

地下鐵 沿道邊的 騒音 調査 (A Field Survey of Noise Associated with Subway Train Passage)

孫 玎 坤*
Son, Jung Gon

要 旨

서울地下鐵 第1, 2, 3, 4號線의 運行에 따른 騒音 및 振動 發生은 인접 住居地域 住民들에게 公害 問題를 야기시켜 各種의 被害를 誘發하고 있는 實情이다. 그러나 現在 그 被害의 범위를 客觀的으로 밝힐 수 있는 資料나 指針이 없기 때문에 적절한 對策을 講求할 수가 없다.

따라서 本 調査를 통해 밝혀진 騒音資料를 토대로 서울지하철 第1期 地上區間의 地下鐵 車輛 通過時 放出되는 騒音레벨의 距離 別 分布 및 放出特性 그리고 各 路線別 비교 등과, 또 地下鐵 騒音의 評價基準 및 評價方法과 現在 實用 가능한 防止對策을 提示하여 地下鐵 騒音問題의 一般的인 處理指針으로 活用코져 한다.

本 調査 結果 第1號線 및 3號線은 소음레벨이 60 dB(A) 미만으로 問題가 없고 騒音公害 問題路 線은 2호선 및 4호선의 一部 지상노출 區間으로 밝혀졌다.

이들 지역의 被害範圍는 2號線의 경우 路線中心에서 50m 이내이고, 4號線의 경우 25m 이내로 이들 地點에서 各各 70dB(A)의 騒音度를 記錄하고 있다.

그리고 住民의 被害 呼訴率과 소음도 및 分布距離의 關係는 다음과 같이 밝혀졌다. 즉 80dB(A) 以上에서 강력한 집단민원이 發生하였고, 70-80dB(A)에서 間歇的인 被害呼訴를 하고 있었으며, 이들 값의 分布範圍는 前者의 경우 高架區間에서 25m 以內 鐵橋區間에서 12.5m 以內 그리고 鐵橋 梁區間에서 約 100m 以內이고, 後者의 경우 高架, 塹(U-Type) 및 鐵橋區間에서 各各 50m 以 內이고, 철교량 의 경우만 280m 이내를 보이고 있다.

上記의 調査結果로부터 서울地下鐵의 一般的인 騒音現況을 파악할 수 있어 地下鐵騒音의 問題點을 改善하는데 必要한 資料로 活用할 수 있을 것으로 思料된다.

Abstract

The noise and vibration generated by the subway rolling stocks operated along the Seoul Subway Line No.1, 2, 3, and 4 lead to a controversy of pollution problem especially in residential areas. However, there is no data or guide to define the damage or provide adequate protection against such pollutions.

* (株)大宇엔지니어링 環境事業本部 部長

The field measurements were made to characterize the noise attenuation due to distance, noise level distribution around the subway track of the aboveground and underground parts of each Line. The assessment criteria and methods are considered in addition to the practical available noise control methods.

The noise level measured at Line No. 1 and 3 are less than 60 dB(A) with no pollution problem. Only a part of the aboveground section of Line No.2 and 4 indicates severe noise pollution. The effective boundary of these areas exposed to 70dB(A) noise are within 50m from the track centerline of No.2 line and 25m of No.4 line. The residents file a strong complaints whenever the noise level exceeds the 80dB(A), and an occasional complaints between 70 to 80 dB(A). The distribution of high level noise of 80 dB(A) occurs within 25m from the track centerline of the overbridge, 12.5m of the short steel bridge, and about 100m of the long steel bridge such as Dangsang Bridge. The intermediate noise level of 70 to 80 dB(A) is recorded within 50m from the overbridge, U-type retaining structure, and short steel structure, and 280m from the long steel bridge.

The results presented in this paper can be used to understand the characteristics of the noise pollution along the Seoul Subway now in operation, and used as a guide to improve the existing noise pollution problems.

1. 머리말

第1期 서울地下鐵 1, 2, 3, 4號線이 1986年末로 끝나고 계속해서 제2기의 建設이 지난 1990년 5號線을 始作으로 7호선, 8호선, 6호선 및 9호선 順으로 現在 設計 및 工事が 進行中에 있고, 서울 뿐만 아니라 부산, 대구, 광주, 대전 및 인천 등 大都市에서도 地下鐵의 必要性이 切實한게 現實情이다.

그러나 地下鐵이 通過하는 地域中 一部 區間은 人口가 密集된 곳이 많으며 特히 웅벽구간의 경우 線路가 地面과 거의 같은 높이에 位置하므로 騒音 및 振動을 誘發하며, 高架區間の 경우 空氣傳波騒音(Airborne Noise)을 그리고 地下區間中 深度가 5m以內的 얕은 경우로 병원, 도서관, 精密 電子機器室이 있는 建物下部를 통과할 경우 振動은 물론 固體傳波騒音(Solidborne Noise) 등을 放出하여 民원을 야기시키고 있다.

現行 騒音·振動規制法은 鐵道에 依한 騒音·振動公害를 그 法的 對象에서 除外시키고 있으나 그 被害의 範圍가 점차 擴大되고 있어 환경처에서는 1992년 2월 철도변 소음환경기준 설

정을 위한 相關기관과의 협의를 추진하고 있는 중이나 언제 기준제정이 確定되어 施行될지는 未知數이다.

國內에서도 1982년 한국표준연구소에서 ‘철도변 소음환경 기준안’¹⁾을 환경처 의뢰로 遂行한 바 있고, 同年 국립환경연구원의 의뢰로 ‘鐵道騒音이 沿道住民에 미치는 영향에 關한 調査研究’²⁾를 實施하였고, 1985년 延世大 박사학위논문에서 ‘都市住居地域의 환경소음영향평가’³⁾의 鐵道騒音에 對한 評價모델을 提示하였다. 그 后 地下鐵 第1期가 마무리되는 1986년 연세대 산업기술연구소는 서울地下鐵公社의 用役을 依賴받아 ‘地下鐵 全地域의 소음 및 진동에 對한 調査研究’⁴⁾를 그리고 1989년 국립환경연구원에서 ‘철도변 소음환경 기준안’⁵⁾ 등을 發表한 바 있다.

그外 各 號線 別 事業開始 때 필수적으로 實施하는 環境영향평가에서 地下鐵關聯 騒音 및 振動의 예상문지를 指適하여 對策을 強求하고 있다.

여기서 提示하는 內容들은 서울地下鐵公社에서 1986년 조사한 것을 分析한 것으로 調査에

直接 참여한 필자의 경험을 토대로 그동안 단순한 報告에 그친 것을 要約 整理함으로써 실제 제1기 지하철 建設後 發生한 민원지역의 민원발생 정도를 區分하였으며, 지하철운행시 주로 문제되는 區間과 그곳의 噪音 정도를 距離別로 客觀化시켜 같은 噪音·진동의 公害問題가 再發하지 않도록 必要한 資料를 提供코져 한다.

제2기 지하철이 建設中에 있기 때문에 本 資料를 活用할 경우 最小한 제1기에서의 문제점들은 줄일 수 있을 것으로 判斷되며 보다 자세한 事項들은 참고문헌을 참조하기 바란다.

2. 地下鐵 騒音의 發生機構

가. 바퀴와 레일의 噪音방출 계통

지하철 電動車가 走行時 發生되는 噪音의 種類는 Pantograph로부터의 마찰음 및 스파크음, 車體의 空氣接觸音, 車輛自體의 구동음, 철교, 철교량 및 고가교 등 2次音인 구조음 그리고 바퀴와 레일에 의한 마찰음 등으로 大別할 수 있는데 이 中 騒音公害에 가장 큰 영향을 끼치는

것은 역시 바퀴와 레일에 의해 發生되는 충격소음(Impact Noise) 및 짹짹거리는 소음(Squeal Noise) 그리고 구조소음(Roar Noise)이다.

바퀴와 레일이 接觸할 때 이들 사이에는 상호간의 힘에 저항하여 서로의 움직임을 방해하려는 것 즉 기계적인 임피던스(Mechanical Impedance, 힘/속도)가 存在한다. 임피던스는 一般적으로 作用된 힘의 振動數(Frequency) 函數이며 또한 힘과 속도의 位相差異(Phase Shift)때문에 복소함수로 表示한다.

바퀴의 임피던스가 레일의 것보다 크면 바퀴 자체는 움직이지 않지만 레일은 옆으로 밀려날 것이고, 반대의 경우 바퀴가 굽힘을 받거나 상하로 움직일 것이다.

바퀴와 레일의 충돌에 의해 이들은 서로 振動하고 이로부터 噪音을 放出하는데 이때 發生程度는 첫째 放出效率(Radiation Efficiency), 둘째 指向性(Directivity) 그리고 셋째 音源(Sound Source)과 受音點(Observer)사이의 거리에 따라 決定된다.

이들 關係를 圖表하면 그림1과 같다.

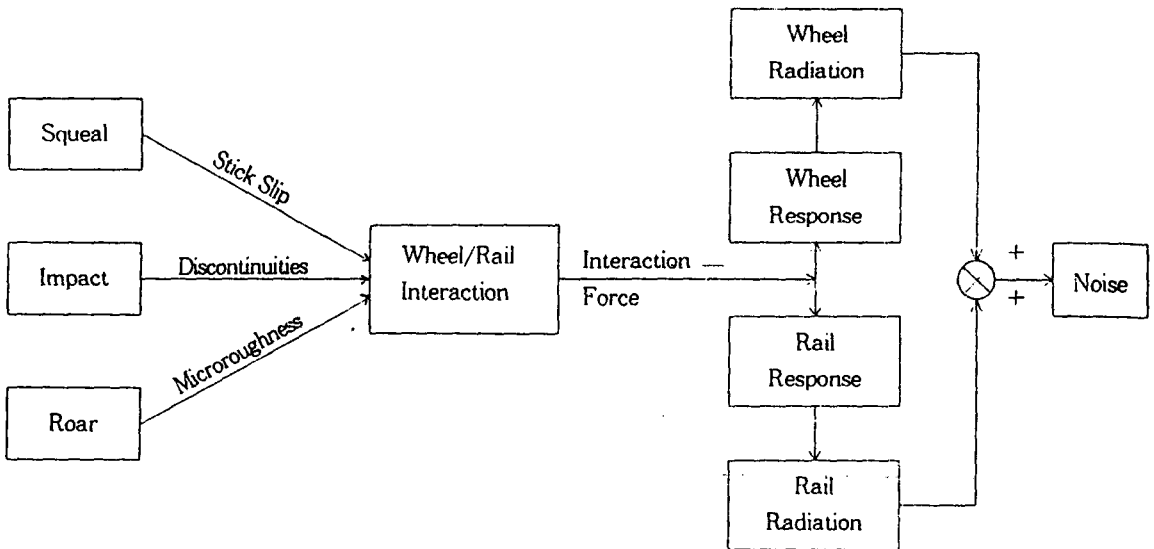


그림1 바퀴 및 레일에 의한 噪音발생계통

1) 바퀴와 레일의 應答

바퀴를 반지름방향과 축방향으로 타격하면 진동을 하는데 이때 진동모우드 및 공진주파수 (Resonance Frequency)는 바퀴의 두께, 직경 및 減衰程度에 따라 다르나 보통 最低次모우드는 350Hz와 400Hz사이에서 발생한다.⁶⁾⁷⁾ 또 그림 2와 같이 바퀴의 모우드모양(Mode Shape)은 반경절선(Radial Node Line)방향으로 응답하고 따라서 바퀴의 양측면을 통해 소음이 방출된다.

레일의 경우는 탄성체위에 놓여있는 보(Beam)를 모델화시켜 수직 및 수평의 임피던스를 解析 및 測定한 結果 수직은 800Hz 수평은 430Hz에서 가장 낮은 임피던스를 보였다.⁸⁾

주파수의 영향은 저주파에서 레일의 체결강도(Rail fastener)에 따라 좌우되며 1/W

(Angular Frequency)로 감소된다. 中間周波數 범위에서는 레일의 질량임피던스가 체결구(Fastener)의 강성임피던스와 상쇄되므로 최소가 되고, 고주파의 경우 임피던스가 다시 증가하는데 이것은 레일의 움직임이 체결구와 무관하기 때문이다.

그리고 레일로부터의 소음방출은 레일각부(頭部, 몸통, 바닥 등) 加振點에서 거리에 따라 振動減衰 程度로서 알 수 있다. 수직진동때 보다 수평진동시가 감쇄되는 율이 적는데 實測結果⁹⁾를 要約하면 표1과 같다. 낮은 주파수에서는 레일연결부라도 진동감소가 없으나 1,500Hz 및 2350Hz의 고주파일 경우 레일내부의 진동감소는 적은대신 연결부에서는 크게 감소하고 있음을 알 수 있다.

표 1 Horizontal Vibration Reduction Along the Rail and Across a Joint

Freq. (Hz)	Spatial Decay Along the Rail	Reduction in Level, Across a Rail Joint
430	0.46dB /ft (1.5dB /m)	0
1,500	0.23dB /ft (0.77dB /m)	12dB
2,300	0.094dB /ft (0.31dB /m)	22dB

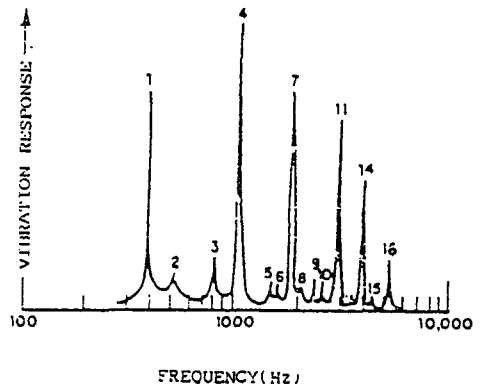
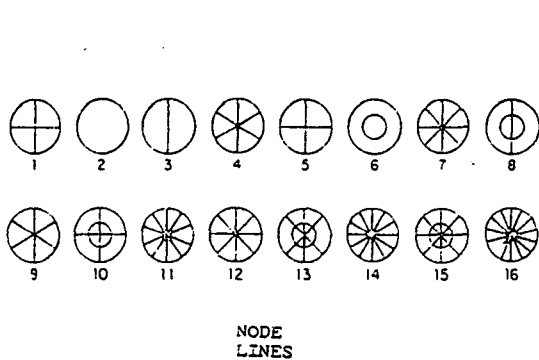


그림 2 Resonance Frequencies and Mode Shapes of a 765mm Transit Car Wheel(from Stappenbeck, 1954).

2) 바퀴와 레일의 소음방출 효율¹⁰⁾

바퀴의 振動에 의한 放出騒音의 計算尺度는 진동이 얼마만큼 소리로 전환되는가 하는 放出效率로 가름하며 그 계산식은 다음 식(1)과 같다.

$$\sigma = \frac{W}{\rho CA \langle U^2 \rangle} \dots\dots\dots(1)$$

여기서, σ : 방출효율, W : 바퀴에 의한 총 음향출력, ρC : 공기의 음향임피던스, A : 바퀴면적, $\langle U^2 \rangle$: 바퀴의 평균진동속도의 제곱.

통상, σ 값은 0.9에서 1 사이에 있기 때문에 바퀴와 레일사이의 소음방출시 바퀴가 주 소음원이 된다.

그 외 바퀴와 레일의 소음에 대한 指向性研究는 아직 進行中으로 보편화된 關係를 發表할 단계는 아니다.

그러나 軌道中心에서 受音點 사이의 거리 d와 열차길이 l의 경우 수음점의 소음정도는 다음식과 같이 구할 수 있다.

$$\langle P^2 \rangle = \frac{\rho C W}{\pi d} \tan^{-1} \frac{l}{2d} \dots\dots\dots(2)$$

여기서 W : 단위길이당 음향출력
 ρC : 공기중의 음향임피던스

? 따라서 열차길이와 수음자위치에 따라 음압레벨의 값을 각각 보정할 수 있을 것이다.

가. 짹짹거리는 소음(Squeal Noies)

이 소리의 發生程度는 거리 15.2m이내에서 84dB(A)~97dB(A)의 소음레벨을 曲率半徑 R=27.4m와 R=274m 사이와 열차 주행속도 48km/h 이상에서 發生한다. 그 源因은 바퀴가 레일에 늘어붙거나(Stick) 미끄러지는(Sliding)현상으로 여기에는 바퀴가 레일의 가로방향(Transverse)으로 미끄러지는 'Crabbing'과 내측바퀴와 외측바퀴의 미끄러짐 차이인 'Differential Slip' 그리고 바퀴의 프랜지가

레일과 접촉할때 발생하는 'Flange Rubbing' 등으로 區分되는데 이중 첫번째 경우가 가장 우세하다. 특히 이 소리는 터널내부 및 정거장 근처에서 주로 限定的으로 發生한다.

나. 충격소음(Impact Noise)

열차가 충격소음을 발생하는 원인은 레일사에 수평간격 및 수직레벨차 그리고 바퀴의 찰상(Wheel Flat)등이 있는데 특히 용접궤도(Weld Track)와 체결궤도(Joint Track)의 경우 속도에 의한 음압레벨(SPL)의 산출은 식(3) 및 (4)에서 각각 구할 수 있다.¹⁰⁾

$$SPL(\text{용접궤도}) = 60 + 30 \log_{10}(V/15) \dots(3)$$

$$SPL(\text{체결궤도}) = 67 + 30 \log_{10}(V/15) \dots(4)$$

단, V는 열차속도(MPH)

上記式에서와 같이 체결궤도가 7dB 높게 表示된 것은 양궤도의 정비상태가 同一한 條件에서 비교한 것으로 세계 各國에서 測定한 資料는 통상 5dB程度의 差異가 一般的인 것으로 報告되고 있다.¹¹⁾¹²⁾

다. 構造騒音(Roar Noise)

바퀴와 레일 表面의 거칠기(Roughness)가 存在하면 이로 인해 不規則한 荷重(Unsteady Load)과 垂直方向의 運動을 유발하고 레일 및 바퀴의 共振現狀에 의해 소음이 방출되는데 바퀴와 레일사이의 거칠기, 탄성접촉의 정도와 波數스펙트라(Wavenumber Spectra)와 이들사이의 임피던스가 소음과 관계되는 규칙성은 아직 알 수 없다.

그러나 용접된 레일이라도 研削(Grinding)狀態에 따라 무려 5에서 15dB(A)까지 음압레벨의 차이¹⁰⁾를 나타내는데 식(3)에서 求한 값의 90%정도는 速度가 一定하더라도 $\pm 3dB$ 의 誤差를 보이기 때문에¹⁰⁾ 軌道整備과 레일정삭은 지하철 騒音減少에 큰 기여를 할 수 있다.

3. 地下鐵 騒音의 分布 現況

가. 各路線別 소음의 특징

現在 地下鐵 4個 路線中 1號線 및 3號線은 거의 地下터널 區間으로 騒音公害가 없으나 2號線 西側 및 東側 一部區間 그리고 4號線 北側 一部 區間이 地下露出區間으로 그중 一部地域은 문제를 야기시키고 있다.

2호선 및 4호선 全地域의 距離別 平均피크 (Peak) 소음레벨 分布는 표 2와 같고 全體의으로 2호선이 4호선보다 3-7dB 높고 距離減衰는 2호선이 4-6dB, 4호선이 3-5dB로 2호선이 4호선을 다소 上廻하고 있다.

표 2에서 주거지역의 환경기준을 70dB로 할 경우 線路中心에서의 臨界距離는 2호선이 約 50m, 4호선이 25m로 2호선의 소음 영향이 4호선의 것보다 2배에 가까움을 보이고 있다.

나. 지역 유형별 소음 특성

지상 노출구간의 지역유형은 크게 고가구조와 옹벽구조로 되어 있고 軌道는 나무 및 콘크리트 沈木의 자갈床上이다.

지역에 따라 차이는 있으나 同一距離에서 소음이 가장 큰 地域을 順序別로 表示하면 표 3과 같다.

표 2 各路線別 소음의 특징

노선구분	측 정 위 치		소음레벨, dB(A)	노선구분	측 정 위 치		소음레벨, dB(A)
	선로 중심에서 의 거리				선로 중심에서 의 거리		
1호선 (지하구 간)	12.5m	60미만		3호선 (지하구 간)	12.5m	60미만	
	25.0m				25.0m		
	50.0m				50.0m		
	100.0m				100.0m		
2호선 (지상노출 전구간)	12.5m	78	78	4호선 (지상노출 전구간)	12.5m	71	71
	25.0m				74		
	50.0m				69		
	100.0m				63		

표 3 지하철 지역별 소음분포 (단위 : Lmax, dB(A))

순 위	지 역 명	선로 중심에서의 거리(m)				비고
		12.5	25.0	50.0	100.0	
1	신도림-대림	93	92	86	79	철 교 량
2	합정-당산	84	78	71	63	당산철교
3	강변-한양대	83	80	73	65	고가구간
4	성내역부근(A)	77	74	71	68	옹벽구간
	신대방-신림	77	70	64	-	"
5	"	77	74	70	59	고가구간
	성내역부근(B)	75	72	67	58	"
	신도림-대림	75	71	66	-	"
6	당산동지역	75	74	69	65	"
	노원-창동	75	71	67	64	4호선고가
7	대림-신대방	74	71	71	64	2호선고가
8	합정-당산	72	67	62	55	"
	상계-노원	71	68	62	56	4호선고가

다. 問題地域 및 問題豫想地域의 區分

線路中心에서 100m이내의 騒音分布는 크게 3等 分된다.

첫째 55-70dB(A), 둘째, 70-80dB(A), 셋째 80-93dB(A)인데, 이들중 소음에 대한 住民의 被害呼訴 程度가 가장높은 레벨은 80-93dB(A)이고 다음이 70-80dB(A) 레벨이다.

따라서 地下鐵 2호선 및 4호선의 소음공해에 대한 區分은 다음과 같이 정의할 수 있다.

1) 문제지역

이미 運行中인 地下鐵에서 發生된 소음레벨이 80dB(A)를 초과하였고 주민의 강력한 집단민원이 數次에 걸쳐 發生되었다. 이 경우 고가구간의 경우 선로중심에서 25m이내, 鐵橋區間的 경우 12.5m 그리고 鐵橋梁에서는 約 100m 以內에서 피크레벨로 소음이 80dB(A)를 초과하였다.

2) 문제 예상지역

소음레벨이 70-80dB(A)가 測定되었고 이때 測定地點은 고가구간 근처에서는 선로중심에서 50m이내, 옹벽구간(방음벽설치)의 경우 50m이내, 철교구간 역시 50m 이내이나 철교랑 구간의 경우 280m 이격되었다.

이들지역은 주민의 피해호소가 간헐적으로 발생 되었는데 尙後 주변환경 변화를 고려할 事項으로는 첫째 지금은空地 혹은 소수주택이 있으나 次後 공동주택이 건설될 재개발 지역.

둘째 고가지역의 경우 現在는 저층건물이나 차후 고층으로 증축 및 개축할 건물등은 앞에서 언급한 소음에 직접적인 영향을 받게 되므로 각 별히 유연해야 할 것이다.

특히 공동주택을 鐵道나 地下鐵의 沿道邊 등에 建設할 경우 最小한 50m를 이격시켜야 하는데 만약 이거리 안에 建設할 경우 소음도가 등가소음레벨로 65dB(A)를 초과하면 防音對策을 강구하도록 規定되어 있다(주택건설기준에 관한 규칙 제3조). 지금까지 檢討된 內容들은 극히 限定된 경우 즉 서울지하철 2호선과 4호선 지상구간 中에서 고가구간, 옹벽구간 및 철교 등에서 發生한 소음이 路線沿道邊 住民과 어떤 反應을 일으키게 하였으며 또 그때 거리가 얼마 정도 인가를 밝히는 水準에 그친것이다. 그러나 주민의 반응은 주관적인 요소가 많기 때문에 본 검토결과에 객관성을 부여하기는 어렵다. 단지 참고로 한다면 국내에서 지하철을 처음 운행했기 때문에 이것을 대하는 주민의 반응역시 우리가 아직 격지 못한 최초의 상황이었다는 점과 次期 地下鐵建設時 다소 도움이 될 수 있다는 점이다.

앞으로 上記와 같은 結果에 對해 거리 뿐만 아니라 바퀴와 레일의 임피던스, 궤도의 곡률반경, 열차속도, 용접레일과 체결레일과의 소음레벨 關係 등을 定規化(Normalization)시켜야 할 것이다.

4. 評價基準 및 方法

鐵道騒音에 對한 平價基準의 設定은 크게 主觀的 評價와 客觀的 評價로 나눌수 있는데, 前者의 경우 住民의 不滿程度를 調査하여 反應에 따른 소음레벨을 決定하는 것이고 後者의 경우 차량의 종류, 통과대수, 軌道의 曲率半徑, 列車通過時 最大騒音레벨, 線路中心으로부터의 距離, 走行速度, 레일의 용접상태 등에 따라서 被害地點의 소음도를 補正이나 計算式으로 客觀化시키는 것으로 各國마다 서로 다른 기준을 設定하고 있다.

주관적인 평가기준의 경우 일본에서 調査한 結果 不快度 (Annoyance)가 中間인 3(不快度等級)에 해당하는 최고소음도는 개통된지 4個月되는 Sanyo 線이 62dB(A)이고 8년된 Tokaido線은 70dB(A)임을 그림3에서 알 수 있다.¹³⁾

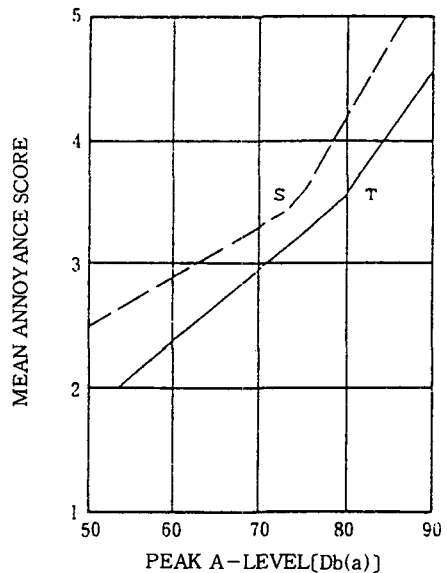


그림 3 Japanese Survey

또 프랑스의 경우 24시간 등가소음도인 Leq (The Equivalent Noise Level)로 調査한 結果 그림4와 같이 열차소음의 최대허용한계가 72dB(A)임을 밝혔다. 여기서 評價尺度 1~3에 해당되는 반응은 "Acceptable"이고 5~7의 것은 "Intolerable"임.

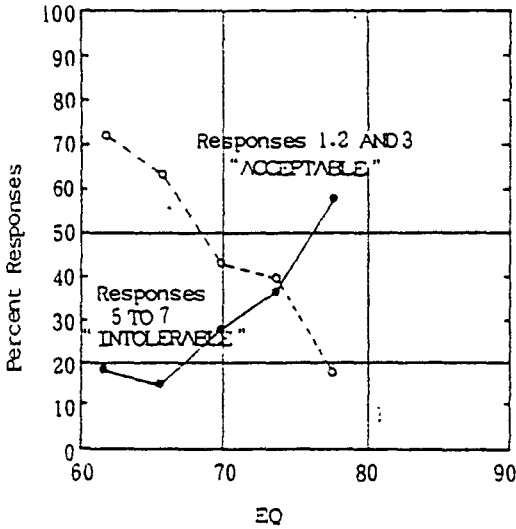


그림 4 French Survey

국내의 경우³⁾ 主觀的 評價모델로서 다음 數式을 提案하고 있다.

$$y=0.0641x-0.6473 \dots\dots\dots(5)$$

여기서 y는 鐵道騒音레벨, dB(A), Peak레벨

x는 騒音에 對한 平均 不滿足度를 表示하는 主觀的 反應指標

上記式에 依하면 피크 소음레벨이 70dB(A) 일때 주관적 반응지표는 3.8로서 평균 3.0보다 '비교적 높은 不滿을 表示하는 것으로 評價된다'.

客觀的인 評價基準은 現在 各國에서 採擇하고 있는 철도소음 환경기준 등이 있는데 이것을 국내에 적용시키기 위해서는 보다 많은 調査가 先行되어야 하므로 여기서는 단지 가장 기본이 되는 소음수치로서 65dB(A)를 권장하고 싶다.

이 값을 基準으로 하여 중간 및 야간 그리고 주거전용지역 및 일반주거지역 그리고 상업 및 공업지역에 따른 값을 加減하여 補正하면 될 것이고, 평가방법도 등가소음레벨과 주민의 반응을 충분히 검토한 結果가 미흡하므로 현 단계에

서는 최고소음도로 실시하는게 무난하리라 생각된다.

5. 地下鐵 騒音對策

가. 바퀴旋消(Turning) 및 레벨研消(Grinding)

加工된 바퀴와 레일을 사용하면 약 6dB(A)의 소음감소 효과를 가져올 수 있다.

나. 레일의 용접

용접된 레일은 4-5dB(A)의 충격소음을 감소시킬 수 있고 저렴한 整備補修 費用 및 動力의 절감효과도 있다.

다. 윤활유(Lubrication)

軌道에 윤활유를 給油하면 曲線軌道의 급침(Screech)을 防止할 수 있으나 단점으로는 制動效率을 低下 시킬 수 있고 이로인해 바퀴의 剗상에 따른 소음발생의 원인을 提供할 수 있다.

라. 彈性바퀴(Resilient Wheel)

이 種類의 바퀴는 굽어진 궤도에서 發生하는 찹찹거리는 소리를 18dB(A)이상 감소시킬 수 있는 획기적인 方法이기는 하나 탄성체(Elastomer)를 어떻게 바퀴의 豆部나 몸통에 부착하느냐가 문제가 된다. 제진바퀴는 一般的으로 使用하는 標準인 것에 비해 거의 2倍程度 비싸다.

마. 彈性레일(Resilient Rail Fasteners)

레일의 진동이 地盤이나 주변구조물로 전파되는 것을 감소시키나 레일 그차체에서 放出되는 소음을 방지하는데는 큰 효과가 없다.

바. 바퀴의 制振(Damping)

잘 設計된 제진바퀴는 24dB(A)까지 찹찹거리는 소음을 감소시킬 수 있다. 그러나 직선궤도의 경우 별 효과가 없다.

사. 레일의 制진

정확한 제진재의 명칭을 알 수 없으나 약 4dB(C)의 감음효과를 얻은 경우가 있다.¹⁴⁾ 그러나 앞서서도 언급했듯이 레일의 制진은 소음 감소에 큰 기여를 할 수 없다.

아. 궤도의 유지보수

양호한 상태의 궤도에 대한 감응효과를 數量的으로 測定한 例는 없으나 궤도를 직선 및 평행으로 유지하고 레일 연결부가 잘 정비되어 있으면 충격소음을 줄일 수 있다.

자. 반응벽(Barrier)

가능한 鐵路邊에 가까이 設置하면 약 12-14dB(A)의¹⁵⁾ 소음을 차단할 수 있다. 설치시 주의할 점은 열차주행에 의한 방음벽의 진동을 最小化하고 높이, 길이 및 흡음재 등을 충분히 고려해 사용하지 않으면 큰 감응효과를 거둘 수 없다.

이 밖에도 現在 地下鐵 5號線에 使用될 無道床軌道의 一種인 STEDEF시스템 경우 振動減小效果가 約 10dB이므로 地下區間의 고체소음(Solidborne Noise)감소에 큰 기여를 할 것이다.

6. 맺음말

現在도 地下鐵의 建設 및 運行에 따른 소음, 진동 민원은 계속되고 있다. 그러나 이를 解決코저 하는 노력은 극히 受動的이며 무책임한 상태에 놓여있다. 그 主된 原因은 鐵道騒音에 對한 規制基準이 法的으로 制定되어 있지 않기 때문이나 한편 이 問題에 對한 體系的인 檢討가 이루어지지 않고 部分的인 문제점만 改善하는 식의 단편적인 對策만 수행되어 왔기 때문이다.

여기서 다룬 內容은 극히 限定된 것이긴 하나 地下鐵소음의 根本的인 發生原因을 바퀴와 레일의 상호작용에서부터 始作하여 소음이 傳波하는 過程에서 距離에 따라 어떻게 分布하는가, 민원과 어떤관계가 있는가를 實測結果와 比較하여 보았다.

또 地下鐵騒音의 評價基準을 設定하기 위해 단순히 外國의 基準과 比較하는 水準이 아니라 그 反應程度를 明示 함으로써 그 배경을 說明하

였다. 아울러 몇가지의 防音對策을 처음 제시한 發生원인과 결부시켜 그 대략적인 수치를 제시한 發生원인과 결부시켜 그 대략적인 수치를 나타냄으로써 實施後 기대효과를 예측할 수 있게 하였다.

앞으로 國內 大都市의 地下鐵건설 계획과 관련하여 소음 및 진동공해 역시 꾸준히 증가할 것이다. 여기서 제시된 내용은 물론, 보다 실질적인 研究가 進行되어 尙後 地下鐵 선형결정 단계에서부터 문제점을 검토 및 보완하여 집단민원의 원인을 제거하는데 도움이 되었으면 한다.

References

1. 殷熙俊 外 4人, '騒音環景基準 設定을 위한 調查研究', 환경처, 1982.
2. 李鍾雨 外 4人, '軌道騒音が 沿道住民에 미치는 影響에 關한 調查研究', 國立環境研究院, 4卷 pp.123-132, 1982.
3. 李商雨, '都市住民地域의 環境騒音影響 評價 모델에 關한 研究', 延世大學院 建築工學科, 박사학위논문, 1985. 6.
4. 차일환 外 6人, '지하철 전 지역의 소음 및 진동측정에 대한 조사 연구' 서울지하철공사, 1986. 2.
5. 국립환경연구원, '철도변 소음환경 기준안', 1989.
6. Stappenbeck, H., 'Street Car Curve Noise'(in German), Z. VDI, 96(6), pp. 171-175, 1954.
7. Taschinger, 'The Present State in Investigation of Noise Problems due to Moving Railroad Cars(in German),' Glasers Annalen, pp.242-249.