

철도차량 고속화에 따른 운전실의 음질특성 분석

Sound Quality Characteristics Analysis in the Cab Depending on Speed-up of Railway

지해영¹, 이웅용², 김석원², 구동희²

*H. Y. Ji¹, W. Y. Lee², S. W. Kim², #D. H. Koo(dhkoo@krri.re.kr)²

¹과학기술연합대학대학교대학원, ²한국철도기술연구원

Key words : Sound quality, Sound metrics, High-speed railway, Cab

1. 서론

2004년 KTX 개통 이후 매년 고속철도 이용승객의 수는 증가하고 있으며, 세계적으로 고속철도차량 기술적 요구 또한 증가함에 따라 현재 400km 이상급 차세대 고속철도가 국내에서 개발되었다. 그러나 운행속도가 증가됨에 따라 소음의 문제 또한 해결해야 될 과제 중에 하나이다. 특히, 지속적으로 소음에 노출되는 운전자는 청력손실의 우려가 있으므로 정온한 업무환경이 필요한 실정이다. 그러나 아직까지는 철도차량 운전실의 정온한 환경을 위한 연구가 부족하다.

현재 철도차량 내 실내소음은 음압레벨로만 평가하고 있으나, 사람의 청력은 음압레벨로만 평가가 이루어지는 것은 한계가 있다[1]. 그러므로 사람의 청감을 고려한 음질평가로 실내 소음을 평가하는 것이 향후 실내 음질개선방안 마련을 위한 연구를 위해 적합할 것이다.

음질(Sound quality)평가는 주관적(Subjective) 평가방법과 객관적(Objective)평가방법으로 이루어진다[2]. 주관적 평가방법은 청감실험 및 설문조사 등을 통한 피시험자의 주관적 판단으로 분석[1]하는 반면, 객관적 평가방법은 측정된 소음신호를 이용하여 신호처리분석을 통해 이루어진다. 본 연구에서는 객관적 평가방법을 이용하여 차세대고속철도 차량 운전실을 대상으로 사람이 소음으로 인지하는 청감평가에 주요한 음질 인덱스(Sound metrics)인 Loudness, Roughness, Sharpness, Fluctuation Strength, Tonality를 이용하여 열차 운행속도에 따른 음질특성을 분석하였다.

2. 실내 소음 측정

최근 동대구역-부산역 고속선을 시험운행 중인

국내 차세대 고속철도차량 운전실을 대상으로 소음을 측정하였다. 측정지점은 운전자석 얼굴높이에 마이크폰을 설치하여 소음레벨을 측정하였다. 또한 열차의 운행속도는 차륜 측 지지대에 Photo 센서를 부착하고 차륜에 반사판을 부착하여 속도를 측정하였다.

3. 측정 결과

운행속도에 따라서 각각의 음질인덱스의 결과를 다음 Fig. 1과 2에 나타내었다.

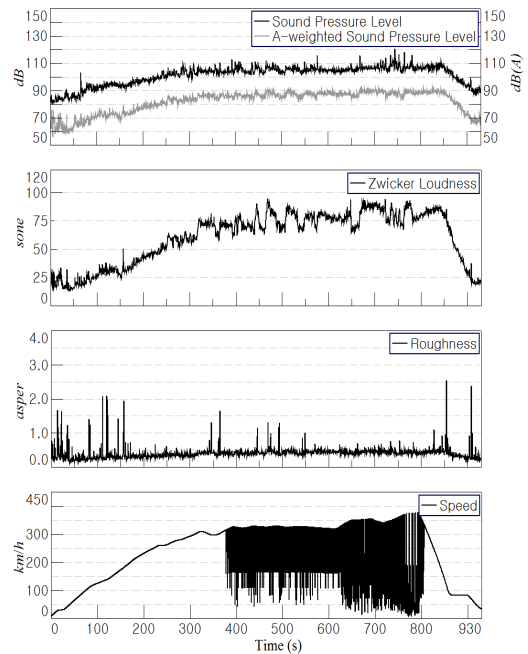


Fig. 1 Results of sound metrics (Sound pressure level, A-weighted sound pressure level, Zwicker loudness, Roughness) and speed

위 Fig. 1의 결과와 같이, 음압레벨(Sound pressure level, A-weighted sound pressure level), Loudness, Roughness는 운행속도의 영향을 받는 것으로 나타났다. 그러나 Loudness결과를 통해 300km/h 이상으로 정속을 유지하는 구간에서 음압레벨과는 다르게 레벨의 변화가 있는 것으로 나타났으며, 이것은 Loudness의 특성인 청각계를 통해 인지된 소리를 정량적인 크기로 표현한 것으로써 음압레벨은 일정하지만 청각적으로는 다르게 나타난다는 것을 알 수 있다[3, 4]. 그리고 Roughness결과를 통해 속도가 변화하는 시점에 음압대비 변조주파수특성이 나타남으로 인해 레벨이 증가하는 것을 알 수 있었다[3].

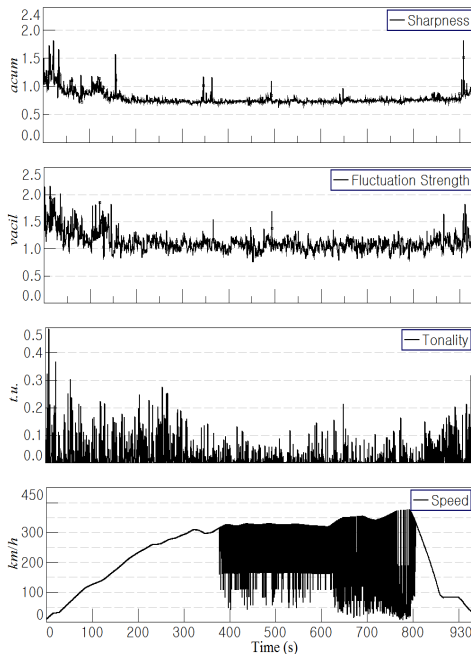


Fig. 2 Results of sound metrics (Sharpness, Fluctuation Strength, Tonality) and speed

위 Fig. 2를 통해, Sharpness, Fluctuation Strength, Tonality는 음압레벨처럼 열차운행속도레벨보다는 속도가 변화하는 기울기값에 영향을 받는다고 할 수 있다.

Sharpness는 열차가 가감속 시에 상대적으로 큰 값을 가지는 것으로 보아 가감속 시 고주파 영역 (Critical band 주파수 대역 200Hz에서 10kHz)에 많은 음향에너지가 존재한다는 것을 알 수 있으며

[3], Fluctuation Strength는 충격성 소음과 연관되어 정속일 때 보다는 가감속 시 주파수 변화폭이 큰 것을 알 수 있다[3, 5]. 그러나 Tonality는 순음성분의 변조특성을 나타냄으로 다른 음질인덱스 보다는 열차운행속도와는 크게 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

4. 결론

음질평가는 음압레벨(A-weighted sound pressure level)평가보다 더욱 사람의 청감에 맞게 분석할 수 있는 방법이다. 음압레벨량의 물리적인 평가만으로는 정확한 청감특성을 평가하기에는 한계가 있으며, 본 연구에서 도출된 결과와 같이 음질평가 분석을 이용하면 다양한 관점에서 사람이 소음이라고 느끼는 부분에서 접근할 수 있다. 향후, 각 음질인덱스의 물리적인 주파수 대역특성을 통해 철도차량 운전실 소음의 주요 주파수 특성에 따라 효율적인 저감대책마련을 위한 연구가 이루어 질 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. H.Y., Ji, S.I., Chang, J.C., Kim, "Noise dose-response curve of elevated urban railway by jury evaluation", STECH 2012, p085, 2012.
2. Glenn Pietila, Teik C. Lim, "Intelligent systems approaches to product sound quality evaluations - A review", Applied Acoustics, 987-989, 2012.
3. Hugo Fastl, Eberhard Zwicker, "Psychoacoustics - Facts and Models", Springer, 3rd, pp. 17, 2007.
4. 김의열, 이영준, 이상권, "프린터의 음질 인덱스 제작과 음질개선에 대한 응용", 한국소음진동공학회논문집, 22, 509-523, 2012.
5. 서강원, 김의열, 김성기, "방향성을 가진 회전체 소음의 청각계 인지 특성에 관한 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, 348-358, 2012.