

# 1:10 축소모형을 이용한 고속열차의 Speech privacy 평가

## Evaluation of speech privacy in high-speed train using 1:10 scale model

임한솔\* · 김호준\* · 전진용†

Hansol Lim, Ho-Jun Kim and Jin Yong Jeon

### 1. 서론

현재 고속열차 내부소음 연구의 대부분은 배경소음 레벨 제어에 관한 연구에 치중되어 있고, 객차 내부 음장 및 Speech privacy에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 KTX 객차 내부의 음환경을 측정하기 위하여 정차 시 객차 내부의 현장 측정을 실시하고, 1:10 축소모형을 제작하여 정차 시, 주행 시(100km/h, 300mk/h)의 음성전달도를 평가하였다.

### 2. 고속열차 축소모형 구축

#### 2.1 축소모형 제작

축소모형은 1:10 축적으로 구조체는 아크릴과 MDF를 이용하여 제작되었다. 실제 객차내부의 음장특성을 반영하기 위하여 내부마감상태에 따른 복합구조의 PU probe 측정결과를 기반으로 실제 흡음률을 설정하고 다양한 마감재료에 대해 측정을 실시하였다. 축소모형 흡음률 측정은 ISO 354에 따라 1:10 잔향챔버에서 스파크소스와 1/8" 마이크로폰을 사용하여 측정하였고, 반복측정을 통해 실제와 유사한 음향특성을 가진 모형재료를 선정하였다.

Figure 1은 실제 KTX 의자와 모형의자의 흡음률을 Type J mounting에 의해 잔향실내 의자 측면에 합판(Barrier)을 설치하고 측정하여 비교한 결과이다.

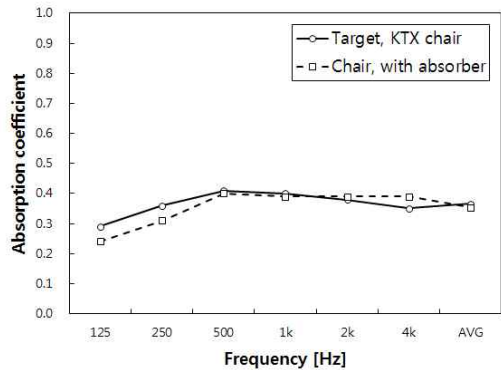


Figure 1 Absorption coefficient of chairs

#### 2.2 내부음장 구축 및 평가

축소모형 내부의 음향측정은 Figure 2와 같이 객차 제 2열 통로측 좌석에 1:10 무지향스피커를 설치하고 R1-8의 8개 좌석에서 sine sweep음원을 사용하여 측정을 진행하였다.

측정결과 잔향시간(RT)과 명료도(C50)는 Figure 3과 같이 실제 객차와 동일한 지점에서 측정된 값과 유사한 음향특성을 나타내는 것으로 평가되었다. 잔향시간은 거리가 증가할수록 증가하며, 명료도는 감소하는 경향을 나타내었다.

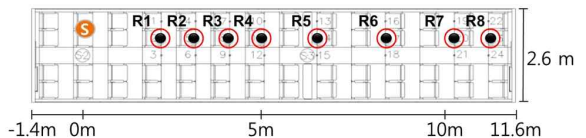


Figure 2 Plan of receiver positions in a passenger car

† 교신저자 ; 한양대학교 건축공학부, 정희원  
E-mail : jyjeon@hanyang.ac.kr  
Tel : 02)2220-1795, Fax : 02)2220-4794  
\* 한양대학교 첨단건축도시환경공학과

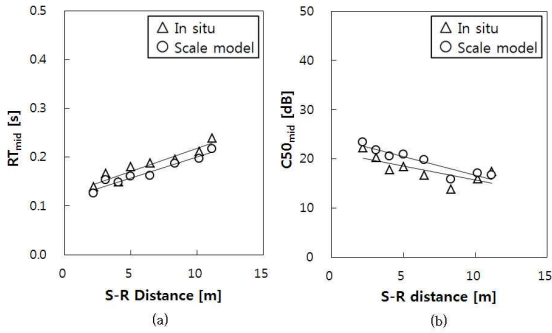


Figure 3 Comparison of acoustical parameters in a passenger car and in a scale model passenger car (a) Reverberation Time (T20) (b) Clarity (C50)

### 2.3 배경소음 구현

Speech privacy 평가요소인 열차 배경소음은 축소모형 실험에서 정차 시, 100km/h, 300km/h 주행 시의 3가지 경우를 고려하여 진행하였다. 서울-부산 왕복구간 개활지의 각 주행속도 별 대표 음원을 추출하여 배경소음도를 주파수 대역별로 분석하였다.

축소모형에서의 배경소음은 Figure 4와 같이 객차 축소모형 양 옆에 선음원 구현이 가능한 Ribbon tweeter를 각 7개씩 설치하고 Pink noise를 재생하여 1:10 축소모형 내부에서 객차내부에서 1/8" 마이크로폰으로 수음하여 고속열차 내부의 1/3 octave band 주파수별  $L_{Aeq}$  값이 유사하도록 조절하였다.

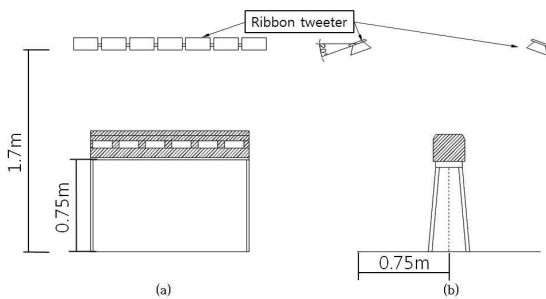


Figure 4 Reproduction of background noise in a scale model (a) Elevation a (b) Elevation b

## 3. 결 과

ISO 3382-3에 명시된 Open plan office 측정법으로 축소모형에서  $L_{p,A,s}$ 와 STI 값을 도출하였다. 거리 별  $L_{p,A,s}$  결과 값은 Figure 5(a)와 같으며, ISO 3382-3,

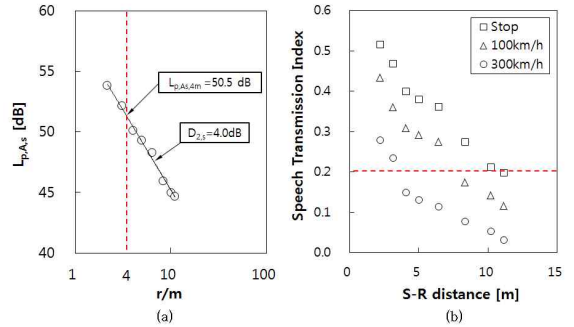


Figure 5 Evaluation of single number quantities from spatial distribution curves (a)  $D_{2,s}$  and  $L_{p,A,s,4m}$  (b) privacy distance,  $r_p$

Annex A에서는 4m에서의  $L_{p,A,s}$ 인  $L_{p,A,s,4m}$ 가 50dB 이상일 때와 거리가 2배 될 때  $L_{p,A,s}$  감소량인  $D_{2,s}$ 가 5dB 이하인 경우 오피스음장 조건이 좋지 않는 것으로 평가하고 있다. 축소모형 측정결과  $L_{p,A,s,4m}$ 가 50.5dB,  $D_{2,s}$ 는 4.0dB로 평가되었다.

축소모형에서 측정된 STI 값은 Figure 5(b)와 같으며, Privacy가 유지되는 거리로 규정된 STI가 0.2일 때 거리인  $r_p$  (Privacy distance)는 정차 시 11.1m, 100km/h 속도에서 7.6m, 300km/h 속도에서 3.5m로 나타났다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 KTX 고속열차 현장측정을 기반으로 1:10 축소모형을 구축하였고, 실내음향 측정을 통해 운행 중 속도 별 객차 내 Speech privacy를 평가하였다. 그 결과 현재 KTX 객차 내 음장특성 Speech privacy를 평가할 수 있었다. 향후 연구를 통해 축소모형의 내부 형상 설계 및 재료 선정으로 Speech privacy를 개선하는 설계안을 제시하고자 한다.

## 후 기

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원(13PRTD-C061727-02)에 의해 수행되었습니다.