

# 콘크리트 슬래브궤도의 소음특성에 관한 연구

## A Study on noise characteristics of concrete slab tracks

김진호\*      문제우\*\*      박만호\*\*      박수진\*\*\*  
Kim, Jin-Ho   Moon, Jae-Woo   Park, Man-Ho   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 grasp noise characteristics on slab tracks we measured noise on high speed rail slab track in addition Saemaul and Moogungwha and the results have done comparative analysis.

---

### 1. 서론

최근 개통된 우리나라의 고속철도도 그러하지만 지금까지 대부분의 궤도구조는 자갈도상 궤도가 주류를 이루어 왔다. 그러나 철도건설 시 기존의 자갈궤도에서 콘크리트 슬래브궤도로 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.<sup>1)</sup>

콘크리트 슬래브궤도의 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)을 현저히 줄일 수 있기 때문이다. 그러나 최근 환경문제가 국민의 주요 관심사가 되고 있음에 따라 소음환경측면에서 불리한 콘크리트궤도의 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 콘크리트 슬래브궤도의 소음특성을 파악하기 위하여 국내에 고속철도와 일반철도의 콘크리트궤도구간에서 소음을 측정하고 자갈궤도와 비교 분석하여 그 결과를 향후 저감방안의 기초자료로 제공하고자 한다.

---

\* 정회원, 한국철도기술연구원 선임연구원, 공학박사

E-mail : ziminpa@krri.re.kr

TEL : (031)460-5774 FAX : (031)460-5814

\*\* 한국철도시설공단

\*\*\* 한국철도기술연구원

### 2. 측정 방법 및 결과

## 2.1 측정 개요

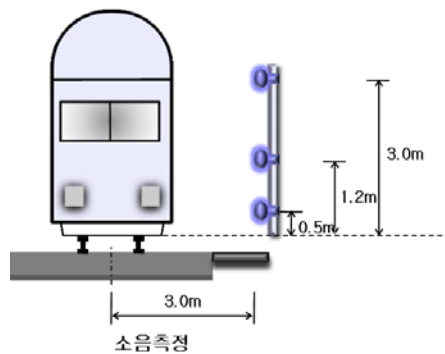
소음측정은 열차 종류 및 궤도에 따른 특성을 비교하기 위하여 고속열차와 일반열차의 콘크리트 슬래브궤도 구간을 중심으로 수행하였고, 슬래브궤도 구간과 자갈궤도 구간에서의 소음특성을 비교하기 위해서 자갈궤도에서도 수행하였다.

구간별 특성을 파악하기 위하여 터널, 개활지로 분류하였다. 그러나 고속철도는 경부고속철구간 가운데 터널구간에만 콘크리트 궤도가 부설되었기 때문에 터널구간에서만 비교분석하였다.

소음측정 대상 구간은 <표 1>과 같다. 측정방법은 <그림 1>과 같이 궤도 중앙에서 3m 이격된 거리에서 0.5m, 1.2m, 3m 높이별로 설치하였다.

<표 1> 소음측정 대상 구간

열차종류	구간	측정지점	궤도특성
고속철도	터널	화신5터널	슬래브궤도
		운주터널	자갈궤도
일반철도 (무궁화호)	터널	인화제2터널	슬래브궤도
		하안터널	자갈궤도
	개활지	토공구간(시험부설선)	슬래브궤도
		오수토공	자갈궤도



<그림 1> 소음 측정 개요



<그림 2> 슬래브궤도 측정지점(화신5터널)



<그림 3> 자갈궤도 측정지점(오수개활지)

## 2.2 측정결과

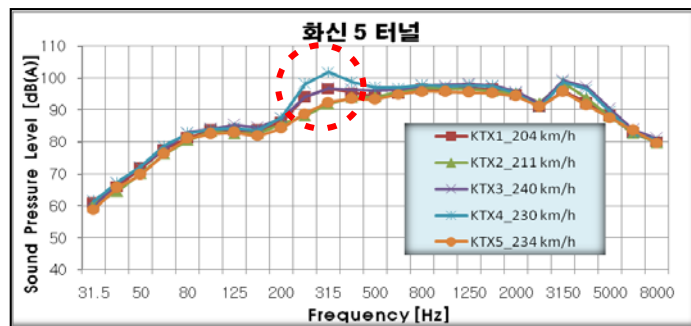
열차별 소음특성을 분석하기 위하여 각 구간에 대하여 1/3 옥타브 밴드 분석을 수행하였다. 열차가 마이크로폰 설치지점을 통과하여 음압레벨이 최대가 되는 구간을 선정하여 주파수별 소음도를 산출하여 분석하였다.

### 1) 고속철도 궤도별 소음특성

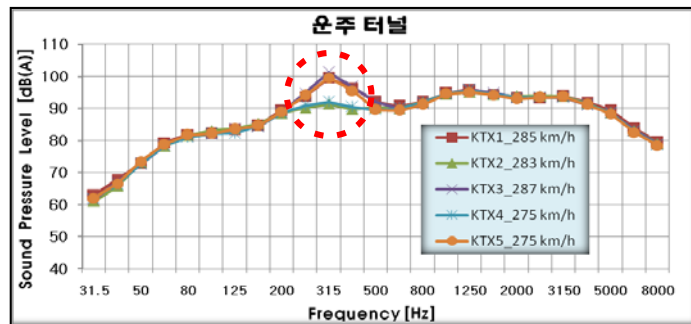
<그림 4>, <그림 5>는 터널구간에서 슬래브 궤도와 자갈 궤도의 고속철도 스펙트럼 분석결과이다. 슬래브 궤도에서 고속철도의 속도분포는 204~240km/h, 자갈 궤도에서 고속철도의 속도분포는 275~287km/h로 두 터널간에 속도차이가 약 35~83km/h 정도로 나타나고 있다. 슬래브 궤도와 자갈 궤도에서 속도 차이가 약 35~83km/h에도 불구하고 고주파수 대역을 제외한 슬래브 궤도와 자갈궤도 주파수 대역의 소음도가 거의 비슷하여 슬래브궤도에서 소음도가 전반적으로 높은 것을 알 수 있다.

두 궤도간의 주파수 특성을 보면 저주파수 대역(31.5Hz~200Hz)에서 슬래브 궤도와 자갈 궤도에서 비슷한 경향을 보이고 있고 중주파수 대역에서 모두 피크를 보이고 있다. 500Hz 이상의 대역에서는 자갈 궤도에서 보다 슬래브 궤도에서 전반적으로 약 2~3dB(A) 이상이 높게 나타나고 있고 특히 슬래브 궤도에서는 3150Hz에서 피크를 보이고 있어서 슬래브 궤도에서 전체 소음도에 고주파수 대역에서 영향을 미치는 것으로 나타났다.

또한 궤도별로 중주파수 대역 외 나머지 영역에서는 속도에 관계없이 소음도가 거의 일치하는 경향을 보이지만 열차의 속도에 따라 중주파수 대역(약 200Hz~650Hz)에서 소음도가 달라지기 때문에 속도는 중주파수 대역(약 200Hz~650Hz)에만 영향을 미치는 것을 알 수 있다.



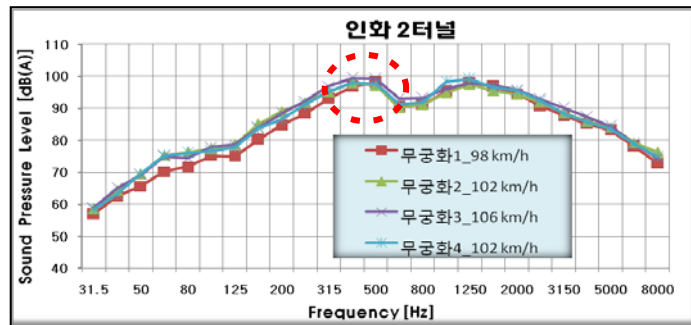
<그림 4> 고속철도 터널구간 소음 스펙트럼 분석결과 (슬래브 궤도)



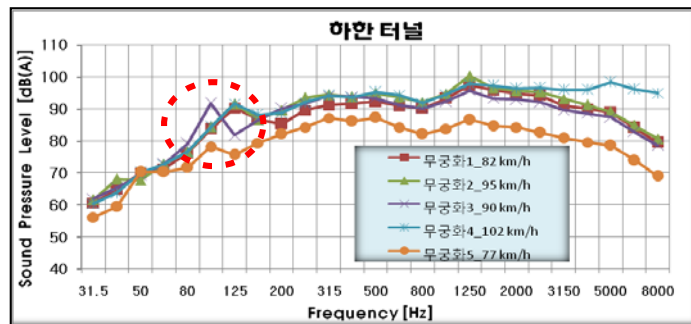
<그림 5> 고속철도 터널구간 소음 스펙트럼 분석결과 (자갈 궤도)

## 2) 일반철도 궤도별 소음특성

<그림 6>, <그림 7>은 터널에서 슬래브 궤도와 자갈 궤도에서의 일반철도(무궁화호) 스펙스럼 분석 결과이다. 슬래브 궤도에서 무궁화호의 속도분포는 98~106km/h로 속도가 거의 비슷한 반면, 자갈 궤도에서 무궁화호의 속도분포는 77~102km/h로 속도분포가 다양하게 나타났다. 슬래브궤도에서는 열차의 속도가 거의 비슷해 주파수별 소음도 경향은 거의 일치하였으며 자갈궤도에서는 속도에 따라 약 1~2dB(A) 차이를 보여 소음도에 영향을 주고 있는 것으로 판단된다. 특히, 자갈궤도는 80Hz~200Hz에서 속도에 관계없이 피크를 보이고 있고, 중저주파수 대역에서는 슬래브궤도보다 높은 경향을 띄고 있다. 이는 현재 인화 2터널에는 일반궤도이면서 진동저감효과를 높인 침목패드형 방진궤도가 부설되어 있어서 효과가 나타난 것으로 판단된다.

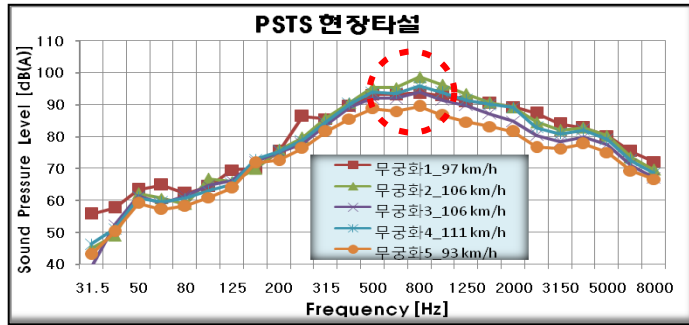


<그림 6> 일반철도(무궁화호) 터널구간 소음 스펙스럼 분석결과 (슬래브 궤도)

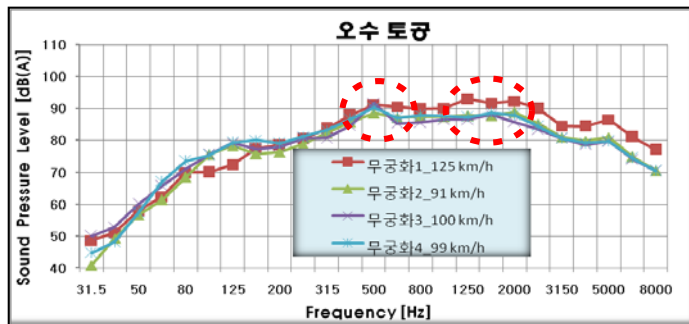


<그림 7> 일반철도(무궁화호) 터널구간 소음 스펙스럼 분석결과 (자갈 궤도)

<그림 7>, <그림 8>은 개활지에서 슬래브 궤도와 자갈 궤도에서의 일반철도(무궁화호) 스펙스럼 분석 결과이다. 슬래브 궤도에서 무궁화호의 속도분포는 93~111km/h, 자갈 궤도에서 무궁화호의 속도분포는 91~125km/h로 비슷한 속도 경향을 나타내고 있다. 그러나 저주파수 대역(31.5Hz~200Hz)에서 슬래브궤도구간에서보다 자갈궤도 구간에서 소음이 전체적으로 높게 나타났다. 슬래브궤도에서는 중주파 대역(200Hz~800Hz)에서 가파른 상승세를 거쳐 고주파 대역에서는 자갈 궤도에서보다 소음도가 약 2~3dB(A) 적게 나타나고 있다.



<그림 8> 무궁화호 개활지구간 소음 스펙트럼 분석결과 (슬래브 궤도)

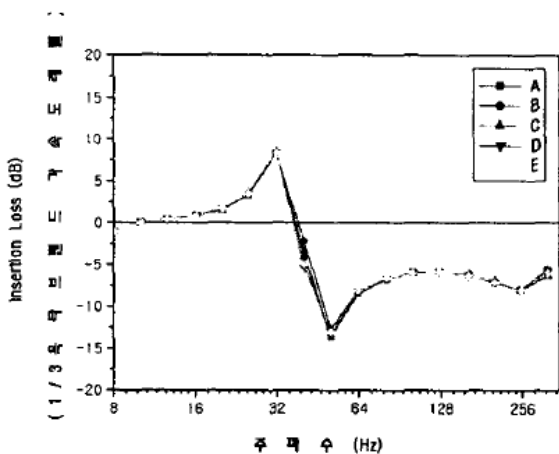


<그림 9> 무궁화호 개활지구간 소음 스펙트럼 분석결과 (자갈 궤도)

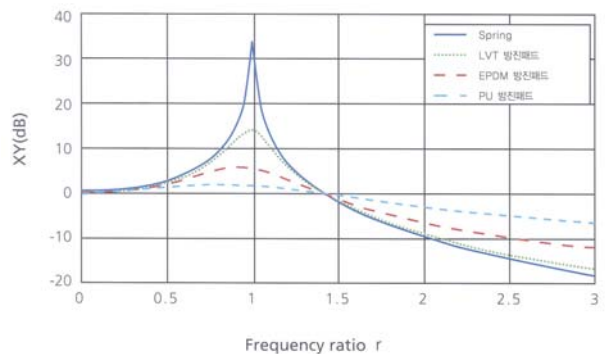
### 3. 방진궤도의 특성

#### 3.1 방진궤도의 소음특성

침목패드형으로 방진효과를 목적으로 하는 궤도는 국내 대부분의 지하철에서 민원을 줄이기 위하여 채택하여 부설하고 있는 실정이다. 침목패드형 진동특성은 <그림 10>, <그림 11> 과 같다.



<그림 10> 자갈도상궤도 대비 방진궤도의 진동저감효과 비교<sup>2)</sup>



<그림 11> 침목패드형 삽입손실치

<그림 10>은 침목패드형의 진동저감성능에 대한 근본적 평가를 위하여 궤도/터널/지반으로 구성된 진동계의 동적 해석을 수행한 결과이다. 진동예측은 지표면 3개소(터널 직상부(A), 13.15m 이격지점

(B), 27.27m 이격지점(C)) 및 터널 2개소(궤도중심(D), 통로(E))에서 1/3옥타브밴드 가속도레벨을 구하였다. 그 결과 32Hz 이하의 저주파수영역에서 자갈도상 궤도 보다 진동레벨이 높게 나타났지만 그 이상의 주파수영역에서는 진동레벨이 낮게 나타남을 알 수 있다.

<그림 11>에서 마이크로셀룰러 패드(microcellular pad), 레일패드(rail pad), 부츠(boot base)의 스프링계수는 각각 10KN/mm, 200KN/mm, 2,000KN/mm 이다. 고유주파수 값을 산정한 결과 15Hz 이상의 영역에서 우수한 삽입손실치를 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

콘크리트 슬래브 궤도와 자갈궤도의 소음특성 파악을 위해 열차 종류는 고속철도, 일반철도(무궁화호)로 구분하고 구간에 따른 특성 차이 파악을 위해 터널, 개활지 구간으로 분류하고 가장 높은 소음레벨을 나타낸 구간을 선정하여 속도별 1/3옥타브밴드 분석을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1) 고속철도, 터널구간에서 열차 속도가 자갈궤도에서 보다 슬래브 궤도에서 낮음에도 불구하고 슬래브 궤도에서 전반적인 소음도가 비슷하거나 높게 나타났다. 특히, 슬래브궤도에서 3150Hz 영역에서 소음도가 높게 나타났으며, 1000Hz 영역 이상부터 자갈궤도 보다 슬래브궤도에서 2~3dB(A)정도 높게 나타나 슬래브 궤도에서는 1000Hz 이상 주파수 대역에 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다. 또한 슬래브 궤도와 자갈궤도에서 모두 중주파수 대역(200Hz~650Hz)에서는 속도에 따라 소음도가 달라져 속도에 영향을 주는 주파수 구간임을 알 수 있다.

2) 일반철도(무궁화호)가 통과하는 터널구간에서 자갈궤도에서 80~200Hz 대역에서 소음도가 높게 나타났으며, 중저주파수대역(200~315Hz)에서는 슬래브 궤도에서 보다 자갈궤도에서 소음도가 약 1~2dB(A)높게 나타났다. 이와 같이 저중주파수 영역에서 자갈궤도에서 보다 슬래브 궤도에서 소음도가 낮은 이유는 침목패드형 방진궤도가 인화2터널에 부설되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

3) 침목패드형의 진동특성은 진동계의 동적 해석을 수행한 결과 32Hz 이하의 저주파수영역에서 자갈도상 궤도 보다 진동레벨이 높게 나타났지만 그 이상의 주파수영역에서는 진동레벨이 낮게 나타났으며, 고유진동수를 산정한 결과 15Hz 이상의 영역에서 우수한 삽입손실치를 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

4) 일반철도(무궁화호)가 통과하는 개활지 구간에서 60~200Hz영역에서 자갈궤도 구간이 슬래브 궤도 구간 보다 약 5~10dB(A) 높게 나타났다. 200km/h 이하 일반열차일 경우 전동소음과 기계소음만으로 전체 소음레벨을 나타낼 수 있는 데<sup>1)</sup> 그 결과 저중주파수 대역에서 나타나는 전동소음으로 인한 결과로 판단된다. 슬래브 궤도 구간에서 중주파대역 200~800Hz에서 가파른 상승세를 거쳐 고주파 대역에서는 자갈궤도가 2~3dB(A) 높게 나타났다.

#### 5. 참고문헌

- 1) 전오성, 최강운, 정일록, "고속철도 소음특성 및 소음저감 대책" 1994년 대한기계학회 논문집, pp454~458
- 2) 양신추, 김은, 강윤석, 엄주환, "콘크리트 궤도 유형별 진동성능평가에 대한 연구", 한국소음진동공학회 2002년도 춘계학술대회논문집, pp 911~916