

2. 국내 고속도로 교통소음 예측모델

$$s=1000V/N \quad (\text{식 2.5})$$

국내에서 개발된 고속도로 교통소음의 예측식은 국립환경과학원의 고속화 도로식과 한국도로공사의 HW-NOISE, KHTN 이 있다. 각 예측모델에 대한 음향 파워레벨 산출식을 비교해 보면 다음과 같다.

2.1 국립환경과학원 고속화 도로식

국립환경과학원은 국내 고속도로의 현장 측정을 통하여 다량의 데이터를 축적하고, 축적된 데이터의 통계적 분석을 통하여 다음의 예측식을 도출하였다.

$$L_{eq} = 10 \log Q + 22 \log V - 7 + \Delta T + \Delta W + \Delta R + \Delta \theta - \Delta D \quad (\text{식 2.1})$$

여기서, Q는 시간당 교통량(대/hr), V는 평균차속(km/hr), ΔW는 노폭 보정치, ΔR은 거리 감쇠치, Δθ는 관측각 보정치, ΔD는 회절감쇠에 의한 보정치를 의미한다. ΔT는 차속에 의한 보정치로써 도로구배(G)와 대형트럭 혼입율 및 평균차속(V)을 인자로한 다음 식으로 표현된다.

■ V ≤ 56km/hr 일 때,

$$\Delta T = 10 \log \left[1 - (T \times f) + 9.82 \times (T \times f) \times \left(\frac{V}{105} \right)^{-3.2} \right] \quad (\text{식 2.2})$$

■ V > 56km/hr 일 때,

$$\Delta T = 10 \log \left[1 - (T \times f) + 33.7 \times (T \times f) \times \left(\frac{V}{105} \right)^{-1.2} \right] \quad (\text{식 2.3})$$

여기서, 대형차 혼입율(T)는 대형차 혼입율(대형차통행량/소형 및 대형차 통행량)이며, 구배계수 f는 구배율 2% 이하일 때 f=1, 구배율 2~6% 이하일 때 f=1.4, 구배율 6% 초과시 f=2를 적용한다.

2.2 한국도로공사 HW-NOISE

현재 고속도로의 환경영향평가에 사용되고 있는 한국도로공사의 HW-NOISE에 적용되는 식은 다음과 같다.

$$L_{eq} = PWL + 10 \log_{10} \frac{1}{2ds} + \Delta L_i + ad + ai \quad (\text{식 2.4})$$

여기서, 는 음원(도로단)에서 수음점(소음 예측 대상)까지의 직선 거리(m), 는 종단 구배의 보정값, 는 방음시설에 의한 회절의 보정값이다. 는 지표 조건 등 여러 가지 원인에 의한 보정값이다. s는 평균 차두 간격으로 다음과 같이 산정한다.

여기서, V는 평균 차속(km/h)이며, N은 평균 교통량(대/h)으로 주간 및 야간의 첨두 시간 교통량을 의미한다.

PWL은 차량 운행에 따른 소음 크기로 볼 수 있으며 다음 식에 산정된다.

$$PWL = 72.4 + 20 \log V + 10 \log(a_1 + 3.8a_2) \quad (\text{식 2.6})$$

여기서, 는 평균 차속(km/h)이며, a₁ 및 a₂는 각각 소형차 및 대형차의 혼입율을 의미한다. HW-NOISE에서는 소형차 및 15인승 이하 소형 버스와 중·소형 트럭(5톤 미만)은 소형차로 분류하고, 그 이외는 대형차로 적용한다. 그리고, 소음예측시 소음은 전파경로의 기상 및 지표조건 등에 따라 수음점에서의 실측 소음도는 계산치와 다르게 되므로 각각의 지표조건마다의 Leq 계산치에 회절에 의한 보정치(ad)를 계산한 수치의 평균과 Leq 실측치 평균과의 차에서 지표조건 등 여러 가지 원인에 의한 보정치를 산정한다.

2.3 한국도로공사 KHTN

HW-NOISE의 단점을 보완하고 보다 다양한 모델링이 가능하도록 2001년 새로이 개발한 고속도로 교통소음 예측 모델이 KHTN 이다. 이 예측식에 사용되는 음향 파워레벨(L_{WA})는 차량 종류에 따라 Table2에 나타낸 식에 의해 결정된다.

Table2 PWL of a vehicle at normal running condition.

구분	아스팔트 포장[dB(A)]		콘크리트 포장[dB(A)]	
	4차종 분류	2차종 분류	4차종 분류	2차종 분류
대형차	56.22 + 30logV	55.02 + 30logV	58.86 + 30logV	57.66 + 30logV
중형차	53.32 + 30logV		55.96 + 30logV	
소형 화물차	49.42 + 30logV	48.52 + 30logV	52.06 + 30logV	51.16 + 30logV
승용차	48.22 + 30logV		50.86 + 30logV	

여기서, V는 차량의 평균 주행 속도(km/h)이다. 2차종 분류의 경우는 대형차와 중형차에 대한 혼입비율이 같고, 승용차에 대한 소형트럭의 혼입비율은 0.25로 설정되어 유도된 식을 적용한다. 이 식에 아래 Table3에 나타낸 포장유형에 따른 음향파워 산정계수(ΔL(f_i))를 보정하여 주파수별 음향 파워레벨(L_{WA,i})을 계산한다.

$$L_{WA,i} = L_{WA} + \Delta L(f_i) \quad (\text{식 2.7})$$

Table3 Pavement characteristic parameters[dB]

포장종류 \ Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
아스팔트	-27.9	-19.9	-11.9	-6.7	-3.6	-6.5	-13.7	-20.3
콘크리트	-30.0	-21.9	-12.6	-7.8	-3.2	-6.2	-13.8	-21.6

상기 식들을 이용하여 단위시간당 차종별 교통량과 평균 주행 속도를 고려한 차종별 A-가중치 시간 적분 음향 출력은 다음과 같이 산정한다.

$$(L_{WA7})_i = L_{WA} + 10 \log \left(\frac{3.6 \Delta l}{V} \times \frac{N}{3600} \right) \quad (\text{식 2.8})$$

여기서 LWA는 차량 1대당 음향출력레벨(dB), Δl는 도로 길이(m), V는 해당 차종의 평균 주행속도(km/h), 그리고 N은 시간당 차량통과대수를 나타낸다. 또한 모든 차종에 의한 도로 교통 소음의 등가 음향출력레벨 LWAEq는 다음과 같이 산정한다.

$$L_{WAEq} = 10 \log \sum_i 10^{(L_{WA7})_i / 10} \quad (\text{식 2.8})$$

3. HW-NOISE와 KHTN의 모델특성 비교

한국도로공사에서 고속도로 교통소음예측에 주로 사용되는 KHTN과 HW-NOISE의 기본적인 예측특성 비교를 위해, 평탄부, 성토부, 절토부에 대해 최대한 동일한 조건으로 모델링을 하고 계산결과를 비교하였다.

3.1 평탄부

Fig.1에 평탄부에 대한 예측특성을 검토하기 위한 모델을 나타내었다. 모델링 및 결과에 대한 편의를 위해 도로는 1차로만 모델링을 하고 도로단에서 1m, 지상 1.5m 떨어진 지점의 레퍼런스값(L_{Aeq})가 100dB(A)이 되도록 KHTN과 HW-NOISE의 교통량을 조정하였다. 각 수음점은 음원으로부터 100m 떨어진 지점에 지상으로부터 0.28°에서 80° 까지 10° 간격으로 배치하였다. HW-NOISE의 경우, 도로단에서의 거리와 지상에서의 높이에 따라 보정값을 적용할 수 있도록 되어 있어 보정값을 적용하지 않은 경우와 적용한 경우 각각에 대해 검토하였다. 이에 대한 예측결과를 Fig.2에 나타내었다. 보정값을 적용하지 않을 경우에는 두 예측결과의 차가 0.8~1.9[dB]이지만 보정값을 적용하였을 경우에는 0.7~19.0[dB]로 큰 차이를 보였다. 이는 음원으로부터 거리가 멀어지고, 지상으로부터 높아질수록 HW-NOISE

의 보정값도 크지기 때문이다.

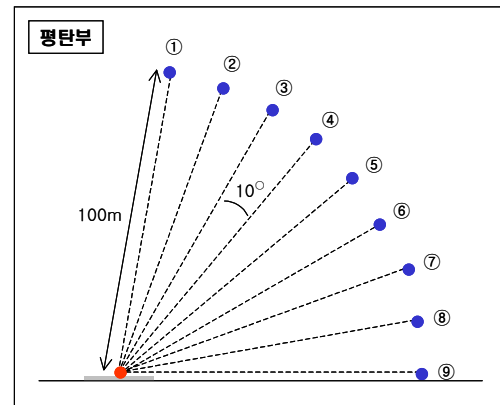


Fig.1 The test model of flatland.

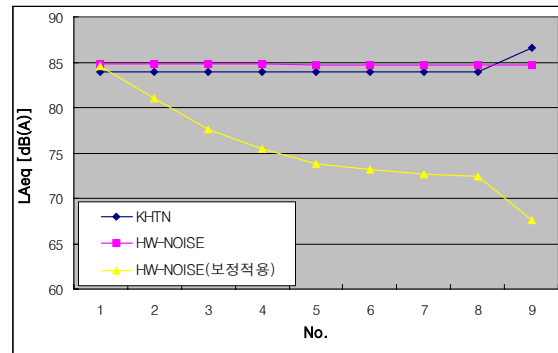


Fig.2 Prediction results by KHTN and HW-NOISE at flatland.

3.2 성토부

Fig.3에 성토부에 대한 예측특성을 검토하기 위한 모델을 나타내었다. 성토지형의 모델은 도로면의 높이를 높이고 양쪽 도로단에서 차폐물을 내리는 것으로 모델링하였다.

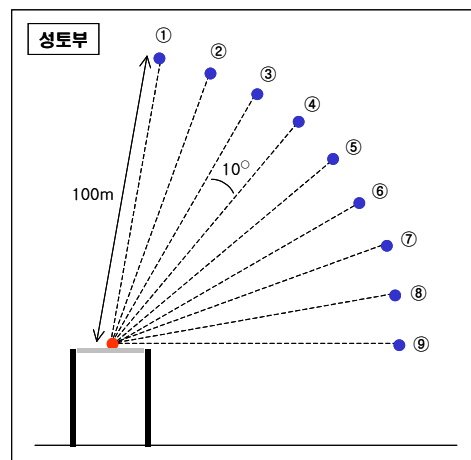


Fig.3 The test model of fill-up ground.

그리고 이에 대한 결과를 Fig.4에 나타내었다.

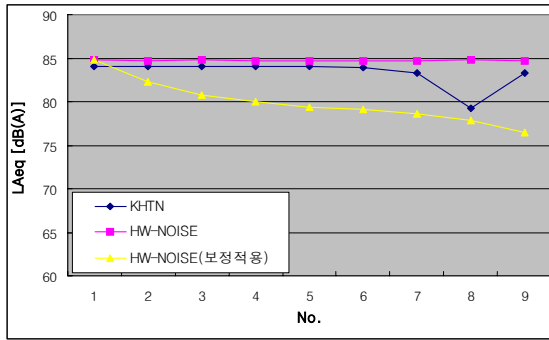


Fig.4 Prediction results by KHTN and HW-NOISE at fill-up ground.

3.3 절토부

Fig.5에 절토부에 대한 예측특성을 검토하기 위한 모델을 나타내었다. 절토지형의 모델은 도로단 양쪽에 차폐물(방음벽)을 세우는 것으로 모델링 하였다.

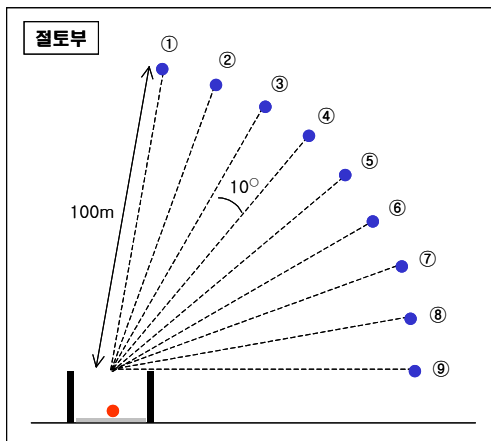


Fig.5 The test model of cutting ground.

그리고 이에 대한 결과를 Fig.6에 나타내었다.

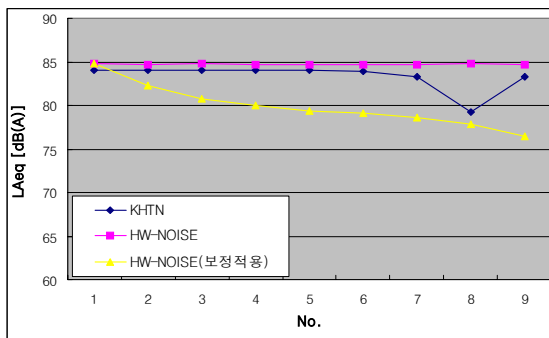


Fig.6 Prediction results by KHTN and HW-NOISE at cutting ground.

4. 맺음말

국내의 고속도로 교통소음 예측에 가장 많이 이용되는 KHTN과 HW-NOISE에 대해 최대한 동일한 조건에서 그 예측결과를 비교하였다. 예측 정확도에 대해서는 측정값과의 비교를 통해 지속적으로 비교 검증을 해 나가야 하고, 예측 모델의 수정도 병행해야 하겠지만, 우선 두 예측 모델을 사용하는데 있어서의 특성은 반드시 파악을 하고 있어야 한다는 관점에서 본 연구를 진행하였다. 향후, 계속해서 이러한 비교 연구는 진행할 예정이며 예측결과와 공개를 통해, 사용자가 적절한 판단을 할 수 있도록 할 예정이다.

참 고 문 헌

- 1) 도로교통소음예측, Kuno 외, 기보당출판, 2004
- 2) 고속도로 방음벽 설치기준 개선 연구, 한국도로공사 도로교통기술원연구소, 2004
- 3) 소음예측기법 및 방음시설 설계기준 연구, 한국도로공사 도로연구소, 2001
- 4) 고속도로 소음대책에 관한 연구, 1994
- 5) 도로교통소음, 강대준 외, 국립환경연구원, 1999