

제진도료가 전동차 실내소음에 미치는 영향에 관한 연구

Study on the Effect of the Sound-Deadening Paint on the Inside Running Noise in Railway Vehicles

우관제*
Woo, Kwanje

ABSTRACT

Internal running noise of a vehicle running in open field is the summation of air borne noise and structure-borne noise. In this paper vibration damping characteristics of carbody are investigated to see the effect of sound-deadening paint on the internal running noise. By using SEA method, vibration levels of complete train with and without sound-deadening paint are estimated and structure borne noise levels are estimated.

1. 서 론

개활지를 주행하는 전동차의 실내소음은 공기기인소음과 구조기인소음의 합에 의해 결정된다 (1,2,3). 본 논문에서는 제진도료가 실내소음에 미치는 영향을 살펴보기 위해 SEA 기법을 사용하여 제진도료를 적용한 차체와 적용하지 않은 차체의 진동레벨을 비교하여 구조기인소음의 저감효과를 살펴보았다.

견인전동기나 드라이빙기어에서 발생하는 진동이나 차륜과 레일의 상호작용에 의해 발생하는 진동은 1차와 2차 현수장치를 거치면서 고주파 성분은 필터링 되나 필터링 되지 못하는 저주파 성분은 차체로 전달되어 바닥을 가진하게 된다. 또한 앤티롤바나 요댐퍼와 같은 대차와 차체의 기계적 연결장치를 통해서도 대차의 진동이 차체에 전달되기도 한다 (4,5).

차체가 진동하면 차체 표면의 방사특성에 의해 진동에너지가 음향에너지로 변하게 되며 구조기인소음이 발생하게 된다.

따라서 가진원의 크기와 전달경로가 정해져 있을 때 구조기인소음을 줄이기 위해서는 전달된 진동에 의한 차체의 응답을 줄일 필요가 있으며 본 논문에서는 구조기인소음을 줄이기 위해 차체 내부에 도포하는 제진도료(sound-deadening paint)의 영향을 살펴보았다.

* (주)로템 기술연구소 응용기술연구팀 수석연구원, 정희원
E-mail : wookj@hyundai-rottem.co.kr
TEL : (031)596-9490 FAX : (031)596-9747

2. 제진도료의 특성

일반적으로 전동차 차체에 사용하는 철판의 댐핑비는 0.01 차수(order)이다. 이러한 철판에 철판두께의 1~2배에 해당되는 제진도료를 도포할 경우 중고주파수 대역에서 0.1 차수의 댐핑비를 갖게 되며 이 경우 고유진동수 부근에서 철판의 응답이 현격히 줄어든다. 그림 1은 제진도료 공급사에서 제공한 자료에 나와 있는 주파수응답함수로서 두가지 종류의 제진도료를 시편에 도포한 경우의 주파수응답함수를 보여주고 있다.

개발지를 주행하는 전동차의 경우 차륜과 레일의 상호작용에 의한 진동이나 견인전동기와 드라이빙기어에서 발생하는 진동의 주파수 성분이 제진도료의 댐핑효과가 나타나는 주파수 대역과 유사하므로 차체에 제진도료를 사용한다면 차체의 진동이 작아질 것이며 이에 따라 차체 진동에 의한 소음방사량도 줄어들 것이다.

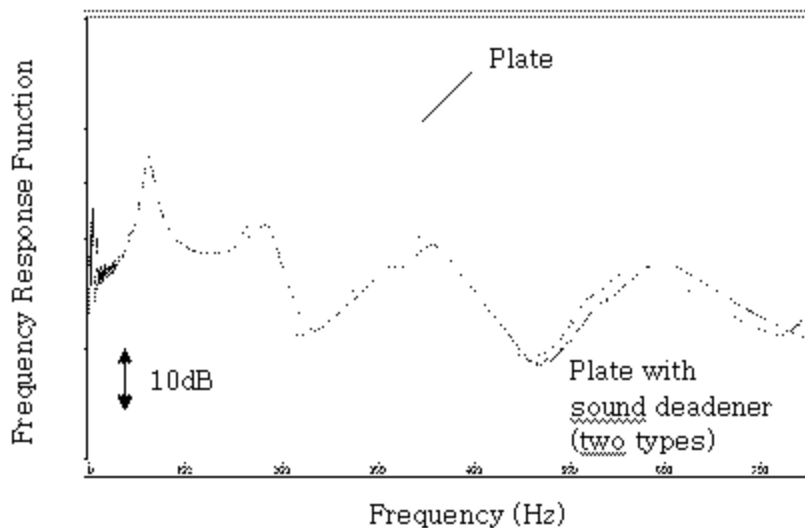


그림 1. 제진도료의 주파수 응답 특성 (출처: 제진도료 공급사)

3. 진동해석 결과

철도차량에서 사용하는 제진도료의 효과를 살펴보기 위해 아래 그림2와 같이 AutoSEA 모델을 구성하여 진동해석을 수행하였다. 개발지를 주행하는 전동차는 가진원이 주로 바닥판 하부에 있으므로 본 해석에서는 바닥판에만 제진도료를 도포하는 것을 가정하였다. 가진원으로는 차체의 대차중심점에 1/3 주파수 밴드에 1N의 균일한 가진력이 작용한다고 가정하였고, 바닥판의 댐핑계수는 균일하게 0.01과 0.1을 사용하였다.

진동해석결과로 제진도료를 도포한 차체의 바닥진동의 크기가 제진도료를 도포하지 않은 차체의 바닥진동의 크기보다 약 4dB 정도 줄어들음을 알 수 있었다 (그림 3).

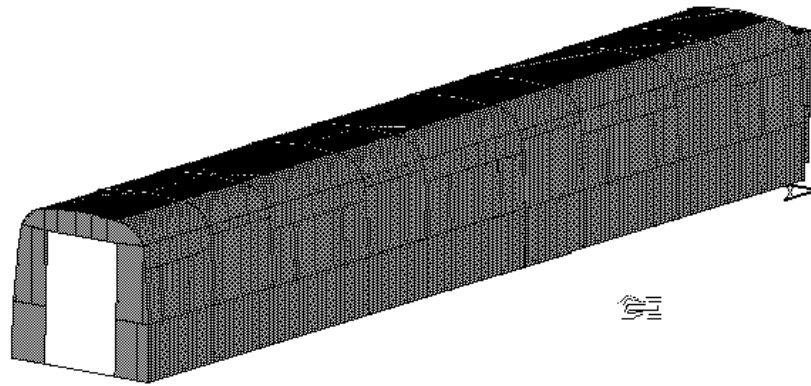


그림 2

그림 2. 진동해석 모델

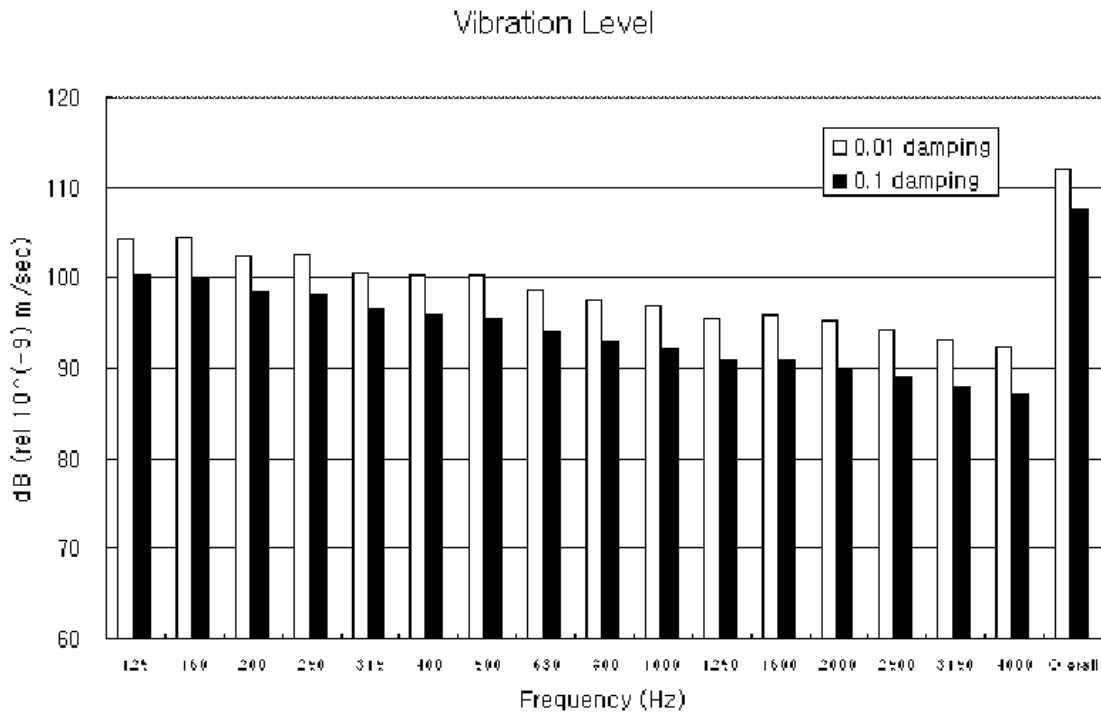
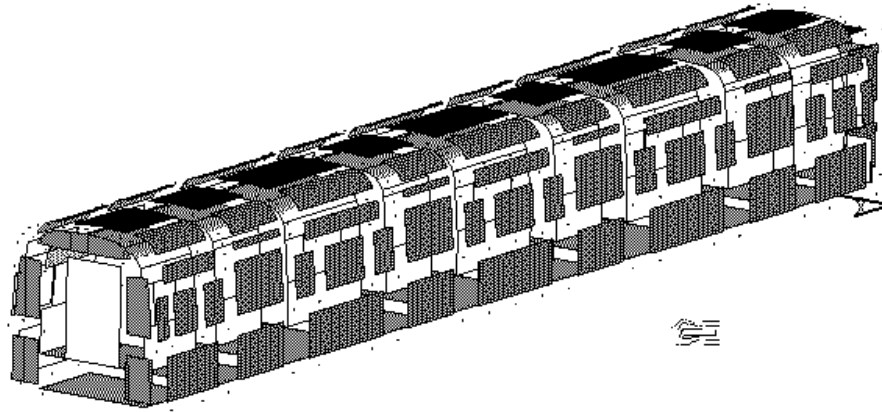


그림 3. 진동해석 결과 (대차상부의 진동)

4. 구조기인소음 해석 결과

구조기인소음을 예측하기 위해 AutoSEA를 사용하여 실내공간을 모두 9개의 cavity로 나뉘 각 cavity 당 평균적인 음압을 구하였으며 실내 흡음률과 방사효율은 일반적인 전동차에서 측정한 데이터를 사용하였다.



승차

그림 4. 구조기인소음 해석 모델

구조기인소음을 해석하여 댐핑계수가 0.01일 때와 0.1일 때의 바닥판에 대해서 실내소음의 크기를 비교한 결과가 그림 5에 나타나 있다. 구조기인소음은 모두 아홉군데에서 예측했으며 위치별로 모두 4dB 정도의 실내소음 저감효과가 있는 것으로 나타났다. 여기서 가로축의 번호 1~9는 갱웨이를 제외한 끝단 cavity로부터 순차적으로 매긴 cavity의 번호이다.

여기서 유의할 것은 전동차의 실내소음은 구조기인소음 뿐 아니라 공기기인소음과 공조기로부터 발생하는 소음들이 합쳐져서 들리게 되므로 구조기인소음의 저감효과가 모두 실내소음 저감으로 이어지지 않는다는 것이다. 또한 이번 해석에서는 가진력을 가상적인 크기를 사용했으므로 정확한 실내소음 예측을 위해서는 정확한 가진력을 입력할 필요가 있다.

Structure borne Noise

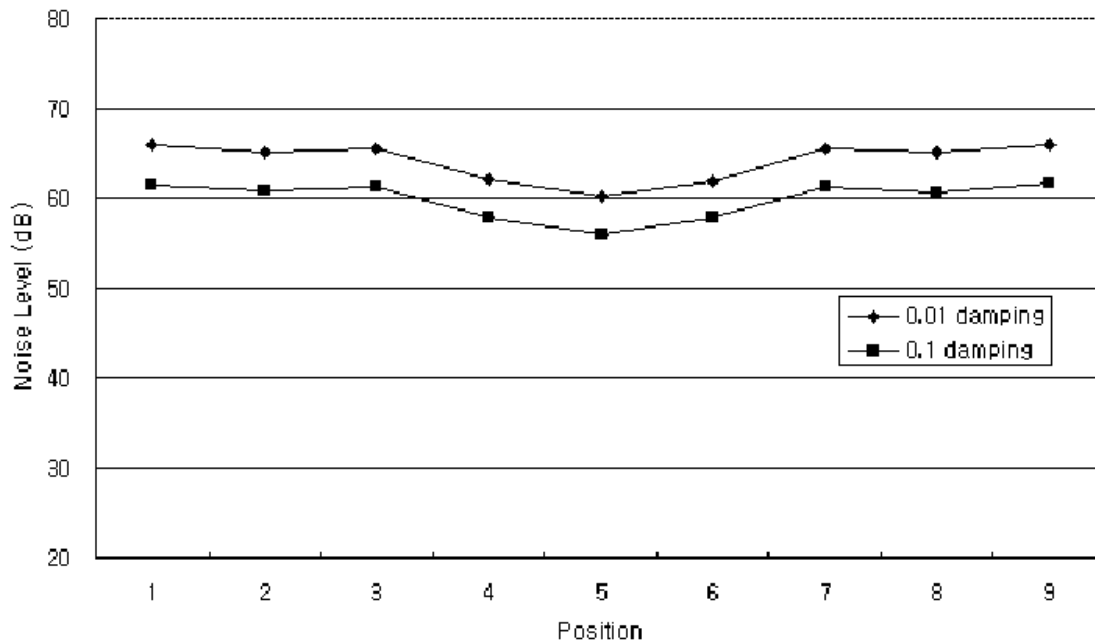


그림 5. 구조기인소음 해석 결과

5. 결 론

본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 제진도료를 바닥판에 도포하여 댐핑계수를 0.01 차수에서 0.1 차수로 높이면 약 4dB 정도의 진동 저감이 예상된다.
- (2) 이때 구조기인소음도 약 4dBA 정도의 저감효과를 얻을 수 있다.
- (3) 실내소음은 공기기인소음, 구조기인소음 및 공조기 소음이 더해지는 것이므로 구조기인소음의 저감량이 모두 실내소음의 저감으로 이어지지 않는다.

6. 참고문헌

- 1) 우관제, 박희준, "철도차량에서 사용하는 부유상구조의 진동절연특성에 관한 연구," 2006년 추계 철도학회, pp.44~48
- 2) 박희준, 우관제, "SEA 기법을 이용한 부유상구조의 구조기인 소음 예측," 2007년 추계철도학회, pp.255~261
- 3) 우관제, "전동차 바닥구조의 진동절연특성이 실내소음에 미치는 영향" 한국철도학회 2008년도 춘계 학술대회논문집, 2008. 6, pp. 895 ~ 899
- 4) 우관제, 김석현, "철도차량 구조기인 소음의 저감에 관한 연구" 한국철도학회 논문집 제11권 제6호, 2008. 12, pp. 519 ~ 523
- 5) 박희준, 우관제, "엔티롤바의 취부위치에 따른 철도차량의 실내소음에 대한 연구" 한국철도학회 2008년도 추계학술대회논문집, 2008. 11, pp. 1794 ~ 1798