

철도소음 음질평가 적용에 관한 연구

Application of Sound Quality Analysis in Railway noise

고효인† 조준호*

Hyo-In Koh, Joon-Ho Cho

1. 서 론

철도소음은 다수의 소음원이 각각 다양한 높이와 위치에서 방사되며, 속도대역별로 각각의 기여도와 특성이 차이를 보인다. 측정되는 소음이 해당되는 어떤 기준선도 아래의 값임에도 불구하고, 지속적인 민원이 발생하는 경우나, 여러 가지 소음원을 동시에 저감하기에 현실적으로 경제적으로 어려운 경우 등에는 철도소음 저감에도 음질평가 연구와 음질디자인의 기술이 적절한 실마리를 제공할 수 있다고 본다. 본 논문에서는 평가기준, 쾌적도 및 불쾌도 등의 성가심도 평가 그리고 철도소음 저감기술 분야 등과 관련된 음질평가 및 음질디자인 방법에 대해 고찰하였고, 실제로 철도소음에 대한 음질평가의 예를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 철도소음기준 및 평가

동일한 등가레벨의 다양한 소음들은 그 성가심도에 있어서 현저한 차이를 보일 수 있다. 불쾌도 혹은 성가심도에 결정적인 요소는 소음의 음색과 톤(tonal)성분, 지속되는 소음인지 긴 간격을 두고 나타나는 소음인지등과 같은 시간적 구성 그리고 수음평가자 등이 모두 될 수 있다. 한 예로 독일에서는 1973년 철도소음과 도로소음에 대한 A 보정 등가소음레벨의 소음한도를 결정하는 데에 있어서 상이한 소음 대상에 대한 성가심 정도를 판단하기 위한 연구를 1600명의 주민에 대한 설문을 바탕으로 정부에서 수행하였고, 이 결과에 따라서 5 dB의 철도보너스를 법적으로 채택하였다. 이는 간헐적인 계획된 주기적 철도 운행특성, 수음지에서의 일정한 소음특성, 특정한 개인에 의해서 소음의 세기가 영향을 받지 않는다는 특성, 주파수 특성 등에 기인한다. 유럽의 다른 국가들의 경우에도 철도에 대한 보너스가 적용되고 있고, 3dB에서 15 dB 까지 그 차이는 다양하다. 한편 일본

신칸센에 관한 연구에서는 철도에 대한 성가심도가 도로의 경우보다 높음을 나타내어 유럽과 철도소음에 대한 인지 및 반응이 상이함을 발표하였고, 이 결과에 따라서 평가 인덱스 및 보너스 규정 등이 고려되고 있다[2]. 이는 국제기준을 도입할 시 자국에 대한 검증과 연구가 선행되어야 함을 시사한다.

또한 수음위치에서 톤성분이나 충격음성분의 소음원이 작용하는 경우 소음방사레벨 산정에 있어서 일정 가산 보정값을 적용하게 되어 있다 (Akustik 04, Schall03, ISO 1996-1). 독일의 철도보너스가 300km/h 속도로 운행하는 자기부상열차의 경우까지 포함하여 법적으로 적용되기는 하지만, 화물열차가 빈번히 운행되고 있는 연변의 경우에는 적용하지 않는다. 여기에는 충격음이나 톤음에 대한 가산 보정치가 적용되어 주관적인 감지의 정도와 출현하는 빈도수에 따라서 그 레벨을 최고 8 dB 까지 정하고 있다. ISO 1996-1 에서는 충격음에 대한 가산 보정치를 함유정도에 따라서 3dB에서 최고 12dB 까지 적용하도록 되어 있고, 이는 인간의 감각이 자극의 변화에 강하게 반응하는 생리적 원리에서 비롯되었고, 같은 등가레벨의 지속적 소음과의 영향에 대한 다양한 연구에서 검증되었다. 충격성분 소음이 특별히 성가심도에 영향을 미치는 영역은 휴식이나 휴양 그리고 집중이 요하는 행동유형으로 알려져 있다. 같은 맥락으로 톤성분의 경우 광역소음주파수 특성을 가진 소음보다 그 성가심도가 높은 것으로 연구되어 3dB에서 6dB 까지 가산하도록 한다.

2.2 철도 소음저감 및 설계기술

저감기술 적용에 관한 한 연구에서는 방음벽을 대상으로 하여 방음벽에 의한 물리적 삽입손실과 수음자가 인지하는 성가심도의 변화에 대한 연구를 수행한 바 있으며, 삽입손실의 증가와 성가심도 감소에 대한인지의 관계가 단순한 인과관계가 아니라, 삽입손실로 인한 성가심도의 감소가 적용되는 이격거리, 소음원의 종류의 영향, 저감시설 적용전의 소음에 대한 인식 등에 대한 조사결과를 발표하였다. 이는 도로변에 대한 결과이지만, 철도의 경우에도 방음시설을 설계할 시 단순히 소음기준뿐만이 아니라, 기술효과의 효율을 높이기 위해서 평가하고, 고려해야 하는 요소들의 중요성에 대하여 생각하게 한다. 철도에 적용된 사례로는 전철

† 교신저자; 한국철도기술연구원
E-mail : hikoh@krii.re.kr
Tel : (031) 460-5207, Fax : (031) 460-5276

* 한국철도기술연구원

이 운행을 시작할 때 방사하는 출발소음에 대한 연구[3]가 있으며, 모터나 전동장치에 의한 주요 소음을 다루었다. 객관적, 주관적 음질평가에 기초한 다양한 출발소음 음질에 대한 설계를 시도하였다. 철도소음에 대한 민원의 주요원인을 규명하기 위한 하나의 일환으로 철도차량으로 인한 소음에 대한 pitch strength를 평가하는 방법을 개발하는 연구도 수행되었다[4]. 곡선부소음, 전동장치, 모터소음주파수, 환기장치, 시그널음, 제동소음 등 이에 대한 대상이 되는 철도소음원은 다양할 뿐 아니라, 이들은 차체의 경량화로 인해 차체구조에 의해 증폭되기도 한다.

2.3 철도소음의 객관적 음질특성

소음원에 해당하는 대상의 본래의 기능을 보존하도록 메카니즘을 유지하면서, 소기의 음향적 목적과 가치를 달성하기 위한 음질평가적용의 범위는 다양하다. 다만 그 적용기술의 수준과 결과는 그 특정한 음향적 목적에 관련된 소음원의 해당 물리적 파라미터와 그 파라미터의 변경 허용범위에 대한 규명정도에 좌우된다고 할 수 있다. Figure 1~Figure 3은 소음에 대한 성가심도를 단순히 A 보정 등가소음레벨값으로만 평가하기엔 민감한 몇 가지 철도소음에 대한 객관적 음질평가의 예를 제시하였다.

(1) Loudness 특성

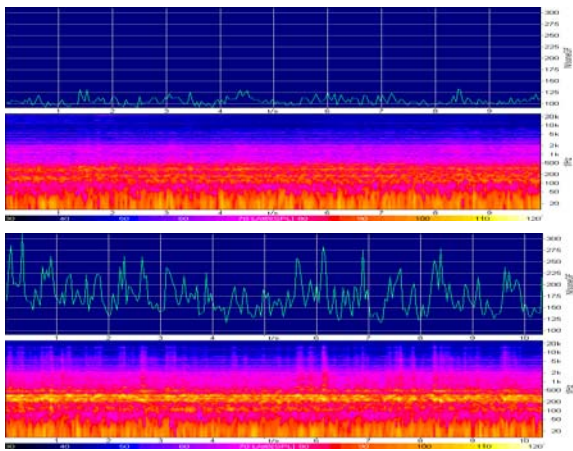


Fig 1. Loudness of EMU wheel noise in the straight (top) and curve section (bottom); ISO 532B

Fig.1은 각각 동일한 시간동안에 운행한 전동차의 직선부 및 곡선부 운행 소음의 Loudness 결과이다. 주파수 특성과 레벨비교와는 달리 Loudness 값은 최대 188 soneGF까지 차이가 나는 것을 확인할 수 있다.

(2) Tonality 특성

Tonality는 특히나 곡선부 통과시에 두드러지며, 차륜과 레일의 접촉점에서 발생하는 횡방향 크립력으로 인한 차륜의 불안정성에 따른 차륜의 out-of-plane 모드에 의한 음질을 확인할 수 있다.

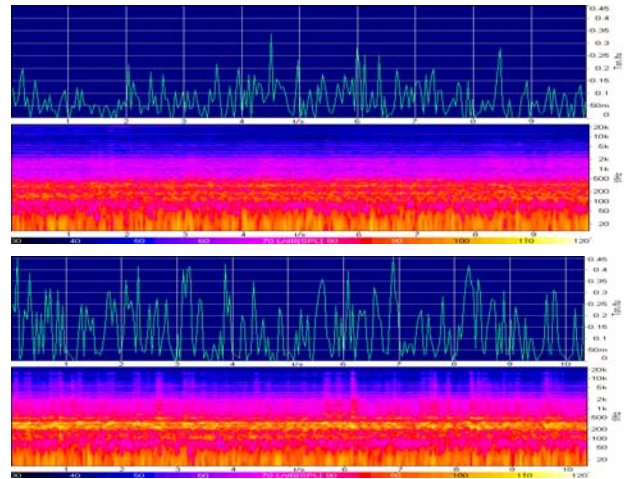


Fig 2. Tonality of EMU wheel noise in the straight (top) and curve section (bottom)

(3) Sharpness 특성

Fig. 3은 300km/h KTX 방음벽 구간의 소음의 특성으로 소음의 주파수 및 레벨의 변화에 대한 소음원 측면과 수음측면의 sharpness의 변화를 비교하였다. 소음레벨의 감소뿐 아니라, 음질적으로는 그 시간적 구성에 따라서 수음위치에서의 방음벽성능에 대한 체감정도가 다를 수 있다.

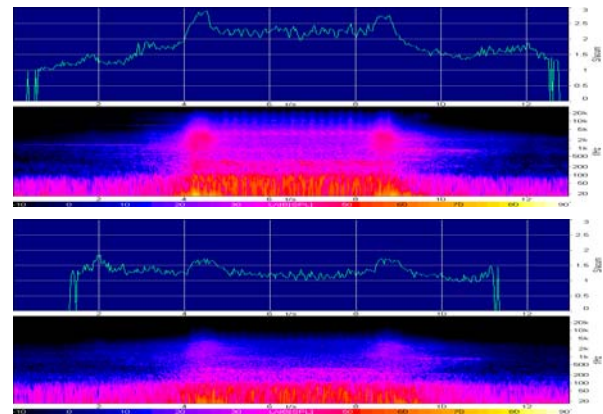


Fig 3. Sharpness of KTX noise measured at the source side (top) and at the receiver side (bottom) with a noise barrier; ISO 532B

참고문헌

[1] G. Mueller, M. Moeser, Taschenbuch der Technischen Akustik, Springer (2003)
 [2] J. Kaku, I. Yamada, The possibility of a bonus for evaluating railway noise in Japan, J.Sound.Vib., 193(1), 445-450
 [3] M. Klemenz, Die Geraeuschqualitaet bei der Anfahrt elektrischer Schienenfahrzeuge, PhD Dissertation, Logos Berlin(2005)
 [4] D. Salz, Terzspektrenbasierte Bewertung der tonhaltigkeit von Schienenfahrzeuggeraueschen, PhD Dissertation, TU Berlin(2006)