

도로주변의 건물에 의한 도로교통소음의 감쇠

김화일

지산대학교 산업위생과

1. 서론

도시의 일반도로에 접한 지역은 도로교통소음에 대한 유효한 방지책이 없는 관계로 항상 열악한 음환경의 상황이 지속되고 있다. 이러한 지역에 주택지 등의 조용함을 필요로 하는 것을 계획하는 경우에는 계획단계부터 도로교통소음을 배려하여야 한다. 예를들면, 도로연도에 대형건축물이 설치되어 있을 경우, 음파의 회절현상에 의해 배후지역의 소음은 적어진다고 기대된다. 이러한 성질을 잘 응용하면 일반도로에 접한 지역의 도로교통소음을 방지하는 것이 가능하다고 생각된다.

완충건물에 의한 소음감쇠효과를 예측할 경우 건물에 의한 소음의 회절감쇠량을 구할 필요가 있다. 음파의 회절에 대한 연구는 많이 있으나, 비교적 단순한 형태의 건축물의 경우에도 회절음장을 구하기 위한 계산식은 복잡하여 소음방지를 고려하면서 건물배치계획을 수행할 경우에는 적용하기가 어렵다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 도로연도에 완충건축물을 배치한 경우의 배후지역에 대한 소음감쇠효과를 연구하고, 아울러 도로교통소음 방지설계지침을 제시하려고 한다. 여기서는 첫단계로 Wedge의 회절음장에 관한 川井(川井, 1978; 川井, 1979)의 근사식을 이용하여 각주상의 건물에 의한 도로교통소음의 감쇠량을 simulation을 통해 구하고자 한다.

2. 회절음장의 계산

본연구에서는 기하광학적회절이론에 근거를 둔 방법을 사용한다. 川井는 Wedge에 의한 회절음장이 Kouyoumjian & Pathak의 漸近解에 의해 정도가 높게 계산이 되는 것을 보여주고, 평행한 2개의 Edge을 가진 장벽을 Keller의 기하광학적회절이론으로부터 2개의 Edge에 의한 기여로 계산가능하게 하고 아울러, Wedge에 대한 식을 확장적용하였다.

본연구방법으로는 Fig. 1에서와 같이 Wedge에 구면파가 입사할 때 회절음장 ϕ 는

$$\Phi = U(\theta - \theta_s) + U(\theta + \theta_s) \quad (1)$$

$$U(\Theta) = U^g(\Theta) + U^d(\Theta), \quad \Theta = \theta \mp \theta_s \quad (2)$$

이 된다. 여기서, U^g 는 기하광학적 음파이며,

$$U^g(\Theta) = \sum_{n=0}^{\infty} \eta(\pi - |\Theta - 2n\nu\pi|) e^{ikR(\Theta - 2n\nu\pi)} / R(\Theta - 2n\nu\pi) \quad (3)$$

$$\eta(\varphi) = \begin{cases} 1 & \text{for } \varphi \geq 0 \\ 0 & \text{for } \varphi < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$R(\zeta) = \sqrt{r_s^2 + r^2 - 2r_s r \cos \zeta + (z - z_s)^2} \quad \text{이다.} \quad (5)$$

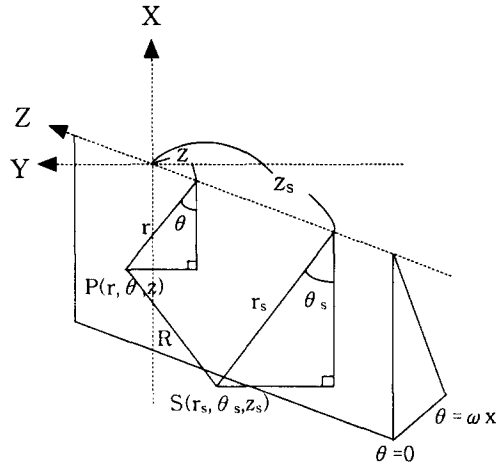


Fig. 1. Diffraction of Wedge.

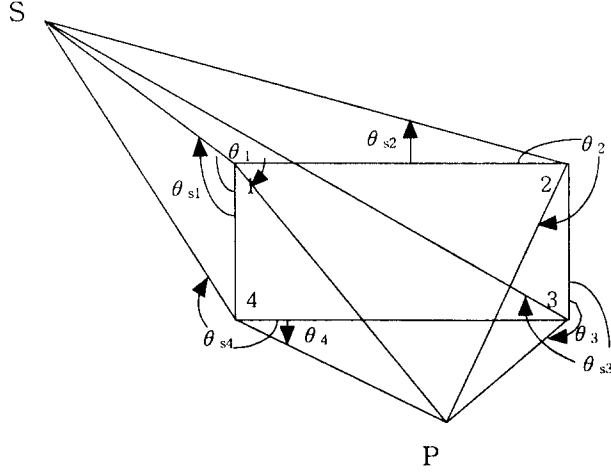


Fig. 2. Diffraction of a Square Pillar.

또한, 회절파 U^d 는

$$U^{d\pm}(\Theta) = \frac{e^{ikL}}{L} \frac{e^{i(\pi/4)}}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{L}{\pi k r_s r}} \frac{-1}{2\nu} \cot\left(\frac{\pi \pm \Theta}{2\nu}\right) F^*\left(\frac{k r_s r}{L} a^\pm\right) \quad (6)$$

이 된다. 그리고, a^\pm , N^+ , N^- 는

$$a^\pm = 2 \cos^2\left(\frac{2 N^\pm \nu \pi - \Theta}{2}\right) \quad (7)$$

$$N^+ = \begin{cases} 0 & \text{for } \Theta \leq \nu\pi - \pi \\ 1 & \text{for } \Theta > \nu\pi - \pi \end{cases} \quad (8)$$

$$N^- = \begin{cases} -1 & \text{for } \Theta < \pi - \nu\pi \\ 0 & \text{for } \pi - \nu\pi \leq \Theta \leq \pi + \nu\pi \\ 1 & \text{for } \Theta > \pi + \nu\pi \end{cases} \quad (9)$$

이 된다.

F^* 는 Fresnel 적분은 $F(y) = \int_y^\infty e^{it^2} dt$ 에 의해

$F^*(x) = -2i\sqrt{x} e^{-ix} F(\sqrt{x})$ 로 표시된다. Fig. 2 에 나타낸 것과 같이 각주에 의한 회절파는 각 Edge의 회절파의 총합으로 나타낼 수가 있고, 근사적으로 그 중에서 2차 회절파까지만 계산하면 충분하다고 한다.

$$\begin{aligned}
U^d = & \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_{s1}\right)\left\{\eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_1\right)U_1^d + \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_2\right)U_{12}^d + \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_4\right)U_{14}^d\right\} \\
& + \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_{s2}\right)\left\{\eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_2\right)U_2^d + \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_3\right)U_{23}^d + \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_1\right)U_{21}^d\right\} \\
& + \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_{s3}\right)\left\{\eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_3\right)U_3^d + \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_4\right)U_{34}^d + \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_2\right)U_{32}^d\right\} \\
& + \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_{s4}\right)\left\{\eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_4\right)U_4^d + \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_1\right)U_{41}^d + \eta\left(\frac{3}{2}\pi - \theta_3\right)U_{43}^d\right\}
\end{aligned} \tag{10}$$

수음점으로부터 음원이 보일 때와 보이지 않을 경우의 U^s 와 U^d 를 구하여 각 수음점에서의 에너지 합을 계산한다. 도로주변의 건물에 의한 도로교통소음레벨감쇠효과를 검토하기 위해 먼저, 각주상의 건물에 의한 회절을 simulation에 의해 구해 본다. 건물높이는 무한의 각주(평행한 Edge로 구성된형태)로 한다. 이러한 조건에서 건물의 폭과 두께를 변형시켜가며 소음레벨의 분포를 계산한다.

음원은 도로를 1차선의 무한선음원으로 가정한다. simulation에서는 이를 점음원의 합으로 계산한다. 음원의 주파수특성은 ASJ/Model-1993(曾根 外, 1994)으로 보고 주파수62.5 Hz부터 4 kHz까지의 61개(1/10 Octaveband)의 순음에 대해 각각 A특성음압레벨을 구해, 이것을 합성하여 소음레벨 LA(dBA)로 한다. 음원의 높이는 지상 0 m로 한다. 건물의 위치는 도로로부터 10 m떨어진 곳에 위치한다. 수음점은 건물주변의 소음레벨분포를 알수 있게 mesh상으로 한다. 수음점의 높이는 0 m로 한다.

결과로써는 첫째, 선음원의 전PWL을 0 dBA으로 할 때의 상대레벨을 나타낸다. 둘째, 건물의 크기에 따른 영향을 조사한다.

3. 결과 및 고찰

건물등 복잡한 형태을 가진 물체에 대한 음파의 회절현상을 엄밀히 구하는 것은 극히 곤란하다. 기하학적회절이론을 기본으로 하여 접근하는 방법은 반무한장벽의 경우 회절음장은 前川の 근사식(前川, 1962)을 출발로 하여 1/4평면, 선단부가 경사인 평면장벽, 두께가 있는 장벽, 평행한 2면의 Edge를 가진 장벽, 복수개의 평면장벽등 순차적으로 복잡한 형태의 장벽으로 확장되고, 그 회절음장의 근사계산법이 연구되어 왔다(藤原, 1978). 그러나, 복수의 건물이 존재하는 경우의 회절음장을 구하는 계산법은 아직 제안되는데 그치고 있다. 단일 건물을 대상으로 할 때, 川井(川井,1978; 川井,1979)가 제안하는 방법이 지금까지는 가장 정도가 높은 근사식으로 여겨진다. 한편, 복잡한 형태을 경계조건으로 고려한

음장의 과도방정식을 유한요소법이나 경계요소법등을 이용하여 수치적으로 푸는 방법도 있으나 도시 시가지와 같이 큰 음장에 적용하는 것은 현재의 컴퓨터 능력으로는 어려운 것으로 생각된다. 도로연도에 완충건축물을 배치한 경우의 배후지역에 대한 소음감쇠효과를 연구하고, 아울러 도로교통소음방지설계지침을 제시하려고 한다. 향후 도시계획 또는 실내 음장의 해석에도 확장 가능하므로 어떤 음원으로 부터의 이상적인 수음점배치계획을 수립할 수 있으리라고 생각되어 진다.

참고문헌

- 前川純一, 1962, 障壁(塀)遮音設計關實驗的研究, 日本音響學會誌, 18, 187-196
- 藤原恭司, 1978, 塀による音波減衰, 34, 724-731
- 川井孝雄, 1979, 建物等の形態を考慮した屋外伝搬騒音分布豫測(その5), 竹中技術研究報告, 22, 16-26
- 川井孝雄, 1978, 厚みのある障壁及び角柱による回折音場, 日本音響學會誌, 34, 369-375
- 曾根敏夫, 香野俊一, 岩瀬昭雄, 1994, 自動車走行騒音のパワーレベルとスペクトル”, 日本音響學會誌, 50, 233-239