

丁型分岐の反射率および透過率の数値解析について

○正会員 手尾 道仁\*  
正会員 関根 秀久\*\*

文献<sup>1)2)</sup>において、ダクト系諸要素の反射率、透過率および反射面位置などの測定法に関する検討、および分岐、エルボ類についての応用測定結果にたいし、一部、数値解析結果を合わせて示したが、それらの間に不一致があった。その後これにたいして、検討を加えたので、丁型分岐の場合について報告する。なお、記号等の詳細は文献2)を参照されたい。

Fig. 1は、丁型分岐にたいする要素分割の例である。このモデル(I')の場合、ダクトbからの入射波にたいするダクトaとダクトcへの透過率( $b \rightarrow a$ ,  $b \rightarrow c$ )が異なる結果となった。<sup>2)</sup>また、音圧分布も Fig. 3 a)の例のようにx軸に関して、左右非対称であった。

その原因を調べるため、Table 1のようにダクトaとcの長さ、音圧評価点 $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1$ および $c_2$ の位置、また Fig. 2 a), b)に示すように、要素分割方向、および、要素内節点番号付けの方向を変化させた。

その結果を比較して、ダクトbからの入射波にたいするbへのエネルギー反射率 $R_E$ および、a, bへのエネルギー透過率 $T_E$ をTable 2に、また、ダクトaからの入射波にたいするaへの反射率, b, cへの透過率をTable 3に示す。それぞれ、モデル化の違いにより大きく異なっている。

この分岐は、ダクトbにたいして左右対称であり、左右ダクトへの透過率は等しいはずである。以下この条件について、Table 2の $b \rightarrow a$ ,  $b \rightarrow c$ の透過率 $T_E$ を比較して調べる。

タイプI'(Fig. 1)は、とくに $kW/\pi = 0.706$ では、約30%程度、左右の透過率 $T_E$ ( $b \rightarrow a$ ,  $b \rightarrow c$ )が異なっている。まず、評価点位置による影響はIとI', IIとII'などを比較して調べると、ほとんど関係していない。次にIIとIV, IとIIIなどを比較すると、左右のダクト長の非対称性については、左右の透過率差の大きい $kW/\pi = 0.706$ で、IIの場合の22%から、これを対称にしたIVの場合

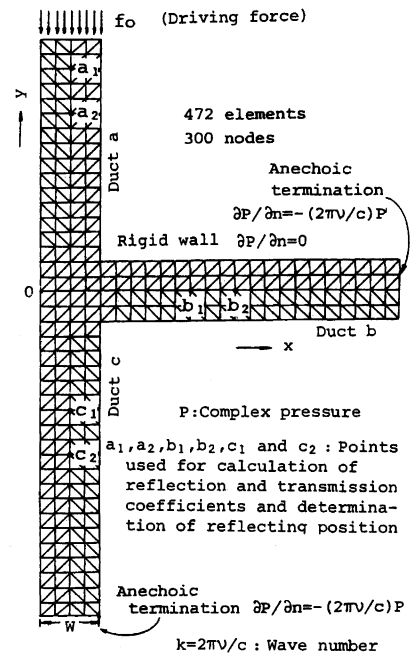
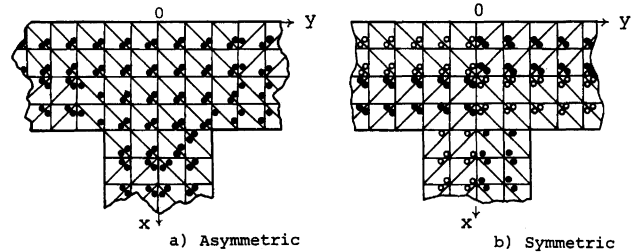


Fig. 1 An example of duct elements computed by finite element method (T-shaped take-off model Type I')



o and • denote first nodes as well as counter-clockwise and clockwise in direction, respectively, in numbering of nodes in finite element.  
Fig. 2 Symmetry in finite element about x axis

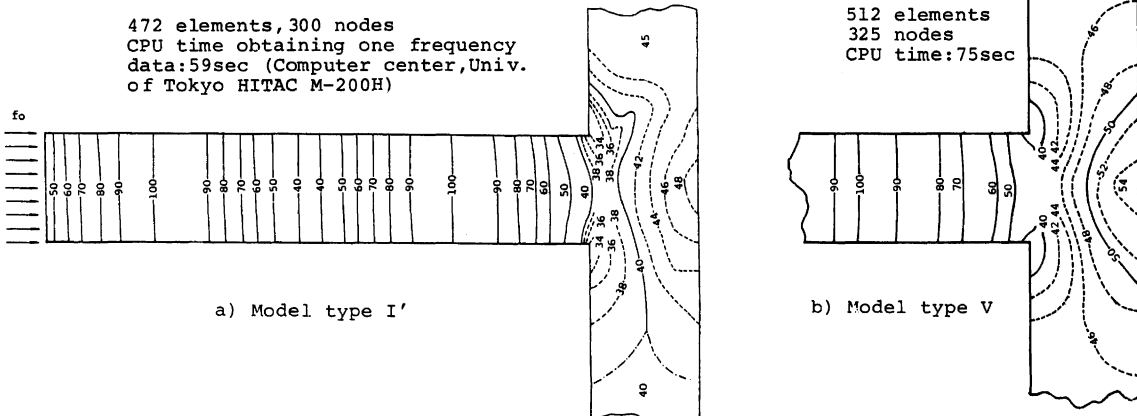


Fig. 3 Sound pressure distribution (800Hz, magnitude)

Table 1 Variation of the duct length and positions of evaluation points in FEM model

Model type	Duct of incid.	Position (xW/4) See fig.1								Num. of node				
		Duct terminal				Evaluation point								
		a	c	b		a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>		b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>		
		x	y			x				y				
		0,1,2,3,4	-2√2			0				0				
		y	x			y				x				
I'	a					15	12			-8	-11	10	13	300
I', II'		17				11	8							
I, II	b													
III			-22	24		15	12			-12	-15			
IV						11	8			-8	-11			
IV'						15	12			-12	-15			325
V	a					20	17			-17	-20			

Table 2 Difference in energy reflection and transmission coefficients caused by asymmetrical arrangement of boundary, element and node numbers in the elements in finite element modeling and caused by the position of evaluation points, when incidence from duct b.

Coefficients	Model type	Transmission path	Boundary elements	Node num. in elements	Dimensionless wave number kW/π			
					.236	.471	.706	.941
RE	I'	b	X	X	.168	.234	.360	.922
					.168	.234	.360	.922
					.156	.224	.365	.879
					—	.224	—	.879
					.180	.246	.287	.939
			O	O	.176	.236	.298	.868
					.156	.222	.364	.879
					.133	.205	.381	.795
					.114	.182	.360	.789
					.457	.404	.269	.0271
TE	I'	b+c	X	X	.457	.404	.269	.0273
					.375	.362	.371	.0507
					.375	.363	.371	.0505
					.450	.398	.278	.0538
					—	.398	—	.0538
			O	O	.394	.378	.357	.0674
					—	.379	—	.0671
					.422	.400	.366	.0167
					.392	.360	.359	.0477
					.414	.391	.371	.0708
TE	I'	b+a	X	X	.450	.401	.280	.0534
					.412	.379	.342	.0659
					.394	.378	.357	.0672
					.434	.397	.310	.102
					.434	.398	.310	.102
			O	O	.394	.378	.357	.0672
					.434	.397	.310	.102
					.434	.398	.310	.102
					.518	.393	.306	.0540
					Measurement			

○ and X denote symmetrical and asymmetrical arrangement, respectively, about x axis.

Table 3 Comparison of the coefficients by means of FEM model I', V and measurement, when incident wave from duct a.

Coefficients	Model type	Path	Dimensionless wave number			
			0.188	0.376	0.565	0.753
RE	I'	a	0.131	0.127	0.0551	0.00490
			0.105	0.0887	0.0639	0.0335
			0.909	0.0858	0.0531	0.0257
			Meas.			
TE	I'	a+b	0.394	0.345	0.380	0.337
			0.394	0.344	0.376	0.338
		a+b	0.437	0.414	0.366	0.275
			0.438	0.413	0.365	0.276
		a+c	0.431	0.347	0.362	0.273
	0.475		0.528	0.566	0.659	
	V	a+c	0.457	0.498	0.571	0.693
			0.448	0.492	0.550	0.678
			Meas.			

の8%へと減少し、かなり影響が大きいことがわかる。

IとII, IIIとIVを比較すると、要素方向の対称性もかなり大きく影響し、とくに高波数域(kW/π=0.941)で重要であること、また、IVとVの比較から、要素内節点番号付けの対称性は、高波数域ほど重要であることがわかる。

以下、モデルタイプVに基づいて得られた2, 3の結果を示す。Fig. 4は、反射率と透過率を測定とともに示したものである。文献2)の場合にとくに大きく差のあった TE (a→b, b→a) が大きく改善されている。また、Fig. 3b)は、音圧分布をタイプI'によるものと比較して示したが、ダクトbに関して左右全く対称となっており、また、Fig. 5に示す反射面位置に相当する部分が丁度、音圧)ードとなっている。Fig. 5でモデルタイプVがI'の場合と大きく異なる点は、bからの入射波に対する反射面が、低波数域で、ダクトbの内側から、わずかながら、主ダクト側になったことである。

以上、数値実験は、音圧、位相分布などを調べるには有効な手法であるが、モデル化には十分な注意が必要であり、また、反射率、透過率などを平面波限界周波数まで調べるには、節点数も非常に多く要する。とくに三次元のダクト要素について調べる場合も考慮すると測定による手法の方が、現時点では容易である。

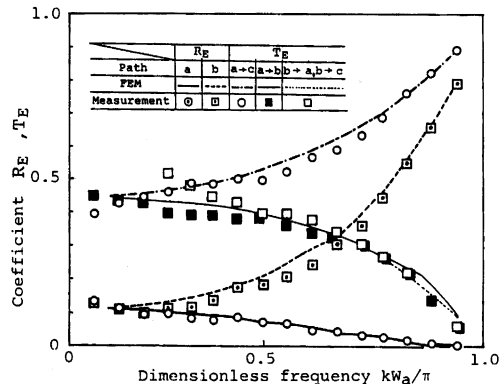


Fig. 4 Comparison of energy reflection and transmission coefficients obtained by means of FEM (model type V) and measurement for T shaped take-off.

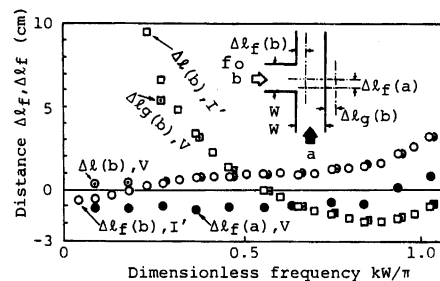


Fig. 5 Reflecting position

文献 1) 内田, 寺尾: 日本音響学会講演論文集, 昭和 57 年 3 月.  
2) 寺尾, 内田: 建築環境工学論文集, 4 号, 昭和 57 年 6 月.