기기보다 망간분기기 소음이 낮다. 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.

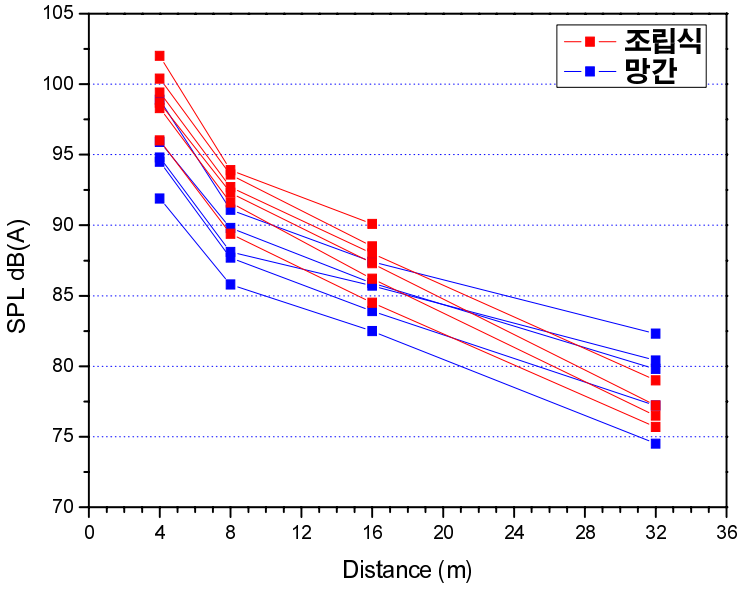


그림 4. 분기기 타입에 따른 틸팅열차의 소음 수준비교

3.2 크로싱부 열차 종류별 특성 분석

호남선 일로역에 설치된 망간 분기기를 통과하는 열차 종류에 따른 소음을 분석하여 보면 그림 5과 같다. 틸팅열차의 경우 최대 95.3 dB(A)의 소음을 보였을 때의 속도는 약 112Km/h이었으나 새마을이나 무궁화의 경우 일로역에 정차 후 속도를 가속하며 측정지점을 통과하였다. 따라서 비슷한 속도의 소음 측정 결과를 비교하면 4m 지점에서 새마을 85.7~88.7 dB(A) (약 45Km/h), 틸팅 88.2 dB(A) (약 53Km/h), 무궁화 86.1~91.6 (약 43Km/h)으로 세 차종의 소음도는 유사하게 나타났으나 틸팅열차의 속도가 약 10km/h 정도 높아 다른 열차에 비해 상대적으로 양호한 소음수준으로 판단된다.

KTX의 운행속도는 약 130~140Km/h로 틸팅열차의 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.

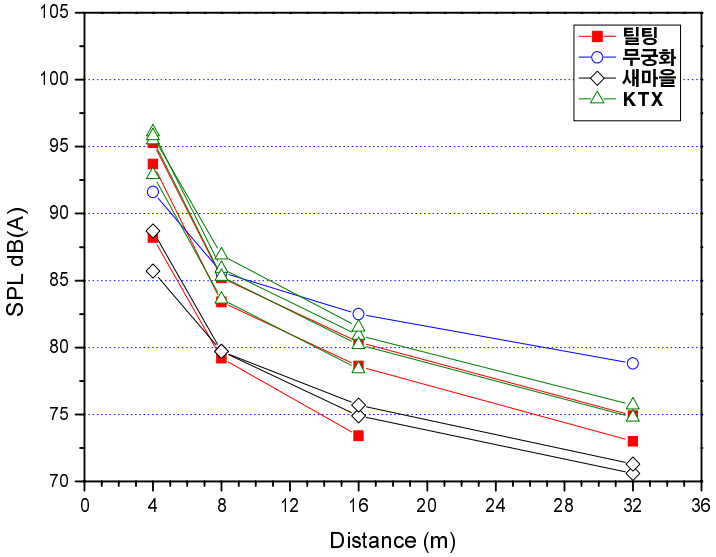


그림 5. 호남선 열차종류별 소음 수준비교(망간분기기)

3.3 크로싱부 거리별 특성 분석

그림 6은 호남선 황등역에서 차종 및 속도에 관계없이 57회에 걸친 분기기 통과 시 발생하는 소음 측정 결과를 거리별로 모두 나타낸 결과로서, 충북선 및 호남선 일로역 구간에서 측정되었던 소음 측정 결과와 달리 거리별로 선형적인 감쇠를 보이는 것으로 나타났다. 이전 철도소음 측정 결과에서는 4m 지점과 8m 지점 사이에 나타나는 감쇠의 기울기가 매우 급격한 반면 8m 이후 16m 및 32m 지점까지의 감쇠는 비교적 완만하게 이뤄진 데 반해 황등역 측정 결과는 거리별로 선형적인 감쇠 패턴을 보이고 있다.

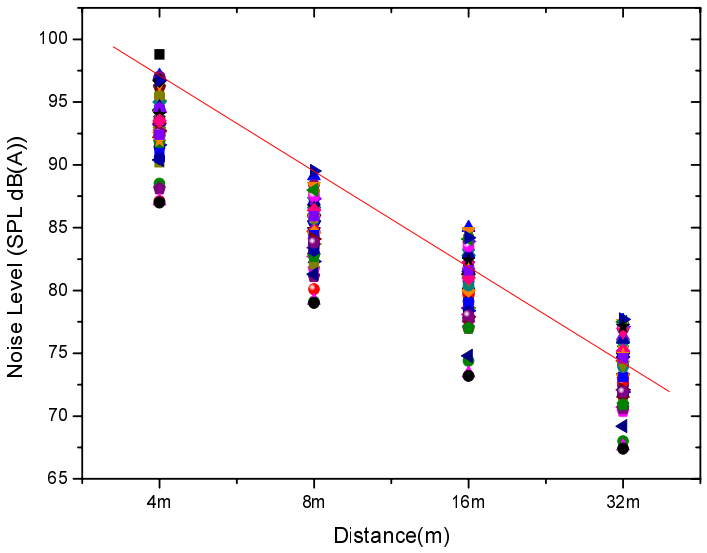


그림 6. 거리에 따른 열차종류별 소음특성

그림 7은 호남선 황등역에서 유사한 속도로 통과하는 각 차종의 거리별 소음도를 비교한 것이며 4m 지점에서의 소음도는 틸팅열차를 제외한 나머지 3종의 열차 소음도가 거의 동일하게 나온 반면 KTX의 소음은 거리에 따라 무궁화나 새마을열차와 달리 소음 감쇠비가 높은 것으로 나타났다. 이 결과로 판단할 때, KTX를 제외한 새마을 및 무궁화열차의 동차가 디젤 또는 디젤 전기형 동차로 근거리에서는 분기기 충격소음이 주 소음원이지만 거리가 멀어질수록 동차 자체 소음의 영향이 더 커지는 것으로 판단되며 틸팅열차 또한 KTX 의 특성과 유사한 패턴을 보이고 있다. 다만 통과 속도가 타 열차에 비해 7~8km/h 가량 낮기 때문에 타 열차에 비해 소음도가 현격히 낮다고 볼 수도 있으나 시속 120km 이상일 때의 틸팅열차 소음도가 아래 그림 7의 110km 근접한 타 열차의 소음도와 유사한 94dB(A) 가량이기 때문에 속도가 동일하더라도 틸팅열차의 소음도가 타 열차보다는 3dB 이상 낮을 것으로 예상할 수 있다.

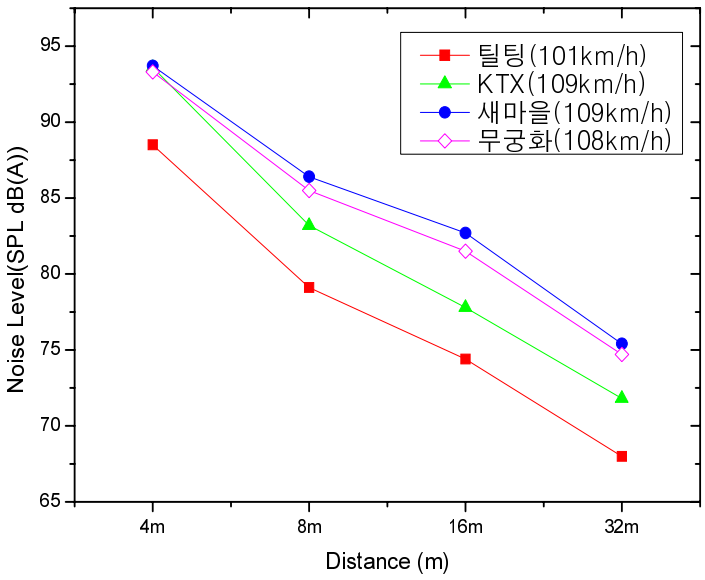


그림 7. 유사 속도시 거리에 따른 열차종류별 소음특성

3.4 크로싱부 차량 속도별 특성 분석

틸팅열차의 운행속도에 따른 소음의 변화를 분석한 결과 같은 망간 분기기라도 충북선보다 지반, 및 레일 조건이 양호한 호남선에서의 소음도는 통과 속도가 유사하거나 높음에도 불구하고 호남선의 소음도가 낮은 것으로 나타나 분기기가 같을 경우에도 선로 및 노반 상태에 따른 소음도 차이가 큰 것으로 나타났다. 관련 자료에 따르면 디스크 브레이크를 장착하고 있는 차량에서 발생되는 소음의 크기는 선로 상태가 좋은 경우가 그렇지 않은 경우보다 일반적으로 8-10dB 낮고 예외적으로 상태가 좋지 않은 선로에서는 최대 20dB 까지 소음이 차이가 나는 것으로 보고되고 있다.

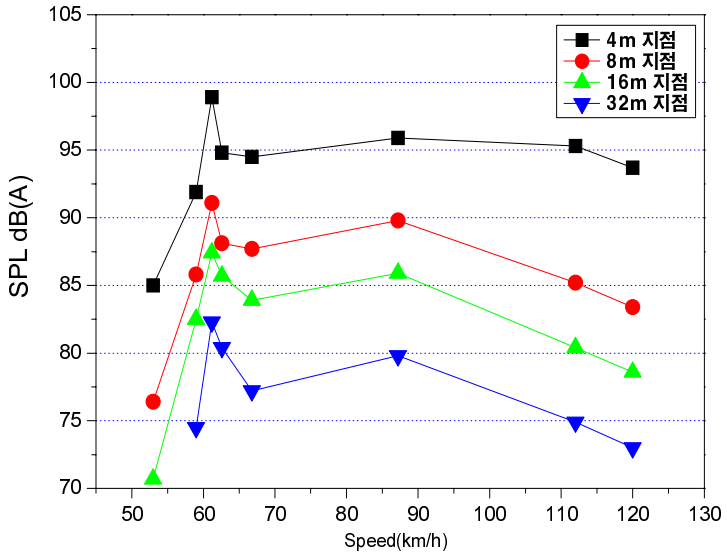


그림 8. 운행속도별 틸팅열차의 소음 수준비교(망간분기기)

4. 결 론

본 연구에서는 기존선 분기기시스템 인근에서 소음측정결과 분석, 분기기시스템별, 열차종류별, 거리별, 속도별 특성 분석을 통하여 소음발생수준에 대하여 비교·분석을 수행하였다. 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) 틸팅열차 운행시 충북선 내수역에 설치되어 있는 망간분기기와 조립식분기기에서 각각 측정한 소음특성을 살펴보면 망간분기기의 경우 63Hz~250Hz 의 저주파 대역 소음은 완만히 상승하고 250Hz~4kHz 대역에서 고른 분포를 보이는 반면, 조립식분기기의 경우 250Hz 부근까지는 급격한 상승을 보이다가 250Hz~8kHz 까지는 고른 분포를 보이고 있다. 이는 진동과 유사하게 조립식분기기의 결선부에서 발생하는 충격성소음이 고주파수 대역 성분을 포함하고 있기 때문으로 판단된다

(2) 비슷한 속도의 소음측정 결과를 비교하면 4m 지점에서 새마을 85.7~88.7 dB(A) (약 45Km/h), 틸팅 88.2 dB(A) (약 53Km/h), 무궁화 86.1~91.6 (약 43Km/h)으로 세 차종의 소음도는 유사하게 나타났으나 틸팅열차의 속도가 약 10km/h 정도 높아 다른 열차에 비해 상대적으로 양호한 소음수준으로 판단된다.

(3) 철도소음 측정 결과에서는 4m 지점과 8m 지점 사이에 나타나는 감쇠의 기울기가 매우 급격한 반면 8m 이후 16m 및 32m 지점까지의 감쇠는 비교적 완만하게 이뤄진 데 반해 황등역 측정 결과는 거리별로 선형적인 감쇠 패턴을 보이고 있다.

(4) 틸팅열차의 운행속도에 따른 소음의 변화를 분석한 결과 같은 망간 분기기라도 충북선보다 지반, 및 레일 조건이 양호한 호남선에서의 소음도는 통과 속도가 유사하거나 높음에도 불구하고 호남선의 소음도가 낮은 것으로 나타나 분기기가 같을 경우에도 선로 및 노반 상태에 따른 소음도 차이가 큰 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 엄기영 등(2006), “분기기 성능개선을 통한 기존선 속도향상 방안 연구”, 한국철도기술연구원.
2. 강대준, “철도소음과 그 영향”, 한국소음진동공학회지 제7권 제5호, pp. 827～836, 1997
3. 조대승 (2001), “철도를 포함한 교통소음의 예측 기술”, 한국철도기술, Vol.32, pp. 30~36.
4. 주진수, 박병전, 1998, 평탄부 선로에서 철도소음의 전파예측에 관한 연구, 한국소음진동공학회지, 제8권 제1호, 187～194.
5. AEJ Hardy, RRK Jones, CE Wright, "Additional railway noise source terms for 'Calculation of Railway Noise 1995'", AEAT for Department for Environment, Food and Rural Affairs, U.K., 2007.1
6. RRK Jones , "Measured railway noise source data in the public domain or via the Imagine project", AEATUK, 2005. 1.
7. T.X. Wu and D.J. Thompson, "On the Impact noise Generation due to a Wheel Passing over Rail Joints", ISVR Technical Memorandum No. 863, 2001. 6.