

새마을열차 환경소음 예측식 성능 비교에 관한 연구

Put English Title Here

조준호† · 고효인* · 김재철*

Jun-Ho Cho, Hyo-In Koh, Jae-Chul Kim

Key Words : Train, Prediction, environmental noise,

ABSTRACT

Recently, due to the high interests for well being life, claims about noise and vibration are increased very rapidly. Therefore more reliable and exact evaluation of noise impact has been required. Until now in Korea, only one prediction equation for the assessment of railway environmental noise was used. But that equation has many limits and weak points because of the update was not performed from 1993. So in this study, the performance of another equation proposed by authors was compared to the former. As a result, proposed prediction equation may be used to evaluate the impact of railway noise in the future.

1. 서 론

최근 국민의 의식 향상과 참살이(well-being)에 대한 관심증가로 소음진동에 대한 민원이 급격히 많아지고 있으며, 이로 인해 주요 국가사업 및 민자사업 등에 대한 환경소음 영향평가에 대한 신뢰성과 정확성이 더욱 절실히 요구되고 있다.

이와 더불어 환경부 등에서도 국내에서 수행되는 환경영향평가의 정확도 및 신뢰성 제고를 위해 정책연구 용역을 수행하는 등 노력을 기하고 있다. 본 연구에서는 이러한 환경소음중 철도소음과 관련하여 지금까지 국내 환경소음 영향평가에 주로 사용되어오고 있는 예측식과 저자 등이 수행하여 제시한 새로운 철도 환경소음 예측식을 비교하여 향후 국내 철도 환경소음 영향평가를 위한 자료로 활용하고자 한다.

2. 국내 철도소음 예측식

2.1 국립환경과학원(NIER) 예측식

† 조준호: 한국철도기술연구원
E-mail : jhcho@krri.re.kr
Tel : (031) 460-5366, Fax : (031) 460-5279

* 한국철도기술연구원

국내 철도소음 관련한 예측식은 1993-1994년에 국립환경연구원(현 국립환경과학원)에서 최초로 연구를 수행하여 그 예측식을 제시한 바있다.[1][2] 본 절에서는 국립환경연구원에서 제시한 철도소음 예측식과 그 특징을 서술하였다. 국립환경연구원에서는 새마을, 무궁화, 통일 열차 및 전기여객열차와 전철에 대하여 주로 거리와 속도의 함수로 최대소음도 및 등가소음도를 예측하는 모델을 제시하였다. 여기에서는 그 중에서 대표적으로 새마을 열차에 대한 예측식을 중심으로 그 특성과 활용법을 설명하였다.

용접된 장대레일 구간에서 열차속도 56-126 km/h의 속도범위로 주행하는 경우 기준위치 7.5m위치에서의 최고소음도는 다음 식으로 주어진다.

최고소음도

$$L_{max} = 21.76 \log v + 47.74 \quad dBA \quad (1)$$

등가소음도

$$L_{eq} = \overline{L_{max}} + 10 \log(n T_e / T) - 15 \log R_a \quad dBA \quad (2)$$

여기에서 $\overline{L_{max}}$ 는 개별열차 통과시의 최고소음도의 파워평균치, n은 열차대수, T_e 는 열차 1대당 최고소음도 지속시간(sec), T는 관심대상 시간(sec), R_a 는 기준거리에 대한 비이다.

위 식 (1),(2)에서 알 수 있는 것과 같이 여기에서는 유선형 새마을 열차에 대한 최고소음도가 속도만의 함수로 제시되어 있다. 또한 등가소음도의 경우도 열차통과대수와 기준 시간 및 거리만의 함수로 이루어진 것을 알 수 있다.

2.2 한국철도기술연구원(KRRI) 예측식

한국철도기술연구원에서 새마을 열차 소음 예측을 위한 모델 즉 예측식의 표준 조건은 다음과 같다. [3]

- 기준속도(V) : 주요 영업속도인 105-140km/h
- 기준위치 : 25m
- 대상범위(d) : 7.5 - 100m
- 선로 : 직선/수평/장대레일/발라스트레드/콘크리트 침목
- 레일 및 차륜 조건 : 레일과 차륜의 삭정 상태 양호

예측모델은 소음방사 모델을 활용하여 전동음은 쌍극자특성을 가지는 점음원의 배열로 모델링하고 기관차의 엔진 등에 의한 기관소음은 점음원이 코사인방사 특성을 가지는 모델을 활용하였다. 이와같은 음원위치와 방사특성에 대해 철도 소음 측정데이터를 근거로 하여 기준위치에서의 소음폭로레벨 또는 폭로소음레벨(Sound Exposure Level)을 기관소음과 전동소음으로 각각 분리하여 구성하였다.

새마을 열차 단위 동력소음($SEL_{e,d}$)과 단위 전동소음($SEL_{r,d}$)의 SEL 실험식을 이격거리 d(m)의 함수로 정리하면 다음 표와 같다.

Table 1 SEL of Unit noise component at observing point (d[m] distance from rail center)

구분	실험식
단위 동력소음 $SEL_{e,d}$ (dBA)	$SEL_{e'} - 9.4\log(d/25)$
단위 전동소음 $SEL_{r,d}$ (dBA)	$SEL_{r'} - 17.9\log(d/25)$

단, 여기에서 속도(속도 V km/h)에 대한 $SEL_{e'}$ 와 $SEL_{r'}$ 은 Fig. 1과 Fig. 2로부터 각각 얻는다. 다음으로 예측하고자하는 열차의 편성조건(동력차수, 총열량수)를 고려 SEL_E 와 SEL_R 를 다음 식으로부터 구한다.

$$SEL_E = SEL_{e,d} + 10\log(n_e), \quad (3)$$

where n_e : car no of propulsion

$$SEL_R = SEL_{r,d} + 10\log(n_t) + C_c, \quad (4)$$

where n_t : total car no.

C_c : effect of rail connection

여기에서 n_e 는 동력음을 발생시키는 동력차의 수를 의미하며, n_t 는 전동소음을 발생시키는 모든 편성열량수를 의미한다. 또한 c_c 는 레일 이음매에 의한 효과를 고려하는 항이다. 열차 1대 통과시의 SEL은 다음 식으로 구한다.

$$SEL = 10\log(10^{0.1 \times SEL_E} + 10^{0.1 \times SEL_R}) \quad (5)$$

새마을 열차 n대가 T 시간(단위 s)동안 통과할 때의 이격거리(d)에서의 등가소음도 Leq는 (8)식을 개별열차 특성을 고려할 수 있는 다음 모델식으로 주어진다.

$$L_{eq,T} = SEL - 10 \cdot \log(T) + C \quad (6)$$

여기에서 C는 wind effect, ground effect, directivity factor, screen effect를 고려하는 보정항이다.

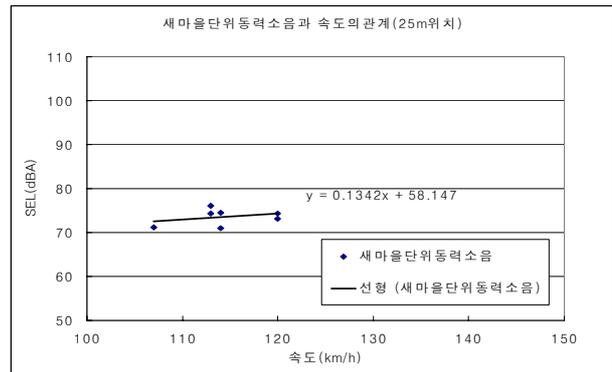


Fig. 1 Relation between SEL of Saemaeul unit locomotive noise and velocity

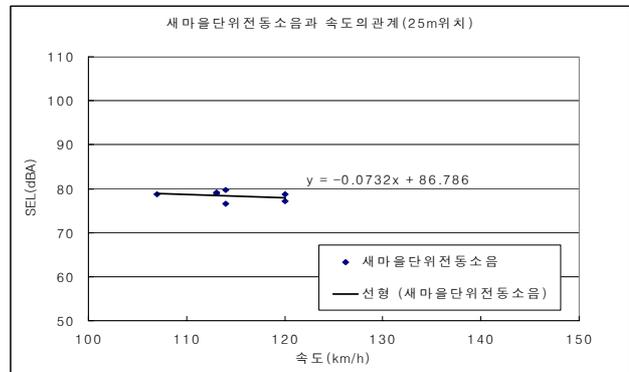


Fig. 2 Relation between SEL of Saemaeul unit rolling noise and velocity

3. 철도소음 예측식 비교 분석

3.1 철도소음 측정 및 결과

철도소음 예측식의 성능을 비교하기 위한 소음측정을 수행하였으며, 본 절에서는 철도소음 측정 및 그 결과를 나타내었다. 철도소음은 약간의 성토위에 철도가 조성된 평택-성환구간을 대상으로 수행되었다. Fig. 3에는 당해구간의 지형 및 마이크로폰 위치를 개략적으로 나타내었다. 당해구간은 논 지역으로서 평지의 성격을 띠고 있으며, 지표는 부드러운 흙으로 구성되어 있었다.

당해구간에서 상행선과 하행선을 통과하는 새마을 열차에 대해 각각 이격거리별로 소음을 동시에 측정하였고 최고소음도, 소음폭로레벨(SEL)을 분석하였고 편성조건, 속도 등의 정보와 함께 나타내었다.

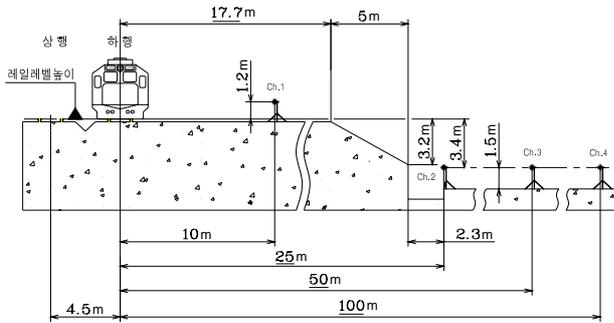


Fig. 3 Section diagram for measurement sites
(Pyeongtak-Seonghwan section)

3.2 철도소음 예측식의 성능 비교

(1) 국립환경과학원 예측식에 의한 예측

국립환경과학원 예측식의 경우 예측을 위한 입력 정보는 열차 차종 및 열차속도, 이격거리, 노출시간 등이며 차량편성 조건과 기타 지형특성 등은 고려할 수 없음을 알 수 있다. Fig. 4와 Fig. 5에는 국립환경과학원의 예측식을 이용하여 당해구간의 열차 정보를 입력하여 얻은 소음폭로레벨(Sound Exposure Level)을 구하고 측정결과와 상관계수를 비교하여 나타내었다.

(2) 한국철도기술연구원 예측식에 의한 예측

당해구간의 경우 다른 보정조건은 거의 필요하지 않았으며, 다만 상행열차의 경우 자갈도상에 의한 초과감쇠 -2.5dB를 영국 교통부의 철도소음 예측방법을[4] 준용하여 고려하였고, Fig. 11에 나타난 바와 같이 지형조건상 채널 2번 위치에서 방음벽과 같은 회절현상에 의해 소음이 많이 저감되는 것도 상기 예측방법[4]를 이용하여 방음벽에

의한 효과를 보정하였다.

이 구간에서 측정된 소음도와 예측식에 의해 계산한 소음도의 상관도를 분석하여 Fig. 6과 7에 나타내었다.

상관도 분석결과 상행의 경우 토구간의 끝단부위에서 일어나는 회절현상에 의한 영향으로 하행보다 큰 오차가 발생하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 8과 Fig. 9에는 상하선별 소음도를 거리에 따라 측정값과 예측값을 비교하여 나타내었으며, Table 2에는 측정 위치별 소음도 측정 및 예측결과의 차이를 비교하여 나타내었다.

2번 마이크로폰이 위치가 철도를 위한 성토의 끝단 바로 아래 부분으로 회절효과에 의한 소음 감쇠가 전형적으로 각 차선에서 나타나고 있음을 알 수 있으며, 대체로 3번과 4번 위치에서는 소음도에 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 즉 거리감쇠에 의한 영향은 그 영향이 방음시설이나 지형에 의한 효과에 비하면 미미함을 알 수 있다. 측정 및 예측을 위해 비교한 위치에서 대체로 2 ~ 3 dBA 이내에서 예측하고 있었으며 그 거리에 따른 소음도 변화 유형을 잘 예측하고 있는 것으로 확인할 수 있었다.

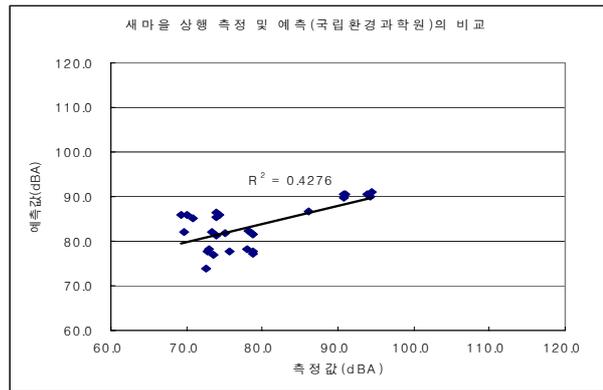


Fig. 4 Correlation Coefficient between measurement and calculation(NIER) at Pyeongtak-Seonghwan section.
(Up direction Saemaedul train)

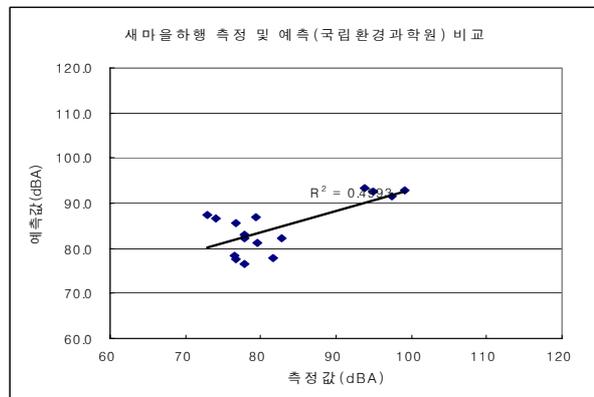


Fig. 5 Correlation Coefficient between measurement and calculation(NIER) at Pyeongtak-Seonghwan section.
(Up direction Saemaedul train)

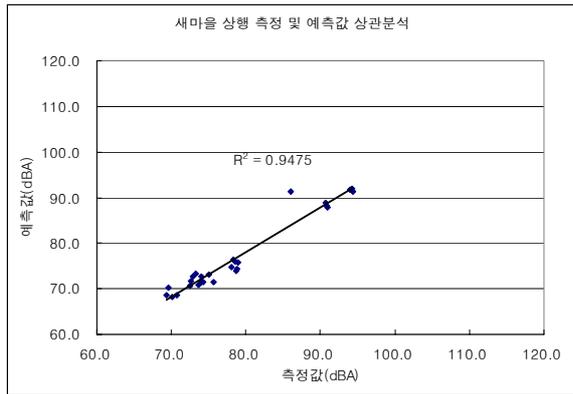


Fig. 6 Coherence analysis between measurement and calculation(KRR) at Pyeongtak-Seonghwan section. (Up direction Saema-eul train)

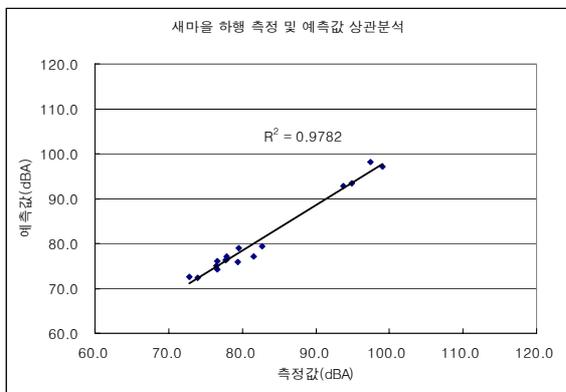


Fig. 7 Coherence analysis between measurement and calculation(KRR) at Pyeongtak-Seonghwan section. (Down direction Saema-eul train)

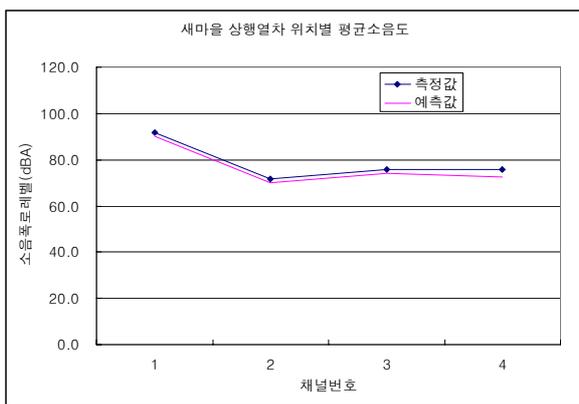


Fig. 8 Sound level comparison between measurement and calculation(KRR) at (Pyeongtak-Seonghwan section (Up direction Saema-eul train)

4. 결 언

본 연구에서는 국내 철도환경소음 예측을 위해 사용되어

오고 있는 국립환경과학원의 식과 한국철도기술연구원에서 개발하여 제시한 예측식을 실제 측정데이터에 기초하여 비교 분석하였다.

국립환경과학원 예측식은 입력조건이 속도와 이격거리 등 매우 단순한 형태를 취하므로 사용하기 쉬운 장점이 있는 반면 그 정확성에서는 여러 가지 한계를 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

한국철도기술연구원 예측식의 경우 소음방사해석에 기초하여 성분 분석하고 여러 가지 보정조건을 고려할 수 있도록 개발되어 기존 식에 비해 상당히 개선된 예측결과를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

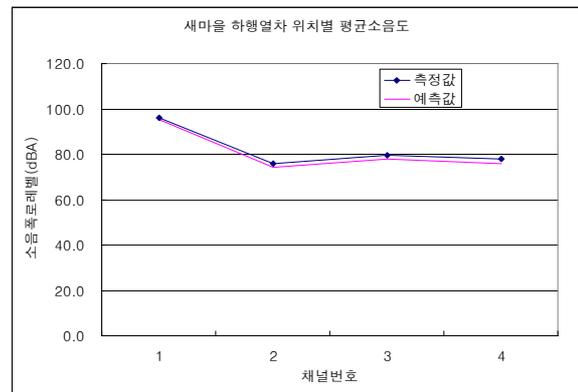


Fig. 9 Sound level comparison between measurement and calculation(KRR) at Pyeongtak-Seonghwan section (Down direction Saema-eul train)

후 기

본 연구는 환경부 차세대핵심환경기술개발사업에 의해 수행되었으며, 관계자에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) 국립환경연구원, 1993, 사업장 소음의 방지대책에 관한 연구(II)
- (2) 국립환경연구원, 1994, 사업장 소음의 방지대책에 관한 연구(III)
- (3) 조준호, 고효인, 김재철, 2006, 새마을 열차 환경소음 예측식 제안, 한국소음진동공학회는논문집, 제16권, 제2호, 156-162
- (4) Calculation of railway noise(Draft for public comment), The Department of Transport, UK