콘크리트 궤도의 구간별 소음특성에 관한 고찰

A Study on noise characteristics by site types of concrete slab tracks

김 진 호* 이 광 도** 한 석 윤*** 이 우 동*** 박 수 진***
Kim, Jin-Ho Lee, Kwang-Do Han, Seok-Yoon Lee Woo-Dong Park Su Jin

ABSTRACT

The construction of concrete slab track system is increased because the system has advantages which are maintenance free and so on, the other side, the system has weak points such as increase of the cost of the early stage construction. Recently, railway environment is issued including noise. Therefore, measures which are to mitigate noise on slab tracks were introduced, however, it is found that efficiency of noise reduction is low because noise problem is still issued. In this study, to study noise characteristics on concrete tracks we measured noise by site types. Finally the results have done comparative analysis.

1. 서 론

최근 개통된 우리나라의 고속철도도 그러하지만 지금까지 대부분의 궤도구조는 자갈도상 궤도가 주류를 이루어 왔다. 그러나 철도건설 시 기존의 자갈궤도에서 콘크리트 궤도로 건설이 옮겨가고 있다. 여러 이유 중에서도 열차속도의 증가와 축중의 증가로 인해 자갈의 마모 등 궤도의 파괴가 더욱 가속화되고 이에 따라 유지보수비에 대한 부담이 점차 커져가고 있는 데다 유지보수 인력의 확보도 어렵고 점점 더 길어지는 열차 운행시간 때문에 작업시간의 확보도 여의치 않기 때문이다.1)

콘크리트 궤도의 건설비용이 초기에는 증가할 수 있으나 유지보수의 경감 뿐 아니라 선로구조의 수명도 최소 60년으로 자갈도상궤도에 비해 2~3배까지 증가되므로, 초기 투자비가 자갈도상궤도에 비해 높음에도 불구하고 총 생애주기비용(LCC)를 현저히 줄일 수 있기 때문이다. 그러나 최근 환경문제가 국민의 주요 관심사가 되고 있음에 따라 소음환경측면에서 불리한 콘크리트 궤도의 소음문제를 시급히 해결해야 하는 시점에 와있다. 소음을 저감하기 위한 국내·외의 다양한 방안이 도입되고 있으나 여전히 콘크리트궤도의 소음이 문제가 되는 것은 소음저감 효율성에 문제가 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 소음 저감기술에 기초가 되는 소음특성 파악을 위하여 콘크리트 궤도의 열차가 통과하는 구간별로 소음 측정을 수행하였고 대상열차는 새마을열차와 무궁화열차, 구간은 터널과 개활지구간으로 구분하여 측정 결과값을 비교·분석하여 그 결과를 도출하고자 하였다.

* 정회원, 한국철도기술연구원 선임연구원, 공학박사
E-mail : ziminpa@krri.re.kr
TEL : (031)460-5774 FAX : (031)460-5814
** 정회원, 한국철도시설공단
*** 정회원, 한국철도기술연구원

2. 측정 방법 및 결과

2.1 측정 개요

소음측정은 열차 종류에 따른 구간별 특성을 비교하기 위하여 새마을열차와 무궁화열차가 통과하는 콘크리트 궤도 구간의 터널구간과 개활지 구간을 중심으로 측정을 수행하였다.

소음측정 대상 구간은 표 1과 같다. 일반철도 통과지역에서 터널구간과 개활지로 구분하여 측정을 하였다. 특히 일반철도가 통과하는 개활지 구간은 시험부설구간에서 진행되었다.

측정방법은 그림 1과 같이 궤도 중앙에서 3m 이격된 거리에서 0.5m, 1.2m, 3m 높이별로 설치하여 소음측정을 수행하였다.

표 1. 소음측정 대상 구간

열차종류	구간	측정지점	궤도특성
일반철도 (새마을 열차, 무궁화열차)	터널	인화제2터널	LVT
		오수터널	ALT2
	개활지	토공구간(시험부설선)	PST A형
			현장타설
			PST B형

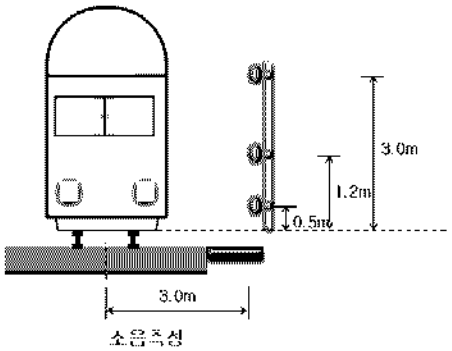

그림 1. 소음 측정 개요

그림 2. 콘크리트 궤도 측정지점 (인화제2터널)

그림 3. 콘크리트 궤도 측정지점 (개활지 구간 시험부설선)

2.2 측정결과

열차별 소음특성을 분석하기 위하여 각 구간에 대하여 1/3 옥타브 밴드 분석을 수행하였다. 열차가 마이크로폰 설치지점을 통과하여 음압레벨이 최대가 되는 구간을 선정하여 주파수별 소음도를 산출하여 분석하였다.

1) 새마을열차 소음특성

그림 4와 그림 5는 터널구간에서 새마을열차의 소음 스펙트럼을 분석한 결과이다. 그림 4는 LVT궤도가 부설되어 있는 인화제2터널의 소음 스펙트럼 결과이고 그림 5는 ALT2가 부설되어 있는 오수터널의 소음 스펙트럼 결과이다. 두 그래프에서 새마을열차의 속도대역이 104~112km/h, 81~102km/h로차이가 많이 나지 않음에도 불구하고 주파수별 소음도가 차이 나는 이유는 각 터널에 부설되어 있는 콘크리트 궤도가 다르기 때문이라고 판단된다.

각 터널구간에서의 주파수별 소음도를 비교해 보면 LVT(인화제2터널)궤도가 ALT2(오수터널)궤도보다 중주파수(500~1,000Hz) 대역을 제외하고 전 주파수대역에서 약 2~5dB(A)정도 높게 나타나고 있음을 알 수 있다(그림 6).

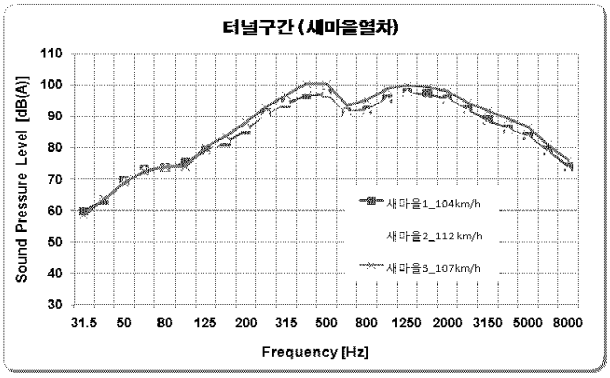

그림 4. 새마을 열차 터널구간 소음 스펙트럼 분석결과 (인화제2터널)

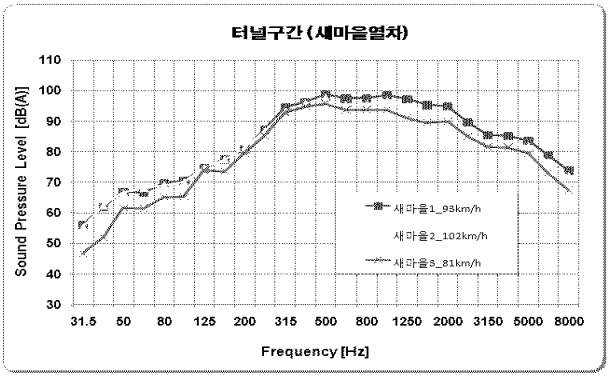

그림 5. 새마을 열차 터널구간 소음 스펙트럼 분석결과 (오수터널)

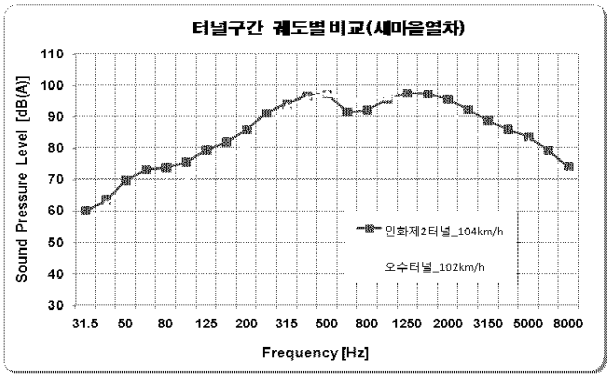

그림 6. 새마을 열차 터널구간 궤도별 소음 스펙트럼 비교결과

그림 7~9는 개활지구간에서 새마을열차의 소음 스펙트럼을 분석한 결과이다. 그림 7, 8, 9는 각각 시험부설구간 중 개활지구간의 PST 현장타설, PST A형, PST B형이 부설된 구간에서 측정한 소음 스펙스럼을 결과이다.

PST 부설 구간별로 주파수별 소음도를 비교해 보면 전 구간에서 거의 비슷하게 주파수 대역별 소음도를 나타내고 있으나 저주파수 대역(31.5~80Hz)에서 약1~2dB(A)정도의 차이를 나타내고 있다. 특히 PST 현장타설한 구간은 저주파수 대역(31.5~80Hz)에서 소음도가 높게 나타났고, PST B형 부설 구간은

저주파수 대역(31.5~80Hz)에서 소음도가 현장타설 구간보다 약 5dB(A) 낮게 나타난 반면 3,000Hz 이상에서는 현장타설, PST A형 부설 구간보다 약 2~3dB(A) 높게 나타났다.

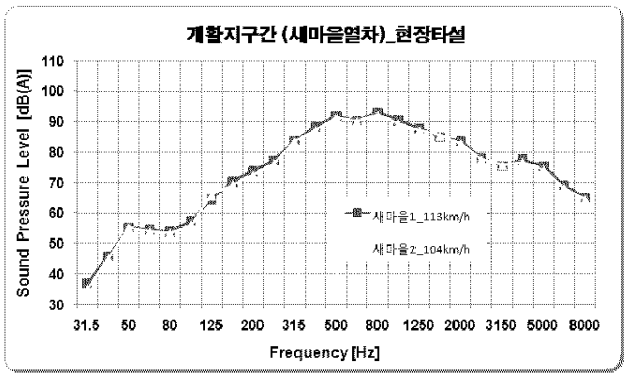

그림 7. 새마을 열차 개활지구간 소음 스펙트럼 분석결과 (시험부설구간)_현장타설

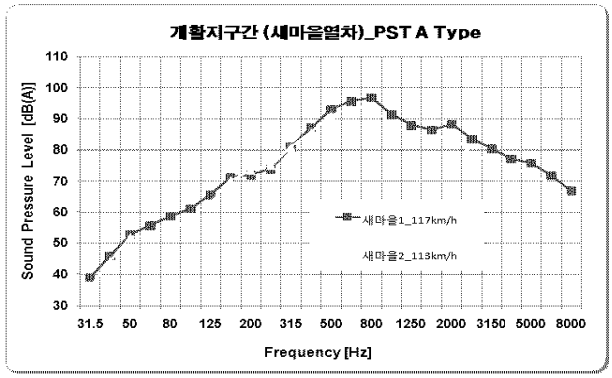

그림 8. 새마을 열차 개활지구간 소음 스펙트럼 분석결과 (시험부설구간)_PST A형

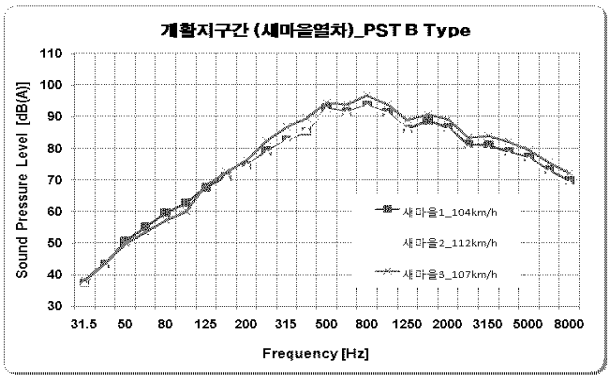

그림 9. 새마을 열차 개활지구간 소음 스펙트럼 분석결과 (시험부설구간)_PST B형

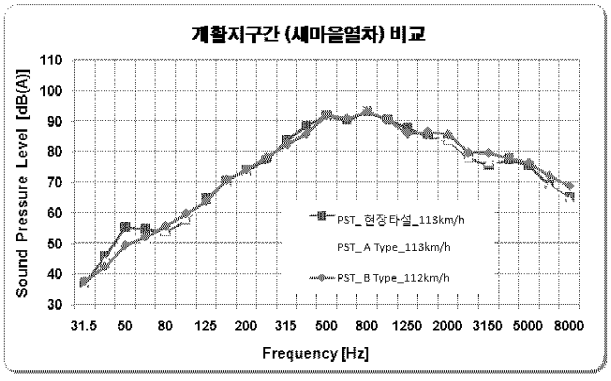

그림 10. 새마을 열차 개활지구간 소음 스펙트럼 비교 분석결과

2) 무궁화열차 소음특성

그림 11과 그림 12는 터널구간에서 무궁화열차의 소음 스펙트럼을 분석한 결과이다. 인화제2터널에서 무궁화열차의 속도대역은 98~106km/h으로 새마을열차보다는 약 6km/h정도 느리지만 주파수별 소음도의 경향은 500Hz, 1250Hz에서 높고 600~800Hz에서는 낮게 나타나 새마을열차의 경향과 유사하게 나타났다. 오수터널에서의 무궁화열차 속도대역은 58~67km/h로 새마을열차보다 약 20~40km/h정도 느리게 통과하는 것을 확인할 수 있고 주파수별 소음도의 경향도 새마을열차와는 달리 저주파수 대역중 40Hz, 100Hz에서 피크를 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

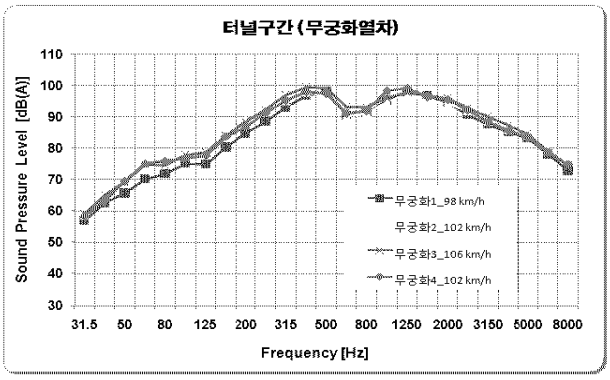

그림 11. 무궁화 열차 터널구간 소음 스펙트럼 분석결과 (인화제2터널)

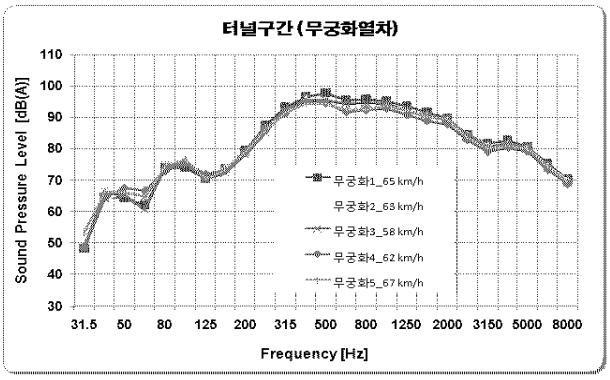

그림 12. 무궁화 열차 터널구간 소음 스펙트럼 분석결과 (오수터널)

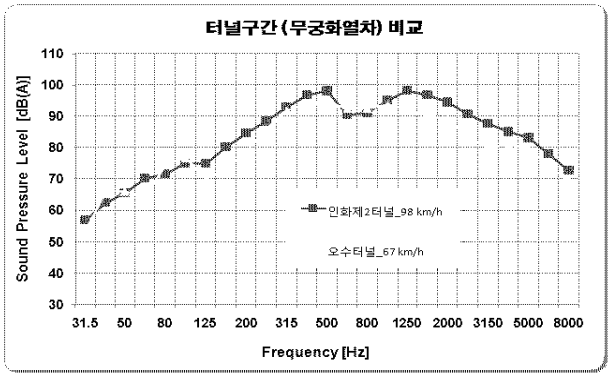

그림 13. 무궁화 열차 터널구간 소음 스펙트럼 비교결과

그림 14~16은 개활지구간에서 무궁화열차의 소음 스펙트럼을 분석한 결과이다. 그림 14, 15, 16은 새마을열차와 마찬가지로 시험부설구간 중 개활지구간의 PST 현장타설, PST A형, PST B형이 부설된 구간에서 측정한 소음 스펙트럼 결과이다. 주파수별 소음도는 새마을열차와 무궁화열차의 경향이 비슷하게 나타났으나 무궁화열차는 속도의 차이로 인해 중고주파수 대역(315~8,000Hz)에서 소음도가 달라져 속도에 영향을 주는 주파수 구간임을 알 수 있다.

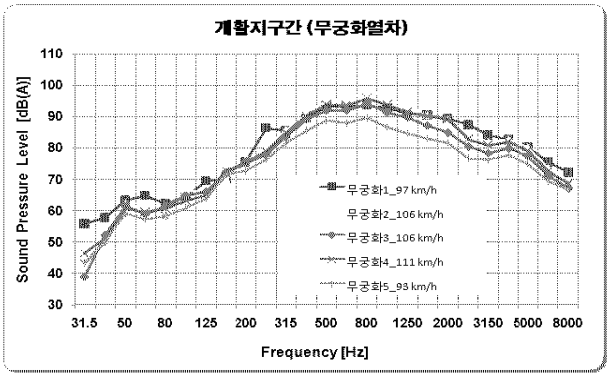

그림 14. 무궁화 열차 개활지구간 소음 스펙트럼 분석결과 (시험부설구간)_현장타설

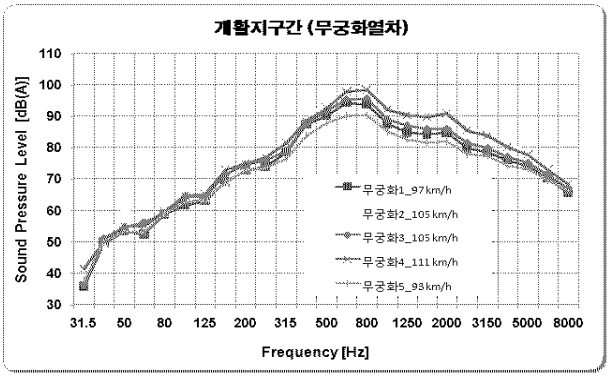

그림 15. 무궁화 열차 개활지구간 소음 스펙트럼 분석결과 (시험부설구간)_PST A형

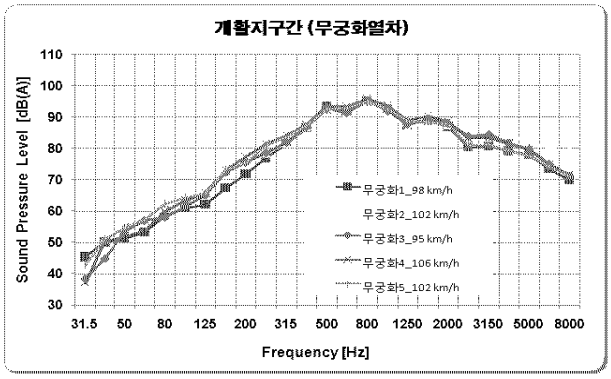

그림 16. 무궁화 열차 개활지구간 소음 스펙트럼 분석결과 (시험부설구간)_PST B형

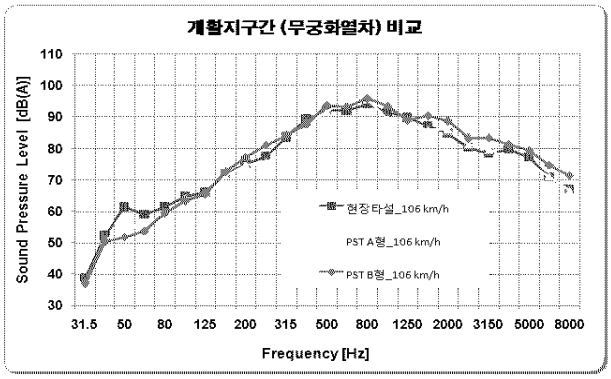

그림 17. 무궁화 열차 개활지구간 소음 스펙트럼 분석결과 비교결과

3) 구간별 소음특성

새마을열차의 구간별 소음특성은 터널구간의 속도가 개활지 구간보다 약 10km/h 낮음에도 불구하고 500~1,000Hz 구간을 제외하고 약5~20dB(A)정도 소음도가 높게 나타났다. 특히 터널구간에서 중저주파수 대역(31.5~500Hz)은 고주파수대역(1,000~8,000Hz)보다 소음도가 크며, 저주파수대역으로 갈수록 소음도의 차이가 많이 나타남을 알 수 있다.

무궁화열차도 새마을열차와 비슷한 경향을 나타내고 있지만 새마을열차보다 속도차이가 많이 남에도 불구하고 터널구간과 개활지구간의 소음도 차이가 새마을열차보다 적게 나타남을 알 수 있다.

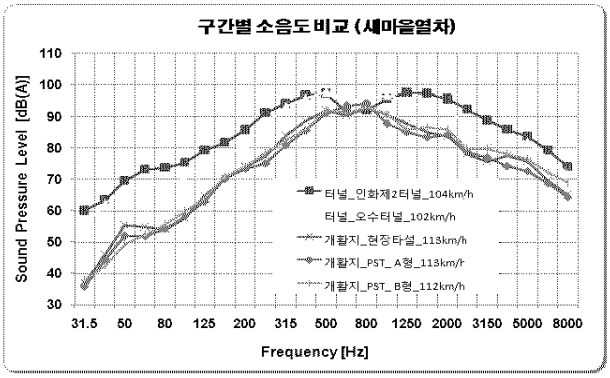

그림 18. 구간별 소음 스펙트럼 분석결과 (새마을열차)

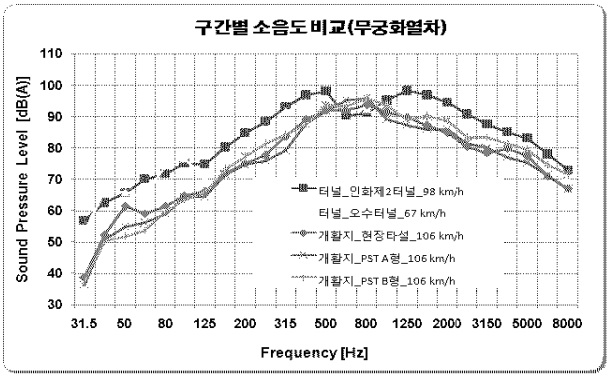

그림 19. 구간별 소음 스펙트럼 분석결과 (무궁화열차)

4. 결 론

콘크리트 궤도의 구간별 소음특성 파악을 위해 열차별(새마을열차, 무궁화열차) 구간에 따른 소음 특성 파악을 하였다. 콘크리트 궤도의 열차가 통과하는 구간은 터널, 개활지 구간으로 분류하여 속도별 1/3옥타브밴드 분석을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

(1) 새마을열차가 통과하는 터널구간의 주파수별 소음특성은 LVT(인화제2터널)궤도가 ALT2(오수터널)궤도보다 중주파수(500~1,000Hz) 대역을 제외하고 전 주파수대역에서 약 2~5dB(A)정도 높게 나타났고, 개활지구간에서는 PST 부설 전 구간에서 거의 비슷한 경향을 나타내고 있으나 저주파수 대역(31.5~80Hz)에서 약1~2dB(A)정도의 차이를 나타내고 고주파수 대역(2,000~8,000Hz)에서 차이를 나타내고 있다.

(2) 무궁화열차가 통과하는 터널구간의 주파수별 소음특성은 새마을열차와는 달리 저주파수 대역중 40Hz, 100Hz에서 피크를 나타내고 있고, 개활지구간에서 주파수별 소음도는 새마을열차와 무궁화열차의 경향이 비슷하게 나타났으나 무궁화열차는 속도의 차이로 인해 중고주파수 대역(315~8,000Hz)에서 소음도가 달라져 속도에 영향을 주는 주파수 구간임을 알 수 있다.

(3) 새마을열차의 구간별 소음특성은 터널구간의 속도가 개활지 구간보다 약 10km/h 낮음에도 불구하고 500~1,000Hz 구간을 제외하고 약5~20dB(A)정도 소음도가 높게 나타났다. 특히 터널구간에서 중저주파수 대역(31.5~500Hz)은 고주파수대역(1,000~8,000Hz)보다 소음도가 크며, 저주파수대역으로 갈수록 소음도의 차이가 많이 나타남을 알 수 있다. 무궁화열차도 새마을열차와 비슷한 경향을 나타내고 있지만 새마을열차보다 속도차이가 많이 남에도 터널구간과 개활지구간의 소음도 차이가 새마을열차보다 적게 나타났다.

참고문헌

1. 전오성, 최강윤, 정일록(1994), “고속철도 소음특성 및 소음저감 대책” 1994년 대한기계학회 논문집, pp454~458
2. 김진호, 문제우, 정장용, 박수진(2008), “콘크리트 슬래브 궤도의 소음특성”, 2008년 한국철도학회 춘계학술대회 논문집