

反射波を考慮した ダクト網の音響伝搬計算法について*

○寺尾道仁, △関根秀久, 田辺滋樹 (神奈川大学 工学部)

1. はじめに 諸不連続部による反射波の寄与を考慮した低周波数域のダクト網音響伝搬計算法(以下複素音圧法とよぶ)を導入し、連続曲りと小規模なダクト網に適用して、この方法による透過損失と、反射波を無視した従来のエネルギー的計算法によるそれとの比較を行った。

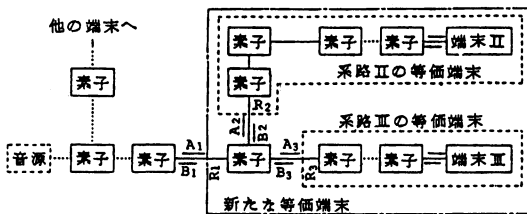


Fig.1 An equivalent acoustic model for a duct network.

2. 反射波を含めた計算方法 Fig. 1 に示すような樹枝状ダクト網の各不連続素子の直管素子との接続境界での進行波、反射波の複素音圧振幅をそれぞれ A , B 、また、特性インピーダンス接続条件で求められた各素子の特性透過係数を τ_m (m :入力端子, n :出力端子), 特性反射係数を ρ_m (m :入出力端子) として, それらの関係は3端子対素子の場合, (1) のように表され、これに繋がる(等価)端末の反射係数 $R_2 = -B_2/A_2$, $R_3 = -B_3/A_3$ が与えられれば, その終端条件下でのこの素子の反射係数 $R_1 (-B_1/A_1)$ および透過係数 $T_{12} (-A_2/A_1)$, $T_{13} (-A_3/A_1)$ は(2)~(4) のように求められ、端末から順次遡ってすべての区間の透過係数などを得る。

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_1 & \tau_{21} & \tau_{31} \\ \tau_{12} & \rho_2 & \tau_{32} \\ \tau_{13} & \tau_{23} & \rho_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

* A Method to Estimate Sound Transmission through Air-duct Networks taking the Contribution of Reflected-waves from Discontinuities into account.
By Michihito Terao, Hidehisa Sekine, Sigeki Tanabe (Kanagawa University)

$$R_1 = \frac{1}{Q} \begin{vmatrix} \rho_1 & -\tau_{21}R_2 & -\tau_{31}R_3 \\ \tau_{12} & 1-\rho_2R_2 & -\tau_{32}R_3 \\ \tau_{13} & -\tau_{23}R_2 & 1-\rho_3R_3 \end{vmatrix} \quad (2)$$

$$T_{12} = [\tau_{12}(1-\rho_3R_3) + \tau_{13}\tau_{32}R_3]/Q \quad (3)$$

$$T_{13} = [\tau_{13}(1-\rho_2R_2) + \tau_{12}\tau_{23}R_2]/Q \quad (4)$$

ただし,

$$Q = (1-\rho_2R_2)(1-\rho_3R_3) - \tau_{32}\tau_{23}R_2R_3$$

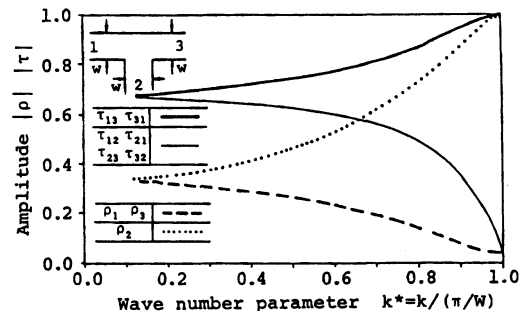


Fig.2 Acoustic properties of a T-shaped take-off.

3. エルボおよび分岐の音響特性

二次元FEM数値計算¹⁾により求めた。

Fig. 2 は T 形分岐の特性である。単独のエルボは Lippert²⁾ にほぼ一致する結果になっており、図は省略する³⁾。開口端は Levine⁴⁾ による特性を用いた。ここで、 $k^* = k/(\pi/W)$, $k = 2\pi\nu/c$, ν : 周波数, c : 音速, W : 直管ダクトの幅である。

4. 連続曲りの透過損失 Fig. 3 a) ~ c) は、連続エルボについて、その全体にわたって直接FEM数値計算で求めた透過損失にたいして、この複素音圧法とエネルギー法とを比較して示したものである。 $l^*=l/W$ (l : 連結ダクトの長さ) として、複素音圧法は $l^*>1$ であれば、 $k^*<0.8$ の周波数範囲について、通過周波数も含めて本来のTLをよく近似している。 $k^*=1$ に近づくと、 l^* が小さいほど、より小さい k^* の値から、平面波で接続するものとした式 (1) の前提が成立しなくなる。

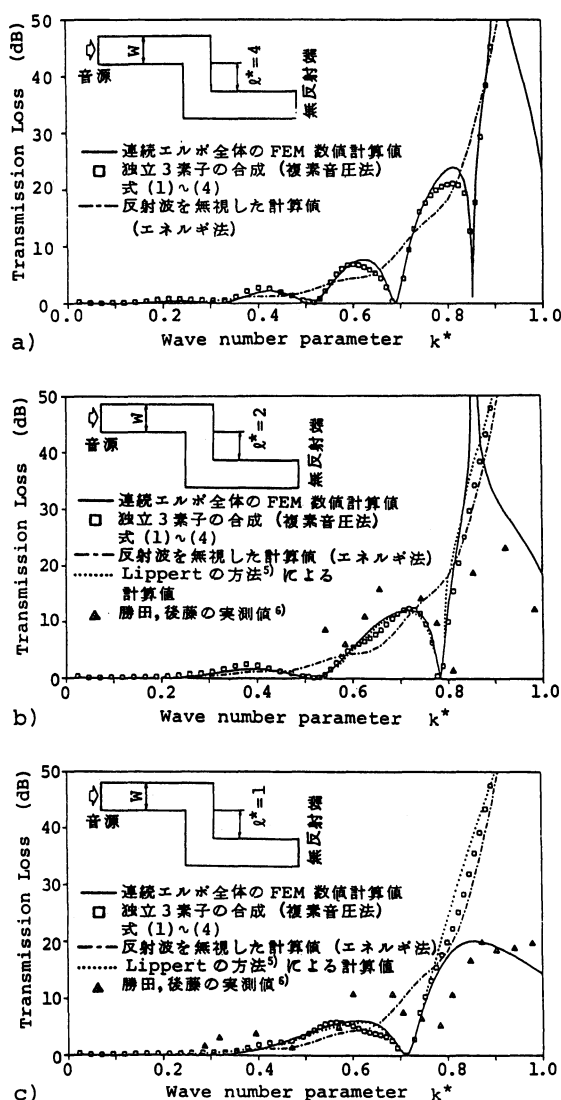


Fig.3 Transmission loss of double rectangular elbows.

5. ダクト網の透過損失

Fig. 4 のような小規模なダクト網の入射ダクトと端末1との間の透過損失を例として、複素音圧法、エネルギー法およびASHRAEなどの計算法を比較してFig. 5a) に示す。両者により得られる透過音の音質には大きな違いができる。b) は、これを白色雑音が入射する条件で、オクターブバンドでの評価でみたものである。エネルギー法は 5 dB 程度、ASHRAE などによる方法は 10 dB を越えて危険側に過大な透過損失推定値を与える恐れが多い。

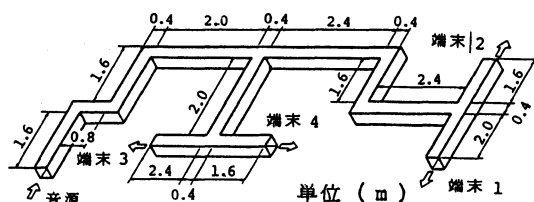


Fig.4 A duct network examined.

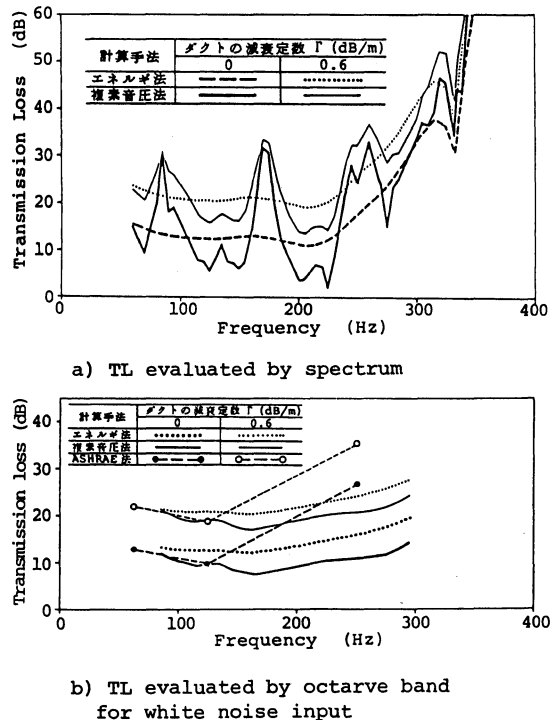


Fig.5 Transmission loss from the input duct to terminal 1 shown by Fig.4.

文献

- 1) 寺尾, 関根: 建築環境工学論文集. 6. 昭59.
- 2) Lippert, W. K. R.: Acoustica. 4., 313. 1954.
- 3) 寺尾, 内田: 建築環境工学論文集. 4. 昭57.
- 4) Levine and Schwinger: Phys. Rev., 73. 1948.
- 5) Lippert, W. K. R.: Acoustica. 4. 411. 1954.
- 6) 勝田, 後藤: 日本建築学会大会要旨集, 昭37.