

고속철도의 기존선 통과시 소음특성에 관한 연구 Noise Characteristics of High Speed Railway(KTX) Running on Conventional Line

조준호* 이찬우* 김재철* 최성훈* 한환수*
Cho, Jun-Ho Lee, Chan-Woo Kim, Jae-Chul Choi, Sung-Hoon Han, Hwan-Su

ABSTRACT

When high speed train runs on heavy curvature section of conventional line, squeal noise emitted from the railroad and wheel. This noise is very unpleasant to the near habitant. In this study, the characteristics and the countermeasures of the squeal noise of high speed train running on the conventional line was investigated.

1. 서론

우리나라에 고속철도가 개통된 지 6개월이 지난 시점에서 개통과 더불어 여러 가지 파급효과가 발생하고 있다. 가장 큰 효과 중의 하나는 전국을 만나는 생활권으로 만들어 놓아 수송측면에서 놀라운 진보를 가져온 것이다. 그럼에도 불구하고 아쉬운 점은 여러 가지 사유로 경부고속철도는 서울-부산간 모든 고속선에서 운행되는 것이 아니라, 대구-부산 구간은 기존선을 개량하여 운행되고 있으며, 호남지역도 대전이남 지역은 기존선의 선형을 많이 개량하였지만 곡선부위가 상당히 많은 기존선을 통과하는 실정이다.

일반적으로 고속열차는 고속운행의 특성상 차량과 선로를 정교하게 설계, 사공하고 관리하여야 함은 잘 알려진 사실이다. 특히 고속운행을 위해 선로 구배나 곡률 반경에 제한을 주어 고속운전에 따른 안전에 문제가 없도록 규제를 하고 있다. 따라서 이러한 고속열차가 고속선선이 아닌 기존선 특히 곡선부위를 통과할 때는 속도를 저감하고 통과할 수 밖에 없다. 이러한 저속운행에도 불구하고 곡선부위를 통과할 때는 스펙소음이 발생할 수 밖에 없으며, 기존선 열차에 비해 정교하게 설계된 고속열차이기 때문에 다른 소음원에 비해 차량과 레일 사이의 마찰에 의한 스펙소음의 영향은 더욱 커지게 된다.

따라서 본 연구에서는 기존선 구간을 통과하는 고속열차의 소음특성을 알아보기 위해 기존선 열차와 고속열차가 기존선을 통과시 소음 특성을 소음도 측정 결과들 이용하여 분석하였다. 또한 스펙소음의 저감방안에 대한 조사를 통해 향후 스펙소음 저감에 대한 대책 방안으로 제안하였다.

* 한국철도기술연구원, 정회원

2. 철도 소음 측정

2.1 소음측정 개요

본 연구에서는 고속철도가 기존선 중 급곡선구간을 통과할 때 발생하는 소음특성을 기존선열차와 비교하고 또 이음매가 있는 곳과 없는 곳에서의 그 영향을 검토하기 위하여 대전조차장기점 18k720 지점(곡선반경 700)과 23k820 지점(곡선반경 400)에서 소음도를 측정하였다. 소음측정에 사용된 장비를 도표 1에 나타내었다. 그림 1과 그림 2에는 각각 측정지점의 측정 개략도를 도식적으로 나타내었으며 그림 3과 그림 4에는 측정장면 사진을 나타내었다. 측정위치는 상행레일기준 5.0m 10.0m 이격거리의 1.5m 높이이다.

도표 1 측정에 사용된 장비

장비명	규격	개수
마이크로폰	LD 2541(1/2") Free Field	2
프리앰프	PRM902	2
분석기	LD 2900B	1
삼각대	1.5m, 5.0m	2
방풍망	LD Windscreen	2

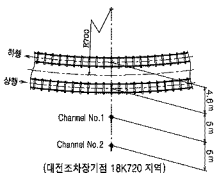


그림 1 측정지점 개략도(이음매:무, R=700)
(대전조차장기점 18k720)

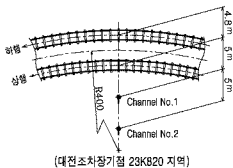


그림 2 측정지점 개략도(이음매:유, R=400)
(대전조차장기점 23k820)



그림 3 측정사진(대전조차장기점 18k720)



그림 4 측정사진(대전조차장기점 23k820)

2.2 무궁화 열차 소음 측정 결과

본 연구에서는 기존선구간을 KTX가 통과할 때의 소음특성을 무궁화 열차가 통과할 때와 비교하여 나타내었다. 다음 그림 5에는 기존선구간에 무궁화 열차가 통과할 때를 이음매가 없는 구간과 이음매가 있는 구간에 대해 각각 나타내었다. 이음매 없는 곡률반경 700지점을 통과하는 무궁화 열차의 시간 이력곡선의 일부 시간영역에서 8000Hz 대역의 고주파 스웰소음이 나타나고 있다. 다만 저주파의 기관소음과 일반적인 휠-레일 진동음이 더욱 지배적인 특징을 알 수 있다. 그림 6의 이음매가 있는 곡률반경 400 지점을 무궁화 열차가 통과하는 소음도 측정 결과를 보면 저주파의 기관소음의 영향도 일부 나타나지만, 이음매를 차륜이 통과할 때 발생하는 충격에 의한 광대역의 소음특성을 확인할 수 있다.

따라서 급곡선구간을 기존선 열차가 통과할 때는 기관소음이나 레일의 이음매 등의 영향이 스웰소음의 영향보다 큰 것을 알 수 있다.

2.3 KTX 소음 측정 결과

기존선 구간중 급곡선부를 통과하는 KTX 열차가 보이는 소음특성을 그림 7과 그림 8에 나타내었다. 그림 7은 이음매가 없는 곡률반경 700인 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 16000Hz의 매우 높은 주파수의 스웰소음이 피크를 이루고 있음을 알 수 있고 이와같은 불규칙적인 시간이력곡선은 이러한 스웰소음에 의한 영향임을 확인할 수 있다.

이에 비하여 그림 8은 이음매가 있는 곡률반경 400인 지점에서 얻어진 전형적인 KTX 열차의 시간이력곡선과 주파수 스펙트럼이다. 시간이력곡선은 이음매가 없고 스웰소음의 영향이 지배적인 그림 7과 다르게 어느정도 규칙적인 휠-레일 진동음이 나타나는 것을 알 수 있다. 급곡선개소이어서 여전히 스웰소음의 영향이 5000-10000Hz 주파수 영역에서 상당히 높은 주파수 성분은 보이지만 기존선열차에서와 마찬가지로 이음매를 휠이 통과할 때 발생하는 충격성 소음에 의한 광대역 주파수 특성에 마스킹 되는 현상(masking effect)을 확인할 수 있다.

3. 스웰소음 저감 방안

본 장에서는 열차가 급곡선부를 통과할 때 발생하는 스웰소음의 저감을 위한 일반적인 방안들을 정리하였다.

스웰소음 발생 메카니즘은 다음과 같다.[1]

- 고정 차축에 있는 내부 및 외부 휠 사이의 경로차(differential slip) : 내부 레일에서 발생하는 Stick-Slip 거동으로 인한 협대역 고주파 소음 (2000-6300Hz 대역)
- 휠 플랜지가 레일에 마찰 : 외부 레일에서 발생하며, 일명 휘스퍼 소음(Whisper noise)으로 고주파의 광대역 소음
- 휠이 레일 상면을 가로지르면서 문지르며 발생 : 일명 하울소음(Howl noise)

국내는 물론 이런 스웰소음에 대한 연구는 국외 철도 선진국에서도 그 동안 강행 및 실험에 의존되어 왔으며 최근에 이르러서 이론적 연구가 수행되고 있는 실정이다[2]

스웰소음은 차륜과 레일의 접촉에 의한 차륜과 레일에서 방사되는 소음이므로 다음 도표 2와 같은 저감방안이 주로 검토되고 시행되고 있다[3]

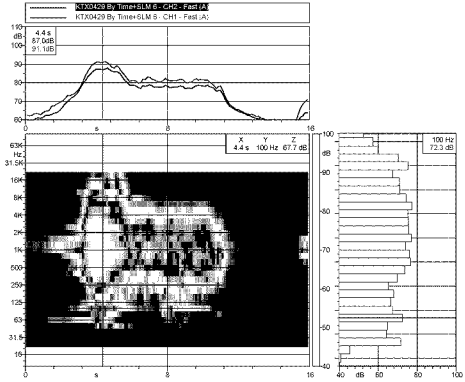


그림 5 전형적인 부광화 열차 소음도 이력 및 주파수 스펙트럼(이음매 : 무, R=700)

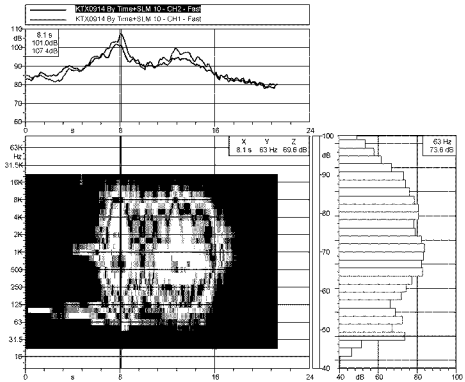


그림 6 전형적인 부광화 열차 소음도 이력 및 주파수 스펙트럼(이음매 : 유, R=400)

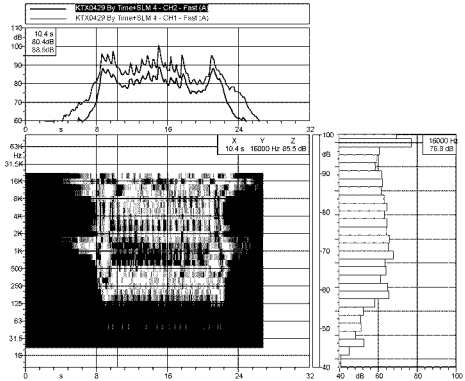


그림 7 전형적인 KTX 소음도 이력 및 주파수 스펙트럼(이음매 : 무, R=700)

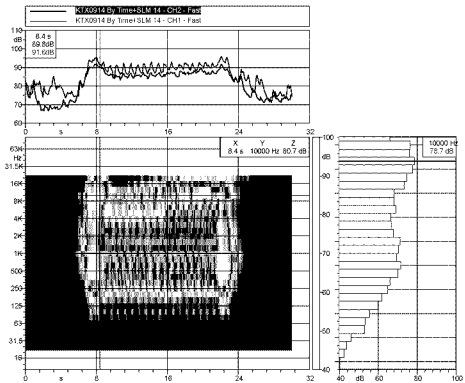


그림 8 전형적인 KTX 소음도 이력 및 주파수 스펙트럼(이음매 : 유, R=400)

도표 2 스패소음 저감방안

구분	대책
발생원 해소 (차륜과 레일간의 상대 미끄럼의 감소와 마찰계수의 저감)	<ul style="list-style-type: none"> · 차륜 담면 형상을 변경 · 차륜 윤환(주로 교체윤환제) · 레일 윤환(주로 액체윤환제)
진동원의 제진	<ul style="list-style-type: none"> · 방음차륜 · 차륜형상 변경 · 레일에 댐퍼 부착
소음의 차음	<ul style="list-style-type: none"> · 차체에 방음 스킨트 부착 · 철도변에 차음벽 설치

4. 결론

본 연구에서는 기존선 구간을 통과하는 고속열차의 소음특성을 알아보기 위해 기존선 열차와 고속열차가 기존선을 통과시 발생하는 소음 특성을 측정 결과를 이용하여 분석하였다.

기존선 열차는 기관소음이나 다른 주요 소음원 성분에 의해 스패소음 성분이 KTX에 비해 미약하게 영향을 끼침을 알 수 있었다.

KTX 열차가 기존선 급곡선부를 통과할 때에 4000Hz - 16000Hz대역의 매우 높은 주파수 대역에서 스패소음이 지배적으로 나타났으며, 이음매가 있는 선로의 경우에도 스패소음 성분이 상당량 존재하지만 이음매 충격소음 등의 영향으로 전체 소음도 레벨에서는 큰 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었다. 향후 이음매가 있는 지역도 광대화 사업등에 따라 충격성 소음이 제거되면 스패소음은 주요한 소음원으로 작용하리라 예상된다.

후기

본 연구는 한국철도기술연구원 기본연구사업의 철도시스템 선진화 기술연구(차량성능향상 핵심기술연구)에 의해 수행되었음을 밝히며, 관계자에게 감사드립니다.

참고문헌

1. C. M. Kootwijk-Damman(1996), Industrial Noise in Railway Yards : The Problem of Squeal Noise, Journal of Sound and Vibration, Vol 193, No 1, pp 451-452
2. 유원희(2003), "철도환경소음 저감기술", 기계저널, Vol 43, No 9, pp 40-43
3. 한국철도기술연구원(1997), "철도소음진동의 효율적 저감방안 연구", 철도청, pp 201-202