

# 고속철도역사 통과구간의 소음도 분석

한 찬 훈

충북대학교 공과대학 건축공학과

## Analysis on the Noise Levels of the Passing Train in the High Speed Train Terminals

Haan, Chan-Hoon

Dept. of Architectural Engineering, Chungbuk National Univ.

E-mail : chhaan@cbucc.chungbuk.ac.kr

### 요 약

본 논문은 고속철도 역사의 통과구간 설계에 있어서 소음방지에 효과적인 설계안을 검토하기 위하여 7가지의 다양한 대안의 모델을 시뮬레이션하여 그 결과를 비교 분석하였다. 고속열차의 최대 운영속도 300 km/h 기준시 승강장의 허용소음도는 약 91 dB(A) 일 때 이를 만족하는 설계안은 통과구간의 양쪽에 설치하는 방음벽으로는 부족하며 통과구간을 곡면유리로 폐쇄한 터널식의 설계가 허용소음도를 만족하는 것으로 나타났다.

열차속도 50 km/h 증가시 약 2dB(A)의 소음도가 증가하고 속도 140 km/h 시 통과열차 허용소음도가 85 dB(A)인 점을 고려한다면, 열차속도에 따른 허용소음도는 표 1과 같이 제안하고자 한다. 여기서, 300km/h에서 91dB(A), 270 km/h인 경우에는 90 dB(A)은 영구성 난청을 고려한 미국의 노동안전위생국(OSHA)의 작업허용 소음레벨 90dB(A)(하루노출시간 8시간 기준)과 거의 비슷한 값으로 평가되고 있다.

<표 1> 열차속도별 역사의 실내소음기준안

열차속도 (km/h)	150	200	250	270	300	350
허용소음도 dB(A)	85	87	89	90	91	93

### 1. 서 론

고속철도역사의 설계에 있어서 제반환경에 대한 고려는 운영자나 이용자 모두에게 필수적인 사항이다. 특히 고속철도 통과구간에 따른 승강장의 소음은 그 피해가 매우 큰 만큼 사전에 연구되어 방지대책이 세워져야 함은 물론이다.

본 연구는 고속열차 및 역사 실내의 소음레벨을 정확히 예측 평가한 후, 역사실내에서 제일 문제가 되는 고속철도 통과구간의 다양한 설계안에 따른 승강장의 소음도를 비교 분석하여 이에 대한 개선방안과 방지대책을 제시하고자 한다.

본 연구에서는 승강장의 권장소음도(APTA기준)와 용도별 실내 허용소음 기준치를 종합 분석한 결과로서, 다음 표 2와 같이 철도 역사내 실내소음 설계 기준치를 제시하고자 한다.

<표 2> 철도역사의 실내소음 설계기준치 (案) dB(A)

실 용 도	APTA 기준치	권장 제안치	허용 제안치
승강장 정차시	68	68	75
도착및 출발시	80-85	85	90
통 과 시	85	90	95

### 2. 철도역사의 실내 허용소음기준

고속열차에 대한 기준치는 그 속도의 증가에 따라 소음 발생량이 더욱 커짐으로 상향조정할 수 있다고 판단된다. 천안역사 소음보고서에 의하면

주) 통과시 권장치는 운행속도 270 Km/h 일때를 기준한 것 임.

### 3. 고속열차 소음원의 음향출력레벨

고속철도의 주행시 발생하는 소음원(Leq & Peak Level)을 주파수별로 조사 분석하여 이 Data를 소음도 분석에 사용하여야 한다. 현재 프랑스의 TGV기차의 소음도 DATA에 대하여 현지의 측정자료 및 현재까지 발표된 모든 연구발표자료를 수집하여 본 연구에 반영하였다. (Ref. 3,4,5,6)

컴퓨터 시뮬레이션에 의한 소음분포특성을 분석하기 위하여 먼저 음원의 음향파위를 조사하였다. 고속열차의 음원은 길이 400 m에 이르는 선음원의 성격을 가지고 있으므로 실제의 실측된 소음레벨(25m 이격거리에서 92.5 dB(A) : 열차속도 300 Km/h 일 때)을 기준하여 역추적 모델을 산정하였다.

각각의 수직거리에서 본 고속철도의 각도  $\Delta\theta$ 는 다르게 나타나므로, 측정된 최대 소음도로 부터 단위길이당 발생하는 음향파위  $\Pi_1$ 을 계산하면 각각의 위치에서 본 소음값이 도출된다. 고속철도에서 발생하는 단위길이당 음향파위의 값은 거리별 계산과정을 포함하여 표 3에 나타난 바와 같다. 이 값은 20개의 차량을 가진 고속철도를 차량당 20m로 가정하고 구한 값이다.

<표 3> 고속철도의 단위길이당 음향파위

거리 (m)	$L_{peak}$ (dBA)	$\Delta\theta$	$\Pi_1$ (dBA)	비고
25	92.5	166	109.8	차량당 20m
50	88.6	152	109.3	20개 차량
100	84.6	127	109.1	
200	79.3	90	108.3	
평균			109.1	

주) 김정태, 은희준, "고속철도의 소음특성과 전파현상," 한국소음진동공학회지 제6권 pp.349-355, 1996.

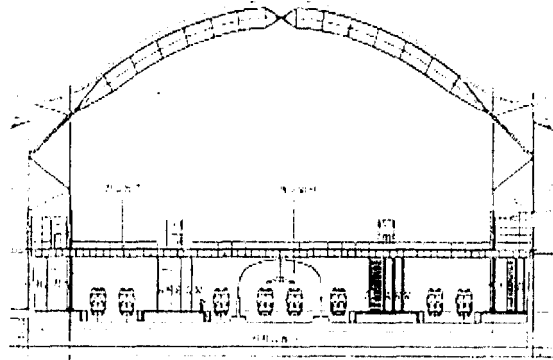
### 4. 역사 실내의 소음평가

#### 4.1 시뮬레이션의 설정

본 연구의 진행을 위하여 현재 설계중인 남서울 역사를 모델로하여 적용하였다. 남서울역사는 열차가 승객의 탑승을 위해 정거하는 정차역인 동시에 직행열차가 정차하지 않고 통과하는 역사이기도 하다.

본 연구는 고속열차가 남서울 역사내로의 진입시와 역사를 관통하여 통과할 때 발생하는 소음을 예측하고 각 설계안에 따른 소음도를 분석하고자 한다.

고속철도 남서울역사의 승강장 및 열차레일 구간 전체가 표시된 역사의 횡단면은 그림 1과 같다.



[그림 1] 남서울역사의 횡단면도

남서울역사의 설계도면을 입력하기 위하여 ODEON (v.2.6) 프로그램을 이용하여 설계도면과 자료들을 컴퓨터에 입력하였다. 역사 및 승강장 부분의 3차원 형상을 구현하기 위하여 실내의 모든 표면을 폐쇄각으로 이루어진 약 80여개의 면으로 나누어 입력하였다.

본 연구의 시뮬레이션 수행시 설정한 기본 제원은 다음과 같다.

- 1) 시용 음선수 : 10,000 개
- 2) 최대 반사회수 : 200 회
- 3) 음선 최대 지속시간 : 5,000 ms
- 4) 열차속도 : 시속 300 km/h
- 5) 열차길이 : 400 m
- 6) 열차의 단위길이당 음향출력 : 109 dB
- 7) 열차의 총 음향출력 : 135 dB(A)

#### 4.2 역사의 통과구간 설계안 제시

선정된 남서울역사의 통과구간의 설계안을 위하여 실현가능한 여러개의 대안을 고려하였다.이에 따라 남서울역사의 효과적인 소음저감방안을 도출하기 위하여 크게 약 6가지의 디자인을 제시함으

로서 각기 대안의 특성과 저감효과를 비교 분석하고자 하였다. 대안은 크게 터널의 설치안과 방음벽의 설치안으로 대별되며 각각의 방법에서 재료와 디자인의 변형을 통한 승강장 소음도의 변화를 예측하고자 하였다.

방음벽의 경우 불투명 콘크리트벽의 최소높이를 1.8m 로 한 것은 열차내의 승객이 외부를 투시하는데 방해가 없도록 하기위하여 열차 창문의 밑단까지의 높이만을 기준으로 적용하였기 때문이다.

표 4는 남서울역사의 소음방지를 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제시한 7가지의 소음방지대안을 제시한 것이다. 이중 5번안은 터널과 방음벽의 절충안으로서 1992년 설계가 시작되어 현재 건설중인 France Valence역에 적용된 설계안이다.

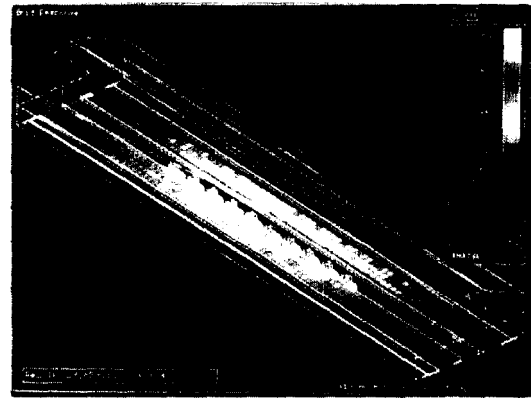
<표 4> 남서울역사의 통과구간 설계안

No	Simulation 분류제목	시공 내용
1	TGV-CT1	Box 형 콘크리트 폐쇄 터널
2	TGV-CT2	곡면형 콘크리트 폐쇄 터널
3	TGV-TG	투시창 (Glass)이 있는 콘크리트 폐쇄 터널
4	TGV-GT	높이 1.8m 콘크리트 방음벽위 폐쇄된 유리터널
5	TGV-TC	개구부가 설치된 콘크리트 터널 (콘크리트 방음벽 + 개구부 + 경량콘크리트 지붕)
6	TGV-SB	높이 1.8m 콘크리트 방음벽위에 수직강화유리벽 (높이 3.0m)
7	TGV-GB	높이 1.8m 콘크리트 방음벽위에 곡률의 강화유리벽

## 5. 역사실내의 소음분포도 분석

컴퓨터 시뮬레이션에 의한 분석결과를 통하여 남서울 역사 승강장 전체에서의 음압레벨 분포를 조사하였다. [그림 2]는 대표주파수(1000 Hz)에서의 방음벽 시공시 승강장 음압레벨의 분포도를 나타내고 있다. 승강장 바닥면 상부 1.5 m를 기준으로 전체 승강장 면적을 사방 5 m의 간격으로 분할하여 각 위치마다의 소음레벨을 3차원의 평면

상으로 출력하였다. 분석결과 승강장의 소음도는 저주파로 갈수록 평균 음압레벨이 증가함을 알 수 있다.



[그림 2] 승강장의 음압레벨 분포도 (1000Hz)

남서울 역사의 소음분포도 분석 결과 예상대로 터널의 시공시 승강장의 소음레벨이 방음벽의 시공시 보다 크게 낮은 것으로 나타났다. 단, 터널을 배제할 경우에는 방음벽과 경량천정의 시공안이 방음벽만을 시공한 경우 보다 평균 약 2dB의 차이만큼 음압레벨이 낮은 것으로 나타났다. 방음벽 시공의 경우는 강화유리면이 수직인 경우와 곡면인 경우 큰 차이가 없으나 오히려 곡률의 유리 방음벽이 수직방음벽의 높이보다 높음에도 불구하고 승강장의 소음레벨은 모든 주파수대에서 약 1 dB 높은 것으로 나타났다. 이것은 곡률의 유리면이 오히려 음선을 반대편으로 멀리 보내는 역할을 하기 때문이라 사료된다.

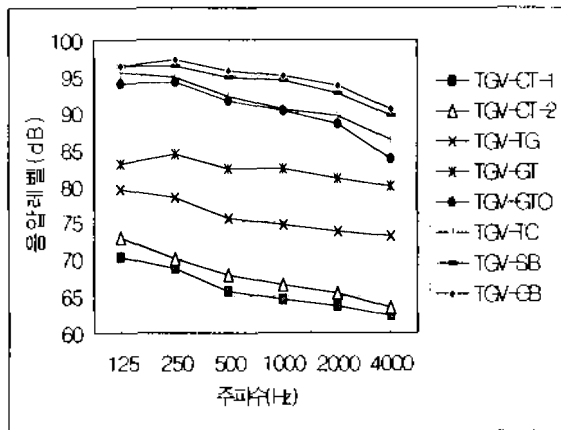
표 5는 남서울 역사의 승강장에서의 주파수별 음압레벨을 각각의 설계안의 경우에 따라 나타낸 것이다. 주파수별 소음레벨은 승강장에서의 소음치를 나타내며 단, 터널의 경우에는 시뮬레이션의 결과로 계산된 터널내부 벽체의 소음레벨을 보정한 값을 나타내고 있다.

표 5는 주파수별 음압레벨을 같은 조건에서 비교 평가하기 위하여 터널의 시공시 각기 터널의 재료 및 두께에 따른 차이를 계산하여 소음레벨에서 제한 결과 각각의 설계안에 따른 승강장의 주파수별 소음레벨의 분포는 그림 3에 나타난 그래프와 같다.

<표 5> 남서울 역사 승강장의 주파수별 음압레벨 (dB(A))

주파수 /기호	125	250	500	1000	2000	4000	평균
CT-1	70.3	68.8	65.6	64.5	63.7	62.4	72
CT-2	72.8	70.0	67.9	66.5	65.4	63.4	74
TG	79.5	78.4	75.6	74.6	73.7	73.2	81
GT	82.9	84.2	82.2	82.4	80.9	79.8	86
GTO	93.9	94.0	91.4	90.2	88.5	83.7	95
TC	95.5	94.7	92.1	90.4	89.6	86.3	97
SB	96.3	96.3	94.7	94.3	92.6	89.4	98
GB	96.3	97.1	95.7	95.0	93.7	90.3	99

그림 3에서 알 수 있듯이 터널의 경우는 예상대로 콘크리트 폐쇄터널이 가장 조용한 음환경을 제공하고 있으며 터널에 유리창을 설치할 경우 약 10 dB, 유리터널로 시공할 경우는 다시 약 7.5 dB 가 추가로 상승되고 있다. 뚜렷하게 나타난 점은 터널의 설치안과 방음벽만의 설치안과의 차이는 매우 큰 것으로 나타났으며 (최대 30 dB) 그 정도의 차이가 그 어떤 다른 방법으로도 메울 수가 없는 큰 차이라는 것이다.



[그림 3] 설계안에 따른 남서울역사 승강장의 음압레벨 비교평가도

## 6. 결론

본 연구는 국내에 최초로 도입되는 고속철도 남서울 역사의 실내 음향 조건을 개선하고 그 결과를 설계에 반영하기 위하여 TGV열차의 소음도를 분석, 평가한 후 실제 역사설계에 적용하여 각 설

계안의 소음저감 효과를 분석하였다. 이에 따른 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 승강장의 권장 소음도(APTA기준) 와 용도별 실내 허용소음 기준치등을 종합 분석한 결과를 토대로 본 연구에서 제시한 고속철도 역사내 실내 소음 설계 기준치는 <표 2>와 같이 제안하였다.

2) 남서울 역사의 통과구간의 설계안으로 총 7가지의 대안을 제시한 바, 각각의 경우의 주파수별 승강장의 소음레벨은 <표 5>와 같다.

3) 통과열차의 속도를 운행목표인 300km/h로 유지 할 경우 경우 통과열차는 폐쇄된 터널로 시공하여야 승강장의 소음레벨을 목표치인 91dB 이하로 조절 할 수 있다.

4) 고속열차의 통과속도를 프랑스의 TGV 역사 통과속도인 시속 180Km/h로 기준할 경우에는 남서울역사의 통과열차구간은 안전율을 고려할 때, 유리터널 및 콘크리트 터널로 시공하는 것이 바람직하다.

5) 통과 열차의 소음 저감을 위한 가장 효과적인 방법은 완전 폐쇄된 터널 형태이며, 풍압, 열기류, 시야차단 등 제반 문제점등으로 차선택을 제안한다면 개방형 터널안으로 하되 역사내 통과 열차 속도를 150Km/hr이하로 감속 운행함으로써 승강장 내 최대소음도를 91dB(A)이내로 유지 할 것을 제안한다.

## 참 고 문 헌

1. 한국고속철도 건설공단, "경부고속철도 천안역사 소음연구보고서", 1995.
2. 김정태, 은희준, "고속철도의 소음특성과 전파현상," 한국소음진동공학회지 제6권 제3호 pp.349-355, 1996.
3. Clairbois,J.P., "Acoustic Data of Gare de Lille-Europe," SNCF-TGV, 1993.
4. Clairbois,J.P., "High speed Train Noise Abatement ; Important Parameters and Case Study," 1995.
5. Commins,D.E., "TGV Noise and Vibration Data," 1994.
6. Mauclair,M.B., "Noise generated by high speed trains," Inter-Noise, 371-374, 1990.