

KTX 차량 곡선부 스켈 소음 특성

Analysis of curve squeal noise for KTX train

이찬우†* 김재철*
Lee, Chan-woo Kim, Jae-chul

ABSTRACT

CURVE SQUEAL NOISE IS THE INTENSE HIGH FREQUENCY TONAL THAT CAN OCCUR WHEN A RAILWAY VEHICLE TRAVERSES A CURVE OR A SWITCH. THE HIGH NOISE LEVEL CAUSES ANNOYANCE FOR PEOPLE WHO LIVE IN THE NEIGHBOURHOOD OF THE SQUEALING RAILWAY TRACK AS WELL AS FOR THE PASSENGERS IN CARS WITH CURVES. THIS PAPER EXAMINES THE SPECTRAL SOUND DISTRIBUTION IN CURVES FOR KTX TRAIN. THE FREQUENCY RANGE IS FROM AROUND 4,000 TO ALMOST 16,000Hz, WITH NOISE LEVELS UP TO 92dB IN CURVE R400.

1. 서 론

철도 차량 주행 중 발생하는 하부 소음원 가운데 고속차량이 아닌 저속 차량에서는 차륜/레일 접촉에 의한 전동 소음이다. 전동 소음 가운데 곡선반경이 작은 곡선 구간을 차량이 통과할 때 종종 강하고 높은 음조의 자주 접하게 되는 매우 불쾌한 소음이 발생되는데 이를 스켈 소음이라 한다. 스켈 소음은 레일 위에서 미끄러지는 차륜의 미끄러짐과 관계있는 건마찰력(dry friction force)에 의해 가진 되어 차륜에서 나타나는 소음이다. 이 소음은 선로 연변에 거주하는 사람이나 열차를 이용하는 승객에게 불쾌감을 주게 되어 민원 문제로 확대되는 경우가 종종 있다. 스켈 소음은 직선구간에서 발생하는 전동음보다 더 거슬리는 소음원의 하나로 인식되어 지는데, 이 스켈 소음은 곡선반경을 충분히 크게 함으로 제거할 수 있으나 한정된 노선 공간으로 인하여 어려움이 많이 발생하고 있다. 이와 관련하여 국내 도시철도운영기관들은 이에 대한 문제제기 및 스켈 소음 저감 대책을 위하여 레일 도유기에 의한 저감 대책을 활용하고 있는 상태이지만 근본적인 스켈 소음 저감에는 부족한 상태로 남아 있는 실정이다.

본 연구에서는 국내 고속철도인 KTX 열차가 고속신선 중심으로 설계 제작되었으나 KTX 열차가 2004년 4월 개통 이후 현재까지 “고속 신선 + 기존선” 구간을 운행하고 있는 상태이다. 특히 호남선 구간에서는 시흥-신탄진구간 고속신선을 제외하고는 기존선 중심으로 KTX 열차가 운행되고 있고 더욱이 호남선 서대전-익산 구간은 곡선반경이 R400~R700 구간이 상당 수 존재하는 관계로 KTX 열차가 이들 곡선반경이 작은 구간을 통부 시 스켈 소음이 과대하게 나타나는 특성이 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 서대전 ~ 계룡 구간 곡선반경 R700 및 R400 구간을 선정하여 KTX 열차 통과 시 스켈 소음을 실험적으로 측정 분석하였다.

2. 시험 조건 및 시험 방법

KTX 열차 곡선부 통과 시 스켈 소음 시험 조건 및 시험 방법은 다음과 같다. 시험 대상 차량은 시험

† 이찬우 : 정회원, 철도연, 차륜궤도연구실, 책임연구원
E-mail : cwlee @ krri. re. kr
TEL : (031)460-5204 FAX : (031)460-5814
* 김재철 : 정회원, 철도연, 차륜궤도연구실, 책임연구원

당일 KTX 열차가 상업 운행하고 있는 차량을 측정하였다. 측정 위치는 호남선 대전 조차장 기점 18k720 지점(곡선반경 R700)과 23k820(곡선반경 R400)에서 스킵 소음을 측정하였다. 도표 1은 스킵 소음 측정에 사용된 장비를 보여주고 있다. 그림 1 및 그림 2는 측정 지점의 측정 위치를 나타내 주고 있다. 스킵 소음 측정 지점에서의 마이크로폰 설치 높이는 1.5m 이다. 선로 연변에서의 시험이기 때문에 안전요원 1명이 KTX 열차가 진입하는 것을 확인하는 가운데 진행 되었다. 또한 측정 지점에서의 바람의 영향을 최소화하기 위하여 방풍망을 마이크로폰에 설치하고 레일 이음매의 충격음에 의한 영향도 함께 보기 위하여 R700 지점에서는 레일 이음매가 없는 지점을 선택하였고, R400 지점은 레일 이음매가 있는 지점을 선택하여 측정하였다.

도표 1 스킵 소음 측정에 사용된 장비

장비명	규격	개수
마이크로폰	LD 2541(1/2") Free Field	2
프리앰프	PRM 902	2
분석기	LD 2900B	1
삼각대	1.5m, 5.0m	2
방풍망	LD Windscreen	2
타이머	0.001 sec 측정용	1
줄자	5m 측정용	1

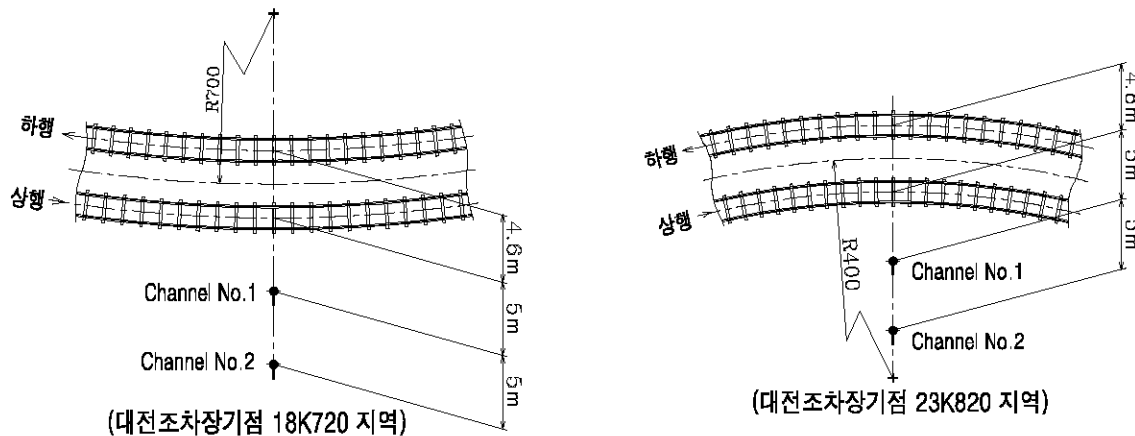


그림 1 R700 지점 스킵 소음 측정 지점 개략도 그림 2 R400 지점 스킵 소음 측정 지점 개략도

3. 측정 결과 및 분석

기존선 구간 중 급곡선부를 통과하는 KTX 열차가 보이는 소음 특성을 그림 3과 그림 4에 나타내었다. 그림 3은 이음매가 없는 곡률반경 R700인 지점에서 얻어진 대표적인 KTX 열차의 시간이력곡선과 주파수 스펙트럼이다. 일반적인 KTX 열차의 시간 이력곡선보다 그래프가 불규칙성을 띠고 있는 것을 알 수 있다. 또한 주파수를 막대그래프로 표현한 오른쪽 그림에서 보면 16,000Hz의 매우 높은 주파수의 스킵 소음이 피크를 이루고 있음을 알 수 있고 이와 같은 불규칙적인 시간이력곡선은 스킵 소음에 의한 영향임을 확인 할 수 있다. 이에 비하여 그림 4는 이음매가 있는 곡률반경 R400인 지점에서 얻어진 KTX 열차의 시간이력곡선과 주파수 스펙트럼이다. 시간이력곡선은 이음매가 없고 스킵 소음의 영향이 지배적인 그림 3-8 과 다르게 어느 정도 규칙적인 휠-레일 전동음이 나타나는 것을 알 수 있다. 급 곡선 개소이어서 여전히 스킵 소음의 영향이 5,000-10,000Hz 주파수 영역에서 상당히 높은 주파수 성분을

보이지만 기존선 열차에서와 마찬가지로 이음매를 월이 통과할 때 발생하는 충격성 소음에 의한 광대역 주파수 특성에 마스킹 되는 현상(masking effect)을 확인할 수 있다.

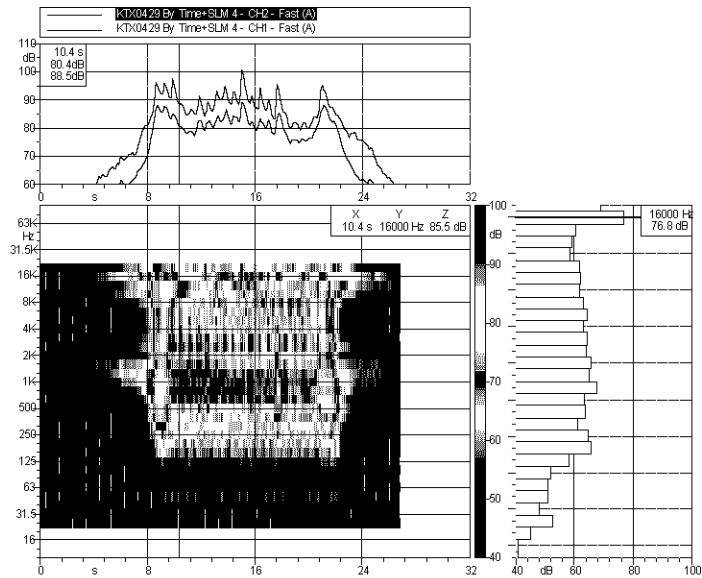


그림 3 KTX 열차 소음도 이력 및 주파수 스펙트럼(이음매 : 무, R=700)

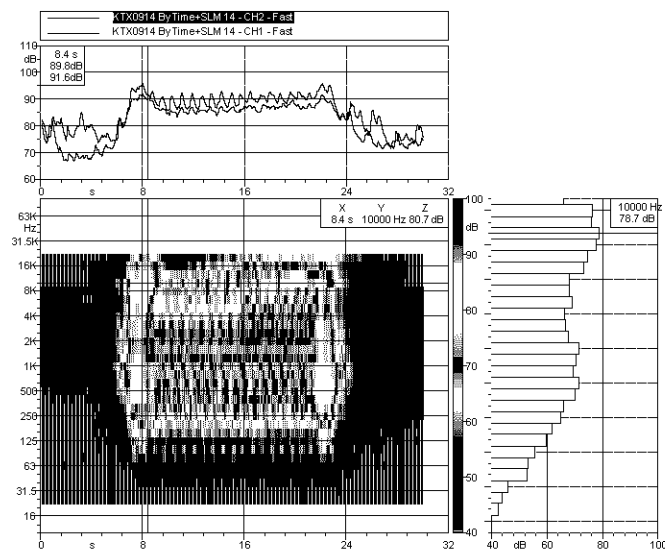


그림 4 KTX 열차 소음도 이력 및 주파수 스펙트럼(이음매 : 유, R=400)

4. 맺음말

본 연구에서는 기존선 구간을 통과하는 KTX 열차의 스킨 소음 특성을 알아보기 위해 스킨 소음 특성을 실험적으로 살펴 보았다. KTX 열차가 기존선 급 곡선부를 통과할 때에 4,000Hz - 16,000Hz 대역의 매우 높은 주파수 대역에서 스킨 소음이 지배적으로 나타났으며, 이음매가 있는 선로의 경우에도 스킨 소음 성분이 상당량 존재하지만 이음매 충격소음 등의 영향으로 전체 소음도 레벨에서는 큰 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었다. 향후 이음매가 있는 지역도 장대화 사업 등에 따라 충격성 소음이 제

거되면 스켈 소음은 주요한 소음원으로 작용하리라 예상된다. 따라서 국내 고속열차가 기존선 연결 노선이 현재 경부·호남선에서 전라선과 경전선 일부 구간까지 확대 운행될 것임을 고려할 때 스켈 소음 저감 대책이 시급히 수립되어야 KTX 운행 선로연변 거주자에 대한 KTX 열차 운행에 따른 만족도가 보다 더 높아 질 것으로 예상됨을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국철도기술연구원 철도시스템선진화기술 연구비 지원으로 이루어 졌음을 알려드립니다.

참고문헌

1. 문경호 외 4명, 2002년, “국내 전동차 스켈소음에 관한 연구”, 한국철도학회, 추계학술대회논문집 (1), pp.66~71.
2. 김재철 외 4명, 2000년, “차륜/레일의 전동음 저감방안 연구”, 한국철도기술연구원 KRRI 연구 00-42, pp44~78
3. C.J..M.Van Ruiten, 1988년, "Mechanism of squeal noise generated by trams", J.Sound. Vib, 120(2), pp245~253
4. 이찬우 외 6명, 2004년, “차량성능향상 핵심기술개발”, 한국철도기술연구원 KRRI 연구 04-89, pp.78~94