

시속 200km급 고속철도차량의 공조시스템 소음저감기술개발

Noise Reduction of HVAC Equipment for High Speed Train Operating at 200 km/h

박철휘* 이우식* 주재만*** 김주홍****

Chol-Hui Pak*, U. Lee*, JaeMan Joo***, Joohong Kim****

ABSTRACT

This study represents the technique about the noise reduction of HVAC equipment for high speed train(HST) operating at 200 km/h. HST is different from the low speed train in the various points as well as the speed. Especially, the noise of cabin is closely related to the comfort of passenger and the noise from HVAC is one of main noise source in the cabin. In this study, the noise from HVAC was reduced by 5 dB(A) using the concept of multiple resonator and guide vein. Therefore, the noise of cabin decreased from 60 dB(A) to 55 dB(A) at the center of the cabin.

1. 서론

시속 200 km 이상으로 고속 주행하는 철도차량은 시속 100 km 급의 철도차량과는 달리 고속주행에 따른 여러 문제점들을 나타낸다. 특히, 주행속도가 상승함에 따라 철도차량의 진동량도 증가할 것이며, 소음도 역시 증가할 것이다.

이러한 문제점들을 구체적으로 규명하고, 실제 설계에 반영한 사례는 극히 드물다. 따라서, 본 연구에서는 한진중공업이 중국에 수출하기 위해 제작한 시속 200 km 급의 고속철도차량에 대해서 실내소음 저감방안을 도출하였다.

2. 소음원 규명

소음저감을 위해서 철도차량이 주행 중에 실내에서 느낄 수 있는 소음의 원인에 대하여 규명하는 작업이 우선되어야 한다. 차량내부에서 발생하는 소음과 외부에서 차량 안으로 전달되는 소음으로 구분할 수 있다. 차량내부의 소음은 기계장치에서 발생하는 소음이 대부분이며 이 중에서 공조기기, 특히 에어컨에서 발생하는 소음이 거의 대부분을 차지한다. 차량외부에서 차실 내로 전달되는 소음은 휠-레일의 상호작용에 의한 고체음과 공기역학적 소음으로 나눌 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 철도차량의 구조변경 없이 소음저감이 가능한 에어컨 소음의 저감을 목표하였다.

* : 인하대학교 기계공학과

** : 삼성전자

*** : 인하대학교 대학원

3. 각 종 에어컨 소음의 특성시험

공조시스템의 소음저감을 위해서는 소음원이 되는 에어컨의 소음특성과 수준을 이해할 필요가 있다. 따라서, 우선 에어컨 단품자체에 대한 소음시험을 위해 이미 국내 철도차량의 객차에 사용되고 있는 제품에 대한 시험을 실시하였다. 에어컨 소음시험은 그림 1.과 같으며, 그 결과를 표 1.에 나타내었다.

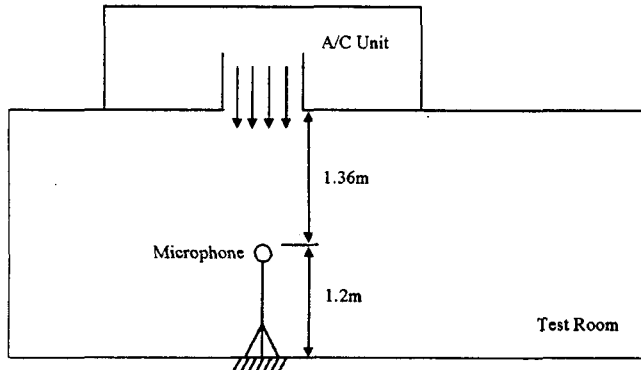


그림 1 에어컨 소음시험 개략도

표 1. 에어컨을 구성하는 각 요소에 따른 소음도

작동조건	최대 출력	송풍팬만 가동	압축기	응축기 팬
소음도 (dBA)	73.9	72.7	60.7	64.7

또한, 기존의 철도차량의 에어컨 소음수준을 확인하기 위해, 본 연구의 대상이 되는 객차와 유사한 구조를 가지고 있는 새마을호 객차에 대한 에어컨 소음시험을 실시하였다. 소음측정은 수색 철도차량기지에서 정지된 객차에 대해서 에어컨을 최대 출력으로 가동한 상태에서 실시되었다. 소음시험은 그림 2.에 나타낸 상태로 실시되었다.

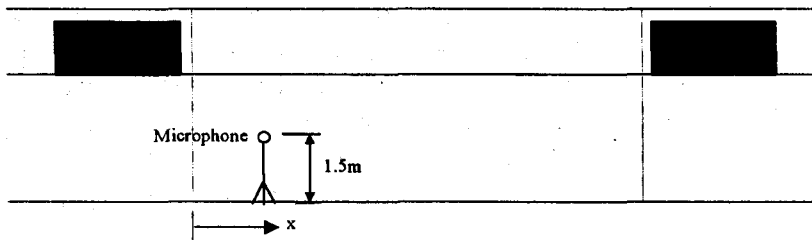


그림 2. 새마을호 객차실내에서 에어컨 소음시험 개략도

본 시험은 에어컨을 최대 출력으로 가동했을 때 측정 위치를 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하며 측정하였다. 표 2.에 나타낸 바와 같이 모든 측정점에서 60 dB(A)이하의 소음도를 보이고 있으며, 에어컨에 인접할수록 소음이 증가함을 알 수 있다. 이것은 공조시스템의 구조상 에어컨의 출구에서의 유동소음과 실내의 공기를 빨아들이는 흡입구에서 방사되는 기계적인 소음에 기인한다.

표 2. 거리에 따른 에어컨 소음도

위치 (m)	0.76	2	4	6	8	9.5 (중앙)	11	13	15	17	0.76 (끝)
소음도 (dBA)	59.2	58.5	56.6	55.2	55.7	55.4	56.1	57.5	58.6	60.6	59.0

4. 공조시스템의 구조 및 특징

본 연구에서 고려할 철도차량은 객차로서 일등객차와 이등객차로 구분된다. 객차 내부의 구조와 2개의 에어컨을 장착한다는 점등을 고려하였을 때, 이등객차의 소음도가 일등객차보다 더 높을 것으로 예상되어 이등객차를 연구대상으로 선택하였다.

본 연구의 대상인 철도차량의 공조시스템 구조는 그림 3.에 나타내었다. 양쪽에 설치된 에어컨에서 공급되는 냉각된 공기가 서로 섞이지 않는 구조로 되어있으며, 에어컨은 객차의 양쪽 끝 지붕에 설치되며, 반 돌출 형태로 장착되어진다. 에어컨과 객차의 덕트는 플렉시블 덕트로 연결되며, 에어컨 당 2개의 토출구로부터 공기가 덕트로 유입된다.

또한, 외부 온도특성 등의 운전환경이 열악하여 적정유량 및 냉방능력을 갖는 에어컨이 사용자 측으로 부터 요구되어, 냉방능력 3500 Kcal의 대용량 T사 에어컨을 채용하였다. 해당 에어컨에 사용된 압축기는 네 개의 실린더로 구성된 왕복동식으로 회전수는 3500 rpm이고, 송풍팬은 블레이드 40개의 1400 rpm이며, 응축기 냉각팬은 블레이드 10개이고 회전수는 1400 rpm이다.

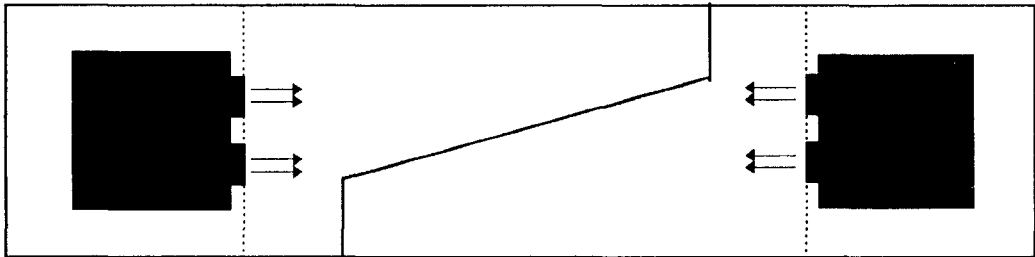


그림 3. 공조시스템의 평면도

5. 소음저감기법

본 연구의 대상이 되는 객차에 대해서는 에어컨 소음이나 주행 시 객실 내부 소음에 대한 데이터가 부족한 관계로, 기초적인 데이터의 확보를 위해서 에어컨 단품에 대한 시험을 실시하였다. 그림 4.에 나타낸 에어컨을 바닥 면에서 1.8 m 이격된 상태로 들어올리고 소음을 측정하였다. 측정결과는 표 3.에 나타낸 바와 같다. 또한, 객차 실내에서 에어컨이 장착된 상태에서 실내 소음도를 측정하기 위해, 에어컨과 덕트만이 장착된 상태에서 소음도의 측정시험을 실시하였다. 객차 내부에는 덕트 이외의 내장재나 바닥재 등이 전혀 설치되지 않은 상태에서, 그림 5.에 보이는 바와 같이 모든 벽면을 흡음재로 막은 상태에서 한 대의 에어컨만을 최대 출력으로 가동하여 소음을 측정하였으며, 측정위치는 객차의 가운데에서 실시하였다. 표 4.에 각 측정점에서의 소음도를 나타내었다. 이상의 소음시험을 통하여 객실 덕트내부의 유량분배기에서 유발되는 구조소음, 에어컨 취부구조를 통하여 차체에 전달되는 구조유발소음 및 객실 덕트의 내부음장에 의한 공기유발소음 등의 기여도를 평가한 후 에어컨 출구에서의 송풍소음이 지배적인 것으로 나타났다.

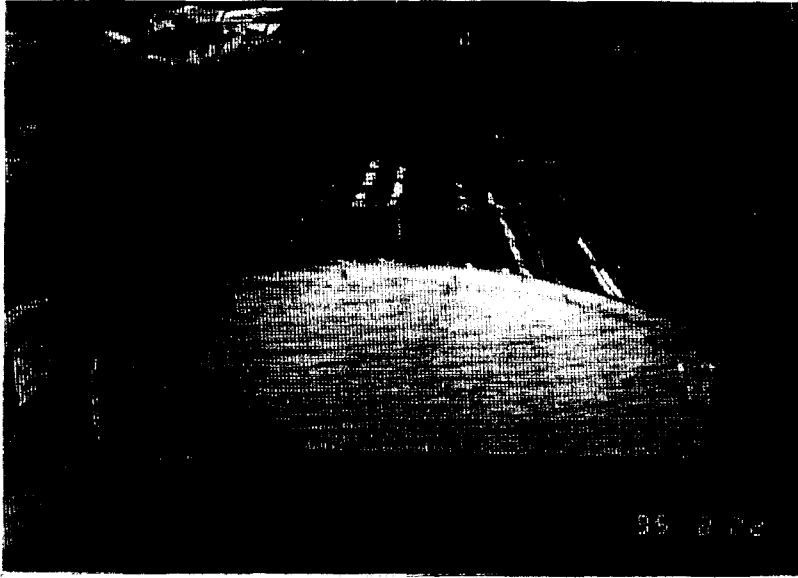


그림 4 시험에 사용된 에어컨의 외관

표 3. 에어컨 단품시험 결과

측정위치	소음도 (dBA)
압축기 하단 30 cm 지점	69.0
에어컨의 오른쪽 면에 1 m 이격지점	70.3
에어컨의 1번 토출구에서 1 m 이격지점	71.2



그림 5. 흡음재가 설치된 상태의 객차 실내

표 4. 객실 내에서 에어컨 소음도

측정위치	소음도 (dBA)
객실의 중앙	60.1
객실의 중앙에서 우측 상부	60.5
객실의 중앙에서 좌측 상부	60.5
객실의 중앙에서 우측 하부	60.7
객실의 중앙에서 좌측 하부	60.0

본 연구에 앞서 수행된 객차의 소음도 예상을 위한 가상 시뮬레이션에서 객차가 시속 200 km로 주행할 때에는 약 5 dB(A)의 소음도 증가가 예측되었기 때문에, 순수한 에어컨 소음에 의한 소음도는 새마을호 수준의 것으로 낮추기 위한 적절한 소음저감 방안이 요구되었다.

우선, 토출구를 통해서 나오는 공기의 소음도 자체를 줄이기 위해서 토출구의 형상에 변형을 주었다. 토출구와 덕트 입구와의 단차를 줄이기 위해서 흡음재로 그림 6에 보이는 것을 제작하여 설치하였다. 또한, 항공기의 제트엔진 등에 사용되는 공명기(resonator)를 응용하여 토출구에 그림 7에 보이는 플판지로 제작한 다중공명기(multi-resonator)를 설치하였다.

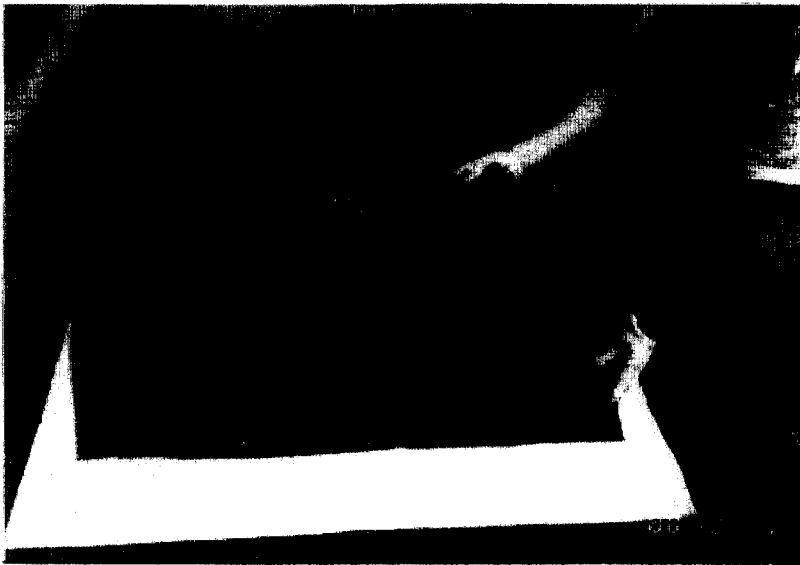


그림 6. 토출구 앞에 설치된 흡음재의 형상

토출구로부터 공급되는 공기의 유동소음을 줄이기 위해서 그림 8. 보이는 것과 같은 흡음재로 제작한 가이드를 설치하였다. 이 평행 배플(parallel baffle)로 구성되어 500~600 Hz의 소음원에 대응하도록 하였으며, 가이드는 공기의 흐름을 일정하게 만들고, 두 개의 토출구사이의 간격을 제거함으로써 확대판에서 발생할 수 있는 소음의 증폭을 억제하기 위한 것이다.

앞서 제시한 3가지 장치를 모두 장착한 후 에어컨의 한 개만 가동했을 때 객차의 중앙에서 측정한 결과 55.2 dB(A)의 결과를 얻었다.

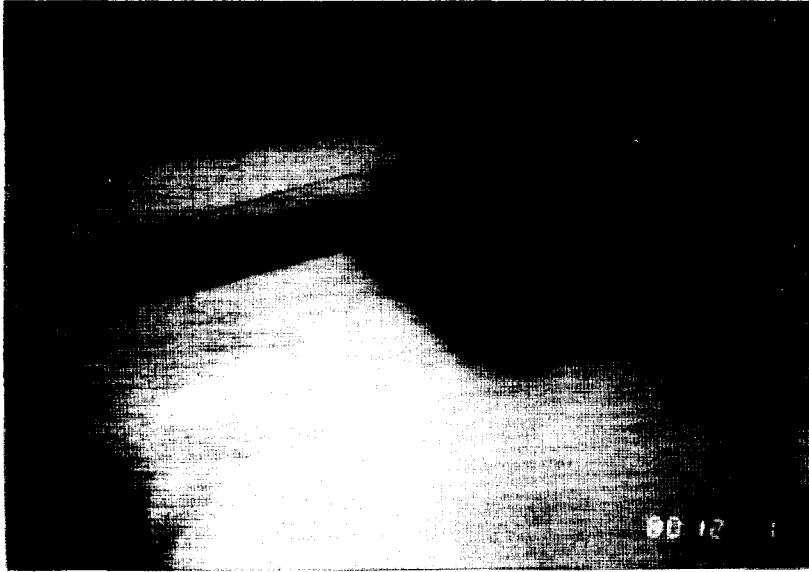


그림 7. 골판지로 제작된 다중공명기

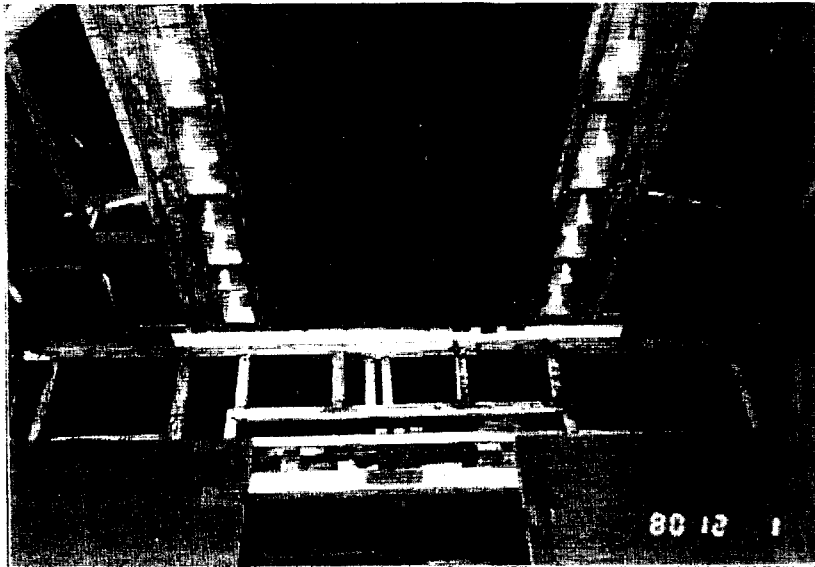


그림 8. 덕트입구에 설치된 평행 배플

6. 결론

현재 국내에서 주행중인 시속 100 km급 철도차량 객차의 주행 중 실내 소음의 평가를 통하여 에어컨 등의 공조시스템에서 유발되는 소음의 기여도가 매우 큰 것으로 나타났다.

시속 200 km로 주행하는 고속형 철도차량의 공조시스템에서 유발되는 소음을 저감하기 위하여, 객차내부의 덕트구조 및 에어컨 출구에서의 유로변경등을 통하여 유량 손실 없이 실내소음을 5

dB(A) 저감하였다.

향후 국내 고속전철의 공조시스템 설계 시 참고가 될 수 있으리라 생각되다.

후기

본 연구는 1995년도 한진그룹 산학협동 연구과제의 지원에 의해 수행되었으며, 본 연구의 수행에 여러 가지로 협조를 아끼지 않은 한진중공업 관계자 여러분께 감사드립니다.