앤티롤바의 취부위치에 따른 철도차량의 실내소음에 대한 연구

The study of the effects to the structure borne noise in terms of the Anti-Roll Bar's mounting position

박희준* Park, Hee-Jun 우관제**

Woo, Kwan-Je

ABSTRACT

Inside noise level of a running train in open field is the summation of air borne noise and structure-borne noise. Anti-roll bar is the major transmission path of vibration from bogie. And this vibration gives an effect to the structure borne noise. In this paper, the effect of anti-roll bar is investigated. Structure borne noise is analyzed in terms of changing the mounting position of anti-roll bar to reduce inside noise levels.

1. 서 론

개활지를 주행하는 철도차량의 실내 소음은 구조기인 소음과 공기기인 소음의 합으로 이루어진다. 본 논문에서는 개활지 주행 중 실내소음을 지배하는 구조기인 소음을 유발하는 진동의 주요한 전달 경로인 앤티롤바(Anti-roll bar)의 영향을 살펴보고 Anti-Roll bar의 취부 위치를 변경했을 때 차량의 구조기인 소음의 변화를 예측함으로써 실내소음을 줄이기위한 방안에 대해 연구 하였다.

2. 본 문

2.1 철도차량 구조소음 발생 메커니즘

주행 중인 철도차량의 구조소음 발생 메커니즘은 주행 중 대차에서 발생한 진동이 센터피 봇과 앤티롤바를 통하여 차량 바닥을 통해 차체의 각 부위로 전달이 되며 이때 차체에서 발생한 진동에 의하여 소음이 방사되며, 차량 내부의 흡음률에 의해 실내소음의 레벨이 결 정되게 된다. 이를 그림으로 표현하면 다음과 같다.

^{*} 주식회사 현대로템 응용기술연구팀 주임연구원, 비회원

^{**} 주식회사 현대로템 응용기술연구팀 수석연구원, 정회원

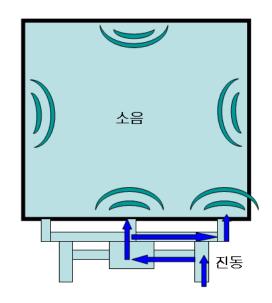


그림 1 철도차량의 구조소음 발생 개략도

2.1 철도차량 구조소음 해석

차체의 각 부위에서 발생하는 소음의 파워는 차체 각 부위의 진동레벨, 방사 계수, 각 부위의 면적의 함수이며 식으로 표현하면 다음 과 같다. 먼저 방사효율의 정의는 다음 과 같다

$$\sigma = \frac{P}{\rho c S v^2} \tag{1}$$

여기서 σ : 방사 계수

P : 방사된 음의 파워

 ρ : 매질의 밀도 c : 매질 중 음속

v: 진동 표면 속도의 시간, 공간 평균값, 실효치(r.m.s)

식 (1) 로부터 차체 각 부위의 소음 방사 파워레벨을 dB로 표현하면 다음과 같다.

$$W_{rad} = Lv - RI + 10Log(A) - 34$$
 (2)

여기서 W_{rad} : 차체 각 부위의 소음 방사 파워레벨(dB)

Lv : 차체 각 부위의 진동 레벨(dB) RI : 차체 각 부위의 방사 계수

식 (2) 에 의해서 결정된 소음 파워는 차량의 일정한 영역 별로 적분하여, 실내 흡음률을 적용한 통계적 에너지 분석법 해석 모델에 소음원으로 사용되어 실내소음을 계산한다. 다음의 그림은 통계적 에너지 분석법을 이용한 해석모델의 예를 나타낸다.

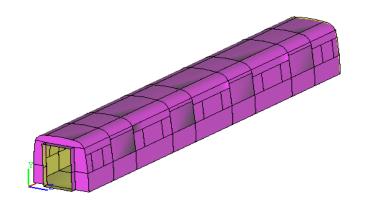


그림 2 통계적 에너지 분석법을 이용한 실내소음 해석모델

차량 전체 레벨의 구조기인 소음의 해석을 위해서는 차량 길이 방향으로의 진동전파특성과 차량 각 부위의 방사계수를 알아야 한다. 그러나 이를 해석적으로 구하는 것은 한계가 있 으므로 시험으로 그 값을 구한다.

시험은 목업 차량을 이용해 수행하였으며, 차량의 진동전파특성과 차량 각 부위의 방사계수를 측정하였다. 아래 그림은 각 시험의 개략도이다.

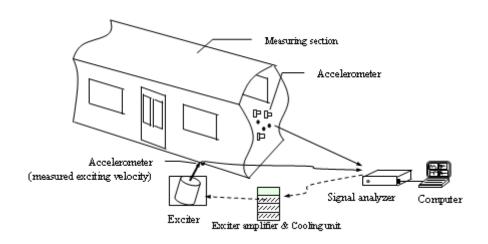


그림 3 진동 전파시험 개략도

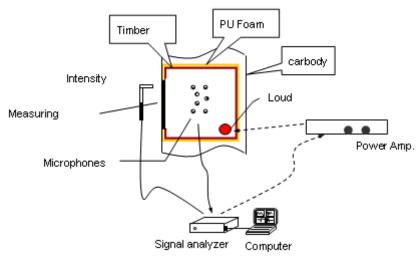


그림 4 소음방사계수 측정시험 개략도

진동전파특성 시험은 차량 종 방향으로의 진동전파특성을 파악하기 위하여 대형 가진기를 차체 Center Pivot Base 부위에 설치하고 Floor, Side Wall, Window, Side Door 부위에 가속도계를 옮겨가면서 측정하였고, 소음방사계수 측정시험은 측정하고자 하는 부위의 내부진동 레벨과 이로 인하여 내부로 방사되는 소음 파워를 측정함으로써 소음 방사 계수를 측정 하였다.

이렇게 측정된 차량의 진동 전파 특성 및 소음방사계수와 실제 주행 중인 차량의 대차 상부의 바닥에서 측정된 진동레벨을 이용하여 계산된 구조기인 소음 파워를 통계적 에너지 분석법 해석 모델에 적용하여 실내 소음을 예측한다.

2.2 앤티롤바의 취부 위치를 고려한 해석

앤티롤바가 1번 위치에 취부 될 경우와 구조적 강성이 비교적 큰 사이드실(side sill) 2 번 위치에 취부 될 경우의 소음을 예측하고자 하였다.

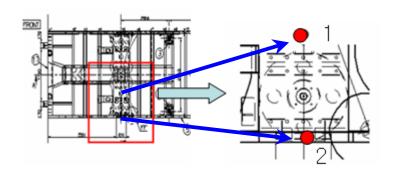


그림 5 앤티 롤 바의 취부 위치

앤티롤바의 위치를 변경했을 경우 소음 해석을 위해서는 우선 앤티롤바의 취부위치가 변경 되었을 때 대차 상부 바닥의 진동레벨을 예측하여 2.1절에서 설명한 방법으로 실내소음을 예측 할 수 있다.

대차 상부 바닥의 진동 레벨은 다음의 식으로 표현된다.

$$Lv_{\mathfrak{h}\mathfrak{f}} = 2(F_{\mathfrak{N}\mathfrak{l}} = \mathfrak{g}\mathfrak{h}^* H_{\mathfrak{h}\mathfrak{f}}, \mathfrak{N}\mathfrak{l} = \mathfrak{g}\mathfrak{h}) \tag{2}$$

식 (2) 와 같이 대차상부 바닥의 진동레벨은 대차로부터 앤티롤바에 전달되는 힘과 그때 바닥의 응답특성의 곱이다. 앤티롤바의 취부위치에 따른 바닥의 응답 특성은 목업 차량을 이용하여 구하였다. 차량이 주행 중 대차로부터 차량의 바닥으로 전달되는 힘의 크기는 대차의 진동이 앤디롤바만을 통하여 차량바닥으로 전달된다고 가정하여 계산하였다.

이 힘을 이용하여 앤티롤바의 취부 위치를 변경 할 경우의 바닥의 진동레벨을 예측하였다. 식은 다음 과 같다.

$$Lv_{\mathfrak{h}\mathfrak{t},\mathfrak{q}\mathfrak{l}\mathfrak{s}\mathfrak{h}} = 2(F_{\mathfrak{q}\mathfrak{l}\mathfrak{s}\mathfrak{s}\mathfrak{h}} * H_{\mathfrak{h}\mathfrak{t},\mathfrak{q}\mathfrak{l}\mathfrak{s}\mathfrak{s}\mathfrak{h}}) \tag{3}$$

식 (3)에서 구한 바닥의 진동레벨을 2.1절에서 설명한 절차에 의해 구조기인 소음을 계산하였으며, 통계적 에너지 분석법으로 계산된 공기기인 소음과 중첩하여 최종적으로 주행 중인 철도차량의 실내소음을 예측 하였다. 앤티롤바를 그림 5의 1번 위치와 2번 위치에 취부 할 경우의 실내소음의 스펙트럼은 그림 6과 같으며, 약 5dB의 저감 효과가 있음을 알 수 있다.

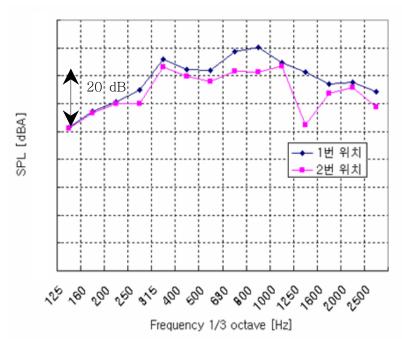


그림 6 앤티롤바 취부위치에 따른 실내소음의 비교

3. 결 론

앤티롤바의 취부 위치에 따른 실내소음의 저감량을 해석하기 위해 목업을 이용한 차량의 진동 전파 특성시험과 차량 각 부위의 방사소음, 그리고 실제 주행 중인 차량의 진동레벨을 측정하여 앤티롤바를 통해 전달되는 힘을 계산 하였으며 차량 바닥의 응답 특성을 측정하여 앤티롤바의 취부 위치에 따른 실내소음을 각각 계산하여 비교하였다. 결과 앤티롤바의 취부 위치를 강성이 큰 사이드 실에 취부하면 약 5dB의 소음 저감 효과가 있음이 확인 되었다.

참고문헌

- 1. 우관제, 박희준(2006), "철도차량에서 사용하는 부유상 구조의 진동절연특성에 관한 연구", 2006한국철도학회 추계학술대회 논문집
- 2. Richard H. Lyon, Richard G. DeJong(1995), "Theory and application of statistical energy analysis", Butterworth-Heinemann
- 3. AutoSEA2 User's Guide, ESI software
- 4. ISO 10846-1 Acoustics and vibration Laboratory measurement of vibro-acoustic transfer