

# 소음진동관리법에 따른 ASJ-2008 적용에 대한 연구

## A Study on Application of ASJ-2008 using Noise and Vibration Control Act

박재식\* · 한재민\* · 윤효석\* · 박인선\*\* · 박상규†

Jae Sik Park, Jae Min Han, Hyo Seok Yun, In Sun Park and Sang Kyu Park

**Key Words** : ASJ-2003, ASJ-2008, 소음진동관리법

ASJ-2008의 회절에 관한 실험을 통하여 개정된 모델의 적용방안을 제시하고자 한다.

### 1. 서 론

주거형태의 고층화, 밀집화, 광역화와 더불어 자동차, 철도, 항공기 등 교통수단의 증가로 인해 국민들의 생활환경은 다양한 소음에 노출되기 쉬운 상황으로 변하고 있다. 반면 삶의 질이 향상됨에 따라 국민들의 정온한 삶에 대한 욕구는 증가하였다. 이로 인해 소음의 현황과 영향을 알기 위한 예측방법과 소음지도의 활용이 증가하고 있다.

국내에서는 국립환경과학원식과 도로공사예측식이 존재하고 소음진동관리법을 통해 소음을 관리하며, 소음진동관리법 중 “소음지도 작성방법”에는 도로와 철도로 분류하여 <Table 1>과 같이 예측식을 지정하였다.

이중 도로교통 예측식인 ASJ-2003은 최근 ASJ-2008로 개정이 되었으며 이로 인해 ASJ-2008의 소음 예측식 적용을 위한 추가적인 연구가 필요하다.

기존 ASJ-2003은 기하학적 음향 효과와 더불어 방음벽, 건물, 지면효과, 대기 중 흡음, 그리고 기상 조건 등의 경험식을 바탕으로 만들어졌다.

이에 최근 개정된 ASJ-2008은 회절 및 반사의 의한 계산 방법의 향상과 인터체인지, 신호가 있는 교차로, 이층 교량 및 터널 등 특별한 종류의 도로상황이 추가되었다. 본 연구에서는 ASJ-2008모델과

**Table 1.** Noise prediction model by source

Source	Road	Train
Noise prediction model	CRTN, RLS90, NMPB, Nord 2000, ASJ 2003	Schall03, CRN, Nord 2000

### 2. ASJ-2008 예측식

#### 2.1 일반식

전방향의 음원이 도로에 위치한다고 할 때, 예측점에서의 A특성 음압레벨,  $L_A$ 는 다음 식과 같다.

$$L_A = L_{WA} - 8 - 20 \lg r + \Delta L_{cor}$$

여기서,  $r$ 은 직선거리(m),  $\Delta L_{cor}$ 는 보정값이다. 보정값에 대한 식은 다음과 같다.

$$\Delta L_{cor} = \Delta L_{dif} + \Delta L_{grnd} + \Delta L_{air}$$

여기서,

$\Delta L_{dif}$  : 회절에 의한 보정값 [dB]

$\Delta L_{grnd}$  : 지면 효과에 의한 보정값 [dB]

$\Delta L_{air}$  : 대기 흡음에 의한 보정값 [dB]

† 중신회원, 연세대학교 환경공학부

E-mail : tankpark@yonsei.ac.kr

Tel : (033)760-2442, Fax : (033)760-2194

\* 정회원, 연세대학교 소음진동연구실

\*\* 정회원, 현대건설

## 2.2 보정값

### (1) 회절에 의한 보정값

ASJ-2008에서의 다양한 종류의 방음벽, 방음둑 등의 차폐물은 회절에 의한 소음저감 효과를 위하여 사용된다. 회절에 의한 보정값의 정의는 <Table 2>와 같다.

**Table 2.** Definition of correction terms for diffraction effect

Fundamental correction for diffraction effect	$\Delta L_d$
Single diffraction over a barrier	$\Delta L_{dif, sb}$
Diffraction over a barrier with its finite length	$\Delta L_{dif, ffb}$
Embankment/building	$\Delta L_{dif, dd}$
Multiple barriers (installed with sufficient distance)	$\Delta L_{dif, db}, \Delta L_{dif, tb}$
Edge-overhang barrier	$\Delta L_{dif, hb}$
Edge-modified barrier	$\Delta L_{dif, emb}$
Low-height barrier(its height is around 1m)	$\Delta L_{dif, low}$
Transmitted sound through a barrier	$\Delta L_{dif, trans}$

각각의 보정값들은 기본적인 보정값인  $\Delta L_d$ 를 기초로 계산이 된다.  $\Delta L_d$ 는 아래의 식과 같다.

$$c_{spec}\delta \geq 1 \text{ 일때, } -20 - 10\log(c_{spec}\delta)$$

$$0 \leq c_{spec}\delta < 1 \text{ 일때, } -5 - 17.0\sinh^{-1}(c_{spec}\delta)^{0.414}$$

$$c_{spec}\delta < 0 \text{ 일때,}$$

$$\min[0, -5 + 17.0 \cdot \sinh^{-1}(c_{spec}|\delta|)^{0.414}]$$

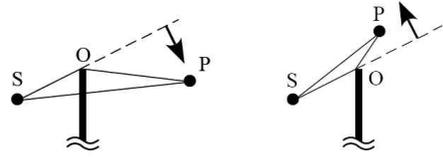
여기서,

$c_{spec}$  : 도로의 종류에 따른 값 <Table 3>

$\delta$  : 조건에 따른 회절 경로차 <figure 1>

**Table 3.** Values of  $c_{spec}$

Category of noise		$c_{spec}$
Road traffic noise	Dense asphalt concrete	0.85
	Drainage asphalt concrete	0.75
	Within 1 year	0.65
Structure borne noise		0.50



직선 경로  $l = SP$ , 회절 경로  $r = SO + OP$   
 S에서 P가 보이지 않을때  $\delta = r - l > 0$   
 S에서 P가 보일때  $\delta = -(r - l) < 0$

**Figure 1.** Definition of path length difference over a barrier

### (2) 지면 효과에 의한 보정값

음이 도로에서 예측점으로 전파될 때, 음의 감쇠는 도로의 표면이나, 경사, 노면의 거칠기 등의 다양한 지면 효과에 의해 나타난다. 지면 효과에 의한 보정값은 아래의 식과 같이 나타난다.

$$\Delta L_{grnd} = \sum_{i=1}^n \Delta L_{grnd,i}$$

$$\Delta L_{grnd,i} = \begin{cases} -K_i \log(r_i/r_{c,i}) & r_i \geq r_{c,i} \\ 0 & r_i < r_{c,i} \end{cases}$$

여기서,

$\Delta L_{grnd,i}$  :  $i$ 번째 지면에 대한 보정값 [dB]

$K_i$  : 거리에 대한 감쇠율 계수,  $r_i$  : 거리

$r_{c,i}$  :  $i$ 번째 지면에서의 효과가 증가하기 시작하여 감쇠량이 초과하는 지점의 거리

### (3) 대기 흡음에 의한 보정값

대기 흡음에 의한 보정값  $\Delta L_{air}$ 은 ISO 9613-1을 기초로 하였으며, 20 °C에서의 온도도와 60%의 상대습도를 가졌을 때는 아래의 식을 사용한다.

$$\Delta L_{air} = -6.84\left(\frac{r}{1000}\right) + 2.01\left(\frac{r}{1000}\right)^2 - 0.345\left(\frac{r}{1000}\right)^3$$

여기서,

$r$  : 소음원과 수음점 사이의 거리

(4) 반사에 대한 계산 방법

가변의 도로가 낮거나, 반자유음장의 도로, 그리고 고가 평면도로가 병설된 지역에서의 도로교통소음을 예측하기 위해 반사음을 고려해야 한다. 이 모델에서는 음의 반사를 다루기 위해 두 가지의 계산 방법이 있다.

한 가지는 파장에 비해 큰 크기의 평편한 표면이 있을 때 사용되는 정반사, 나머지는 평평하지 않은 표면에 사용되는 난반사가 있다.

(5) 기상적인 영향

기상적인 영향은 일반적으로 바람과 온도의 분포와 같은 복잡한 현상 때문에 엔지니어링 모델에 적용하기 어렵다.

2.3 특별한 도로 종류에 따른 예측방법

ASJ-2008 모델에서는 신호가 있는 교차로, 이중교량 및 터널 등 특별한 종류의 도로에 대한 예측 방법이 추가 되었다.

(1) 인터체인지와 교차로

이 모델은 인터체인지에서, 차량분류에 따른 가속 구간과 감속구간의 가속도가 <Table 4>에서와 같이 나타나며, 이를 이용하여 프로그래밍하게 된다. 틀게이트에서의 지체되는 시간도 소음폭포시간과 관계가 있으며 이는 <Table 5>에 나타난다.

Table 4. Acceleration and deceleration of vehicles running on an interchange [ $m/s^2$ ]

Category of vehicle	Small vehicle			Heavy vehicle		
	Passenger car	Light truck		Middle truck	Heavy truck	
Acceleration	1.9	1.4	1.8	1.3	1.1	1.2
Deceleration	-1.0	-0.9	-1.0	-	-	-0.8

Table 5. Service time at tollgate

Entrance(receiving a card)	6 s
Exit(toll collection by cash)	14 s
Toll collection by fixed charge	8 s

(2) 신호가 있는 교차로

도심지역의 일반도로에는 교차로가 매우 많으며, 정지, 가속이나 감속, 일정한 속도로 통과 하는 등 차량의 속도분포가 다양하게 나타난다. 이러한 행동들은 자세히 설명하기에는 복잡하지만, 대략적으로 부정류의 흐름에 속한다. 교차로에서의 소음레벨은 부정류의 흐름을 적용시켜 두 도로에서의  $L_{Aeq}$  값을 합친 것으로 나타낸다.

(3) 터널

이 모델에서는 두 가지 가상의 음원을 가정하였다. 첫 번째는 터널에서 자동차로부터의 소음에 직접적으로 영향이 있는 점음원이고, 두 번째는 터널 안의 벽에 의해 반사되는 면음원이다.

(4) 반지하 도로

예측의 문제점은 벽을 포함한 지역에서의 다중반사에 대한 계산이다. 이를 해결하기 위한

- ① image sources method
- ② hypothetical point source method
- ③ wave-based numerical analysis

방법 등이 있다. 이 이외에도 고가·평면병설부와 복층고가부에 관한 예측방법이 있다.

3. 연구 방법

3.1 위치선정 및 측정방법

ASJ-2008의 주요 개정사항인 회절 및 반사의 영향을 고려하여 위치를 선정하였다. 조사지점은 왕복 8차선의 아스팔트가 포장된 고속도로 구간이며 높이 3m의 방음벽이 약 1km가량 세워져있다. 측정지점은 도로와 약 100m 떨어져 있는 아파트 ① ~ ④ 지점을 선정하였다. <Figure 2, 3>은 조사지점과 측정지점을 나타낸다.

측정은 3일 동안 주간에 걸쳐서 진행하였고, 각 측정지점에서 2시간 이상 간격으로 4회, 5분씩 측정하였다. 교통량 및 차량의 종류는 한국도로공사의 데이터를 참조하였으며, 차량의 속도는 해당 고속도로의 제한속도로 지정하였다.



Figure 2. Receiver point



Figure 3. Position of Noise barrier

### 3.2 측정값

<Table 6>은 측정 데이터를 산술평균한 값이다.

Table 6. Measurement data [dB(A)]

Receiver point	Number of floor	Measurement data
1	5층	65.1
	10층	67.7
	15층	69.5
2	5층	66.9
3	6층	66.9
	15층	69.5
4	6층	64.0
	14층	66.5

### 3.3 시뮬레이션 및 예측 결과

소음예측은 SoundPlan 7.1 을 이용하였으며, ASJ-2003과 ASJ-2008을 적용하였다. 모든 변수들은 동일한 값으로 각각 적용하였으며, 지면흡음지역은 <Table 7> 과 같이 2개의 지역으로 나누어 설정하였다.

차량분류는 “소음지도 작성방법<sup>(3)</sup>”에서 제시한 분류법에 따라 적용하였으며, 차량분류에 따른 차량 대수와 속도는 <Table 8>과 같다.

실측값과 ASJ-2003, ASJ-2008 적용에 따른 예측값은 <Table 9>와 같다.

Table 7. Ground absorption properties

Area	Classification
수풀지역	ASJ : Soft ground surface, Farmland
도로지역	ASJ : Concrete, Asphalt

Table 8. Traffic flow and Speed of vehicle

Category of vehicle		Traffic flow (vehicle/h)	Speed(km/h)
Small vehicle	Passenger car	159,064	100
Heavy vehicle	Light truck	3157	80
	Middle truck	8991	
	Heavy truck	9869	

Table 9. Prediction data [dB(A)]

Receiver point	Number of floor	ASJ-2003	ASJ-2008
1	5층	67.2	65.8
	10층	69.7	68.4
	15층	70.3	69.0
2	5층	68.3	66.8
3	6층	68.9	67.2
	15층	69.3	67.6
4	6층	66.6	65.0
	14층	66.9	65.4

#### 4. 결과 분석

<Table 10>과 같이 ASJ-2003은 실측값과 예측값의 오차가 0.2 ~ 2.1dB(A) 였던 반면, ASJ-2008의 경우 오차가 약 0.1 ~ 1.1dB(A)로 나타났으며, 평균 오차 역시 개정된 ASJ-2008이 낮게 나왔다.

<Table 11>에서는 ASJ-2008이 ASJ-2003보다 1.3 ~ 1.7dB(A) 낮은 것을 확인 할 수 있다. 이는 회절의 영향에 의한 보정값인 것으로 판단된다.

**Table 10.** Comparing measurement data and prediction data [dB(A)]

Recei ve point	Num ber of floor	Measur em ent data	ASJ-2003		ASJ-2008	
			Predi ction data	Error	Predi ction data	Error
1	5층	65.1	67.2	2.1	65.8	0.7
	10층	67.7	69.7	2.0	68.4	0.7
	15층	69.5	70.3	0.8	69.0	-0.5
2	5층	66.9	68.3	1.4	66.8	-0.1
3	6층	66.9	68.9	2.0	67.2	0.3
	15층	69.5	69.3	-0.2	67.6	-1.9
4	6층	64.0	66.6	2.6	65.0	1.0
	14층	66.5	66.9	0.4	65.4	-1.1
실측값-예측값 의 평균오차				1.4		0.8

**Table 11.** Comparing ASJ-2003 and ASJ -2008[dB(A)]

Receive point	Number of floor	ASJ- 2003	ASJ- 2008	오차
1	5층	67.2	65.8	1.4
	10층	69.7	68.4	1.3
	15층	70.3	69	1.3
2	5층	68.3	66.8	1.5
3	6층	68.9	67.2	1.7
	15층	69.3	67.6	1.7
4	6층	66.6	65	1.6
	14층	66.9	65.4	1.4

#### 5. 결론

실험결과 회절의 영향과 반사 영향을 개정한 ASJ-2008이 ASJ-2003보다 정확한 것으로 확인이 되었다. 그러나 이번 실험은 고속도로에 국한된 결과로서 다양한 교통 환경에서의 실험 및 검증이 필요하다 여겨지며 차후 연구에서는 방음벽의 설치조건 및 도로유형에 따른 차이를 연구하고자 한다.

#### 참 고 문 헌

- (1) Park, I. S. and Park, S. K. 2005, Evaluation of Present Status for the Korean Noise Map Standardization. Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, pp 517~520
- (2) S, Sakamoto. A, Fukushima. and K, yamamoto., 2009, Road traffic noise prediction model"ASJ RTN-Model 2008" proposed by the Acoustical Society of Japan - Part 3 : Calculation model of sound propagation. Inter-noise 2009
- (3) 환경부고시 제2010-72호, 4조 2항
- (4) 환경부, 2007, 환경영향예측모델 활용지침 마련을 위한 연구 pp 239-241
- (5) 日本音響学会誌65卷4号(2009),pp.179-232, ASJ-RTN-2008