

土 木 研 究 所 資 料

多重曲り部および立坑集中排気部に
関する模型実験

昭和55年 3 月

建設省土木研究所
道路部トンネル研究室

ま え が き

この報告書は、昭和53年度に実施したトンネル換気に関する2つの模型実験の結果を、とりまとめたものである。

I. 多重曲り部に関する実験

実験は、トンネルの換気所等に使用されている曲り部を連続（多重曲り）させた換気ダクトについて、多重曲り部における空気力学的な損失を明らかにして、損失の少ない構造形式をもとめるために模型実験を行った。

II. 立坑集中排気部に関する実験

実験は、従来対面交通をもちいていた立坑排気縦流換気方式が、坑口周辺の環境保全や一方通行の省エネルギー的な面から検討される例が多くなっている。このようなことから、一方通行を含めた立坑底の空気の流れを明らかにするために模型実験を行った。

トンネル研究室 室 長 今 田 徹

企 画 部 企 画 課 長
(前 トンネル研究室)
主 任 研 究 員 水 谷 敏 則

トンネル研究室 研究員 堀 内 浩 三 郎
石 村 利 明

目 次

I. 多重曲り部に関する模型実験	1
1. 実験目的	1
2. 実験方法	1
3. 実験条件	4
4. 実験結果	4
4.1 実験装置の定数の測定	4
(a) ピトートラバース	4
(b) 入口損失および摩擦損失	4
4.2 多重曲り損失係数	5
5. 考 察	5
II. 立坑集中排気部に関する実験	9
1. 実験目的	9
2. 実験方法	9
3. 実験条件	11
4. 実験結果	11
4.1 実験装置の定数の測定	11
(a) ピトートラバース	11
(b) 入口損失および摩擦損失	11
4.2 集中排気部の損失係数	11
(1) 合流損失係数	11
(2) 分岐損失係数	16
① 本流の分岐損失係数	16
② 支流の分岐損失係数	16
5. 考 察	26
付 録	
付 表	33
付 図	53

I. 多重曲り部に関する模型実験

1. 実験目的

道路トンネルは、自動車が排出する有害成分の濃度を許容濃度以下にするため換気が必要である。このためトンネル延長および換気方式等によって、トンネルの中央や両坑口に換気所が必要である。

この換気所は、限られた敷地にコンパクトに作る必要があるためトンネル本体と換気所を連絡するダクトに曲り部を連続させた多重曲りがもちいられる。特に、水底トンネルでは空気力学的に十分な空間を確保することが難かしいため、送排風機の直前、直後に多くの曲りを連続させた多重曲りが不可避であり換気所内における圧力損失が大きくなる。このようなことから多重曲り部の損失を明らかにし、エネルギー損失の少ない構造形式をもとめることや、換気系の設計のための諸定数をもとめる目的で実験を行った。

2. 実験方法

実験は、土木研究所（千葉支所）内の換気模型実験装置（図-1、写真-1）を使用して行った。実験装置は、一辺50cmの正方形の断面で排気部Ⅰ（ $\ell = 8.0\text{ m}$ ）、排気部Ⅱ（ $\ell = 8.0\text{ m}$ ， $\ell = 12.0\text{ m}$ ）および多重曲り部と排風機によって構成されている。

排気は、図-2に示す遠心式送風機を排気部Ⅱに接続してもちいた。

本実験による測定項目は、排気部Ⅰ、Ⅱの風量、静圧である。風量は、図-1に示す断面-TAに基準風速計を設けて測定を行った。基準風速計としてピトー管を用いた。基準風速計と風量の関係はあらかじめピトートラバースを行いもとめた。排気部の静圧は多管傾斜マノメータにより測定を行った。測定点の番号を図-1に示す。

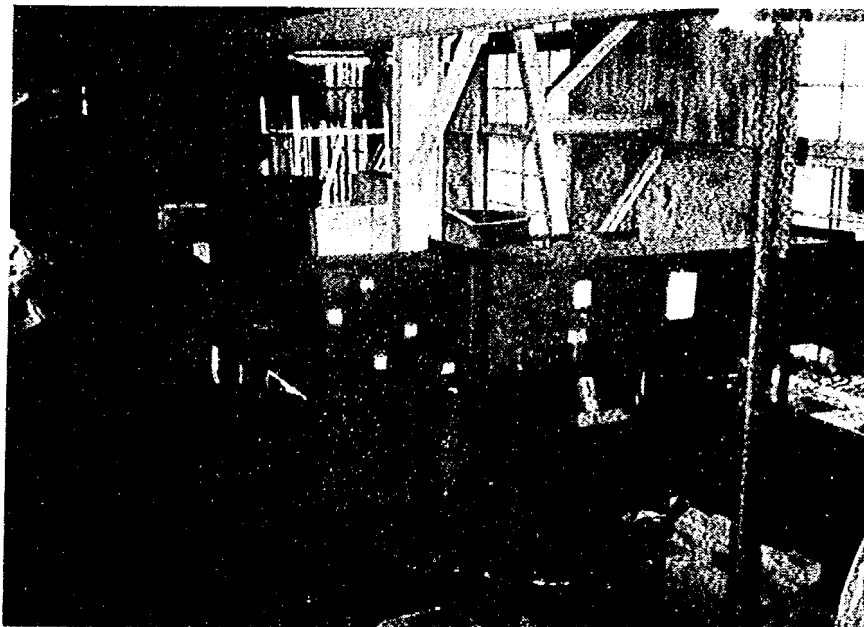
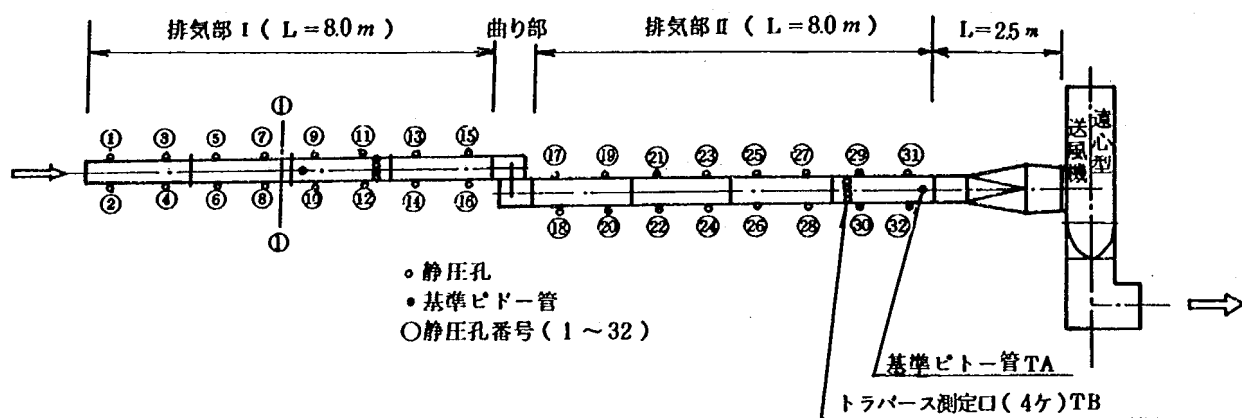
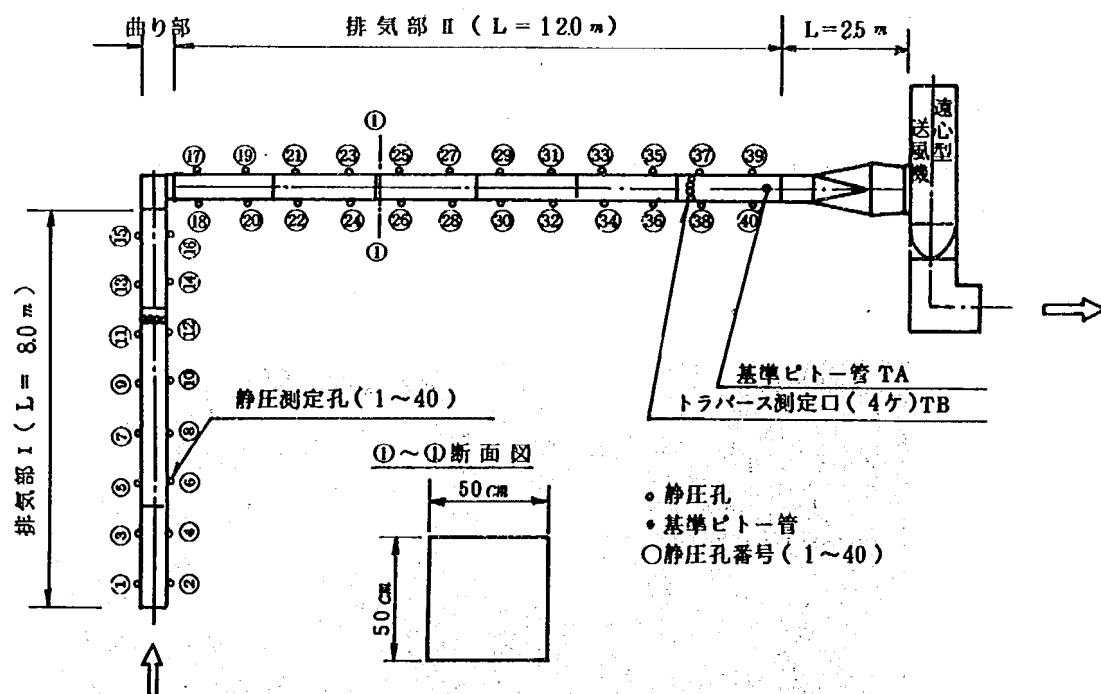


写真-1 多重曲り部



(1) 多重曲り部 (Z型二重曲り管)



(2) 多重曲り部 (ねじれ型二重曲り管)

図-1 多重曲り部に関する模型実験概要図

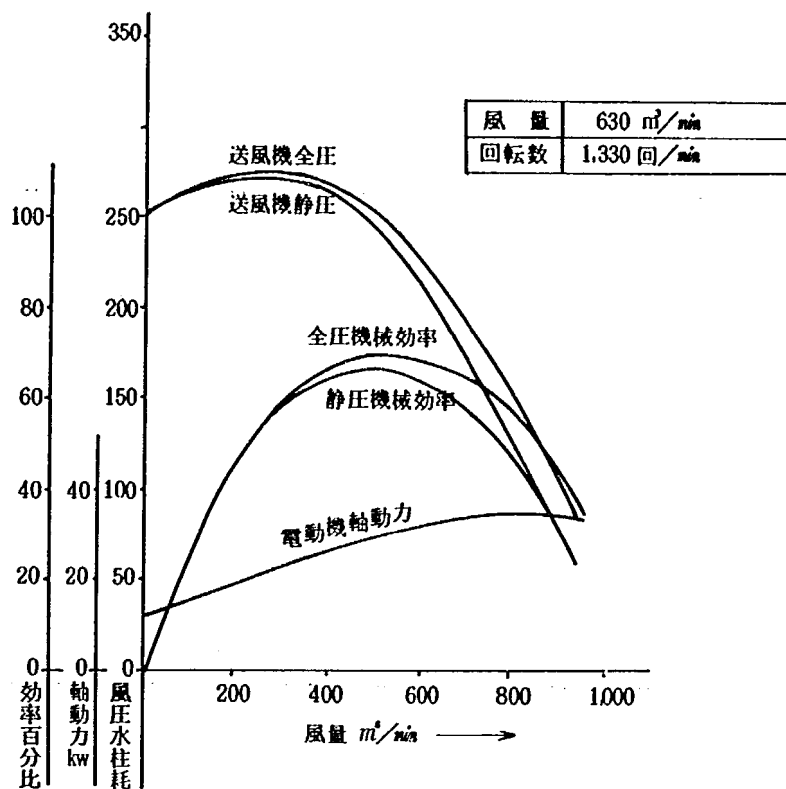


圖-2 送風機（遠心型）性能曲線

3. 実験条件

実験条件は、表-1に示すとおりで、多重曲り部の構造は、付図-1に示すように最も基本的なZ型二重曲、ねじり型二重曲りの2種類とした。隅角部の細部形状(角型、丸型)コーナーベン(有無)をパラメータとしてそれぞれに対して風量を5段(5 m/s ~ 45 m/s)に変化させた。排気部におけるレイノルズ数の範囲は $2.0 \times 10^5 \sim 1.6 \times 10^6$ である。

表-1 実験条件

曲り部方向	隅角部の細部形状	コーナーベン有無	実験回数
Z 型	角型(直角)	無し	10 ケース
	"	有り(両方)	10
	丸型(R付)	無し	10
	"	有り(両方)	10
ねじり型	角型(直角)	無し	10
	"	有り(片方)	10
	"	有り(両方)	10
	丸型(R付)	無し	10
	"	有り(片方)	10
	"	有り(両方)	10

4. 実験結果

4.1 実験装置の定数の測定

(a) ピトートラバース

基準風速計と風量との関係は、曲り部およびコーナーベンの有無により風速分布の相違が予定されるため実験条件ごとにトラバースを行って(1)式によって整理した。その結果を付表-1(1)~(2)、付図-2(1)~(5)に示す。以下の実験データの整理にあたっては付図-2を用いてもとめた。

$$v = c \sqrt{\frac{2g\gamma_{al}}{1000\gamma_{air}} \cdot \Delta h} \dots\dots\dots (1)$$

ここに v : ダクト内の風速
 c : ピトー管の補正係数
 g : 重力加速度
 γ_{al} : アルコールの密度
 γ_{air} : 空気の密度
 Δh : 全圧, 静圧差

(b) 入口損失および摩擦損失

各実験条件ごとに各測点で測定したトンネルの静圧分布(水柱値(mm Aq)に換算した値)は、付表-2(1)~(4)および付図-3(1)~(10)に示すとおりである。付図-3を模式的に書くと図-3のようになる。 P_1 および P_3, P_6 を用いて入口損失および摩擦損失を(2), (3)式によりもとめた。その結果を付表-3(1)

～(4)に示す。

$$\zeta_{in} = \frac{P_1}{\frac{\rho}{2} v^2} - 1.0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに ζ_{in} : 入口損失

P_1 : 入口静圧

ρ : 空気密度 ($\frac{\gamma_{air}}{g}$)

$$\lambda = \frac{P_3 \text{ または } P_6}{\frac{L}{D} \cdot \frac{\rho}{2} v^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに P_3 : ($P_2 - P_1$)

P_6 : ($P_5 - P_4$)

L : 排気部 I, II の長さ (m)

D : 断面の代表寸法 (m)

λ : 摩擦損失

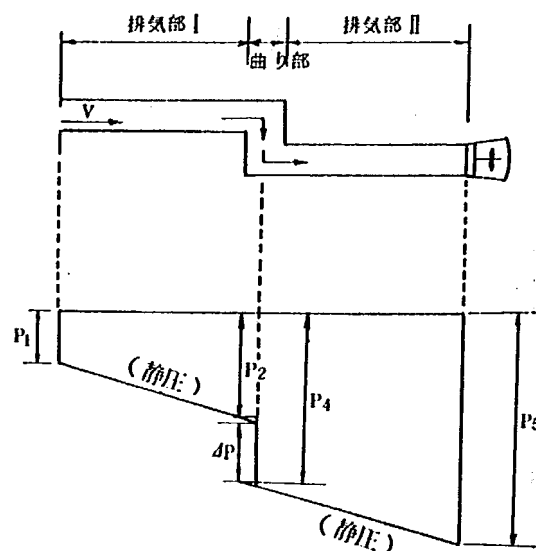


図 - 3

図 - 3 多重曲りの静圧分布模式図

4.2 多重曲り損失係数

実験の結果は、付図 - 3(1)～(10)に示したようにどの実験条件でも排気に伴う曲り部の静圧の変化が良くあらわれている。多重曲り部前後の静圧差 (ΔP) を比較的明確に測定することができた。

損失係数 (ξ) は、付図 - 3 の静圧差をもちいて(4)式によってもとめた。この結果を表 - 2(1)～(2)に示す。

$$\xi = \frac{\Delta P}{\frac{\rho}{2} v^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに ΔP : 曲り部前後の静圧差

(4)式により整理した損失係数とレイノルズ数の関係を図 - 4 に示す。この図に示したように損失は、実験ケースごとにその値が異なるがレイノルズ数による変化はあまり見られなかった。

5. 考 察

この実験で得られた主な事項は、次の通りである。

(1) Z型二重曲りの損失係数は、コーナーベンを取り付けることにより、コーナーベンを取付けない場合の約 1/5 となる。また、ダクトの曲り部に丸みを持たせると、丸みのない直角な場合に比べ 1/8 程度となる。このため構造的に許容されるならば、ダクトの曲り部に丸みを持たせることが損失係数を小さくするのに効果的である。

(2) ねじれ型二重曲りの損失係数は、コーナーベンあるいは、ダクトの曲り部に丸みを持たせることによりZ型と同じように損失係数を大幅に低減することができる。また、ダクトの曲り部に丸みを持たせ、それに2ヶ所のコーナーベンを付けることにより丸みだけのものよりも損失係数が 1/2 となる。

表-2(1) 多重曲り部の損失係数

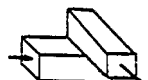
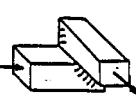
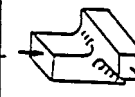
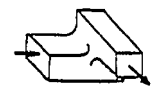
実験番号	曲り部の形状	ダクト内風速 (m/s)	レイノルズ数 $Re \times 10^5$	動圧 $\frac{\rho}{2} V^2 (mmAq)$	曲り部の圧力損失 $\Delta P (mmAq)$	損失係数 (ξ)	備 考	実験番号	曲り部の形状	ダクト内風速 (m/s)	レイノルズ数 $Re \times 10^5$	動圧 $\frac{\rho}{2} V^2 (mmAq)$	曲り部の圧力損失 $\Delta P (mmAq)$	損失係数 (ξ)	備 考
1-1-1-1	Z型直角二重曲り (コーナリペーン無)	553	197	182	34	189		1-2-2-1	Z型R付二重曲り (コーナリペーン二ヶ付)	701	250	293	08	027	
2		1078	385	691	160	232		2		1422	508	1203	37	031	
3		1841	657	2017	450	223		3		2436	870	3526	103	029	
4		2594	926	4004	915	229		4		3456	1234	7082	214	030	
5		3411	1218	6930	157	227		5		4548	1624	12265	335	027	
6		588	210	207	39	188		6		723	258	312	085	027	
7		1084	387	704	154	219		7		1420	507	1200	34	028	
8		1836	655	2020	460	228		8		2422	865	3488	98	028	
9		2616	934	4110	900	219		9		3468	1238	7156	210	029	
10		3419	1221	6971	159	228		10		4514	1611	12125	315	026	
平均値		1902	679	27836	6272	2182		平均値		2511	8965	4865	13625	0282	
1-1-2-1	Z型直角二重曲り (コーナリペーン二ヶ付)	732	261	321	13	040		2-1-1-1	ねじれ型直角二重曲り (コーナリペーン無)	567	202	196	46	235	
2		1400	500	1175	55	047		2		1080	386	700	171	244	
3		2332	833	3239	150	046		3		1695	605	1725	520	301	
4		3356	1198	6728	320	048		4		2409	860	3484	102	293	
5		4362	1557	11469	516	045		5		2960	1057	5259	161	306	
6		755	270	342	15	044		6		552	197	183	46	251	
7		1179	421	833	51	061		7		1090	389	714	170	238	
8		2355	841	3295	140	042		8		1735	620	1809	520	287	
9		3351	1196	6711	316	047		9		2356	841	3335	102	306	
10		4332	1547	11247	472	042		10		2890	1032	5018	161	321	
平均値		24154	8624	4536	2048	0462		平均値		17334	6189	22423	6733	2782	
1-2-1-1	Z型R付二重曲り (コーナリペーン無)	743	265	336	07	021		2-1-2-1	ねじれ型直角二重曲り (コーナリペーン一ヶ付)	664	237	264	30	114	
2		1429	510	1242	25	020		2		1255	448	944	103	109	
3		2437	870	3607	74	021		3		2107	752	2661	290	109	
4		3433	1226	7225	150	021		4		2963	1058	5263	570	108	
5		4451	1589	12034	333	028		5		3717	1327	8282	920	111	
6		776	277	366	08	022		6		665	237	269	30	112	
7		1420	507	1226	26	021		7		1279	457	993	106	107	
8		2471	882	3713	79	021		8		2132	761	2760	290	105	
9		3437	1227	7163	160	022		9		3002	1072	5472	580	106	
10		4462	1593	12072	310	026		10		3718	1327	8394	970	116	
平均値		25059	8946	48984	1172	0223		平均値		21502	7676	35302	3889	1087	

表-2(2) 多重曲り部の損失係数

実験番号	曲り部の形状	ダクト内風速(m/s)	レイノルズ数 $Re \times 10^5$	動圧 $\frac{\rho}{2} V^2 (mmAq)$	曲り部の圧力 損失 $\Delta P (mmAq)$	損失係数 (ξ)	備 考	実験番号	曲り部の形状	ダクト内風速(m/s)	レイノルズ数 $Re \times 10^5$	動圧 $\frac{\rho}{2} V^2 (mmAq)$	曲り部の圧力 損失 $\Delta P (mmAq)$	損失係数 (ξ)	備 考
2-1-3-1	ねじれ型直角二重曲り (コーナーペーンニケ付)	7.47	267	343	1.7	0.50		2-2-3-1	ねじれ型R付二重曲り (コーナーペーンニケ付)	7.34	262	325	1.75	0.54	
2		13.79	492	1168	6.8	0.58		2		13.13	469	1041	63	0.61	
3		22.54	805	3120	160	0.51		3		23.11	825	3225	160	0.50	
4		32.39	1156	6443	340	0.53		4		31.40	1121	6028	335	0.56	
5		41.89	1495	10776	590	0.55		5		42.34	1512	10960	640	0.58	
6		7.15	255	315	14	0.44		6		7.41	265	332	1.75	0.53	
7		13.40	478	1107	62	0.56		7		13.18	471	1049	60.5	0.58	
8		22.72	811	3184	160	0.50		8		23.25	830	3264	185	0.57	
9		32.41	1157	6478	340	0.52		9		31.36	1120	6013	335	0.56	
10		42.69	1524	11240	590	0.52		10		42.08	1502	10826	630	0.58	
平均値		23.645	844	44174	2341	0.521		平均値		23.46	8377	43063	24435	0.561	
2-2-1-1	ねじれ型R付二重曲り (無)	7.50	268	347	40	1.15		1							
2		12.46	445	959	124	1.29		2							
3		21.63	772	2793	305	1.09		3							
4		30.60	1092	5600	660	1.18		4							
5		39.54	1412	9279	106	1.14		5							
6		7.00	250	302	41	1.36		6							
7		12.41	443	950	122	1.28		7							
8		21.15	768	2854	330	1.16		8							
9		31.40	1121	6082	660	1.09		9							
10		39.24	1401	9498	112	1.18		10							
平均値		22.293	7.972	38.664	44.62	1.192		平均値							
2-2-2-1	ねじれ型R付二重曲り (コーナーペーンニケ付)	7.13	255	314	38	1.21		1							
2		12.14	433	912	79	0.87		2							
3		22.15	791	3048	300	0.98		3							
4		31.13	1111	5990	550	0.92		4							
5		40.70	1453	10244	930	0.91		5							
6		7.19	257	321	38	1.18		6							
7		12.98	463	1047	94	0.90		7							
8		22.31	796	3092	300	0.97		8							
9		31.46	1123	6111	550	0.90		9							
10		40.42	1443	10087	960	0.95		10							
平均値		22.761	8.125	41.166	38.39	0.979		平均値							

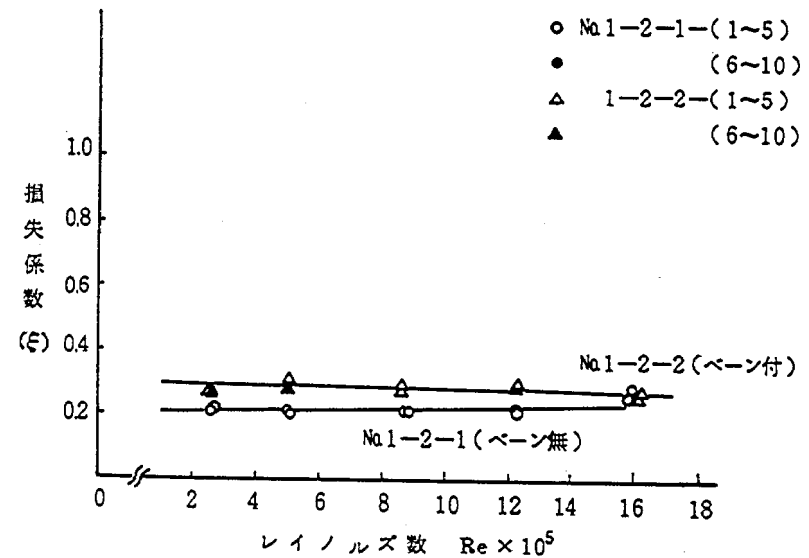
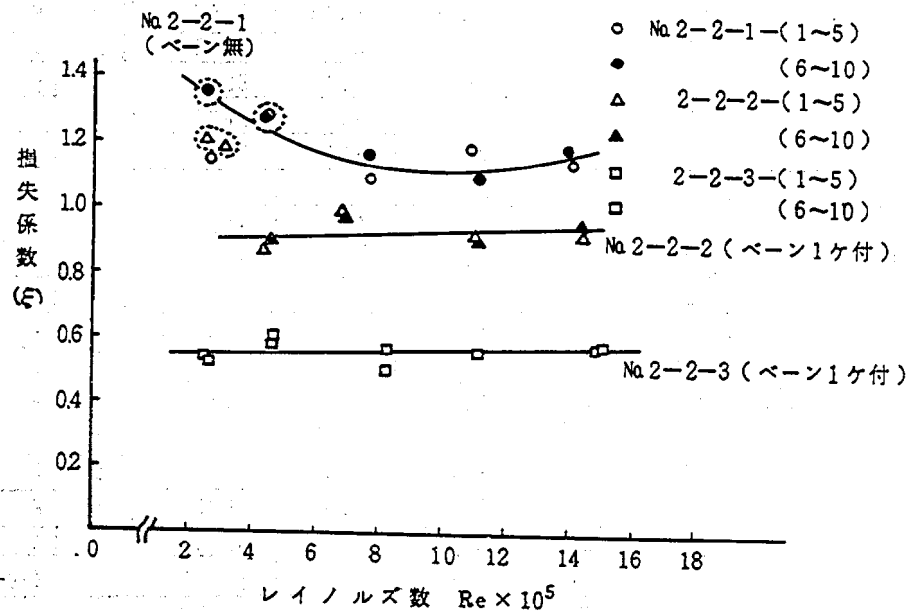
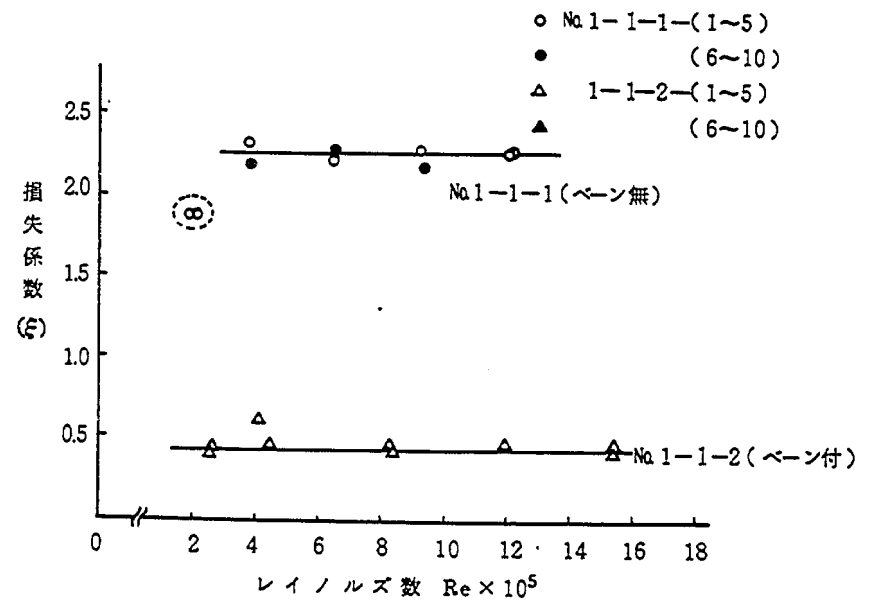
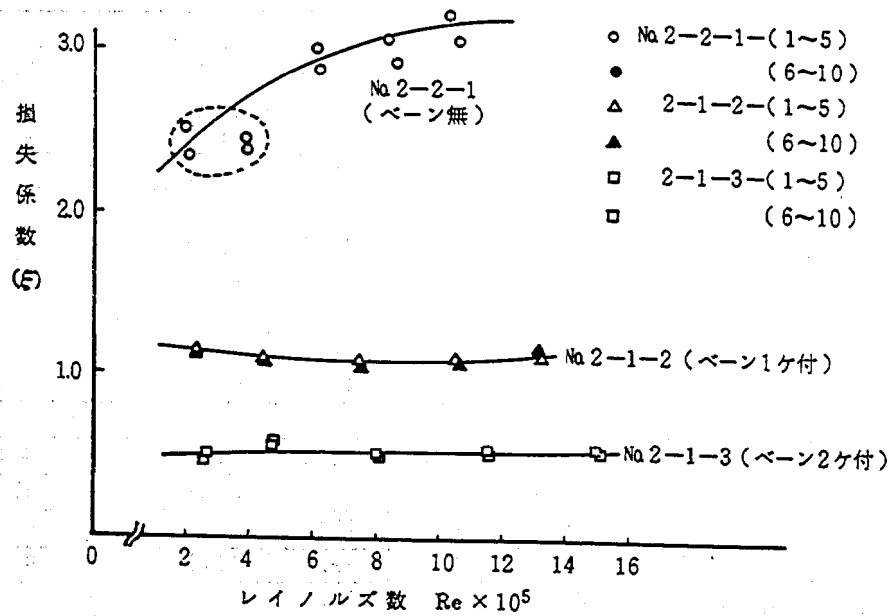


図-4 多重曲りの損失係数とレイノルズ数の関係

Ⅱ. 立坑集中排気部に関する実験

1. 実験目的

トンネルの中央に立坑を設けて行う立坑排気縦流換気方式は、従来、主として対面交通のトンネルで用いられていたが、最近では一方通行のトンネルにおいても、出口側の坑口周辺の環境保全や、省エネルギー的な観点から検討される例が多くなってきている。

集中排気は、従来立坑底で立坑をはさむ両区間の静圧がバランスするとうう考え方で設計されていたが、対面交通の場合には両区間に極端な差はなかったため、立坑部における空気力学的な取扱いや損失等の問題がさほど大きくなかった。しかしながら一方交通の場合には、交通換気力の影響により立坑位置が出口側に極端に偏るため、立坑をはさむ両区間の風量が著しく異なることになる。このために車道部の空気の流れの検討や排気ファンの性能を決定するのに必要な立坑部の空気力学的な取扱いが重要な問題となっている。このようなことから一方通行を含めた立坑底の空気の流れを明らかにするために模型実験を行った。

2. 実験方法

実験は、多重曲り部と同じように土木研究所内（千葉支所）の換気模型装置（図-5、写真-2）を使用して行った。実験装置は、多重曲り部の実験で用いたダクトを一部使用し図-5に示す一辺50cmの正方形断面で、車道部Ⅰ（ $\phi = 8.0\text{ m}$ ）、車道部Ⅱ（ $\phi = 8.0\text{ m}$ ）、排気部（ $\phi = 16.9\text{ m}$ ）と集中排気部および軸流ファンと排風機によって構成されている。

排気部の詳細は付図-4に示すとおりである。排気は図-2に示す遠心式送風機を排気部に接続してもちいた。

送気は、図-6に示す軸流ファンを車道部Ⅰに接続してもちいた。

本実験による測定項目は、車道部Ⅰ、Ⅱと排気部の風量、静圧である。風量は、図-5に示す断面TA、

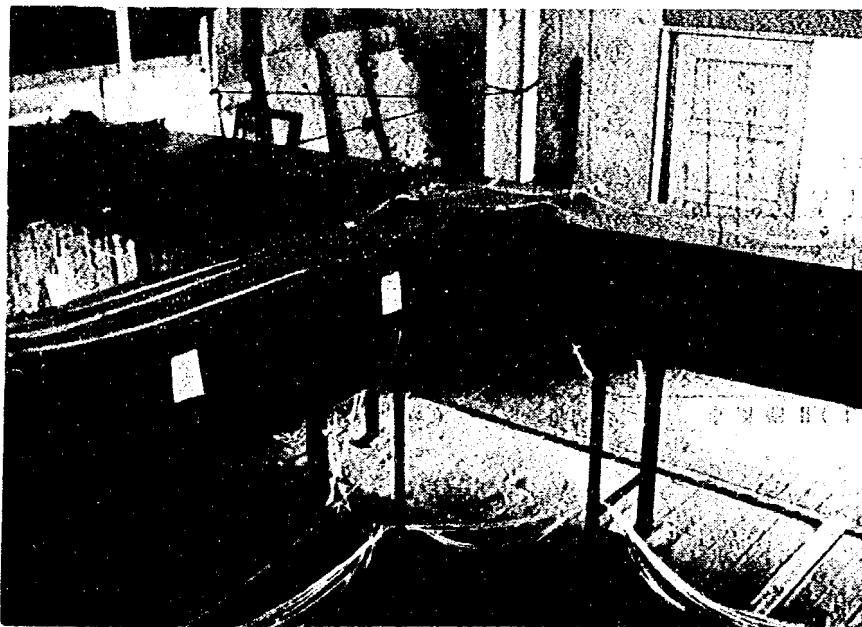


写真-2 集中排気部

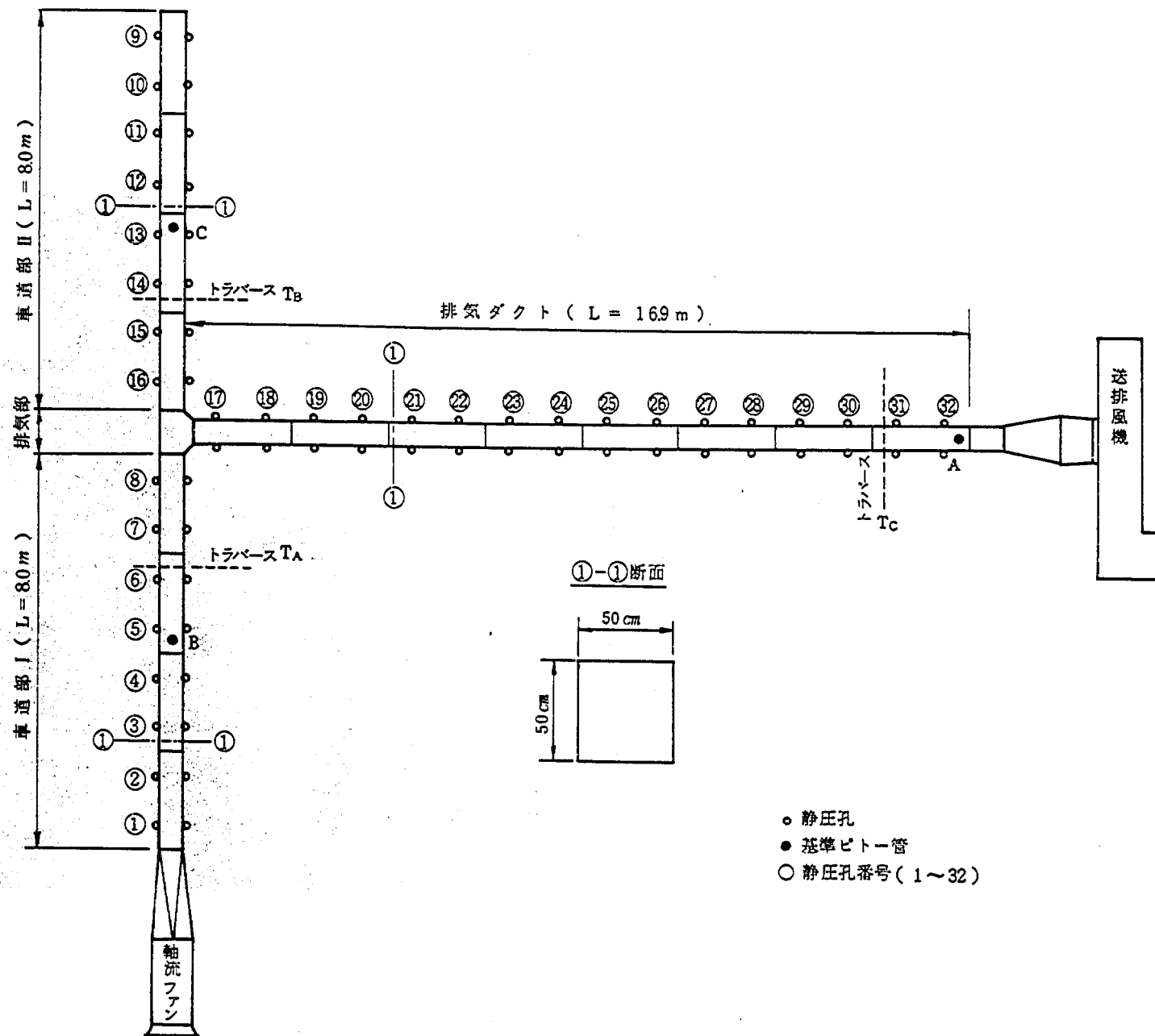


図-5 立坑集中排気部に関する模型実験概要図

T_B , T_C に基準風速計を設けて測定を行った。基準風速計としてピトー管を用いた。基準風速計と風量の関係はあらかじめピトートラバースを行いもとめた。車道部Ⅰ、Ⅱと排気部の静圧は多管傾斜マノメータにより測定を行った。測定点の番号を図-5に示す。

3. 実験条件

実験条件は、表-3に示すとおり、車道部Ⅰと車道部Ⅱの風量比（9種類）等を変化させた。レイノルズ数の範囲は排気ダクト $2.0 \times 10^5 \sim 1.5 \times 10^6$ である。

表-3 実験条件

実験種類	車道部Ⅰ, 車道部Ⅱの風量比 (Q_2/Q_1)
合流 (T字)	$Q_2/Q_1 = 0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.0$
分岐 (通り抜け)	$Q_2/Q_1 = -0.2, -0.4, -0.6, -0.8$

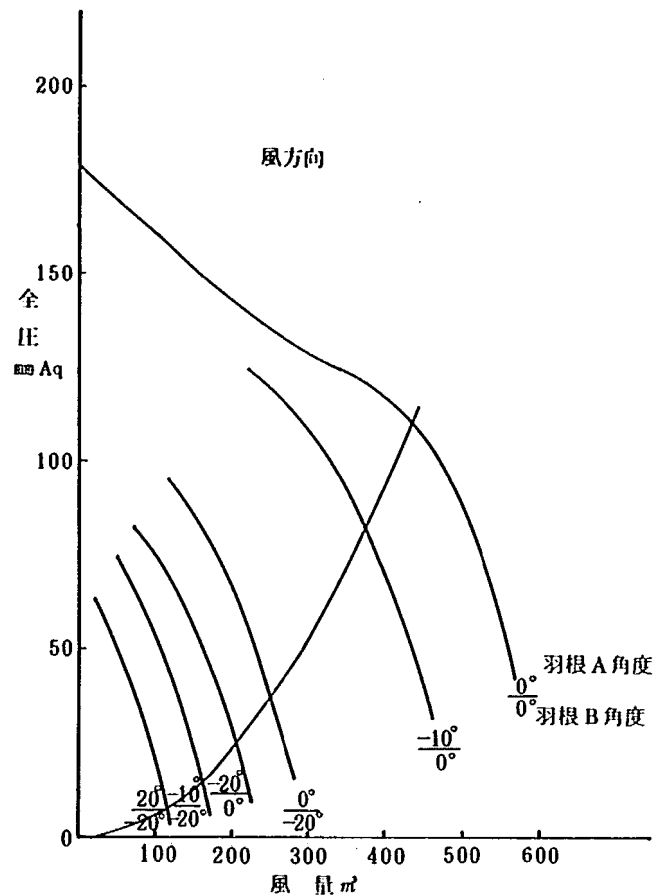


図-6 送風機（軸流ファン）性能曲線

4. 実験結果

4.1 実験装置の定数の測定

(a) ピトートラバース

基準風速計と風量との関係は図-5に示す T_A , T_B , T_C の点でピトートラバースを行いその値を用いて(1式によって整理した。その結果を付表-4, 付図-5(1)~(2)に示す。以下実験データの風速の整理は付図-5をもちいて行った。

(b) 入口損失と摩擦損失

多重曲り部の実験と同様に集中排気部の入口損失および摩擦損失についてもとめると付表-5, 付表-6のようになる。

4.2 集中排気部の損失係数

各実験条件ごと各測点で測定した静圧は付表-7(1)~(3)に示すとおりである。また付表-7の静圧分布の1例をプロットすると付図-6のようになる。このようにプロットした図から集中排気部の静圧差 (h_1 , h_2) をもとめて、その静圧差をもちいて集中排気部の合流損失係数、本流の分岐損失係数および支流の分岐損失係数についてもとめた。

(1) 合流損失係数

図-7に示す排気部の◎-◎と車道部Ⅰ①~①断面にエネルギー式を適用し、車道部Ⅰの合流損失を h_f

と定義すると次式が得られる。

$$P_1 + \frac{\rho}{2} V_1^2 - \lambda_{r1} \frac{\ell_1}{D} \frac{\rho}{2} V_1^2 = P_e + \frac{\rho}{2} V_e^2 + \lambda_e \frac{\ell_e}{D} \frac{\rho}{2} V_e^2 + h_1$$

実験より実測された静圧差 h_1 は次の式であらわされる。

$$h_1 = P_1 - \lambda_{r1} \frac{\ell_1}{D} \frac{\rho}{2} V_1^2 - P_e - \lambda_e \frac{\ell_e}{D} \frac{\rho}{2} V_e^2$$

従って車道部 I の全圧合流損失係数 (ξ'_1) は(5)式によってあらわされる。

$$\xi'_1 = \frac{h_1}{\frac{\rho}{2} V_e^2} = \frac{\frac{\rho}{2} V_1^2 - \frac{\rho}{2} V_e^2 + h_1}{\frac{\rho}{2} V_e^2} \dots\dots\dots (5)$$

どのように排気部の③-③と車道部 II の②-②断面についての全圧合流損失係数 (ξ'_2) は(6)式によってあらわされる。

$$\xi'_2 = \frac{h_2}{\frac{\rho}{2} V_e^2} = \frac{\frac{\rho}{2} V_2^2 - \frac{\rho}{2} V_e^2 + h_2}{\frac{\rho}{2} V_e^2} \dots\dots\dots (6)$$

(5), (6)式によってもとめた結果を表-4(1)~(2), 図-8に示す。なお, 表中には, 車道部風速 (V_1 , V_2) を基準とした損失 (ξ'_1, ξ'_2) も表わした。

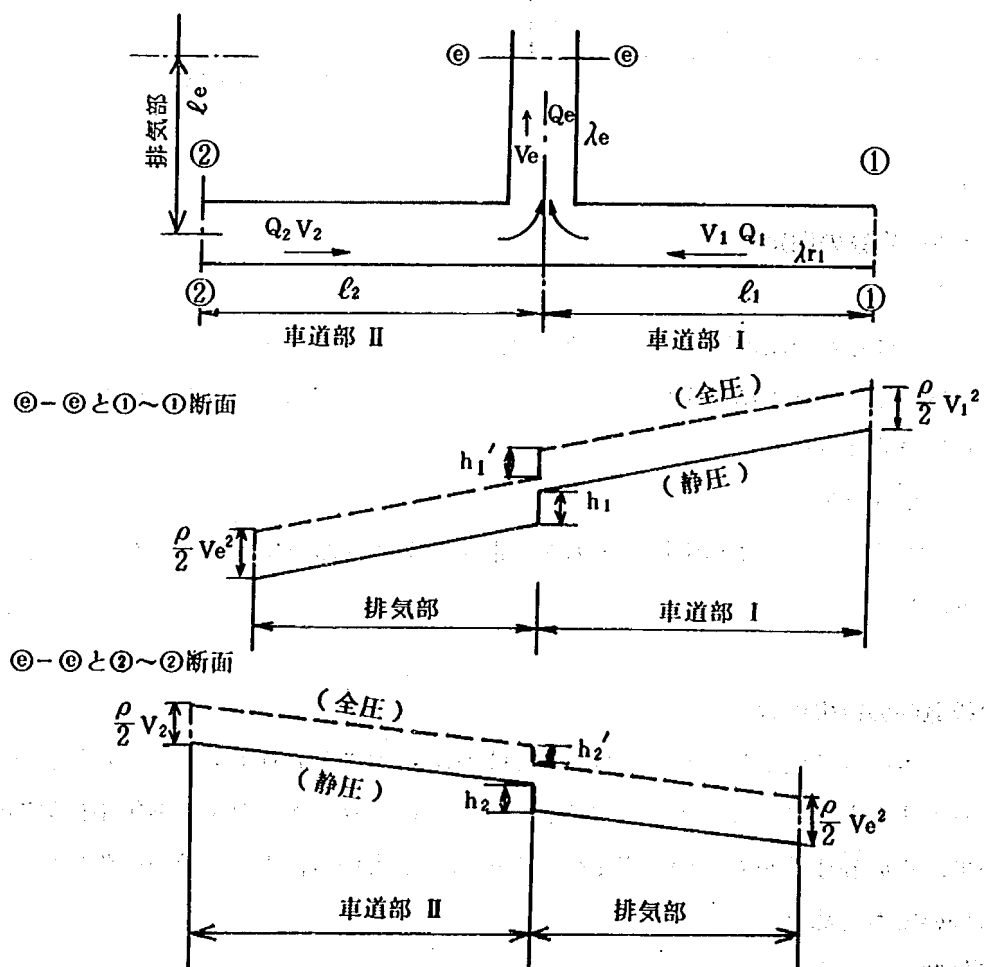


図-7 立坑集中排気部静圧分布模式図

表-4(1) 集中排気部 合流損失係数(その1)

- 注) 1. V は実測値(温度補正済), h' は実測値静圧 h より算出。
 2. h'_1 は車道部Iと排気ダクト合流損失圧力で全圧差である。
 3. γ (空気比重量)は20℃, 1 atmで12052kg/m³
 4. 損失係数は式の V^2 の所に V_1^2 , V_2^2 , V_e^2 を入れて計算する。

<全 圧 表 示>

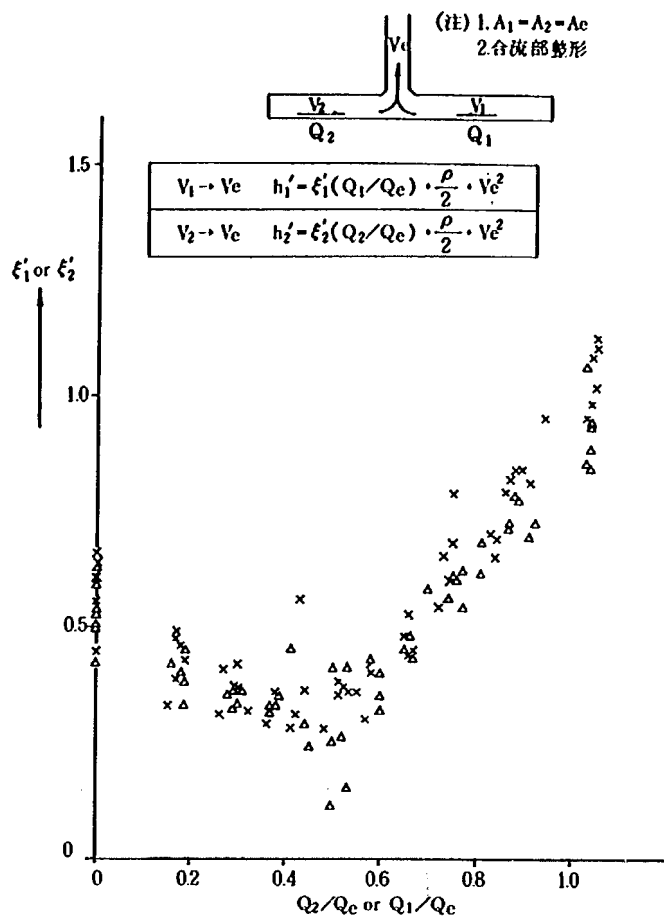
実験番号	断 面 風 速 (m/s)			損 失 圧 力 (mm Aq)		風 量 比			合 流 損 失 係 数			
	V_e	V_1	V_2	h'_1	h'_2	Q_2/Q_1	Q_1/Q_e	Q_2/Q_e	$h'_1 = \xi_1 \cdot \frac{\rho}{2} V^2$		$h'_2 = \xi_2 \cdot \frac{\rho}{2} V^2$	
									$\xi'_1(V_1^2)$	$\xi'_1(V_e^2)$	$\xi'_2(V_2^2)$	$\xi'_2(V_e^2)$
1111	662	688	00	292	140	00	1.04	00	1.00	1.08	—	0.52
2	741	695	194	319	1.05	0.28	0.94	0.26	1.08	0.95	4.56	0.31
3	824	7.05	262	328	1.35	0.37	0.86	0.32	1.07	0.79	3.19	0.32
4	1049	7.03	429	307	1.86	0.61	0.67	0.41	1.01	0.45	1.65	0.28
5	1222	7.10	592	342	2.57	0.83	0.58	0.48	1.10	0.37	1.19	0.28
6	1334	7.28	692	391	4.00	0.95	0.55	0.52	1.20	0.36	1.36	0.37
1121	1084	11.32	00	7.05	3.27	00	1.04	00	0.90	0.98	—	0.45
2	1241	11.34	239	7.64	4.08	0.21	0.91	0.19	0.97	0.81	1.161	0.43
3	1341	11.08	4.00	7.69	4.12	0.36	0.83	0.30	1.02	0.70	4.19	0.37
4	1525	11.44	6.58	11.35	8.06	0.58	0.75	0.43	1.41	0.79	3.03	0.56
5	2032	11.67	8.86	7.68	5.73	0.76	0.57	0.44	0.92	0.30	1.19	0.23
6	2238	11.83	11.40	11.00	10.79	0.96	0.53	0.51	1.28	0.36	1.35	0.35
1131	1616	17.00	00	16.41	10.34	00	1.05	00	0.92	1.02	—	0.64
2	2045	17.21	3.53	17.80	10.15	0.21	0.84	0.17	0.98	0.69	13.23	0.39
3	2415	17.67	7.35	23.23	14.95	0.42	0.73	0.30	1.21	0.65	4.50	0.42
4	2725	18.09	9.90	20.06	13.36	0.55	0.66	0.36	1.00	0.44	2.22	0.29
5	3127	18.13	13.00	24.28	18.76	0.72	0.58	0.42	1.20	0.40	1.80	0.31
6	3677	18.80	18.64	29.78	31.52	0.99	0.51	0.51	1.37	0.36	1.47	0.38
1141	2356	24.20	00	32.28	19.16	00	1.03	00	0.90	0.95	—	0.56
2	2900	24.41	4.49	33.62	16.82	0.18	0.84	0.15	0.92	0.65	13.56	0.33
3	3406	24.47	9.75	38.28	23.80	0.40	0.72	0.29	1.04	0.54	4.07	0.33
4	3905	25.58	15.03	49.46	33.91	0.59	0.66	0.38	1.23	0.53	2.44	0.36
5	4413	25.73	19.38	50.44	43.53	0.75	0.58	0.44	1.24	0.42	1.88	0.36
1151	2593	27.13	00	45.32	27.85	00	1.05	00	1.00	1.10	—	0.67
2	3097	27.14	5.19	49.71	28.87	0.19	0.88	0.17	1.10	0.84	17.43	0.49
3	3605	27.01	9.87	54.14	32.86	0.37	0.75	0.27	1.21	0.68	5.49	0.41
4	4317	28.19	16.03	55.06	37.18	0.57	0.65	0.37	1.13	0.48	2.35	0.32
1161	3045	31.91	00	63.60	37.37	00	1.05	00	1.02	1.12	—	0.66
2	3557	31.81	6.20	65.22	37.55	0.19	0.89	0.17	1.05	0.84	15.88	0.48
3	4318	31.90	12.33	68.41	42.18	0.39	0.74	0.29	1.09	0.60	4.51	0.37
1171	3610	37.55	00	78.57	48.65	00	1.04	00	0.91	0.98	—	0.61
2	4426	38.58	8.04	99.06	55.50	0.21	0.87	0.18	1.08	0.82	13.96	0.46

表-4(2) 集中排気部 合流損失係数(その2)

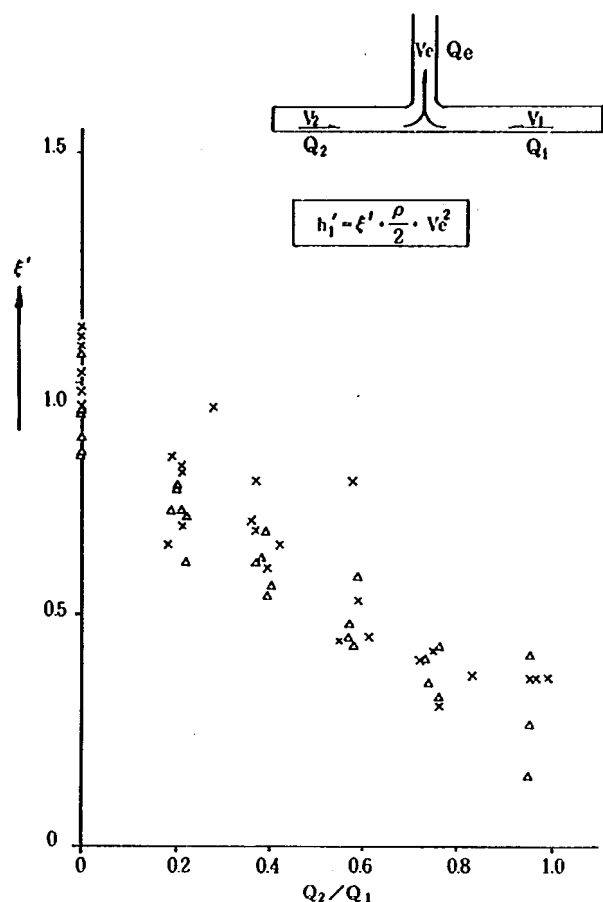
- 注) 1. V は実測値(温度補正済), h' は実測値静圧 h より算出。
 2. h'_1 は車道部 I と排気ダクト合流損失圧力で全圧差である。
 3. γ (空気比重量)は 20°C , 1 atm で 12052kg/m^3
 4. 損失係数は式の V^2 の所に V_1^2 , V_2^2 , V_e^2 を入れて計算する。

< 全 圧 表 示 >

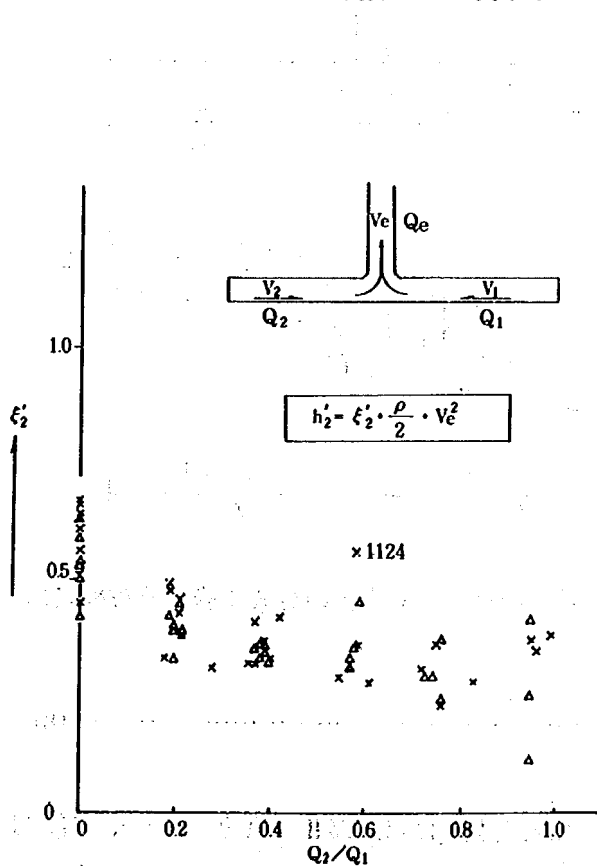
実験番号	断 面 風 速 (m/s)			損 失 圧 力 (mmAq)		風 量 比			合 流 損 失 係 数			
									$h'_1 = \xi_1 \cdot \frac{\rho}{2} v^2$		$h'_2 = \xi_2 \cdot \frac{\rho}{2} v^2$	
	V_e	V_1	V_2	h'_1	h'_2	Q_2/Q_1	Q_1/Q_e	Q_2/Q_e	$\xi'_1(V_1^2)$	$\xi'_1(V_e^2)$	$\xi'_2(V_2^2)$	$\xi'_2(V_e^2)$
1211	624	643	0.0	255	141	00	1.03	0.0	1.00	1.06	—	0.59
2	695	638	135	213	134	021	092	0.19	085	072	1197	045
3	795	640	247	263	139	039	081	031	1.04	068	370	036
4	930	652	383	310	238	059	070	041	1.18	058	264	045
5	1093	654	495	238	176	076	060	045	091	032	117	024
6	1252	662	630	145	110	095	053	050	054	015	045	011
1221	1028	1055	0.0	555	270	00	1.03	0.0	081	085	—	042
2	1153	1046	214	565	271	020	091	019	084	069	961	033
3	1379	1055	408	635	393	039	077	030	093	054	384	034
4	1610	1072	620	693	562	058	067	039	098	043	238	035
5	1792	1081	789	784	568	073	060	044	1.09	040	148	029
6	2101	1100	1045	699	677	095	052	050	094	026	101	025
1231	1673	1748	0.0	1508	1089	00	1.04	0.0	080	088	—	063
2	2113	1716	370	1675	1058	022	081	018	092	061	1257	039
3	2445	1811	720	2050	1162	040	074	029	1.02	056	365	032
4	2818	1828	1040	2211	1621	057	065	037	1.08	045	244	033
5	3163	1882	1391	2155	1797	074	060	044	099	035	151	029
6	3694	1957	1850	3443	3423	095	053	050	146	041	163	041
1241	2407	2493	0.0	2999	1877	00	1.04	0.0	078	084	—	053
2	2823	2459	457	3518	2037	019	087	016	095	072	1586	042
3	3313	2514	960	4077	2416	038	076	029	1.05	060	426	036
4	3892	2536	1447	4219	2902	057	065	037	1.07	045	225	031
5	4488	2589	1977	5325	4586	076	058	044	1.29	043	191	037
1251	2759	2882	0.0	4367	2508	00	1.04	0.0	085	093	—	054
2	3228	2878	575	4946	2595	020	089	018	097	077	1276	040
3	3831	2880	1063	5545	3169	037	075	028	1.09	061	456	035
4	4433	2906	1666	5808	3961	057	066	038	1.12	048	232	033
1261	3169	3299	0.0	5817	3124	00	1.04	0.0	087	094	—	051
2	3748	3259	710	6093	3260	022	087	019	093	071	1052	038
3	4352	3365	1286	7206	3899	038	077	030	1.03	062	383	033
1271	3801	3957	0.0	8354	4404	00	1.04	0.0	087	094	—	050
2	4462	3946	805	9502	4794	020	088	018	099	078	1203	039



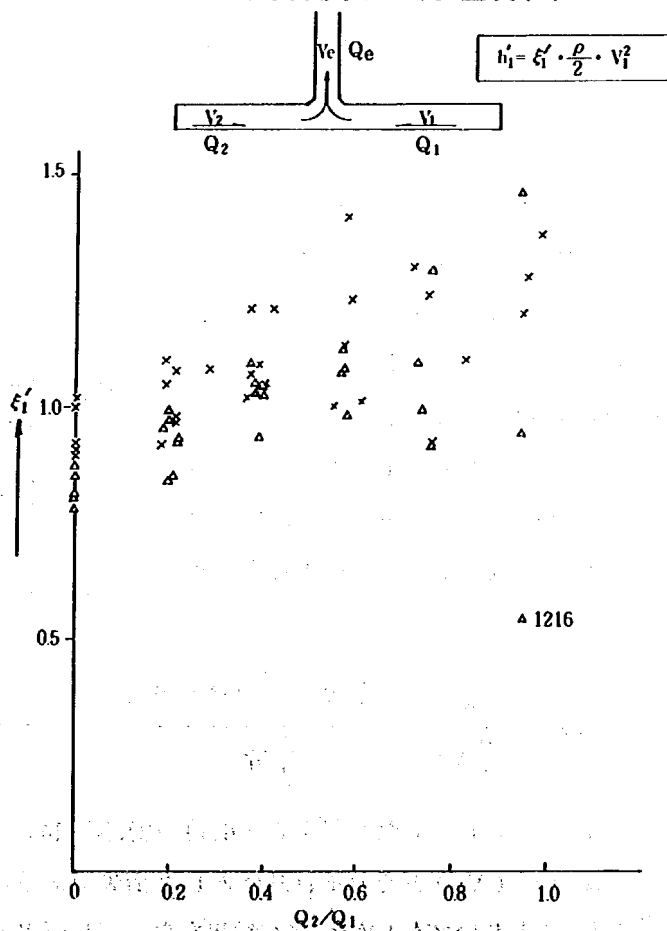
(1) 合流損失係数 (全圧表示)



(2) 合流損失係数 (全圧表示)



(3) 合流損失係数 (全圧表示)



(4) 合流損失係数 (全圧表示)

図一八 合流損失係数と流量関係

また、静圧の合流損失係数 ($\zeta_{d1}, \zeta_{d2}, \zeta_{11}, \zeta_{12}, \zeta_{22}$) について $h = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} V^2$ の式をもちいてもとめた。その結果を表-5(1)~(2)および図-9に示す。表中の ζ_1, ζ_2 は排気部風速 (V_e)、 ζ_1, ζ_3 は車道部 I の風速 (V_1)、 ζ_2 は車道部 II の風速 (V_2) をそれぞれ基準とした損失である。

(2) 分岐損失係数

① 本流の分岐損失係数

図-10に示すように車道部 I の①~①と車道部 II の②~②断面にエネルギー式を適用し本流分岐損失を h_1 と定義すると次式が得られる。(ただし ξ' は車道部 II の風速 V_2 を基準とする。)

$$P_1 + \frac{\rho}{2} V_1^2 - \lambda_{r1} \frac{\ell_1}{D} \frac{\rho}{2} V_1^2 = P_2 + \frac{\rho}{2} V_2^2 + \lambda_{r2} \frac{\ell_2}{D} \frac{\rho}{2} V_2^2 + h_1$$

実験より実測された静圧 h_1 は次式で表わされる。

$$h_1 = P_1 - \lambda_{r1} \frac{\ell_1}{D} \frac{\rho}{2} V_1^2 - P_2 - \lambda_{r2} \frac{\ell_2}{D} \frac{\rho}{2} V_2^2$$

従って損失係数 ξ_3 は(7)式によって表わされる。

$$\xi_3 = \frac{h_1}{\frac{\rho}{2} V_1^2} = \frac{\frac{\rho}{2} V_1^2 - \frac{\rho}{2} V_2^2 + h_1}{\frac{\rho}{2} V_1^2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

(7)式によってもとめた結果は、表-6(1)~(2)図-11に示す。なお、表中の ξ_3 は車道部 II の風速 (V_2) を基準としてもとめた。また、静圧の本流分岐損失 (ζ_1, ζ_1') について $h_1 = \zeta \frac{\rho}{2} V^2$ の式をもちいてもとめた。その結果を表-7(1)~(2)図-12に示す。表中の ζ_1 は車道部 I の風速 (V_1)、 ζ_1' は車道部 II の風速 V_2 をそれぞれ基準とした損失である。

② 支流の分岐損失係数

図-13に示す車道部 I の①~①と排気部③~③断面にエネルギー式を適用し全圧分岐損失係数を ξ_4 と定義すると次式がえられる。

$$\xi_4 = \frac{h_2}{\frac{\rho}{2} V_1^2} = \frac{\frac{\rho}{2} V_1^2 - \frac{\rho}{2} V_e^2 + h_2}{\frac{\rho}{2} V_1^2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

(8)式によってもとめた結果を表-6(1)~(2), 図-14に示す。なお、表中 ξ_{32} は車道部 II の風速 (V_2) を、 ξ_{3e} は排気部の風速 (V_e) をそれぞれ基準とした損失である。また、静圧の分岐損失 (ζ_2, ζ_2') について $h_2 = \zeta \frac{\rho}{2} V^2$ 式をもちいてもとめた。その結果を表-7(1)~(2), 図-15に示す。表中の ζ_2 は車道部 I の風速 (V_1)、 ζ_2' は排気部の風速 (V_e) をそれぞれ基準とした損失である。

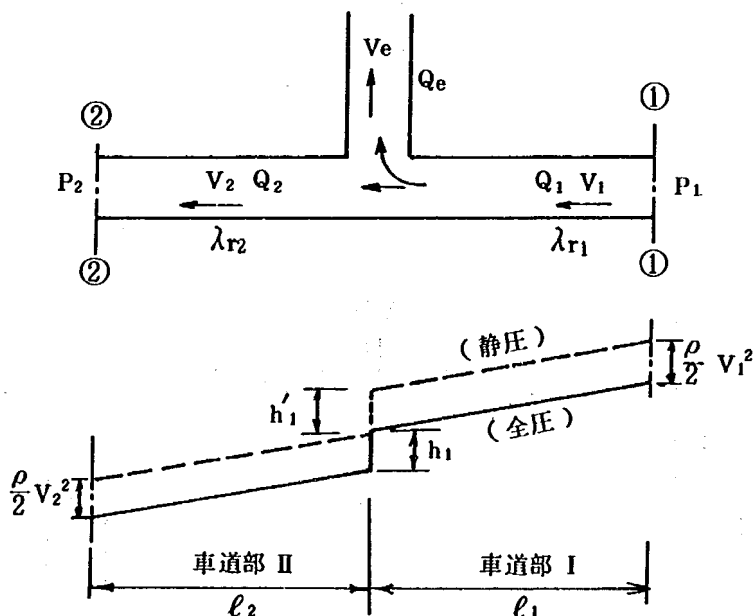


図-10 立坑集中排気部(本流の分岐)静圧分布模式図

表-5(1) 立坑集中排気部合流損失係数(その1)

- 注) 1. V, h は測定値
 2. γ (空気比重量) は $20^\circ\text{C}, 1\text{atm}$ で $1.2052\text{kg}/\text{m}^3$
 3. 損失係数は式 Δh の所に h_1, h_2 を入れて計算する。

< 静 圧 表 示 >

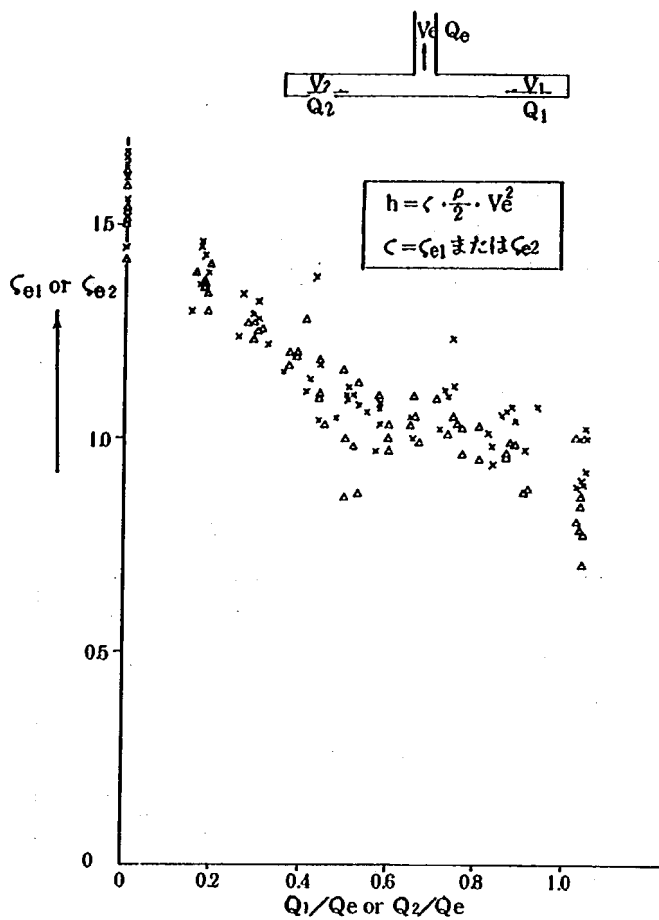
実験番号	断面風速 (m/s)			損失圧力 (mmAq)		風 量 比			合 流 損 失 係 数				
	V_e	V_1	V_2	h_1	h_2	Q_2/Q_1	Q_1/Q_e	Q_2/Q_e	$\Delta h = \zeta' \cdot \frac{\rho}{2} V_e^2$	$\Delta h = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} V_1^2$	$\Delta h = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} V_1^2$	$\Delta h = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} V_1^2$	$\Delta h = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} V_1^2$
									$\zeta_{e1}(h_1)$	$\zeta_{e2}(h_2)$	$\zeta_{11}(h_1)$	$\zeta_{12}(h_2)$	$\zeta_{22}(h_2)$
1211	624	643	0	24	38	0	1.03	0	1.00	1.59	0.94	1.49	—
2	695	638	135	26	42	0.21	0.92	0.19	0.88	1.41	1.04	1.68	3.742
3	795	640	247	40	49	0.39	0.81	0.31	1.03	1.26	1.59	1.95	1.306
4	930	652	383	58	68	0.59	0.71	0.41	1.09	1.28	2.22	2.60	7.54
5	1093	654	495	71	76	0.76	0.60	0.45	0.97	1.03	2.70	2.89	5.04
6	1252	662	630	84	83	0.95	0.53	0.50	0.87	0.86	3.12	3.08	3.40
1221	1028	1055	0	52	92	0	1.03	0	0.80	1.42	0.76	1.34	—
2	1153	1046	214	71	106	0.20	0.91	0.19	0.87	1.30	1.06	1.58	3.763
3	1379	1055	408	112	146	0.39	0.77	0.30	0.96	1.25	1.64	2.13	1.426
4	1610	1072	620	158	192	0.58	0.67	0.39	0.99	1.20	2.24	2.72	8.12
5	1792	1081	789	204	216	0.73	0.60	0.44	1.03	1.09	2.84	3.01	5.64
6	2101	1100	1045	267	272	0.95	0.52	0.50	0.98	1.00	3.59	3.66	4.05
1231	1673	1748	0	135	281	0	1.04	0	0.78	1.63	0.72	1.50	—
2	2113	1716	370	261	372	0.22	0.81	0.18	0.95	1.35	1.44	2.05	4.418
3	2445	1811	720	371	452	0.40	0.74	0.29	1.01	1.23	1.84	2.24	1.418
4	2818	1828	1040	504	584	0.57	0.65	0.37	1.03	1.20	2.45	2.84	8.78
5	3163	1882	1391	613	676	0.74	0.60	0.44	1.00	1.10	2.81	3.10	5.68
6	3694	1957	1850	948	971	0.95	0.53	0.50	1.13	1.16	4.02	4.12	4.61
1241	2407	2493	0	274	544	0	1.04	0	0.77	1.53	0.72	1.42	—
2	2823	2459	457	470	681	0.19	0.87	0.16	0.96	1.39	1.26	1.83	5.202
3	3313	2514	960	694	860	0.38	0.76	0.29	1.03	1.27	1.79	2.21	1.517
4	3892	2536	1447	958	1093	0.57	0.65	0.37	1.03	1.17	2.42	2.76	8.49
5	4488	2589	1977	1359	1457	0.76	0.58	0.44	1.10	1.18	3.30	3.53	6.06
1251	2759	2882	0	394	719	0	1.04	0	0.84	1.54	0.77	1.41	—
2	3228	2878	575	626	880	0.20	0.89	0.18	0.98	1.37	1.23	1.73	4.328
3	3831	2880	1063	947	1150	0.37	0.75	0.28	1.05	1.27	1.86	2.25	1.655
4	4433	2906	1666	1270	1434	0.57	0.66	0.38	1.05	1.19	2.46	2.76	8.40
1261	3169	3299	0	530	930	0	1.04	0	0.86	1.51	0.79	1.39	—
2	3748	3259	710	820	1159	0.22	0.87	0.19	0.95	1.34	1.26	1.77	3.738
3	4352	3365	1286	1189	1453	0.38	0.77	0.30	1.02	1.25	1.71	2.09	1.429
1271	3801	3957	0	761	1329	0	1.04	0	0.86	1.50	0.79	1.38	—
2	4462	3946	805	1217	1664	0.20	0.88	0.18	0.99	1.36	1.27	1.74	4.175

表-5(2) 立坑集中排気部合流損失係数(その2)

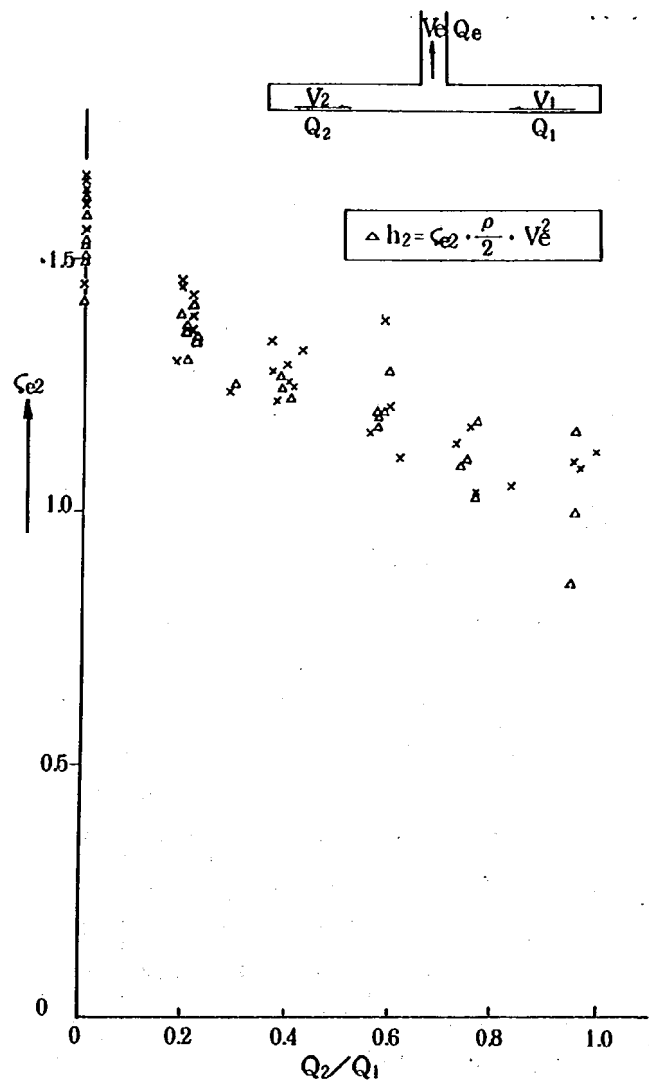
- 注) 1. V, h は測定値
 2. γ (空気比重量) は $20^{\circ}\text{C}, 1\text{ atm}$ で 12052 kg/m^3
 3. $\zeta'_1(h_1)$ は上の式の Δh の所に h_1 を入れて計算するということ。

< 静 圧 表 示 >

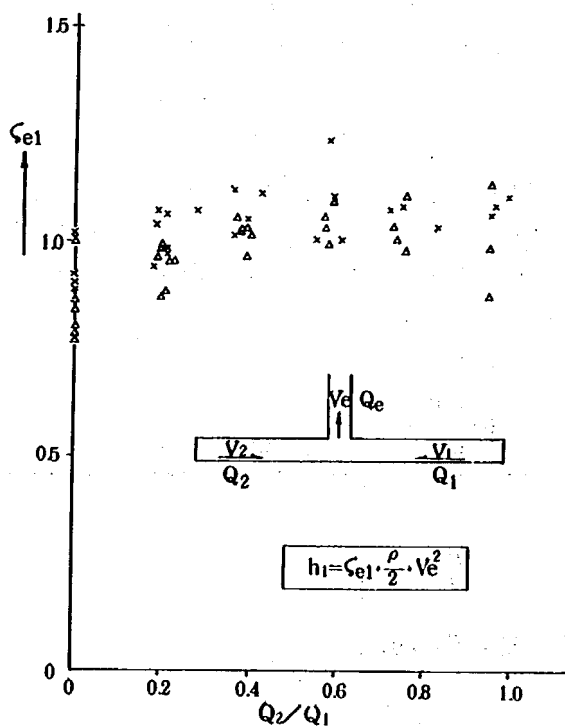
実験番号	断面風速 (m/s)			損失圧力 (mmAq)		風 量 比			合 流 損 失 係 数				
	V_e	V_1	V_2	h_1	h_2	Q_2/Q_1	Q_1/Q_e	Q_2/Q_e	$\Delta h = \zeta'_1 \cdot \frac{\rho}{2} V_e^2$	$\Delta h = \zeta'_2 \cdot \frac{\rho}{2} V_1^2$	$\Delta h = \zeta'_3 \cdot \frac{\rho}{2} V_2^2$	$\zeta_{e1}(h_1)$	$\zeta_{e2}(h_2)$
1111	662	688	0	27	41	0	1.04	0	1.00	152	093	141	——
2	741	695	194	36	42	0.28	0.94	0.26	1.07	124	121	141	1814
3	824	7.05	262	44	51	0.37	0.86	0.32	1.05	122	144	167	1208
4	1049	7.03	429	68	75	0.61	0.67	0.41	1.00	111	224	247	663
5	1222	7.10	592	95	96	0.83	0.58	0.48	1.03	105	306	310	445
6	1334	728	692	116	120	0.95	0.55	0.52	1.06	110	356	368	407
1121	1084	1132	0	64	105	0	1.04	0	0.89	145	081	133	——
2	1241	1134	239	92	132	0.21	0.91	0.19	0.97	139	116	167	3757
3	1341	11.08	400	112	142	0.36	0.83	0.30	1.01	128	148	188	1443
4	1525	11.44	658	176	197	0.58	0.75	0.43	1.23	138	219	245	740
5	2032	11.67	886	247	263	0.76	0.57	0.44	0.97	104	295	314	545
6	2238	11.83	1140	332	336	0.96	0.53	0.51	1.08	109	386	390	420
1131	1616	17.00	0	147	264	0	1.05	0	0.92	164	083	149	——
2	2045	17.21	353	253	351	0.21	0.84	0.17	0.98	136	139	193	4580
3	2415	17.67	735	399	475	0.42	0.73	0.30	1.11	132	208	247	1430
4	2725	18.09	990	456	530	0.55	0.66	0.36	1.00	116	227	263	879
5	3127	18.13	1300	642	685	0.72	0.58	0.42	1.07	114	318	339	659
6	3677	18.80	1864	912	933	0.99	0.51	0.51	1.10	112	420	429	437
1141	2356	24.20	0	304	533	0 0	1.03	0	0.89	156	084	148	——
2	2900	24.41	449	487	673	0.18	0.84	0.15	0.94	130	133	184	5428
3	3406	24.47	975	728	893	0.40	0.72	0.29	1.02	126	198	242	1527
4	3905	25.58	1503	1030	1138	0.59	0.66	0.38	1.10	121	256	283	819
5	4413	25.73	1938	1295	1402	0.75	0.58	0.44	1.08	117	318	344	607
1151	2593	27.13	0	414	692	0	1.05	0	1.00	167	091	153	——
2	3097	27.14	519	634	862	0.19	0.88	0.17	1.07	146	140	190	5203
3	3605	27.01	987	892	1068	0.36	0.75	0.27	1.12	134	197	236	1783
4	4317	28.19	1603	1208	1360	0.57	0.65	0.37	1.05	119	247	278	861
1161	3045	31.91	0	580	944	0	1.05	0	1.02	166	093	151	——
2	3557	31.81	620	808	1130	0.19	0.89	0.17	1.04	145	130	182	4780
3	4318	31.90	1233	1205	1475	0.39	0.74	0.29	1.05	129	193	236	1578
1171	3610	37.55	0	720	1288	0	1.04	0	0.90	161	083	149	——
2	4426	38.58	804	1280	1720	0.21	0.87	0.18	1.06	143	140	188	4326



(1) 合流損失係数 (静圧表示)



(3) 合流損失係数 (静圧表示)



(2) 合流損失係数 (静圧表示)

図-9 合流損失係数と流量関係

表-6(1) 集中排気部 分岐損失係数(その1)

- 注) 1. V, h は測定値(温度補正済)
 2. γ (空気比重)は $20^\circ\text{C}, 1\text{ atm}$ で 12052 kg/m^3
 3. h'_1 は本流の分岐損失圧力, h'_2 は支流の分岐損失圧力
 4. 損失係数は式の V^2 の所に V_1^2, V_2^2, V_e^2 を入れて計算する。

< 全 圧 表 示 >

実験番号	断面風速 (m/s)			損失圧力 (mmAq)		風 量 比			本流の分岐損失 $h'_1 = \xi'_3 \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2$		支流の分岐損失 $h'_2 = \xi'_4 \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2$		本流の分岐損失 $h'_1 = \xi'_3 \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_e^2$	
	V_e	V_1	V_2	h'_1	h'_2	Q_2/Q_1	Q_e/Q_1	Q_2/Q_e	$\xi'_3(V_1^2)$	$\xi'_{32}(V_2^2)$	$\xi'_{41}(V_1^2)$	$\xi'_{4e}(V_e^2)$	$\xi'_{3e}(V_e^2)$	
2132	1394	1835	379	793	1836	021	076	027	038	897	089	154	066	
3	1009	1791	726	479	1587	041	056	072	024	148	080	253	076	
4	644	1737	1035	237	1361	060	037	161	013	036	073	533	093	
5	299	1627	1327	015	1313	082	018	444	001	001	081	2388	082	
2142	1887	2507	634	948	3235	025	075	034	025	384	084	148	043	
3	1458	2454	941	599	2686	038	059	065	016	110	073	205	046	
4	964	2372	1373	231	2429	058	041	142	007	020	070	425	040	
5	417	2277	1853	277	2682	081	018	444	009	013	084	2508	259	
2152	2264	2764	519	1233	3976	019	082	023	026	744	085	126	039	
3	1638	2757	1074	755	3535	039	059	066	016	106	076	214	046	
4	977	2741	1627	723	3554	059	036	167	016	044	077	605	123	
5	449	2612	1992	566	3532	076	017	444	013	023	084	2849	456	
2162	2540	3248	674	1779	5220	021	078	027	027	637	080	132	045	
3	1949	3235	1181	1629	5130	037	060	061	025	190	080	220	070	
4	1152	3179	1817	1045	4669	057	036	158	017	051	075	572	128	
5	500	2999	2331	760	4718	078	017	466	014	023	085	3068	494	
2172	2989	3903	909	3041	7974	023	077	030	032	598	085	145	055	
3	2244	3897	1485	1734	6863	038	058	066	019	128	073	222	056	
4	1362	3837	2188	2010	7074	057	035	161	022	068	078	620	176	
5	691	3402	2651	576	5764	078	020	384	008	013	081	1963	196	
2182	3549	4513	957	2403	9270	021	079	027	019	427	074	120	031	
3	2451	4222	1764	769	7488	042	058	072	007	040	068	203	021	
4	1706	4002	2371	093	6660	059	043	139	001	003	068	372	005	
1	4300	4492	0	4010	10938	0	096	0	032	—	088	096	035	

全圧表示の分岐損失係数 ξ

本流の分岐損失圧力(全圧)

$$h'_1 = \xi'_{31} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_1^2 = \xi'_{32} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_2^2$$

支流の分岐損失圧力(全圧)

$$h'_2 = \xi'_{41} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_1^2 = \xi'_{4e} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_e^2$$

$$h'_1 = \frac{\rho}{2} V_1^2 - \frac{\rho}{2} V_2^2 + h_1$$

$$h'_1 = \frac{\rho}{2} V_1^2 - \frac{\rho}{2} V_e^2 + h_2$$

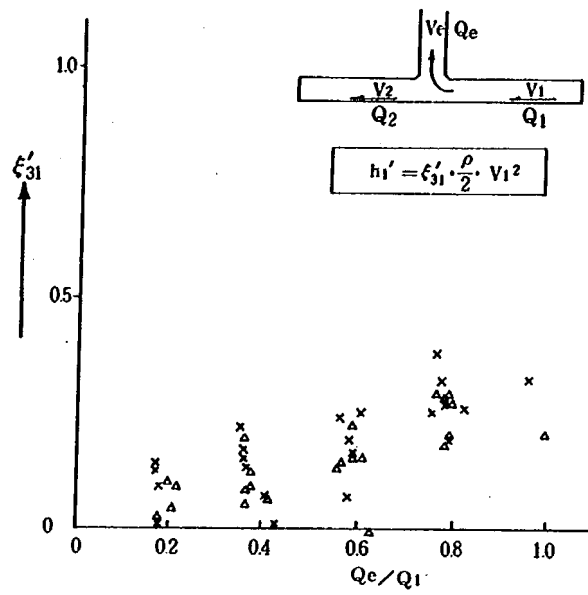
 h_1, h_2 は分岐損失圧力(静圧差), $\gamma_{\text{air}} = 12052\text{ kg/m}^3$

表-6(2) 集中排気部 分岐損失係数(その2)

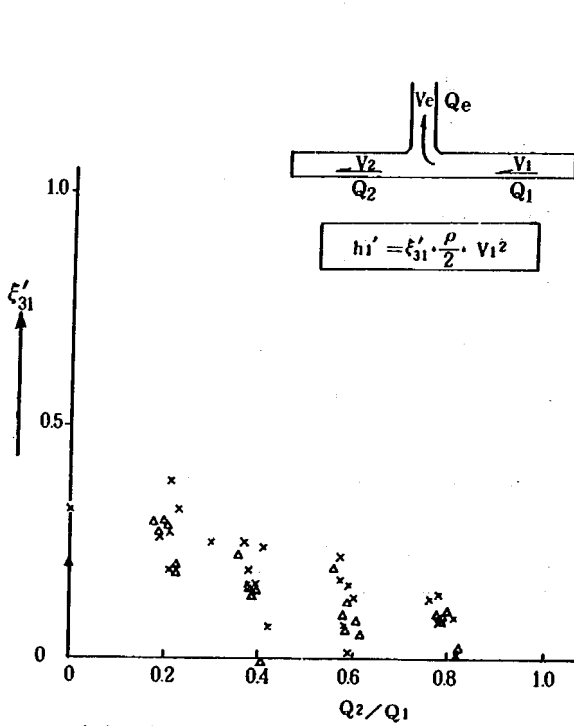
- 注) 1. V, h は測定値(温度補正済)
 2. γ (空気比重)は20℃, 1 atmで12052 kg/m³
 3. h_1 は本流の分岐損失圧力, h_2 は支流の分岐損失圧力
 4. 損失係数は式の V^2 の所に V_1^2, V_2^2, V_e^2 を入れて計算する。

<全圧表示>

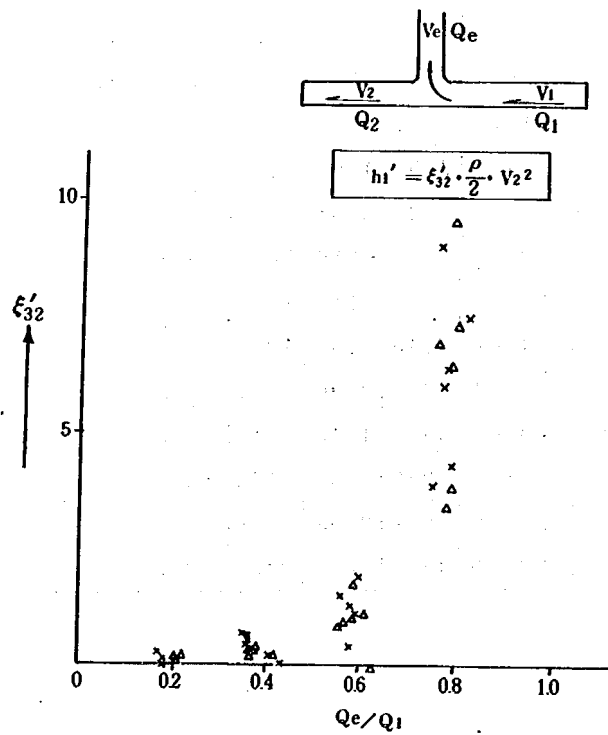
実験番号	断面風速 (m/s)			損失圧力 (mmHg)		風量比			本流の分岐損失 $h_1 = \xi'_3 \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2$		支流の分岐損失 $h_2 = \xi'_4 \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2$		本流の分岐損失 $h_1 = \xi'_3 \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2$
	V_e	V_1	V_2	h'_1	h'_2	Q_2/Q_1	Q_e/Q_1	Q_2/Q_e	$\xi'_3(V_1^2)$	$\xi'_3(V_2^2)$	$\xi'_4(V_1^2)$	$\xi'_4(V_e^2)$	$\xi'_3(V_e^2)$
2232	1420	1830	381	570	1760	021	078	027	028	639	085	142	046
3	1010	1807	713	256	1471	039	056	071	013	082	073	234	041
4	674	1758	1024	176	1301	058	038	152	009	027	068	466	063
5	326	1669	1339	170	1448	080	020	411	010	015	085	2215	261
2242	1990	2517	584	797	3181	023	079	029	020	380	082	131	033
3	1541	2508	942	583	2698	038	061	061	015	107	070	185	040
4	917	2464	1505	301	2657	061	037	164	008	022	071	514	058
5	455	2314	1817	253	2666	079	020	399	008	012	081	2094	198
2252	2298	2884	553	1367	4168	019	080	024	027	727	081	128	042
3	1658	2802	1089	739	3378	039	059	066	015	101	070	200	044
4	1004	2682	1668	233	3124	062	037	166	005	014	071	504	038
5	524	2549	2007	179	3177	079	021	383	004	007	080	1881	106
2262	2657	3344	587	2015	5776	018	079	022	029	951	084	133	046
3	1978	3327	1189	1508	5211	036	059	060	022	173	077	217	063
4	1152	3197	1793	1199	4850	056	036	156	019	061	077	594	147
5	516	2820	2354	093	4097	083	018	456	002	003	084	2502	057
2272	3073	4028	819	2846	8501	020	076	027	029	690	085	146	049
3	2186	3821	1514	1290	6470	040	057	069	014	091	072	220	044
4	1402	3645	2135	1008	5992	059	038	152	012	036	073	496	083
5	734	3320	2596	634	5518	078	022	354	009	015	081	1665	191
2282	3512	4474	1043	2242	9635	023	078	030	018	335	078	127	030
3	2590	4088	1681	-150	6562	041	063	065	-001	-009	064	159	-004
4	1670	3989	2368	618	7041	059	042	142	006	018	072	411	036
1	4430	4405	0	2404	10961	0	100	0	020	—	092	092	020



(1) 本流の分岐損失係数（全圧表示）



(2) 本流の分岐損失係数（全圧表示）



(3) 本流の分岐損失係数（全圧表示）

図-11 本流の分岐損失係数と流量の関係

表-7(1) 集中排気部 分岐損失係数(その1)

- 注) 1. V, h は測定値(温度補正済)
 2. γ (空気比重)は 20°C , 1atm で 12052kg/m^3
 3. h は本流の分岐損失圧力, h は支流の分岐損失圧力
 4. 損失係数は式の V^2 の所に V_1^2, V_2^2, V_e^2 を入れて計算する。

実験番号	断面風速 (m/s)			損失圧力 (mmAq)		風量比			本流の分岐損失 $h_1 = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2$		支流の分岐損失 $h_2 = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2$	
	V_e	V_1	V_2	h_1	h_2	Q_2/Q_1	Q_e/Q_1	Q_2/Q_e	$\zeta_{11}(V_1^2)$	$\zeta_{12}(V_2^2)$	$\zeta_{21}(V_1^2)$	$\zeta_{2e}(V_e^2)$
2132	1394	1835	379	-11.9	96	0.21	0.76	0.27	-0.57	-1.347	0.46	0.80
3	1009	1791	726	-11.7	24	0.41	0.56	0.72	-0.59	-3.61	0.12	0.38
4	644	1737	1035	-9.6	-24	0.60	0.37	1.61	-0.52	-1.46	-0.13	-0.94
5	299	1627	1327	-5.3	-26	0.82	0.18	4.44	-0.33	-0.49	-0.16	-4.73
2142	1887	2507	634	-26.7	156	0.25	0.75	0.34	-0.69	-1.080	0.40	0.71
3	1458	2454	941	-25.6	29	0.38	0.59	0.65	-0.69	-4.70	0.08	0.22
4	964	2372	1373	-20.7	-46	0.58	0.41	1.42	-0.60	-1.79	-0.13	-0.80
5	417	2277	1853	-8.0	-40	0.81	0.18	4.44	-0.25	-0.38	-0.13	-3.74
2152	2264	2764	519	-33.0	243	0.19	0.82	0.23	-0.70	-1.992	0.52	0.77
3	1638	2757	1074	-32.1	5.1	0.39	0.59	0.66	-0.69	-4.52	0.11	0.31
4	977	2741	1627	-22.7	-48	0.59	0.36	1.67	-0.49	-1.39	-0.10	-0.82
5	449	2612	1992	-11.9	-54	0.76	0.17	4.44	-0.28	-0.49	-0.13	-4.36
2162	2540	3248	674	-44.3	27.0	0.21	0.78	0.27	-0.68	-1.586	0.42	0.68
3	1949	3235	1181	-39.5	10.3	0.37	0.60	0.61	-0.61	-4.60	0.16	0.44
4	1152	3179	1817	-31.4	-7.3	0.57	0.36	1.58	-0.51	-1.55	-0.12	-0.89
5	500	2999	2331	-14.3	-6.6	0.78	0.17	4.66	-0.26	-0.43	-0.12	-4.29
2172	2989	3903	909	-58.2	41.0	0.23	0.77	0.30	-0.62	-1.145	0.44	0.75
3	2244	3897	1485	-62.5	6.2	0.38	0.58	0.66	-0.67	-4.61	0.07	0.20
4	1362	3837	2188	-41.0	-84	0.57	0.35	1.61	-0.45	-1.39	-0.09	-0.74
5	691	3402	2651	-22.2	-10.6	0.78	0.20	3.84	-0.31	-0.51	-0.15	-3.61
2182	3549	4513	957	-95.6	44.9	0.21	0.79	0.27	-0.76	-1.697	0.36	0.58
3	2451	4222	1764	-82.8	2.2	0.42	0.58	0.72	-0.76	-4.33	0.02	0.06
4	1706	4002	2371	-63.0	-14.0	0.59	0.43	1.39	-0.64	-1.82	-0.14	-0.78
1	4300	4492	0	-84.0	99.0	0	0.96	0	-0.68	—	0.80	0.87

静圧表示の分岐損失係数 ζ

本流の分岐損失圧力(静圧)

$$h_1 = \zeta_{11} \frac{\rho}{2} V_1^2 = \zeta_{12} \frac{\rho}{2} V_2^2$$

支流の分岐損失圧力(静圧)

$$h_2 = \zeta_{21} \frac{\rho}{2} V_1^2 = \zeta_{2e} \frac{\rho}{2} V_e^2$$

$$\gamma_{\text{air}} = 12052 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9798 \text{ m/s}^2$$

表-7(2) 集中排気部 分岐損失係数(その2)

注) 1. V, h は測定値(温度補正済)

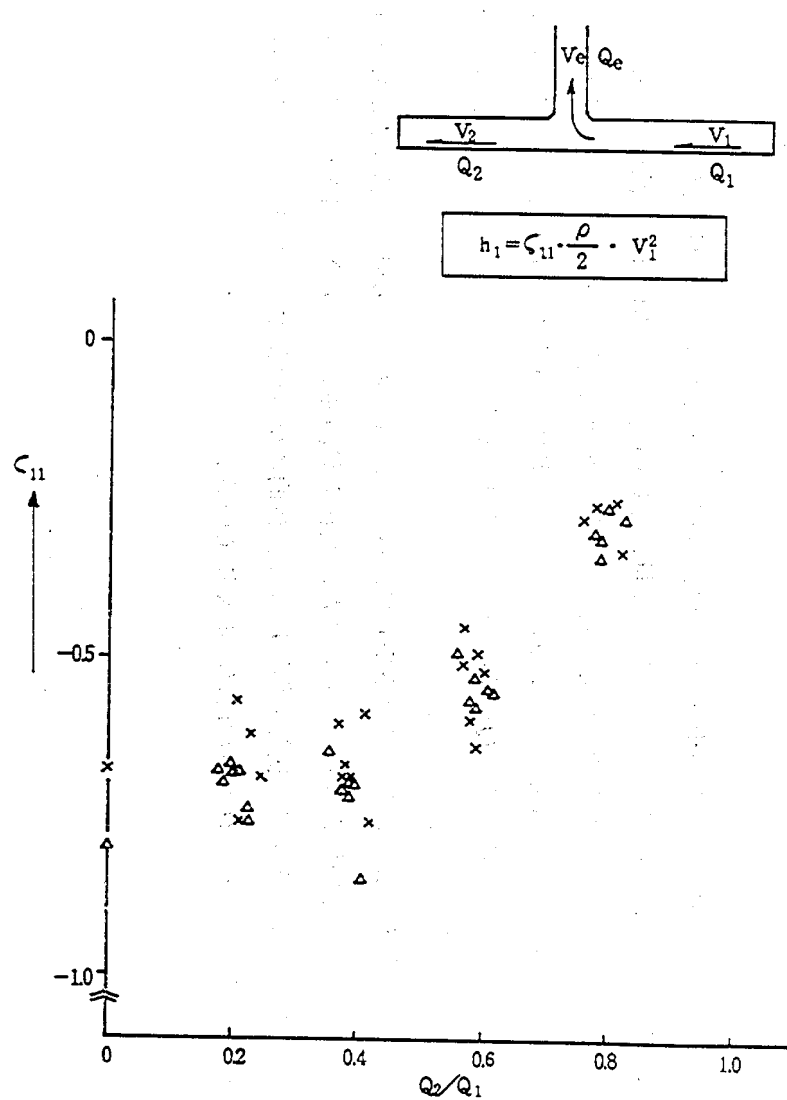
2. γ (空気比重量) は $20^\circ\text{C}, 1\text{atm}$ で $12052\text{kg}/\text{m}^3$

3. h_1 は本流の分岐損失圧力, h_2 は支流の分岐損失圧力

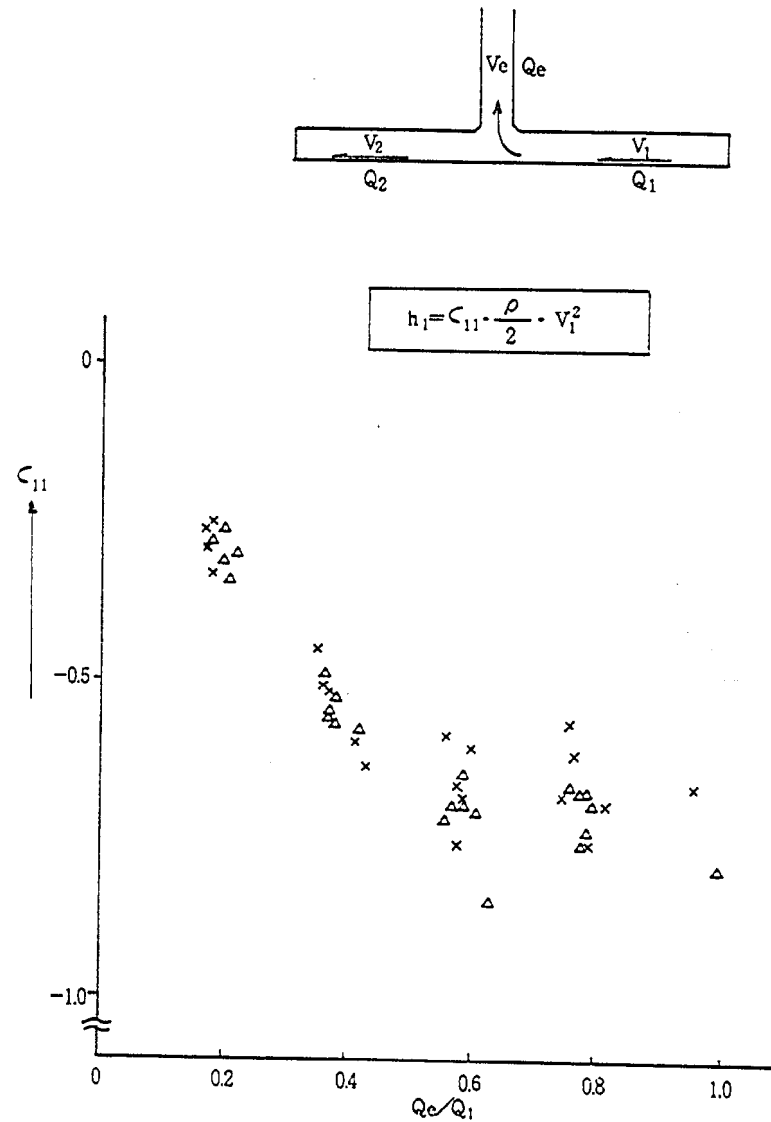
4. 損失係数は式の V^2 の所に V_1^2, V_2^2, V_3^2 を入れて計算する。

< 静 圧 表 示 >

	断 面 風 速 (m/s)			損 失 圧 力 (mmAq)		風 量 比			本流の分岐損失 $h_1 = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2$		支流の分岐損失 $h_2 = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2$	
	V	V	V	h	h	Q_2/Q_1	Q_e/Q_1	Q_2/Q_e	$\zeta_1(V_1^2)$	$\zeta_2(V_2^2)$	$\zeta_1(V_1^2)$	$\zeta_2(V_2^2)$
2232	1420	1830	381	-14.0	94	0.21	0.78	0.27	-0.68	-1.568	0.46	0.76
3	10.10	18.07	7.13	-1.44	0.9	0.39	0.56	0.71	-0.72	-4.61	0.04	0.14
4	6.74	17.58	10.24	-1.08	-32	0.58	0.38	1.52	-0.57	-1.67	-0.17	-0.15
5	3.26	16.69	13.39	-4.4	-2.0	0.80	0.20	4.11	-0.26	-0.40	-0.12	-3.06
2242	1990	25.17	5.84	-2.89	172	0.23	0.79	0.29	-0.74	-13.78	0.44	0.71
3	15.41	25.08	9.42	-2.74	2.9	0.38	0.61	0.61	-0.71	-5.02	0.07	0.20
4	9.17	24.64	15.05	-2.04	-5.6	0.61	0.37	1.64	-0.55	-1.46	-0.15	-1.08
5	4.55	23.14	78.17	-10.1	-5.0	0.79	0.20	3.99	-0.31	-0.50	-0.15	-3.93
2252	22.98	28.84	5.53	-3.56	230	0.19	0.80	0.24	-0.70	-18.93	0.45	0.71
3	16.58	28.02	10.89	-3.36	2.4	0.39	0.59	0.66	-0.70	-4.61	0.05	0.14
4	10.04	26.82	16.68	-2.48	-6.8	0.62	0.37	1.66	-0.56	-1.45	-0.15	-1.10
5	5.24	25.49	20.07	-1.34	-6.5	0.79	0.21	3.83	-0.34	-0.54	-0.16	-3.85
2262	26.57	33.44	5.87	-4.65	32.4	0.18	0.79	0.22	-0.68	-21.94	0.47	0.75
3	19.78	33.27	11.89	-4.43	8.1	0.36	0.59	0.60	-0.65	-5.10	0.12	0.34
4	11.52	31.97	17.93	-3.11	-6.2	0.56	0.36	1.56	-0.49	-1.57	-0.10	-0.76
5	5.16	28.20	23.54	-1.39	-6.3	0.83	0.18	4.56	-0.28	-0.41	-0.13	-3.85
2272	30.73	40.28	8.19	-6.72	43.3	0.20	0.76	0.27	-0.67	-16.29	0.43	0.75
3	21.86	38.21	15.14	-6.28	4.3	0.40	0.57	0.69	-0.70	-4.45	0.05	0.15
4	14.02	36.45	21.35	-4.36	-9.7	0.59	0.38	1.52	-0.53	-1.56	-0.12	-0.80
5	7.34	33.20	25.96	-2.00	-9.3	0.78	0.22	3.54	-0.30	-0.48	-0.14	-2.81
2282	35.12	44.74	10.43	-9.40	49.1	0.23	0.78	0.30	-0.76	-14.05	0.40	0.65
3	25.90	40.88	16.81	-8.69	4.1	0.41	0.63	0.65	-0.85	-5.00	0.04	0.10
4	16.70	39.89	23.68	-5.72	-10.3	0.59	0.43	1.42	-0.58	-1.66	-0.11	-0.60
1	44.03	44.05	0	-9.53	109.5	0	1.00	0	-0.80	—	0.92	0.92



(1) 本流の分岐損失係数 (静圧表示)



(2) 本流の分岐損失係数 (静圧表示)

図-12 本流の分岐損失係数と流量の関係

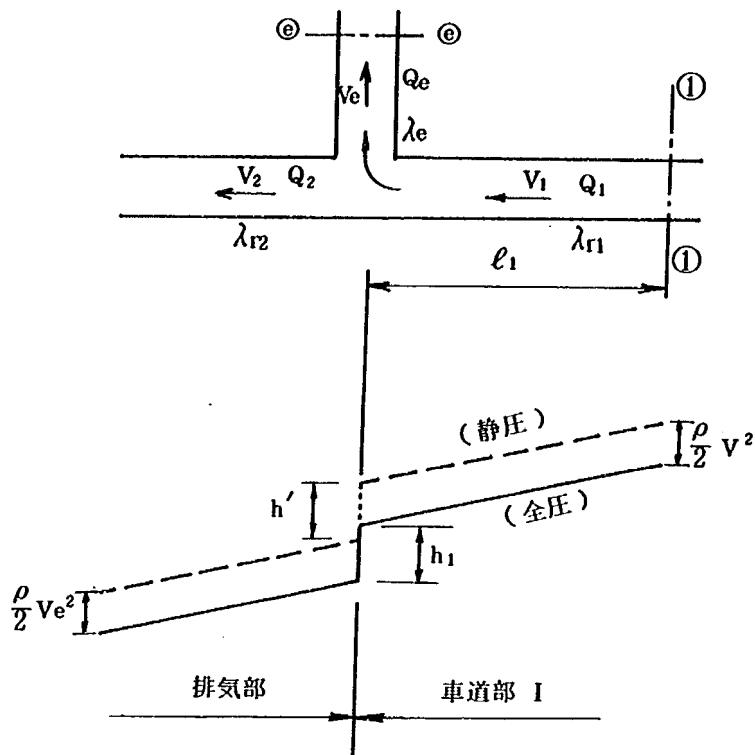
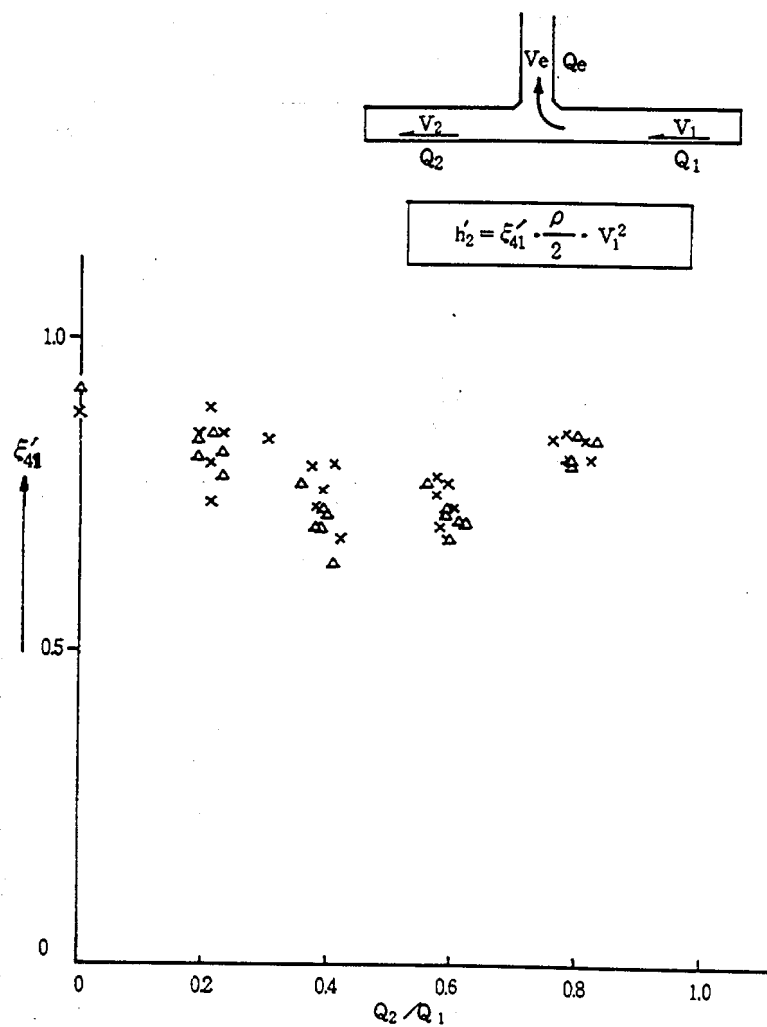


図-13 立坑集中排気部（支流の分岐）静圧分布模式図

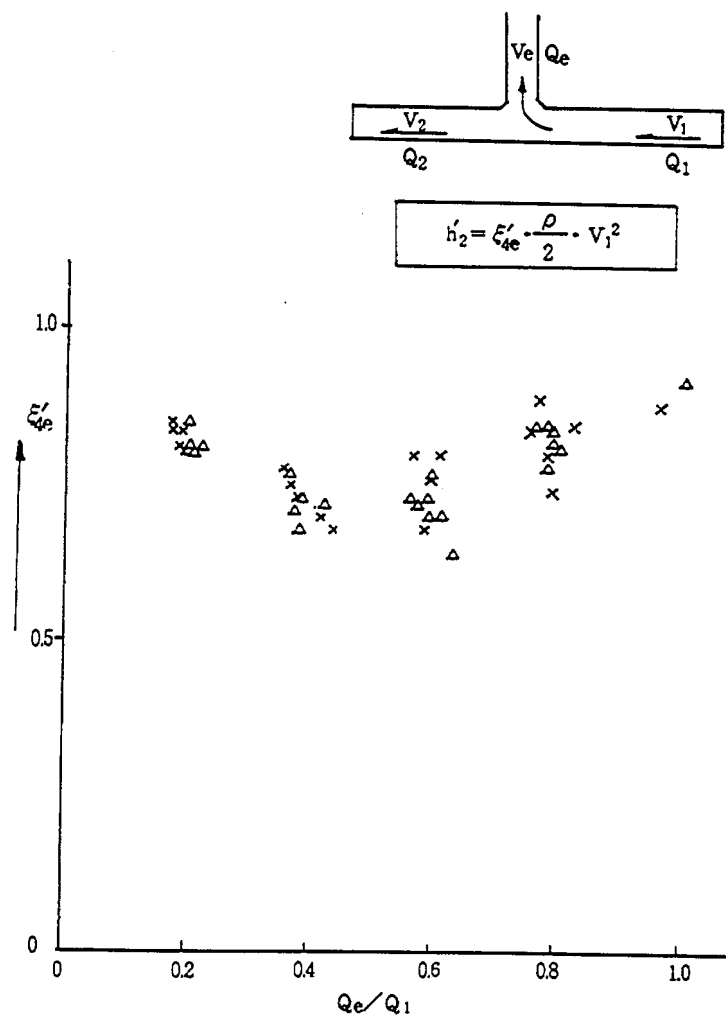
5. 考 察

この実験で得られた全圧の合流損失係数並びに、本流および支流の分岐損失係数（全圧表示のもの）についてのべると次のとおりである。

- (1) 図-16に示すように合流損失係数（※※）の場合は、既往実験（※日本道路公団設計要領）のものより全体的に小さい値であるが、傾向は非常に似ていて流量比（ Q_2/Q_1 ）が0.4付近が一番小さい値となっている。この損失係数の差は、実験条件や、立坑排気部の形状、断面積比等の違いによるものと思われる。
- (2) 図-17に示すように本流の分岐損失係数（※※）の場合は既往実験（※1. 管路網と分岐合流損失）のものと傾向がよく似ているが、流量比（ Q_e/Q_1 ）0.2付近が大きい値となっている。また、流量比（ Q_e/Q_1 ）が0.8付近では少し小さい値となっている。
- (3) 図-18に示すように支流の分岐損失係数（※※）は、既往実験（「※1」の場合面積比 $A_1/A_e = 1.0 \sim 0.8$ である）よりも少し小さい値となっている。また、既往実験（「※2」の場合中国文献で立坑排気部のスミ切がダクト幅の半径である）は形状等の影響により全体的に小さい値がでている。この3ケースの実験値は、それぞれ異なっているけれども傾向は、よくにている。

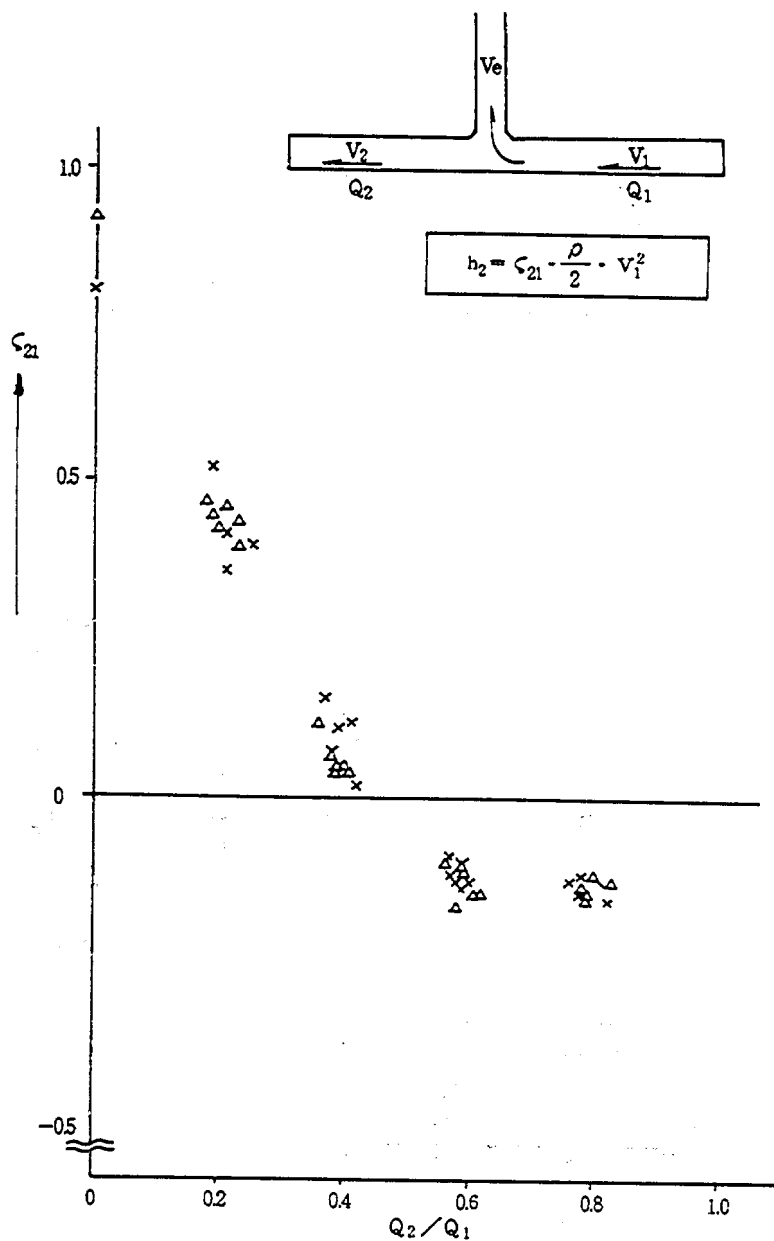


(1) 支流の分岐損失係数 (全圧表示)

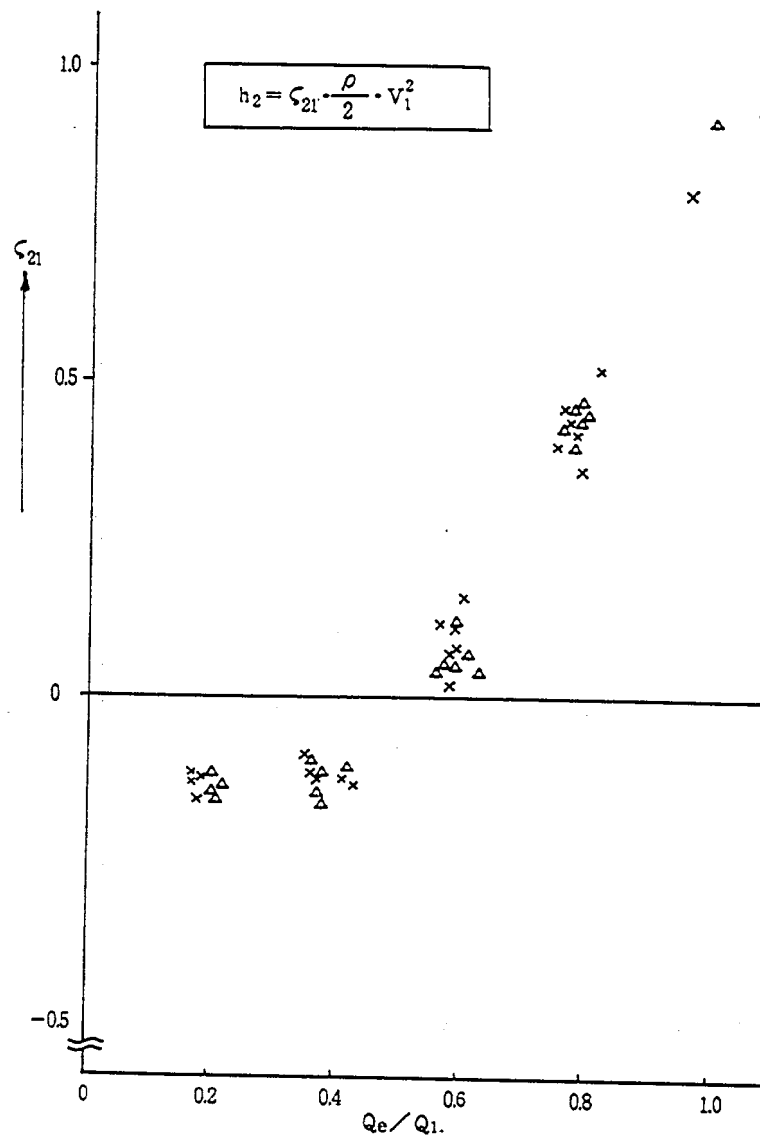


(2) 支流の分岐損失係数 (全圧表示)

図-14 支流の分岐損失係数と流量の関係



(1) 支流の分岐損失係数（静圧表示）



(2) 支流の分岐損失係数（静圧表示）

図-15 支流の分岐損失係数と流量の関係

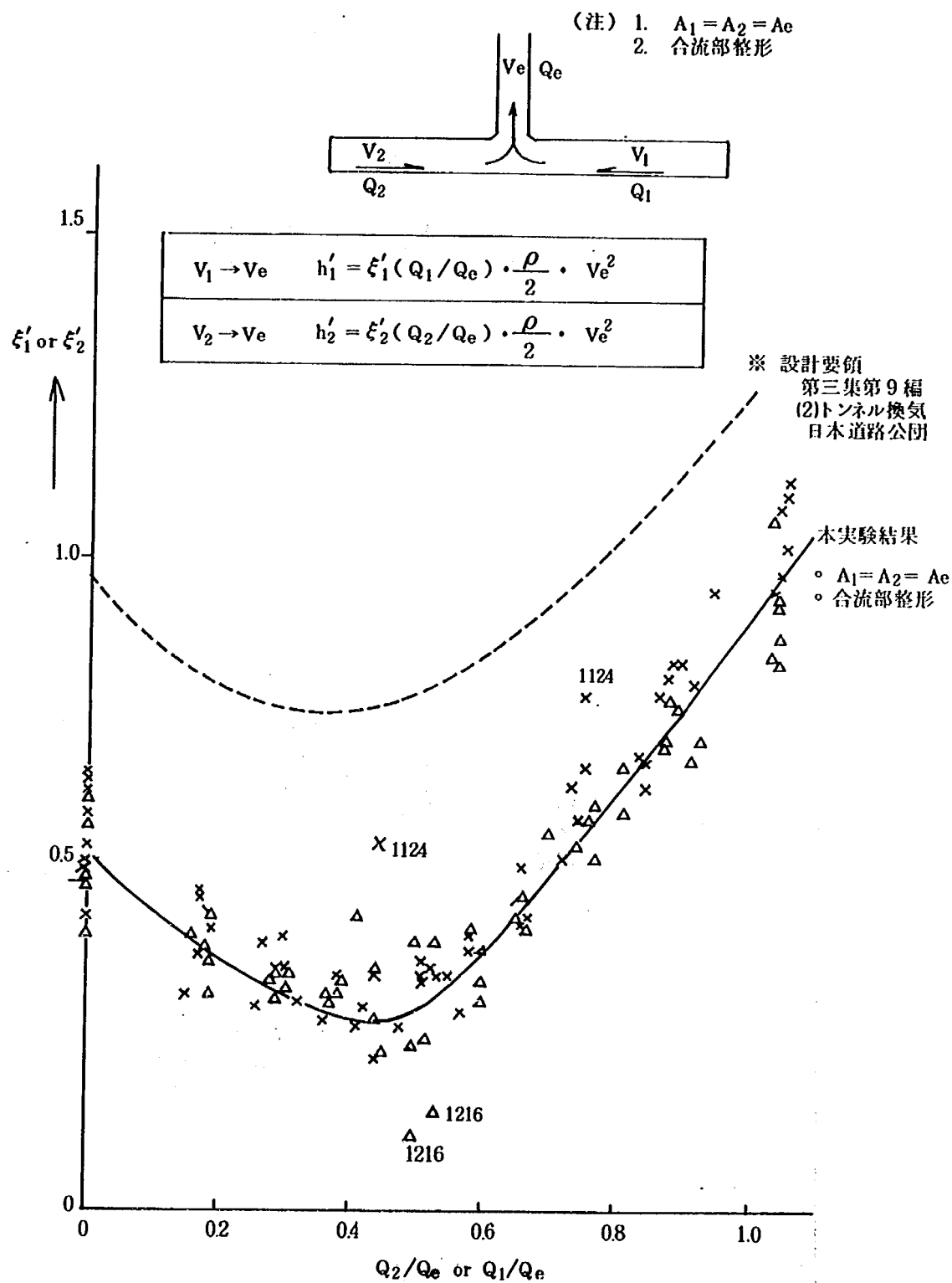


図-16 合流損失係数

$$h_1 = \xi'_{31} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_1^2$$

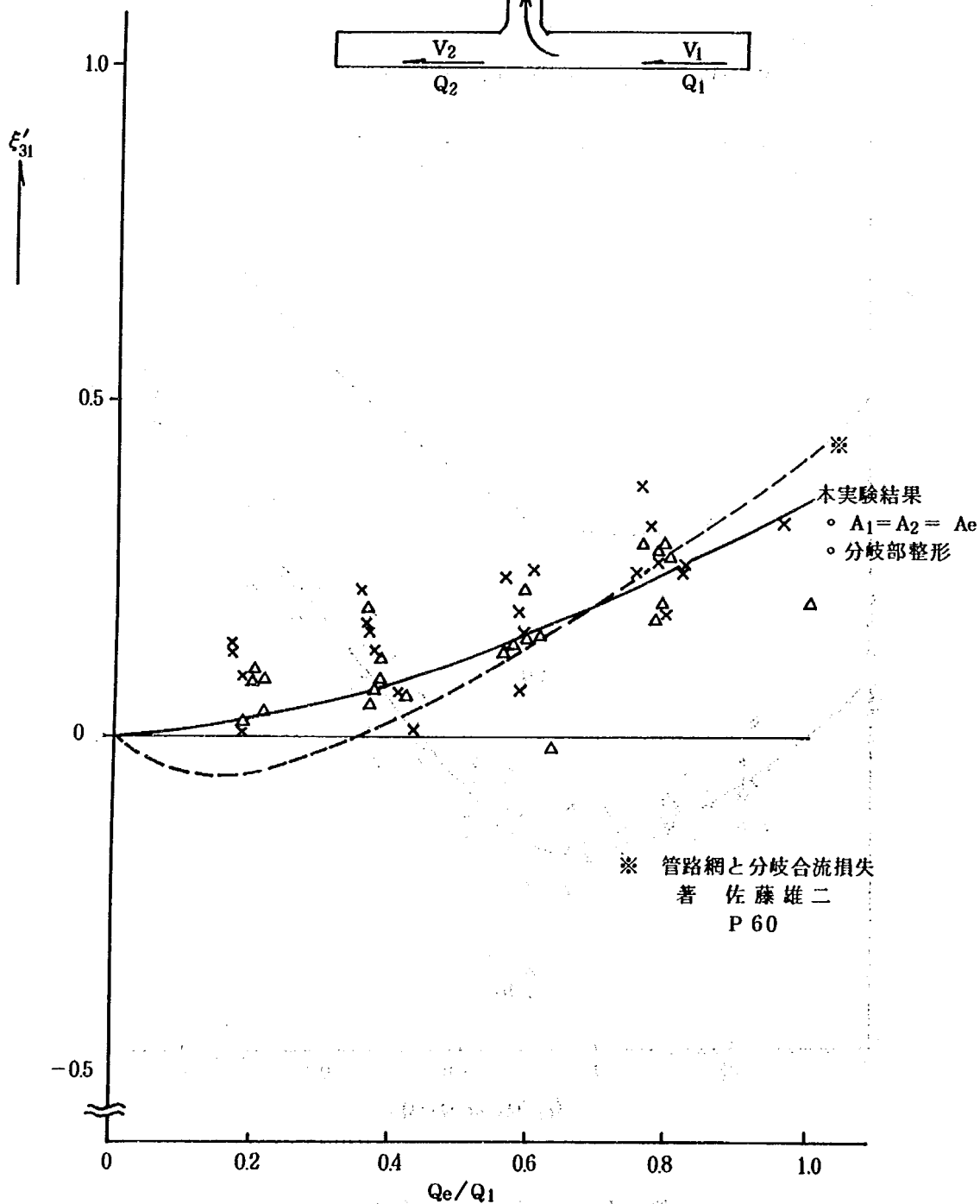
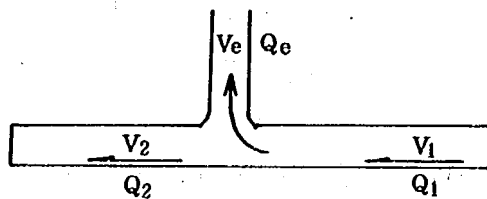


図-17 本流の分岐損失係数

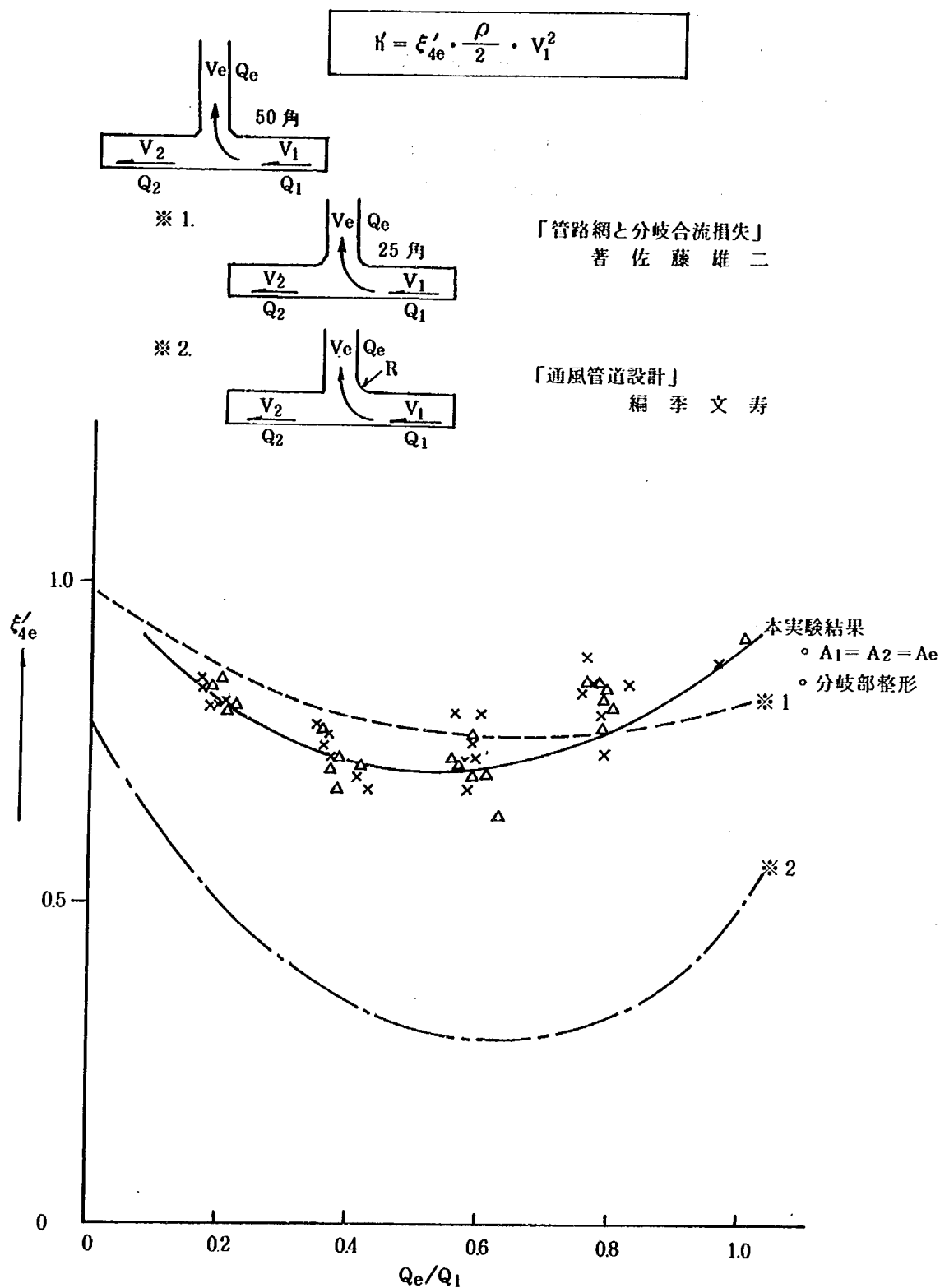


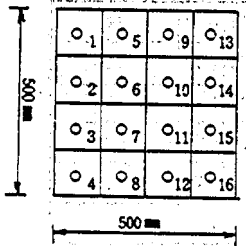
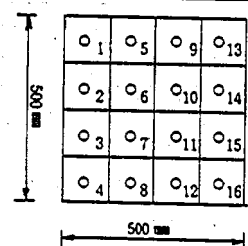
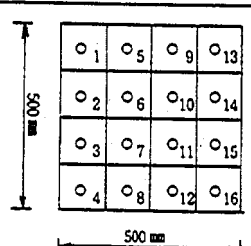
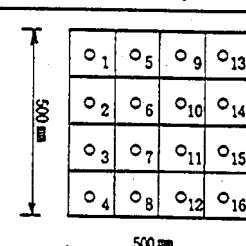
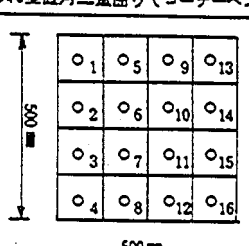
図-18 支流の分岐損失係数

参 考 文 献

- (1) 日本道路公団設計要領
- (2) 管路網と分岐合流損失 佐 藤 雄 二
- (3) 中国文献（通風管道設計）
- (4) 道路トンネル便覧 日本道路協会 50年1月
- (5) 道路トンネルの換気 伊吹山 四 郎

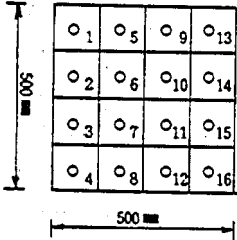
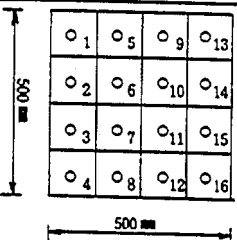
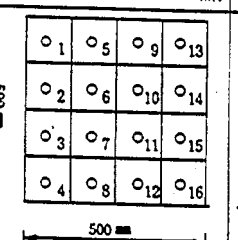
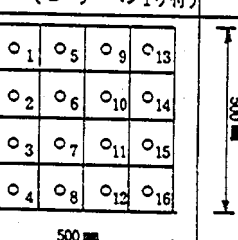
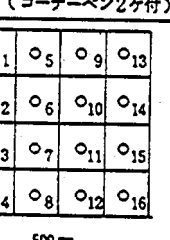
付 録 (付表・付図)

付表-1-(1) 多重曲り部模型実験のピートラバース結果総括表

断面	排気ダクト						排気ダクト						排気ダクト						排気ダクト						排気ダクト								
測定位置	基準ピート管(TA)・トラバース点(TB)						左に同じ						左に同じ						左に同じ						左に同じ								
実験条件	Z型直角二重曲り(コーナーベン無)						Z型直角二重曲り(コーナーベン付)						Z型R付二重曲り(コーナーベン無)						Z型R付二重曲り(コーナーベン付)						ねじれ型直角二重曲り(コーナーベン無)								
測点位置																																	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6
1	623	1123	1758	2182	2598	3218	727	1363	2024	2570	3298	3871	4189	723	1330	2006	2656	3379	3979	4236	710	1352	2029	2701	3372	4020	4308	569	1218	1565	2151	2494	3102
2	637	1178	1874	2321	2785	3436	739	1392	2049	2647	3316	3874	4215	775	1409	2120	2792	3497	4097	4401	719	1362	2069	2722	3418	4062	4358	569	1209	1572	2143	2473	3052
3	649	1187	1866	2308	2788	3475	770	1429	2091	2665	3398	4049	4500	763	1426	2131	2803	3493	4138	4436	757	1422	2134	2803	3543	4138	4452	552	1198	1560	2086	2450	3029
4	628	1108	1766	2206	2673	3276	734	1397	2019	2630	3353	4008	4375	737	1355	1982	2645	3269	3942	4292	719	1389	2080	2759	3485	4071	4440	496	1147	1435	1956	2351	2696
5	628	1147	1805	2257	2712	3321	716	1362	1906	2537	3157	3727	3882	775	1472	2111	2836	3637	4248	4509	719	1383	2047	2710	3405	4110	4308	591	1128	1692	2261	2619	3290
6	635	1188	1874	2320	2827	3424	824	1502	2135	2823	3540	4111	4357	837	1562	2263	3012	3756	4395	4736	779	1477	2143	2928	3657	4375	4683	433	880	1241	1716	2083	2354
7	644	1191	1870	2317	2798	3406	813	1489	2175	2809	3511	4205	4621	836	1533	2230	2981	3679	4360	4668	783	1470	2244	2987	3661	4370	4678	369	792	1039	1300	1816	1799
8	607	1136	1831	2224	2709	3278	718	1306	1997	2519	3226	3736	4207	760	1426	2090	2796	3452	4103	4419	793	1343	2011	2685	3273	3930	4252	584	1130	1618	2242	2574	3282
9	612	1097	1766	2172	2646	3202	732	1395	2057	2700	3378	3986	4361	788	1444	2064	2782	3454	4142	4409	742	1410	2098	2775	3458	4086	4419	600	1223	1736	2332	2669	3397
10	633	1129	1787	2203	2698	3271	816	1518	2221	2891	3576	4224	4555	841	1529	2221	2983	3689	4369	4679	794	1506	2163	2972	3699	4369	4740	561	1156	1605	2184	2555	3133
11	617	1112	1786	2221	2714	3252	807	1515	2182	2866	3556	4252	4664	822	1526	2206	2957	3681	4317	4676	808	1514	2249	2979	3685	4385	4774	572	1143	1577	2142	2421	3081
12	599	1097	1742	2182	2641	3153	723	1378	2038	2634	3323	3957	4329	756	1439	2072	2790	3496	4124	4494	721	1406	2105	2768	3457	4087	4465	580	1171	1641	2234	2557	3254
13	582	1036	1651	2057	2478	3000	716	1374	2038	2657	3328	3943	4339	728	1349	1976	2669	3299	3889	4204	707	1376	2043	2733	3413	4010	4377	561	1157	1575	2101	2403	3048
14	578	1072	1711	2089	2552	3060	784	1493	2188	2863	3597	4249	4670	784	1439	2104	2881	3509	4204	4524	773	1484	2213	2933	3644	4283	4681	600	1224	1704	2323	2533	3362
15	584	1063	1691	2060	2551	3041	741	1498	2188	2830	3596	4216	4592	788	1443	2106	2913	3488	4075	4509	779	1502	2235	2959	3692	4287	4777	569	1195	1656	2239	2489	3229
16	578	1085	1670	2051	2507	2979	699	1335	2002	2550	3284	3870	4229	750	1380	1964	2653	3239	3884	4268	719	1411	2124	2772	3442	4045	4501	521	1120	1507	2051	2365	2936
①平均	615	1122	1778	2198	2667	3237	754	1422	2082	2699	3402	4017	4380	779	1441	2103	2822	3501	4142	4466	745	1425	2124	2824	3519	4164	4513	545	1131	1546	2091	2428	3003
②基準ピート管	630	1159	1829	2266	2762	3334	815	1529	2202	2874	3611	4241	4600	842	1544	2256	3028	3750	4412	4750	802	1525	2259	2998	3733	4409	4774	410	775	117	1498	1762	2237
①/②	0976	0968	0972	0970	0966	0971	0925	0930	0946	0939	0942	0947	0952	0925	0933	0932	0932	0934	0939	0940	0929	0934	0940	0942	0943	0944	0945	1329	1459	1321	1396	1378	1342
	m = 0.970 α = 0.003						m = 0.940 α = 0.008						m = 0.933 α = 0.005						m = 0.940 α = 0.006						m = 1.371 α = 0.067								

※ ①/②の m = 平均値, α = 標準偏差

付表-1-(2) 多重曲り部模型実験のピットラバース結果総括表

断 面	排 気					排 気					排 気					排 気					排 気					
測定位置	基準ピット管(TA)・トラバース点(TB)					左 に 同 じ					左 に 同 じ					左 に 同 じ					左 に 同 じ					
実験条件	ねじれ型直角二重曲り(コーナーベン1ヶ付)					ねじれ型直角二重曲り (コーナーベン2ヶ付)					ねじれ型R付二重曲り (コーナーベン無)					ねじれ型R付二重曲り (コーナーベン1ヶ付)					ねじれ型R付二重曲り (コーナーベン2ヶ付)					
測点位置																										
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	653	1199	1755	2299	2883	3569	659	1236	2094	2905	3713	3596	2852	1958	1143	682	3806	2884	2047	1093	663	4018	3028	2127	1248	660
2	692	1296	1880	2467	3062	3840	720	1340	2187	3173	4118	3941	3063	2165	1253	750	4139	3154	2329	1247	771	4345	3243	2299	1341	716
3	697	1278	1850	2439	3032	3725	683	1250	2046	2954	3822	4078	3155	2206	1296	767	4274	3289	2358	1273	771	4087	3138	2162	1246	688
4	638	1157	1694	2247	2800	3470	715	1305	2136	3047	4013	3827	2853	2031	1162	677	3664	2880	2028	1075	667	3749	2800	1915	1171	650
5	692	1258	1812	2435	2978	3755	772	1435	2349	3351	4298	3953	3037	2159	1276	754	4152	3184	2239	1195	758	4543	3422	2413	1412	752
6	720	1324	1927	2563	3131	3927	776	1435	2355	3381	4335	3769	3080	2068	1281	728	4217	3221	2243	1234	754	4521	3402	2367	1400	756
7	706	1311	1910	2553	3114	3923	759	1408	2294	3268	4257	4001	3202	2206	1296	763	4240	3231	2306	1240	754	4317	3262	2268	1329	730
8	687	1263	1807	2420	2978	3745	742	1387	2306	3358	4343	4190	3252	2242	1326	779	4239	3255	2294	1266	754	4199	3142	2195	1304	669
9	720	1265	1861	2450	3082	3770	776	1442	2377	3393	4364	3934	2976	2158	1217	741	4028	3168	2188	1224	710	4564	3392	2415	1412	764
10	738	1291	1894	2502	3040	3856	776	1451	2381	3403	4394	3497	2640	1992	1160	696	4102	3134	2200	1219	732	4571	3410	2423	1419	777
11	715	1301	1890	2516	3062	3859	780	1313	2384	3412	4390	4086	3133	2186	1309	750	4153	3184	2242	1242	736	4487	3404	2382	1407	764
12	663	1226	1807	2381	2906	3703	742	1422	2323	3355	4321	4186	3312	2271	1345	812	4195	3212	2239	1276	736	4249	3175	2186	1292	702
13	643	1199	1721	2299	2812	3552	688	1275	2111	3023	3872	3910	2951	2078	1157	728	3705	2812	2036	1057	628	4016	3084	2135	1282	669
14	663	1226	1772	2365	2877	3654	789	1451	2381	3399	4349	4047	3128	2194	1279	771	3942	3088	2160	1245	728	4534	3403	2396	1430	773
15	687	1244	1807	2378	2954	3709	789	1467	2420	3470	4410	4168	3199	2251	1309	788	3986	3167	2445	1211	728	4550	3436	2416	1423	747
16	622	1177	1677	2216	2696	3460	720	1300	2167	3159	4027	3801	3068	2076	1162	701	3727	2918	2047	1131	648	4133	3029	2100	1261	650
①平均	684	1251	1817	2408	2963	3720	743	1370	2269	3253	4189	3937	3057	2140	1248	743	4036	3111	2213	1202	721	4305	3236	2267	1336	717
②基準ピット管	699	1315	1921	2252	3124	3930	784	1442	2359	3384	4368	3798	2933	2041	1189	710	4107	3149	2231	1226	722	4507	3382	2384	1413	772
①/②	0.979	0.951	0.946	1.069	0.948	0.947	0.948	0.950	0.962	0.961	0.959	1.037	1.042	1.049	1.050	1.046	0.983	0.988	0.992	0.980	0.999	0.955	0.957	0.951	0.946	0.929
	m = 0.973 α = 0.019					m = 0.956 α = 0.006					m = 1.045 α = 0.005					m = 0.988 α = 0.010					m = 0.948 α = 0.011					

※ ①/②の m = 平均値, α = 標準偏差

付表-2(1) 多重曲り部の実験結果総括表

実験番号	曲り部形状	条件	静圧測定点番号										曲り部の 静圧差 (ΔP)	⑰⑱	⑲⑳	㉑㉒	㉓㉔	㉕㉖	㉗㉘	㉙㉚	㉛㉜	㉝㉞	㉟㊱	㊲㊳	㊴㊵	㊶㊷	㊸㊹
			①②	③④	⑤⑥	⑦⑧	⑨⑩	⑪⑫	⑬⑭	⑮⑯	⑰⑱	⑲⑳															
No. 1-1-1-1	Z型直角二重曲り・ ベーン無	V = 5.53 m/s	3.2	3.3	3.2	3.3	3.6	3.5	3.5	3.5	3.4	9.7	7.3	7.6	7.5	7.8	8.4	8.0	7.8								
No. 1-1-1-2	"	V = 10.78 m/s	11.3	10.7	10.8	10.9	11.4	11.4	12.0	11.8	16.0	39.6	28.7	28.3	28.3	28.1	29.2	29.1	28.9								
No. 1-1-1-3	"	V = 18.41 m/s	33.1	30.3	30.8	30.7	32.1	31.7	34.1	33.7	45.0	123.5	88.1	83.3	81.8	81.4	82.0	82.2	83.4								
No. 1-1-1-4	"	V = 25.94 m/s	65.0	60.2	61.0	60.5	62.8	62.8	67.1	65.8	91.5	242.0	174.5	162.7	160.9	160.1	161.4	162.0	162.8								
No. 1-1-1-5	"	V = 34.11 m/s	113.1	102.6	102.6	103.1	108.2	107.5	118.8	114.5	157	423.2	302.5	282.1	277.7	276.4	280.4	280.9	281.8								
No. 1-1-1-6	"	V = 5.98 m/s	2.8	2.5	2.5	2.2	2.7	3.1	3.0	2.7	3.9	10.2	7.1	7.6	7.7	7.8	8.4	7.8	8.4								
No. 1-1-1-7	"	V = 10.84 m/s	10.2	9.5	10.3	10.4	11.2	11.0	11.6	11.6	15.4	40.8	28.4	27.7	27.2	27.4	28.2	27.9	28.3								
No. 1-1-1-8	"	V = 18.36 m/s	32.2	30.1	30.5	30.3	30.9	31.3	33.4	33.6	46.0	121.7	87.9	81.3	81.3	81.0	82.0	82.6	82.9								
No. 1-1-1-9	"	V = 26.16 m/s	64.7	60.7	61.6	61.1	63.2	62.6	67.5	66.5	90.0	246.9	174.4	163.4	162.1	160.8	163.0	163.9	164.7								
No. 1-1-1-10	"	V = 34.19 m/s	111.6	104.2	104.3	103.8	107.6	107.1	115.1	114.7	159	425.5	307.1	283.2	280.1	277.5	281.0	283.0	284.5								
No. 1-1-2-1	Z型直角二重曲り・ ベーン付	V = 7.32 m/s	4.5	4.2	4.2	4.1	4.2	4.2	4.4	4.7	1.3	5.8	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	7.0	7.0								
No. 1-1-2-2	"	V = 14.00 m/s	19.1	16.2	16.6	16.2	16.7	17.0	17.4	18.0	5.5	23.5	24.5	24.7	25.0	25.1	25.1	26.1	26.6								
No. 1-1-2-3	"	V = 23.32 m/s	55.23	46.7	47.0	46.9	48.4	48.5	51.1	51.5	15.0	68.0	68.9	69.9	70.5	71.3	71.8	73.4	73.7								
No. 1-1-2-4	"	V = 33.56 m/s	107.2	96.5	96.5	95.4	101.0	100.9	108.1	105.3	32.0	141.5	143.6	143.7	144.3	146.3	148.5	150.8	152.5								
No. 1-1-2-5	"	V = 43.62 m/s	182.8	168.2	168.2	166.0	173.5	172.9	184.0	184.0	51.6	240.4	244.2	246.4	250.0	250.7	255.8	259.0	261.6								
No. 1-1-2-6	"	V = 7.55 m/s	5.5	5.0	5.0	4.6	5.2	5.4	5.4	5.4	1.5	7.0	7.5	7.6	7.7	7.8	7.7	7.8	8.2								
No. 1-1-2-7	"	V = 11.79 m/s	17.7	16.7	17.0	16.9	17.2	17.9	18.5	17.5	5.1	24.7	25.1	25.1	25.4	25.6	25.7	26.4	26.9								
No. 1-1-2-8	"	V = 23.55 m/s	52.4	47.0	47.2	46.9	49.2	48.8	52.3	52.2	14.0	68.3	69.7	69.1	71.5	72.5	73.1	75.1	75.5								
No. 1-1-2-9	"	V = 33.51 m/s	102.2	95.9	96.4	96.3	100.7	99.4	106.9	105.6	31.6	139.3	141.3	141.1	142.7	143.4	146.0	148.9	152.1								
No. 1-1-2-10	"	V = 43.32 m/s	177.8	164.3	161.4	161.3	168.1	166.1	178.9	177.1	47.2	231.9	236.1	235.9	241.6	241.0	245.3	249.3	251.8								
No. 1-2-1-1	Z型R付二重曲り・ ベーン無	V = 7.43 m/s	5.0	4.9	4.6	5.1	5.4	5.2	5.4	5.6	0.7	6.1	6.5	6.5	6.6	6.5	6.6	6.5	7.0								
No. 1-2-1-2	"	V = 14.29 m/s	18.7	16.8	16.8	16.9	18.6	18.2	19.7	19.6	2.5	22.6	23.5	23.4	23.7	23.8	24.4	24.9	25.1								
No. 1-2-1-3	"	V = 24.37 m/s	56.0	52.4	51.9	52.1	53.5	53.7	57.1	57.6	7.4	68.3	67.8	67.4	68.9	69.7	70.4	71.6	73.5								
No. 1-2-1-4	"	V = 34.33 m/s	112.4	105.3	101.2	104.3	108.1	107.3	115.1	113.0	15.0	137.5	137.1	137.9	139.5	140.6	143.6	146.1	148.8								
No. 1-2-1-5	"	V = 44.51 m/s	188.8	174.9	174.4	173.7	182.8	178.0	195.5	187.6	33.3	236.1	239.3	236.5	241.3	241.3	246.3	248.2	251.6								
No. 1-2-1-6	"	V = 7.76 m/s	5.0	4.6	4.6	5.2	5.4	5.9	5.6	5.7	0.8	6.3	6.8	6.8	6.9	6.8	7.0	7.0	7.3								
No. 1-2-1-7	"	V = 14.20 m/s	19.9	17.8	17.8	18.3	18.9	18.6	19.4	19.7	2.6	23.4	24.0	23.4	24.0	24.2	25.0	25.1	25.8								
No. 1-2-1-8	"	V = 24.71 m/s	57.3	52.7	52.9	52.3	56.0	55.1	58.6	58.9	7.9	70.2	70.1	70.5	72.5	71.9	73.6	75.5	76.3								
No. 1-2-1-9	"	V = 34.37 m/s	111.9	102.8	102.8	100.6	107.8	106.9	114.5	117.6	16.0	136.6	137.8	137.7	139.2	142.0	143.3	145.6	147.1								
No. 1-2-1-10	"	V = 44.62 m/s	187.6	175.7	175.4	173.7	182.9	179.9	172.8	190.7	31.0	234.1	236.0	235.3	239.5	241.4	245.6	249.0	252.5								
No. 1-2-2-1	Z型R付二重曲り・ ベーン付	V = 7.01 m/s	4.8	3.9	4.1	4.1	4.6	4.3	4.8	4.8	0.8	5.8	6.0	5.9	6.0	6.3	6.0	6.5	6.3								
No. 1-2-2-2	"	V = 14.22 m/s	18.2	17.3	17.8	17.7	18.1	18.0	18.9	19.2	3.7	23.0	23.7	23.6	24.3	24.4	24.6	25.2	25.3								

付表-2(2) 多重曲り部の実験結果総括表

実験番号	曲り部形状	条件	静圧測定点番号										曲り部の 静圧差 (ΔP)	⑰⑱	⑲⑳	㉑㉒	㉓㉔	㉕㉖	㉗㉘	㉙㉚	㉛㉜	㉝㉞	㉟㊱	㊲㊳	㊴㊵		
			①②	③④	⑤⑥	⑦⑧	⑨⑩	⑪⑫	⑬⑭	⑮⑯																	
No 1-2-2-3	Z型R付二重曲・ベ ーン付	V = 24.36 m/s	56.5	51.1	51.4	51.4	53.5	52.6	56.0	55.6	10.3	65.2	67.2	67.7	67.9	69.3	71.0	72.1	72.7								
No 1-2-2-4	"	V = 34.56 m/s	109.6	101.7	102.6	102.1	105.1	105.8	114.7	111.3	21.4	132.9	134.4	135.3	137.5	139.1	140.7	143.3	149.1								
No 1-2-2-5	"	V = 45.48 m/s	193.7	177.2	177.0	173.7	182.6	182.2	192.7	190.6	33.5	224.6	231.2	233.8	236.9	240.6	244.8	249.1	252.1								
No 1-2-2-6	"	V = 72.3 m/s	4.9	4.6	4.9	4.9	5.1	4.9	5.4	5.2	0.85	6.4	6.7	6.8	6.8	6.8	6.9	6.9	7.1								
No 1-2-2-7	"	V = 14.20 m/s	19.0	17.3	17.9	17.4	18.2	18.4	19.4	19.4	3.4	22.7	23.7	23.7	24.2	23.9	24.8	25.2	25.5								
No 1-2-2-8	"	V = 24.22 m/s	54.8	51.0	51.2	50.8	52.8	52.2	56.7	55.8	9.8	66.0	67.2	67.1	68.3	69.1	70.5	72.3	73.4								
No 1-2-2-9	"	V = 34.68 m/s	114.2	102.9	103.4	102.7	107.1	106.3	113.9	112.3	21.0	133.9	136.6	137.1	140.0	139.6	142.6	145.4	146.9								
No 1-2-2-10	"	V = 45.14 m/s	189.8	173.7	176.1	172.5	180.7	180.5	192.1	188.6	31.5	217.3	227.2	230.2	236.2	234.9	241.0	246.2	248.3								
No 2-1-1-1	ねじり型二重曲り管 (コーナーベーン無)	V = 5.67 m/s	2.5	1.9	1.9	1.9	1.9	2.1	2.1	2.3	4.6	7.5	7.4	7.3	7.1	7.4	7.6	7.6	7.6	7.6	7.8	7.7	8.0				
No 2-1-1-2	"	V = 10.80 m/s	10.1	8.7	8.3	8.5	8.8	8.5	9.1	9.8	17.1	29.3	28.5	28.3	28.0	30.0	28.7	29.3	29.9	30.1	30.9	31.0	31.0				
No 2-1-1-3	"	V = 16.95 m/s	28.2	26.1	25.6	26.2	25.6	26.1	27.3	27.4	52.0	86.1	83.1	81.6	81.5	82.7	84.2	85.9	86.9	87.4	86.8	88.7	88.5				
No 2-1-1-4	"	V = 24.09 m/s	55.3	49.1	49.6	50.7	50.4	52.5	54.3	54.0	102	172.4	167.1	162.8	162.8	165.2	170.0	168.2	171.3	171.7	174.7	175.6	176.2				
No 2-1-1-5	"	V = 29.60 m/s	89.0	78.8	79.2	80.4	81.0	82.7	85.8	85.0	161	271.3	256.2	258.7	257.3	264.4	267.7	269.1	272.7	270.8	277.0	278.5	281.7				
No 2-1-1-6	"	V = 5.52 m/s	2.2	2.1	2.1	2.1	2.0	2.1	2.3	2.4	4.6	7.1	7.6	7.3	7.2	7.1	7.1	7.3	7.5	7.6	7.5	7.9	7.9				
No 2-1-1-7	"	V = 10.90 m/s	9.7	8.5	8.3	8.3	8.4	8.6	9.1	9.3	17.0	28.5	28.3	27.3	27.5	28.8	28.5	29.2	29.7	29.9	30.7	30.8	30.5				
No 2-1-1-8	"	V = 12.35 m/s	27.9	25.2	25.0	25.4	25.0	26.0	27.1	26.9	52.0	86.0	84.6	82.0	82.7	84.5	83.7	86.8	87.5	88.4	89.0	89.3	90.1				
No 2-1-1-9	"	V = 23.56 m/s	55.7	49.5	49.0	50.2	51.0	52.7	53.9	53.4	102	170.3	167.2	166.9	162.4	166.3	168.2	169.2	169.8	170.7	173.9	174.7	175.7				
No 2-1-1-10	"	V = 28.90 m/s	87.5	77.7	78.5	78.7	79.0	81.2	80.9	86.2	161	268.9	264.5	257.0	256.2	261.7	266.1	268.5	270.7	269.3	273.2	276.8	278.5				
No 2-1-2-1	ねじり型二重曲り管 (コーナーベーン1ヶ付)	V = 6.64 m/s	3.9	3.6	3.6	3.8	3.6	3.8	4.0	4.3	3.0	9.0	8.1	7.8	7.8	8.0	8.0	7.8	8.1	8.2	8.4	8.5	8.6				
No 2-1-2-2	"	V = 12.55 m/s	14.6	13.4	13.4	13.7	13.7	14.3	14.7	14.9	10.3	32.6	27.7	26.9	26.6	27.0	27.3	27.3	28.0	28.3	28.7	28.6	29.0				
No 2-1-2-3	"	V = 21.07 m/s	39.4	36.5	36.8	37.6	37.6	38.3	40.9	40.4	29.0	89.9	78.2	75.2	74.4	75.6	75.7	77.1	78.4	78.9	78.9	80.6	80.8				
No 2-1-2-4	"	V = 29.63 m/s	80.0	76.8	72.7	73.9	76.3	78.7	82.1	81.2	57.0	182.5	154.0	147.9	146.9	148.1	151.5	151.1	152.0	153.4	155.3	156.5	158.2				
No 2-1-2-5	"	V = 37.17 m/s	125.6	116.3	115.0	118.3	119.4	123.0	128.2	127.5	92.0	286.9	242.7	232.8	231.0	234.1	237.0	237.8	240.9	241.5	244.5	249.7	251.8				
No 2-1-2-6	"	V = 6.65 m/s	3.6	3.8	3.6	3.6	3.6	4.0	4.2	4.4	3.0	9.2	8.3	8.1	7.9	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.3	8.3	8.5				
No 2-1-2-7	"	V = 12.79 m/s	14.5	13.5	13.4	14.5	13.8	14.1	14.7	14.7	10.6	33.2	28.2	27.7	27.1	27.6	27.8	29.3	28.3	28.3	29.2	29.4	30.0				
No 2-1-2-8	"	V = 21.32 m/s	42.0	37.9	37.2	37.7	38.1	40.4	42.0	42.0	29.0	92.2	79.3	77.6	75.7	76.8	77.4	78.7	78.9	79.7	85.1	82.0	82.3				
No 2-1-2-9	"	V = 30.02 m/s	82.6	75.4	74.7	77.4	76.0	78.2	81.8	83.0	58.0	185.0	157.2	151.9	148.5	151.8	153.1	153.3	155.8	156.3	157.4	161.5	161.1				
No 2-1-2-10	"	V = 37.18 m/s	126.7	113.4	114.8	116.9	117.1	121.7	116.4	125.6	97.0	285.0	243.5	235.4	233.3	237.3	238.6	240.3	242.5	243.3	245.4	250.5	252.3				
No 2-1-3-1	ねじり型二重曲り管 (コーナーベーン2ヶ付)	V = 7.47 m/s	5.2	4.9	5.0	4.8	4.9	4.9	5.0	5.0	1.7	6.9	7.2	7.1	7.3	7.3	7.5	7.5	7.7	8.0	7.9	8.3	8.2				
No 2-1-3-2	"	V = 13.79 m/s	19.2	17.1	16.8	16.5	17.0	17.2	18.1	18.2	6.8	25.7	25.5	25.8	26.2	26.4	27.1	27.3	27.7	27.4	28.0	28.7	28.5				
No 2-1-3-3	"	V = 22.54 m/s	49.7	45.0	45.0	45.3	48.9	47.3	50.0	49.4	16.0	70.5	70.4	70.0	70.9	61.8	73.1	73.9	74.9	75.4	75.9	78.1	78.5				
No 2-1-3-4	"	V = 32.39 m/s	114.4	91.4	91.6	92.9	93.1	96.4	101.0	99.9	34.0	141.6	143.0	142.5	142.6	146.1	149.4	150.0	152.5	153.2	155.2	158.5	158.8				

付表-2(3) 多重曲り部の実験結果総括表

実験番号	曲り部形状	条件	静圧測定点番号										曲り部の 静圧差 (ΔP)	⑬⑬	⑭⑭	⑮⑮	⑯⑯	⑰⑰	⑱⑱	⑲⑲	⑳㉑	㉒㉒	㉓㉓	㉔㉔	㉕㉕	㉖㉖	㉗㉗	㉘㉘
			①②	③④	⑤⑥	⑦⑧	⑨⑩	⑪⑫	⑬⑭	⑮⑯	⑰⑱	⑲⑲																
Na 2-1-3-5	ねじり型二重曲り管 (コーナーベーン2ヶ付)	$V = 41.89 \text{ m/s}$	169.9	152.1	152.1	154.0	154.7	159.0	168.2	166.3	59.0	235.3	237.7	237.3	238.3	244.1	246.7	248.9	244.4	254.3	258.2	264.2	274.8					
Na 2-1-3-6	"	$V = 7.15 \text{ m/s}$	5.0	4.3	4.4	4.3	4.6	4.3	4.4	4.5	1.4	6.3	6.3	6.5	6.5	6.5	6.7	6.7	6.8	6.9	7.1	7.3	7.3					
Na 2-1-3-7	"	$V = 13.40 \text{ m/s}$	17.8	16.0	15.8	15.9	16.2	16.5	17.1	17.3	6.2	24.3	24.4	24.8	24.8	25.3	25.5	26.1	26.2	27.6	27.1	27.5	27.5					
Na 2-1-3-8	"	$V = 22.72 \text{ m/s}$	50.5	45.2	45.0	45.3	46.2	47.3	49.7	50.1	16.0	69.8	70.1	70.3	70.9	72.5	73.1	73.7	75.0	75.6	76.8	78.6	78.8					
Na 2-1-3-9	"	$V = 32.41 \text{ m/s}$	101.8	92.5	92.5	93.8	94.5	96.9	101.7	99.6	34.0	142.3	143.6	144.9	144.0	144.9	148.7	149.7	151.3	153.7	156.2	160.4	160.8					
Na 2-1-3-10	"	$V = 42.69 \text{ m/s}$	178.0	159.2	159.2	161.5	162.3	167.5	176.6	175.4	59.0	245.0	248.7	248.0	249.6	253.3	257.1	258.4	263.7	265.3	269.2	276.4	277.8					
Na 2-2-1-1	ねじり型R付二重曲り管 (コーナーベーン無)	$V = 7.50 \text{ m/s}$	4.6	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.4	4.6	4.0	9.0	9.2	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0	10.1	10.3	10.7	10.7	10.9					
Na 2-2-1-2	"	$V = 12.46 \text{ m/s}$	14.0	11.7	11.9	11.7	12.3	12.1	13.0	13.2	12.4	25.9	27.4	25.5	26.8	27.4	27.6	28.2	28.2	28.6	28.9	29.1	29.7					
Na 2-2-1-3	"	$V = 21.63 \text{ m/s}$	39.3	35.8	36.6	36.8	36.8	37.6	39.7	40.2	30.5	77.8	79.4	76.3	78.6	80.7	81.5	83.6	83.8	85.8	85.5	87.6	89.3					
Na 2-2-1-4	"	$V = 30.60 \text{ m/s}$	79.4	73.2	72.5	72.9	73.8	76.1	79.6	78.8	66.0	154.9	158.4	154.1	155.9	159.5	164.7	166.0	166.6	169.1	170.3	172.5	174.5					
Na 2-2-1-5	"	$V = 39.54 \text{ m/s}$	125.4	116.0	116.6	117.9	120.2	120.6	129.2	126.3	106	248.1	251.5	243.1	251.9	253.7	259.8	264.8	263.6	268.8	269.0	277.8	280.5					
Na 2-2-1-6	"	$V = 7.00 \text{ m/s}$	3.9	3.8	3.5	3.5	3.7	3.8	3.5	3.8	4.1	8.1	7.9	9.4	8.7	8.9	9.1	9.1	9.4	9.3	9.4	9.6	9.8					
Na 2-2-1-7	"	$V = 12.41 \text{ m/s}$	13.3	11.9	11.6	12.2	12.5	12.7	13.9	12.9	12.2	25.9	27.8	27.1	27.0	27.9	28.2	29.4	28.8	29.8	30.2	30.9	31.1					
Na 2-2-1-8	"	$V = 21.15 \text{ m/s}$	41.5	36.4	36.0	37.0	37.3	38.6	40.6	40.4	33.0	79.8	80.6	78.0	81.0	82.5	81.5	84.3	85.5	87.4	87.8	88.4	90.5					
Na 2-2-1-9	"	$V = 31.40 \text{ m/s}$	82.8	73.1	71.3	73.3	74.1	76.0	81.1	73.0	66.0	157.4	163.2	156.4	161.2	161.6	161.8	168.7	167.2	169.8	173.7	174.1	177.9					
Na 2-2-1-10	"	$V = 39.24 \text{ m/s}$	129.8	117.7	117.2	118.4	119.0	122.5	129.5	127.6	112	251.1	265.0	256.9	258.7	261.9	267.9	263.0	266.6	275.4	278.5	282.3	285.8					
Na 2-2-2-1	ねじり型R付二重曲り管 (コーナーベーン1ヶ付)	$V = 7.13 \text{ m/s}$	5.6	5.0	4.6	4.6	4.5	4.6	4.9	4.6	3.8	8.4	8.4	8.3	8.4	8.6	8.7	8.7	8.7	9.0	9.1	9.3	9.4					
Na 2-2-2-2	"	$V = 12.14 \text{ m/s}$	14.6	12.7	12.7	13.2	13.3	13.6	14.5	14.2	7.9	23.6	23.6	23.6	23.4	24.0	24.5	25.1	25.5	25.3	25.5	26.1	26.1					
Na 2-2-2-3	"	$V = 22.15 \text{ m/s}$	47.0	42.4	42.4	43.2	43.0	43.3	45.9	46.4	30.0	78.8	76.6	77.4	77.6	80.2	80.2	81.5	81.8	83.2	82.8	84.6	85.3					
Na 2-2-2-4	"	$V = 31.13 \text{ m/s}$	91.9	83.6	81.9	83.4	84.2	86.1	90.8	88.9	55.0	156.4	154.6	152.8	152.8	156.2	158.2	159.5	161.2	163.0	165.7	168.7	170.6					
Na 2-2-2-5	"	$V = 40.70 \text{ m/s}$	154.9	139.6	139.4	139.4	139.8	146.1	121.9	151.7	93.0	261.9	256.9	256.7	256.0	263.6	266.9	266.9	269.7	270.1	273.0	280.1	280.5					
Na 2-2-2-6	"	$V = 7.19 \text{ m/s}$	4.8	4.1	4.2	4.4	4.2	4.4	4.7	4.6	3.8	7.8	8.1	7.9	7.9	8.1	8.5	8.6	8.7	8.8	9.1	9.2	9.2					
Na 2-2-2-7	"	$V = 12.98 \text{ m/s}$	17.8	15.0	15.0	15.0	15.2	15.7	16.1	16.3	9.4	27.8	27.4	26.9	26.9	27.8	28.2	28.0	28.6	28.8	29.1	29.7	29.9					
Na 2-2-2-8	"	$V = 22.31 \text{ m/s}$	47.7	42.4	42.8	42.4	42.7	44.1	46.3	45.9	30.0	79.2	78.4	77.8	78.3	79.4	80.5	81.7	82.7	83.9	84.4	85.5	86.2					
Na 2-2-2-9	"	$V = 31.46 \text{ m/s}$	94.1	84.2	84.7	84.6	84.3	87.0	90.9	89.1	55.0	156.8	153.4	151.7	151.8	155.5	157.5	158.6	160.8	162.6	163.3	165.7	166.9					
Na 2-2-2-10	"	$V = 40.42 \text{ m/s}$	152.2	137.8	131.7	137.7	137.5	140.4	148.8	149.4	96.0	255.2	253.5	261.5	268.4	258.1	262.6	261.9	265.4	279.8	269.4	273.3	277.2					
Na 2-2-3-1	ねじり型R付二重曲り管 (コーナーベーン2ヶ付)	$V = 7.34 \text{ m/s}$	5.2	5.0	5.0	5.0	4.7	4.8	5.1	5.2	1.75	7.4	7.1	7.4	7.4	7.7	7.8	7.9	80.0	7.9	8.1	8.4	8.1					
Na 2-2-3-2	"	$V = 13.13 \text{ m/s}$	17.4	15.5	15.5	15.2	15.5	15.9	16.6	16.5	6.3	23.8	23.6	23.6	23.8	24.4	24.8	24.9	25.2	25.5	26.0	26.1	26.0					
Na 2-2-3-3	"	$V = 23.11 \text{ m/s}$	49.7	45.1	45.5	45.6	46.4	47.4	50.4	50.4	16.0	72.0	71.1	71.5	71.9	73.8	74.5	76.0	77.1	77.4	87.3	80.3	80.8					
Na 2-2-3-4	"	$V = 31.40 \text{ m/s}$	96.9	88.5	87.8	88.6	89.6	91.7	97.0	95.4	33.5	136.3	136.9	136.3	136.2	139.1	141.4	142.4	143.2	145.7	147.4	150.6	151.2					
Na 2-2-3-5	"	$V = 42.34 \text{ m/s}$	171.3	157.6	157.6	158.0	159.6	164.6	174.4	171.6	64.0	246.4	245.6	243.7	243.3	251.3	254.5	255.4	258.9	260.4	264.2	268.6	271.5					
Na 2-2-3-6	"	$V = 7.41 \text{ m/s}$	5.2	5.0	4.9	4.7	4.8	4.9	5.3	5.2	1.75	7.5	7.3	7.4	7.4	7.7	7.7	7.8	7.8	7.9	8.3	8.5	8.1					

付表 - 2 (4) 多重曲り部の実験結果総括表

静圧測定点番号			①②	③④	⑤⑥	⑦⑧	⑨⑩	⑪⑫	⑬⑭	⑮⑯	曲り部の 静圧差 (ΔP)	⑰⑱	⑲㉑	㉓㉔	㉕㉖	㉗㉘	㉙㉚	㉛㉜	㉝㉞	㉟㊱	㊳㊴	㊵㊶	㊷㊸	㊹㊺
実験番号	曲り部形状	条件																						
Na 2-2-3-7	ねじり型R付二重曲り管 (コーナーステン2ヶ付)	V = 13.18 m/s	16.7	15.5	15.5	15.6	15.6	15.8	16.7	16.8	6.0	24.0	23.5	23.8	23.9	24.4	24.9	25.0	25.2	25.7	26.2	26.6	26.5	
Na 2-2-3-8	"	V = 23.25 m/s	51.6	47.2	47.3	47.7	48.1	49.1	52.3	51.9	18.5	74.7	73.8	73.6	73.8	75.8	76.8	77.8	78.5	79.5	80.0	81.2	82.0	
Na 2-2-3-9	"	V = 31.36 m/s	95.4	87.2	87.7	88.3	89.0	92.2	97.3	94.5	33.5	136.6	135.4	135.5	134.9	138.5	141.0	141.7	143.4	145.1	147.1	149.7	150.5	
Na 2-2-3-10	"	V = 42.08 m/s	174.5	156.7	155.8	158.2	158.5	163.6	172.8	170.8	63.0	243.1	242.8	241.3	240.0	247.7	251.8	253.1	254.8	258.0	262.3	266.7	270.7	

付表-3(1) 多重曲り部の実験装置の定数(入口, 摩擦損失係数)

実験番号	風速 V (m/s)	静圧差 (mm Aq)	摩擦損失係数 (λ)	入口損失係数 (ζ_{in})	摘 要
1-1-1-1	553	0.4	0.0152	0.701	
2	1078	1.4	0.0140	0.469	
3	1841	3.7	0.0127	0.406	
4	2594	6.0	0.0103	0.426	
5	3411	14.0	0.0140	0.398	
6	588	0.5	0.0168	0.223	
7	1084	1.9	0.0188	0.356	
8	1836	4.4	0.0152	0.380	
9	2616	6.3	0.0107	0.440	
10	3419	14.0	0.0139	0.391	
平均値	19.02	5.26	0.01416	0.419	
1-1-2-1	732	0.6	0.0130	0.153	
2	1400	3.3	0.0196	0.220	
3	2332	5.4	0.0115	0.345	
4	3356	10.6	0.0109	0.357	
5	4362	24.4	0.0149	0.350	
6	755	0.7	0.0143	0.341	
7	1179	3.6	0.0301	0.790	
8	2355	7.4	0.0155	0.319	
9	3351	12.0	0.0124	0.370	
10	4332	24.0	0.0149	0.330	
平均値	241.54	9.2	0.01571	0.3575	
1-2-1-1	743	0.6	0.0126	0.443	
2	1429	2.9	0.0165	0.330	
3	2437	8	0.0136	0.342	
4	3433	18	0.0177	0.352	
5	4451	34	0.0199	0.321	
6	776	0.7	0.0135	0.350	
7	1420	2.5	0.0144	0.395	
8	2471	8	0.0152	0.358	
9	3437	20	0.0197	0.335	
10	4462	34	0.0198	0.315	
平均値	250.59	12.87	0.01629	0.3541	

実験番号	風速 V (m/s)	静圧差 (mm Aq)	摩擦損失係数 (λ)	入口損失係数 (ζ_{in})	摘 要
1-2-2-1	701	1.1	0.0260	0.224	
2	1422	1.6	0.00919	0.383	
3	2436	5	0.00919	0.370	
4	3456	7.5	0.0117	0.355	
5	4548	17.5	0.00983	0.344	
6	723	0.8	0.0178	0.431	
7	1420	2.0	0.0115	0.387	
8	2422	6	0.0119	0.358	
9	3468	8.5	0.00821	0.365	
10	4514	15.5	0.00883	0.377	
平均値	25.11	6.55	0.0116203	0.3594	
1-1-1-1	553	0.9	0.0342		
2	1078	0.6	0.0060		
3	1841	2.0	0.0069		
4	2594	5	0.0086		
5	3411	8	0.0080		
6	588	0.9	0.0302		
7	1084	0.7	0.0069		
8	1836	2	0.0069		
9	2616	5	0.0137		
10	3419	8	0.0080		
平均値	19.02	3.31	0.01294		
1-1-2-1	732	1	0.0217		
2	1400	1.4	0.0083		
3	2332	2	0.0043		
4	3356	3	0.0031		
5	4362	4	0.0024		
6	755	1.0	0.0238		
7	1179	1.6	0.0134		
8	2355	2	0.0042		
9	3351	3	0.0031		
10	4332	5	0.0031		
平均値	241.54	2.4	0.00874		

付表-3(2) 多重曲り部の実験装置の定数(入口, 摩擦損失係数)

実験番号	風速 V (m/s)	静圧差 mm A _g 2	摩擦損失係数 λ	入口損失係数 (ζ_{in})	摘 要
1-2-1-1	743	10	0.0211		
2	1429	14	0.0080		
3	2437	4	0.0078		
4	3433	11	0.0108		
5	4451	20	0.0117		
6	776	1.0	0.0193		
7	1420	1.6	0.0092		
8	2471	6	0.0114		
9	3437	10	0.0098		
10	4462	22	0.0128		
平均値	25059	7.8	0.01219		
1-2-2-1	701	0.3	0.0071		
2	1422	2.3	0.0132		
3	2436	6	0.0117		
4	3456	12	0.0117		
5	4548	17	0.0095		
6	723	0.4	0.0089		
7	1420	2.1	0.0121		
8	2422	7	0.0139		
9	3468	12	0.0116		
10	4514	16	0.0091		
平均値	2511	7.51	0.01088		
2-1-1-1	567	0.5	0.0181	-0.090	
2	1080	0.9	0.0090	0.103	
3	1695	3	0.0121	0.358	
4	2409	5	0.0100	0.345	
5	2960	8	0.0106	0.410	
6	552	0.5	0.0191	-0.039	
7	1090	0.9	0.0088	0.109	
8	1735	3	0.0116	0.296	
9	2356	5	0.0105	0.406	
10	2896	8	0.0111	0.583	
平均値	1734	3.48	0.01209	0.2481	

実験番号	風速 V (m/s)	静圧差 mm A _g 2	摩擦損失係数 λ	入口損失係数 (ζ_{in})	摘 要
2-1-2-1	664	0.8	0.0211	0.254	
2	1225	2.0	0.0155	0.387	
3	2107	6	0.0157	0.245	
4	2963	13	0.0172	0.259	
5	3717	16	0.0135	0.295	
6	665	0.8	0.0210	0.250	
7	1279	2.0	0.0142	0.272	
8	2132	6	0.0153	0.288	
9	3002	11	0.0142	0.291	
10	3718	16	0.0134	0.294	
平均値	22472	7.36	0.01611	0.2835	
2-1-3-1	747	0.3	0.0062	0.195	
2	1379	1.8	0.0110	0.300	
3	2254	8	0.0183	0.344	
4	3239	30	0.0332	0.085	
5	4189	20	0.0134	0.344	
6	715	0.2	0.0045	0.527	
7	1340	1.5	0.0097	0.467	
8	2272	8	0.0180	0.323	
9	3241	30	0.0332	0.084	
10	4269	24	0.0153	0.338	
平均値	23645	12.38	0.01628	0.3007	
2-1-1-1	567	0.8	0.0289		
2	1080	4.7	0.0468		
3	1695	9.6	0.0364		
4	2409	26	0.0521		
5	2960	27	0.0358		
6	552	0.8	0.0305		
7	1090	4.6	0.0450		
8	1735	9.6	0.0347		
9	2356	26	0.0544		
10	2890	27	0.0376		
平均値	17334	13.61	0.04022		

付表-3(3) 多重曲り部の実験装置の定数(入口, 摩擦損失係数)

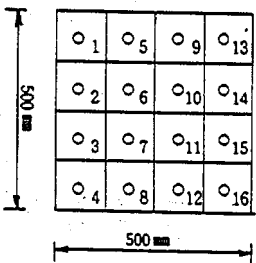
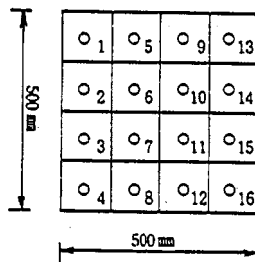
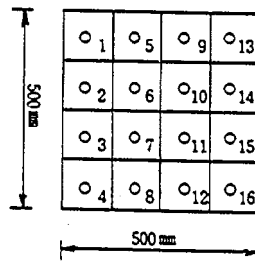
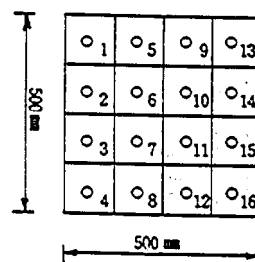
実験番号	風速 V (m/s)	静圧差 (mm Aq)	摩擦損失係数 (λ)	入口損失係数 (ζ_{in})	摘 要
2-1-2-1	664	12	0.0316		
2	1255	32	0.0236		
3	2107	90	0.0236		
4	2963	150	0.0199		
5	3717	270	0.0227		
6	665	12	0.0315		
7	1279	38	0.0270		
8	2132	90	0.0230		
9	3002	17	0.0219		
10	3718	23	0.0193		
平均値	21502	1094	0.02441		
2-1-3-1	747	12	0.0250		
2	1379	37	0.0226		
3	2254	100	0.0229		
4	3239	23	0.0255		
5	4189	34	0.0255		
6	715	14	0.0318		
7	1340	37	0.0239		
8	2272	10	0.0225		
9	3241	23	0.0254		
10	4269	37	0.0236		
平均値	23645	147	0.02487		
2-2-1-1	750	0.7	0.0145	-0.046	
2	1246	19	0.0142	0.163	
3	2163	60	0.0149	0.186	
4	3060	12	0.0149	0.181	
5	3954	13	0.0097	0.186	
6	700	0.6	0.0142	0.294	
7	1241	21	0.0158	0.172	
8	2115	60	0.0156	0.236	
9	3140	12	0.0141	0.121	
10	3924	13	0.0098	0.204	
平均値	22293	673	0.01377	0.1697	

実験番号	風速 V (m/s)	静圧差 (mm Aq)	摩擦損失係数 (λ)	入口損失係数 (ζ_{in})	摘 要
2-2-2-1	713	0.7	0.0160	0.247	
2	1214	20	0.0158	0.346	
3	2215	60	0.0142	0.326	
4	3113	10	0.0120	0.342	
5	4070	22	0.0154	0.237	
6	719	0.5	0.0112	0.352	
7	1298	18	0.0124	0.340	
8	2231	60	0.0140	0.307	
9	3146	10	0.0117	0.314	
10	4042	20	0.0142	0.304	
平均値	22761	79	0.01369	0.3115	
2-2-3-1	734	0.5	0.0108	0.388	
2	1313	18	0.0121	0.396	
3	2311	80	0.0174	0.279	
4	3140	10	0.0118	0.385	
5	4234	20	0.0130	0.342	
6	741	0.5	0.0106	0.362	
7	1318	18	0.0120	0.385	
8	2325	70	0.0150	0.324	
9	3136	10	0.0118	0.389	
10	4208	19	0.0125	0.387	
平均値	2346	786	0.0127	0.3637	
2-2-1-1	750	1.5	0.0310		
2	1246	35	0.0262		
3	2163	14	0.0348		
4	3060	24	0.0298		
5	3954	39	0.0290		
6	700	21	0.0498		
7	1241	50	0.0377		
8	2115	14	0.0363		
9	3140	28	0.0330		
10	3924	41	0.0309		
平均値	22293	1721	0.03385		

付表-3(4) 多重曲り部の実験装置の定数(入口, 摩擦損失係数)

実験番号	風 速 V (m/s)	静 圧 差 (mm Aq)	摩擦損失係数 (λ)	入口損失係数 (ζ_{in})	摘 要
2-2-2-1	713	14	0.0320		
2	1214	34	0.0268		
3	2215	7.0	0.0166		
4	3113	20	0.0240		
5	4070	28	0.0196		
6	719	12	0.0270		
7	1298	3.8	0.0262		
8	2231	7.0	0.0163		
9	3146	20	0.0235		
10	4042	30	0.0213		
平均値	22761	1218	0.02333		
2-2-3-1	734	14	0.0302		
2	1313	28	0.0189		
3	2311	12	0.0261		
4	3140	18	0.0212		
5	4234	34	0.0220		
6	741	14	0.0296		
7	1318	3.1	0.0207		
8	2325	11	0.0236		
9	3136	18	0.0216		
10	4208	30	0.0197		
平均値	2346	1317	0.02336		

付表 - 4 ピトトラバース結果総括表

断面	排気ダクト								車道部Ⅰ								車道部Ⅱ（合流）						車道部Ⅱ（通り抜け）					
測定位置	基準ピトー管（A），トラバース点（Te）								基準ピトー管（B），トラバース点（Ta）								基準ピトー管（C），トラバース点（e）						基準ピトー管（C），トラバース点（e）					
測点位置																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	1'	2'	3'	4'	5'	6'
1	690	1353	1689	1944	2692	3296	3322	4336	360	701	998	1404	1762	2268	2751	3480	386	665	1051	1296	1657	2184	440	737	1279	1994	2139	2474
2	748	1540	1878	2176	2979	3637	3734	4935	394	732	1099	1495	1776	2325	3076	3755	386	743	1054	1476	1841	2287	482	978	1413	2135	2084	2522
3	756	1491	1968	2201	2999	3608	3754	4870	410	710	1102	1449	1795	2302	3166	3862	418	785	1044	1452	1805	2274	533	910	1616	2007	2142	2504
4	671	1363	1780	1940	2712	3378	3386	4324	350	653	1023	1345	1713	2232	2794	3390	386	734	1060	1362	1786	2235	496	978	1805	2132	2101	2365
5	760	1493	1927	2208	2966	3587	3653	4838	394	715	1093	1465	1862	2422	3164	3919	386	725	1072	1376	1735	2326	508	1085	1638	2397	2496	2648
6	777	1589	2037	2345	3125	3708	3951	5058	433	788	1143	1551	1970	2517	3256	3938	440	751	1066	1534	1839	2425	533	888	1771	2601	2636	3119
7	777	1529	2028	2378	3135	3735	3902	5058	425	788	1171	1577	1994	2538	3325	3973	440	781	1121	1549	1875	2406	440	1001	1814	2399	2736	3019
8	769	1627	1885	2204	2990	3672	3719	4848	425	746	1105	1502	1806	2343	3219	3820	410	781	1116	1513	1891	2423	455	1336	2042	2386	2564	2579
9	769	1478	1842	2236	2964	3605	3715	4857	410	775	1108	1569	1822	2402	3214	3920	377	751	1110	1561	1874	2420	489	1413	1847	2309	2964	3037
10	806	1605	1962	2330	3159	3714	3923	5122	433	792	1154	1561	1963	2528	3359	3969	377	805	1119	1602	1961	2485	462	1148	1896	2512	3140	3324
11	825	1597	2001	2325	3191	3732	3910	5024	440	804	1173	1575	1958	2537	3454	4021	410	855	1217	1622	2078	2421	527	1227	2112	2595	3160	3303
12	765	1508	1940	2254	3013	3632	3717	4800	410	750	1096	1438	1811	2347	3182	3855	386	836	1133	1590	2003	2530	476	1519	2181	2559	2909	3030
13	708	1327	1712	1998	2702	3303	3330	4379	377	737	1004	1420	1798	2326	2928	3525	402	777	1035	1495	1798	2295	394	1683	2061	2240	3156	3295
14	798	1512	1902	2208	3004	3643	3662	4822	402	754	1126	1523	1907	2466	3114	3860	425	821	1116	1569	1941	2468	433	1573	2163	2486	3359	3457
15	794	1525	1831	2257	3021	3646	3729	4850	418	767	1128	1491	1871	2461	3201	3758	402	840	1169	1654	1998	2473	418	1606	2245	2527	3336	3386
16	726	1358	1774	2037	2729	3306	3394	4416	350	673	1048	1406	1793	2340	2908	3470	386	793	1101	1532	1937	2381	425	1706	2165	2514	3192	3209
①平均	759	1493	1885	2190	2961	3575	3675	4784	402	743	1098	1486	1850	2397	3132	3782	401	778	1099	1511	1876	2382	469	1237	1878	2362	2757	2954
②基準ピトー管	807	1601	2015	2348	3159	3809	3933	5109	394	760	1123	1521	1902	2442	3247	3854	429	815	1167	1612	1965	2506	476	1256	1908	2521	2816	3150
①/②	0941	0933	0935	0933	0937	0939	0934	0936	1.020	0.978	0.978	0.977	0.973	0.982	0.965	0.981	0.935	0.955	0.942	0.937	0.955	0.951	0.985	0.985	0.984	0.938	0.979	0.938
	m = 0.936 α = 0.003								m = 0.982 α = 0.018								m = 0.946 α = 0.011						m = 0.968 α = 0.021					

※ ①/②の m = 平均値, α = 標準偏差

付表-5 立坑集中排気部実験装置の定数(入口損失係数)

実験番号	レイノルズ数	入口損失静圧	風速	入口損失全圧	入口損失係数(ζ_{in})
1112	0.6568×10^5	$h_{in} = 0.38 \text{ mm Aq}$	$V_2 = 1.94 \text{ m/s}$	$h_{in} = 0.15 \text{ mm Aq}$	0.64
1114	14524	213	429	1.00	0.88
1115	20042	373	592	1.57	0.73
1116	23427	472	692	1.77	0.60
1123	13542	128	400	0.30	0.30
1124	22276	430	658	1.64	0.61
1125	29995	712	886	2.29	0.47
1126	38594	112	1140	3.21	0.40
1132	11951	121	353	0.44	0.58
1133	24883	48	735	1.48	0.44
1134	33516	72	990	1.17	0.19
1135	44011	155	1300	5.11	0.49
1136	63105	287	1864	7.33	0.34
1143	33008	77	975	1.85	0.32
1144	50884	161	1503	2.21	0.16
1145	65610	310	1938	7.90	0.34
1152	17571	23	519	0.64	0.39
1153	33415	92	987	3.21	0.54
1154	54269	219	1603	6.10	0.39
1162	20990	30	620	0.64	0.27
1163	41743	129	1233	3.55	0.38
1214	12966	11	383	0.20	0.22
1215	16758	21	495	0.59	0.39
1216	21328	33	630	0.86	0.35
1223	13813	163	408	0.61	0.59
1225	26711	565	789	1.82	0.48
1226	35378	90	1045	2.28	0.34
1234	31586	89	933	3.55	0.66
1243	32501	69	960	1.23	0.22
1244	48988	150	1447	2.62	0.20
1245	66931	310	1977	6.96	0.29
1253	35988	95	1063	2.55	0.37
1254	56402	211	1666	4.03	0.24
1272	27253	47	805	0.71	0.18
平均値	—	—	—	—	0.4115

付表-6 立坑集中排気部の実験装置の定数(摩擦損失係数)

実験番号	区間長	断面風速	動粘性係数	レイルズ数	静圧差	摩擦損失係数(λ)	実験番号	区間長	断面風速	動粘性係数	レイルズ数	静圧差	摩擦損失係数(λ)
1111	10 m	$V_e=662\text{m/s}$	14769×10^{-5}	224×10^5	0.96 mm Aq	$\lambda_e=1.7809 \times 10^{-2}$	1115	7.0 m	$V_e=592\text{m/s}$	14769×10^{-5}	200×10^5	0.46 mm Aq	$\lambda_{r2}=1.5244 \times 10^{-5}$
1114	"	1049	"	355×10^5	202	14924×10^{-2}	1116	"	692	"	234×10^5	0.76	18432×10^5
1115	"	1222	"	414×10^5	252	13719×10^{-2}	1124	"	658	"	223×10^5	0.6	16095×10^5
1125	"	2032	"	688×10^5	75	14767×10^{-2}	1133	"	735	"	249×10^5	0.85	18274×10^5
1134	"	2725	"	923×10^5	130	14233×10^{-2}	1135	"	130	"	440×10^5	1.9	13059×10^5
1135	"	3127	"	1059×10^5	172	14300×10^{-2}	1136	"	1864	"	631×10^5	3.9	13036×10^5
1144	"	3905	"	1322×10^5	231	12315×10^{-2}	1143	"	975	"	330×10^5	1.1	13439×10^5
1145	"	4413	"	1494×10^5	388	16197×10^{-2}	1154	"	1603	"	543×10^5	3.8	17175×10^5
1163	"	4318	"	1462×10^5	281	12252×10^{-2}	1163	"	1233	"	417×10^5	1.8	13751×10^5
1171	"	3610	"	1222×10^5	195	12165×10^{-2}	1172	"	804	"	272×10^5	1.0	17967×10^5
2144	"	964	"	326×10^5	1.78	15572×10^{-2}	1223	"	408	"	138×10^5	2.7	18838×10^5
2154	"	977	"	331×10^5	218	18567×10^{-2}	1224	"	620	"	210×10^5	0.6	18128×10^5
2233	"	1010	"	342×10^5	1.65	13150×10^{-2}	1233	"	425	"	144×10^5	1.9	12217×10^5
2254	"	1004	"	340×10^5	1.94	15646×10^{-2}	1243	"	960	"	325×10^5	1.5	18903×10^5
2263	"	1978	"	670×10^5	6.0	12467×10^{-2}	1244	"	1447	"	490×10^5	2.8	15531×10^5
2273	"	2186	"	740×10^5	8.5	14461×10^{-2}	1245	"	1977	"	669×10^5	4.8	14263×10^5
2284	"	1670	"	565×10^5	5.1	14867×10^{-2}	1254	"	1666	"	564×10^5	4.5	18830×10^5
平均						14554×10^{-2}	平均	"					16070×10^5
1111	10 m	$V_{r1}=688\text{m/s}$	14769×10^{-5}	233×10^5	0.65	$\lambda_{r1}=1.5948 \times 10^{-2}$	2144	7.0 m	$V_e=1373\text{m/s}$	14769×10^{-5}	465×10^5	271 mm Aq	$\lambda_{r2}=1.6696 \times 10^{-2}$
1122	"	1134	"	384×10^5	1.41	12734×10^{-2}	2145	"	1853	"	627×10^5	4.38	14815×10^{-2}
1123	"	1108	"	375×10^5	1.56	14758×10^{-2}	2154	"	1627	"	551×10^5	3.38	14829×10^{-2}
1132	"	1721	"	583×10^5	4.0	15685×10^{-2}	2164	"	1817	"	615×10^5	4.20	14775×10^{-2}
1135	"	1813	"	614×10^5	4.4	15547×10^{-2}	2174	"	2188	"	741×10^5	5.5	13343×10^{-2}
1141	"	2420	"	819×10^5	8.6	17055×10^{-2}	2184	"	2371	"	803×10^5	6.0	12396×10^{-2}
1154	"	2819	"	954×10^5	9.2	13446×10^{-2}	2233	"	713	"	241×10^5	0.82	18733×10^{-2}
1162	"	3181	"	1077×10^5	1.48	16987×10^{-2}	2234	"	1024	"	347×10^5	1.53	16946×10^{-2}
1163	"	3190	"	1080×10^5	1.26	14380×10^{-2}	2235	"	1339	"	453×10^5	2.61	16907×10^{-2}
2144	"	2372	"	803×10^5	8.05	16617×10^{-2}	2244	"	1505	"	510×10^5	3.25	16664×10^{-2}
2154	"	2741	"	928×10^5	8.75	13526×10^{-2}	2245	"	1817	"	615×10^5	4.79	16850×10^{-2}
2233	"	1807	"	612×10^5	4.95	17606×10^{-2}	2254	"	1668	"	565×10^5	3.92	16363×10^{-2}
2254	"	2682	"	908×10^5	10.10	16307×10^{-2}	2263	"	1189	"	403×10^5	1.5	12323×10^{-2}
2263	"	3327	"	1126×10^5	1.26	13220×10^{-2}	2264	"	1793	"	607×10^5	4.65	16799×10^{-2}
2264	"	3197	"	1082×10^5	1.425	16192×10^{-2}	2273	"	1514	"	513×10^5	2.6	13680×10^{-2}
2273	"	3821	"	1294×10^5	1.81	14398×10^{-2}	2274	"	2135	"	723×10^5	5.9	15033×10^{-2}
2284	"	3989	"	1350×10^5	2.03	14817×10^{-2}	2284	"	2368	"	802×10^5	8.9	18433×10^{-2}
平均			"			15248×10^{-2}	平均	"					15623×10^{-2}

附表-7-(1) 立坑集中排氣部實驗總括表

静圧測定点番号		1	2	3	4	5	6	7	8	h_1	9	10	11	12	13	14	15	16	h_2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
実験番号	条件																																		
1-1-1-1	$V_1=688$ $V_2=1.73$ $V_e=662$	1.0	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.7	1.7	27	0.6	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	5.9	4.1	4.1	4.6	4.6	4.6	4.8	5.0	5.2	5.2	5.2	5.3	5.3	5.6	5.6	5.6	5.8	5.8
1-1-1-2	$V_1=695$ $V_2=1.94$ $V_e=741$	1.0	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.7	1.7	36	0.4	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.9	0.9	42	5.3	5.2	5.3	5.3	5.8	5.6	6.1	5.6	5.8	6.1	6.1	6.5	6.2	6.2	6.5	6.5
1-1-1-3	$V_1=705$ $V_2=2.62$ $V_e=824$	1.9	1.7	1.9	1.7	1.7	1.9	2.6	2.6	44	3.0	2.2	2.4	1.3	0.9	0.9	1.3	1.0	5.1	6.5	6.5	6.9	6.9	7.1	7.3	7.5	7.7	7.7	8.1	8.0	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
1-1-1-4	$V_1=703$ $V_2=4.29$ $V_e=1049$	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.4	68	3.0	2.4	1.7	2.4	2.2	2.2	2.8	2.4	7.5	9.5	10.1	11.0	10.4	11.0	11.4	11.4	11.4	11.4	11.9	11.4	12.3	12.7	12.7	12.9	12.9
1-1-1-5	$V_1=710$ $V_2=5.92$ $V_e=1222$	3.0	3.2	3.2	3.4	3.4	3.7	3.9	4.3	95	4.1	3.7	3.9	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	96	12.9	14.0	15.1	14.5	15.1	15.2	16.0	16.0	16.0	16.1	15.7	17.0	17.0	17.5	17.6	17.6
1-1-1-6	$V_1=728$ $V_2=6.92$ $V_e=1334$	4.6	4.7	5.0	4.7	5.0	5.0	5.0	5.2	116	5.6	5.0	4.7	5.0	5.2	5.3	5.6	5.6	120	16.8	16.8	18.5	18.5	18.8	19.4	19.1	19.8	19.8	20.2	20.2	20.9	20.9	21.6	22.0	22.2
1-1-2-1	$V_1=1132$ $V_2=1.51$ $V_e=1084$	4.6	3.9	4.1	2.6	4.1	4.0	4.6	5.2	64	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0.2	0.2	0.4	105	14.1	12.1	12.5	11.9	12.3	12.3	12.5	12.7	13.2	12.9	13.6	14.1	13.6	14.1	14.2	14.7
1-1-2-2	$V_1=1134$ $V_2=2.39$ $V_e=1241$	2.8	3.2	3.2	3.7	3.7	3.9	4.1	4.6	92	0.9	0.6	0.4	0.6	0.9	0.9	0.4	0.2	132	15.6	15.1	14.7	14.7	15.1	15.3	15.3	15.3	16.2	16.2	16.6	17.2	16.8	17.2	18.4	18.6
1-1-2-3	$V_1=1108$ $V_2=4.00$ $V_e=1341$	3.2	3.7	4.1	4.3	4.3	4.6	4.7	5.2	112	2.4	1.9	1.5	1.9	1.7	1.9	2.2	2.2	142	16.8	16.8	18.3	18.1	18.3	18.5	18.8	18.9	19.4	20.0	20.0	20.9	20.9	21.1	21.6	22.0
1-1-2-4	$V_1=1144$ $V_2=6.58$ $V_e=1525$	5.8	6.1	6.2	6.5	6.5	6.7	6.7	7.6	176	4.8	4.6	4.3	4.3	4.8	4.8	4.8	5.0	197	27.2	26.3	29.1	29.1	29.4	29.5	29.5	30.0	31.3	31.5	31.9	33.1	33.1	33.7	34.5	35.1
1-1-2-5	$V_1=1167$ $V_2=8.86$ $V_e=2032$	11.0	8.6	8.9	9.3	9.3	9.5	9.7	10.8	247	8.2	8.2	7.6	7.6	8.2	8.4	8.4	9.2	263	36.2	36.2	38.9	38.9	39.3	39.1	40.2	40.2	41.7	41.7	42.7	44.2	44.8	46.2	46.9	47.7
1-1-2-6	$V_1=1183$ $V_2=11.40$ $V_e=2238$	11.0	11.4	12.1	10.1	12.3	12.5	12.9	13.4	332	12.1	11.9	11.2	12.1	12.1	12.5	12.5	55.9	336	45.5	45.4	51.8	51.3	51.6	52.9	53.1	53.7	55.0	54.9	55.5	57.6	57.6	59.2	60.0	61.1
1-1-3-1	$V_1=1700$ $V_2=1.47$ $V_e=1616$	8.2	9.3	9.5	10.4	10.5	10.8	12.1	12.9	147	0	0	0	0.2	0	0	0	1.5	264	40.0	27.9	26.1	28.0	28.0	28.5	28.7	28.7	28.7	29.5	30.4	30.8	31.1	31.3	31.5	31.9
1-1-3-2	$V_1=1721$ $V_2=3.53$ $V_e=2045$	6.5	7.7	8.0	8.4	8.9	9.5	11.3	12.1	253	1.9	1.8	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.3	35.1	43.8	37.8	42.1	39.9	40.4	42.1	42.3	42.5	43.4	43.6	44.6	45.7	46.4	46.6	47.7	49.0
1-1-3-3	$V_1=1757$ $V_2=7.35$ $V_e=2415$	8.9	9.7	10.1	10.5	8.9	11.0	13.2	13.8	399	6.1	5.8	5.0	5.0	5.6	5.8	5.6	5.6	47.5	55.9	53.5	58.3	56.5	57.0	58.3	59.3	60.0	62.4	62.1	63.0	65.5	65.4	65.6	66.3	67.1
1-1-3-4	$V_1=1809$ $V_2=9.90$ $V_e=2725$	11.0	12.8	13.4	14.5	15.3	15.3	17.0	17.9	456	10.4	9.0	8.6	8.9	9.9	9.7	9.7	5.8	53.0	68.8	65.6	71.9	70.1	70.1	72.3	72.5	73.4	76.4	77.0	77.9	80.7	81.4	104.0	83.3	85.0
1-1-3-5	$V_1=1813$ $V_2=13.00$ $V_e=3127$	17.5	18.1	18.6	19.9	19.9	19.9	21.4	9.5	642	17.5	16.5	16.4	16.2	17.0	17.2	17.2	17.5	68.5	89.1	88.5	97.3	95.6	95.6	76.6	98.4	77.3	102.9	82.5	105.1	108.7	109.9	110.7	112.7	114.2
1-1-3-6	$V_1=1880$ $V_2=18.64$ $V_e=3677$	28.3	28.7	29.4	32.2	31.3	32.2	33.5	34.1	912	33.1	32.2	30.8	30.4	31.5	31.7	31.7	32.2	93.3	134.0	125.3	137.9	135.3	135.5	139.4	138.8	139.9	143.5	145.5	146.1	150.7	150.4	152.6	151.0	157.1
1-1-4-1	$V_1=2420$ $V_2=0.76$ $V_e=2356$	12.9	15.6	15.3	16.8	17.5	18.6	20.5	21.8	304	0	0.2	0.4	0.4	0	0	0	3.0	53.3	69.3	55.6	56.7	57.0	58.3	58.4	58.3	58.7	60.7	61.3	62.0	64.5	63.9	64.3	65.6	66.4
1-1-4-2	$V_1=2441$ $V_2=4.49$ $V_e=2900$	11.4	13.4	14.1	15.6	16.6	16.8	18.4	19.6	487	1.3	1.3	1.5	1.3	1.5	1.8	1.3	1.8	67.3	84.4	73.8	77.3	75.9	75.1	77.4	77.3	77.9	81.1	81.0	81.8	85.0	85.7	65.5	88.7	89.3
1-1-4-3	$V_1=2447$ $V_2=9.75$ $V_e=3406$	16.6	18.8	19.2	20.8	21.56	21.4	23.7	24.8	728	9.5	8.9	8.2	7.7	8.6	8.9	8.6	9.3	89.3	109.2	102.1	110.5	108.7	107.9	110.7	110.9	111.8	115.8	117.4	118.5	122.2	123.2	124.9	126.9	128.1
1-1-4-4	$V_1=2558$ $V_2=15.03$ $V_e=3905$	24.0	25.7	26.7	20.5	28.9	29.5	29.4	33.1	1030	21.8	20.0	19.0	18.8	19.7	19.9	20.5	21.8	113.8	141.8	138.8	150.7	148.3	147.8	153.2	152.3	153.2	159.0	161.4	161.8	<				

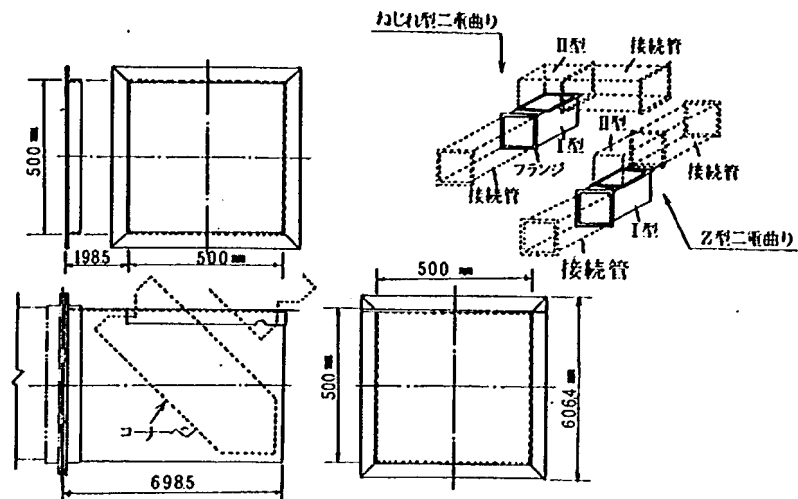
THE UNIVERSITY OF CHICAGO

付表-7-(2) 立坑集中排気部実験総括表

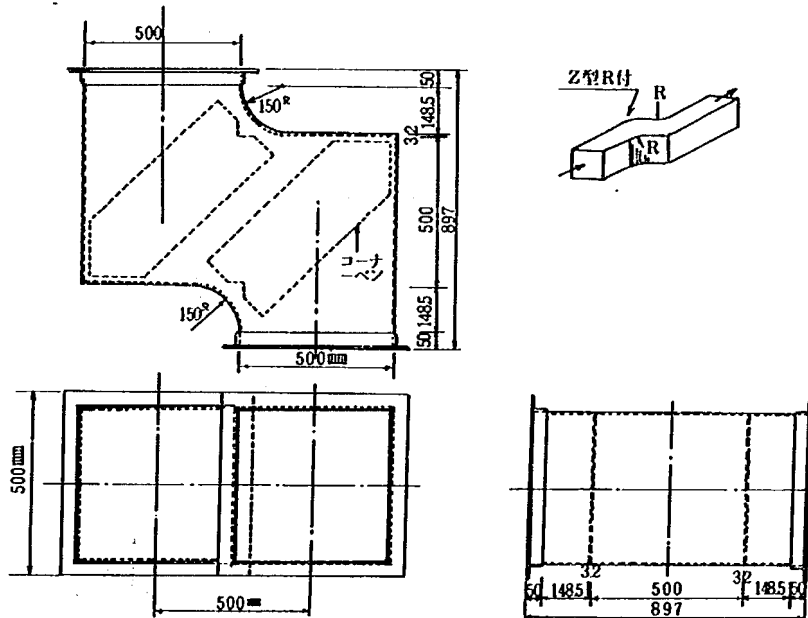
実験番号	静圧測定点番号 条件	1	2	3	4	5	6	7	8	h_1	9	10	11	12	13	14	15	16	h_2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1-2-2-3	$V_1=10.55$ $V_2=4.08$ $V_e=13.79$	2.4	3.2	3.9	4.1	4.6	4.6	4.8	5.4	112	2.4	2.2	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	14.6	17.0	17.0	17.9	18.1	18.6	19.0	19.0	19.4	20.3	20.5	20.9	21.6	21.4	21.6	22.0	22.8
1-2-2-4	$V_1=10.72$ $V_2=6.20$ $V_e=16.10$	4.6	4.6	5.2	5.6	5.6	5.6	6.2	6.2	158	4.1	3.7	3.7	3.4	3.4	4.1	4.1	4.1	19.2	22.7	23.1	25.5	25.1	25.5	26.1	26.1	26.4	27.2	27.6	27.6	29.1	28.9	29.8	30.2	30.8
1-2-2-5	$V_1=10.81$ $V_2=7.89$ $V_e=17.92$	6.1	6.5	6.9	6.9	7.3	7.3	8.0	8.0	204	6.9	6.2	6.2	6.2	6.5	6.7	4.3	6.5	21.6	29.4	28.5	31.7	31.1	31.5	32.4	32.4	32.7	33.9	34.5	34.5	35.6	35.6	36.6	36.9	36.6
1-2-2-6	$V_1=11.00$ $V_2=10.45$ $V_e=21.01$	9.7	10.1	10.4	10.5	11.0	11.0	11.3	11.9	267	10.8	10.4	9.7	9.7	10.4	10.5	10.8	10.8	27.2	36.9	39.3	43.6	43.4	43.6	44.2	44.5	45.1	46.6	47.3	47.5	49.7	50.5	51.2	52.0	52.5
1-2-3-1	$V_1=24.64$ $V_2=0.05$ $V_e=24.64$	8.1	9.9	9.7	10.8	11.8	11.4	13.3	13.5	135	0.4	0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.6	28	28.1	44.6	29.2	31.4	30.3	31.4	31.6	31.2	32.7	32.7	32.9	33.1	34.4	35.9	35.0	35.3	35.0
1-2-3-2	$V_1=23.56$ $V_2=1.18$ $V_e=39.29$	6.9	8.8	8.8	10.1	11.2	9.9	11.8	12.5	261	1.9	1.9	1.3	1.4	1.9	1.9	1.9	1.9	37.2	46.7	41.8	43.4	43.2	43.2	44.3	44.3	45.6	46.9	47.3	47.7	49.0	49.3	50.4	51.2	52.9
1-2-3-3	$V_1=26.25$ $V_2=4.25$ $V_e=52.61$	6.9	10.8	11.2	11.8	12.9	12.3	15.2	14.0	371	5.2	5.2	4.7	5.0	5.3	5.6	5.6	6.2	45.2	41.8	54.6	59.8	57.0	58.3	60.8	60.2	60.2	61.1	63.5	64.1	66.7	66.4	67.3	68.2	68.8
1-2-3-4	$V_1=26.74$ $V_2=9.33$ $V_e=69.88$	13.3	14.9	15.1	15.9	16.6	16.8	18.5	19.1	504	10.8	10.3	10.3	10.1	10.8	10.9	11.4	11.4	58.4	74.0	69.9	76.3	75.9	75.7	75.9	75.9	78.7	81.5	82.2	82.8	85.2	84.8	86.7	88.9	68.2
1-2-3-5	$V_1=28.34$ $V_2=16.68$ $V_e=88.03$	17.6	18.7	19.6	20.7	21.1	20.8	22.0	23.5	613	17.0	16.6	16.6	16.1	17.2	17.4	17.4	17.9	67.6	83.7	90.4	99.2	95.1	95.2	98.0	97.9	99.4	103.5	104.8	105.1	108.7	108.7	110.2	112.1	113.8
1-2-3-6	$V_1=49.74$ $V_2=0.05$ $V_e=51.00$	27.9	29.1	29.2	31.3	31.4	31.4	33.5	34.7	948	31.4	30.1	31.6	29.2	23.7	30.6	31.2	32.5	97.1	129.7	127.6	139.0	135.5	135.1	138.8	138.5	140.4	145.4	147.5	148.0	152.3	153.0	156.8	159.4	160.2
1-2-4-1	$V_1=30.66$ $V_2=29.50$ $V_e=120.06$	15.5	18.3	18.7	20.7	21.3	21.5	24.1	25.8	274	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.4	1.3	544	72.0	60.7	63.5	62.2	62.2	63.2	63.2	63.5	64.8	65.4	66.4	68.4	68.2	69.7	71.2	72.3
1-2-4-2	$V_1=48.39$ $V_2=1.80$ $V_e=70.14$	12.3	15.2	15.5	17.9	18.3	18.3	20.8	22.6	47.0	1.9	1.9	1.9	1.7	1.9	2.2	2.4	2.6	68.1	80.6	74.0	79.0	78.1	78.1	79.8	79.6	80.6	82.8	83.4	83.3	86.2	87.1	87.7	89.3	90.5
1-2-4-3	$V_1=25.14$ $V_2=9.60$ $V_e=33.13$	16.1	18.7	19.2	20.7	21.3	21.6	23.6	25.5	694	8.1	8.1	7.7	7.3	8.4	9.0	8.6	9.0	86.0	104.8	102.2	109.3	107.1	105.6	109.5	108.8	110.3	113.4	114.7	115.8	119.8	120.2	122.6	124.6	125.6
1-2-4-4	$V_1=25.36$ $V_2=14.47$ $V_e=38.92$	22.2	24.8	25.1	27.1	27.5	28.6	30.5	31.6	958	18.9	17.4	17.0	17.2	17.6	18.0	18.3	18.7	109.3	137.5	133.8	143.7	140.7	140.9	145.4	145.4	146.3	151.5	153.6	155.1	159.4	160.5	163.0	165.8	167.3
1-2-4-5	$V_1=25.89$ $V_2=19.77$ $V_e=44.88$	33.8	36.8	37.4	39.8	40.5	41.1	43.9	45.2	135.9	37.0	34.8	33.5	33.1	34.4	34.8	35.0	36.3	145.7	187.8	179.6	194.6	197.3	195.5	203.0	202.9	205.4	211.0	213.8	214.7	218.8	219.0	221.6	226.7	228.7
1-2-5-1	$V_1=28.82$ $V_2=0.76$ $V_e=27.59$	18.3	21.1	22.0	24.5	25.1	26.0	28.6	31.0	394	0	0.4	0	0.2	0	0.2	0.6	1.7	71.9	82.6	95.7	79.6	79.8	101.1	80.2	80.0	80.6	82.8	84.1	84.9	66.0	87.3	87.7	89.0	90.5
1-2-5-2	$V_1=28.78$ $V_2=5.75$ $V_e=32.28$	16.4	19.3	19.8	22.6	23.0	23.9	26.3	27.5	626	4.6	3.0	2.4	2.4	0.4	2.6	2.8	3.4	88.0	102.2	98.1	102.0	100.9	100.9	103.2	103.2	104.4	107.3	109.3	110.2	113.4	113.1	114.7	117.4	119.0
1-2-5-3	$V_1=28.80$ $V_2=10.63$ $V_e=38.31$	21.1	23.9	24.0	26.3	26.7	27.8	31.2	32.7	947	12.7	6.9	10.9	11.4	11.6	12.7	13.0	12.7	115.0	136.6	131.9	142.8	139.2	139.4	143.3	142.8	144.4	148.7	151.0	152.1	155.1	155.3	167.7	161.8	163.0
1-2-5-4	$V_1=29.06$ $V_2=16.66$ $V_e=44.33$	29.9	32.7	33.5	35.0	36.8	37.2	40.2	41.8	127.0	25.1	24.5	24.1	23.9	24.5	24.9	25.5	26.0	143.4	175.3	172.8	187.5	184.1	183.5	190.6	190.4	192.3	199.8	202.6	204.3	209.1	209.5	213.8	217.7	219.0
1-2-6-1	$V_1=32.99$ $V_2=1.36$ $V_e=31.69$	22.4	29.9	30.3	33.5	34.0	34.4	36.8	40.2	53.0	1.0	0.4	0.4	0	0.2	0.2	0.9	4.8	93.0	136.0	102.2	105.1	103.2	102.4	104.4	105.8	106.0	110.7	111.0	110.0	115.0	115.3	117.0	120	120.5
1-2-6-2	$V_1=32.59$ $V_2=7.10$ $V_e=37.48$	21.5	26.3	26.4	28.4	29.3	31.0	35.9	37.4	82.0	4.3	3.9	3.4	3.9	3.9	4.1	4.3	3.9	115.9	143.2	128.0	137.5	134.8	134.2	138.9	137.6	138.3	142.9	144.5	144.5	150.8	151.0	152.3	155.8	158.3
1-2-6-3	$V_1=33.65$ $V_2=12.86$ $V_e=43.52$	27.9	32.7	33.4	36.2	36.6	37.0	40.6	41.9	118.9	14.6	12.9	12.5	12.1	14.0	14.9	15.9	15.9	145.3	184.6	168.4	182.2	179.6	177.6	184.1	183.7	186.5	192.5	197.4	198.7	204.1	203.9	209.1	212.9	214.2
1-2-7-1	$V_1=39.57$ $V_2=1.08$ $V_e=38.01$	33.4	40.4	41.3	45.5	46.9	48.0	54.4	54.2	76.1	0.2	0	0.4	0.9	0.4	0.2	0.2	3.0	132.9	178.1	143.9	150.3	145.6	145.4	148.7	148.4	149.5	154.4	171.0	157.0	160.9	161.1	164.1	132.9	168.0
1-2-7-2	$V_1=39.46$ $V_2=8.05$ $V_e=44.62$	28.8	35.7	35.9	39.4	41.9	42.6	46.9	49.7	121.7	7.7	6.7	5.8	6.0	6.5	6.5	6.9	6.6	166.4	200.7	188.4	198.3	188.0	187.1	193.8	193.6	196.2	202.0	204.9	206.1	211.3	211.7	215.1	218.5	220.3
2-1-3-2	$V_1=18.35$ $V_2=3.79$ $V_e=13.94$	8.6	10.6	10.8	11.2	11.9	11.3	12.1	13.6	-11.9	-0.2	-0.2	0	0	0.2	0.2	0.6	1.7	96	38.2	24.4	23.3	23.1	23.8	23.6	24.8	25.3	25.3	24.7	26.3	26.1	26.1	26.6	27.0	27.2
2-1-3-3	$V_1=17.91$ $V_2=7.26$ $V_e=10.09$	7.6	9.3	9.5	10.4	10.6	10.6	11.0	12.5	-11.7	0.2	0.4	0.2	0	0.2	0	0	-0.2	2.4	26.6	16.8	15.3	14.7	14.5	14.7	14.7	14.7	14.9	15.3	15.6	16.0	15.6	16.0	16.0	16.2
2-1-3-4		2.8	4.3	4.5	5.4	6.1	5.8	6.5	8.0	-9.6	0.4	0.4	0	0.2	-0.2	-0.4	-1.1	-1.1	-2.4	14.9	9.5	7.3	6.5	6.5	6.7	6.7	6.7	6.5	6.7	6.9	7.3	6.9	7.2	7.2	7.2
2-1-3-5		-2.6	-1.3	-1.1	-0.2	0	0.2	1.1	2.0	-5.3	0.6	0.6	0	-0.4	-1.1	-1.1	-2.4	-2.2	-2.6	5.8	2.2	0.6	0.2	0	0	0.2	0.2	0	0.2	0.4	0.4	0	0.2	0	0.2
2-1-4-2	$V_1=25.07$ $V_2=6.34$ $V_e=18.87$	16.6	19.7	20.3	21.8	22.0	22.5	23.6	25.3	-26.7	0	0	0.2	0	0	0.2	0.6	3.3	-15.6	67.2	45.8	46.0	44.9	44.5	45.2	45.4	45.6	46.2	46.9	47.3	48.4	48.2	48.6	49.0	49.7
2-1-4-3	$V_1=24.54$ $V_2=9.41$ $V_e=14.58$	15.8	19.0	19.2	22.0	22.0	22.3	23.1	24.8	-25.6	0.6	0.4	0.2	0	0.2	0.2	0.6	2.6	29	55.5	37.4	33.5	32.4	31.1	31.8	31.3	32.0	32.4	32.6	32.6	33.9	34.1	34.6	35.0	34.8
2-1-4-4	$V_1=23.72$ $V_2=13.73$ $V_e=9.64$	8.4	11.0	11.7	13.6	14.0	14.5	16.0	17.5	-20.7	0.9	0.4	0	-0.4	-0.6	-1.1	-1.7	-1.5	-4.6	31.8	19.4	16.4	15.1	14.7	15.1	15.1	15.1	15.3	15.6	15.8	16.4	16.2	16.4	16.4	16.6
2-1-4-5	$V_1=22.77$ $V_2=18.53$ $V_e=4.17$	-4.3	-1.3	-1.3	0.2	0.9	0.9	2.2	3.9	-8.0	1.3	1.3	0	-0.4	-1.1	-1.5	-3.0	-3.5	-4.0	11.4	4.8	1.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.9	0.6	0.6
2-1-5-2	$V_1=27.64$ $V_2=5.19$ $V_e=22.64$	22.0	25.7	26.4	27.9	28.5	29.2	30.9	32.6	-33.0	0	0	0	-0.2	0	0.2	0.4	5.2	24.3	90.1	61.8	63.5	61.4	61.8	63.7	63.3	64.4	65.0	65.7	66.5	68.5	68.3	69.3	70.4	71.3
2-1-5-3	$V_1=27.57$ $V_2=10.74$ $V_e=16.38$	20.3	24.0	24.6	26.4	27.0	27.9	29.6	31.3	-32.1	0.2	0.2	0</																						

付表-7-(3) 立坑集中排気部実験総括表

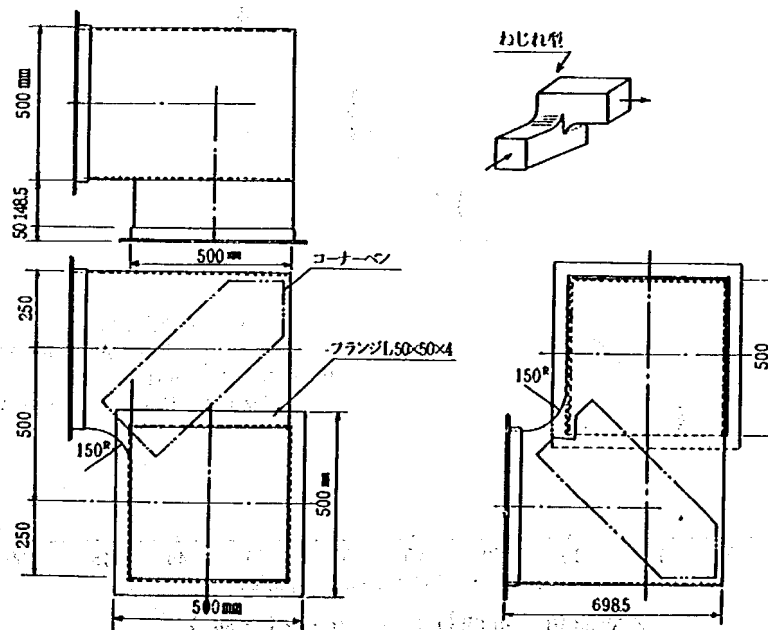
静圧測定点番号 実験番号 条件		1	2	3	4	5	6	7	8	h_1	9	10	11	12	13	14	15	16	h_2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
2-1-7-2	$V_1=39.03$ $V_2=9.09$ $V_e=29.89$	39.0	45.7	25.4	51.0	51.5	52.1	56.2	60.1	-58.2	1.1	0.6	0.2	-0.4	0.4	0.6	1.1	10.3	41.0	151.0	114.1	112.6	108.7	107.2	109.8	109.4	110.3	112.6	114.3	115.8	118.6	118.4	119.9	122.1	123.2
2-1-7-3	$V_1=38.97$ $V_2=14.85$ $V_e=22.44$	40.5	46.5	47.3	50.8	53.4	53.6	56.8	59.9	-62.5	1.1	1.5	0.4	0	0.4	1.1	3.2	5.2	62	136.3	85.7	77.7	73.9	71.7	72.4	73.2	73.6	75.1	76.0	76.7	79.5	79.7	80.3	81.2	81.2
2-1-7-4	$V_1=38.37$ $V_2=21.88$ $V_e=13.62$	15.7	21.7	21.7	26.3	27.1	27.8	22.8	34.2	-41.0	1.7	1.7	0	-0.6	-2.4	-2.1	-3.0	3.2	-84	68.5	42.2	31.7	29.3	28.2	28.4	28.6	28.6	28.6	28.6	29.5	31.0	30.8	31.0	31.2	31.4
2-1-7-5	$V_1=34.02$ $V_2=26.51$ $V_e=6.91$	-8.0	-2.1	-0.6	3.0	4.7	5.2	8.6	11.6	-22.2	4.3	4.3	1.3	-0.4	-2.8	-2.6	-6.5	-7.1	-106	26.1	11.2	5.8	3.7	5.6	5.6	3.4	2.8	3.7	3.9	3.7	3.9	3.7	3.9	4.1	4.3
2-1-8-2	$V_1=45.13$ $V_2=9.57$ $V_e=35.49$	58.1	46.5	46.5	51.7	77.9	79.5	85.3	89.6	-95.6	0.6	0.6	0.6	0.9	1.1	2.4	4.3	15.1	44.9	233.2	154.6	154.4	151.4	150.3	154.2	154.0	154.0	156.8	160.0	160.4	165.6	165.8	168.8	168.8	170.5
2-1-8-3	$V_1=42.22$ $V_2=17.64$ $V_e=24.51$	50.8	60.1	61.4	67.0	68.5	70.8	75.1	79.3	-82.8	0.9	1.1	0.2	0	-0.9	0.6	1.3	2.4	2.2	150.9	106.4	97.3	93.5	92.2	93.5	93.2	93.7	95.0	96.0	96.5	98.8	98.6	100.0	101.3	101.6
2-1-8-4	$V_1=40.02$ $V_2=23.71$ $V_e=17.06$	25.0	31.2	33.2	37.9	40.5	38.7	45.2	50.0	-63.0	1.9	2.4	1.1	1.3	-0.6	0.2	-3.7	-4.1	-14.0	104.0	66.7	51.0	46.7	46.9	46.9	46.9	46.5	46.9	47.2	47.4	48.4	48.2	48.7	49.3	49.7
2-1-8-1	$V_1=44.92$ $V_2=0$ $V_e=43.00$	52.5	62.2	64.6	69.3	71.7	72.5	78.2	82.9	-84.0	-0.2	-0.2	0	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	9.9	99.0	242.2	196.8	205.4	198.3	195.9	202.6	202.0	204.6	172.7	180.6	171.8	217.4	219.6	222.6	225.5	227.4
2-2-3-2	$V_1=18.30$ $V_2=3.81$ $V_e=14.20$	8.7	10.2	10.4	11.5	11.9	12.1	13.0	14.1	-14.0	0	0	0.4	-0.2	0	0.2	1.1	1.3	9.4	35.5	25.3	25.1	24.7	24.7	25.1	25.3	25.3	26.0	26.2	26.4	27.7	27.7	27.9	28.2	28.2
2-2-3-3	$V_1=18.07$ $V_2=7.13$ $V_e=10.10$	7.8	9.5	9.5	10.8	10.8	11.5	12.3	13.0	-14.4	0.2	0	0	-0.2	-0.4	-0.4	0.4	0.9	0.9	27.7	18.6	16.5	16.0	15.2	15.6	15.8	15.6	16.0	16.0	15.8	16.5	16.7	16.9	16.9	17.1
2-2-3-4	$V_1=17.58$ $V_2=10.24$ $V_e=6.74$	3.5	5.0	5.2	5.7	6.5	7.1	8.2	8.7	-10.8	0.4	0.1	0.1	-0.1	-0.4	-0.6	-0.6	-1.1	-3.2	15.4	9.5	7.8	7.1	6.9	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.4	7.8	7.8	7.8	8.0	8.0
2-2-3-5		-3.0	-0.9	-0.6	-0.2	0	0.2	1.5	1.7	-4.4	0.2	0.2	0.2	-0.4	-1.1	-1.1	-1.7	-1.9	-2.0	5.2	1.7	1.3	0.2	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.4	0	0.1	0
2-2-4-2	$V_1=25.17$ $V_2=5.84$ $V_e=19.90$	17.8	20.6	21.7	23.2	23.6	23.8	26.4	27.5	-28.9	0	0.2	0	-0.6	-0.4	-0.2	1.3	4.3	17.2	71.7	49.4	49.4	49.1	48.5	49.6	49.4	49.8	50.5	50.9	51.5	53.0	53.5	53.9	54.4	54.6
2-2-4-3	$V_1=25.08$ $V_2=9.42$ $V_e=15.41$	16.7	16.9	19.5	21.7	22.3	23.4	24.7	25.7	-27.4	0.2	0.2	0.2	-0.4	-0.6	-0.4	0.2	0.4	2.9	57.2	37.5	34.9	33.2	32.9	33.1	33.1	33.6	34.2	34.6	34.6	35.5	35.9	35.9	36.4	36.8
2-2-4-4	$V_1=24.64$ $V_2=15.05$ $V_e=9.17$	6.7	9.7	10.6	12.1	12.6	13.0	15.4	16.4	-20.4	0.4	0.6	0.2	-0.9	-1.5	-1.7	-1.9	-2.6	-5.6	29.7	19.7	14.1	13.4	12.8	13.2	13.0	13.2	13.4	13.6	13.4	13.9	14.1	13.9	14.3	14.5
2-2-4-5		-4.3	-1.5	-1.1	0.9	1.3	1.7	3.7	4.7	-10.1	1.3	1.1	0	-0.9	-1.9	-1.9	-3.0	-3.2	-5.0	11.7	3.9	2.2	1.1	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.3	1.5	1.3	1.3	1.1
2-2-5-2	$V_1=28.84$ $V_2=5.53$ $V_e=22.98$	23.0	27.3	29.9	31.6	32.5	32.0	32.7	34.2	-35.6	0	0	0.2	0.2	-0.2	-0.4	2.6	6.7	23.0	99.4	66.3	66.3	63.9	63.0	63.7	64.1	64.3	66.0	66.3	67.1	70.4	70.8	71.2	71.9	72.8
2-2-5-3	$V_1=28.02$ $V_2=10.89$ $V_e=16.58$	19.7	23.8	24.2	26.6	27.7	27.9	30.7	31.8	-33.6	0.2	0.2	0.2	-0.4	-0.4	-0.2	0.9	1.3	2.4	70.2	44.2	40.3	39.0	38.8	39.2	39.8	40.1	40.1	40.9	41.3	43.3	43.5	44.0	44.2	44.2
2-2-5-4	$V_1=26.82$ $V_2=16.68$ $V_e=10.04$	8.4	11.7	12.8	14.3	15.2	15.8	17.8	19.9	-24.8	0.4	0.4	0	-0.9	-1.7	-1.9	2.8	-3.0	-6.8	35.9	23.8	16.4	15.8	15.4	15.6	15.6	15.6	16.0	18.4	16.4	16.9	16.9	16.7	17.3	17.3
2-2-5-5	$V_1=25.49$ $V_2=20.07$ $V_e=5.24$	-5.2	-1.7	-1.3	1.3	2.2	2.8	5.0	6.7	-13.4	1.1	1.5	0.2	-1.1	-3.5	-2.6	-3.7	-4.5	-6.5	13.9	5.8	3.2	1.9	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.9	1.9	2.2	1.9	2.2	2.2
2-2-6-2	$V_1=33.44$ $V_2=5.87$ $V_e=26.57$	29.8	34.3	35.6	38.2	38.9	39.3	41.9	43.4	-46.5	0	1.5	0.2	-0.2	-0.6	-0.2	1.3	6.9	32.4	119.7	85.8	85.6	85.6	85.4	86.4	86.2	87.1	88.6	89.4	90.1	92.5	93.3	94.4	95.9	96.1
2-2-6-3	$V_1=33.27$ $V_2=11.89$ $V_e=19.78$	27.7	32.0	33.1	35.6	36.7	37.6	40.2	42.1	-44.3	0.6	0.4	0.4	-0.4	-0.9	-0.6	-0.4	-0.2	8.1	100.2	62.2	57.3	56.2	55.3	56.2	55.7	56.2	57.3	57.3	57.5	59.2	59.2	60.1	60.7	61.4
2-2-6-4	$V_1=31.97$ $V_2=17.93$ $V_e=11.52$	11.0	14.9	15.6	18.4	17.1	20.1	23.1	25.3	-31.1	0.9	0.9	0	-0.9	-1.5	-1.7	2.6	-3.2	-6.2	50.6	32.0	24.8	23.3	22.3	22.5	22.7	22.7	22.9	22.9	23.3	23.8	24.4	24.2	24.6	24.6
2-2-6-5		-7.3	-5.8	-5.8	-1.5	-0.4	0.4	3.2	5.6	-13.9	2.2	2.2	0.4	-0.9	-2.2	-1.9	-4.8	-6.1	-6.3	13.8	3.7	1.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0	0.4	0.2
2-2-7-2	$V_1=40.28$ $V_2=8.19$ $V_e=30.73$	47.4	51.8	52.5	57.5	59.2	59.4	61.4	64.8	-67.2	0	0.4	0.4	0.2	0	-0.6	2.6	11.0	43.3	180.4	122.2	122.7	119.0	117.5	118.8	118.8	119.5	121.9	122.5	122.7	126.2	127.5	129.7	131.4	131.8
2-2-7-3	$V_1=38.21$ $V_2=15.14$ $V_e=21.86$	39.3	45.2	45.4	50.8	51.8	52.9	56.8	59.0	-62.8	2.6	2.6	0.2	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.3	4.3	129.4	83.6	76.0	71.9	70.9	71.7	71.9	71.9	72.8	73.9	74.3	76.3	76.7	77.6	78.4	78.6
2-2-7-4	$V_1=36.45$ $V_2=21.35$ $V_e=14.02$	16.4	22.9	22.9	28.3	28.9	29.																												



(1) ねじれ型およびZ型直角二重曲り



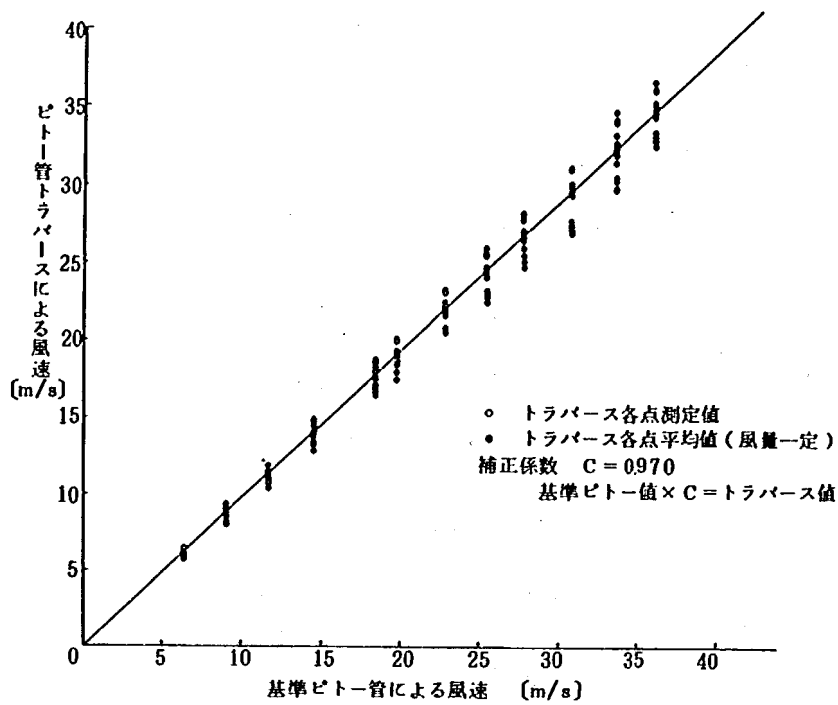
(2) Z型R付二重曲り管



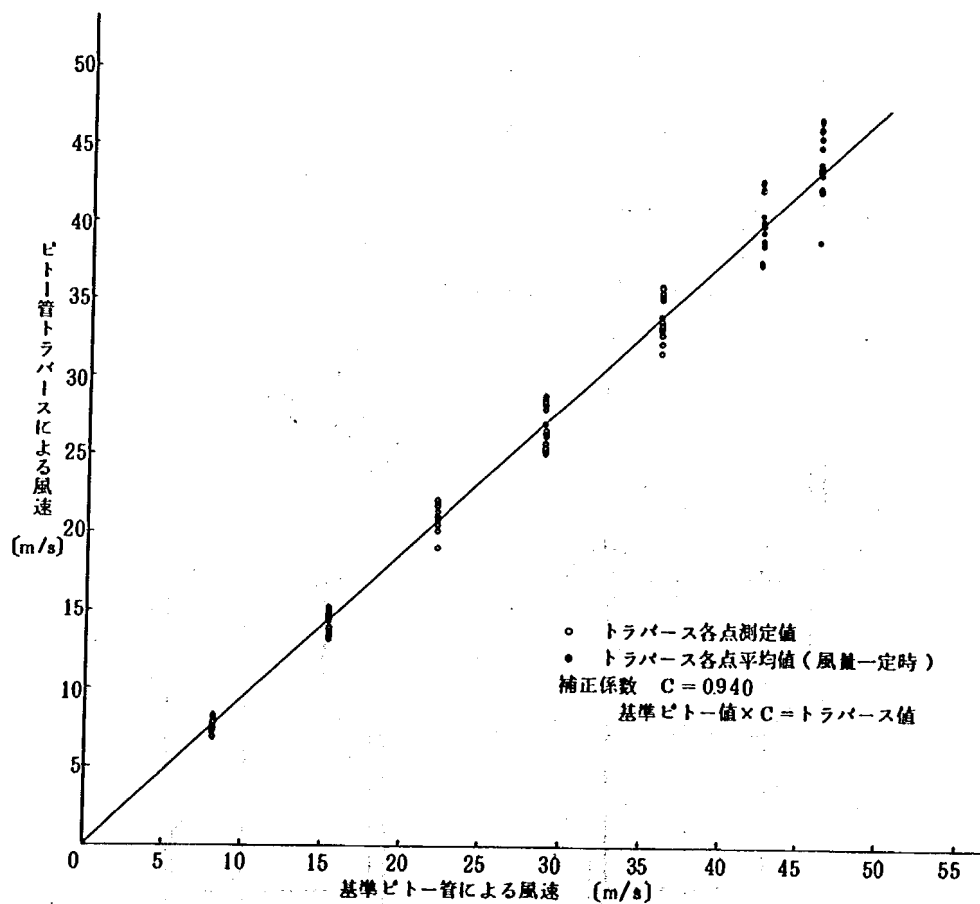
(3) ねじれ型R付二重曲り

(単位mm)

付図-1. 多重曲り部の模型実験(曲り部の詳細図)

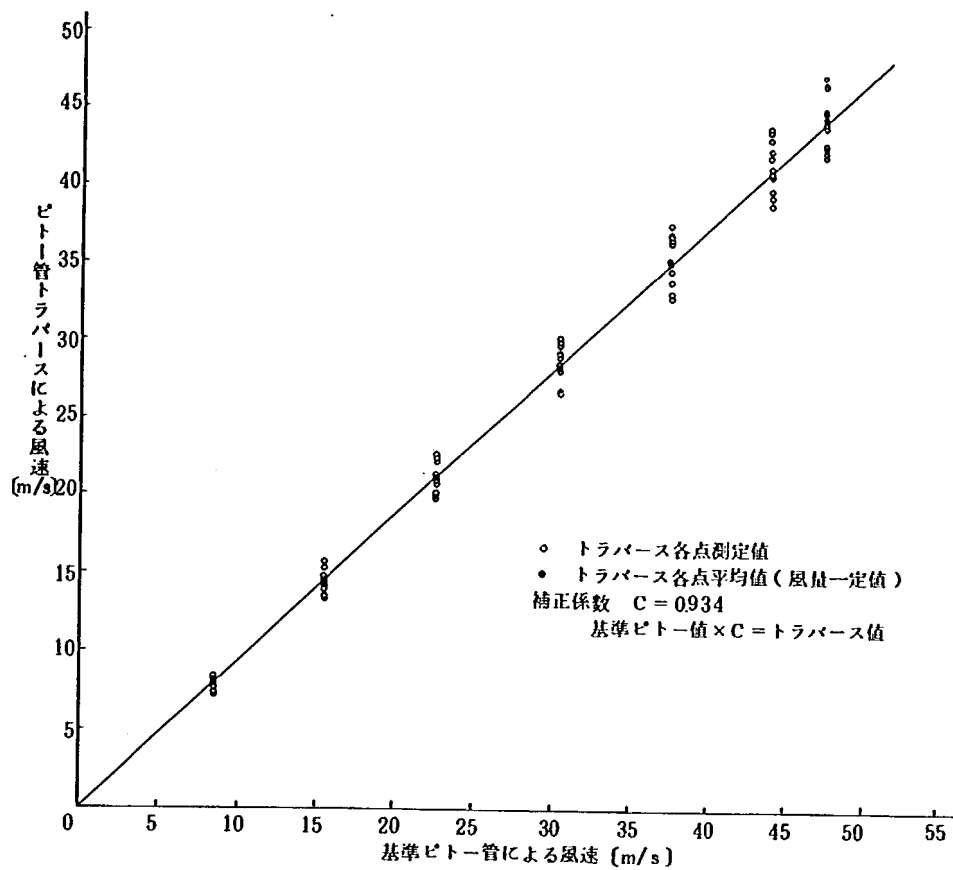


Z型直角二重曲り (コーナーベン無)

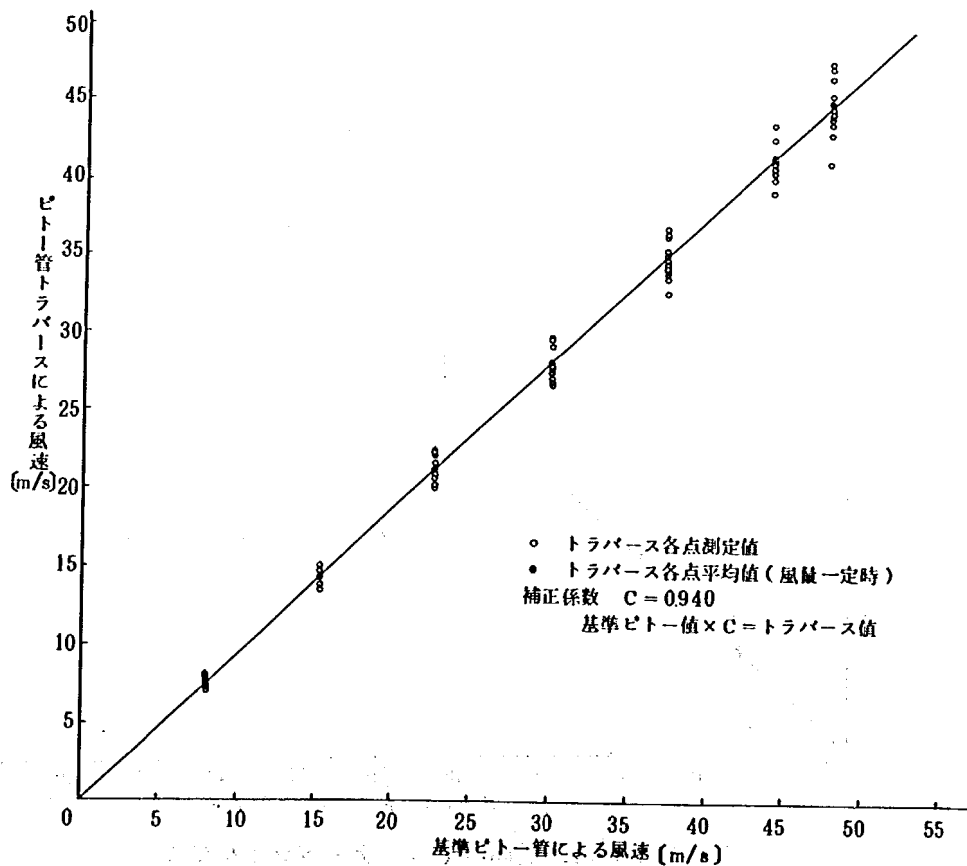


Z型直角二重曲り (コーナーベン無)

付図-2-(1) 多重曲り模型実験の基準ピトー管風速計と断面平均風速の関係

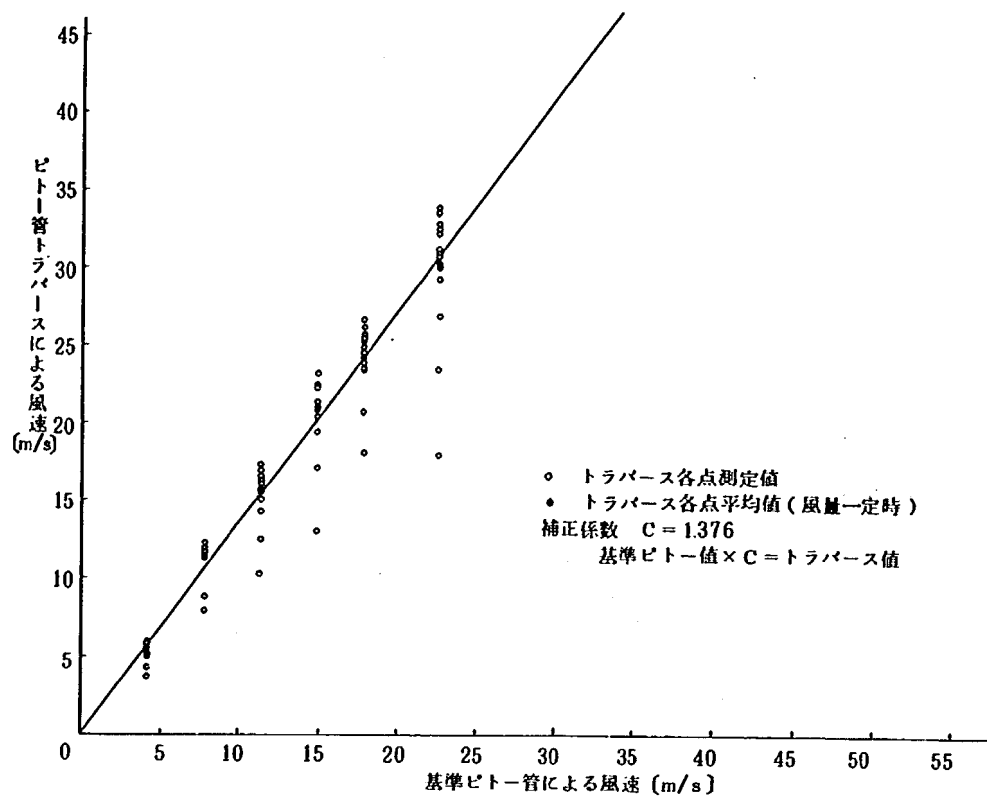


Z型R付二重曲り（コーナーベン無）

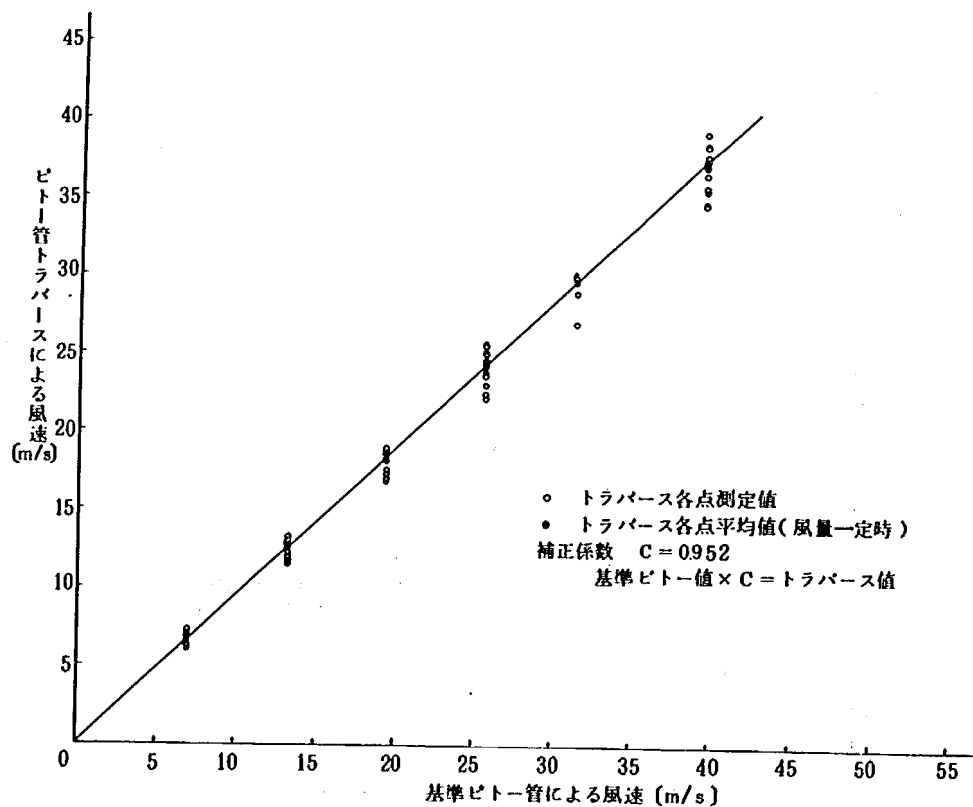


Z型R付二重曲り（コーナーベン付）

付図-2-(2) 多重曲り模型実験の基準ピトー管風速計と断面平均風速の関係

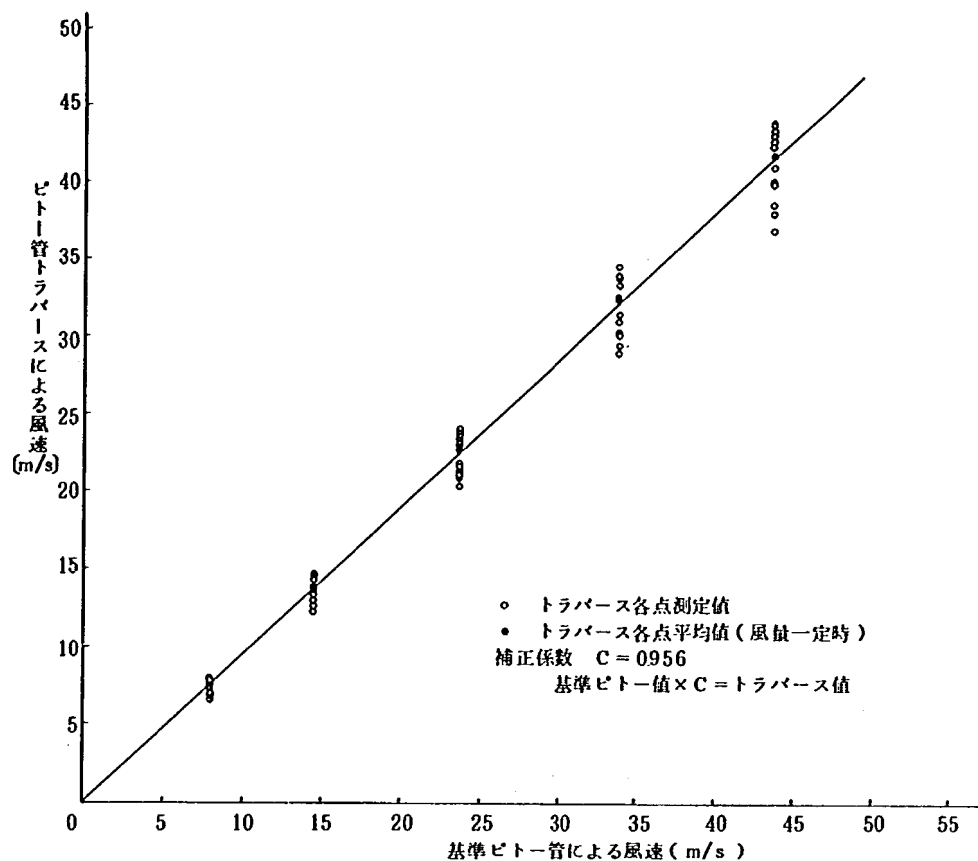


ねじれ型直角二重曲り (コーナーベン無)

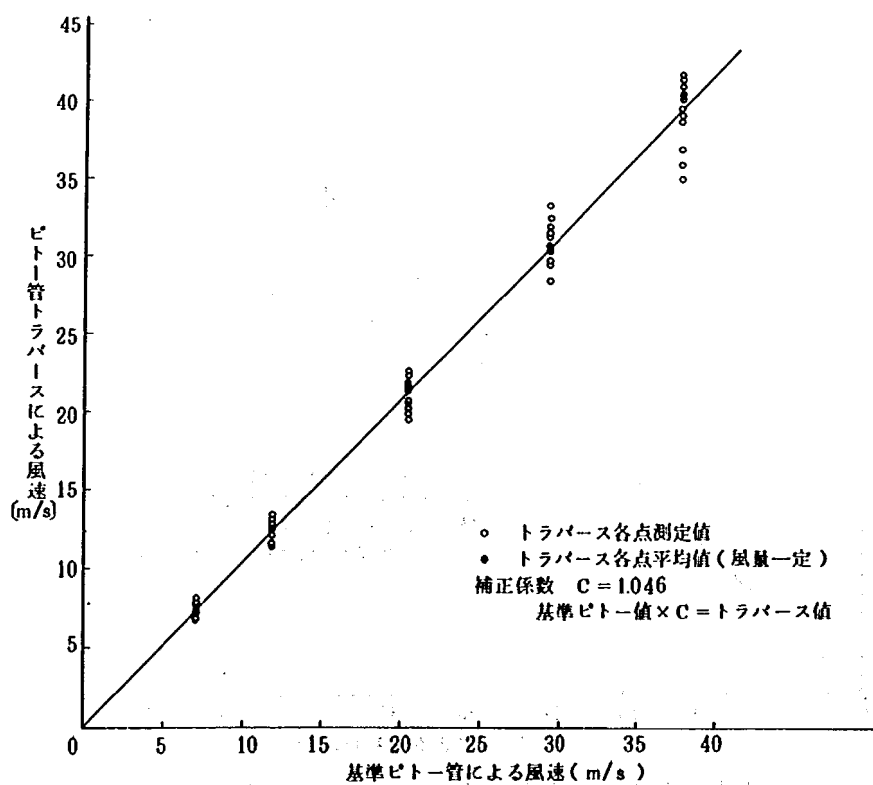


ねじれ型直角二重曲り (コーナーベン 1 ケ付)

付図-2-(3) 多重曲り模型実験の基準ピトー管風速計と断面平均風速の関係

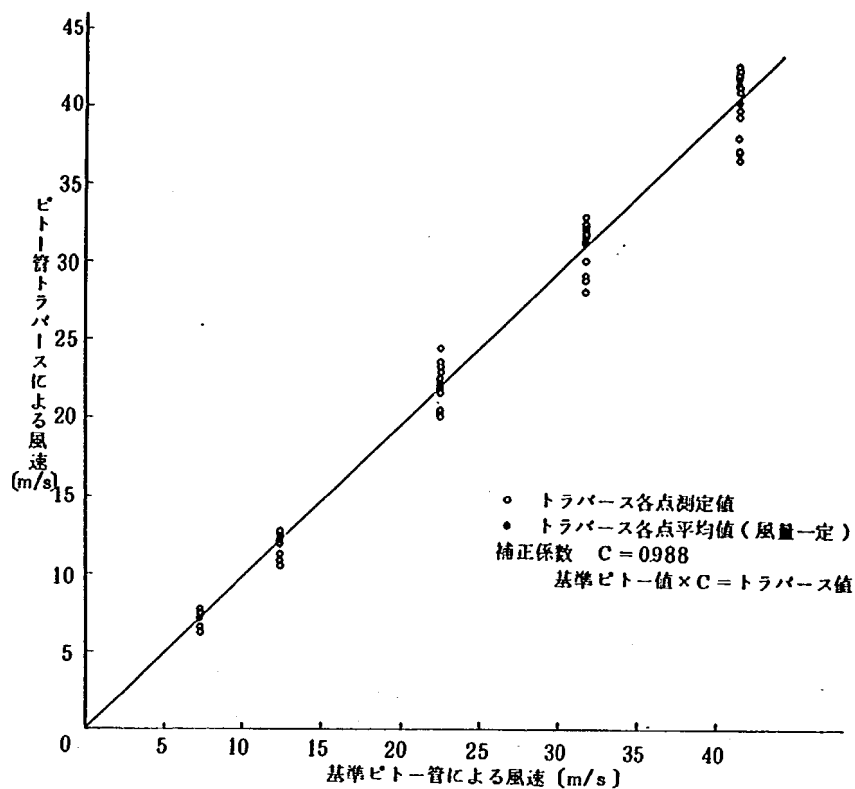


ねじれ型直角二重曲り (コーナーベン 2 ケ付)

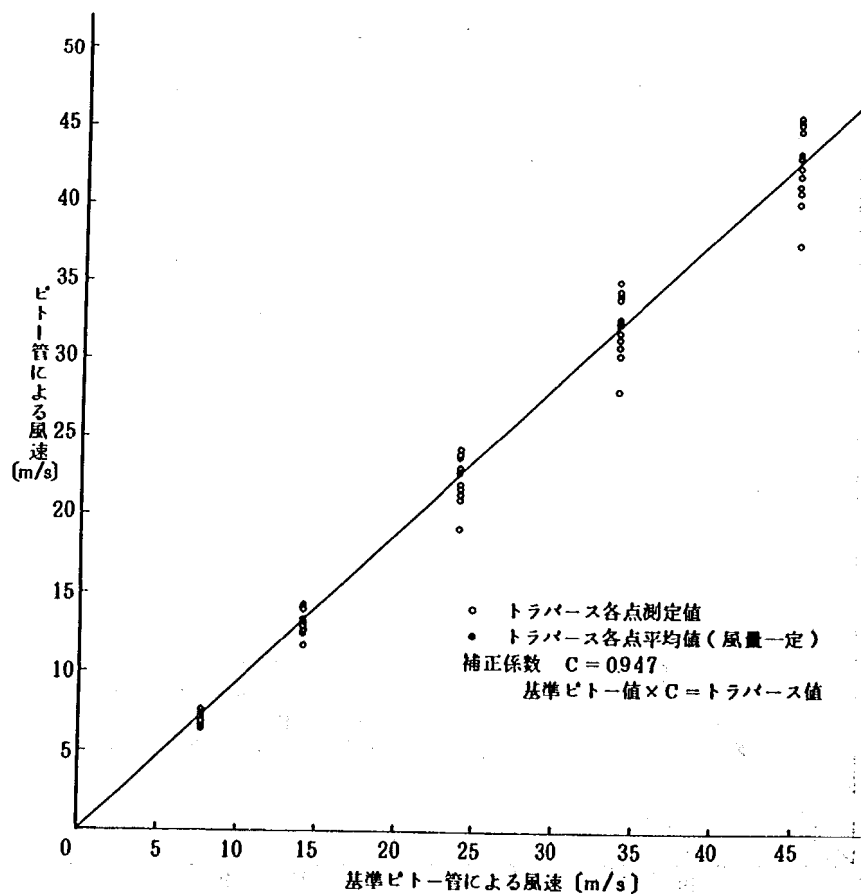


ねじれ型 R 付二重曲り (コーナーベン 無)

付図-2-(4) 多重曲り模型実験の基準ピトー管風速計と断面平均風速の関係

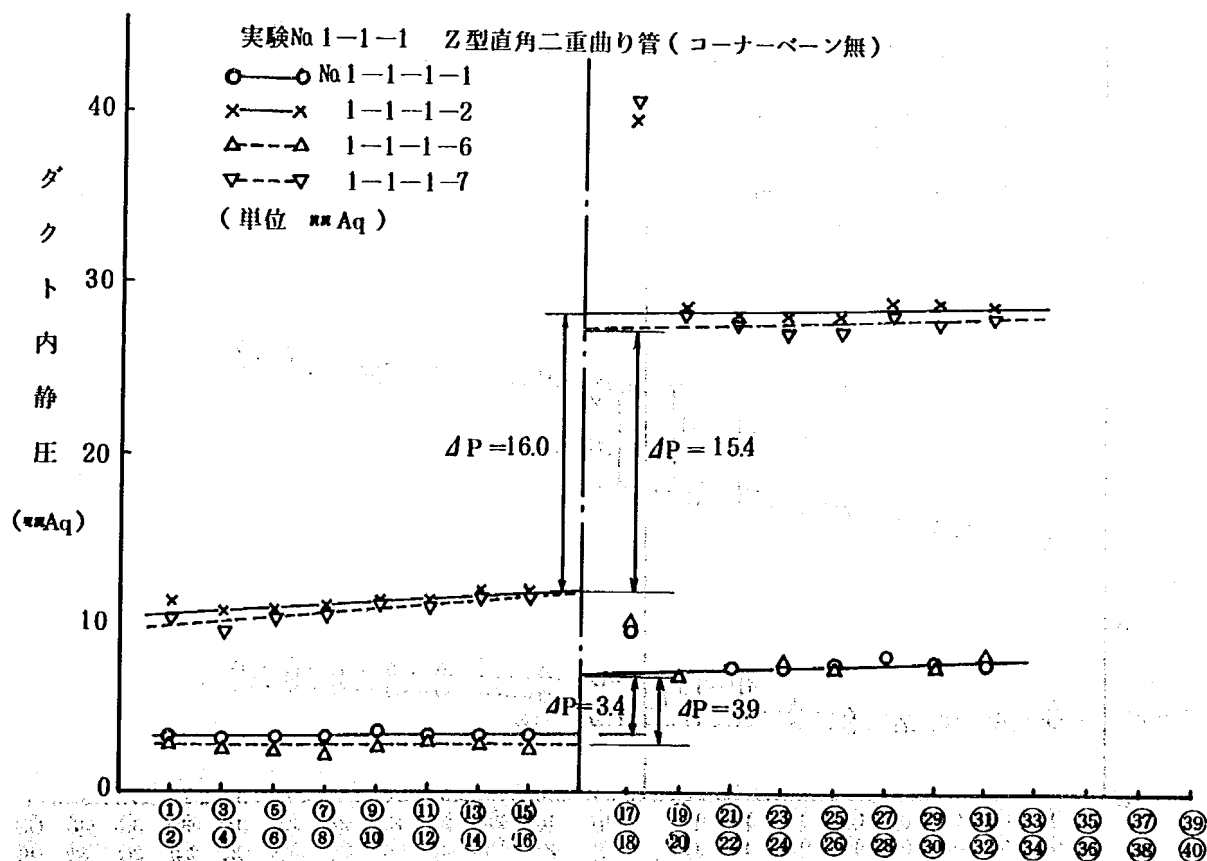
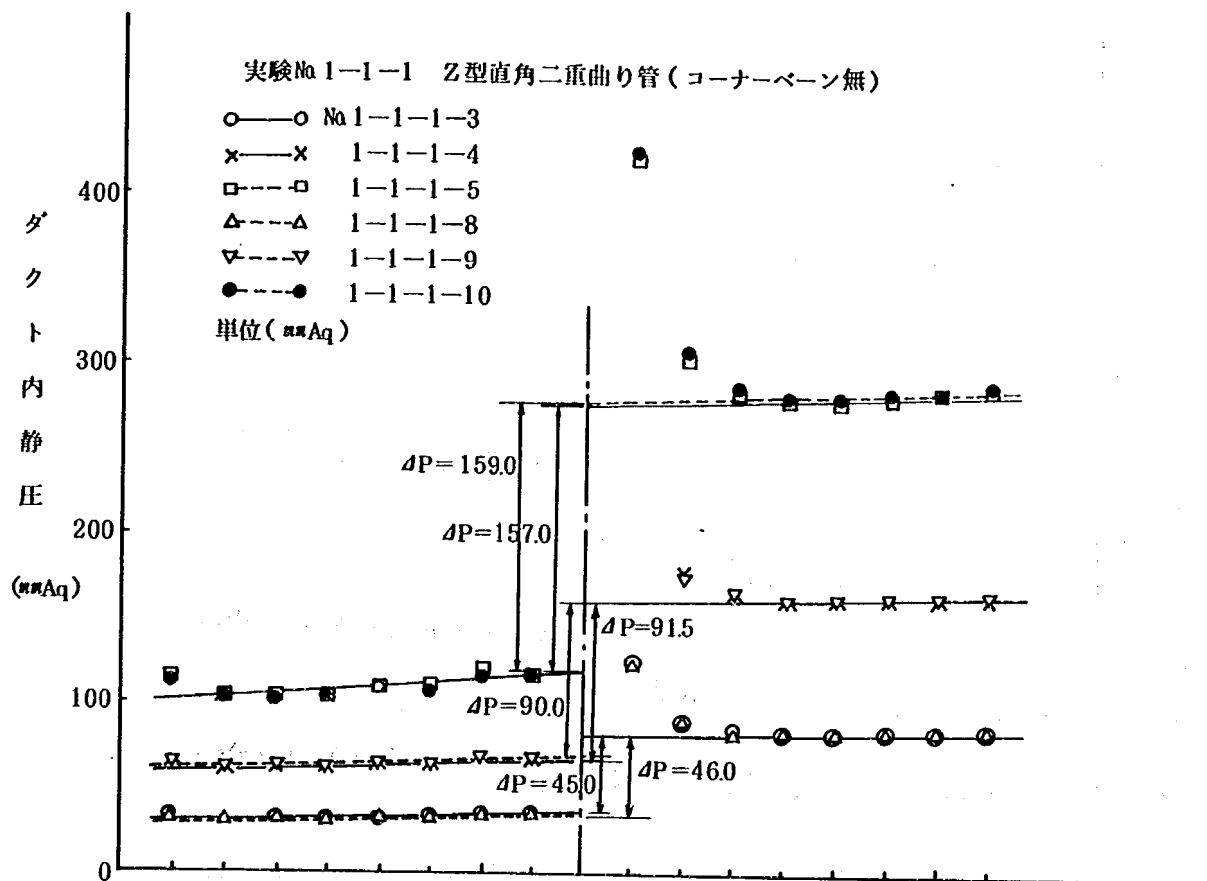


ねじれ型R付二重曲り (コーナーベン1ヶ付)

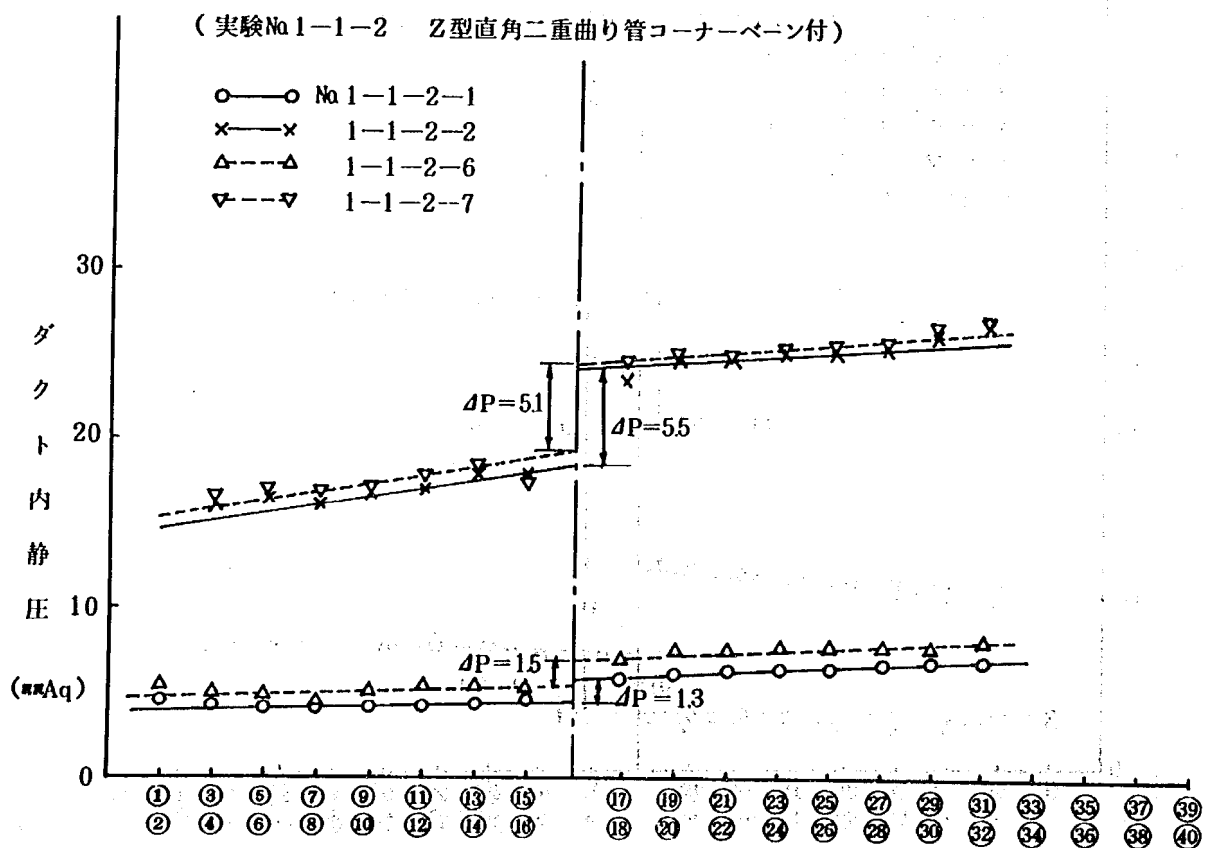
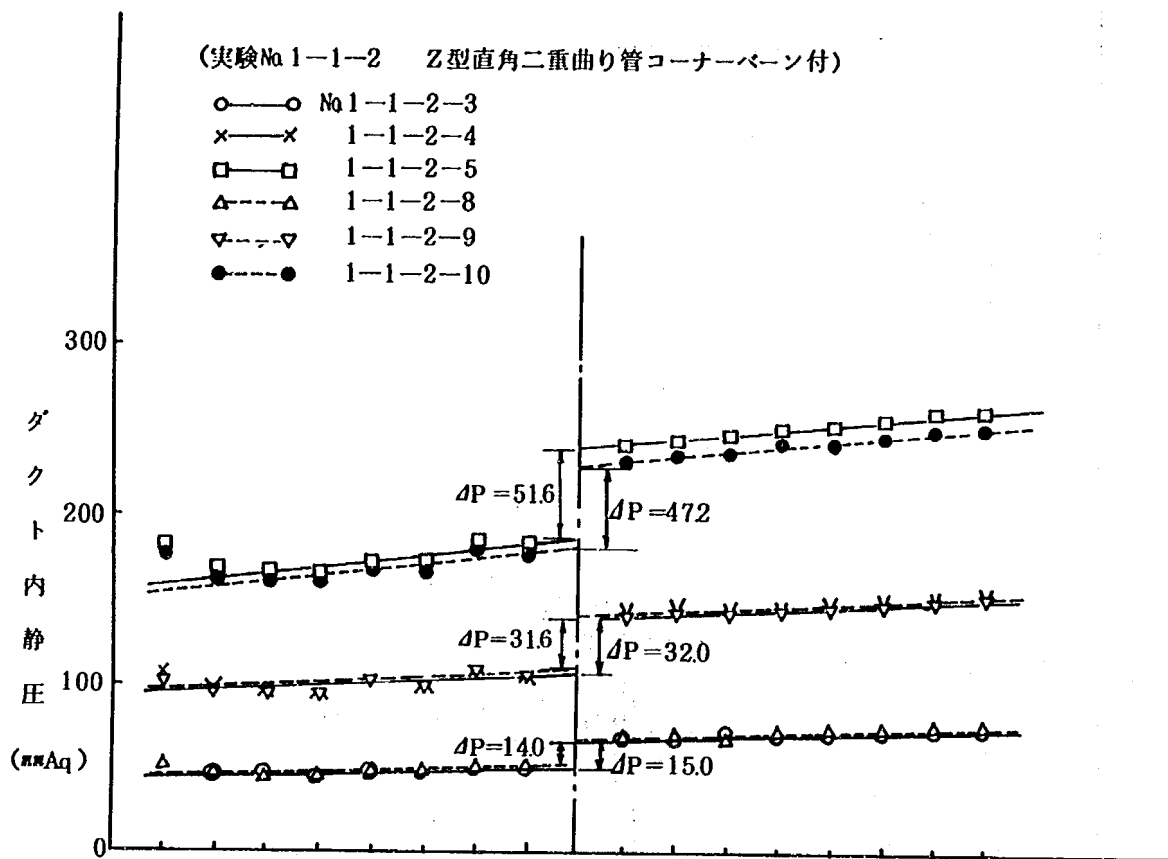


ねじれ型R付二重曲り (コーナーベン2ヶ付)

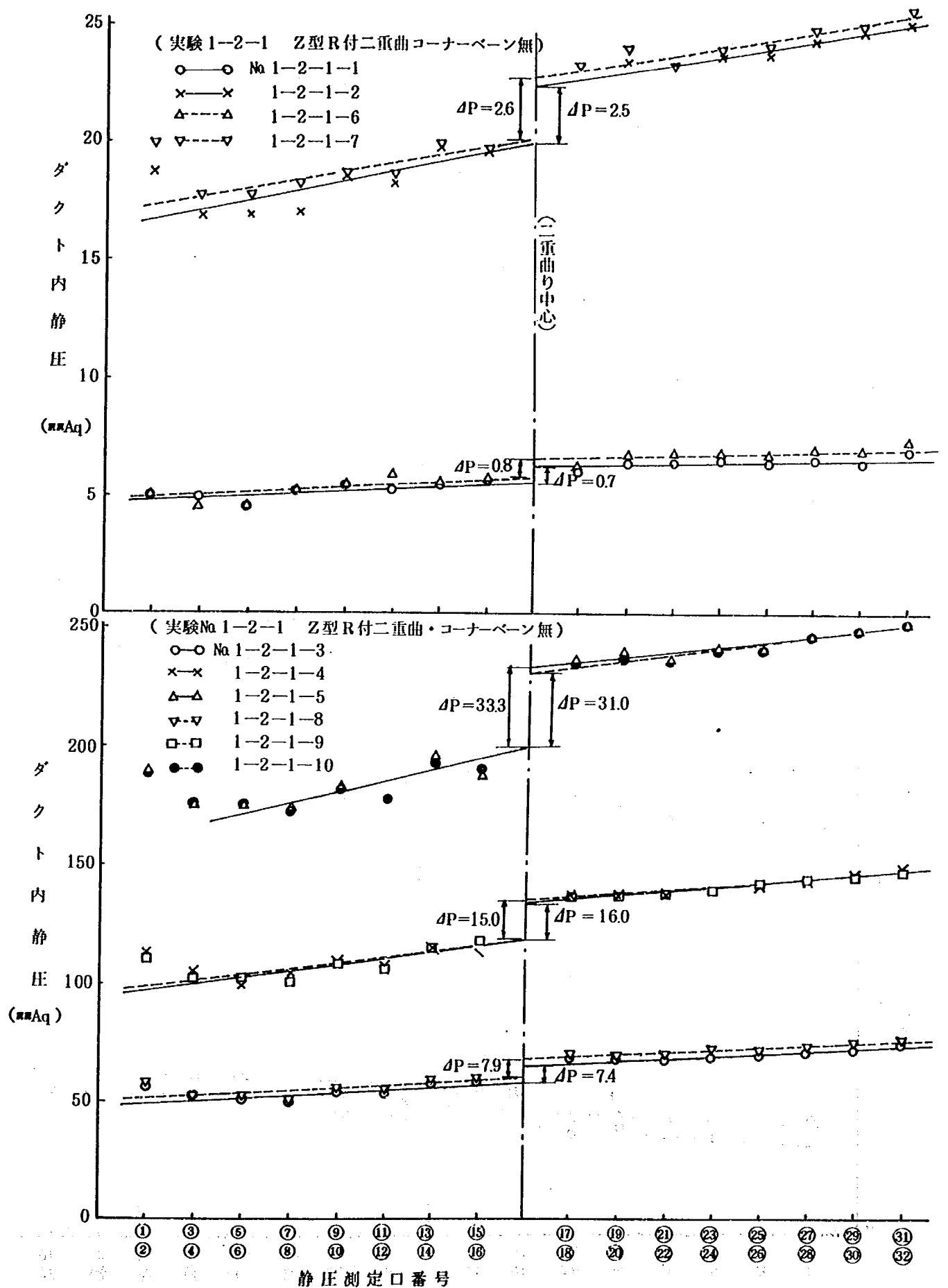
付図-2-(5) 多重曲り模型実験の基準ピトー管風速計と断面平均風速の関係



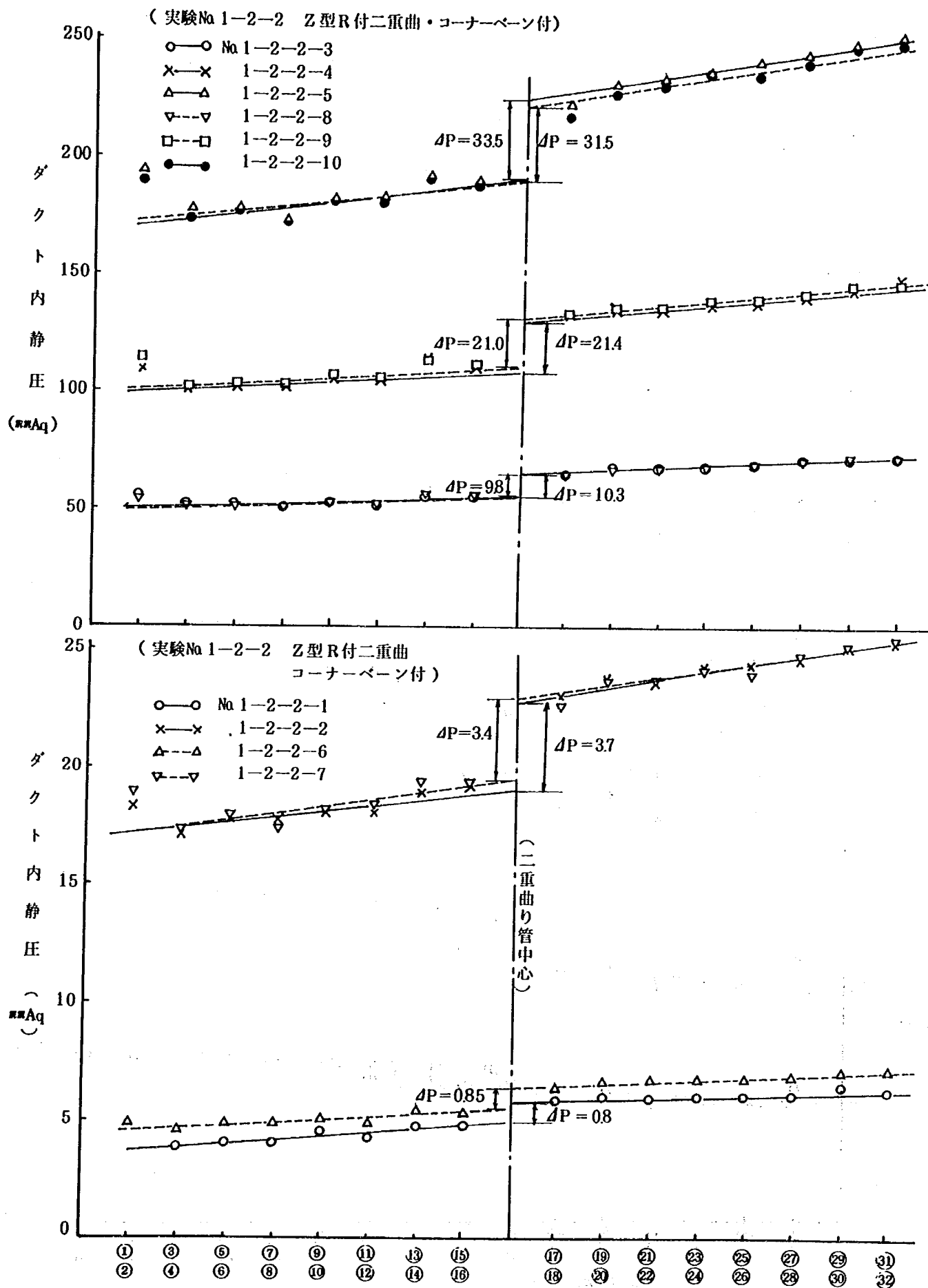
付図-3-(1) 多重曲り部模型実験の静圧分布



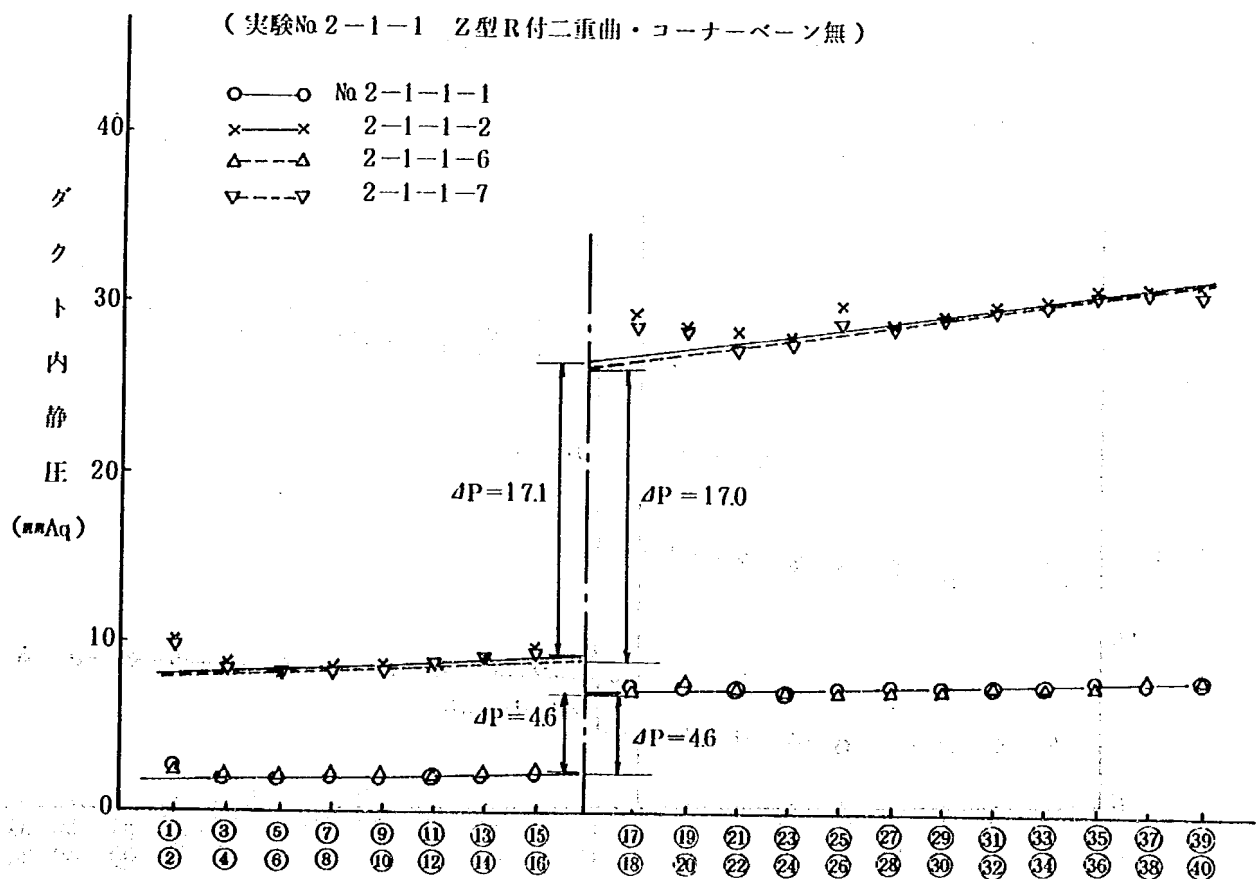
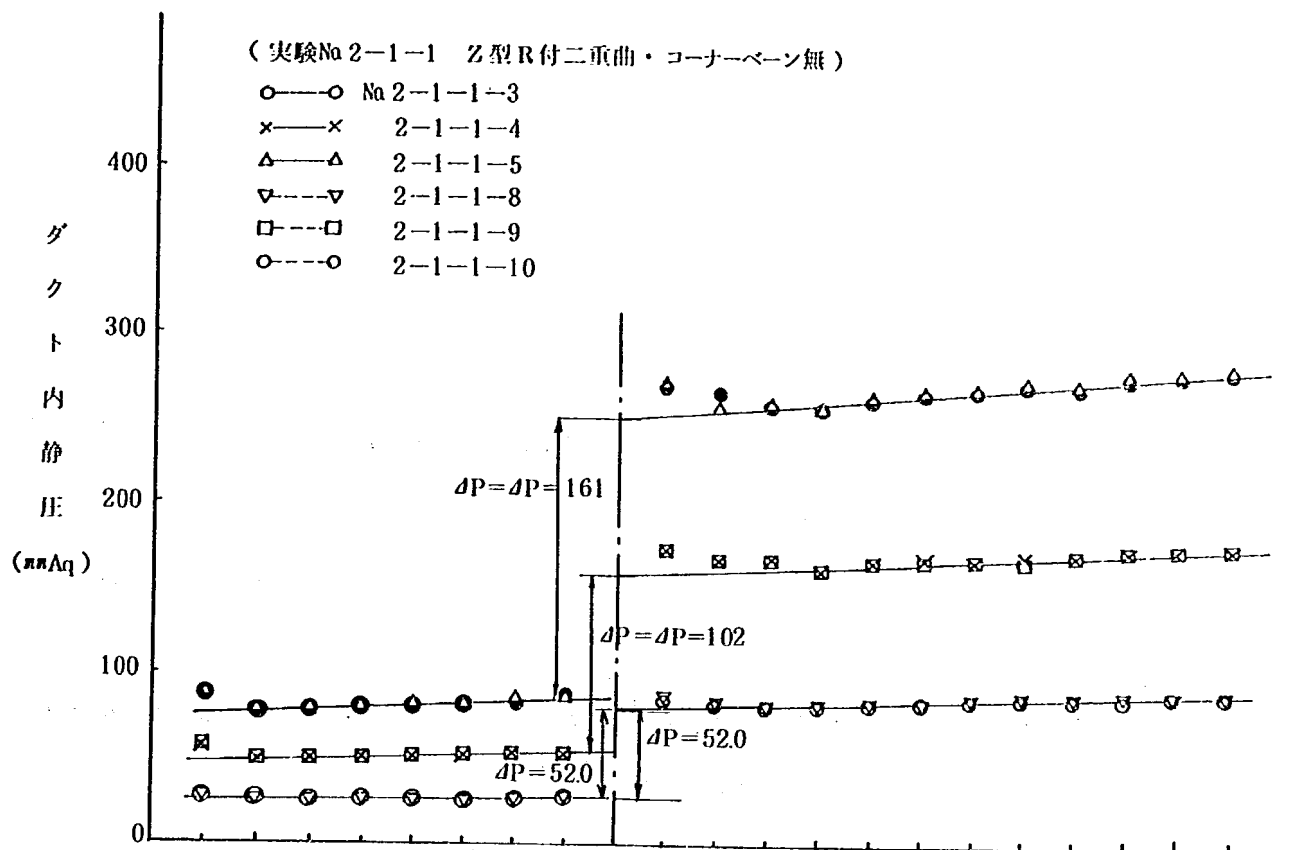
付図-3-(2) 多重曲り部模型実験の静圧分布



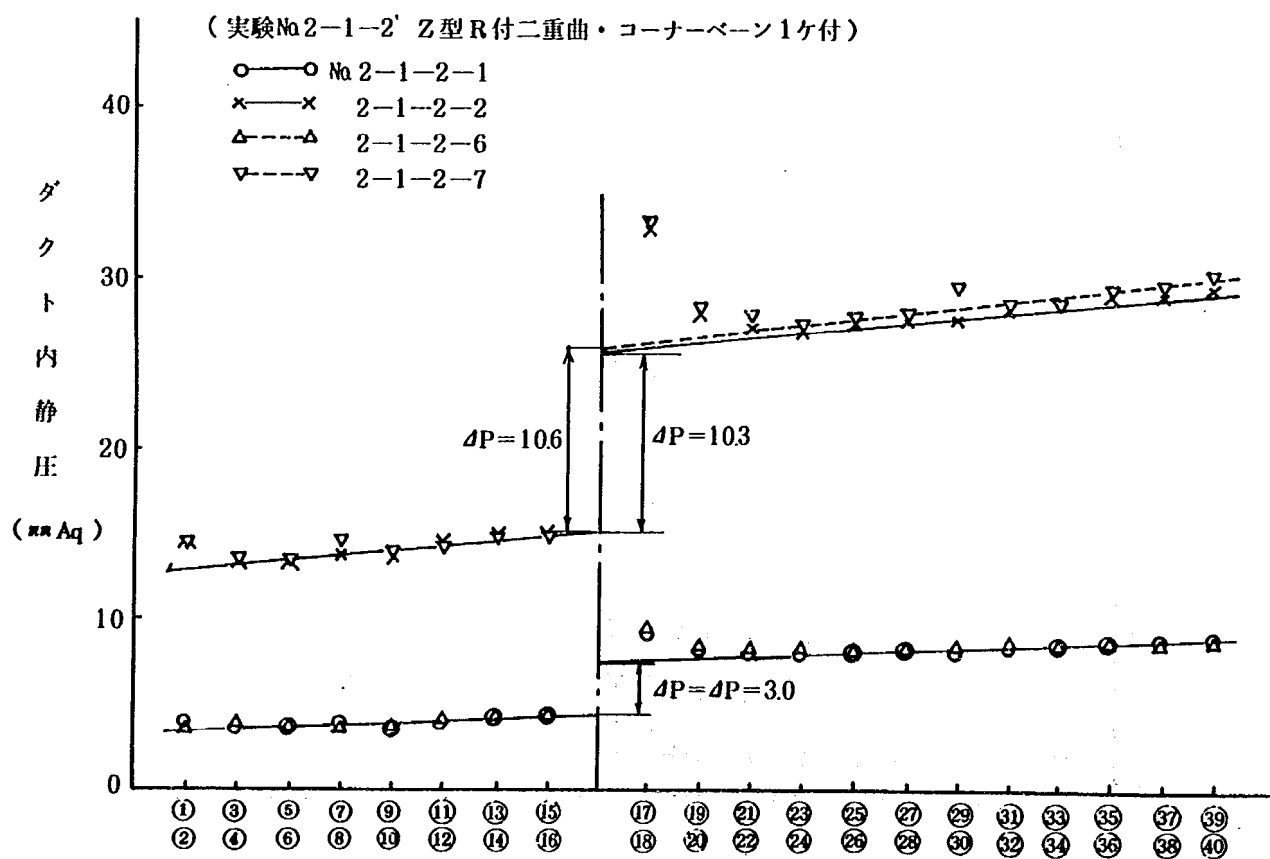
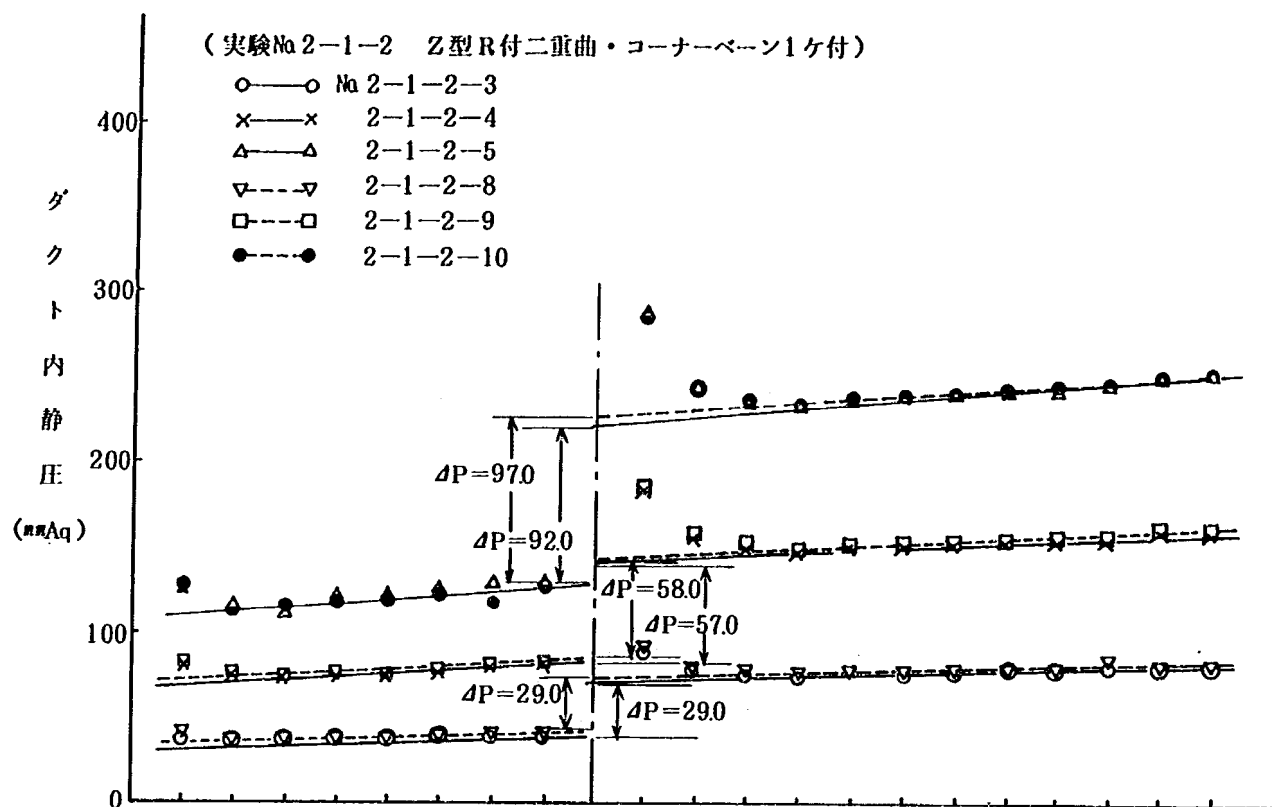
付図-3-(3) 多重曲り部模型実験の静圧分布



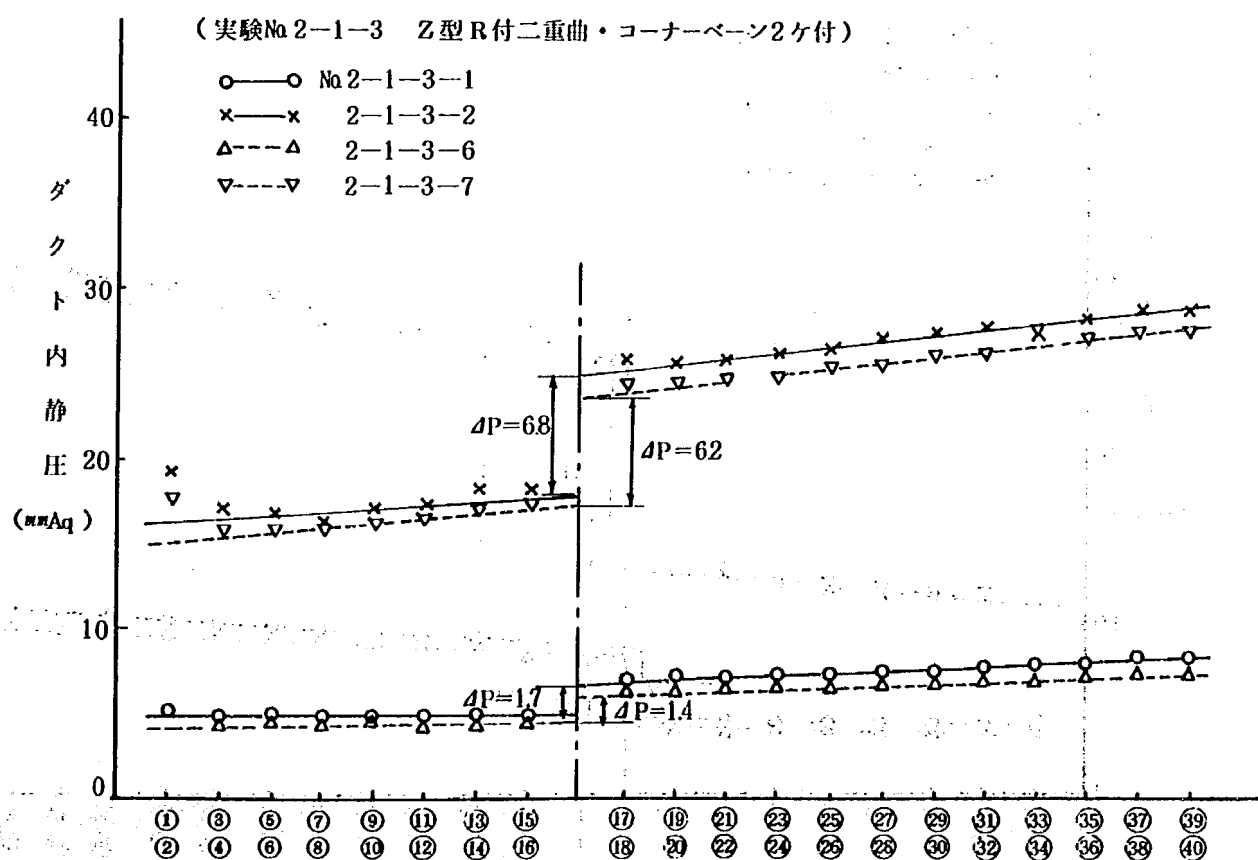
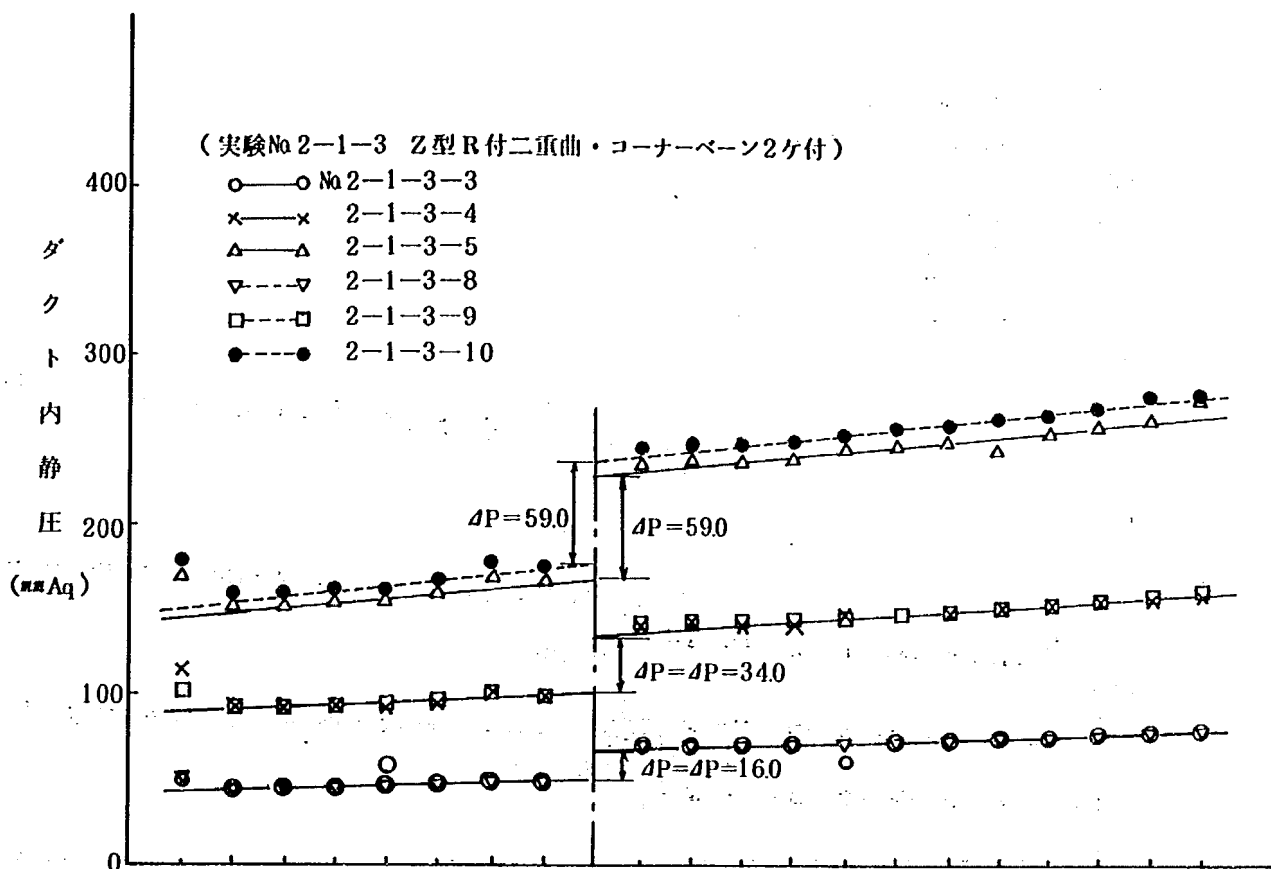
付図-3-(4) 多重曲り部模型実験の静圧分布



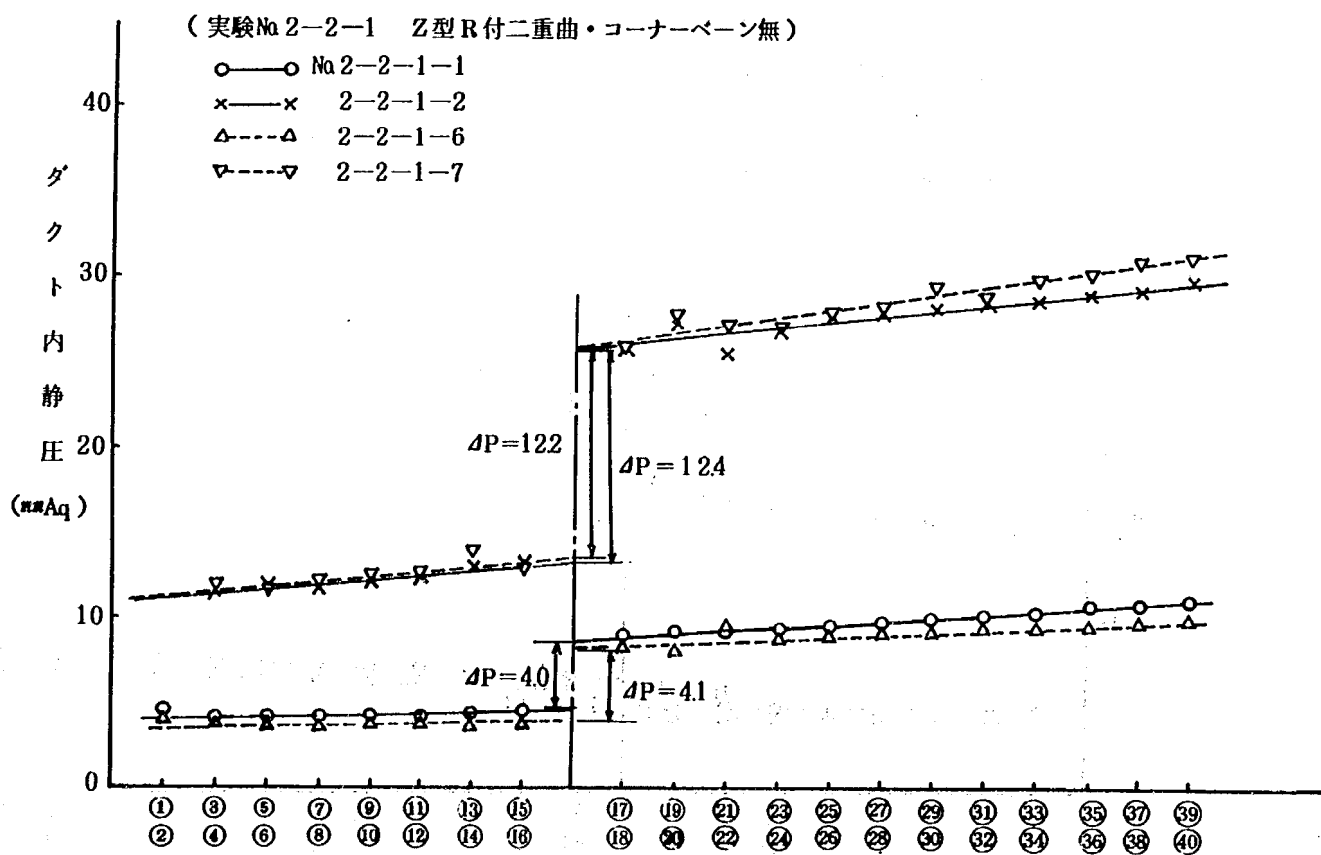
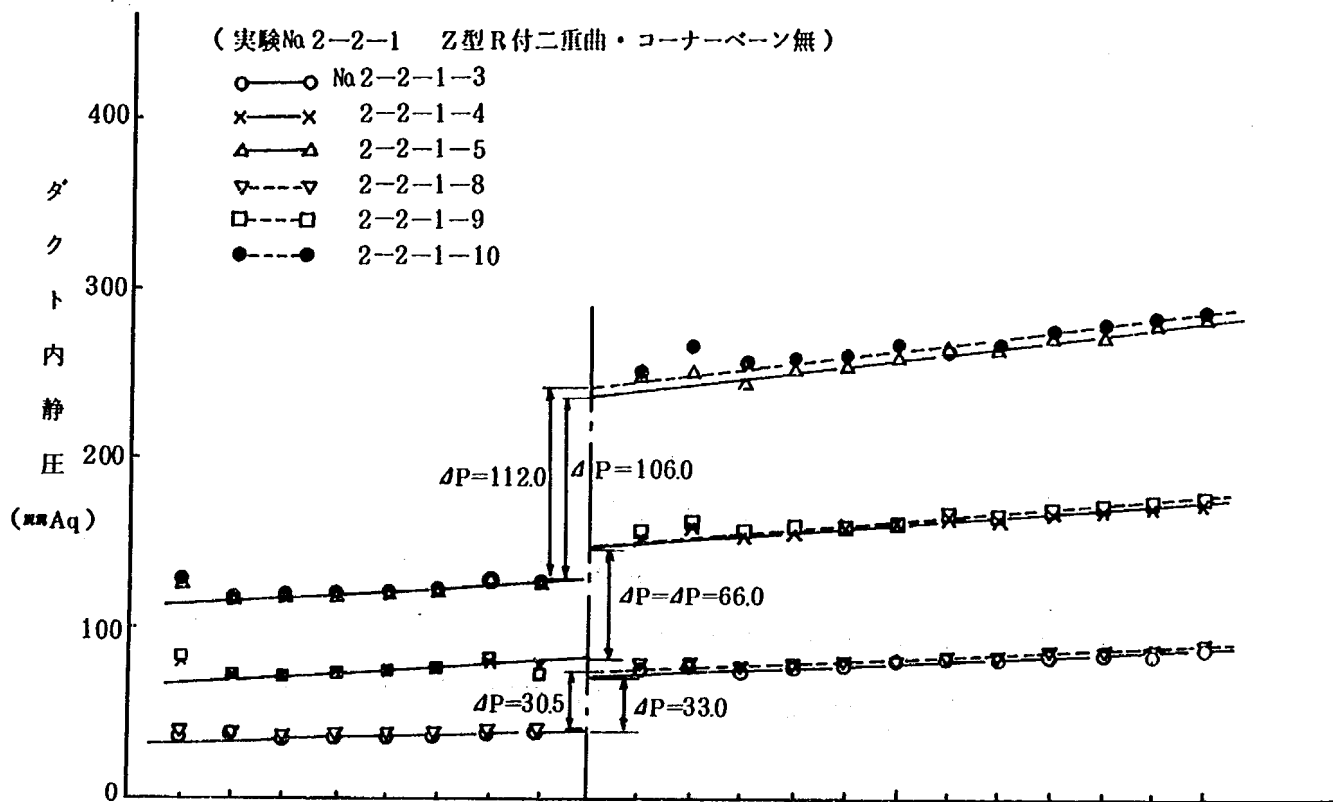
付図-3-(5) 多重曲り部模型実験の静圧分布



付図-3-(6) 多重曲り部模型実験の静圧分布

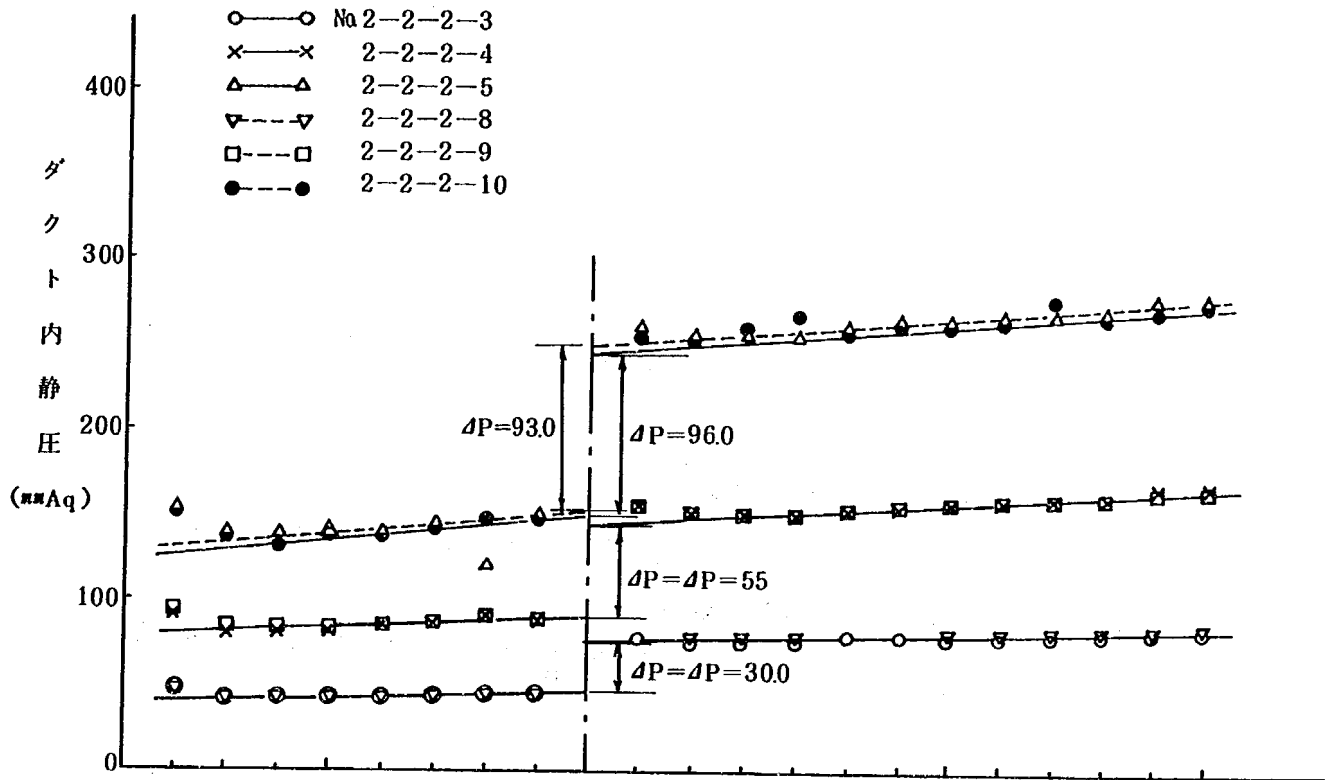


付図-3-(7) 多重曲り部模型実験の静圧分布

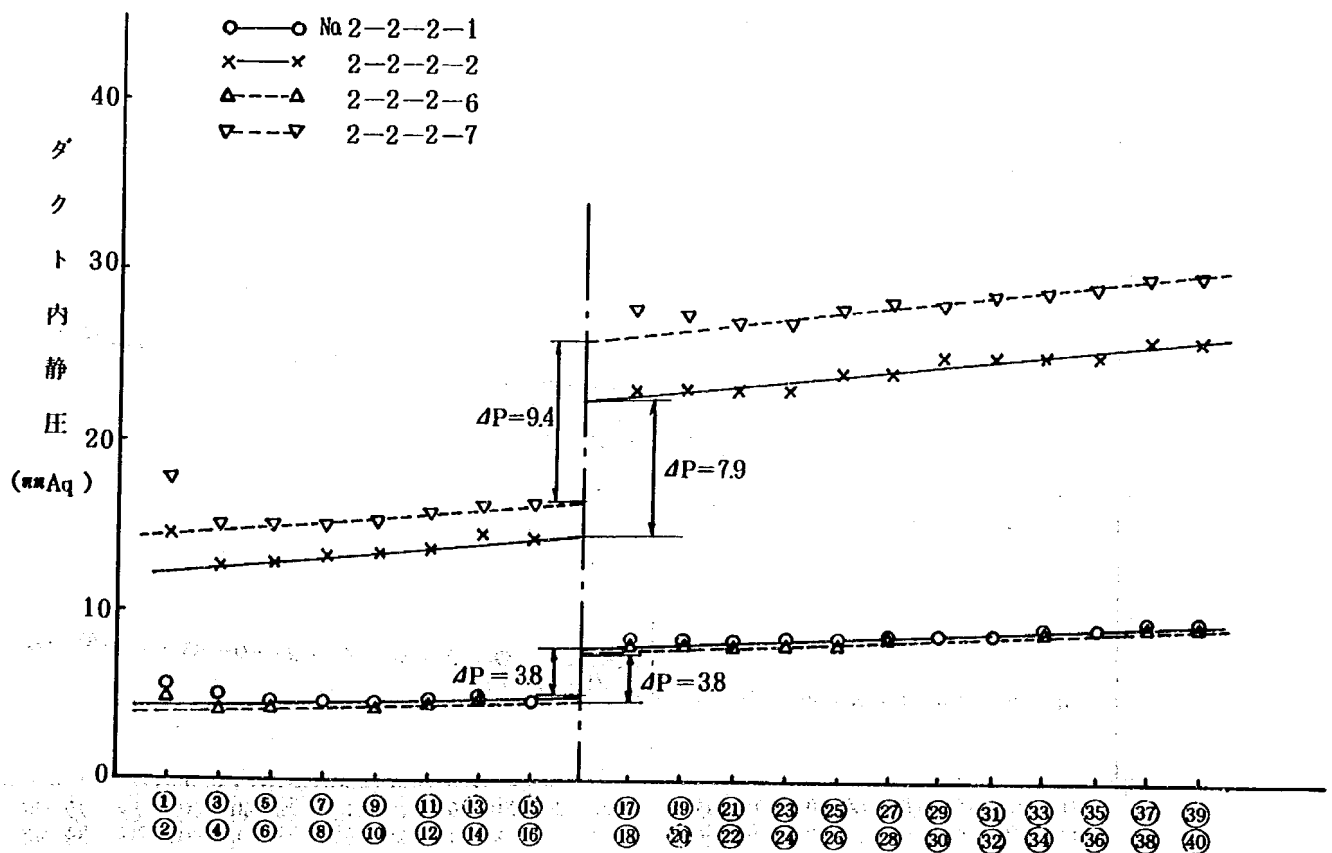


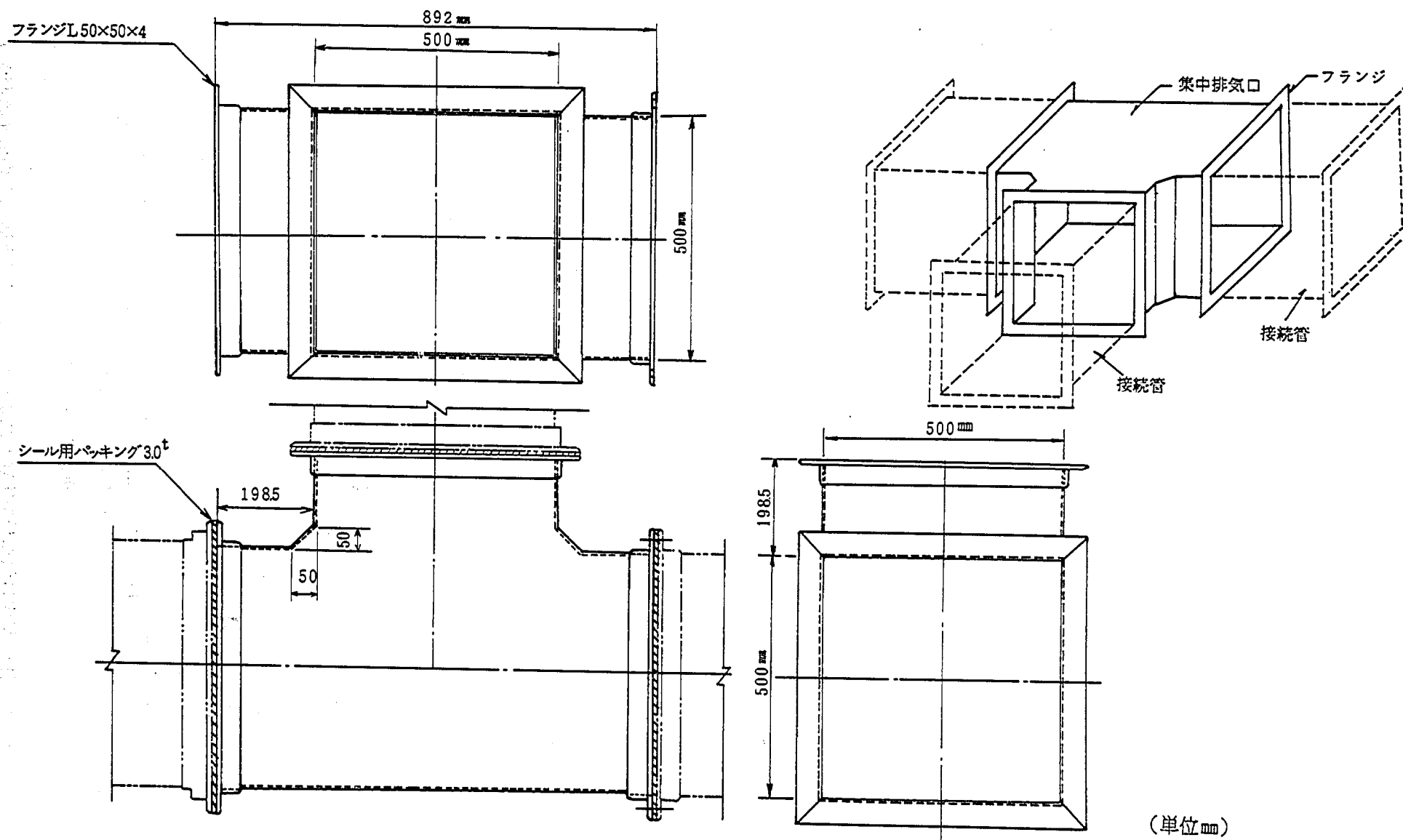
付図-3-(8) 多重曲り部模型実験の静圧分布

(実験No 2-2-2 Z型R付二重曲・コーナーペーン1ヶ付)

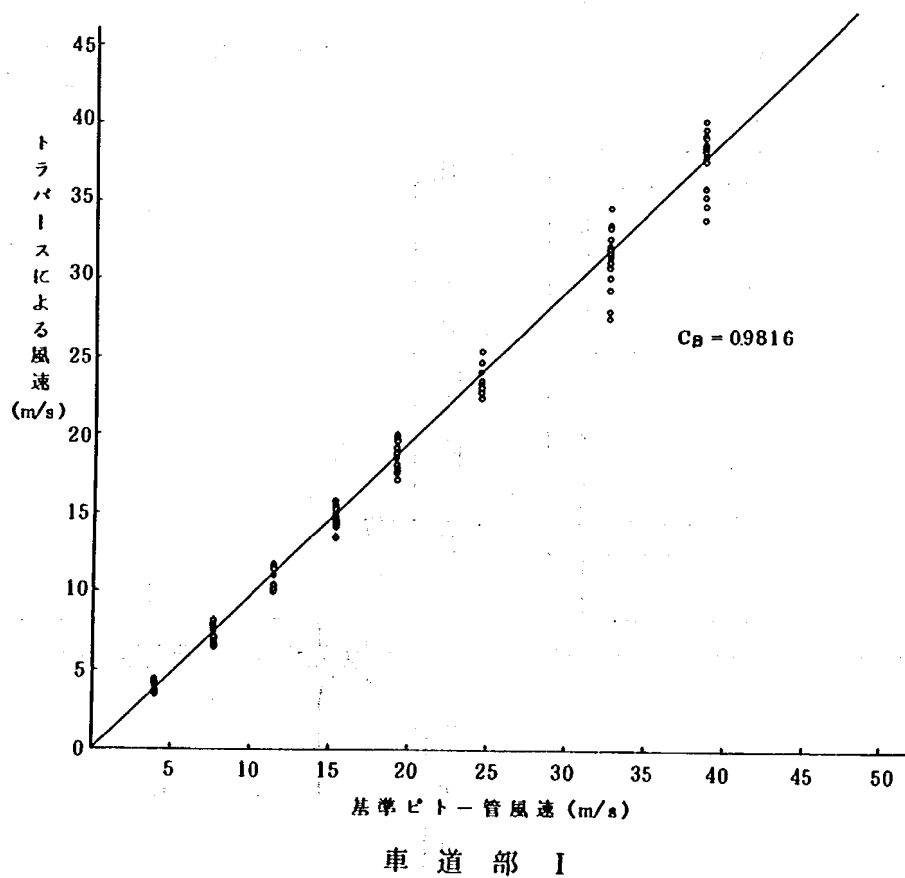
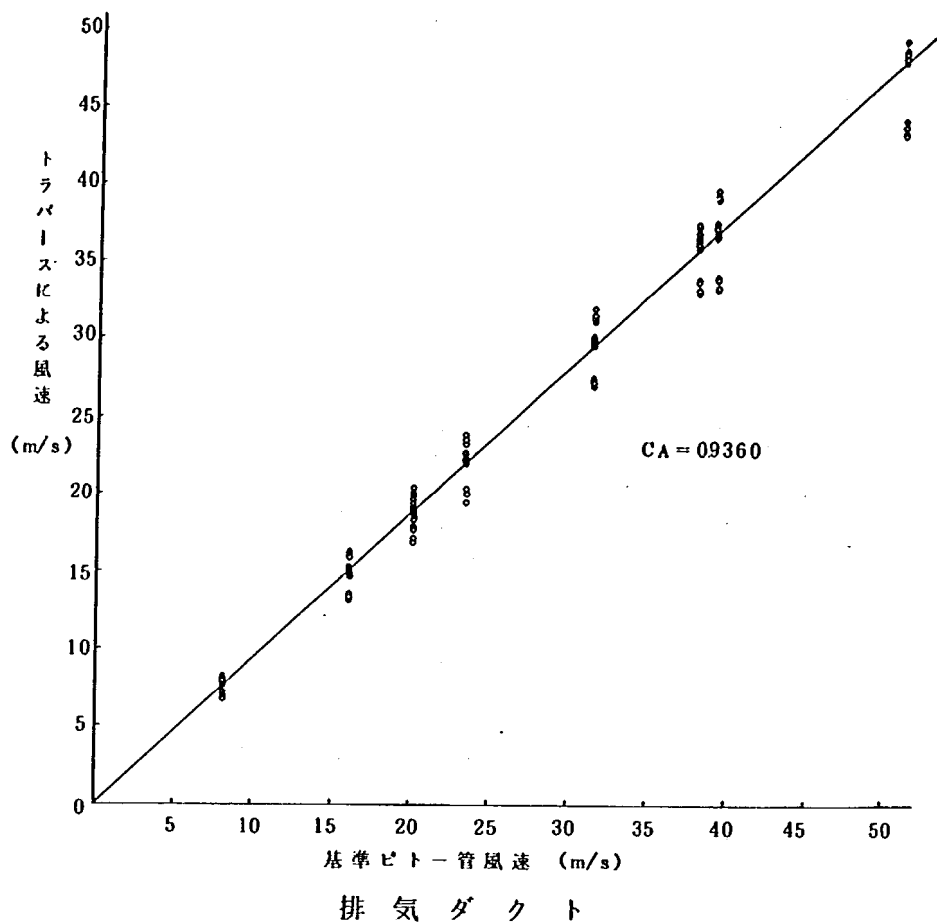


(実験No 2-2-2 Z型R付二重曲・コーナーペーン1ヶ付)

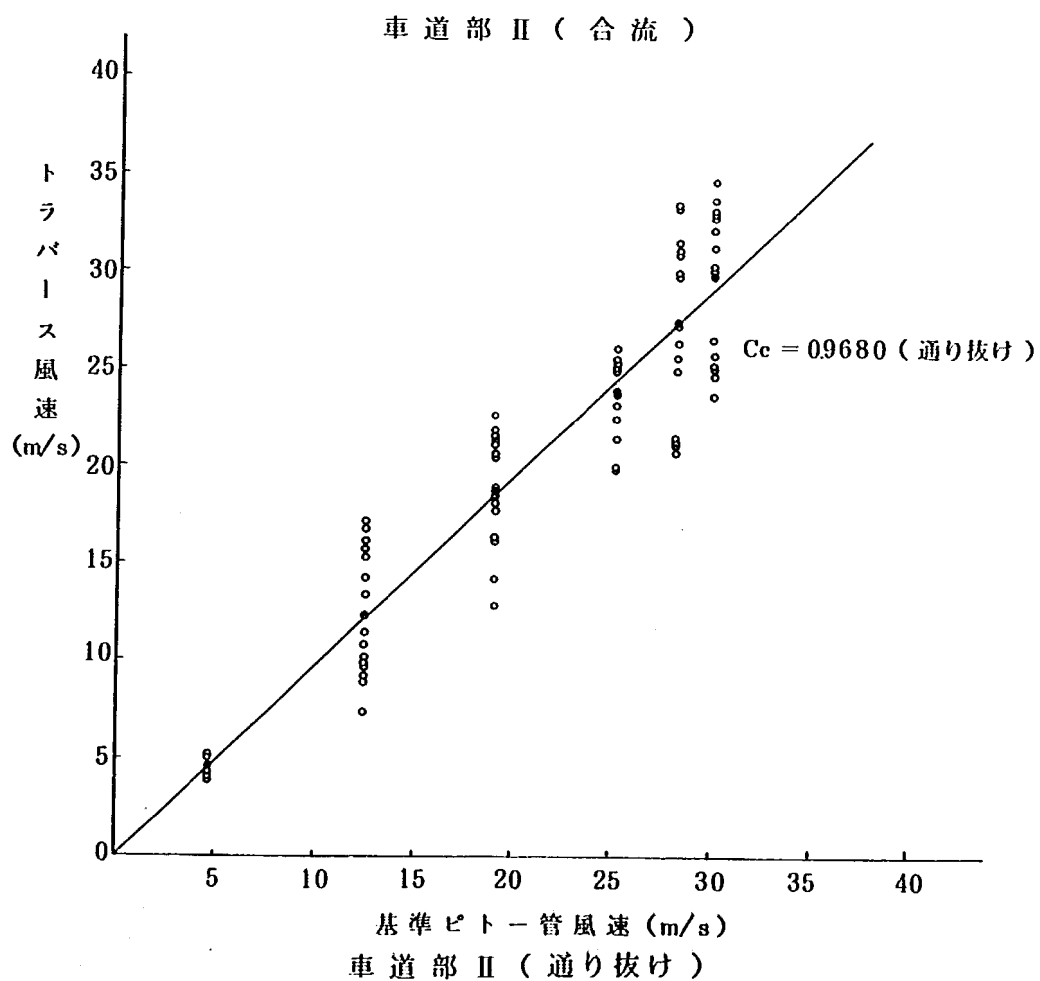
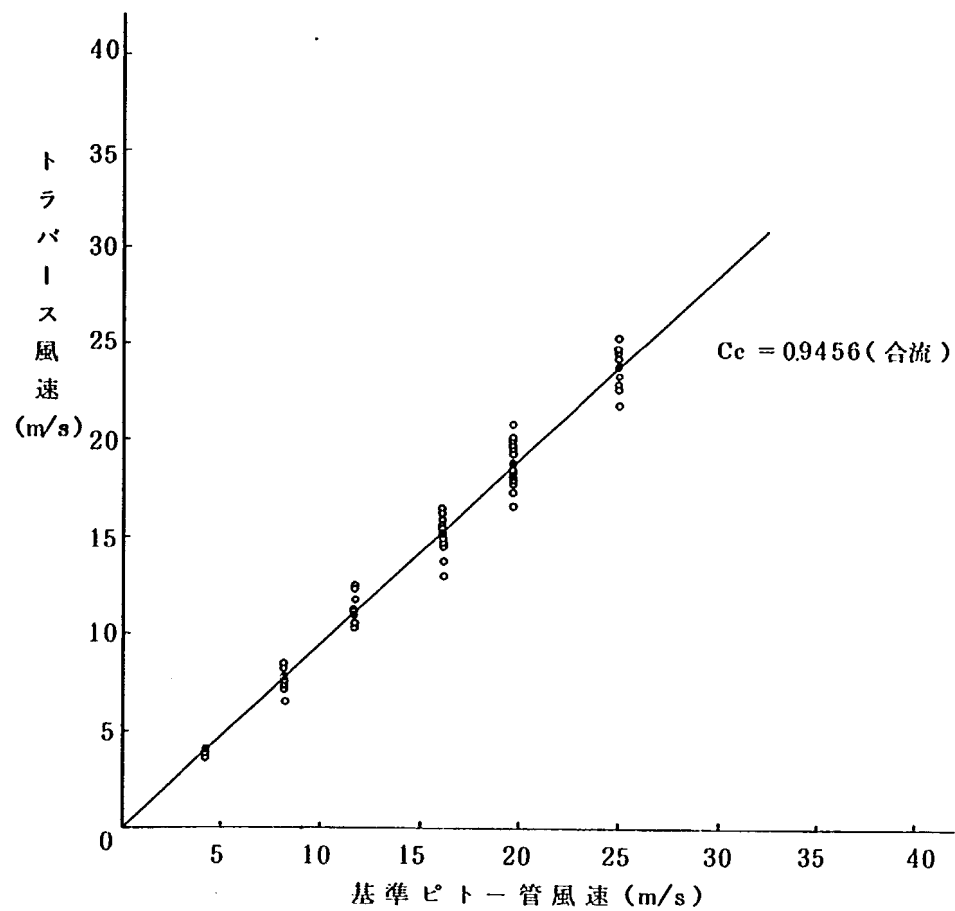




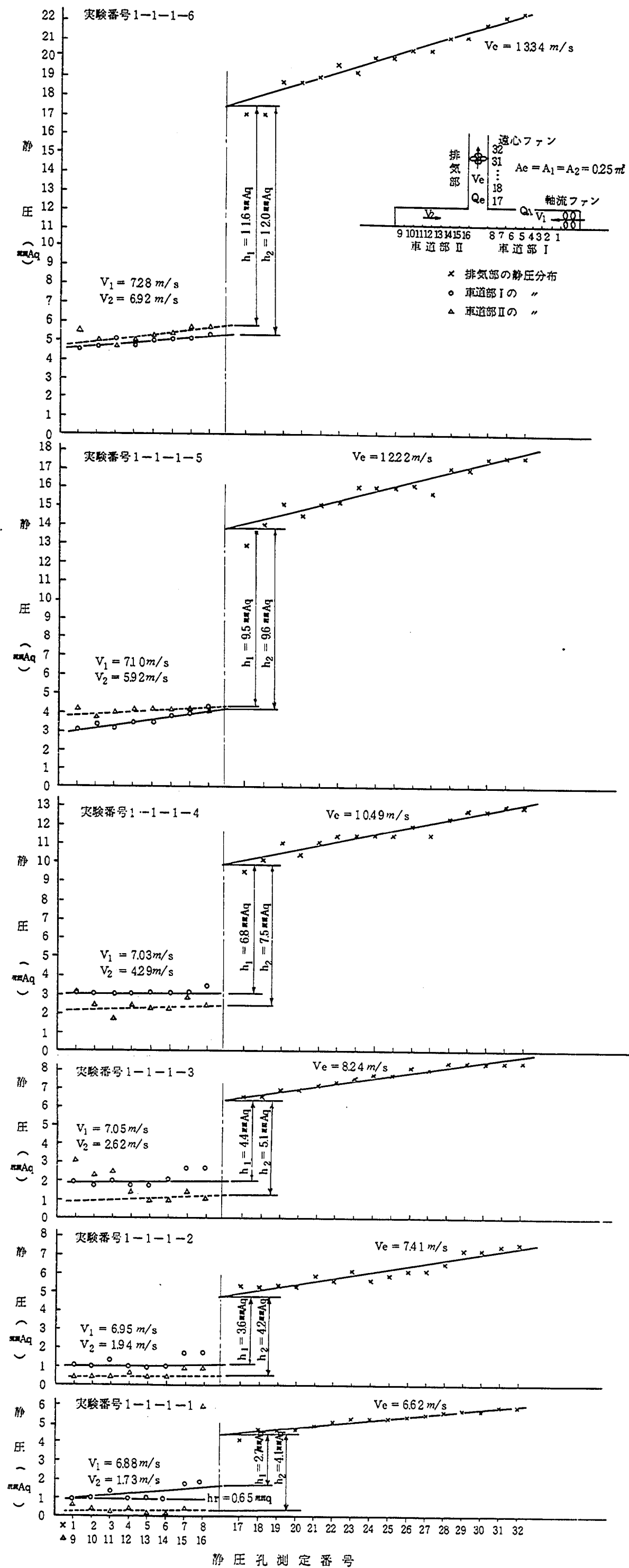
付図-4 集中排気部の模型実験 (集中排気口の詳細図)



付図-5-(1) 集中排気部模型実験(基準ピトー管風速計と断面平均風速の関係)



付図-5-(2) 集中排気部模型実験(基準ピトー管風速計と断面平均風速の関係)



付図-6 集中排気部模型実験の静圧分布一例

多重曲り部および立坑集中
排気部に関する模型実験

土木研究所資料第1574号
昭和55年3月(1980)

今田 徹, 水谷敏則
堀内浩三郎, 石村利明

キーワード

道路トンネル, 換気, 多重曲り損失係数, 立坑集中排気部の合流,
分岐損失係数

要旨 本報告書は多重曲り部の空気力学的な損失を明らかにし,
損失の少ない構造形式をもとめること一方通行を含めた, 立坑集
中排気部の流れを明らかにするための二つ模型実験を報告するも
のである。

郵便はがき

二十円切手
を貼って
さいは

305-□□

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所
トンネル研究室
行

No. 000012

No. 000012

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第 1574 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名

印