

土 木 研 究 所 資 料

縦流換気における風量制御方法の
じゃま板に関する模型実験

昭和57年3月

建設省土木研究所
道路部トンネル研究室

Copyright © 56 年度 by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま え が き

道路トンネルは、自動車排出する有害成分等によって汚染される。このため、汚染濃度を許容限界以下にして、トンネル通行者の安全な環境を確保する設備が設けられる。換気に必要な動力は、トンネル延長、交通量等に応じて異なるが、おおむねトンネル延長2～4乗に比例して増大し、これに伴って換気の設備費、運転費および本体工の建設費も増加する。最近では、トンネルの延長も長大化の傾向にあるため、効率的な換気方式および制御方法の開発が必要とされている。

換気の経済性という観点から、最近、縦流換気方式が見直されてきている。この方式では、車道空間を通気するために、特別なダクトを必要としないし、通気損失も少ないほか、特に一方通行のトンネルでは、自動車のピストン効果（交通換気力）を有効に利用するという特長を有するためである。しかし、車道空間を通気することは、自動車の台数、走行速度等の変動が直接的に換気系に影響を及ぼすことになる。このため、縦流式換気方式を採用する場合には、これらの変動の影響を最小限に押えて換気系の安定した運用をはかるための制御方法を検討しておくことが必要かつ重要である。このような観点から、省エネルギー的な設備である所の空気抵抗板（以下、じゃま板とする。（車道上部の建築限界外に取付ける抵抗板）。）に着目して模型実験を行った結果をとりまとめたものである。

トンネル研究室長	水 谷 敏 則
（前トンネル研究室長 現都立大学助教授）	今 田 徹
トンネル研究室研究員	堀 内 浩三郎
	石 村 利 明

目 次

ま え が き

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	4
① ピトートラバース	4
② トンネル壁面損失係数	5
4.2 じゃま板の損失係数	5
① レイノルズ係数との関係	6
② 設置箇所数との関係	6
③ 設置間隔との関係	7
④ じゃま板の寸法との関係	8
⑤ じゃま板の形状との関係	8
5. 考 察	16
6. じゃま板適用性について	16
6.1 概 要	16
6.2 適用例	16
① 対面通行例（立坑中央にない場合）	16
② 対面通行例（立坑中央にある場合）	21
③ 一方通行例（立坑が中央にある場合）	22
④ 一方通行例（立坑が出口側にある場合）	23
⑤ ま と め	24
7. あとがき	24
8. 付 録	29

1. 実験目的

縦流換気において車道内の換気風を制御する方法としては、ジェットファン等を補助的に使用する
方法、じゃま板（図-2 参照）を設置する方法などがある。ジェットファンによる方法は、ファ
ンによる車道内圧力の昇圧効果を利用して換気流の過不足あるいは不均衡を補償することにより全
体の換気系の安定化をはかろうとするものである。じゃま板による方法は、じゃま板の設置により
車道内の通気抵抗を若干増すことになるが、交通換気力等の変動に原因する換気流の大幅な変動に
対しては、これを抑制する効果があり、その結果、全体換気系の安定化をはかることを目的として、
じゃま板の設計上の諸数値を得ることおよび適用性について検討することである。

2. 実験方法

実験は、トンネル換気風洞模型装置（図-1、写真-1）を用いて行った。装置は縮尺 1/30 で半
円形断面で長さ 2 m の硬質塩化ビニール管 8 本（16 m）を接続し、それに排風機（図-3）を接続
したものである。延長 16 m のうち 8 m の試験区間にじゃま板を図-2 に示すように設置し、風量（風
速）とトンネル内の静圧分布の測定を行った。静圧は、（図-1 に示す）24 点で測定し、1 測点の測
定はトンネル断面の（図-1 に示す）④～⑩の 4 ケ所の平均をとった。風量は、図-1 に示す断面
TA 点に基準風速計を設けて測定を行った。基準風速計としてのピトー管を用いた。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。

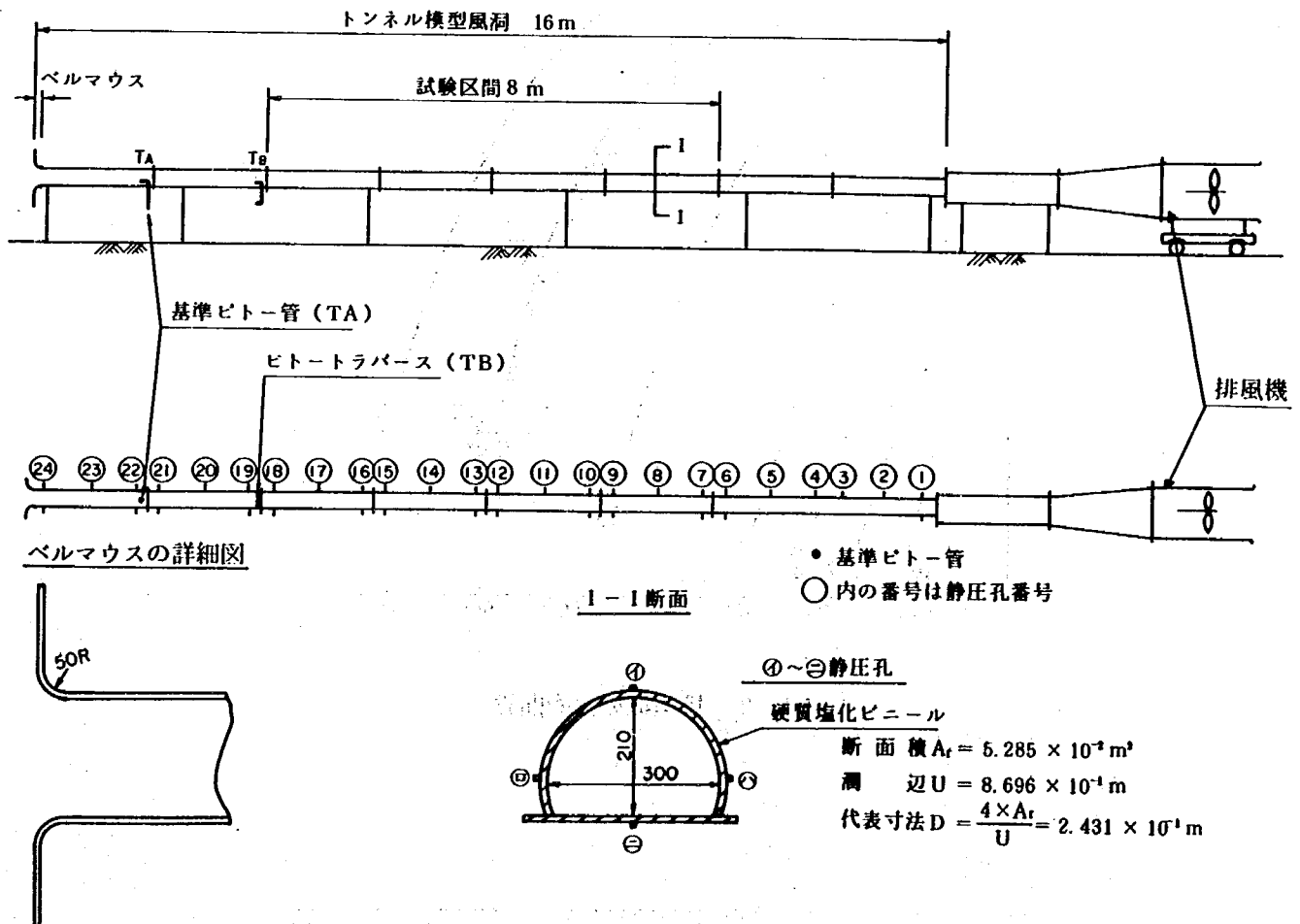


図-1 実験装置

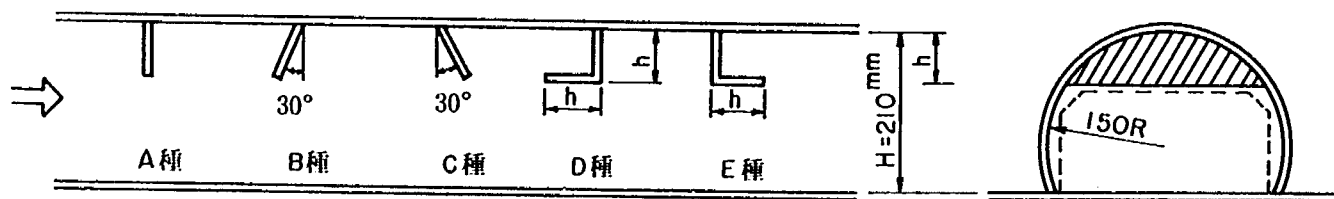


図-2 じゃま板 種類取付図

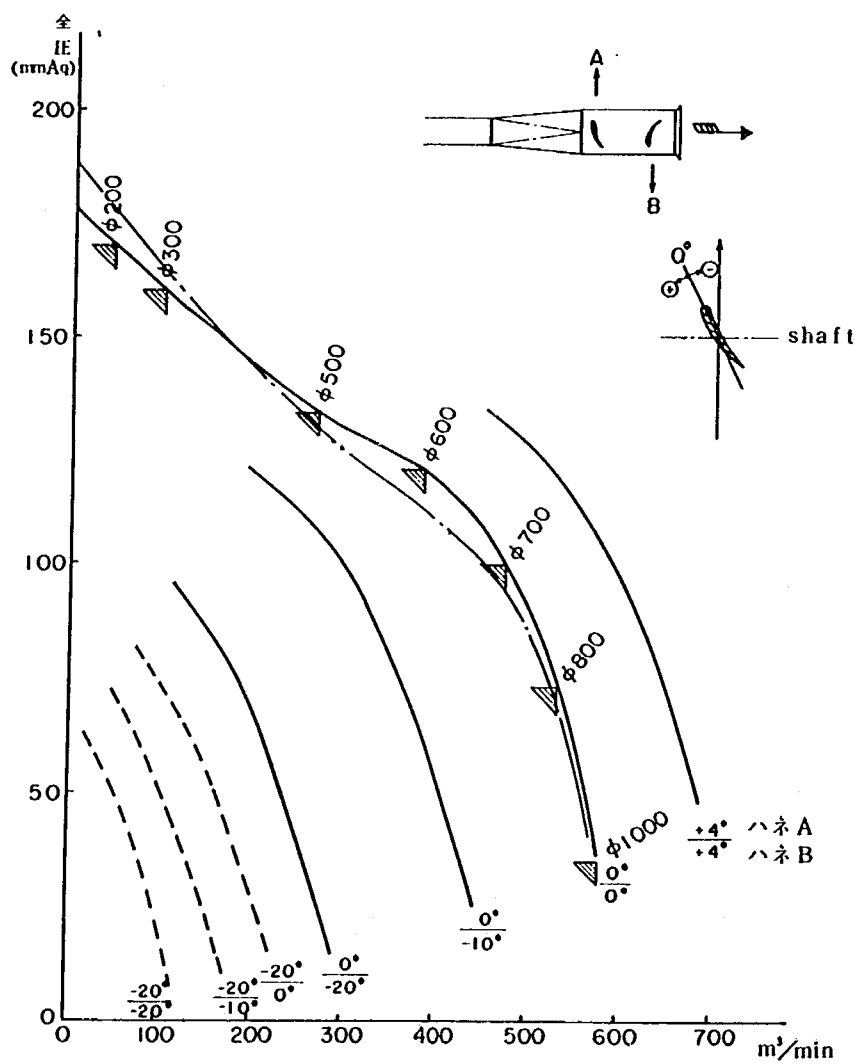
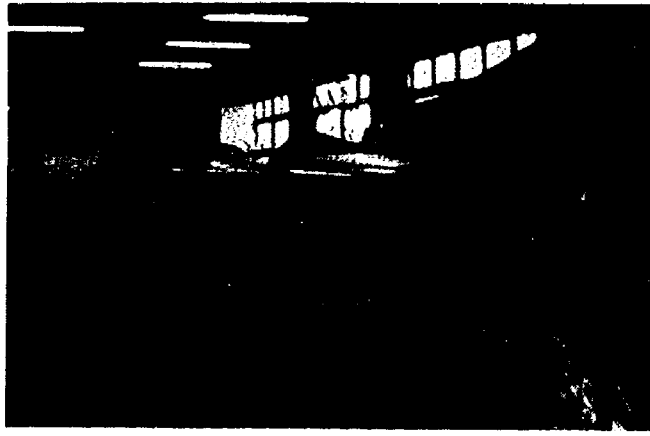
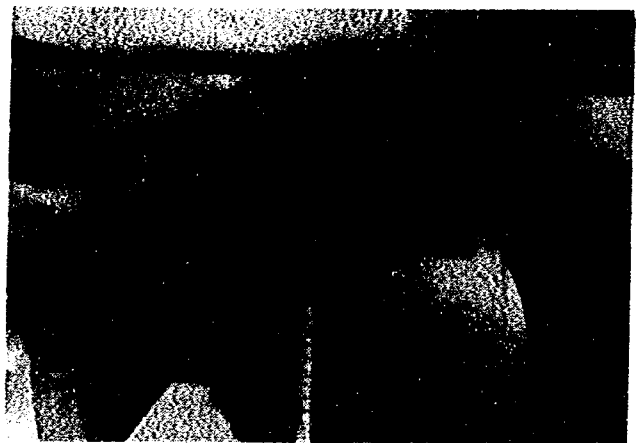
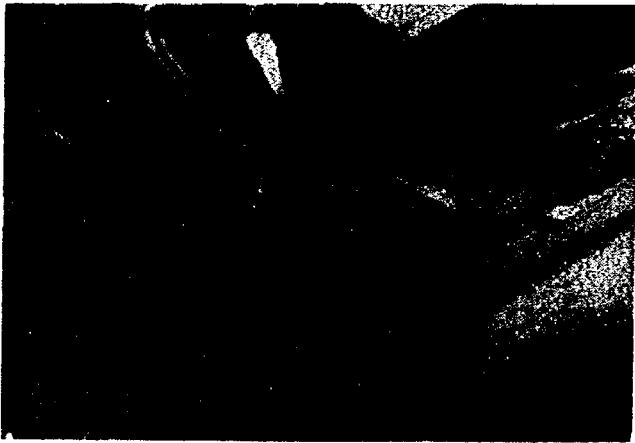


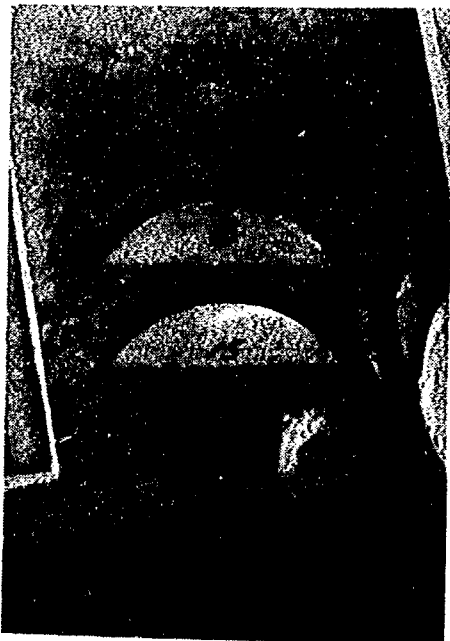
図-3 排風機の性能曲線



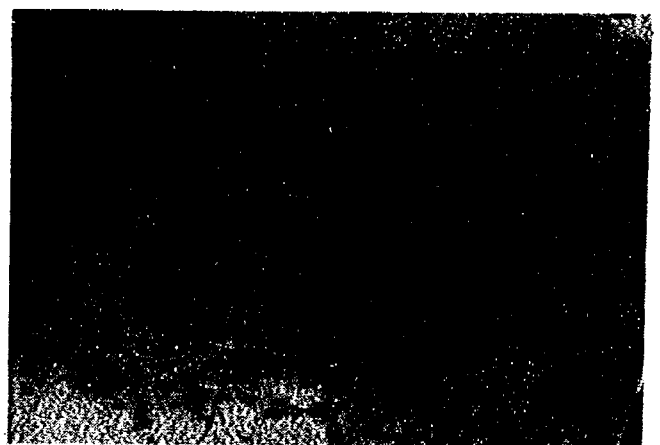
実験装置



じゃま板取付状況



じゃま板 A ~ C 種



じゃま板 D 種, E 種

写真 - 1

3. 実験条件

実験条件は、表-1に示すように、じゃま板の形状寸法、設置間隔および設置箇所数をパラメータとした。

表-1 実験条件

じゃま板 種類	じゃま板 高さ	設置 間隔	設置個数	実験 ケース	備 考
A	mm				$D = 2.431 \times 10^{-1}$ $\infty \dots \dots$ 無限大 実験回数は1ケースにつき6~12回行った。
	69	∞	1	1	
	69	1.5 D	12	1	
	69	3 D	2, 3, 4, 5, 6, 7 8, 9, 10, 11, 12	12	
	69	6 D	2, 3, 4, 5, 6,	5	
	69	9 D	2, 3, 4	3	
	69	12 D	2, 3	2	
	48	6 D	3	1	
	53	6 D	3	1	
	58	6 D	3	1	
	63	6 D	3	1	
B	69	3 D	3	1	
C	69	3 D	3	1	
D	53	3 D	3	1	
	69	3 D	3	1	
E	69	3 D	3	1	

4. 実験結果

4.1 実験装置の定数

① ピトートラバース

基準風速計と風量との関係は、じゃま板の有無により風速分布の相違が予定されるために、実験前の予備実験としてピトートラバースを行って(1)式を用いて整理した。その結果を付表図-1に示す。以下の実験データの整理にあたっては、付図-1を用いてもとめた。

$$V = C \sqrt{\frac{2g \gamma_{al}}{1000 \gamma_{al}} \cdot \Delta h}$$

ただし,

V ; ダクト内の風速

C ; ビトー管の補正係数

g ; 重力加速度

γ_{al} ; 空気の密度

Δh ; 全圧, 静圧差

② トンネル壁面損失係数 (λ)

トンネル壁面損失(λ)とレイノルズ数の関係は, 予備実験によって, じゃま板のない状態で図-1に示す①~④の静圧を用いて整理して, その結果を付表-1, 付図-1, 2に示す。以下の実験データの整理にあたっては, 付図-1, 2を用いてもとめた。

4.2 じゃま板の損失係数

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(mmAq)に換算した値)は, 付表-2(1)~(9)および付図-3(1)~(4)に示す通りである。付図-3を模式的に書くと図-4のようになる。この図から, じゃま板の設置されている前後で圧力が変化している様子がわかる破線はトンネル壁面の摩擦損失による静圧の低下を示すものである。このじゃま板の前後の圧力差 ΔP (mmAq)を用いて(2)式によって, じゃま板一枚当り損失係数 ζ_i の値を求めて整理した。その結果を表-2に示す。

$$\zeta_i = \frac{\Delta P / n}{\frac{1}{2} \rho \cdot V_r^2} \dots\dots\dots (2)$$

ΔP ; 試験区間前後のトンネル内圧力差(壁面摩擦損失の分は除いたもの) mmAg

n ; じゃま板の設置箇所数

V_r ; トンネル内平均風速 m/sec

ρ ; 空気密度 $\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$

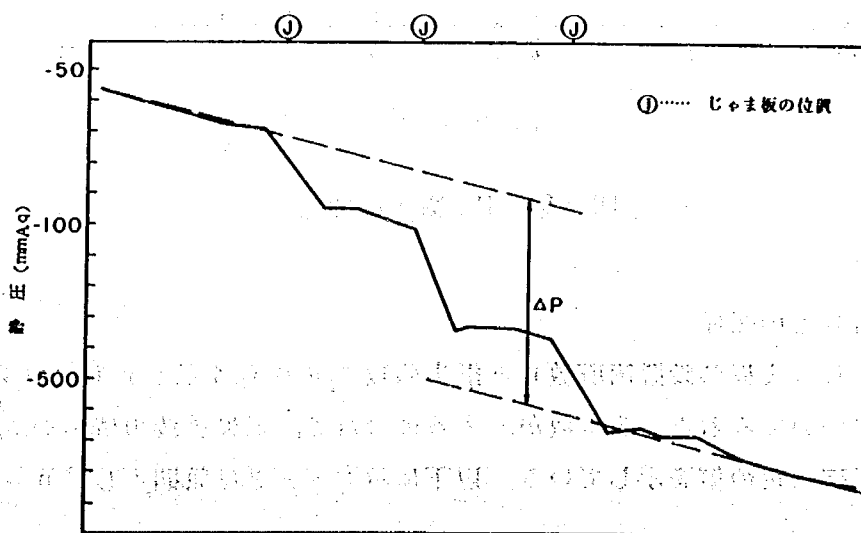


図-4 トンネル内静圧分布例

① レイノルズ数との関係

実験の結果により、じゃま板と損失係数 ζ_i とレイノルズ数 (Re 数 $= V \cdot D / \nu$) の関係について調べると、図-5に示すようになる。図から損失係数 ζ_i は、じゃま板の設置間隔によって異なるが、いずれも、 Re 数が 2×10^5 程度以上になると、 $\zeta_i = 0.4 \sim 0.5$ とほぼ一定の値を示すことがわかる。従って、以下のデータは $Re \geq 2 \times 10^5$ における ζ_i の値(表-2に示す……※をのぞく)の平均値により表わすことにする。なお、実際のトンネルにおける Re 数は、 $10^6 \sim 10^7$ 程度であり、実験から得られた ζ_i 値を外挿して、そのまま実際のトンネルに適用しても差支えないものと考えられる。

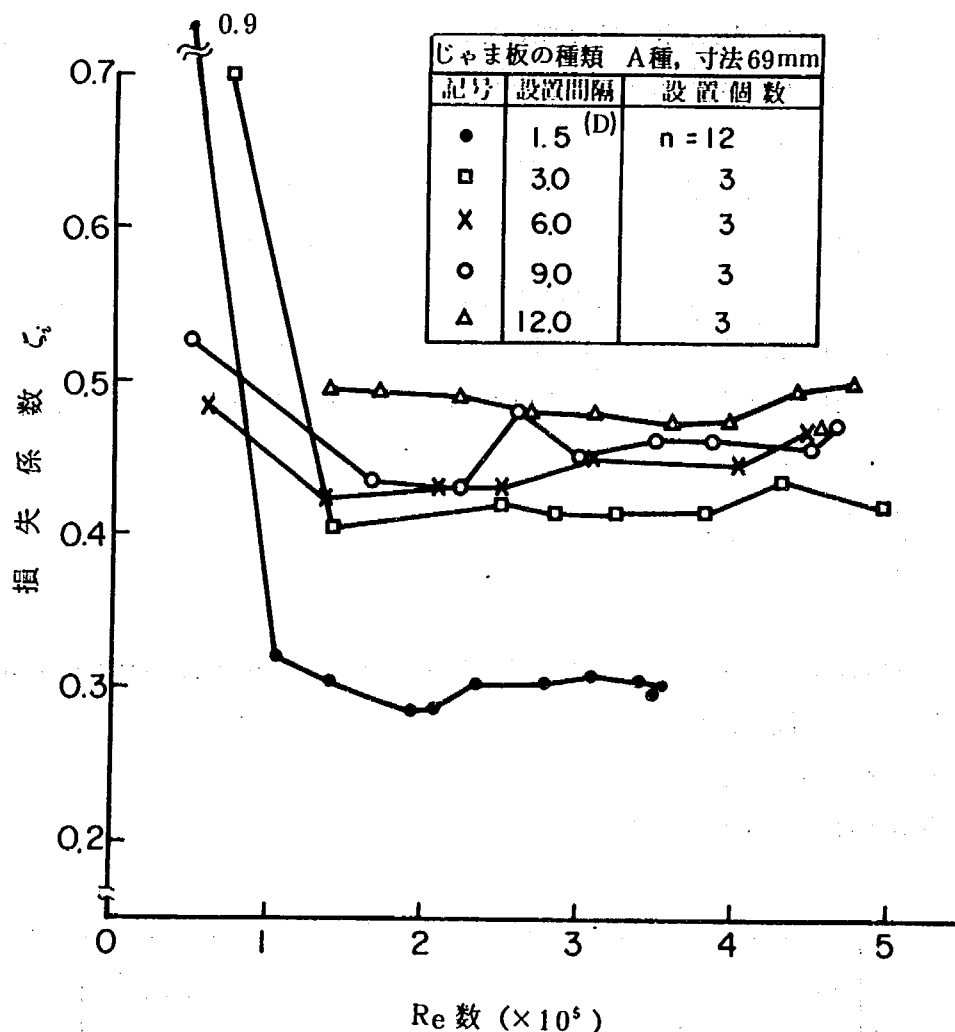


図-5 Re数との関係

② 設置箇所数との関係

図-6は、じゃま板の設置箇所数 n と損失係数 ζ_i の関係を示したものである。設置間隔が同一のものについてみると、箇所数がふえるにつれて、損失係数の値がやや大きくなるが、 $n \geq 3$ ではほぼ一定の値を示している。以下に示すデータは原則として $n = 3$ で実験した結果である。

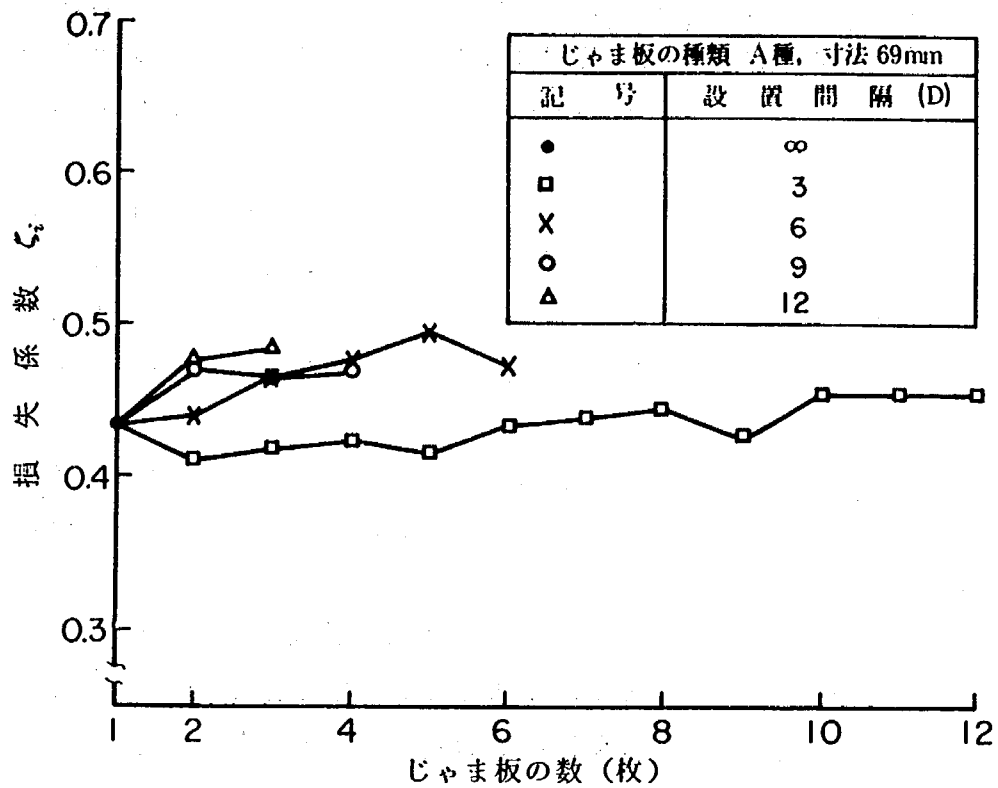


図-6 設置箇所数の影響

③ 設置間隔との関係

図-7は、じゃま板の設置箇所と設置間隔Dと ζ_i 値の関係を示したものである。設置間隔が広くなるにつれて、 ζ_i の値も大きくなっている。間隔が6D程度以上になると、ほぼ一定の値を示すようである。このことを実際のトンネルに、じゃま板の設置間隔を40~50m以上にすれば、隣接するじゃま板相互間の干渉はないものと考えてよいといえる。しかし、じゃま板

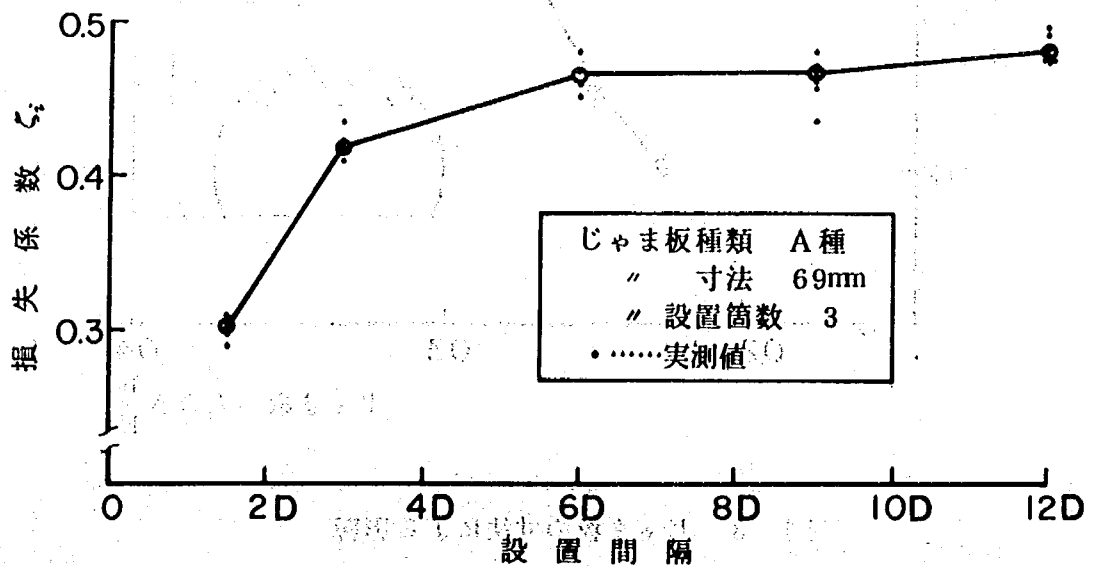


図-7 設置間隔の影響

を一箇所に設置した場合の（理論的には設置間隔 $\rightarrow \infty$ ） ζ_i は、この値よりやや低くなっている。このことから推測すると、間隔が $12D$ 以上のどこかに ζ_i 値を最大とするところがあるように思われる。しかし、値そのものは同じオーダであると考えてよいであろう。

④ ジャマ板の寸法との関係

図-8 はジャマ板の寸法（高さ）を表わす無次元量（ h/H ， h ；ジャマ板の高さ， H ；トンネルの高さ）と ζ_i 値との関係を示している。この図から、ジャマ板の寸法が大きくなるにつれて ζ_i 値も急激に大きくなることがわかる。このことから、ジャマ板の寸法はできるだけ大きくし、車道の建築限界すれすれまで張り出すのが効果的であるといえる。

⑤ ジャマ板の形状との関係

図-2 に示した5種類の形のジャマ板について ζ_i 値を求めた結果を表-2 (1)~(3) に示す。この表から、 $h/H=0.33$ ，設置間隔 $3D$ ，ジャマ板箇數 $n=3$ の条件の場合ジャマ板損失係数はA種…0.42，B種…0.47，C種…0.34，D種…0.38，E種…0.32 である。

この結果からジャマ板の種類B，Dのような換気流に対して迎え角をもつような形状のものは、そうでないものに比べて ζ_i 値が大きくなること。またA～C種のように先端が尖っているものに比べてD，E種のようにジャマ板の先端の形状が気流に対してある意味での整理効果が期待できるようなものでは、 ζ_i の値が小さくなることがわかる。

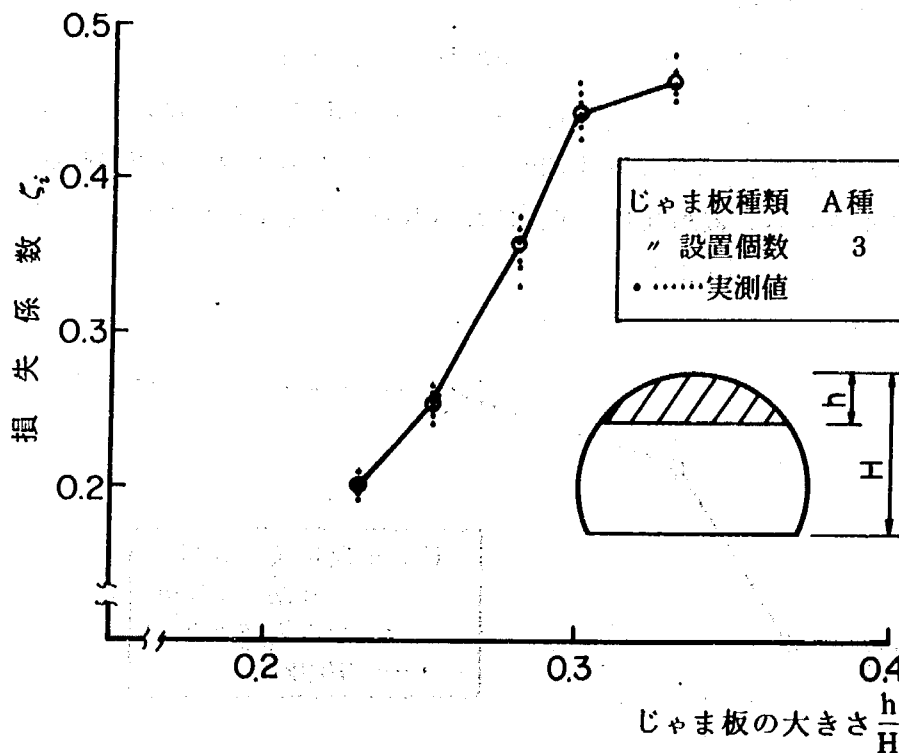


図-8 ジャマ板の寸法による影響

表-2(1) じゃま板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f)m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気の比重 (γ_{air})	摩擦損失係数 (λ)	じゃま板形状 寸法 (mm)	dP	1枚当りの 係数 (ζ_p)	備考
種類-設置-設置-実験 間隔-箇所-回数									
A- ∞ -1-1	3771	59771×10^3	1.5331×10^5	1.1905	0.0142	69	389	0.4503	
" 1-2	3392	53764×10^3	1.5331×10^5	1.1905	0.0144	"	280	0.4006	
" 1-3	2452	38821×10^3	1.5349×10^5	1.1897	0.0150	"	180	0.4931	
" 1-4	2976	47170×10^3	1.5331×10^5	1.1905	0.0146	"	224	0.4163	
" 1-5	2812	44559×10^3	1.5335×10^5	1.1902	0.0147	"	202	0.4206	
" 1-6	2486	39450×10^3	1.5313×10^5	1.1913	0.0150	"	152	0.4046	
" 1-7	2213	35077×10^3	1.5331×10^5	1.1905	0.0151	"	138	0.4638	
" 1-8	1595	25281×10^3	1.5331×10^5	1.1905	0.0158	"	61	0.3949	
" 1-9	988	15660×10^3	1.5331×10^5	1.1905	0.0177	"	25	0.4216	*
" 1-10	512	8115×10^3	1.5331×10^5	1.1905	0.0210	"	8	0.5023	*
" 1-11	2001	31711×10^3	1.5335×10^5	1.1902	0.0153	"	105	0.4296 (平均値) 0.4304	
A-1.5D-12-1	2290	34341×10^3	1.6206×10^5	1.1504	0.0152	69	1130	0.3059	
" 12-2	1432	21457×10^3	1.6217×10^5	1.1499	0.0163	"	413	0.2860	
" 12-3	1584	23736×10^3	1.6217×10^5	1.1499	0.0160	"	533	0.3017	
" 12-4	2374	35604×10^3	1.6204×10^5	1.1503	0.0151	"	1222	0.3078	
" 12-5	2365	35426×10^3	1.6223×10^5	1.1495	0.0152	"	1159	0.2944	
" 12-6	1293	19390×10^3	1.6209×10^5	1.1499	0.0168	"	336	0.2851	*
" 12-7	2075	31162×10^3	1.6183×10^5	1.1509	0.0153	"	938	0.3091	*
" 12-8	943	14163×10^3	1.6183×10^5	1.1509	0.0184	"	189	0.3016	*
" 12-9	1908	28646×10^3	1.6184×10^5	1.1508	0.0155	"	789	0.3075	*
" 12-10	761	11435×10^3	1.6179×10^5	1.1509	0.0198	"	131	0.3210	*
" 12-11	184	02757×10^3	1.6179×10^5	1.1509		"	22	0.9221 (平均値) 0.3017	*
A-3D-2-1	2292	35432×10^3	1.5719×10^5	1.1720	0.0151	69	255	0.4058	

* D.....トンネル代表寸法(m)(2431×10^3)
平均値は*印のぞく値のものである。

表-2(2) じゃま板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f)m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気の比重 (γ_{air})	摩擦損失係数 (λ)	じゃま板形状 寸法 (mm)	dP	1枚当りの 係数 (ζ_p)	備考
種類-設置-設置-実験 間隔-箇所-回数									
A-3D-2-2	1983	30704×10^3	1.5697×10^5	0.3781	0.0154	69	178	0.3781	
" 2-3	3512	54368×10^3	1.5697×10^5	0.3791	0.0144	"	560	0.3791	
" 2-4	1707	26425×10^3	1.5697×10^5	0.3641	0.0158	"	127	0.3641	
" 2-5	2300	35606×10^3	1.5697×10^5	0.5874	0.0151	"	372	0.5874	*
" 2-6	1214	18794×10^3	1.5697×10^5	0.3967	0.0168	"	70	0.3967	*
" 2-7	686	10625×10^3	1.5689×10^5	0.4258	0.0198	"	24	0.4258	*
" 2-8	364	05641×10^3	1.5666×10^5	0.6295	0.0143	"	07	0.6295	*
" 2-9	2814	43693×10^3	1.5650×10^5	0.3738	0.0147	"	355	0.3738	
" 2-10	3433	53186×10^3	1.5685×10^5	0.3782	0.0143	"	534	0.3782 (平均値) 0.3798	
A-3D-3-1	3216	49570×10^3	1.5766×10^5	1.1703	0.0145	69	778	0.4199	
" 3-2	2106	32448×10^3	1.5759×10^5	1.1705	0.0153	"	327	0.4114	
" 3-3	1868	28788×10^3	1.5768×10^5	1.1701	0.0155	"	258	0.4128	
" 3-4	1676	25861×10^3	1.5751×10^5	1.1711	0.0158	"	210	0.4170	
" 3-5	918	14178×10^3	1.5739×10^5	1.1711	0.0184	"	61	0.4037	*
" 3-6	2473	38121×10^3	1.5762×10^5	1.1706	0.0150	"	455	0.4151	
" 3-7	2834	43697×10^3	1.5762×10^5	1.1706	0.0147	"	621	0.4315	
" 3-8	489	07541×10^3	1.5763×10^5	1.1705	0.0215	"	30	0.7001 (平均値) 0.4179	*
A-3D-4-1	2994	46376×10^3	1.5688×10^5	1.1737	0.0146	69	916	0.4265	
" 4-2	1750	27038×10^3	1.5729×10^5	1.1715	0.0157	"	300	0.4096	
" 4-3	1998	30856×10^3	1.5731×10^5	1.1720	0.0153	"	407	0.4261	
" 4-4	2743	42353×10^3	1.5740×10^5	1.1716	0.0148	"	776	0.4312	
" 4-5	840	12942×10^3	1.5763×10^5	1.1705	0.0189	"	70	0.4152	*
" 4-6	468	07215×10^3	1.5778×10^5	1.1700	0.0222	"	29	0.5544	*

* D.....トンネル代表寸法(m)(2431×10^3)
平均値は*印のぞく値のものである。

表-2 (3) ジャマ板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f) m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気比重 (γ_{air})	摩擦損失係数 (λ)	ジャマ板形状 寸法 (mm)	ΔP	1枚当りの 係数 (ζ)	備考
種類-設置-設置-実験 間隔-箇所-回数									
A-3D-4-7	2371	36511×10^3	15778×10^3	1.1700	0.0150	69	55.2	0.4111	
" 4-8	1223	18834×10^3	15782×10^3	1.1700	0.0168	"	16.1	0.4507 (平均値) 0.4209	*
A-3D-5-1	2806	43663×10^3	15617×10^3	1.1772	0.0147	69	96.1	0.4063	
" 5-2	1882	29180×10^3	15669×10^3	1.1748	0.0155	"	43.3	0.4078	
" 5-3	1665	25806×10^3	15674×10^3	1.1747	0.0158	"	35.0	0.4212	
" 5-4	928	14391×10^3	15674×10^3	1.1747	0.0184	"	11.0	0.4261	*
" 5-5	2287	35401×10^3	15701×10^3	1.1733	0.0152	"	63.9	0.4081	
" 5-6	305	04718×10^3	15696×10^3	1.1737	0.0240	"	1.6	0.5743	*
" 5-7	2606	40349×10^3	15696×10^3	1.1737	0.0149	"	88.0	0.4327 (平均値) 0.4152	
A-3D-6-1	2395	36139×10^3	16104×10^3	1.1551	0.0151	69	91.0	0.4486	
" 6-2	1562	23568×10^3	16105×10^3	1.1553	0.0162	"	36.4	0.4218	
" 6-3	2634	39872×10^3	16050×10^3	1.1578	0.0149	"	107.0	0.4350	
" 6-4	1358	20600×10^3	16032×10^3	1.1585	0.0163	"	28.2	0.4311	
" 6-5	1035	15733×10^3	16016×10^3	1.1591	0.0177	"	15.8	0.4156	*
" 6-6	561	08525×10^3	15990×10^3	1.1598	0.0208	"	4.9	0.4384	*
" 6-7	2376	36077×10^3	16006×10^3	1.1592	0.0151	"	87.8	0.4382	
" 6-8	1745	26532×10^3	15983×10^3	1.1603	0.0157	"	44.4	0.4104 (平均値) 0.4308	
A-3D-7-1	401	06105×10^3	15957×10^3	1.1610	0.0230	69	2.2	0.3299	*
" 7-2	781	11878×10^3	15975×10^3	1.1600	0.0193	"	11.2	0.4431	*
" 7-3	1196	18129×10^3	16031×10^3	1.1574	0.0171	"	24.9	0.4210	*
" 7-4	1500	22717×10^3	16045×10^3	1.1570	0.0161	"	40.2	0.4323	
" 7-5	2513	38165×10^3	16000×10^3	1.1603	0.0150	"	111.4	0.4256	

* D……トンネル代表寸法(m)(2431×10^3)
平均値は※印のぞく値のものである。

表-2 (4) ジャマ板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f) m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気比重 (γ_{air})	摩擦損失係数 (λ)	ジャマ板形状 寸法 (mm)	ΔP	1枚当りの 係数 (ζ)	備考
種類-設置-設置-実験 間隔-箇所-回数									
A-3D-7-6	1661	25161×10^3	16043×10^3	1.1571	0.0159	69	50.3	0.4411	
" 7-7	2261	34266×10^3	16035×10^3	1.1577	0.0152	"	96.8	0.4579 (平均値) 0.4392	
A-3D-8-1	2268	35041×10^3	15729×10^3	1.1712	0.0152	69	110.1	0.4477	
" 8-2	1416	21778×10^3	15805×10^3	1.1674	0.0162	"	40.7	0.4259	
" 8-3	1565	24006×10^3	15843×10^3	1.1658	0.0160	"	52.3	0.4487	
" 8-4	2184	33470×10^3	15855×10^3	1.1652	0.0153	"	102.0	0.4495	
" 8-5	1223	18719×10^3	15881×10^3	1.1642	0.0168	"	29.8	0.4192	*
" 8-6	805	12318×10^3	15878×10^3	1.1644	0.0193	"	14.3	0.4642	*
" 8-7	432	06619×10^3	15878×10^3	1.1644	0.0222	"	2.3	0.2593 (平均値) 0.4429	*
A-3D-9-1	2158	32749×10^3	16010×10^3	1.1607	0.0152	69	11.0	0.4431	
" 9-2	1353	20570×10^3	15989×10^3	1.1616	0.0163	"	4.1	0.4198	
" 9-3	2094	31774×10^3	16014×10^3	1.1604	0.0153	"	110.1	0.4711	
" 9-4	1094	16624×10^3	15996×10^3	1.1611	0.0177	"	27.4	0.4293	*
" 9-5	1600	24319×10^3	15996×10^3	1.1611	0.0160	"	50.0	0.3662	
" 9-6	797	12117×10^3	15980×10^3	1.1623	0.0193	"	17.0	0.5013	*
" 9-7	588	09098×10^3	15694×10^3	1.1726	0.0208	"	7.1	0.3813	*
" 9-8	1447	22372×10^3	15716×10^3	1.1716	0.0162	"	49.1	0.4358 (平均値) 0.4272	
A-3D-10-1	2044	30940×10^3	16056×10^3	1.1591	0.0153	69	111.6	0.4516	
" 10-2	1282	19348×10^3	16099×10^3	1.1575	0.0168	"	44.7	0.4604	*
" 10-3	1447	21808×10^3	16126×10^3	1.1561	0.0162	"	55.6	0.4501	
" 10-4	549	08288×10^3	16108×10^3	1.1571	0.0215	"	8.2	0.4608	*
" 10-5	871	13121×10^3	16128×10^3	1.1563	0.0189	"	21.0	0.4691	*

* D……トンネル代表寸法(m)(2431×10^3)
平均値は※印のぞく値のものである。

表-2(5) じゃま板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f)m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気の比重 (γ_{air})	摩擦損失係数 (λ)	じゃま板形状 寸法 (mm)	ΔP	1枚当りの 係数 (ζ)	備考
種類-設置-設置-実験 間隔-箇所-回数 A-3D-10-6	1995	30051×10^3	1.6133×10^5	1.1559	0.0154	69	110	0.4685 (平均値) 0.4567	
A-3D-11-1	1998	30446×10^3	1.5929×10^5	1.1642	0.0154	69	1204	0.4615	
" 11-2	1274	1.9413×10^4	1.5948×10^5	1.1634	0.0168	"	476	0.4491	
" 11-3	1435	2.1839×10^4	1.5962×10^5	1.1630	0.0162	"	592	0.4403	
" 11-4	865	1.3156×10^4	1.5982×10^5	1.1621	0.0189	"	196	0.4015	*
" 11-5	484	0.7347×10^4	1.6003×10^5	1.1612	0.0222	"	70	0.4584	*
" 11-6	1933	2.935×10^4	1.6005×10^5	1.1616	0.0155	"	1122	0.4605 (平均値) 0.4528	
A-3D-12-1	1908	2.8787×10^4	1.6107×10^5	1.1566	0.0155	69	1195	0.4635	
" 12-2	1800	2.7049×10^4	1.6171×10^5	1.1538	0.0157	"	1033	0.4512	
" 12-3	1760	2.6601×10^4	1.6077×10^5	1.1576	0.0157	"	978	0.4454	
" 12-4	1120	1.6932×10^4	1.6070×10^5	1.1575	0.0174	"	390	0.4386	*
" 12-5	1345	2.0345×10^4	1.6067×10^5	1.1580	0.0165	"	592	0.4615	
" 12-6	624	0.9424×10^4	1.6081×10^5	1.1576	0.0208	"	70	0.2536	*
" 12-7	477	0.7229×10^4	1.6044×10^5	1.1588	0.0222	"	1.1	0.0077 (平均値) 0.4554	*
A-6D-2-1	3408	5.4045×10^4	1.5322×10^5	1.1937	0.0144	69	612	0.4325	
" 2-2	1794	2.8458×10^4	1.5322×10^5	1.1937	0.0156	"	178	0.4540	
" 2-3	2268	3.7475×10^4	1.5276×10^5	1.1960	0.0150	"	283	0.4507	
" 2-4	2953	4.6942×10^4	1.5285×10^5	1.1956	0.0146	"	461	0.4332	
" 2-5	1334	2.1212×10^4	1.5285×10^5	1.1956	0.0163	"	92	0.4237	
" 2-6	2553	4.0614×10^4	1.5276×10^5	1.1960	0.0149	"	345	0.4336	
" 2-7	931	1.4822×10^4	1.5262×10^5	1.1965	0.0181	"	50	0.4724	*
" 2-8	491	0.7811×10^4	1.5280×10^5	1.1957	0.0217	"	20	0.6791	*

* D……トンネル代表寸法(m) (2431×10^3)
平均値は※印のぞく値のものである。

表-2(6) じゃま板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f)m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気の比重 (γ_{air})	摩擦損失係数 (λ)	じゃま板形状 寸法 (mm)	ΔP	1枚当りの 係数 (ζ)	備考
種類-設置-設置-実験 間隔-箇所-回数 A-6D-2-9	3157	5.0216×10^4	1.5278×10^5	1.1959	0.0145	69	547	0.4497 (平均値) 0.4396	
A-6D-3-1	2059	3.2676×10^4	1.5315×10^5	1.1947	0.0153	69	350	0.4514	
" 3-2	457	0.7254×10^4	1.5309×10^5	1.1947	0.0222	"	22	0.5759	*
" 3-3	2427	3.8503×10^4	1.5315×10^5	1.1945	0.0150	"	495	0.4595	
" 3-4	963	1.5273×10^4	1.5322×10^5	1.1940	0.0181	"	78	0.4601	*
" 3-5	2999	4.7591×10^4	1.5312×10^5	1.1948	0.0146	"	766	0.4656	
" 3-6	1539	2.4424×10^4	1.5312×10^5	1.1948	0.0160	"	202	0.4663	
" 3-7	3103	4.9225×10^4	1.5318×10^5	1.1943	0.0145	"	850	0.4828 (平均値) 0.4651	
A-6D-4-1	2890	4.6214×10^4	1.5195×10^5	1.1999	0.0146	69	1003	0.4903	
" 4-2	1712	2.7309×10^4	1.5232×10^5	1.1982	0.0157	"	322	0.4492	
" 4-3	1927	3.0706×10^4	1.5252×10^5	1.1973	0.0154	"	428	0.4716	
" 4-4	2799	4.4591×10^4	1.5251×10^5	1.1974	0.0147	"	928	0.4846	
" 4-5	1200	1.9100×10^4	1.5273×10^5	1.1963	0.0168	"	150	0.4266	*
" 4-6	2589	4.1194×10^4	1.5273×10^5	1.1963	0.0149	"	772	0.4716	*
" 4-7	847	1.3475×10^4	1.5273×10^5	1.1963	0.0189	"	76	0.4338	*
" 4-8	2243	3.5656×10^4	1.5285×10^5	1.1956	0.0151	"	577	0.4699	
" 4-9	442	0.7030×10^4	1.5296×10^5	1.1951	0.0222	"	25	0.5246 (平均値) 0.4728	*
A-6D-5-1	2728	4.3682×10^4	1.5176×10^5	1.2008	0.0147	69	1125	0.4934	
" 5-2	1588	2.5428×10^4	1.5176×10^5	1.2008	0.0159	"	387	0.5008	
" 5-3	1803	2.8863×10^4	1.5178×10^5	1.2006	0.0155	"	495	0.4971	
" 5-4	2484	3.9764×10^4	1.5178×10^5	1.2006	0.0149	"	932	0.4931	
" 5-5	1244	1.9896×10^4	1.5195×10^5	1.1999	0.0165	"	220	0.4643	*

* D……トンネル代表寸法(m) (2431×10^3)
平均値は※印のぞく値のものである。

表-2(7) じゃま板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f)m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気の比重 (T_{air})	摩擦損失係数 (λ)	じゃま板形状 寸法 (mm)	JP	1枚当りの 係数 (C_D)	備考
種類-設置 間隔-箇所-実験 回数									
A-6D-5-6	2153	34470×10^3	15178×10^3	1.2006	0.0152	69	700	0.4930	
" 5-7	876	14021×10^3	15178×10^3	1.2006	0.0184	"	110	0.4679	*
" 5-8	484	07738×10^3	15195×10^3	1.1999	0.0215	"	50	0.6971 (平均値) 0.4954	*
A-6D-6-1	2537	40658×10^3	15161×10^3	1.2013	0.0149	69	1162	0.4908	
" 6-2	1527	24485×10^3	15156×10^3	1.2018	0.0159	"	409	0.4767	
" 6-3	1708	27362×10^3	15172×10^3	1.2011	0.0157	"	497	0.4633	
" 6-4	1283	20528×10^3	15183×10^3	1.2005	0.0163	"	277	0.4578	
" 6-5	2280	36519×10^3	15174×10^3	1.2009	0.0150	"	942	0.4928	
" 6-6	2042	32735×10^3	15161×10^3	1.2013	0.0153	"	690	0.4499	
" 6-7	830	13297×10^3	15167×10^3	1.2012	0.0189	"	55	0.2171	*
" 6-8	522	08374×10^3	15158×10^3	1.2016	0.0215	"	50	0.4988 (平均値) 0.4718	*
A-9D-2-1	3370	50579×10^3	16190×10^3	1.1565	0.0145	69	672	0.5013	
" 2-2	1816	27251×10^3	16190×10^3	1.1564	0.0157	"	178	0.4573	
" 2-3	2249	33751×10^3	16195×10^3	1.1561	0.0152	"	287	0.4809	
" 2-4	3228	48358×10^3	16220×10^3	1.1549	0.0146	"	579	0.4714	
" 2-5	1330	19939×10^3	16212×10^3	1.1560	0.0165	"	100	0.4791	*
" 2-6	2911	43668×10^3	16198×10^3	1.1559	0.0147	"	472	0.4721	
" 2-7	976	14637×10^3	16197×10^3	1.1560	0.0181	"	55	0.4894	*
" 2-8	2585	38784×10^3	16196×10^3	1.1561	0.0150	"	363	0.4604	
" 2-9	456	06839×10^3	16196×10^3	1.1561	0.0222	"	20	0.8151 (平均値) 0.4739	*
A-9D-3-1	3119	46704×10^3	16228×10^3	1.1549	0.0146	69	810	0.4709	69
" 3-2	1749	26193×10^3	16225×10^3	1.1551	0.0158	"	260	0.4805	69

* D……トンネル代表寸法(m)(2431×10^{-1})
平均値は*印のぞく値のものである。

表-2(8) じゃま板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f)m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気の比重 (T_{air})	摩擦損失係数 (λ)	じゃま板形状 寸法 (mm)	JP	1枚当りの 係数 (C_D)	備考
種類-設置 間隔-箇所-実験 回数									
A-9D-3-3	2055	30841×10^3	16190×10^3	1.1565	0.0153	69	338	0.4521	
" 3-4	2987	44931×10^3	16152×10^3	1.1580	0.0147	"	724	0.4577	
" 3-5	1510	22688×10^3	16168×10^3	1.1575	0.0161	"	175	0.4331	
" 3-6	2588	38802×10^3	16207×10^3	1.1558	0.0150	"	551	0.4649	
" 3-7	1147	17180×10^3	16228×10^3	1.1549	0.0174	"	102	0.4385	*
" 3-8	2377	35671×10^3	16196×10^3	1.1566	0.0151	"	463	0.4628	
" 3-9	973	14565×10^3	16232×10^3	1.1552	0.0181	"	65	0.3882	*
" 3-10	328	04905×10^3	16234×10^3	1.1551	0.0241	"	10	0.5253 (平均値) 0.4602	*
A-9D-4-1	2875	43526×10^3	16051×10^3	1.1624	0.0147	69	968	0.4936	
" 4-2	1663	25143×10^3	16073×10^3	1.1614	0.0159	"	311	0.4190	
" 4-3	1933	29290×10^3	16040×10^3	1.1626	0.0155	"	430	0.4849	
" 4-4	2616	39579×10^3	16060×10^3	1.1623	0.0149	"	805	0.4958	
" 4-5	1315	19906×10^3	16054×10^3	1.1622	0.0165	"	186	0.4534	*
" 4-6	2153	32485×10^3	16104×10^3	1.1600	0.0153	"	524	0.4774	
" 4-7	806	12801×10^3	15295×10^3	1.1591	0.0189	"	65	0.4229	*
" 4-8	441	06637×10^3	16129×10^3	1.1591	0.0222	"	28	0.5922 (平均値) 0.4741	*
A-12D-2-1	3415	52048×10^3	15944×10^3	1.1631	0.0144	69	675	0.4876	
" 2-2	2000	30494×10^3	15938×10^3	1.1633	0.0154	"	214	0.4506	
" 2-3	2214	33743×10^3	15947×10^3	1.1629	0.0152	"	264	0.4538	
" 2-4	2989	45608×10^3	15924×10^3	1.1637	0.0141	"	490	0.4617	
" 2-5	2727	41618×10^3	15924×10^3	1.1637	0.0148	"	442	0.5004	
" 2-6	2535	38651×10^3	15935×10^3	1.1632	0.0150	"	383	0.5020 (平均値) 0.4760	

* D……トンネル代表寸法(m)(2431×10^{-1})
平均値は*印のぞく値のものである。

表-2 (9) じゃま板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f) m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気の比重 (γ_{air})	摩擦損失係数 (λ)	じゃま板形状 寸法 (mm)	$J P$	1枚当りの 係数 (ζ_p)	備考
種類 設置 間隔 箇所 回数									
A-12D-3-1	3067	46968×10^3	1.5870×10^3	1.1662	0.0146	69	797	0.4746	
" 3-2	1779	27171×10^3	1.5908×10^3	1.1646	0.0157	"	272	0.4820	
" 3-3	2039	31253×10^3	1.5851×10^3	1.1670	0.0154	"	355	0.4779	
" 3-4	2886	44081×10^3	1.5910×10^3	1.1644	0.0147	"	730	0.4950	
" 3-5	1480	22592×10^3	1.5915×10^3	1.1644	0.0161	"	193	0.4943	
" 3-6	2593	39570×10^3	1.5923×10^3	1.1641	0.0149	"	572	0.4774	
" 3-7	1165	17751×10^3	1.5943×10^3	1.1632	0.0171	"	119	0.4924	*
" 3-8	881	13822×10^3	1.5487×10^3	1.1616	0.0184	"	70	0.4986	*
" 3-9	2368	36138×10^3	1.5923×10^3	1.1641	0.0151	"	475	0.4753	
" 3-10	3105	47268×10^3	1.5961×10^3	1.1625	0.0146	"	865	0.5041 (平均値) 0.4850	
A-6D-3-1	3167	51775×10^3	1.4864×10^3	1.2380	0.0144	48	370	0.1946	
" 3-2	2183	39405×10^3	1.4517×10^3	1.2365	0.0149	"	180	0.1995	
" 3-3	1988	33291×10^3	1.4511×10^3	1.2367	0.0153	"	152	0.2031	
" 3-4	2981	49788×10^3	1.4550×10^3	1.2347	0.0145	"	340	0.2024	
" 3-5	2555	42733×10^3	1.4531×10^3	1.2356	0.0148	"	251	0.2033	
" 3-6	1303	21761×10^3	1.4551×10^3	1.2346	0.0163	"	63	0.1963	
" 3-7	1056	18118×10^3	1.4169×10^3	1.2341	0.0171	"	39	0.1851	*
" 3-8	712	11869×10^3	1.4569×10^3	1.2337	0.0198	"	20	0.2089	*
" 3-9	252	04174×10^3	1.4668×10^3	1.2330	0.0252	"	03	0.2502	*
" 3-10	1648	27485×10^3	1.4568×10^3	1.2338	0.0157	"	110	0.2145 (平均値) 0.2019	
A-6D-3-1	3062	45351×10^3	1.4676×10^3	1.2306	0.0147	53	438	0.2480	
" 3-2	2108	31188×10^3	1.4685×10^3	1.2306	0.0154	"	204	0.2437	
" 3-3	3100	51252×10^3	1.4696×10^3	1.2296	0.0145	"	465	0.2570	

* D.....トンネル代表寸法(m) (2431×10^3)
平均値は*印のぞく値のものである。

表-2 (10) じゃま板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f) m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気の比重 (γ_{air})	摩擦損失係数 (λ)	じゃま板形状 寸法 (mm)	$J P$	1枚当りの 係数 (ζ_p)	備考
種類 設置 間隔 箇所 回数									
A-6D-3-4	1998	33028×10^3	1.4696×10^3	1.2296	0.0153	53	184	0.2448	
" 3-5	1550	25625×10^3	1.4697×10^3	1.2295	0.0158	"	118	0.2609	
" 3-6	2745	45390×10^3	1.4697×10^3	1.2295	0.0147	"	376	0.2651	
" 3-7	1139	18817×10^3	1.4706×10^3	1.2291	0.0171	"	75	0.3072	*
" 3-8	2375	39290×10^3	1.4690×10^3	1.2298	0.0149	"	281	0.2646	
" 3-9	558	09229×10^3	1.4690×10^3	1.2298	0.0208	"	18	0.3071 (平均値) 0.2548	*
A-6D-3-1	2777	46061×10^3	1.4650×10^3	1.2318	0.0146	58	480	0.3301	
" 3-2	1944	32217×10^3	1.4660×10^3	1.2310	0.0153	"	246	0.3510	
" 3-3	2523	41847×10^3	1.4652×10^3	1.2313	0.0148	"	436	0.3633	
" 3-4	1639	27178×10^3	1.4652×10^3	1.2313	0.0157	"	190	0.3752	
" 3-5	2021	29920×10^3	1.4683×10^3	1.2300	0.0163	"	275	0.3575	
" 3-6	986	21436×10^3	1.4701×10^3	1.2292	0.0216	"	69	0.3771	
" 3-7	552	08167×10^3	1.4701×10^3	1.2292	0.0148	"	24	0.4185	*
" 3-8	1327	19611×10^3	1.4710×10^3	1.2288	0.0165	"	119	0.3592	*
" 3-9	2919	43063×10^3	1.4736×10^3	1.2276	0.0148	"	558	0.3485 (平均値) 0.3575	
A-6D-3-1	2791	44710×10^3	1.5104×10^3	1.2046	0.0147	63	670	0.4664	
" 3-2	1914	30810×10^3	1.5093×10^3	1.2052	0.0154	"	306	0.4527	
" 3-3	2504	40399×10^3	1.5064×10^3	1.2065	0.0149	"	525	0.4447	
" 3-4	1575	25437×10^3	1.5044×10^3	1.2075	0.0159	"	198	0.4318	
" 3-5	1317	21309×10^3	1.5026×10^3	1.2083	0.0163	"	140	0.4363	
" 3-6	873	14119×10^3	1.5025×10^3	1.2084	0.0185	"	60	0.4256	*
" 3-7	393	06371×10^3	1.5004×10^3	1.2094	0.0228	"	14	0.4896	*
" 3-8	2787	45206×10^3	1.4983×10^3	1.2105	0.0147	"	656	0.4578 (平均値) 0.4482	

* D.....トンネル代表寸法(m) (2431×10^3)
平均値は*印のぞく値のものである。

表-2 (a) じゃま板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f) m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気比重 (γ_{air})	摩擦損失係数 (λ)	じゃま板形状 寸法 (mm)	dP	1枚当りの 係数 (ζ_p)	備考
種類-設置-設置-実験 間隔-箇所-回数									
B-3D-3-1	3073	46281×10^3	1.6135×10^4	1.1569	0.0146	69	81.5	0.4873	
" 3-2	1656	24806×10^3	1.6220×10^4	1.1535	0.0159	"	354	0.7328	*
" 3-3	1826	27344×10^3	1.6229×10^4	1.1531	0.0156	"	271	0.4604	
" 3-4	2975	44416×10^3	1.6275×10^4	1.1516	0.0147	"	735	0.4710	
" 3-5	1500	22519×10^3	1.6189×10^4	1.1571	0.0162	"	184	0.4616	
" 3-6	2625	39195×10^3	1.6276×10^4	1.1515	0.0149	"	584	0.4808	
" 3-7	1178	17582×10^3	1.6276×10^4	1.1512	0.0172	"	115	0.4702	*
" 3-8	891	13346×10^3	1.6261×10^4	1.1520	0.0188	"	70	0.4999	*
" 3-9	548	08119×10^3	1.6409×10^4	1.1422	0.0214	"	30	0.5713 (平均値) 0.4772	*
C-3D-3-1	3285	48857×10^3	1.6341×10^4	1.1489	0.0145	69	682	0.3593	
" 3-2	2167	32192×10^3	1.6364×10^4	1.1479	0.0155	"	260	0.3151	
" 3-3	1894	28126×10^3	1.6354×10^4	1.1483	0.0156	"	230	0.3647	
" 3-4	3124	46327×10^3	1.6362×10^4	1.1480	0.0146	"	588	0.3428	
" 3-5	1571	22388×10^3	1.6385×10^4	1.1473	0.0162	"	145	0.3345	
" 3-6	2835	42086×10^3	1.6371×10^4	1.1477	0.0147	"	475	0.3364	
" 3-7	1317	19579×10^3	1.6371×10^4	1.1477	0.0166	"	110	0.3609	*
" 3-8	2190	32570×10^3	1.6340×10^4	1.1490	0.0151	"	280	0.3319	
" 3-9	907	13480×10^3	1.6350×10^4	1.1486	0.0188	"	53	0.3636	*
" 3-10	367	05458×10^3	1.6343×10^4	1.1491	0.0236	"	15	0.5331 (平均値) 0.3406	*
D-3D-3-1	3643	54256×10^3	1.6316×10^4	1.1470	0.0144	53	472	0.2025	
" 3-2	2064	30748×10^3	1.6296×10^4	1.1478	0.0154	"	161	0.1874	
" 3-3	2306	34317×10^3	1.6313×10^4	1.1472	0.0152	"	197	0.2109	
" 3-4	3548	52381×10^3	1.6329×10^4	1.1466	0.0144	"	465	0.2104	

* D……トンネル代表寸法(m) (2431×10^3)
平均値は*印のぞく値のものである。

表-2 (a2) じゃま板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_f) m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気比重 (γ_{air})	摩擦損失係数 (λ)	じゃま板形状 寸法 (mm)	dP	1枚当りの 係数 (ζ_p)	備考
種類-設置-設置-実験 間隔-箇所-回数									
D-3D-3-5	1886	28205×10^3	1.6278×10^4	1.1522	0.0156	53	115	0.1833	
" 3-6	2959	43984×10^3	1.6251×10^4	1.1533	0.0142	"	306	0.1979	
" 3-7	1298	19207×10^3	1.6346×10^4	1.1460	0.0168	"	71	0.2402	
" 3-8	2636	14172×10^3	1.6416×10^4	1.1439	0.0149	"	245	0.2015	
" 3-9	956	07012×10^3	1.6387×10^4	1.1443	0.0184	"	40	0.2498	*
" 3-10	473	39087×10^3	1.6392×10^4	1.1428	0.0222	"	10	0.2552	*
" 3-11	1528	22629×10^3	1.6411×10^4	1.1432	0.0162	"	80	0.1958 (平均値) 0.2033	*
D-3D-3-1	3265	49361×10^3	1.6073×10^4	1.1547	0.0145	69	726	0.3852	
" 3-2	1901	28834×10^3	1.6029×10^4	1.1564	0.0155	"	248	0.3876	
" 3-3	3323	50470×10^3	1.6019×10^4	1.1571	0.0145	"	797	0.4074	
" 3-4	2153	32700×10^3	1.5998×10^4	1.1580	0.0152	"	320	0.3894	
" 3-5	3001	45684×10^3	1.5960×10^4	1.1596	0.0146	"	620	0.3878	
" 3-6	1477	22526×10^3	1.5965×10^4	1.1604	0.0162	"	68	0.1755	*
" 3-7	2717	41466×10^3	1.5933×10^4	1.1604	0.0148	"	502	0.3828	
" 3-8	1167	17801×10^3	1.5925×10^4	1.1604	0.0171	"	95	0.3927	*
" 3-9	2536	38656×10^3	1.5953×10^4	1.1595	0.0150	"	420	0.3679	
" 3-10	979	14919×10^3	1.5944×10^4	1.1596	0.0181	"	65	0.3820	*
" 3-11	409	06237×10^3	1.5944×10^4	1.1596	0.0228	"	13	0.4378	*
" 3-12	1589	24252×10^3	1.5918×10^4	1.1606	0.0159	"	164	0.3656 (平均値) 0.3830	*
E-3D-3-1	3395	51641×10^3	1.5976×10^4	1.1602	0.0144	69	692	0.3380	
" 3-2	1944	29458×10^3	1.6035×10^4	1.1577	0.0155	"	212	0.3165	
" 3-3	2218	33610×10^3	1.6035×10^4	1.1577	0.0152	"	180	0.2064	*
" 3-4	3332	51398×10^3	1.5752×10^4	1.1581	0.0144	"	604	0.3068	
" 3-5	1753	26563×10^3	1.6038×10^4	1.1575	0.0157	"	188	0.3219	

* D……トンネル代表寸法(m) (2431×10^3)
平均値は*印のぞく値のものである。

表-2 (3) ジャマ板の損失係数

実験番号	トンネル内 平均風速 (V_r) m/sec	レイノルズ数 (Re)	動粘性係数 (ν)	空気の比重 (γ_{air})	摩擦損失係数 (λ)	ジャマ板形状 寸法 (mm)	$J P$	1枚当りの 係数 (ζ_D)	備考
種類-設置 間隔-設置 箇所-実験 回数									
E-3 D-3-6	3023	45751×10^3	16054×10^3	1.1569	0.0146	69	51.3	0.3170	
" 3-7	1422	21519×10^3	16053×10^3	1.1567	0.0162	"	11.5	0.3212	
" 3-8	2525	38178×10^3	16071×10^3	1.1560	0.0150	"	34.3	0.3040	
" 3-9	924	13961×10^3	16078×10^3	1.1558	0.0184	"	52	0.3442	*
" 3-10	505	07636×10^3	16078×10^3	1.1558	0.0217	"	1.7	0.3757 (平均値) 0.3179	*

* D.....トンネル代表寸法(m) (2431×10^3)
平均値は赤字のぞく値のものである。

5. 考 察

この実験で得られたじゃま板の損失係数についてのべると次の通りである。

一般に見られる半円形断面の道路トンネルのアーチ部分に建築限界一杯までじゃま板を設置した場合を想定すると、 $h/H = 0.28 \sim 0.33$ 程度であり、この場合、車道内風速の動圧を用いて(1)式により損失係数 (ζ_i) を表わせば、 $\zeta_i = 0.35 \sim 0.48$ 程度 (じゃま板 A 種) である。以下じゃま板 A 種類 (69mm) の損失係数を用いて適用例をのべる。

6. じゃま板の適用性について

6.1 概 説

じゃま板は縦流換気方式のトンネルに通用するのが基本的である。この際、じゃま板がトンネル全体に与える状響 (効果) は、トンネルの延長、交通量、交通形態等により異なる。じゃま板の効果は、それが設置される区間の車道内風速の大きさにより著しく左右される。すなわち、(1)式からもわかるように、風速の 2 乗に比例してその効果は大きくなるので、車道内風速が大きい区間に設置するのが効果的であるといえる。

以下に、じゃま板の適用性について、4 つの例を用いて試算を行った結果により説明する。

6.2 適 用 例

① 対面通行例 (立坑中央にない場合)

図-9.1 に示すように、排気立坑を有する縦流換気のトンネルを考える。この例は対面交通のトンネルであるが、地形等の理由により立坑をトンネルの中央に設置できなかった例である。トンネルの諸元は、次のとおりである。

トンネル内空断面積； $A_r = 56.9 \text{ m}^2$

トンネルの代表寸法； $D_r = 7.79 \text{ m}$

所要換気量； $q = 0.15 \text{ m}^3/\text{s} \cdot H/\text{台} \cdot 1/\text{km}$

じゃま板の損失係数； $\zeta_i = 0.4$

壁面の摩擦損失係数； $\lambda = 0.025$

トンネル入口損失係数； $\zeta_e = 0.6$

立坑の損失； $\Delta P_r = \zeta_s \frac{\rho}{2} V_s^2 = 4 \times \frac{\rho}{2} \times 20^2 = 97.92 \text{ mmAq}$

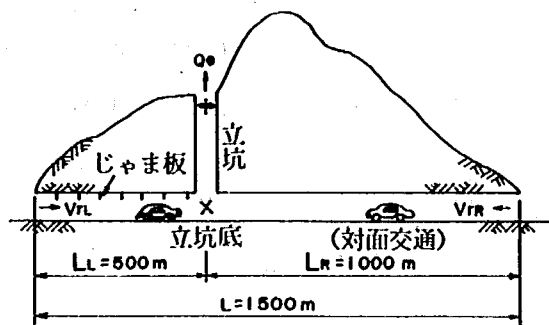
交通量； $N = 1500 \text{ 台}/H$ (対面通行)

大型車混入率； $\gamma_r = 30 \%$

走行速度； $V_t = 50 \text{ km}/H$

この場合には、換気条件の悪い例 (換気区間が長い右側区間) を対象として換気機を運転するため、延長の短い左側区間から必要以上の新鮮空気を吸気せざるを得なくなり、この分だけ余分の換気動力が必要となる。

これに対して、左側区間にじゃま板を設置すれば、この区間の通気抵抗が増すことになり、結果として余分の新鮮空気の吸い込みを抑制し、換気動力の節減が可能である。



トンネルの概要

図-9.1 適用例 (その1)

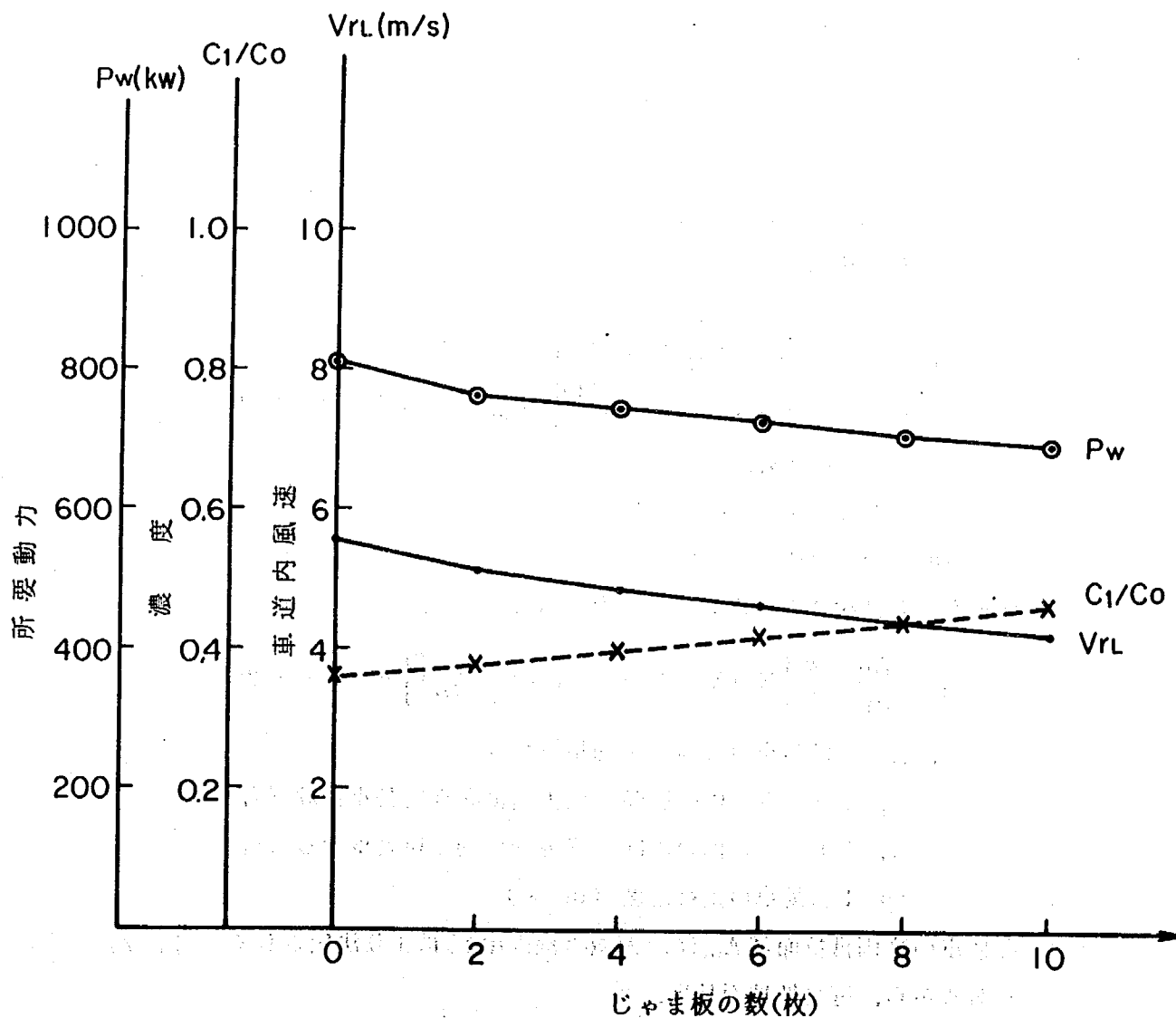


図9.2 適用例 (その1)

図-9.2は、じゃま板の設置箇所数と換気所要動力、左区間の車道内風速および濃度比の関係を示している。本例の場合、じゃま板を左区間に10箇所設置することにより、動力を10数%減らすことができる。以下にじゃま板を左区間に10箇所設置した場合の計算過程を示す。

(1) 各区間の必要な換気量

① 左区間の所要換気量

$$Q_{L0} = q \cdot N \cdot L_L = 0.15 \times 1500 \times 0.5 = 111.61 \text{ m}^3/\text{s}$$

② 右区間の所要換気量

$$Q_{R0} = q \cdot N \cdot L_R = 0.15 \times 1500 \times 1.0 = 223.22 \text{ m}^3/\text{s}$$

(2) 各区間の所要換気量時の車道内風速

① 左区間の車道内風速

$$V_{rL} = \frac{Q_L}{A_r} = \frac{111.61}{56.9} = 1.96 \text{ m/s}$$

② 右区間の車道内風速

$$V_{rR} = \frac{Q_R}{A_r} = \frac{223.22}{56.9} = 3.92 \text{ m/s}$$

(3) 各坑口から立坑底までの圧力差

① 左坑口から立坑底までの圧力差

i) 通気抵抗 ΔP_{rL}

$$\begin{aligned} \Delta P_{rL} &= \left(1 + \zeta_e + \lambda \frac{L_L}{D_r} + \zeta_i \cdot N_L \right) \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_{rL}^2 \\ &= \left(1 + 0.6 + 0.025 \times \frac{500}{7.79} + 0.4 \times 10 \right) \times \frac{0.1224}{2} \times V_{rL}^2 \\ &= 0.4409 V_{rL}^2 \\ &= 1.694 \text{ mmAq} \end{aligned}$$

ii) 交通換気力 ΔP_{tL}

交通換気力は次式より求めることができる。

$$\Delta P_{tL} = \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \left\{ N_L^+ (V_t - V_{rL})^2 - N_L^- (V_t + V_{rL})^2 \right\} \dots \dots \dots (2)$$

但し、 A_m ; 自動車の等価抵抗面積 (m^2)

N_L^+ ; トンネル内の風向と同方向に向う自動車台数 (台)

N_L^- ; トンネル内の風向と逆方向に向う自動車台数 (台)

V_t ; 自動車の走行速度 (m/s)

自動車の等価抵抗面積 A_m は、大型車混入率 r_T により決定される。今、 $r_T = 30\%$ であるから、等価抵抗面積は、

$$A_m = 1.065 + 4.305 \times \frac{30}{100} = 2.36 \text{ m}^2$$

次にトンネル内に滞在している車の車両 N^+ , N^- を次式により求める。

$$N = \frac{L_L}{V_t} \times \frac{N}{3600} \times \text{交通量比} = \frac{500}{13.89} \times \frac{1500}{3600} \times 0.5 = 7.5 \text{ 台}$$

今、交通量比は 1 ; 1 と仮定しているので、 $N_L^- = N_L^+ = 8$ 台とする。
以上の諸数値を (2) 式へ代入すると、

$$\begin{aligned} \Delta P_{tL} &= \frac{2.36}{56.9} \times \frac{0.1224}{2} \left\{ 8(13.89 - V_{rL})^2 - 8(13.89 + V_{rL})^2 \right\} \\ &= 2.031 \times 10^{-2} (13.89 - V_{rL})^2 - 2.031 \times 10^{-2} (13.89 + V_{rL})^2 \\ &= 2.891 - 5.102 \\ &= -2.071 \text{ mmAq} \end{aligned}$$

iii) 自然換気力 ΔP_{MTWL}

$$\Delta P_{MTWL} = 0 \text{ mmAq とする。}$$

以上より、左坑口から立坑底までの圧力差 ΔP_{SL} は次のとおりである。

$$\begin{aligned} \Delta P_{SL} &= \Delta P_{rL} - \Delta P_{tL} - \Delta P_{MTWL} \\ &= 1.694 - (-2.071) - 0 \\ &= 3.765 \text{ mmAq} \end{aligned}$$

㊤ 右坑口から立坑底までの圧力差

i) 通気抵抗 ΔP_{rR}

$$\begin{aligned} \Delta P_{rR} &= \left(1 + \zeta_e + \lambda \frac{L_R}{D_r} + \zeta_i \cdot n_R \right) \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_{rR}^2 \\ &= \left(1 + 0.6 + 0.025 \times \frac{1000}{7.79} + 0.4 \times 0 \right) \frac{0.1224}{2} \times V_{rR}^2 \\ &= 0.2943 V_{rR}^2 \\ &= 4.523 \text{ mmAq} \end{aligned}$$

ii) 交通換気力 ΔP_{tR}

$$\begin{aligned} \Delta P_{tR} &= \frac{A_m}{A_r} \cdot \frac{\rho}{2} \left\{ N_R^+ (V_t - V_{rR})^2 - N_R^- (V_t + V_{rR})^2 \right\} \\ &\quad \left(N_R^+ = N_R^- = \frac{L_R}{V_t} \times \frac{N}{3600} \times \text{交通量比} \right. \\ &\quad \quad = \frac{1000}{13.89} \times \frac{1500}{3600} \times 0.5 \\ &\quad \quad \left. = 15 \text{ 台} \right) \\ &= \frac{2.36}{56.9} \times \frac{0.1224}{2} \left\{ 15(13.89 - V_{rR})^2 - 15(13.89 + V_{rR})^2 \right\} \\ &= 3.81 \times 10^{-2} (13.89 - V_{rR})^2 - 3.81 \times 10^{-2} (13.89 + V_{rR})^2 \\ &= 3.787 - 12.085 \\ &= -8.278 \text{ mmAq} \end{aligned}$$

iii) 自然換気力 ΔP_{MTWR}

$$\Delta P_{MTWR} = 0 \text{ mmAq とする。}$$

以上より、右坑口から立坑底までの圧力差 ΔP_{SR} を求めると次のとおりである。

$$\begin{aligned}\Delta P_{SR} &= \Delta P_{rR} - \Delta P_{tR} - \Delta P_{MTWR} \\ &= 4.523 - (-8.278) - 0 \\ &= 12.801 \text{ mmAq}\end{aligned}$$

(4) 所要換気風量の算出

所要換気風量を確保するためには立坑底において、右坑口からの圧力差 ΔP_{SR} ($=12.801$ mmAq) が必要となる。その圧力時での左側の車道内風速、および風量を算出すると以下のとおりである。

$$\begin{aligned}\Delta P_{rL} - \Delta P_{tL} - \Delta P_{MTWL} &= \Delta P_{SR} \text{ より,} \\ 0.4409 V_{rL} - 1.1284 V_{rL} - 12.801 &= 0\end{aligned}$$

上式を解くと、

$$\begin{aligned}V_{rL} &= \frac{-1.1284 \pm \sqrt{1.1284^2 - 4 \times 0.4409 \times (-12.801)}}{2 \times 0.4409} \\ &= 4.259 \text{ m/s, } -6.818 \text{ m/s}\end{aligned}$$

従って、 $V_{rL} = 4.259 \text{ m/s}$ となる。

換気風量 Q_L は、

$$\begin{aligned}Q_L &= V_r \times A_r = 4.259 \times 56.9 \\ &= 242.34 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

総風量 Q_E は、

$$\begin{aligned}Q_E &= Q_L + Q_R = 242.34 + 223.22 \\ &= 465.56 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

(5) 立坑底の濃度比 (C_1/C_0)

$$C_1/C_0 = \frac{Q_{1.0}}{Q_L} = \frac{111.61}{242.34} = 0.46$$

(6) 換気所要動力 P_w

立坑に設置すべきモータファンの動力は、立坑底の圧力と立坑に関する全損失の合計分が必要であるから、

$$\Delta P_{sT} = \Delta P_s + \Delta P_T = 12.80 + 97.92 = 110.72 \text{ mmAq}$$

ゆえに、モータファンの軸動力 P_w は、

$$P_w = \frac{Q_E \times \Delta P_{sT}}{102.0 \times 0.8} \times 1.1 = 694.87 \text{ kW}$$

② 対面通行例（立坑が中央にある場合）

図-10.1に示すように、中央に排気立坑を有する縦流換気のトンネルを考える。交通形態は対面交通とする。このトンネルの諸元は、前例と同様である。

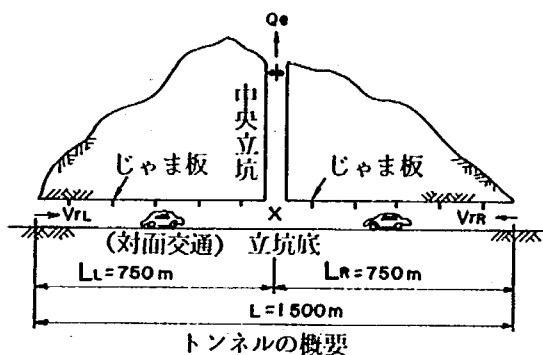


図-10.1 適用例（その2）

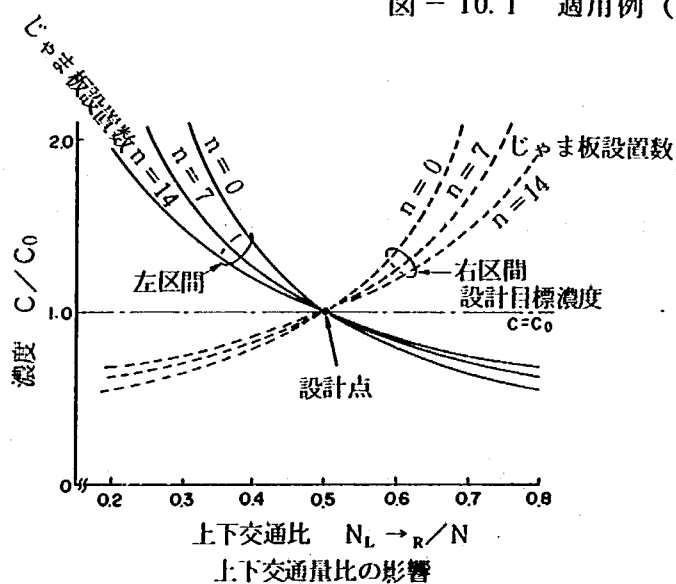


図-10.2 適用例（その2）

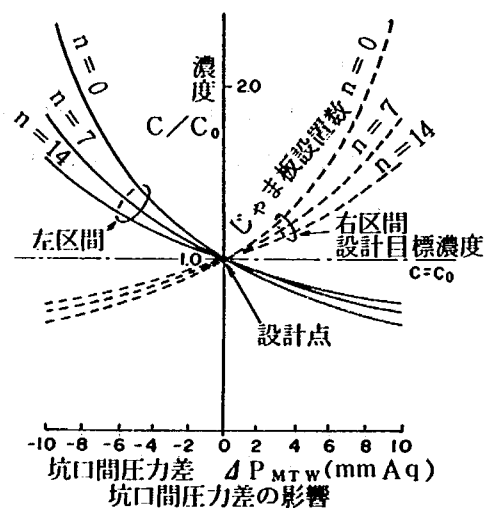


図-10.3 適用例（その2）

このトンネルのレイアウトは左右対称であるから、上り下り方向の交通量の比率、両坑口間の気圧などについても均衡がとれていれば、立坑をはさむ左右両換気区間とも均衡のとれた換気状態となり都合がよい。しかし、実際にはこれらの値が時間的にかなり変動し、このため、左右の区間の換気状態に不均衡が生じるのを避けることはできない。

この様子を図-10.2, 3に示す。図-10.2は上下交通量比の変動に関するもの、図-10.3は、両坑口間の自然換気圧の差によるものである。図中、実線は左区間、破線は右区間の立坑底における有害成分濃度（許容濃度 C_0 に対する比率）であり、じゃま板の設置数は左右区間とも同数とした場合である。上下交通量比が設計値の0.5から0.6（または0.4）に変動した場合を考えると、換気上不利な区間における立坑底の濃度の上昇は、設計目標濃度に対して、じゃま板を設置しない場合1.4倍、14箇所設置する場合1.2倍である。また、坑口間圧力差が5mmAq変動した場合を考えると、じゃま板を設置しない場合1.4倍、14箇所設置する場合1.2倍の濃度上昇がみられる。これらの結果から、じゃま板を設置することは、

左右区間の換気状態の変動を抑制して不均衡を是正すること、すなわち、換気系の安定化をはかることを可能にすることがわかる。

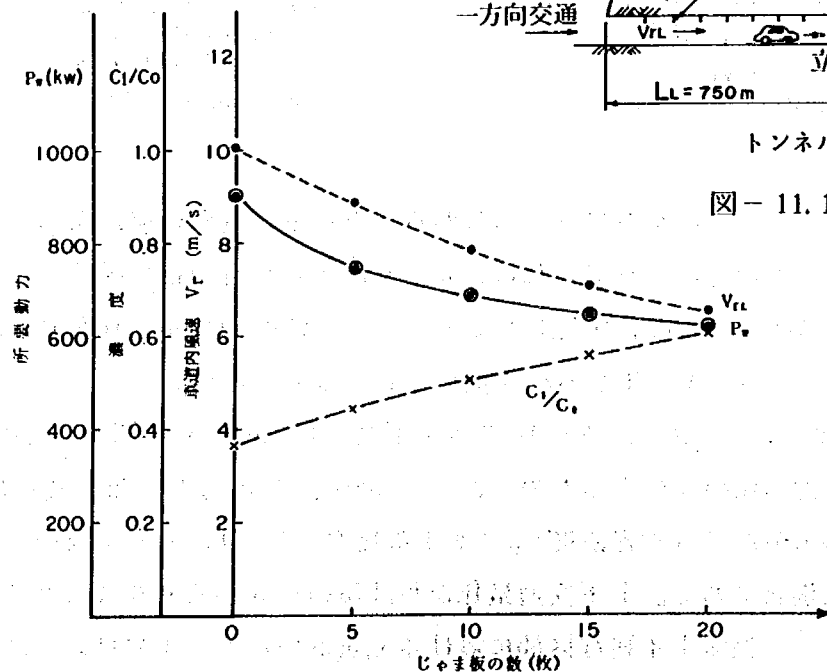
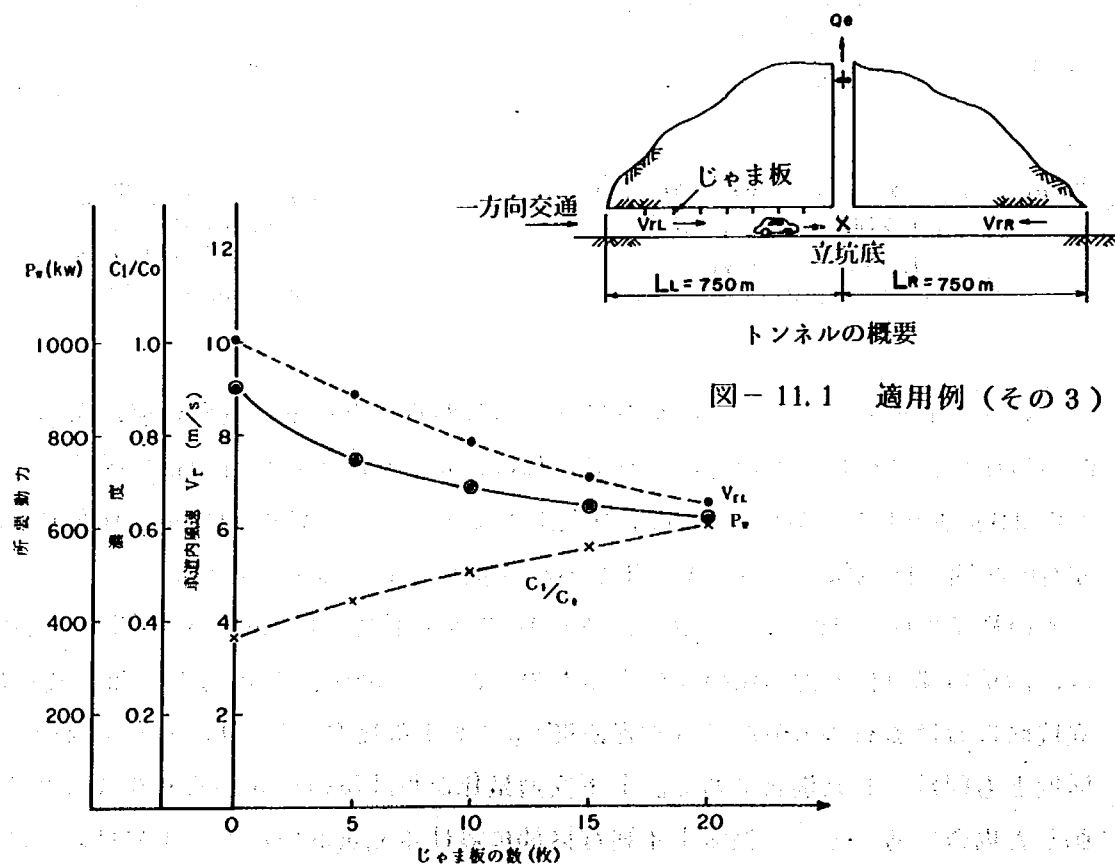
実務上は、これらの変動に対して換気機的能力に余裕をもたせることにより処理しているが、じゃま板を用いることによって、この余裕として必要な動力が割増し分を減らすことが可能であり、換気コストの経済化をはかることができるものである。

なお、じゃま板を設置することによる車道内の通気損失の増加分は、立坑の通気損失を含む全換気系の損失に比べてごくわずかであり、これに伴う動力の増加はほとんど問題がない程度である。

③ 一方通行例（立坑が中央にある場合）

図-11.1は、一方通行のトンネルであり、中央に立坑排気した場合である。トンネルの諸元は前例と同じである。一方通行の自動車トンネルでは、交通換気力の影響が大きく左区間と右区間の風速を比較した場合、左区間の風速が大きく、じゃま板で風速、すなわち風量を制御することによって効率的な換気が期待できる。

図-11.2は、じゃま板の設置箇所数と換気所要動力、左区間の車道風速および濃度比の関係を示している。本例の場合、じゃま板を左区間に10箇所設置すれば、動力を20数%減らすことができる。



④ 一方通行例（立坑が出口側の坑口にある場合）

図-12.1は、一方交通のトンネル出口において集中して排気する立坑を有する縦流換気のトンネルの例である。このような換気方式は、例えば、坑口から排出される汚染空気による坑口周辺の局所的な大気汚染を防ぐ方法として考えられる。トンネルの諸元は次のとおりとする。

トンネル延長； $L = 500 \text{ m}$

トンネル内空断面積； $A_T = 59.27 \text{ m}^2$

トンネルの代表寸法； $D_T = 7.98 \text{ m}$

交通量； $N = 2000 \text{ 台/H}$ （一方通行）

大型車混入率； $r_T = 30\%$

走行速度； $V_t = 60 \text{ km/H}$

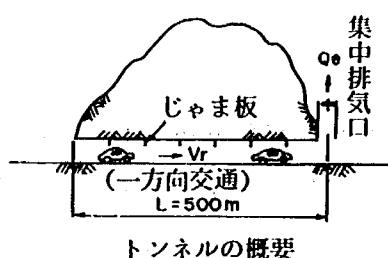
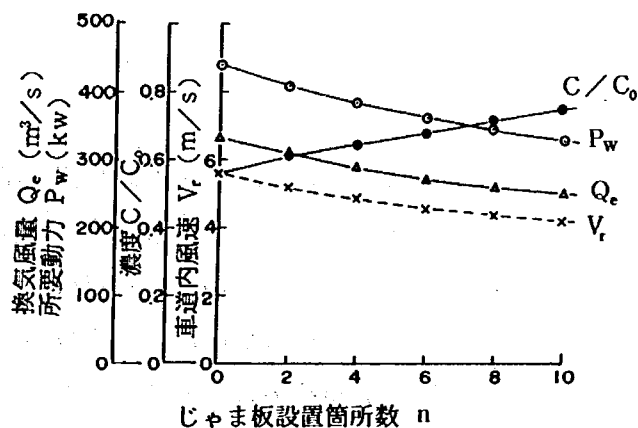


図-12.1 適用例（その4）



じゃま板の効果

図-12.2 適用例（その4）

出口側坑口からの吸排気がないという条件で、換気所要動力、車道内風速および立坑底の濃度比をじゃま板の設置箇所数との関係でプロットすると図-12.2のようになる。集中排気する空気は、じゃま板がない場合に低濃度、大風量（ $C/C_0 = 0.56$ 、 $Q_e = 334 \text{ m}^3/\text{s}$ ）であったものが、じゃま板を設置することにより、前者に比べて高濃度、小風量となる。その結果、本例では、例えば10箇所設置の場合、20数%の動力の節減が可能になっている。

図-12.3, 4は、交通量および両坑口間の自然換気圧の差の変動がこの換気系に与える影響を示すものであり、じゃま板を設置することにより、前述した少ない換気風量であっても換気系のより良い安定が保たれることがわかる。

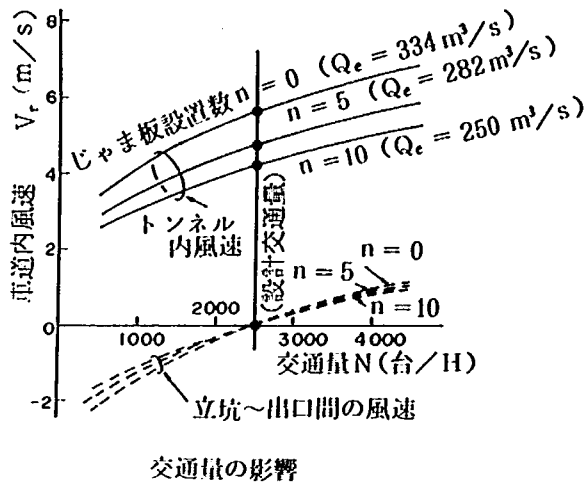


図-12.3 適用例 (その4)

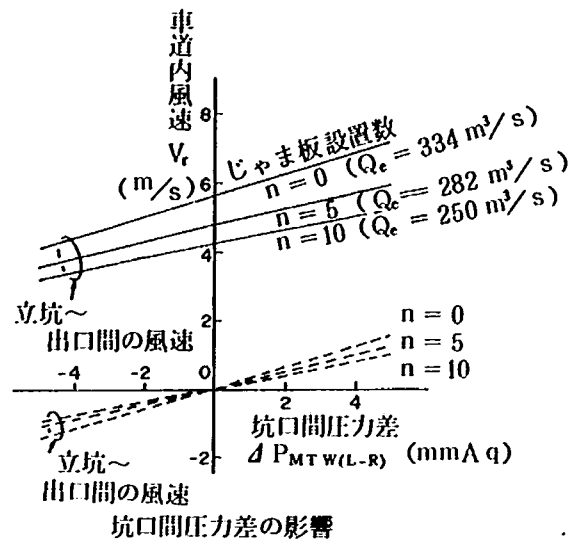


図-12.4 適用例 (その4)

⑤ まとめ

上記の例において、じゃま板が換気系の安定化のために有効であることを示したが、これらの例以外の場合においても適用の可能性は残されており、個々のトンネルの状況（交通形態、交通量、トンネル延長、勾配等）に応じた適切な設置方法を考えることが大切である。

また、前述したように、じゃま板の効果は車道内風速が高いほど大きいので、この点を念頭において適用を考えることが肝要である。

7. あとがき

縦流式換気は、従来、経済的である反面、交通や自然風の影響を受けやすく不安定な換気方式であるとされてきたが、じゃま板を用いることによりこの不安定さをかなり補償しうることを示した。

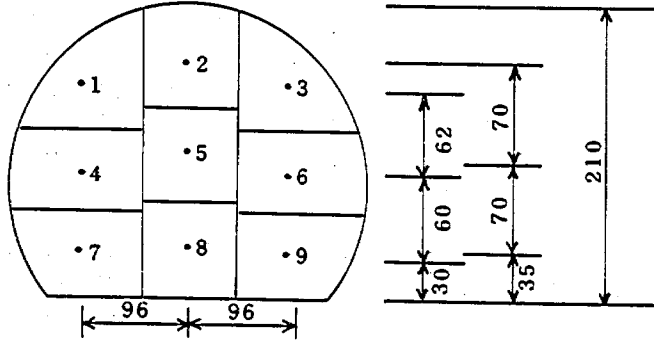
また、じゃま板は、多少の建設費を必要とするが運用のための動力は全く不要であるため、省エネルギー的の点からも有用なものである。

付 録（付 表， 付 図）

付 録 の 目 次

① ピトートラバース結果総括表.....	29
② じゃま板の静圧総括表.....	30
③ 基準ピトー管風速と断面平均風速の関係.....	39
④ Re 数と λ の関係.....	39
⑤ じゃま板の静圧分布.....	40

付表-1 ピットトラバース結果総括表

断面	図-1の T_A 、 T_B															
測定位置	基準ピット管(T_A) トラバース点(T_B)															
実験条件																
測定位置	(mm) 															
1	39.24	35.55	32.44	29.28	27.38	24.37	23.34	18.53	19.07	15.65	15.54	10.18	9.81	5.92	5.44	
2	39.53	35.96	28.49	29.48	27.11	24.46	22.40	19.20	19.59	14.27	15.45	9.89	9.94	6.13	5.38	
3	38.33	34.99	33.74	29.03	26.63	24.32	24.82	22.88	19.85	15.59	15.15	11.72	9.77	7.02	5.44	
4	39.77	35.52	32.71	29.64	26.55	24.31	26.31	22.78	19.51	16.89	15.43	12.26	9.64	7.24	5.38	
5	40.21	36.48	32.03	29.76	28.99	24.59	26.63	21.90	19.59	15.73	15.15	11.30	9.77	7.33	5.38	
6	38.88	34.64	32.95	29.14	29.53	24.42	25.78	21.84	19.12	16.85	14.26	12.15	9.70	7.29	5.44	
7	38.79	33.38	27.86	27.42	30.91	24.59	22.03	19.02	19.45	14.96	14.45	11.04	9.49	6.24	5.62	
8	38.51	34.82	31.81	28.63	26.99	24.10	23.47	21.45	19.63	15.79	15.06	10.86	9.64	6.73	5.38	
9	36.56	34.02	25.43	28.18	23.68	23.59	21.18	21.58	18.75	14.29	14.22	9.86	9.67	5.92	4.85	
平均 (m/s)	38.87	35.04	30.76	28.95	27.53	24.31	24.00	21.02	19.40	15.56	14.97	11.03	9.71	6.65	5.37	
基準ピット管 (m/s)	39.74	35.90	30.43	29.96	27.77	24.55	24.47	20.97	19.90	15.75	14.98	11.63	10.05	7.06	5.38	

付表-2 (1) じゃま板の静圧総括表

静圧測定番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
実験番号	設置位置 間隔 箇所 回数	じゃま板形状																							
A-∞-1-1	69mm	1398	1377	1345	1314	1282	1464	1860	912	774	1055	1030	1007	981	968	919	897	856	828	807	812	750	724	688	653
" 1-2	"	1118	1095	1072	1047	1018	1163	1479	729	592	841	826	800	776	768	40	721	694	668	651	652	611	589	549	519
" 1-3	"	606	593	575	565	550	620	797	394	302	454	440	427	412	410	396	386	377	359	354	352	334	312	295	276
" 1-4	"	874	862	840	822	818	906	1157	571	456	654	644	624	602	600	576	560	538	515	506	506	470	459	425	399
" 1-5	"	796	778	762	744	722	814	1040	516	408	602	591	566	544	544	523	508	491	472	458	459	427	407	383	360
" 1-6	"	632	616	605	590	574	649	834	408	319	480	469	457	432	432	418	404	392	375	367	362	336	321	299	284
" 1-7	"	514	502	490	480	468	530	679	336	255	386	380	368	352	354	342	330	320	307	299	295	274	263	245	230
" 1-8	"	262	256	251	244	238	272	341	174	120	200	196	188	180	180	171	167	160	155	152	147	136	131	125	116
" 1-9	"	106	101	99	98	94	107	135	68	41	82	77	76	72	73	70	68	64	61	60	60	54	53	49	45
" 1-10	"	30	27	29	30	28	31	37	20	03	25	23	22	22	22	21	21	20	18	18	24	16	16	15	13
" 1-11	"	404	404	388	380	370	416	530	269	200	309	302	290	279	279	268	263	254	239	234	236	216	211	198	186
A-1.5D-12-1	69mm	1260	1249	1238	1221	1209	1206	1187	1182	1286	1413	1271	1147	1028	749	734	331	327	306	291	295	268	260	241	227
" 12-2	"	480	477	469	465	460	458	451	449	450	534	486	437	380	280	266	127	124	113	112	115	105	102	94	85
" 12-3	"	600	595	585	579	572	574	563	562	572	665	608	547	478	350	346	153	152	146	139	139	126	128	115	107
" 12-4	"	1336	1329	1317	1297	1282	1292	1259	1262	1363	1478	1356	1229	1102	782	759	346	352	341	311	320	308	288	275	257
" 12-5	"	1318	1307	1293	1283	1264	1214	1247	1241	1349	1463	1346	1210	1085	784	762	347	342	329	321	311	288	268	256	242
" 12-6	"	388	385	382	378	369	373	369	362	354	435	391	355	315	226	220	105	100	85	92	91	87	83	77	71
" 12-7	"	1032	1022	1012	1004	989	986	972	964	1028	1147	1051	944	845	614	564	268	259	255	246	241	224	217	203	185
" 12-8	"	221	220	218	217	211	214	210	206	188	246	224	197	179	134	127	60	57	54	57	53	48	48	44	40
" 12-9	"	863	859	854	844	829	831	819	811	860	964	989	790	711	510	480	225	224	215	201	205	188	177	167	158
" 12-10	"	150	148	148	146	142	143	140	139	119	169	149	134	118	88	89	41	41	36	37	37	33	31	29	24
" 12-11	"	24	32	24	24	22	23	23	22	12	26	23	19	24	14	15	06	06	06	06	07	15	05	06	02
A-3D-2-1	69mm	604	592	579	568	553	584	751	424	259	396	386	374	356	362	346	334	326	314	304	299	282	269	254	248
" 2-2	"	444	436	426	418	405	430	553	320	187	296	288	276	266	266	256	250	240	228	222	221	208	196	184	172
" 2-3	"	1380	1358	1332	1302	1273	1340		1004	643	894	886	852	830	826	786	764	732	704	688	685	654	621	578	548
" 2-4	"	330	324	318	311	301	320	409	232	133	219	216	204	196	196	190	184	178	170	164	163	154	146	138	130
" 2-5	"	939	922	903	883	864	910	1177	670	423	624	608	594	566	564	541	528	506	489	481	475	443	424	394	378
" 2-6	"	178	174	170	166	159	170	217	124	63	122	118	111	107	107	105	102	96	94	92	89	82	79	74	68
" 2-7	"	50	48	48	46	47	46	59	33	14	34	33	30	30	30	32	28	26	26	26	23	24	22	20	18
" 2-8	"	18	18	18	16	17	18	19	11	04	13	12	10	11	10	12	10	02	09	11	10	11	08	07	07
" 2-9	"	892	878	860	841	822	864	1117	638	398	591	580	562	540	536	516	502	480	466	452	447	417	400	376	355
" 2-10	"	1314	1294	1268	1244	1213	1280		948	604	856	841	812	790	787	764	746	712	699	672	667	622	594	564	530

付表-2 (2) ジャマ板の静圧総括表

実験番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
実験番号 静圧測定番号 ジャマ板形状	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A-3D-3-1 69mm	1380	1359	1330	1308	1272	1330	1857	1082	58	764	752	724	710	703	654	636	619	603	583	587	539	514	486	464
3-2	597	588	575	566	551	576	733	469	223	332	329	315	306	304	296	290	280	264	254	252	236	226	212	196
3-3	472	468	450	446	438	456	576	370	172	268	264	252	244	242	236	223	216	210	202	211	187	180	170	156
3-4	388	383	372	368	358	378	476	298	139	219	215	211	198	196	193	183	176	170	163	167	154	148	140	130
3-5	122	120	115	112	111	118	144	92	35	72	69	64	62	62	62	18	54	52	51	51	47	45	43	40
3-6	806	792	775	762	746	784	992	641	322	454	438	431	413	413	396	380	373	352	345	342	320	304	290	273
3-7	1087	1088	1048	1031	1008	1055	1336	850	428	601	595	574	550	546	531	512	502	482	473	466	441	418	392	365
3-8	34	33	33	32	32	32	39	24	07	22	20	19	18	18	21	18	16	15	15	13	14	14	13	12
A-3D-4-1 69mm	1357	1332	1321	1299	1268	1329	1757	1052	707	1346	642	621	604	597	588	574	552	524	514	507	476	454	434	410
4-2	474	465	454	456	443	463	565	365	218	460	228	218	207	210	201	198	189	180	174	173	161	158	148	136
4-3	606	593	583	576	565	589	723	463	288	595	294	279	270	267	255	251	242	231	224	219	206	201	189	176
4-4	1148	1132	1123	1096	1073	1107	1377	882	581	1116	548	535	516	514	496	470	454	415	428	421	395	381	359	347
4-5	110	108	107	106	103	108	130	84	39	111	53	53	50	51	52	48	45	43	42	42	38	37	33	41
4-6	36	35	34	44	35	35	40	26	10	34	18	18	16	15	14	14	14	14	14	12	12	11	12	12
4-7	864	854	839	828	809	842	1036	660	434	855	420	406	490	385	369	354	342	328	324	317	302	289	264	251
4-8	242	239	234	233	224	238	285	183	100	233	114	110	106	107	104	102	97	88	80	88	82	80	72	67
A-3D-5-1 69mm	1338	1324	1303	1288	1265	1302	1598	1048	678	1096	1205	552	538	536	530	504	487	461	454	445	413	395	369	355
5-2	598	593	583	573	564	584	615	469	283	487	542	248	258	239	228	223	213	206	200	193	182	176	164	152
5-3	479	472	464	457	447	468	560	373	216	386	429	195	191	187	186	177	173	165	157	157	146	138	131	125
5-4	156	151	150	149	143	152	178	123	60	129	141	65	61	61	60	58	57	54	53	52	50	45	42	40
5-5	892	878	872	858	843	873	1051	706	433	736	812	372	353	357	347	332	323	308	299	296	276	259	243	228
5-6	18	15	17	16	15	18	18	13	03	14	15	10	07	08	08	06	07	07	06	06	08	05	05	05
5-7	1162	1149	1134	1133	1098	1138	1378	917	579	950	1051	481	461	457	440	432	422	401	390	388	365	350	326	307
A-3D-6-1 69mm	1116	1112	1093	1080	1060	1081	1282	914	582	1002	896	887	400	400	384	362	350	336	319	324	306	293	277	259
6-2	468	462	455	452	442	457	540	379	224	417	386	372	164	165	160	155	149	142	139	135	128	123	112	103
6-3	1331	1319	1297	1285	1265	1301	1533	1082	712	1182	1075	1052	467	473	448	435	433	403	392	393	363	350	327	308
6-4	365	352	350	346	340	352	411	288	166	322	293	283	126	129	124	120	112	110	105	106	99	94	88	83
6-5	207	204	198	196	196	200	237	170	90	189	166	165	73	75	69	69	66	64	61	61	58	54	52	48
6-6	62	60	62	59	59	62	68	49	20	58	52	50	23	24	22	22	20	21	19	21	20	17	18	16
6-7	1084	1077	1050	1035	1030	1058	1242	887	577	9772	865	864	378	376	359	350	338	328	318	324	304	282	269	250
6-8	579	576	569	563	554	571	673	470	290	522	464	462	208	211	201	196	187	177	172	172	161	150	141	132
A-3D-7-1 69mm	36	35	36	34	34	34	39	30	12	34	32	28	20	14	12	11	11	04	10	10	09	08	06	06

付表-2(3) じゃま板の静圧総括表

静圧測定番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
実験番号	じゃま板形状																								
	種類-設置-試験 間隔-箇所-回数																								
A-3D-7-2	69mm	140	141	137	137	134	136	159	116	59	131	124	108	76	46	44	43	42	39	39	39	36	35	32	29
"	7-3	304	302	296	296	290	299	348	251	147	284	271	234	161	103	98	96	91	85	83	82	78	76	68	63
"	7-4	473	472	461	459	454	462	539	391	247	441	416	364	259	155	146	143	139	131	129	127	116	110	106	100
"	7-5	1316	1304	1292	1275	1261	1293	1453	1097	745	1203	1153	1006	693	422	403	395	385	362	357	343	320	305	288	268
"	7-6	587	586	572	574	562	578	666	485	316	543	516	447	310	189	182	176	171	163	157	157	146	140	132	125
"	7-7	1085	1076	1062	1054	1032	1054	1233	905	606	993	939	811	575	341	333	315	313	295	289	280	265	250	237	225
A-3D-8-1	69mm	1198	1184	1168	1160	1144	1166	1354	1003	698	1105	1076	970	612	634	335	320	312	294	280	286	267	257	242	230
"	8-2	469	466	458	454	448	460	529	395	252	440	420	375	240	259	128	132	126	119	115	116	104	100	92	89
"	8-3	575	574	564	558	550	564	658	483	314	541	523	469	289	306	166	144	152	147	142	140	130	126	120	110
"	8-4	1112	1102	1080	1082	1070	1089	1249	935	652	1034	1016	906	574	595	314	301	294	273	274	269	249	239	222	218
"	8-5	347	346	342	338	330	342	391	293	183	326	312	279	176	187	100	99	93	69	85	82	77	76	70	64
"	8-6	159	158	156	155	151	157	179	132	73	154	146	128	84	86	46	48	46	43	40	41	39	37	34	33
"	8-7	42	41	42	42	40	40	47	34	14	39	37	33	21	21	13	11	10	10	10	10	09	08	07	08
A-3D-9-1	69mm	1176	1170	1154	1145	1132	1156	1317	1003	710	1120	1074	992	660	576	625	298	281	268	268	264	245	220	216	204
"	9-2	464	464	458	454	449	460	522	392	260	445	430	394	261	232	252	124	116	108	106	103	96	92	86	80
"	9-3	1131	1127	1113	1100	1085	1119	1256	962	681	1070	1132	945	631	562	600	283	268	258	250	252	234	230	212	200
"	9-4	308	304	298	298	294	302	342	262	164	298	288	260	176	156	164	80	78	75	65	69	66	64	60	54
"	9-5	522	516	508	506	498	511	580	440	289	495	478	434	288	258	268	130	124	118	116	116	109	104	100	92
"	9-6	185	182	180	180	174	180	202	156	89	178	168	152	102	92	100	47	46	44	42	42	38	36	35	32
"	9-7	92	94	91	90	89	92	102	80	40	90	88	82	53	48	48	28	24	23	24	20	20	18	11	
"	9-8	522	520	511	508	501	512	582	446	296	504	482	444	293	260	281	129	126	120	116	116	107	103	95	90
A-3D-10-1	69mm	442	434	419	410	409	412	427	498	471	411	410	407	498	470	462	453	440	425	424	423	421	420	419	418
"	10-2	472	478	464	452	457	467	522	409	276	458	450	406	286	256	220	175	108	103	98	98	91	86	79	76
"	10-3	574	570	560	560	552	563	632	491	336	550	537	490	346	311	268	206	127	123	117	116	109	106	99	93
"	10-4	92	91	92	91	89	92	102	76	40	93	88	78	56	52	45	36	23	20	20	22	20	17	16	14
"	10-5	224	224	220	220	219	222	247	192	116	222	212	196	138	130	108	82	54	50	48	46	42	40	39	36
"	10-6	1101	1092	1078	1061	1052	1076	1214	945	681	1065	1037	940	668	605	512	388	244	230	224	227	206	202	188	176
A-3D-11-1	69mm	1184	1175	1167	1154	1142	1163	1296	1029	753	1152	1126	1050	752	701	607	434	378	230	225	221	206	200	186	176
"	11-2	475	473	467	464	459	472	524	413	283	471	457	420	305	285	247	181	154	97	96	93	87	81	77	75
"	11-3	596	592	585	582	574	586	651	518	357	596	578	530	384	352	314	228	196	127	120	119	110	105	99	93
"	11-4	223	222	220	219	216	219	245	192	119	221	212	193	140	132	116	83	72	46	45	44	41	39	36	33
"	11-5	76	75	74	72	70	72	80	62	30	77	72	62	46	44	38	28	24	17	16	18	14	14	13	10

付表-2(4) じゃま板の静圧総括表

実験番号	静圧測定番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
じゃま板形状	じゃま板形状																								
A-3D-11-6	69mm	1136	1134	1132	1117	1097	1126	1257	994	726	1120	1084	1010	729	675	590	421	368	230	221	220	201	193	187	170
A-3D-12-1	69mm	1174	1174	1164	1152	1142	1158	1280	1136	765	1169	1146	1052	793	734	664	502	420	362	432	206	192	187	172	159
" 12-2	"	1081	1075	1065	1050	1047	1063	1176	947	697	1073	1046	959	733	680	609	457	379	331	392	191	174	167	162	148
" 12-3	"	1016	1004	990	987	984	1137	1130	891	645	1007	986	912	683	639	572	430	353	312	367	176	164	157	147	138
" 12-4	"	398	396	390	386	386	390	432	352	232	398	388	356	264	248	220	170	138	122	146	70	66	60	58	54
" 12-5	"	588	586	576	574	568	578	630	512	356	588	574	534	393	367	336	255	204	180	218	98	96	92	86	80
" 12-6	"	132	131	128	128	126	130	140	110	62	134	128	118	88	82	76	56	46	44	49	26	22	22	20	18
" 12-7	"	82	80	82	82	78	80	86	70	36	82	78	74	54	51	47	36	31	26	30	16	14	13	13	12
A-6D-2-1	69mm	1369	1352	1323	1295	1263	1384	1740	1029	621	854	842	810	791	777	744	729	715	689	670	664	622	590	560	527
" 2-2	"	384	382	368	363	351	382	486	285	149	244	238	230	222	221	212	208	201	191	185	184	172	166	156	143
" 2-3	"	620	610	592	580	564	510	779	452	250	389	378	365	346	352	334	324	318	302	296	289	272	260	246	231
" 2-4	"	1026	1014	990	970	953	1020	1310	762	453	644	632	616	588	583	564	552	535	515	498	496	464	440	420	397
" 2-5	"	216	214	208	204	198	212	269	160	77	142	137	130	126	126	122	118	114	110	107	104	98	92	88	82
" 2-6	"	774	766	746	733	713	772	984	571	330	489	478	456	441	441	422	413	406	386	376	374	347	330	310	291
" 2-7	"	107	107	103	100	98	106	133	78	31	72	69	65	62	64	60	57	56	54	52	50	48	44	42	38
" 2-8	"	32	30	31	30	28	33	38	26	07	21	20	20	19	18	18	17	17	16	10	16	16	16	12	12
" 2-9	"	1190	1174	1152	1126	1092	1189	1460	890	531	742	732	707	684	677	654	636	620	600	578	578	538	516	488	456
A-6D-3-1	69mm	849	837	823	811	797	851	1047	653	403	513	816	361	346	349	334	323	315	300	291	291	267	257	240	224
" 3-2	"	45	43	44	43	40	45	52	37	13	26	37	17	17	19	17	17	17	14	16	12	14	12	12	11
" 3-3	"	1190	1170	1149	1132	1106	1188	1461	905	583	717	1116	505	488	488	465	446	437	415	405	401	377	361	342	316
" 3-4	"	190	184	182	176	174	190	227	145	71	113	175	79	77	79	75	71	70	66	65	65	60	55	53	49
" 3-5	"	1815	1795	1763	1733	1693	1828	2130	1381	1929	1090	1687	769	740	737	705	683	670	643	621	618	579	550	507	488
" 3-6	"	476	468	459	451	437	476	587	362	220	290	451	202	197	198	189	183	173	167	165	162	153	144	135	129
" 3-7	"	1940	1909	1883	1852	1809	1970	1468	971	1150	811	780	773	747	728	708	685	663	654	610	591	553	529		
A-6D-4-1	69mm	1398	1376	1351	1333	1310	1384	1620	1103	754	1054	1445	832	968	569	547	525	517	490	477	475	452	430	405	384
" 4-2	"	484	476	463	462	448	484	575	382	237	370	529	286	336	204	194	188	182	174	170	166	155	150	140	130
" 4-3	"	609	602	589	582	573	610	725	480	309	464	535	465	418	250	238	234	230	215	205	206	194	185	176	166
" 4-4	"	1298	1282	1263	1245	1223	1292	1509	1030	709	984	1405	776	921	540	512	500	483	460	450	444	422	400	380	356
" 4-5	"	244	239	233	233	226	242	289	194	110	189	270	145	163	104	98	98	93	88	86	84	82	75	70	58
" 4-6	"	1099	1085	1065	1054	1033	1102	1314	874	586	834	1234	652	764	450	432	425	416	390	380	384	357	336	318	295
" 4-7	"	124	120	117	118	114	124	144	96	90	97	137	72	82	54	52	50	47	45	44	42	40	36	35	27
" 4-8	"	824	812	797	788	774	824	983	660	430	628	915	494	571	340	324	316	311	296	286	286	264	252	238	216

付表-2(5) ジャマ板の静圧総括表

静圧測定番号						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
実験番号	種類	設置 間隔	設置 箇所	実験 回数	じゃま 板形状																								
A-6D-4-9		69mm				34	36	33	35	32	34	37	27	10	27	34	18	18	15	14	15	12	12	12	13	11	10	08	06
A-6D-5-1		69mm				1414	1400	1378	1363	1345	1424	1690	1164	834	1142	1525	910	1005	694	975	469	462	442	430	427	400	387	362	342
"	5-2	"				486	480	470	460	454	479	560	388	252	388	541	304	333	240	332	160	157	146	146	142	135	126	120	113
"	5-3	"				616	610	598	590	580	616	720	507	336	498	704	392	428	304	442	208	203	190	185	186	172	163	156	148
"	5-4	"				1194	1184	1164	1150	1132	1193	1445	977	700	978	1398	774	851	594	850	405	397	376	365	360	338	322	300	283
"	5-5	"				286	284	278	274	268	286	335	234	145	233	323	184	202	144	198	97	97	90	88	87	83	76	72	69
"	5-6	"				880	869	855	842	830	874	1030	718	495	723	1009	572	624	438	622	299	292	276	268	266	248	238	224	209
"	5-7	"				145	141	138	140	135	141	165	119	61	118	159	90	99	73	102	49	48	46	44	44	42	39	36	34
"	5-8	"				46	43	43	46	44	44	51	37	15	39	51	28	31	24	32	15	14	15	14	14	12	12	10	12
A-6D-6-1		69mm				1351	1340	1322	1311	1288	1348	1560	1126	824	1140	1446	955	1045	746	948	554	617	380	370	363	347	325	306	293
"	6-2	"				488	482	473	468	463	488	560	408	276	418	556	342	372	271	352	204	221	139	135	133	124	118	110	105
"	6-3	"				616	606	597	593	582	615	714	514	352	526	700	434	472	339	444	253	278	174	170	168	157	150	140	132
"	6-4	"				348	344	339	334	330	347	398	292	187	297	392	246	261	193	248	145	156	99	96	97	88	85	80	75
"	6-5	"				1106	1094	1082	1068	1055	1106	1273	928	871	940	1264	781	846	613	792	740	707	310	305	299	282	272	253	240
"	6-6	"				876	866	856	848	835	876	1009	738	522	745	999	611	676	488	622	360	407	270	242	240	223	215	201	190
"	6-7	"				144	140	138	136	135	141	161	119	66	118	158	99	106	78	102	61	64	40	40	39	37	36	13	31
"	6-8	"				64	62	62	61	61	64	72	56	24	52	67	43	43	36	47	25	28	18	16	18	16	16	14	12
A-9D-2-1		69mm				1362	1336	1311	1288	1259	1390	1558	952	834	1499	812	787	769	754	722	704	682	661	640	642	603	572	557	509
"	2-2	"				398	392	382	376	367	400	404	281	217	501	138	239	228	226	216	212	206	194	188	188	174	167	159	149
"	2-3	"				594	582	570	559	545	502	753	412	334	741	358	348	335	331	319	311	299	284	277	272	254	247	229	219
"	2-4	"				1226	1206	1184	1161	1130	1248	1538	855	741	1439	737	713	692	682	656	646	624	596	578	572	594	509	487	460
"	2-5	"				221	217	211	210	204	224	277	154	109	277	134	130	126	125	120	118	115	108	102	102	94	92	87	82
"	2-6	"				1026	1005	985	965	946	1040	1096	712	611	1274	617	598	577	569	545	532	523	502	486	482	448	427	405	380
"	2-7	"				120	117	115	112	111	120	148	83	53	147	77	73	69	69	67	65	63	60	58	55	52	51	47	46
"	2-8	"				796	780	760	747	724	804	1007	555	464	993	476	464	442	439	426	415	402	386	371	370	346	333	312	297
"	2-9	"				27	24	24	24	24	27	30	19	19	30	17	14	14	14	14	13	13	12	12	12	10	11	09	09
A-9D-3-1		69mm				1386	1364	1341	1321	1299	1412	1618	1031	909	1549	944	956	1129	648	631	611	594	566	547	542	507	479	455	429
"	3-2	"				464	454	441	435	428	460	554	342	336	299	313	313	360	220	209	203	198	189	187	183	170	163	149	141
"	3-3	"				594	584	571	563	551	585	584	445	357	739	403	407	472	282	274	264	262	245	239	233	217	207	197	186
"	3-4	"				1250	1226	1210	1187	1164	1264	1458	924	799	1439	850	855	999	590	564	548	535	513	495	495	464	443	417	391
"	3-5	"				330	321	317	315	304	330	398	245	186	404	224	223	262	158	151	147	141	137	132	130	121	115	109	99
"	3-6	"				960	944	927	910	894	972	1173	708	604	1199	654	657	774	460	437	426	415	393	385	380	357	339	317	299

付表-2 (a) じゃま板の静圧総括表

試験番号	静圧測定番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
試験番号	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔	試験位置 間隔
A-9D-3-7	69mm	192	190	185	182	179	192	241	150	99	239	134	132	151	94	90	87	84	79	77	75	69	68	64	59
"	3-8	797	784	769	760	744	805	982	594	491	984	542	547	633	380	360	348	344	326	317	315	292	282	265	251
"	3-9	126	121	115	116	112	120	157	100	58	152	84	82	95	60	57	54	55	51	50	46	43	43	41	38
"	3-10	18	18	15	16	14	16	27	20	05	19	12	10	12	08	06	08	08	06	07	05	04	05	06	05
A-9D-4-1	69mm	1390	1368	1350	1330	1308	1412	1658	1082	949	1540	1031	1038	1175	767	758	796	513	488	471	469	432	415	386	367
"	4-2	458	454	445	441	432	462	546	356	280	565	348	344	379	258	252	264	171	162	156	156	145	137	128	121
"	4-3	596	586	577	571	561	602	712	463	376	738	445	440	486	332	328	340	223	206	201	200	186	177	165	160
"	4-4	1178	1164	1145	1124	1121	1194	1398	918	796	1400	891	891	1006	655	647	678	431	411	401	400	372	357	331	311
"	4-5	292	286	278	276	272	294	344	225	169	375	219	217	237	164	162	170	111	103	100	100	92	89	82	77
"	4-6	768	760	746	736	721	776	918	594	497	960	578	576	639	425	425	436	284	271	263	261	242	230	216	202
"	4-7	106	104	101	101	98	107	124	84	52	130	80	79	86	62	60	61	41	40	39	39	35	33	30	28
"	4-8	34	32	32	32	31	32	38	23	08	38	24	23	25	17	18	16	12	11	11	11	10	10	09	08
A-12D-2-1	69mm	1423	1406	1372	1342	1306	1302	1271	1261	1299	1474	1768	1104	1082	1293	1495	727	712	681	657	654	609	584	558	526
"	2-2	471	462	452	448	439	436	424	417	397	492	736	368	356	362	525	242	238	227	219	216	200	194	184	170
"	2-3	594	584	574	568	550	546	534	527	513	529	930	467	452	460	660	307	300	283	274	271	250	240	228	214
"	2-4	1083	1064	1048	1029	1001	1000	976	961	974	1131	1586	840	824	830	1174	552	543	520	505	501	469	447	424	394
"	2-5	913	898	882	866	844	840	821	811	811	958	1396	710	695	703	1004	454	453	432	417	415	390	370	352	331
"	2-6	786	773	761	744	724	720	704	695	691	824	1231	612	589	603	864	402	390	372	362	361	336	327	308	290
A-12D-3-1	69mm	1354	1337	1318	1294	1268	1369	1601	1023	1038	1192	1648	892	872	876	1265	582	576	552	527	521	492	468	438	413
"	3-2	471	466	477	450	440	476	569	355	331	425	628	313	302	309	432	210	204	194	187	184	172	164	153	143
"	3-3	595	589	579	569	559	624	730	451	426	531	788	392	380	386	555	264	258	246	236	236	220	210	197	183
"	3-4	1212	1196	1180	1158	1138	1226	1466	911	920	1075	1532	800	777	789	1129	514	510	488	477	476	444	422	395	374
"	3-5	311	308	300	298	290	314	371	232	206	278	404	205	198	201	289	138	134	128	124	122	116	112	103	96
"	3-6	974	962	946	929	912	986	1178	733	724	833	1285	639	621	637	919	427	414	396	384	378	356	340	315	295
"	3-7	197	197	192	190	184	200	238	150	123	180	261	128	126	132	186	90	86	83	78	78	73	70	66	61
"	3-8	123	121	119	118	114	123	144	92	69	111	159	80	79	81	111	53	53	51	50	47	43	43	40	36
"	3-9	801	790	776	764	749	810	964	602	554	713	1061	532	516	521	739	347	343	327	318	315	292	279	264	250
"	3-10	1384	1368	1344	1322	1298	1408	1631	1042	1057	1225	1686	910	888	900	1299	590	580	558	540	536	504	487	457	430
A-6D-3-1	48mm	1861	1829	1809	1753	1712	1686	1638	1620	1527	1438	1433	1225	1206	1215	1005	964	939	910	885	878	825	784	737	691
"	3-2	887	870	861	840	823	810	790	773	684	688	684	588	571	576	482	467	455	433	415	420	389	376	355	335
"	3-3	763	749	734	717	705	693	676	661	573	591	588	500	487	494	414	409	383	363	359	361	329	320	297	277
"	3-4	1138	1603	1589	1547	1504	1482	1442	1424	1322	1256	1259	1083	1069	1071	887	849	832	804	782	773	723	699	661	622

付表-2(7) じゃま板の静圧総括表

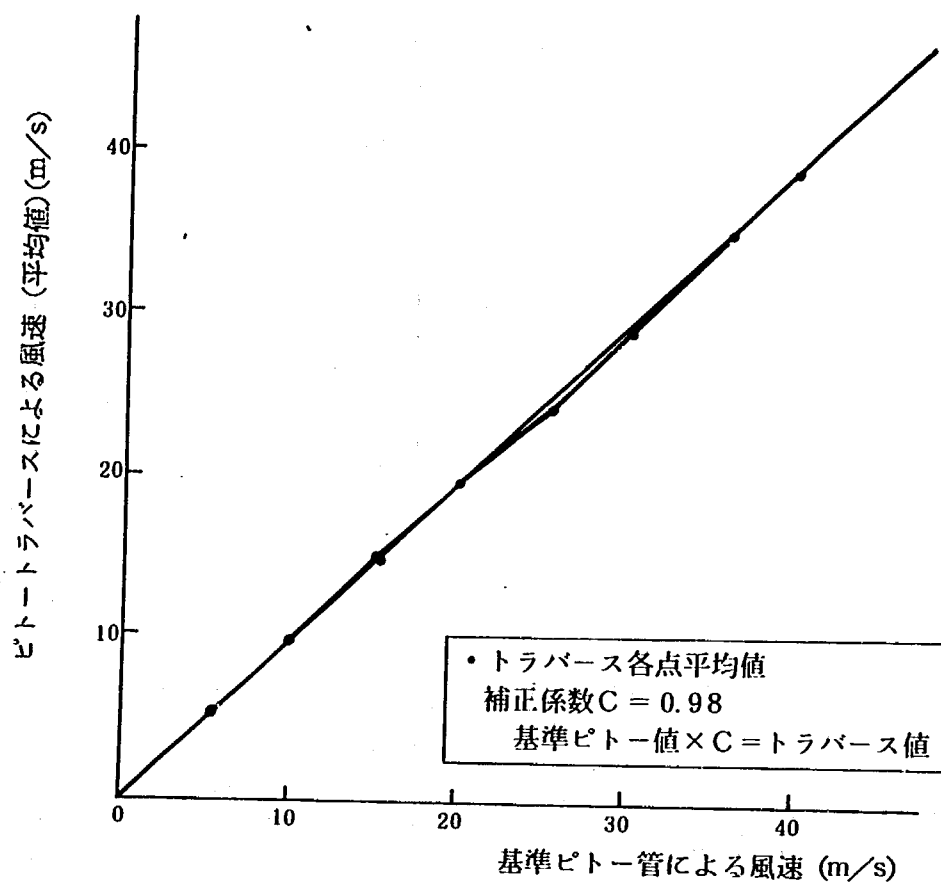
静圧測定番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
実験番号	種類 設置 股数 実験 箇所 回数	じゃま板形状																							
A-6D-3-5	48mm	1224	1203	1186	1156	1127	1108	1080	1064	970	943	945	808	788	794	666	637	626	599	585	574	535	514	485	458
"	3-6	323	317	312	304	303	295	288	276	213	251	247	207	201	207	176	169	162	156	151	151	139	133	125	115
"	3-7	213	210	206	203	201	197	192	185	130	166	162	139	138	138	118	115	106	103	100	101	95	89	85	77
"	3-8	100	98	95	92	94	89	89	83	51	75	75	63	60	60	53	53	48	45	45	44	41	39	37	34
"	3-9	12	10	12	12	12	12	15	09	01	13	07	09	07	07	07	09	19	06	06	07	06	06	04	06
"	3-10	503	494	485	479	473	461	452	441	368	394	389	327	321	326	276	264	254	242	238	238	221	201	198	188
A-6D-3-1	53mm	1822	1788	1780	1727	1694	1666	1629	1615	1579	1391	1397	1172	1160	1160	939	901	873	837	805	810	761	729	685	643
"	3-2	887	866	861	840	823	810	793	778	714	676	679	565	555	558	448	438	423	411	395	392	365	351	330	295
"	3-3	1870	1833	1818	1771	1726	1703	1662	1648	1612	1418	1442	1205	1193	1192	952	931	901	866	837	834	784	753	709	665
"	3-4	793	776	772	749	732	725	709	694	638	608	606	502	494	505	406	394	383	367	351	347	320	307	292	271
"	3-5	480	470	464	455	447	441	439	421	367	370	370	303	297	298	242	233	226	218	210	204	195	188	174	163
"	3-6	1494	1463	1453	1416	1384	1365	1330	1310	1142	1133	1146	951	932	935	758	728	711	679	658	655	611	587	556	523
"	3-7	265	257	254	247	247	241	238	229	183	203	197	163	159	163	132	125	122	119	115	112	107	101	95	104
"	3-8	1195	1099	1086	1064	1046	1028	1004	987	935	857	858	717	700	702	567	549	532	509	494	491	459	441	414	389
"	3-9	66	65	60	60	57	57	59	54	30	50	50	41	37	37	30	28	27	27	27	25	21	21	19	21
A-6D-3-1	58mm	1653	1627	1614	1568	1535	1524	1479	1474	1483	1251	1259	1019	1007	996	781	753	737	703	688	682	637	605	564	537
"	3-2	819	797	791	772	761	750	734	725	685	615	618	502	500	494	386	374	362	345	338	333	311	295	279	257
"	3-3	1389	1362	1353	1319	1292	1277	1243	1231	1236	1052	1063	852	837	828	644	623	606	584	567	561	520	502	473	452
"	3-4	591	585	578	562	555	543	527	518	474	443	441	358	355	348	274	264	254	244	239	233	220	210	197	185
"	3-5	898	881	869	855	837	828	810	797	767	682	685	555	541	535	415	406	391	373	365	361	336	323	306	285
"	3-6	256	251	244	239	236	230	224	215	177	189	185	147	147	145	115	110	106	100	95	98	92	88	80	74
"	3-7	72	69	68	66	66	63	62	59	36	51	51	33	42	39	33	31	30	27	27	24	24	24	21	19
"	3-8	394	386	382	370	370	361	355	341	304	298	297	235	236	233	185	176	166	157	154	156	141	138	127	119
"	3-9	1823	1782	1771	1727	1686	1665	1630	1623	1647	1366	1389	1121	1116	1066	841	817	799	764	746	738	690	661	625	590
A-6D-3-1	63mm	1761	1733	1720	1694	1647	1633	1586	1586	1673	1298	1338	1037	1031	996	743	716	703	679	661	658	614	599	549	511
"	3-2	857	848	837	822	805	796	775	757	766	640	655	505	497	483	367	358	338	323	318	312	294	295	265	236
"	3-3	1445	1419	1404	1380	1356	1342	1310	1281	1347	1078	1104	851	846	826	622	600	582	552	540	537	506	479	450	429
"	3-4	567	558	556	543	537	529	515	508	482	423	432	332	332	324	245	239	227	220	215	207	197	188	174	163
"	3-5	406	400	397	386	382	377	368	364	338	306	311	239	236	230	177	174	160	157	151	151	139	133	124	116
"	3-6	179	177	176	171	172	168	148	159	127	133	136	104	104	101	80	78	72	71	69	63	62	60	56	53
"	3-7	44	39	41	41	39	37	34	34	06	30	30	27	22	22	16	15	18	15	15	13	15	12	12	10
"	3-8	1809	1777	1759	1717	1683	1676	1629	1630	1717	1338	1392	1061	1058	1022	767	731	713	685	673	664	618	591	561	524

付表-2 (8) ジャマ板の静圧総括表

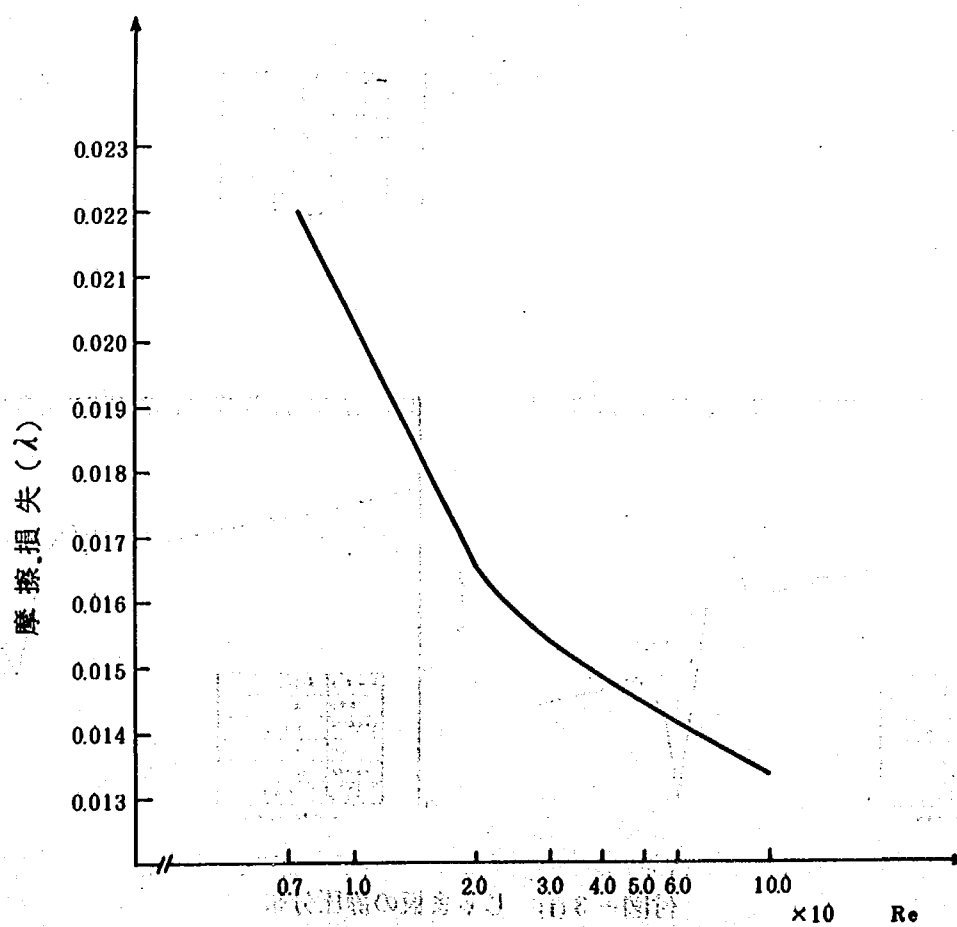
静圧測定番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
実験番号	ジャマ板形状																								
B-3D-3-1	69mm	1885	1853	1829	1799	1758	1751	1713	1696	1491	852	1732	1859	743	733	727	688	692	680	635	632	584	556	527	498
"	3-2	834	821	807	796	779	776	760	750	618	880	763	810	340	339	324	313	313	291	288	278	264	257	233	223
"	3-3	661	645	642	631	620	621	604	600	480	696	609	643	268	266	260	250	243	229	223	219	207	199	185	176
"	3-4	1746	1716	1687	1657	1623	1615	1584	1557	1374	1800	1587	1724	711	692	671	673	629	609	592	582	520	500	468	
"	3-5	453	448	436	434	420	422	408	401	314	474	416	437	185	183	178	172	172	162	155	143	141	136	125	118
"	3-6	1385	1364	1336	1319	1291	1285	1260	1247	1073	1451	1264	1366	561	554	531	513	510	482	473	457	444	413	381	360
"	3-7	280	277	273	267	262	259	256	249	179	293	255	267	112	112	109	107	106	100	96	93	87	84	78	63
"	3-8	167	159	160	157	152	152	149	212	97	168	155	155	65	69	66	64	60	58	55	55	52	47	45	44
"	3-9	63	66	62	62	59	57	56	56	28	63	57	57	26	23	23	26	25	22	22	21	20	18	16	18
D-3D-3-1	53mm	1952	1925	1884	1840	1790	1770	1730	1712	1481	1838	1829	1800	1048	1042	997	972	938	907	875	867	814	779	729	695
"	3-2	662	648	630	624	597	604	587	576	459	648	641	616	353	351	340	327	322	301	295	295	272	262	249	236
"	3-3	835	826	803	789	761	759	744	730	594	821	784	781	446	445	432	419	408	394	381	383	348	333	316	297
"	3-4	1881	1849	1812	1771	1718	1709	1668	1642	1422	1801	1782	1763	1016	1002	954	931	905	869	849	843	793	756	719	679
"	3-5	535	538	500	504	489	484	479	465	357	523	510	499	289	290	278	267	261	248	244	237	218	213	199	189
"	3-6	1327	1308	1277	1250	1210	1203	1175	1157	980	1301	1292	1251	716	713	688	670	643	628	615	596	555	541	505	482
"	3-7	265	259	253	249	239	241	235	226	160	256	253	246	142	145	126	133	131	121	118	114	106	109	97	94
"	3-8	1040	1026	1000	982	950	945	924	912	742	1020	998	985	567	556	542	517	513	487	474	479	436	421	398	375
"	3-9	138	143	141	138	132	129	129	125	77	142	134	127	80	78	76	72	71	66	65	63	62	57	53	50
"	3-10	34	38	38	38	35	33	36	32	13	37	35	29	21	21	20	18	19	16	16	16	18	15	14	13
"	3-11	355	351	345	338	327	325	321	310	228	357	342	330	192	193	183	179	175	167	161	157	146	139	132	126
C-3D-3-1	69mm	1920	1889	1858	1816	1785	1762	1720	1709	1755	1488	1417	909	882	873	954	811	799	767	743	726	656	658	656	586
"	3-2	833	816	802	785	768	764	746	740	722	646	572	398	422	386	369	361	351	330	320	313	314	285	267	252
"	3-3	658	650	630	619	602	609	591	588	558	512	453	312	299	301	281	275	268	255	250	252	229	220	206	195
"	3-4	1734	1703	1678	1641	1599	1595	1557	1548	1600	1338	1190	813	805	800	765	743	721	691	675	674	627	595	558	526
"	3-5	444	436	430	419	405	405	394	394	360	351	310	210	202	192	199	190	183	176	176	169	157	150	140	134
"	3-6	1414	1396	1374	1343	1300	1306	1267	1267	1286	1111	979	664	654	670	621	601	583	565	552	545	511	484	458	434
"	3-7	299	298	291	284	277	275	267	267	223	233	205	140	139	140	134	131	125	119	116	113	107	102	95	88
"	3-8	817	802	785	774	754	748	732	727	711	644	570	384	375	374	363	348	338	322	316	312	286	274	260	243
"	3-9	145	143	140	135	136	132	129	128	97	114	100	69	66	69	69	64	59	59	58	57	52	52	47	40
"	3-10	26	28	25	25	25	25	26	23	09	19	15	11	11	11	13	14	11	11	11	11	10	11	11	07
D-3D-3-1	69mm	1904	1872	1842	1814	1765	1749	1716	1695	1492	1786	1693	1808	857	831	804	787	773	725	701	701	662	629	597	555
"	3-2	658	651	645	634	618	616	603	593	479	649	586	652	297	294	285	275	268	252	250	246	228	215	209	192

付表-2 (9) ジャマ板の静圧総括表

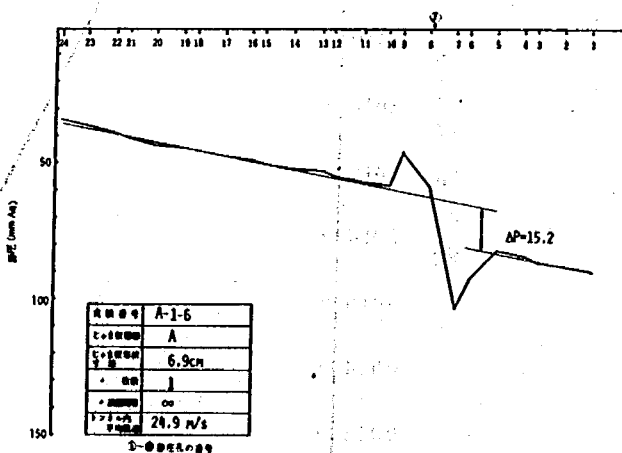
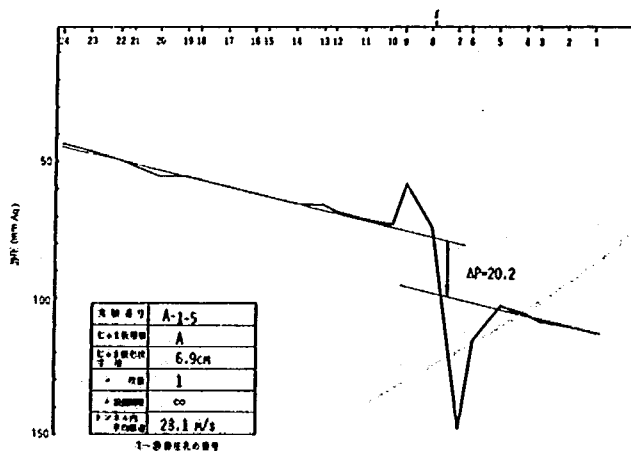
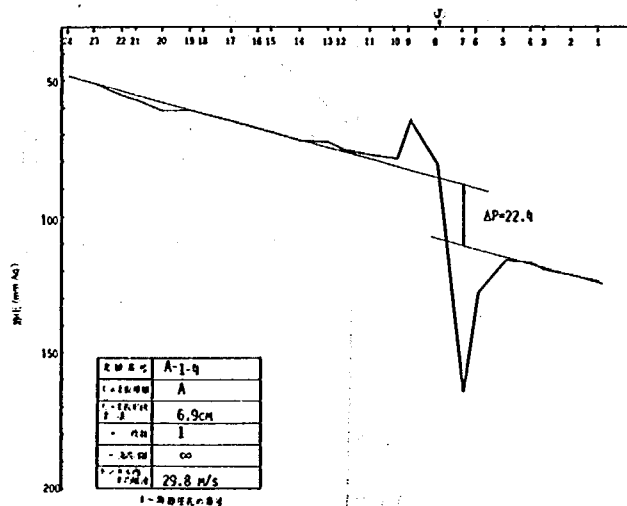
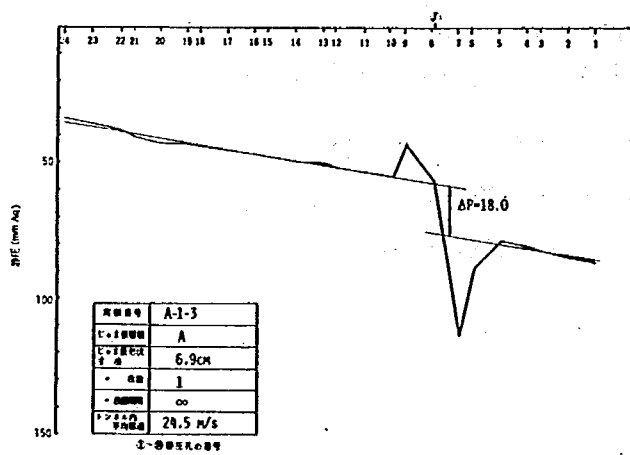
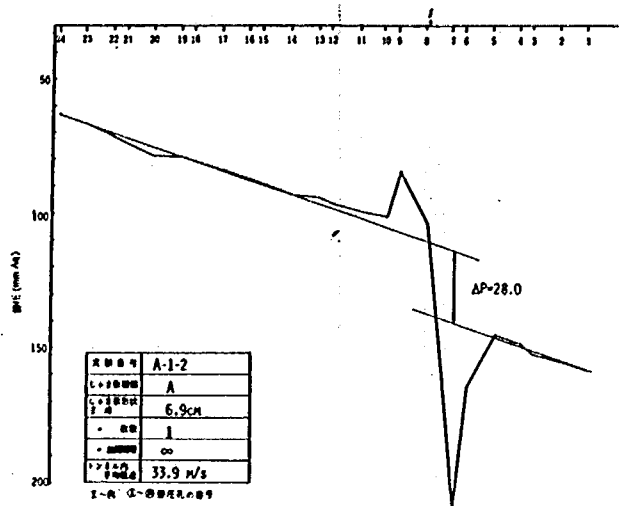
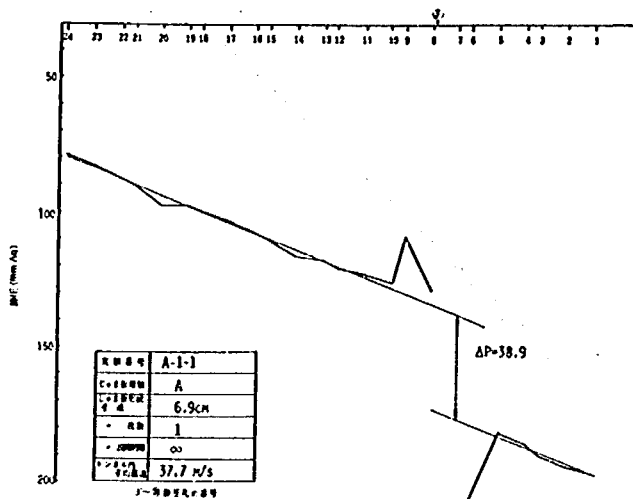
静圧測定番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
実験番号	ジャマ板形状																								
D-3D-3-3	69mm	2003	1971	1937	1909	1854	1851	1807	1789	1575	1858	1741	1915	689	864	833	799	791	761	729	729	695	670	620	589
" 3-4	"	839	829	813	799	799	777	758	749	617	790	730	823	373	373	364	342	330	311	304	306	283	277	259	241
" 3-5	"	1656	1636	1611	1579	1537	1533	1499	1497	1290	1604	1477	1664	737	725	690	663	649	619	615	567	565	544	512	481
" 3-6	"	404	398	394	382	378	368	367	358	326	462	415	469	209	214	203	196	186	176	173	172	161	155	144	135
" 3-7	"	1345	1329	1311	1283	1254	1247	1219	1206	1037	1313	1202	1351	589	589	567	543	529	508	497	495	464	445	416	385
" 3-8	"	265	267	260	255	250	250	244	238	172	259	238	258	120	119	115	110	110	99	100	95	92	87	82	75
" 3-9	"	1153	1139	1119	1100	1072	1076	1048	1034	877	1128	1033	1161	512	510	499	468	456	437	426	417	395	373	349	330
" 3-10	"	186	185	100	179	169	173	168	162	112	179	167	174	85	86	81	77	74	70	68	70	64	61	56	52
" 3-11	"	36	39	36	35	36	33	31	31	19	39	36	39	19	21	18	17	17	17	17	12	12	08	11	11
" 3-12	"	457	453	443	436	423	423	412	411	316	447	404	455	202	202	196	188	186	180	173	170	158	150	141	132
E-3D-3-1	69mm	1969	1939	1906	1865	1819	1814	1766	1753	1533	1871	1814	1880	914	908	874	848	820	789	765	758	714	681	681	611
" 3-2	"	655	646	626	618	604	601	581	581	466	661	622	646	308	311	297	288	277	265	258	256	236	217	215	198
" 3-3	"	840	827	807	794	775	768	758	748	619	847	800	837	393	394	386	367	349	342	330	330	308	293	276	253
" 3-4	"	1900	1879	1843	1803	1762	1762	1708	1692	1488	1857	1800	1830	891	884	845	832	806	786	758	754	714	673	624	587
" 3-5	"	542	537	525	521	506	505	495	492	387	553	522	538	252	256	241	239	235	223	214	214	198	186	179	167
" 3-6	"	1547	1530	1502	1469	1431	1437	1390	1166	1191	1564	1477	1543	726	717	691	679	661	638	616	609	574	552	520	484
" 3-7	"	358	355	348	340	330	333	324	320	239	364	343	354	168	169	160	155	154	147	142	138	131	126	117	108
" 3-8	"	1087	1074	1053	1032	1008	1002	978	964	817	1104	1051	1076	521	512	492	478	473	440	437	425	396	376	349	336
" 3-9	"	159	160	153	152	149	149	142	142	93	161	148	155	76	77	76	71	69	64	65	64	57	55	51	49
" 3-10	"	48	49	48	46	45	46	43	42	21	49	44	45	23	23	21	20	20	18	20	20	19	16	16	14



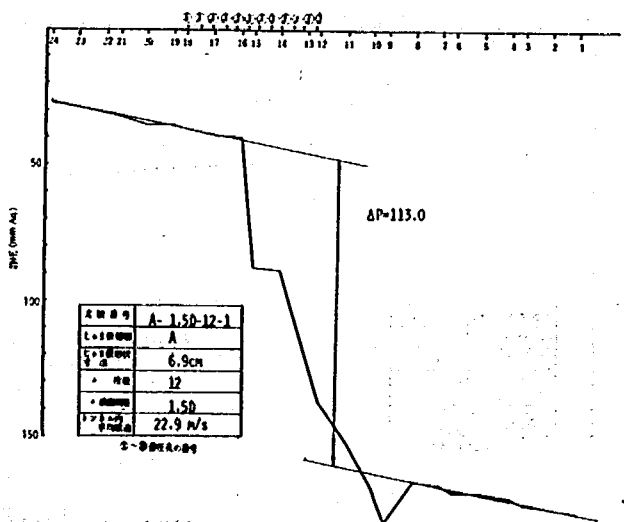
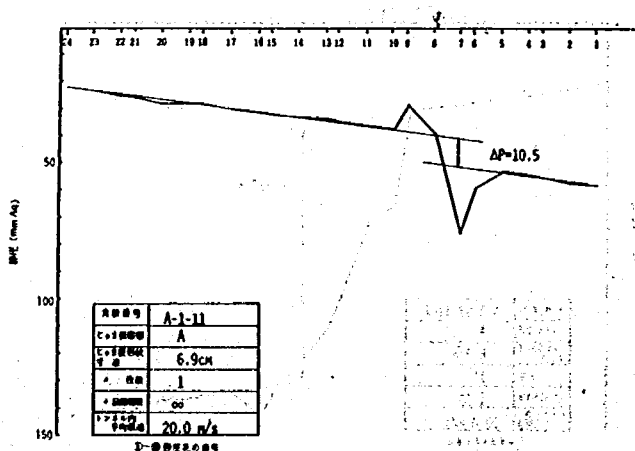
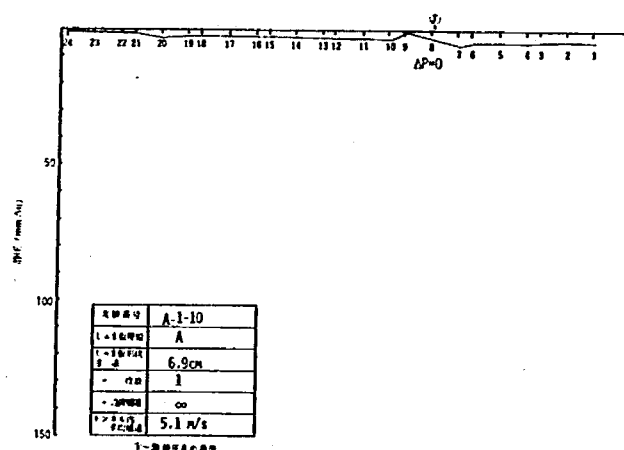
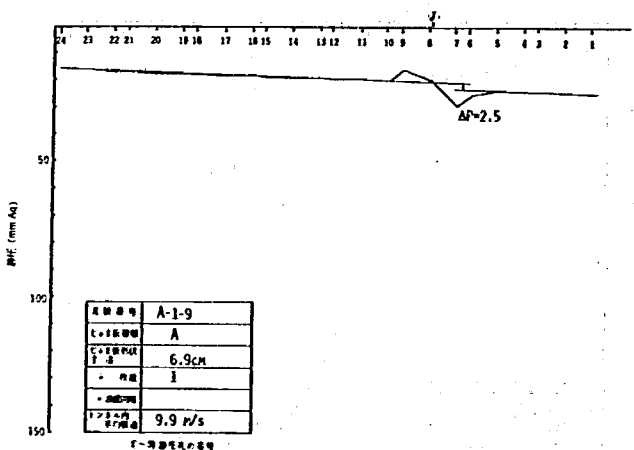
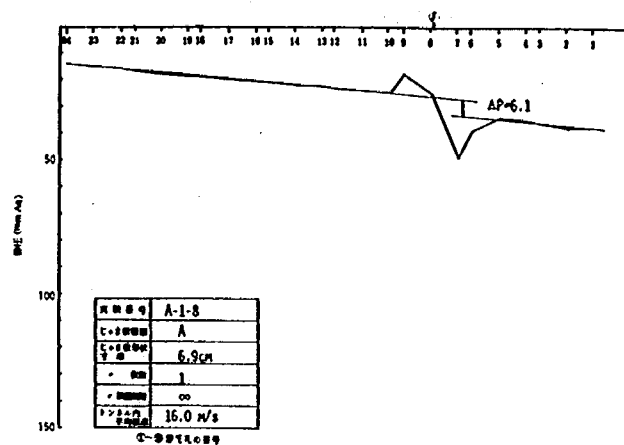
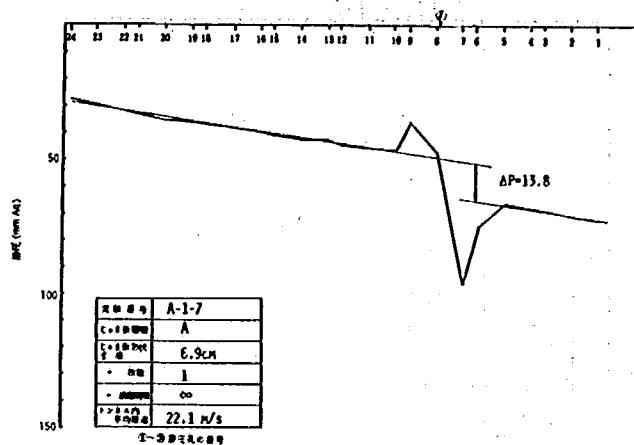
付図-1 基準ピトー管風速と断面平均風速の関係



付図-2 Re 数と λ の関係

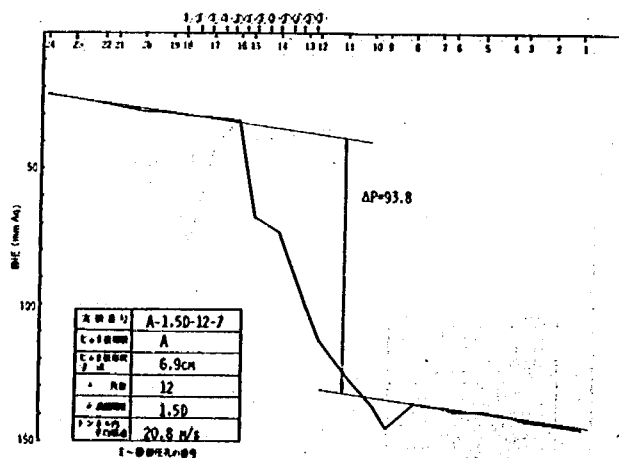
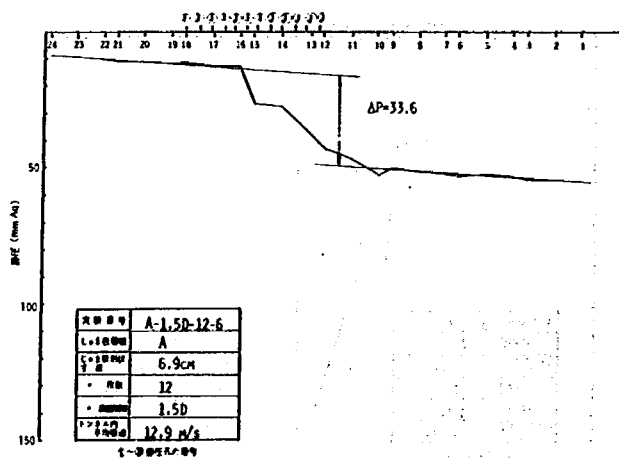
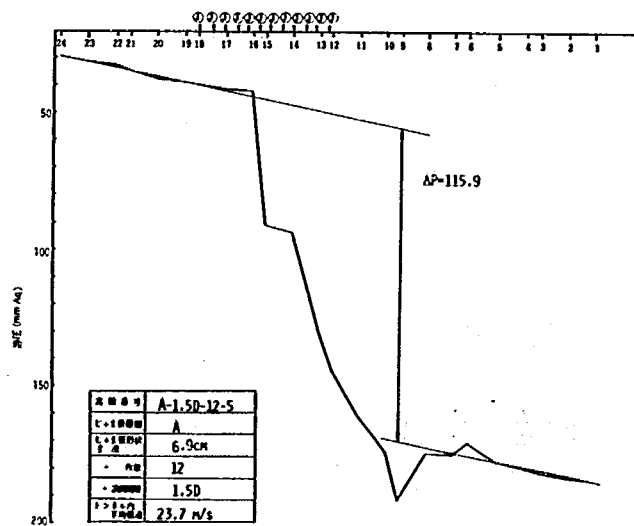
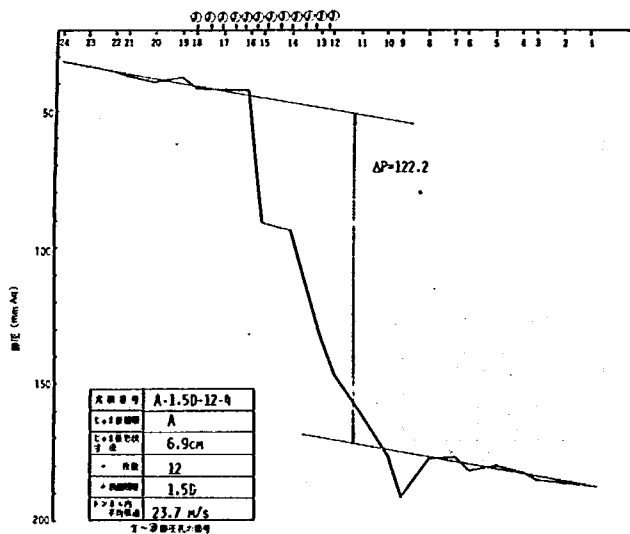
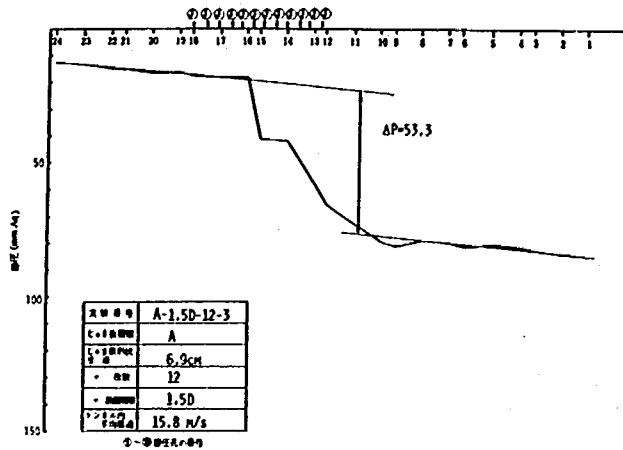
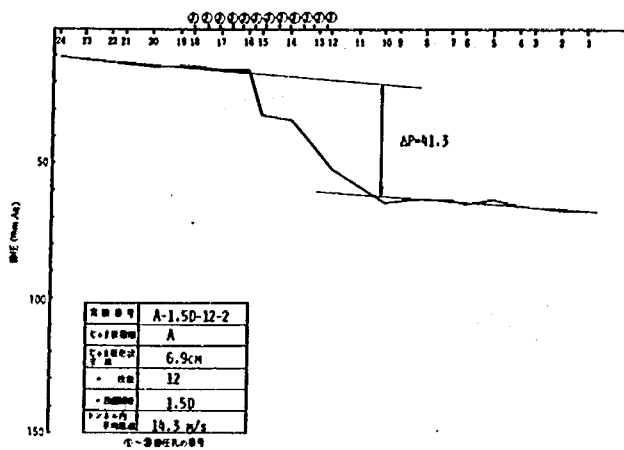


付図-3(1) じゃま板の静圧分布

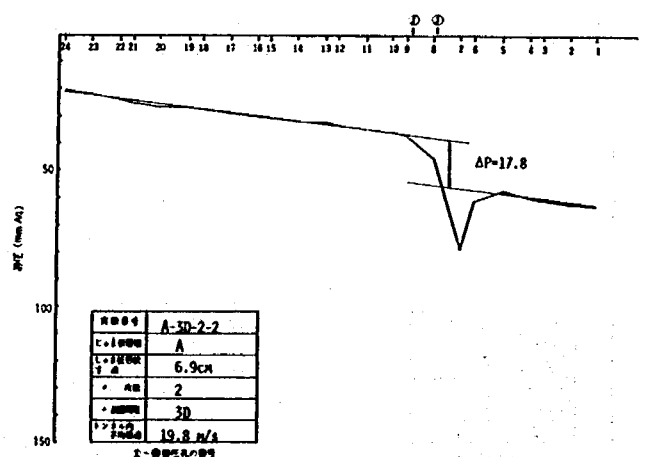
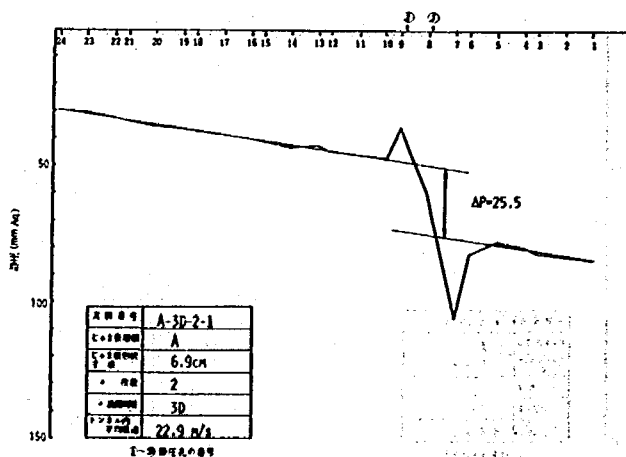
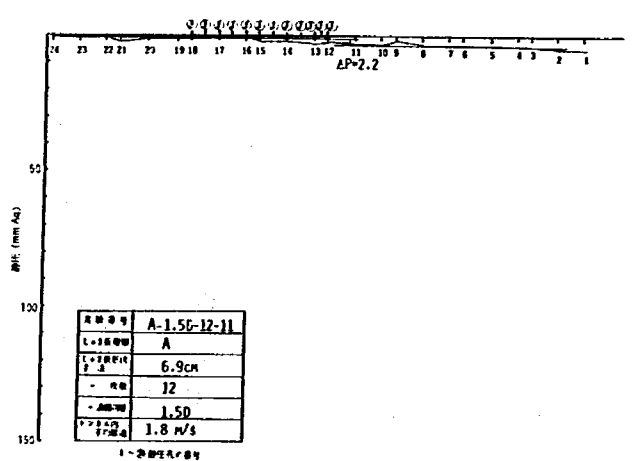
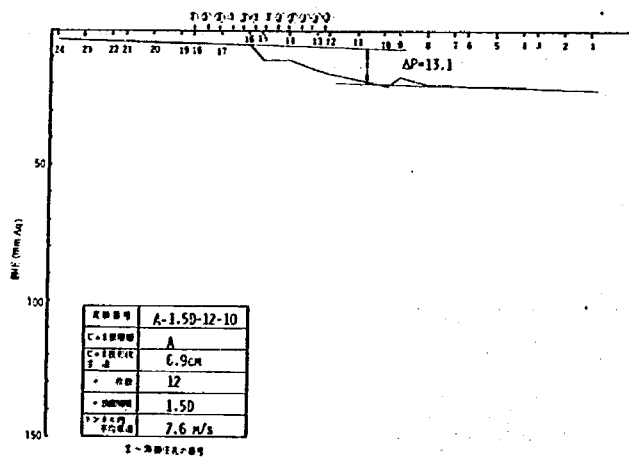
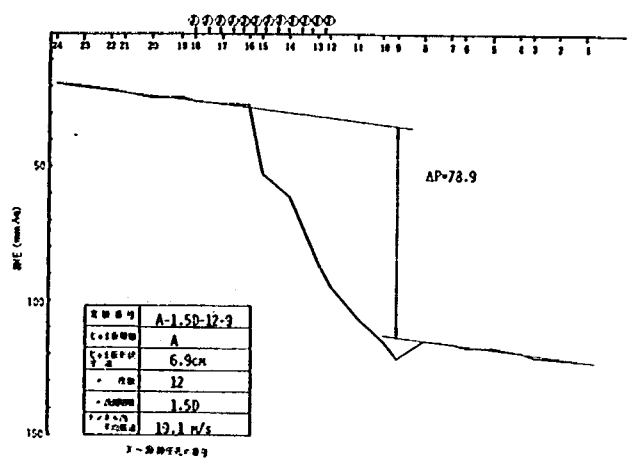
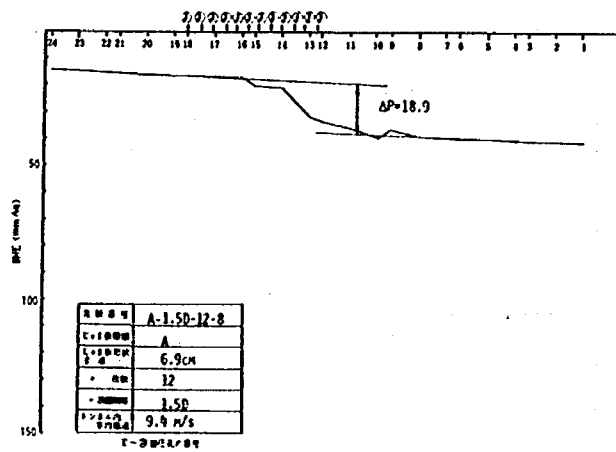


（注）図中の数字は、圧力計の感度（m/s）を示す。

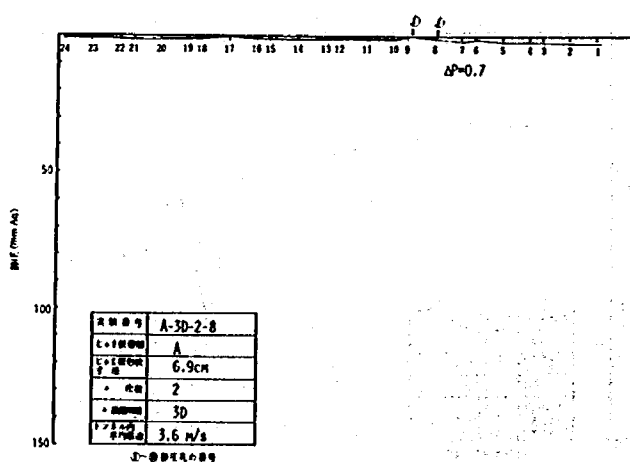
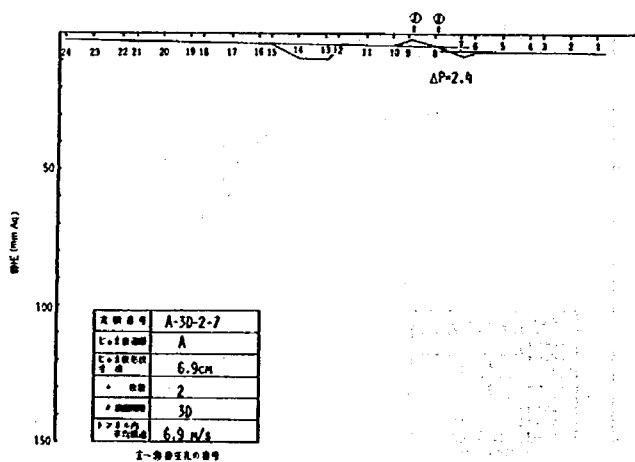
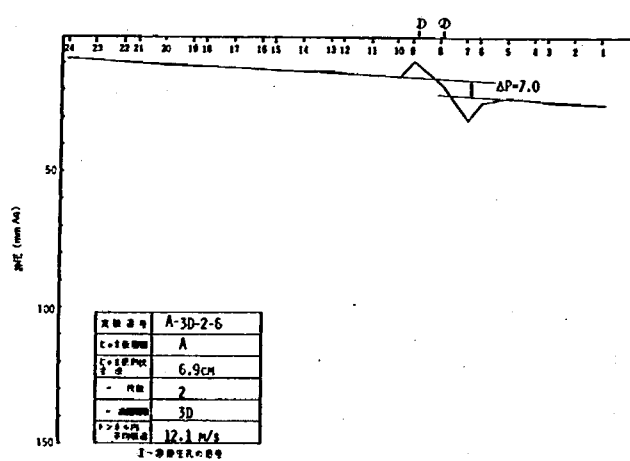
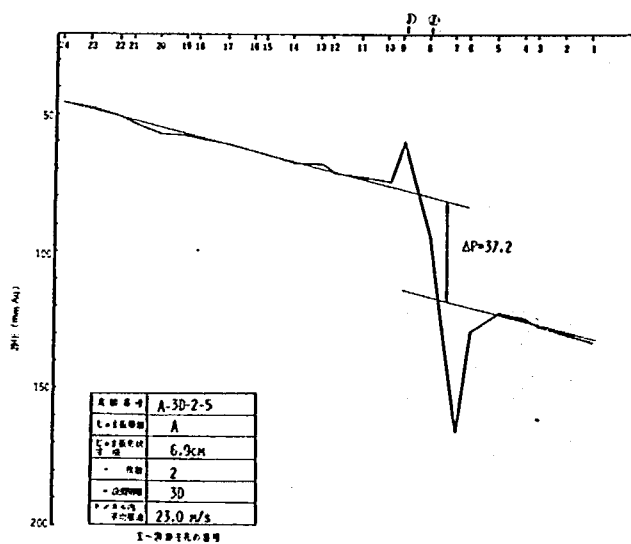
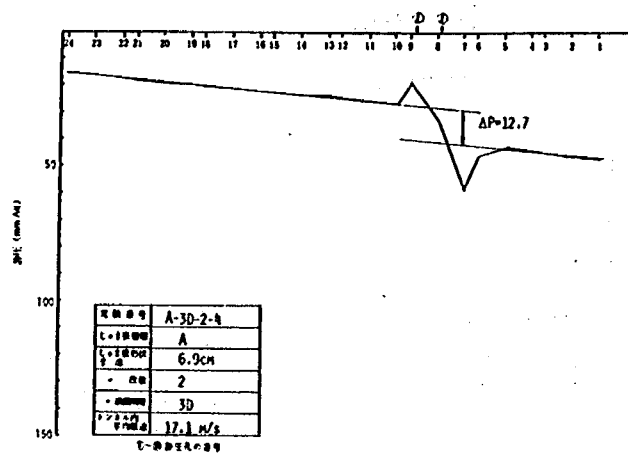
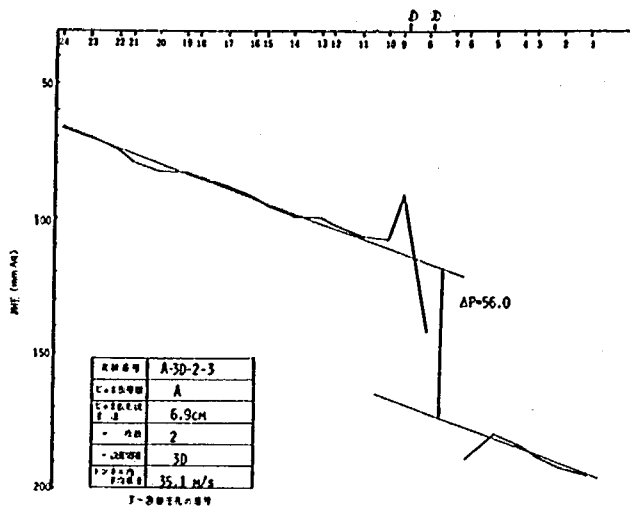
付図-3(2) ジャマ板の静圧分布



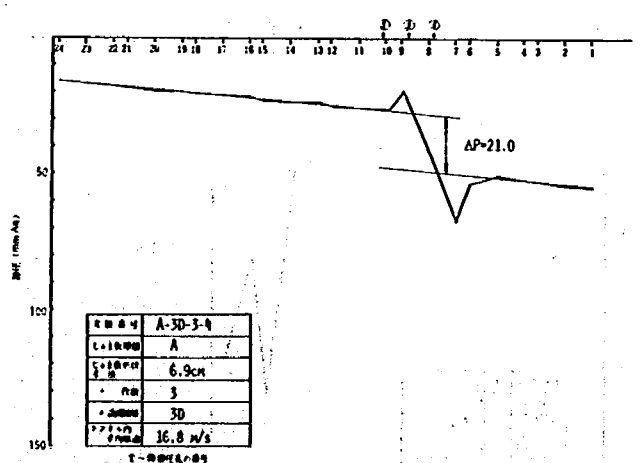
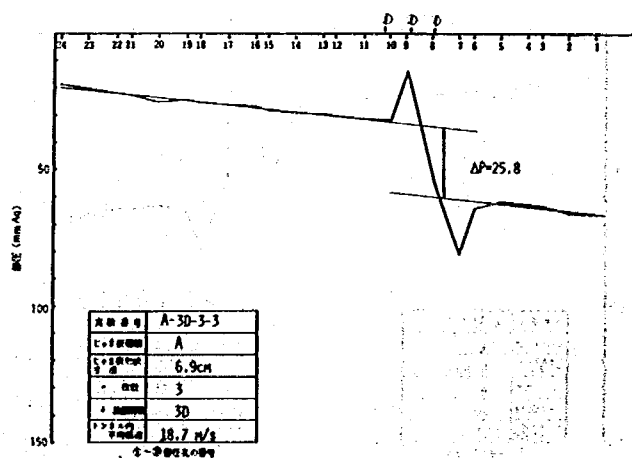
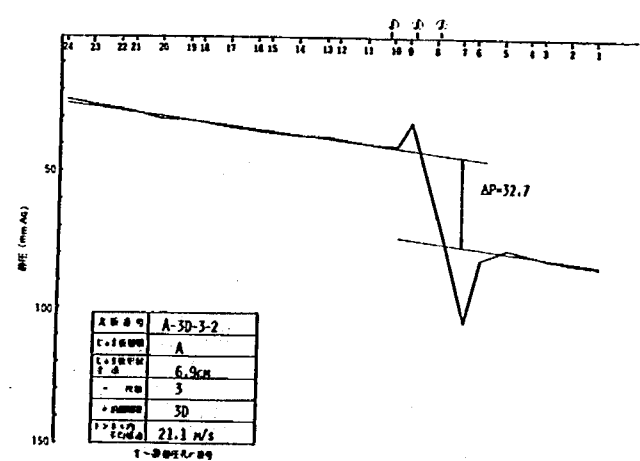
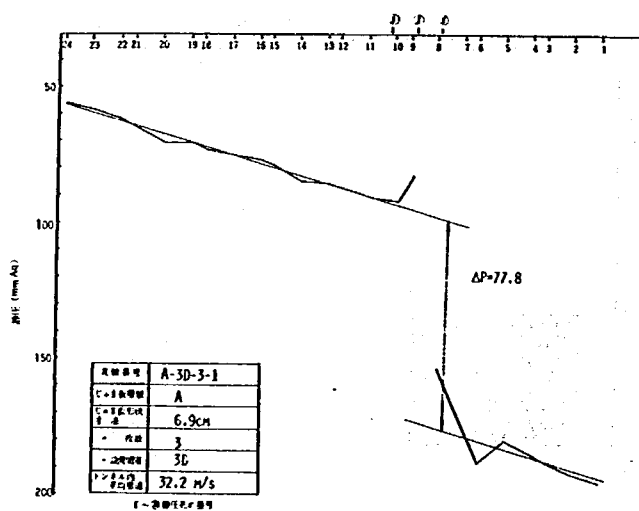
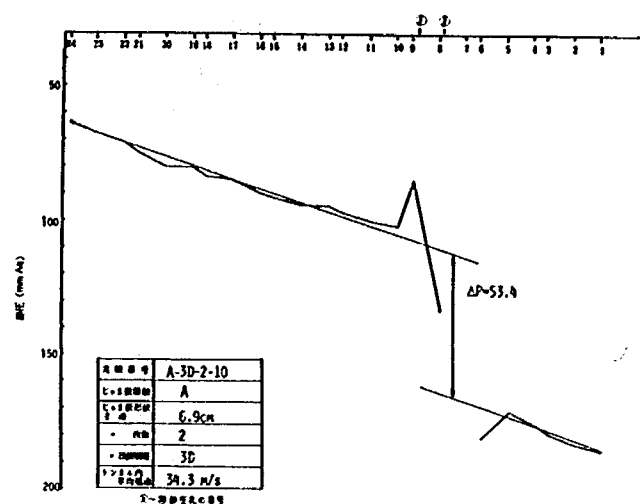
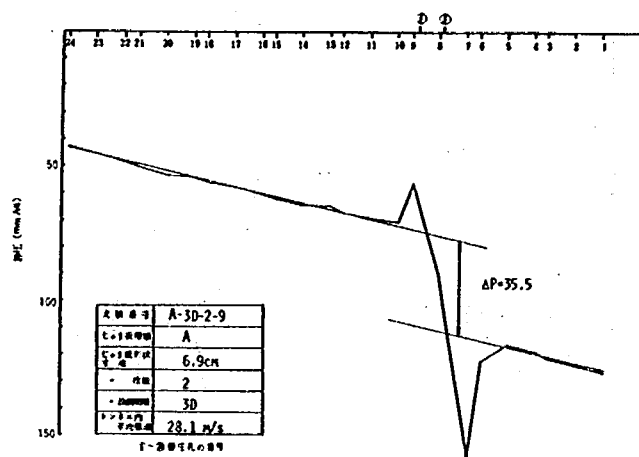
付図-3(3) じゃま板の静圧分布



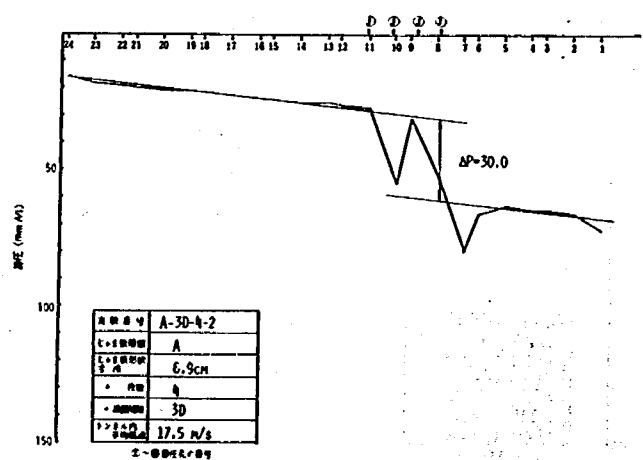
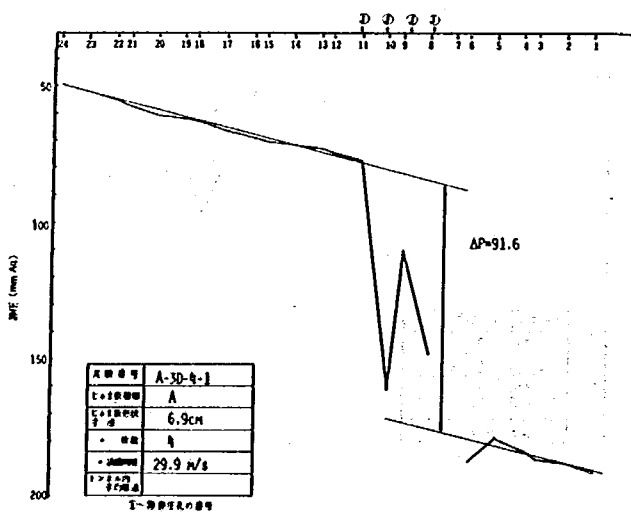
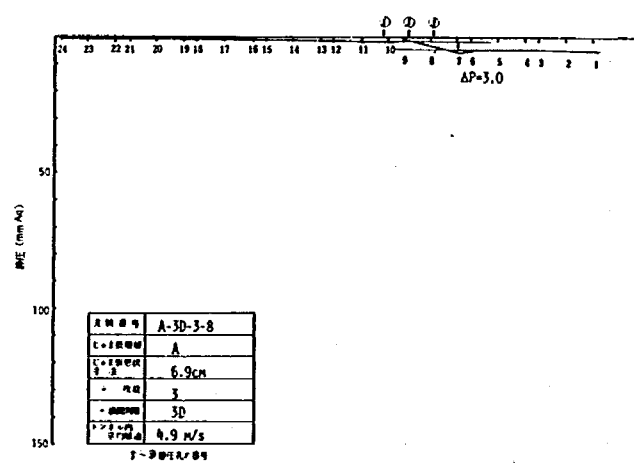
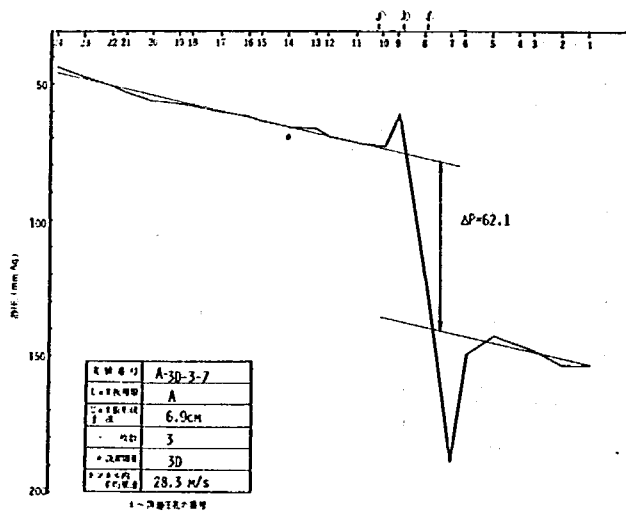
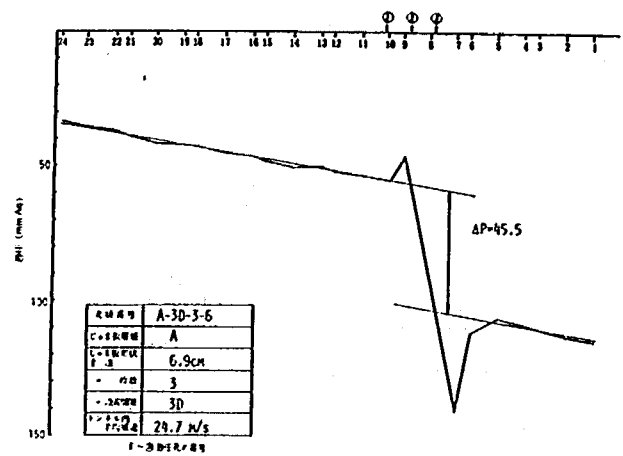
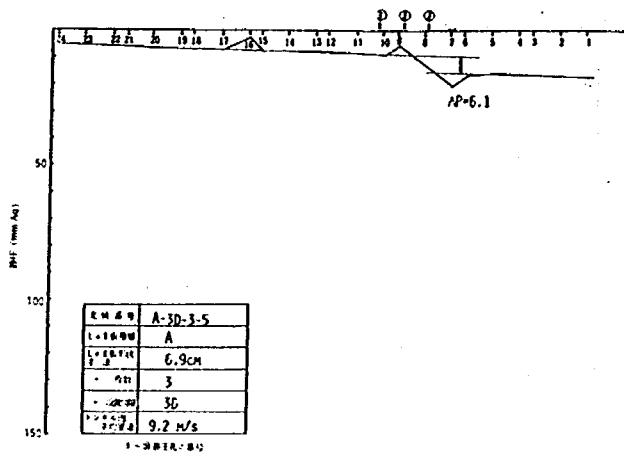
付図-3(4) じゃま板の静圧分布



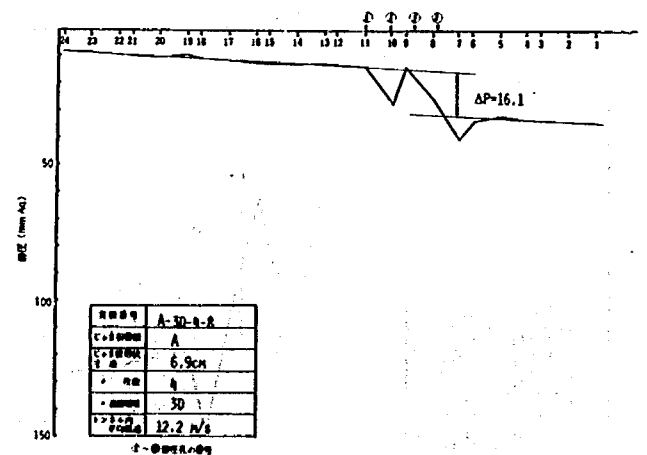
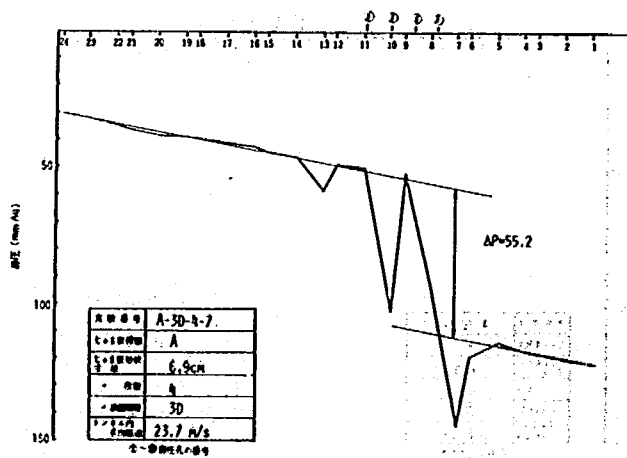
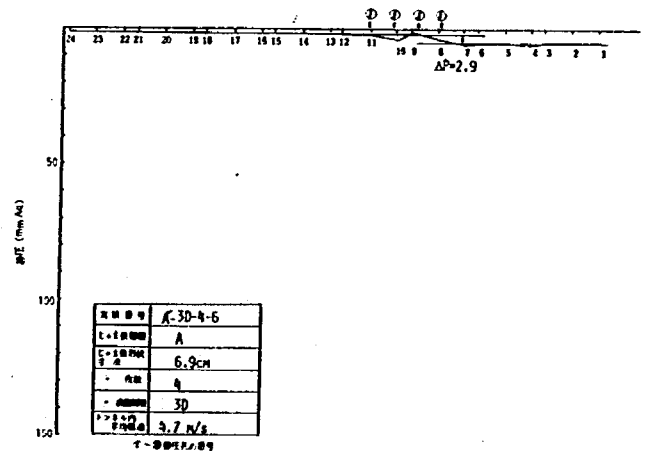
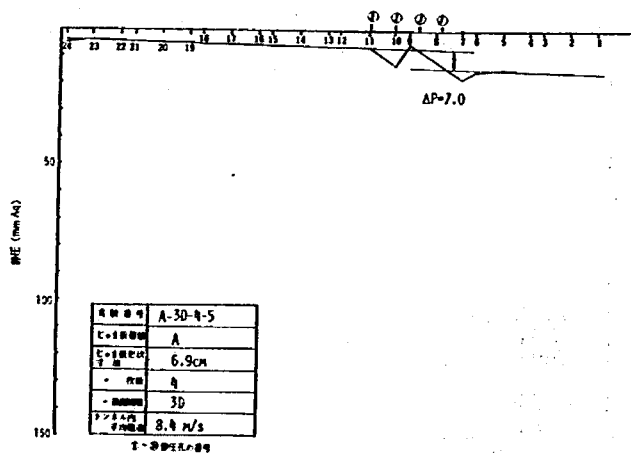
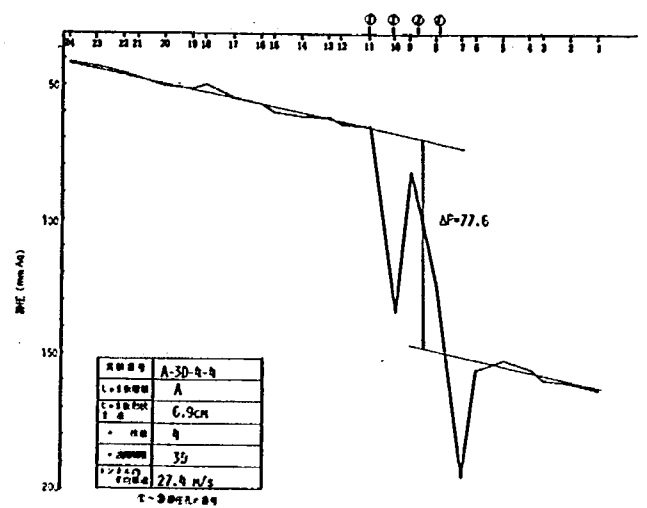
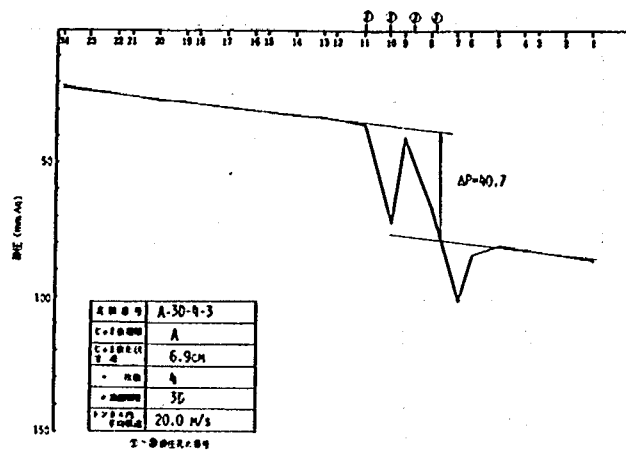
付図-3 (b) じゃま板の静圧分布



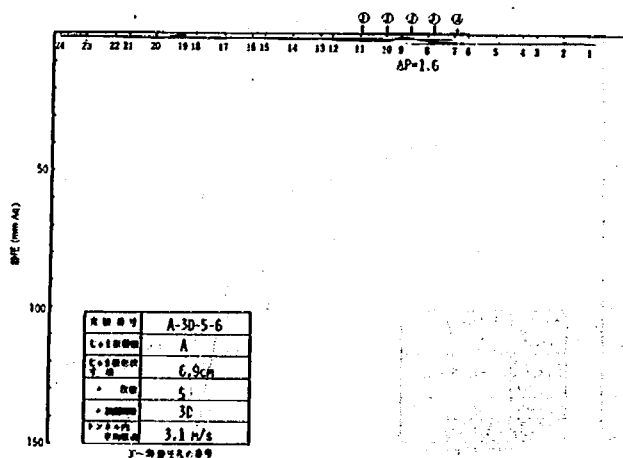
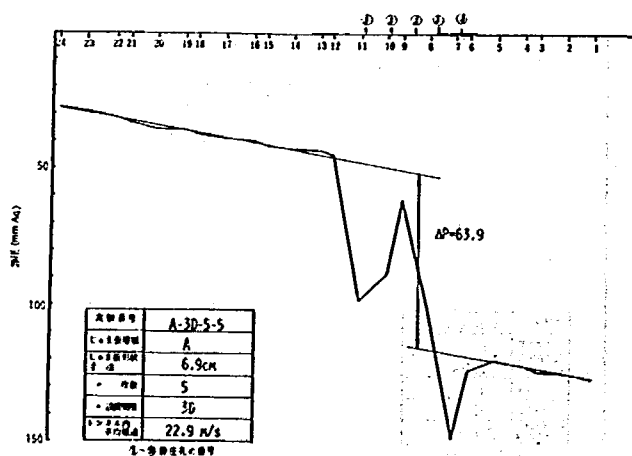
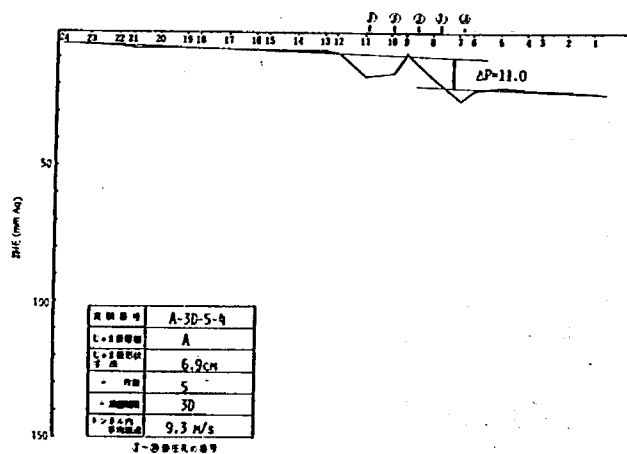
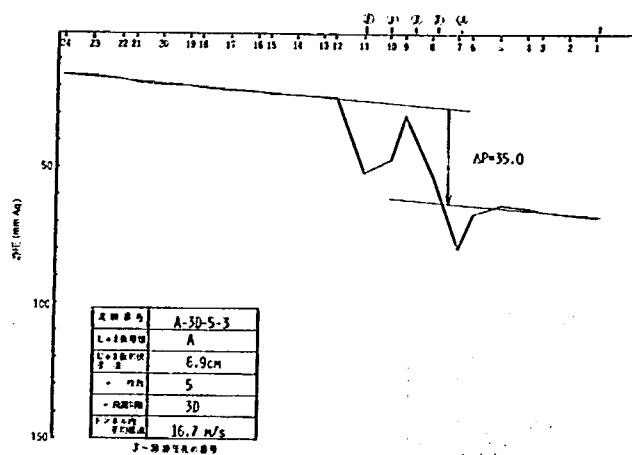
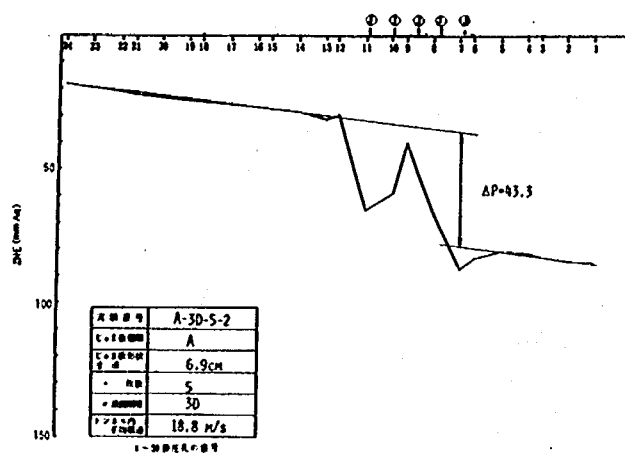
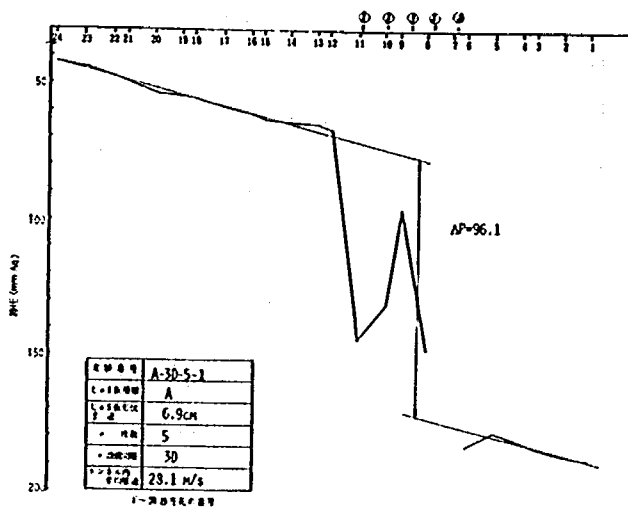
付図-3(6) じゃま板の静圧分布



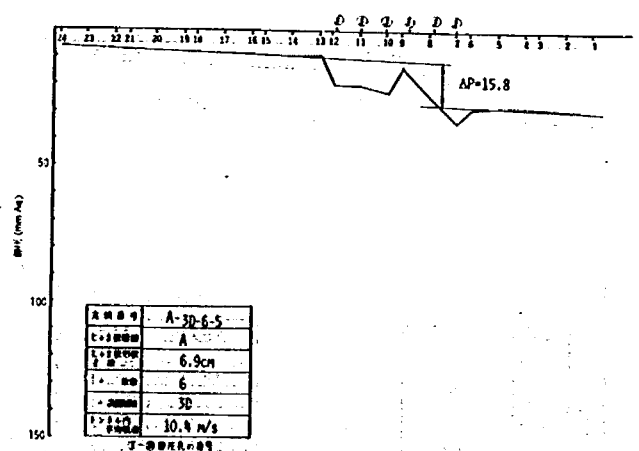
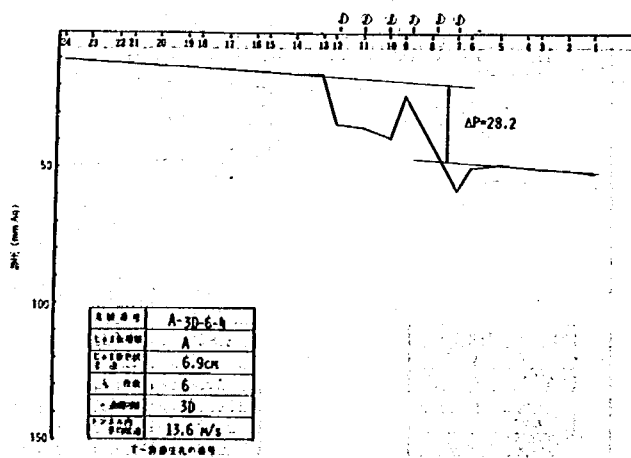
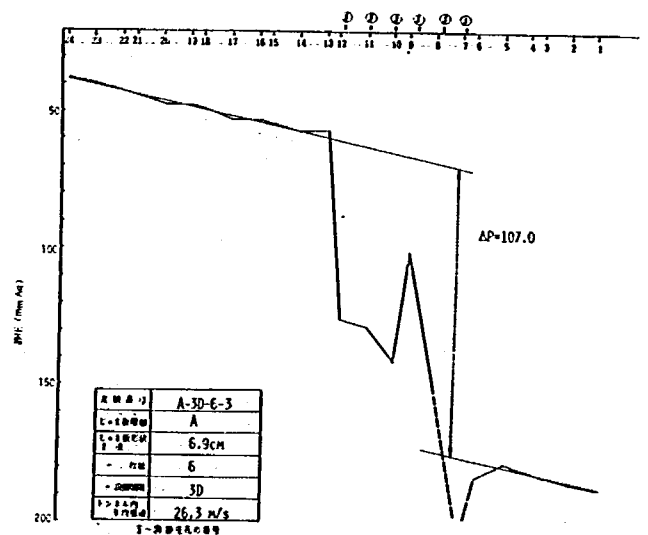
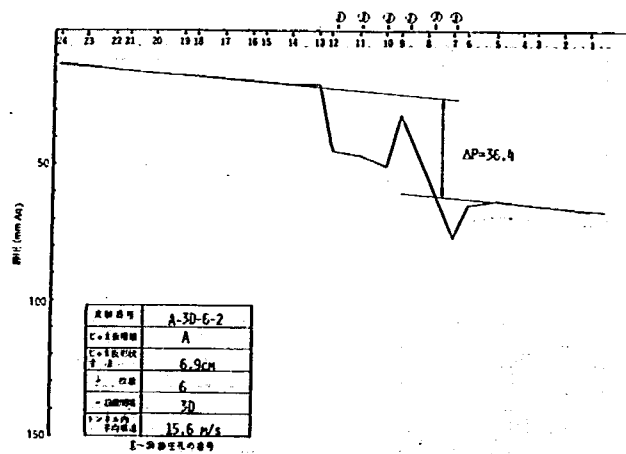
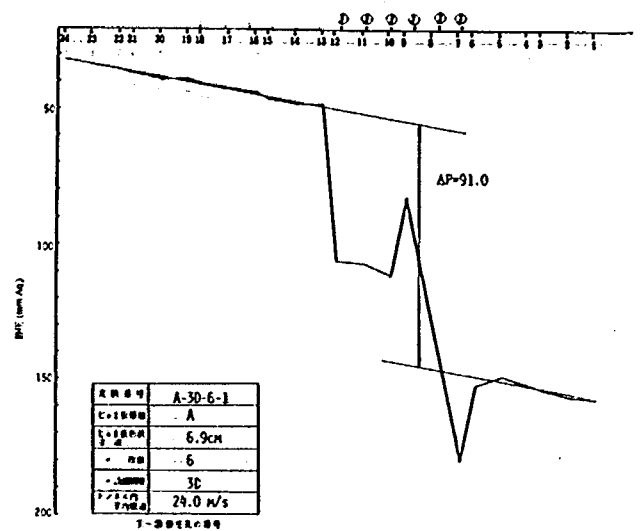
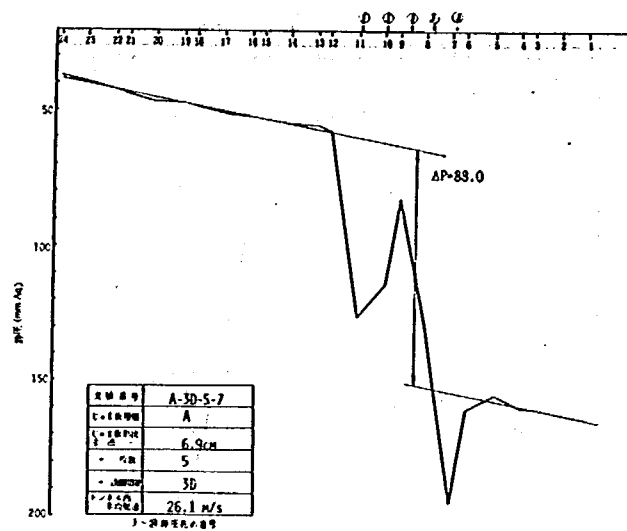
付図-3(7) じゃま板の静圧分布



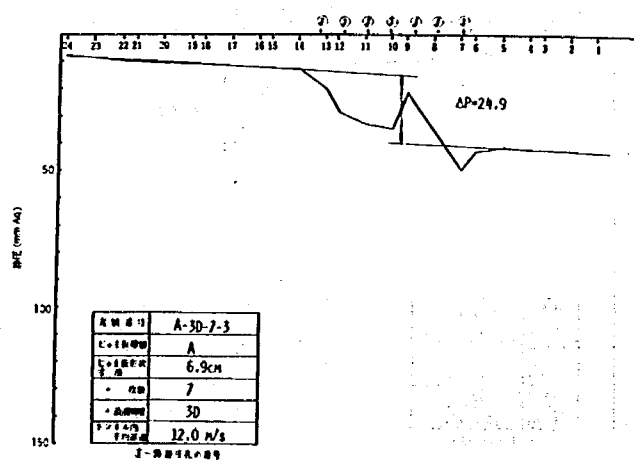
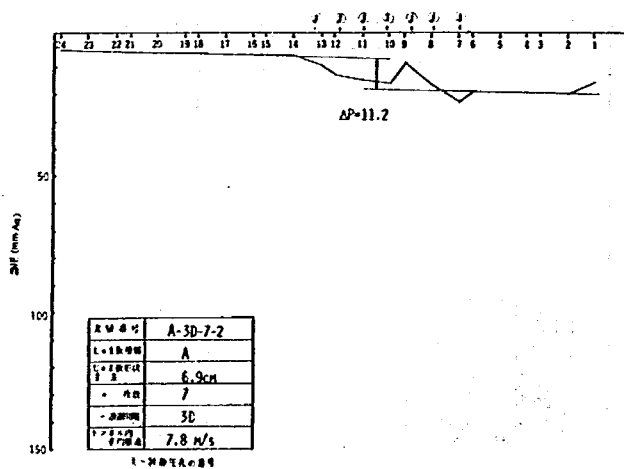
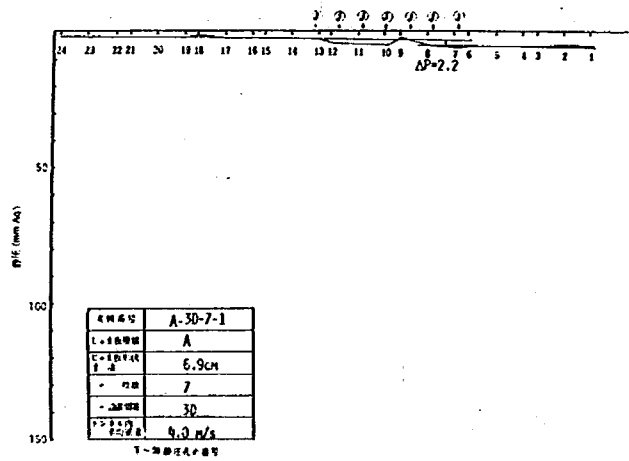
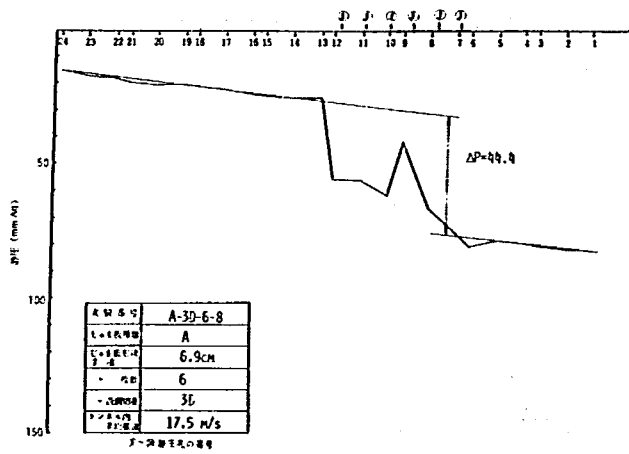
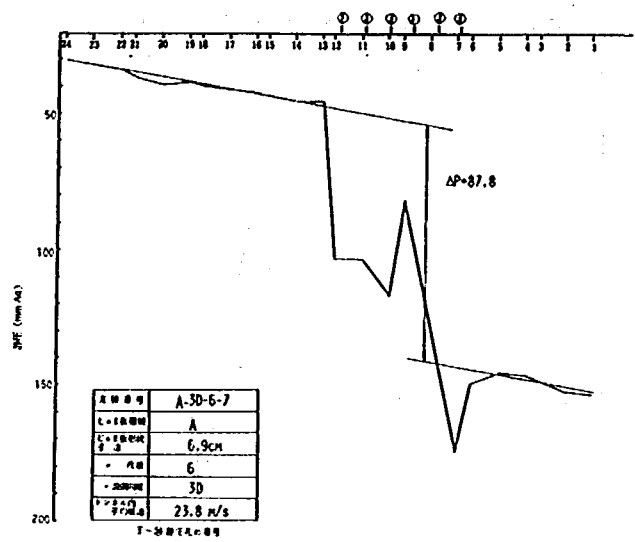
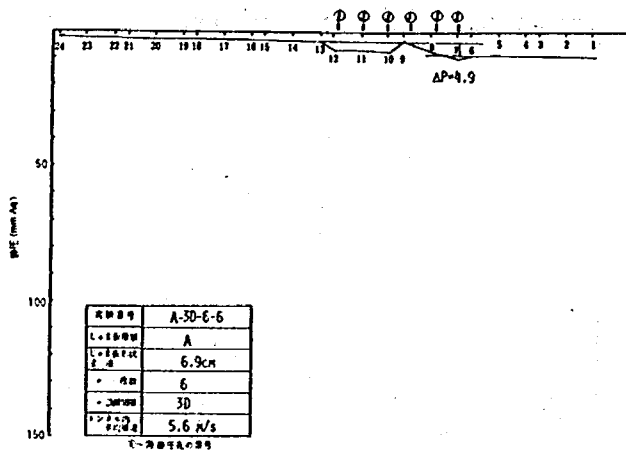
付図-3(8) ジャマ板の静圧分布



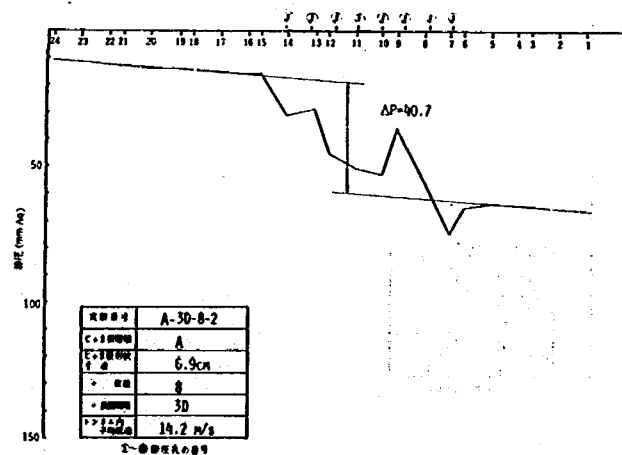
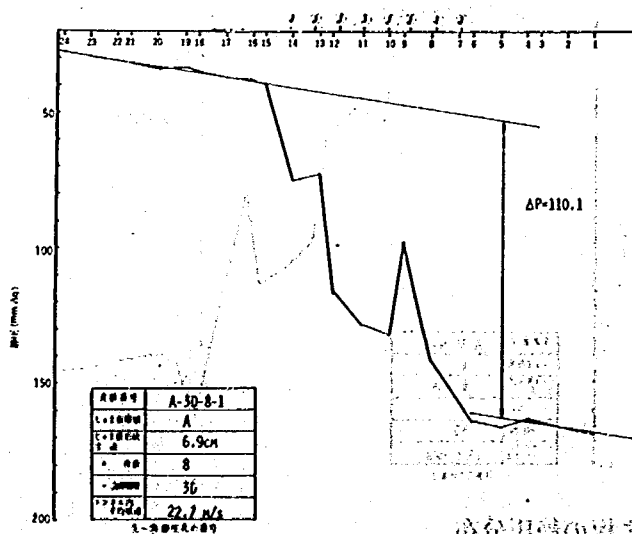
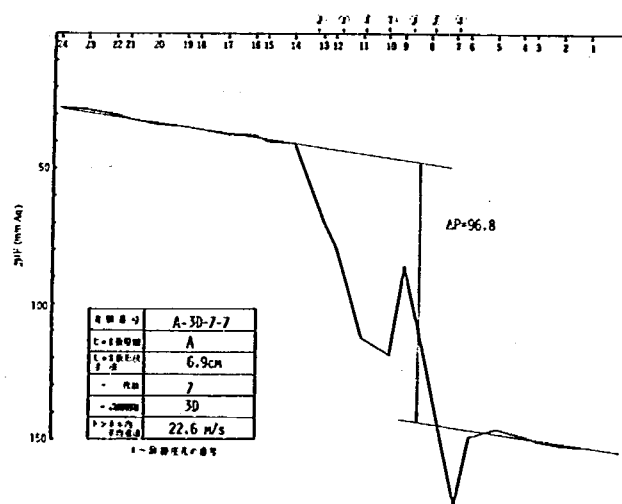
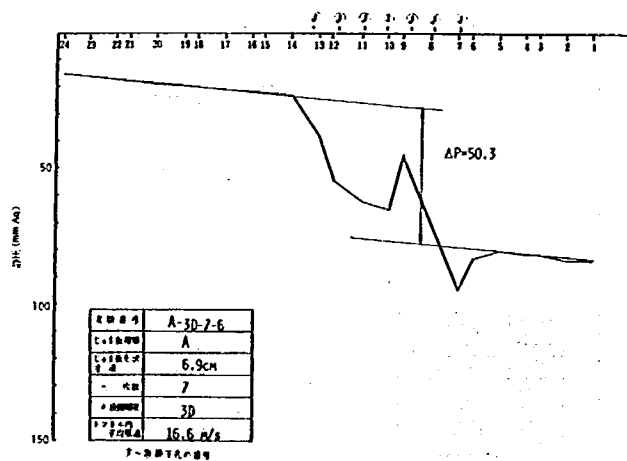
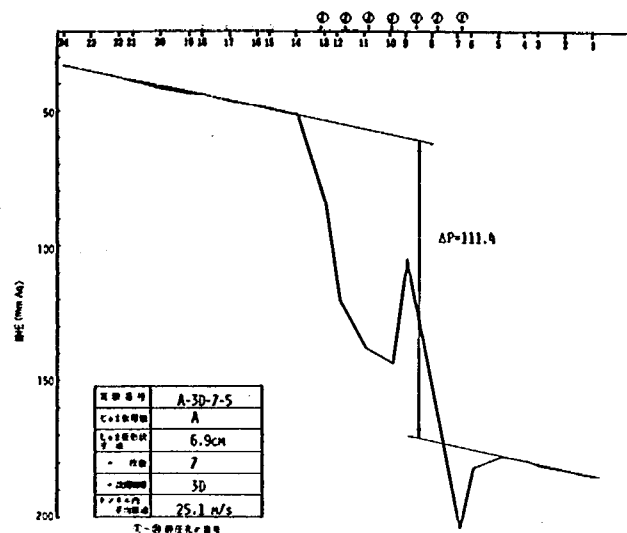
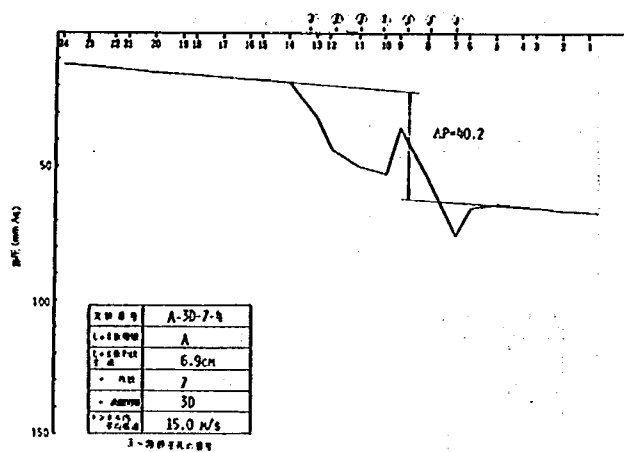
付図-3(9) じゃま板の静圧分布



付図-3(00) じゃま板の静圧分布

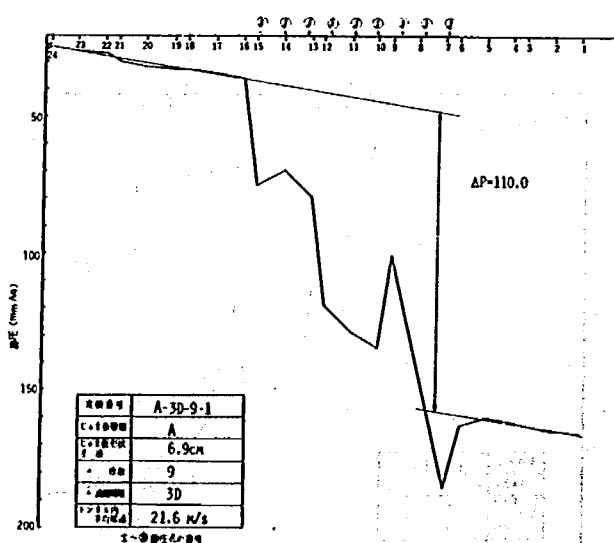
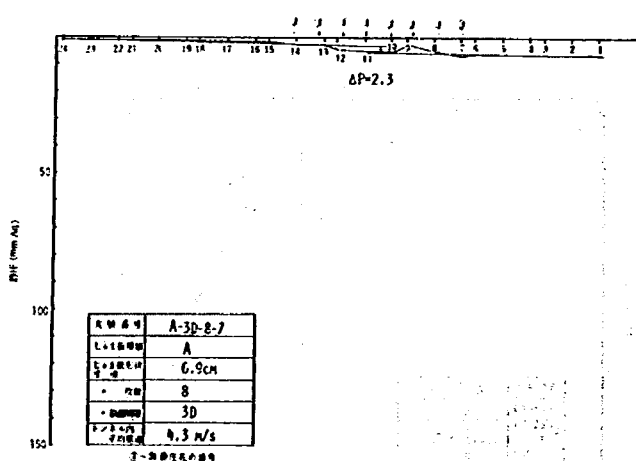
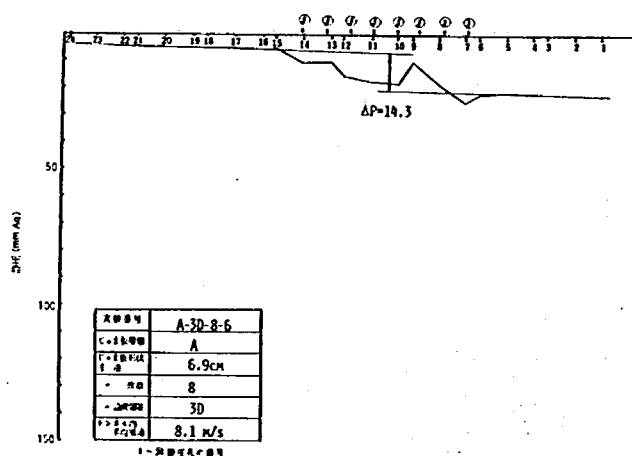
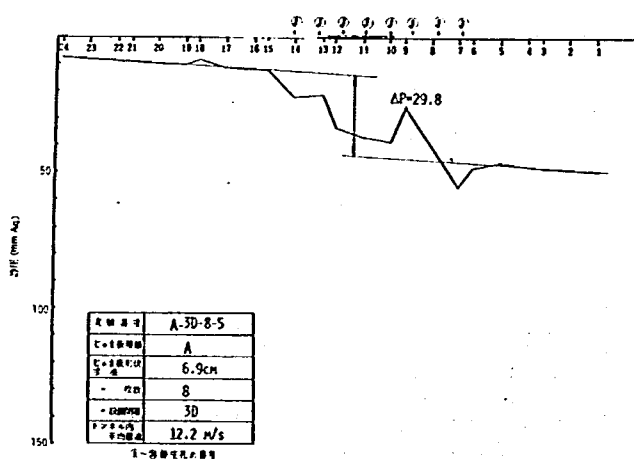
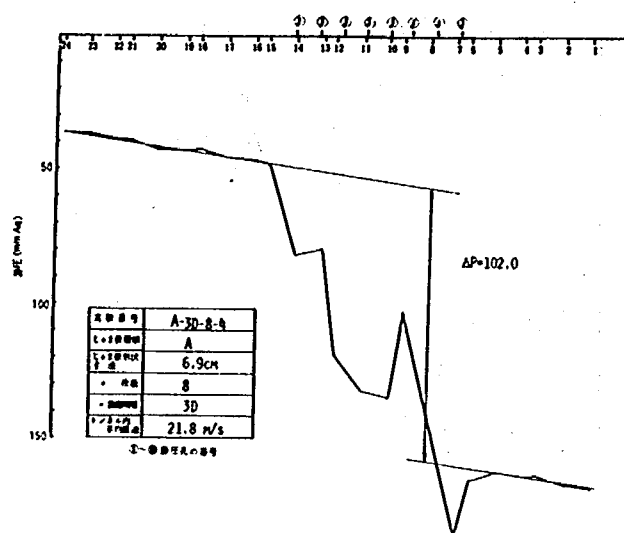
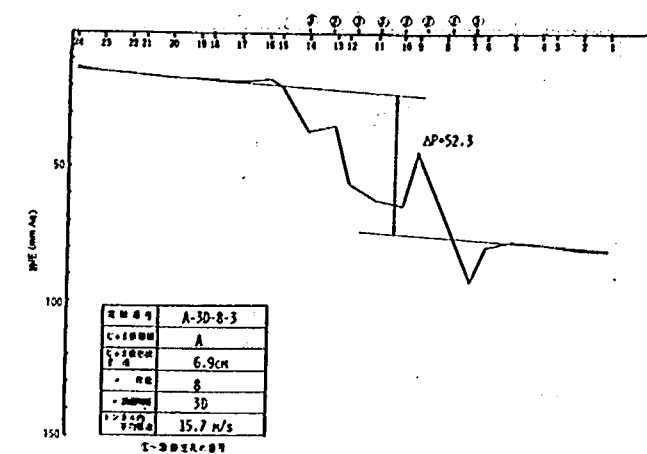


付図-3 (11) ジャマ板の静圧分布

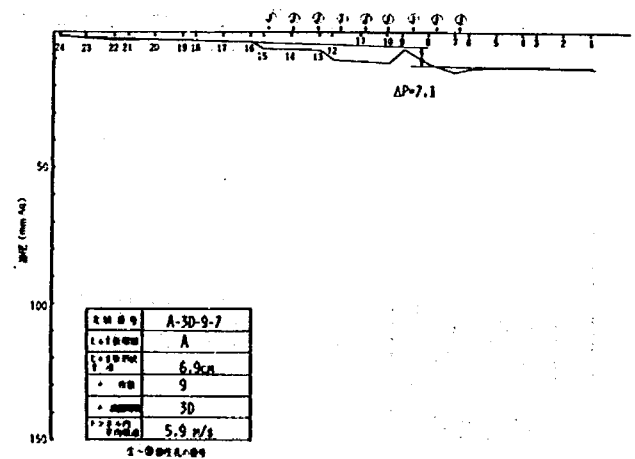
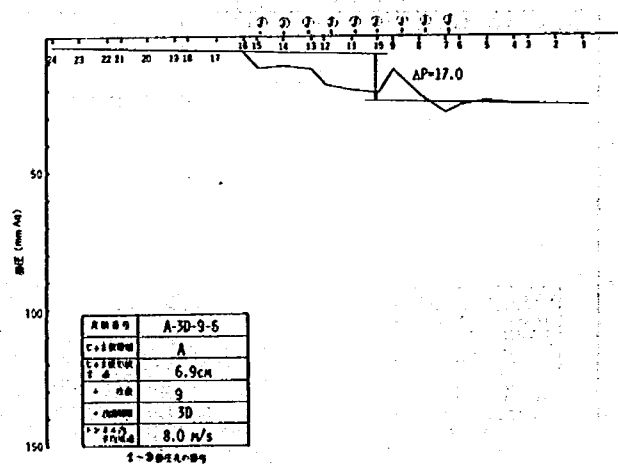
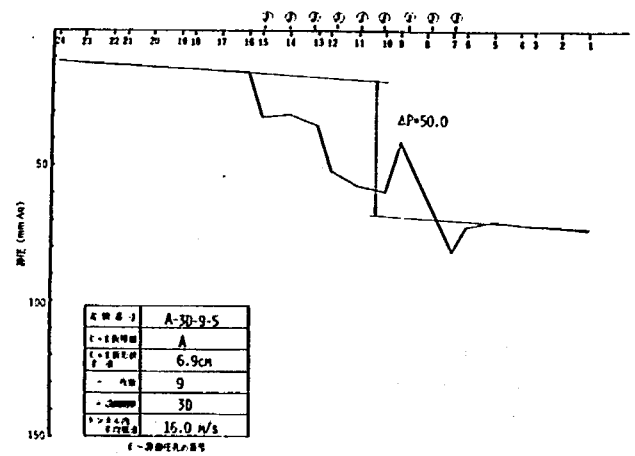
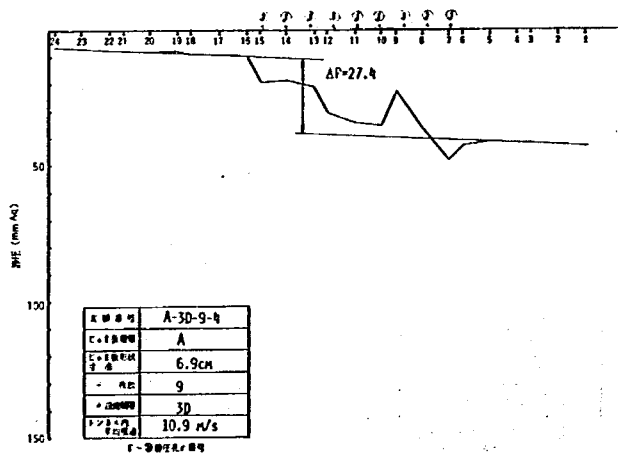
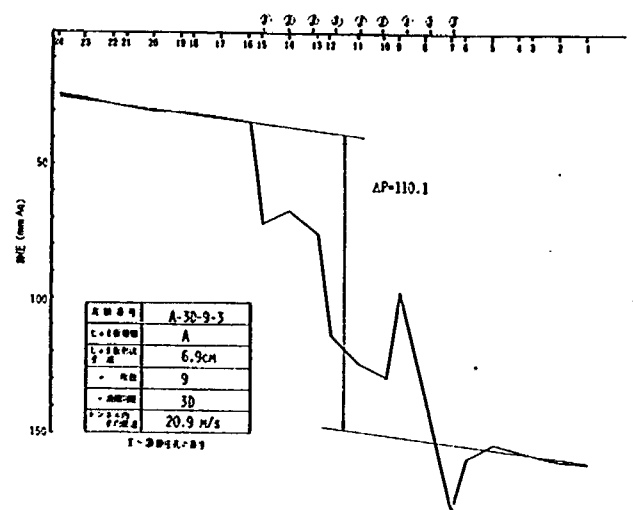
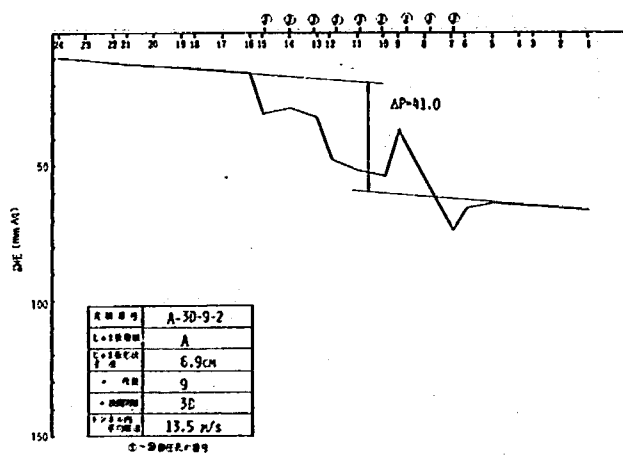


単位: mm (縦), cm (横)

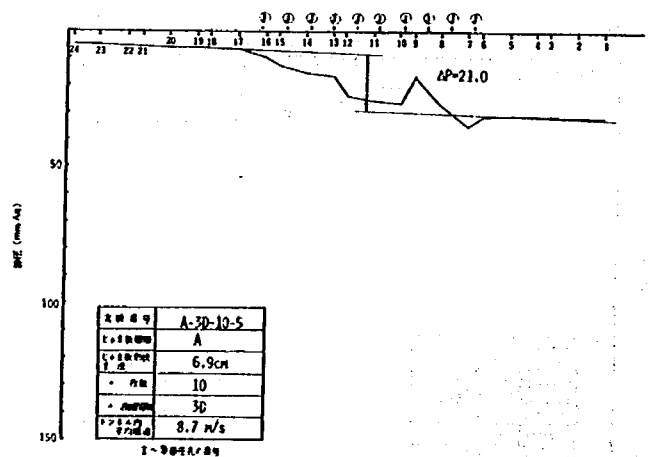
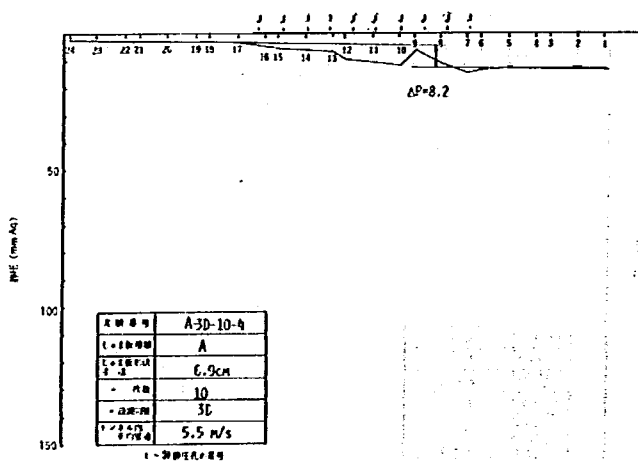
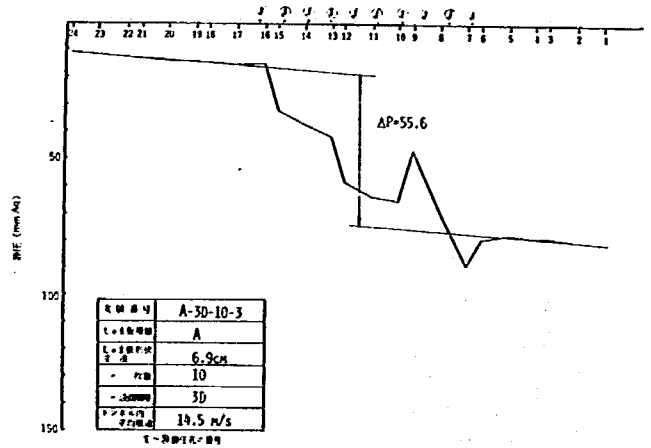
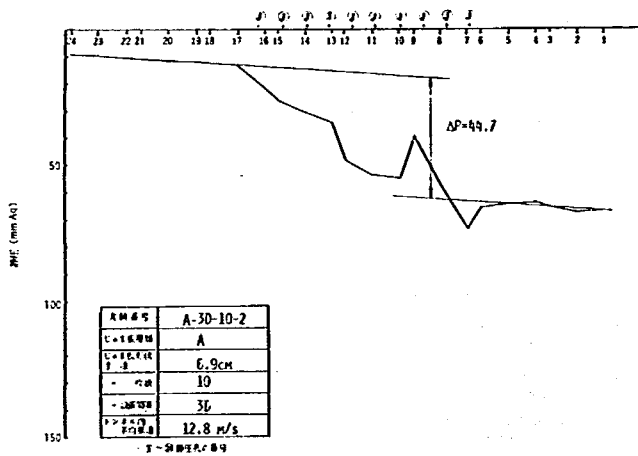
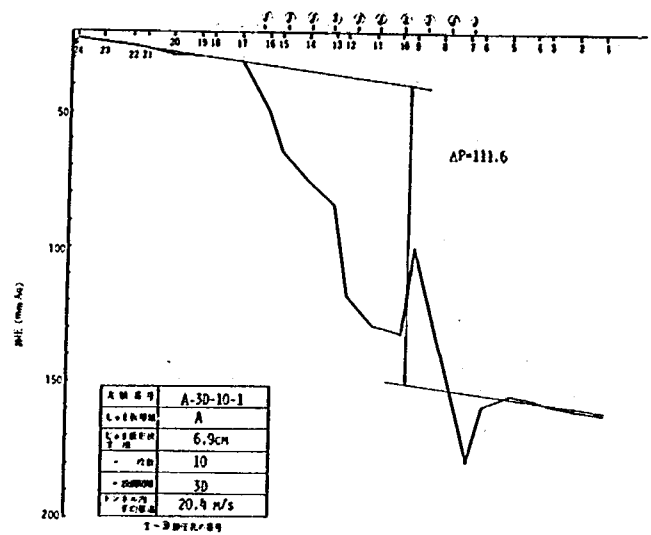
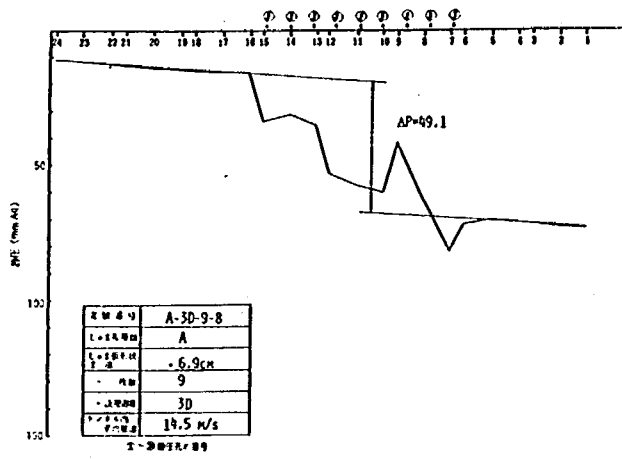
付図-3 (a) じゃま板の静圧分布



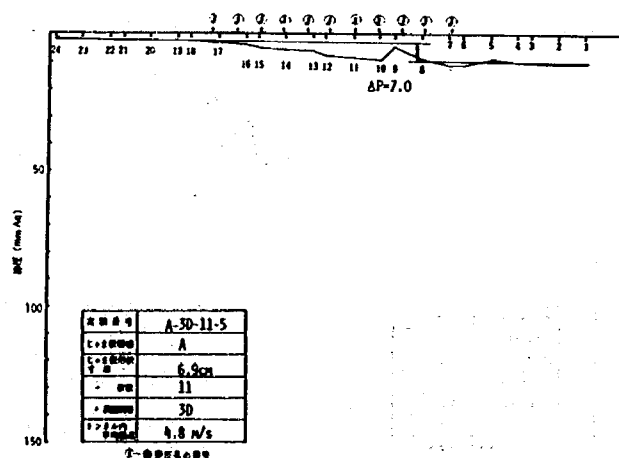
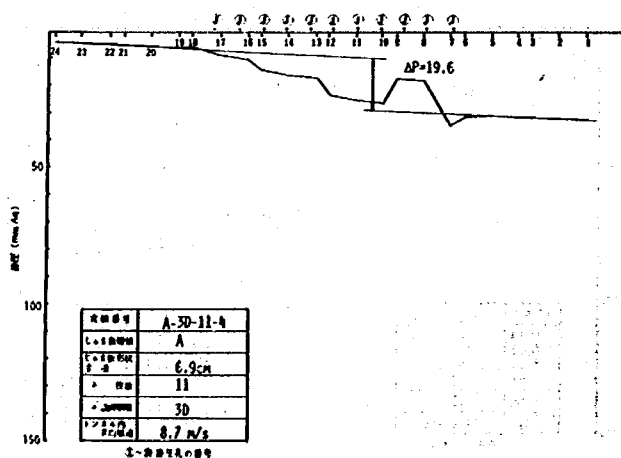
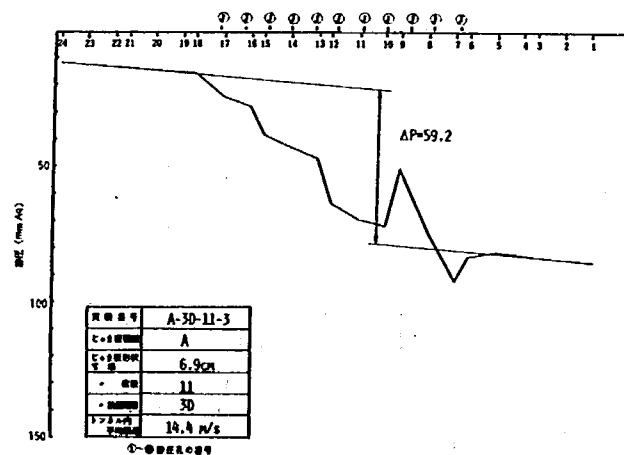
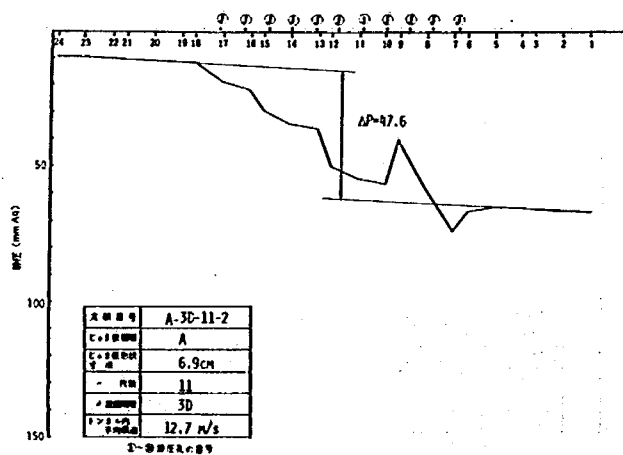
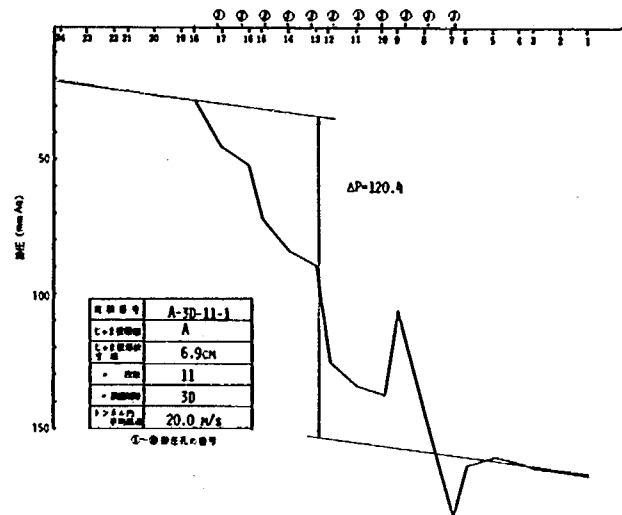
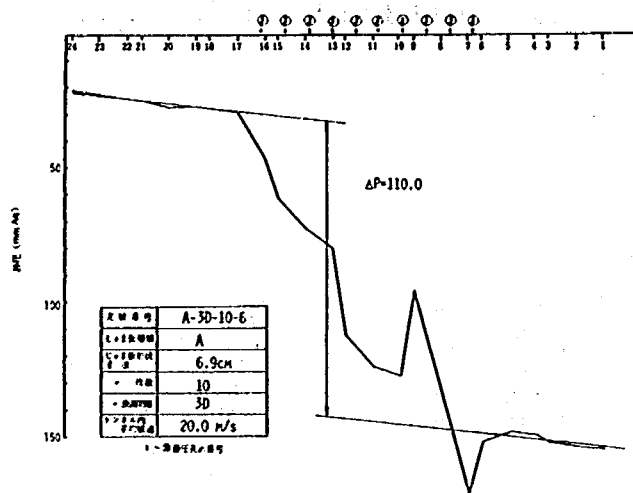
付図-3 (13) じゃま板の静圧分布



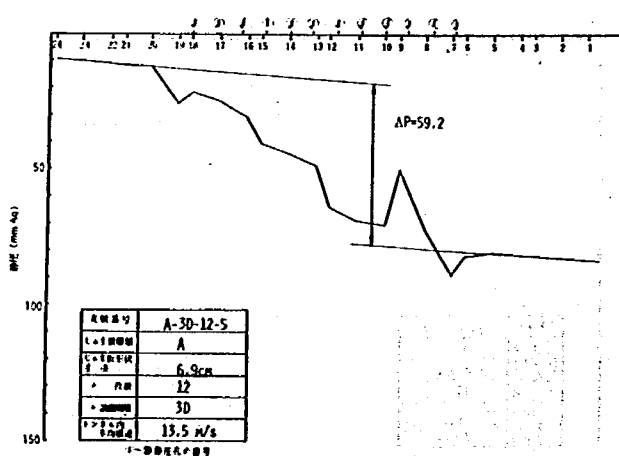
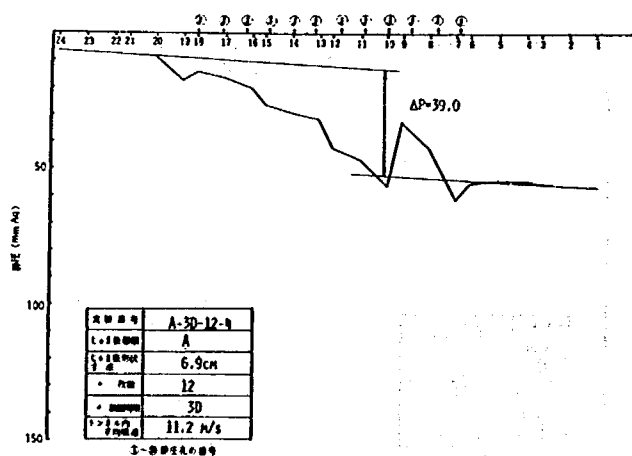
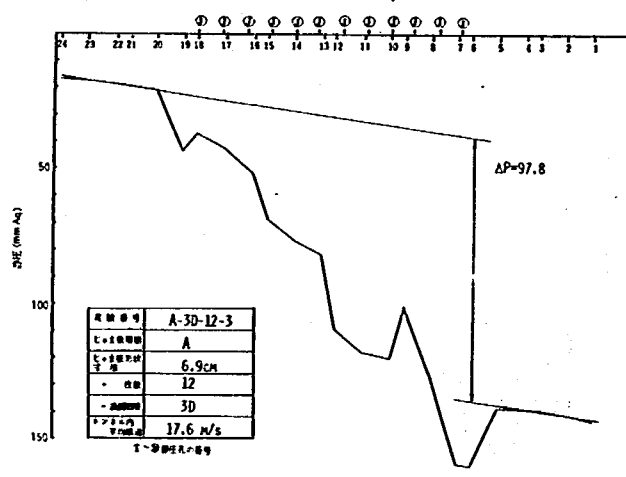
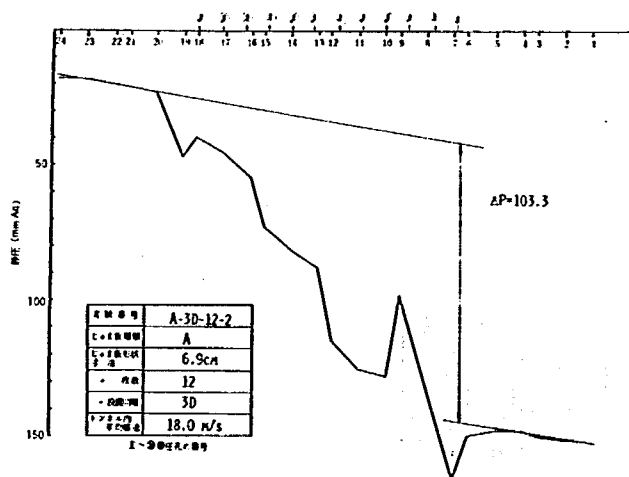
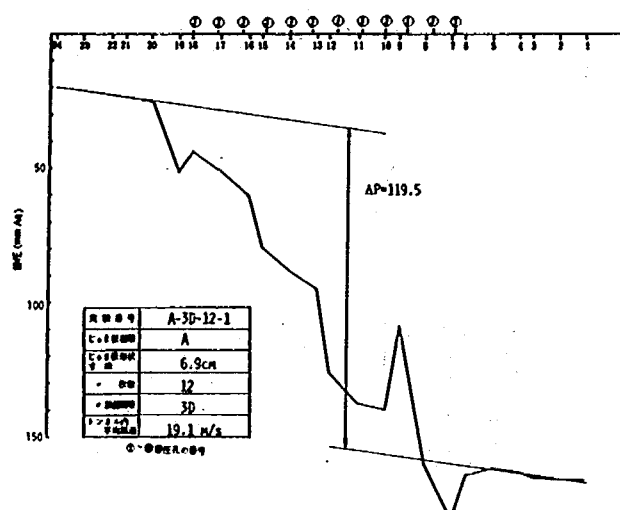
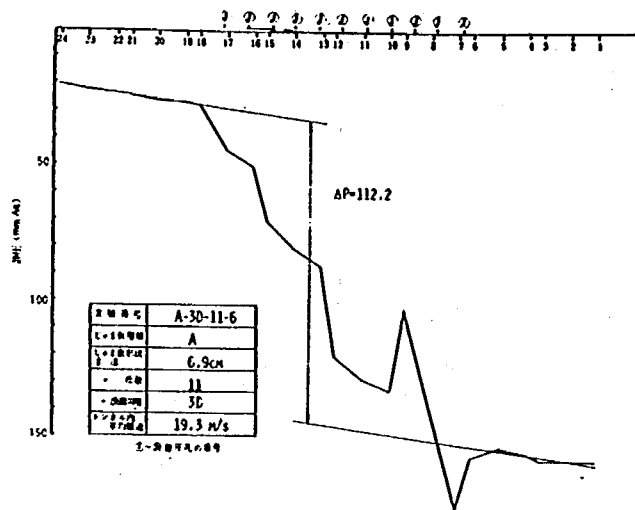
付図-3 (14) じゃま板の静圧分布



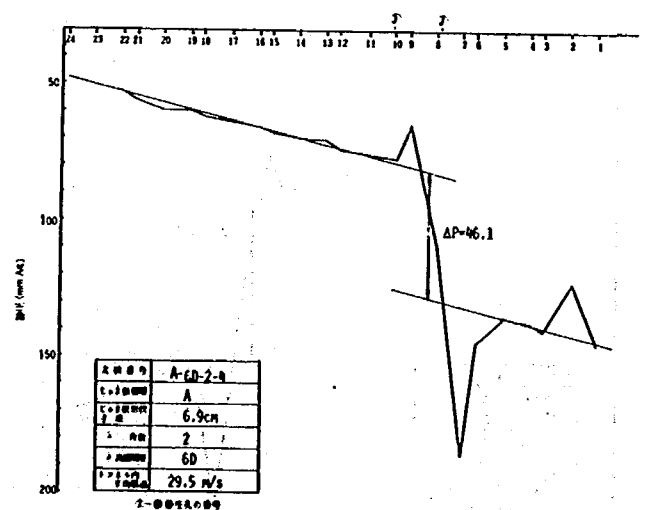
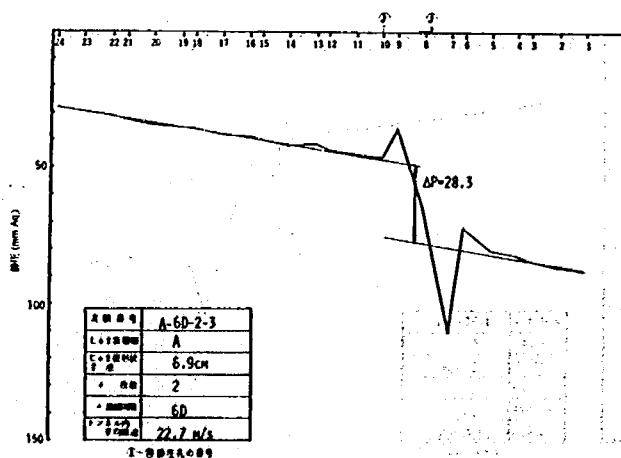
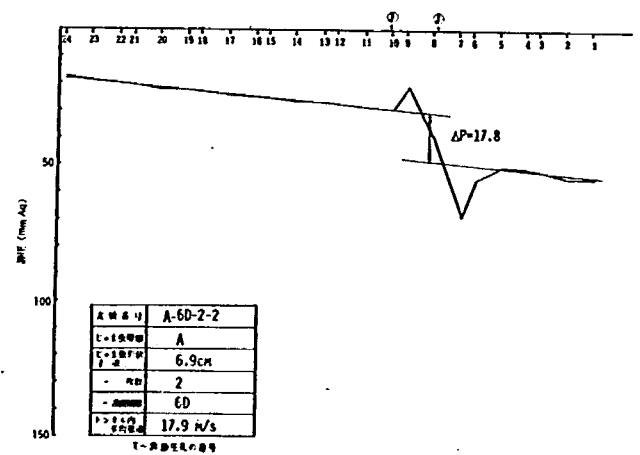
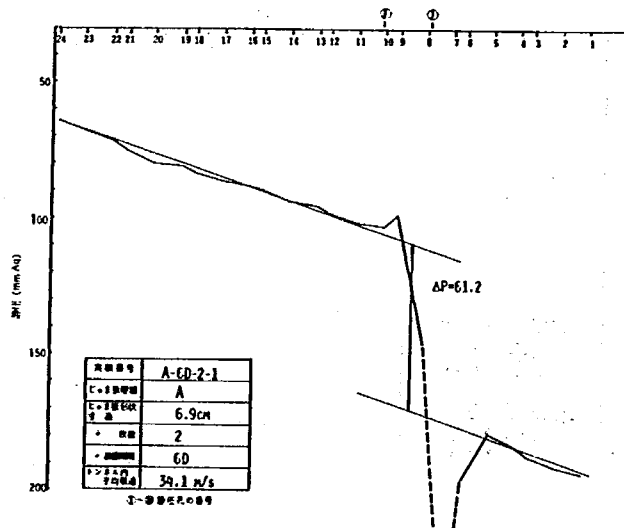
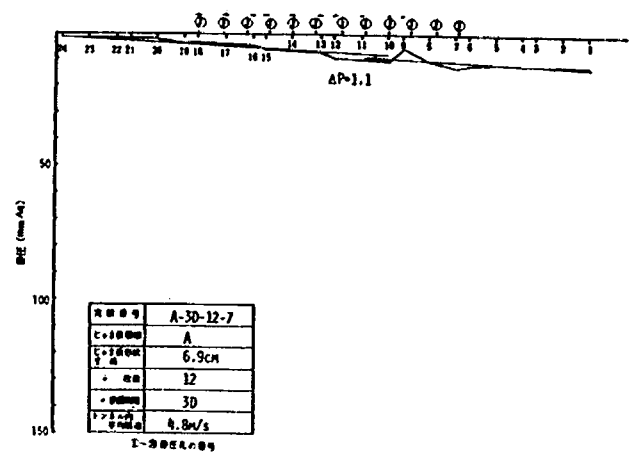
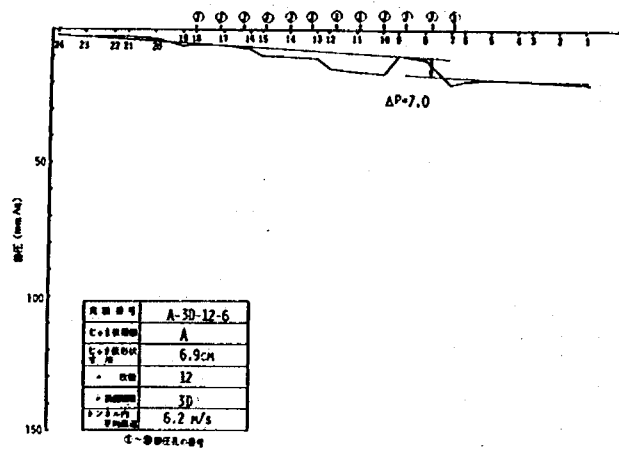
付図-3 (15) じゃま板の静圧分布



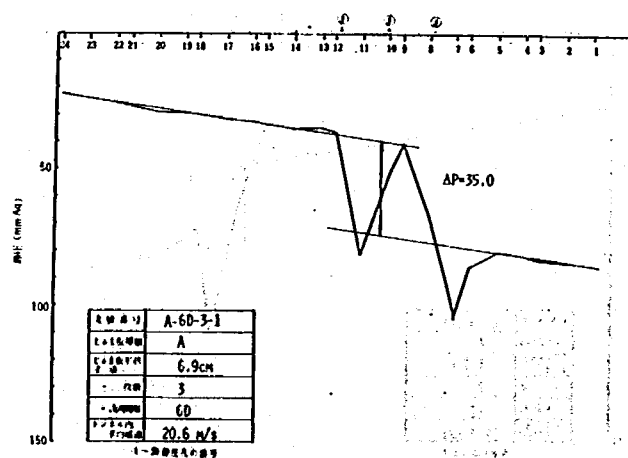
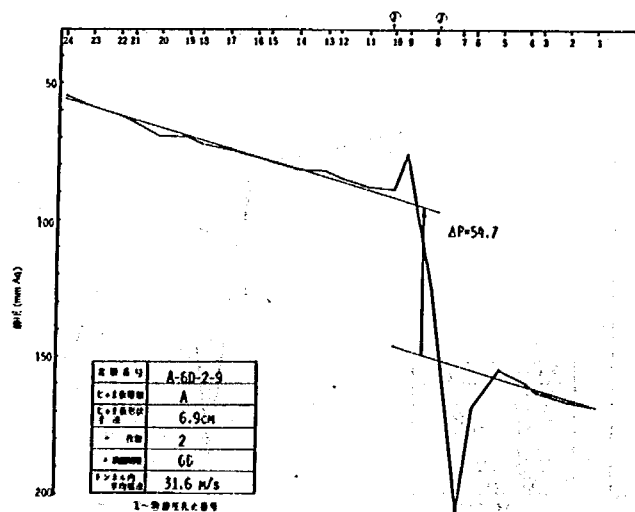
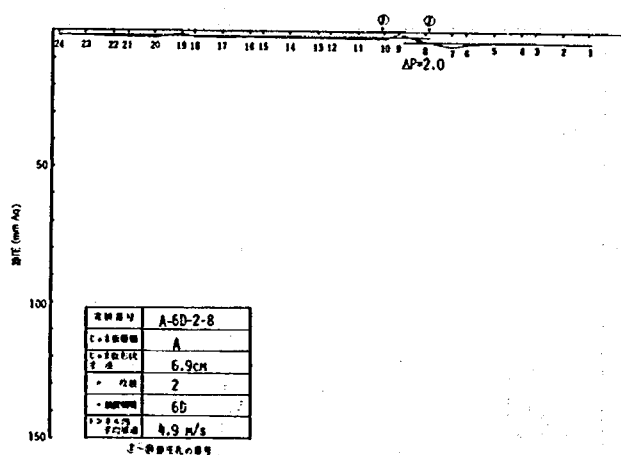
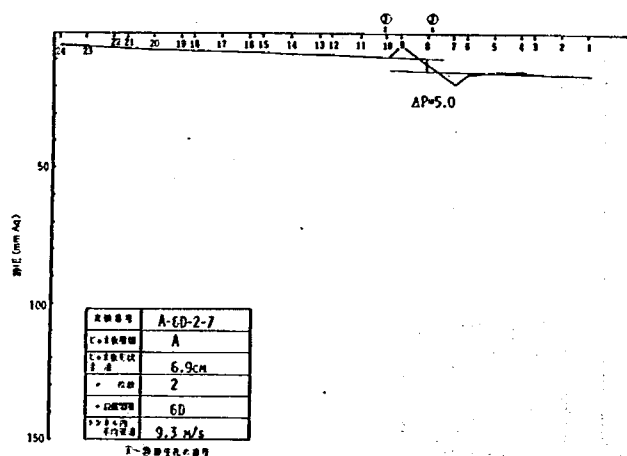
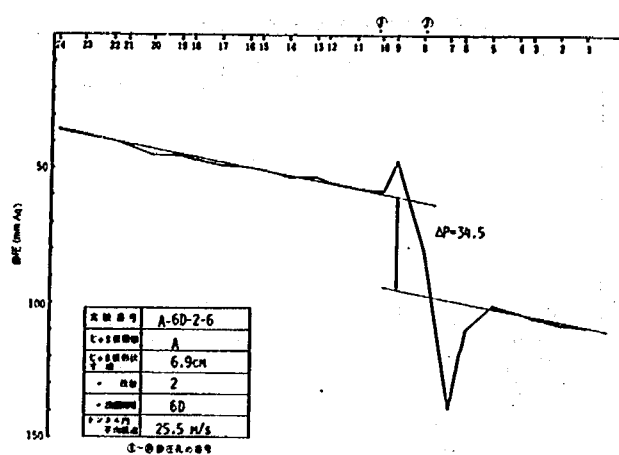
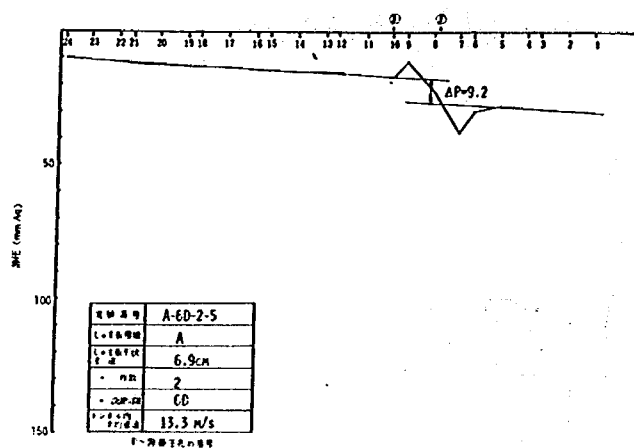
付図-3 (a) じゃま板の静圧分布



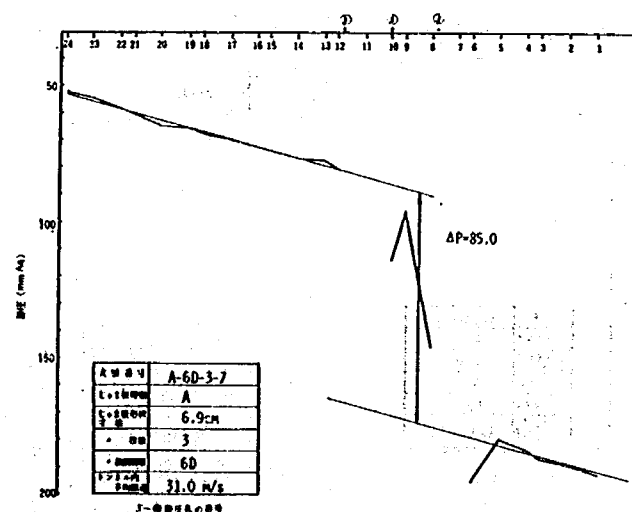
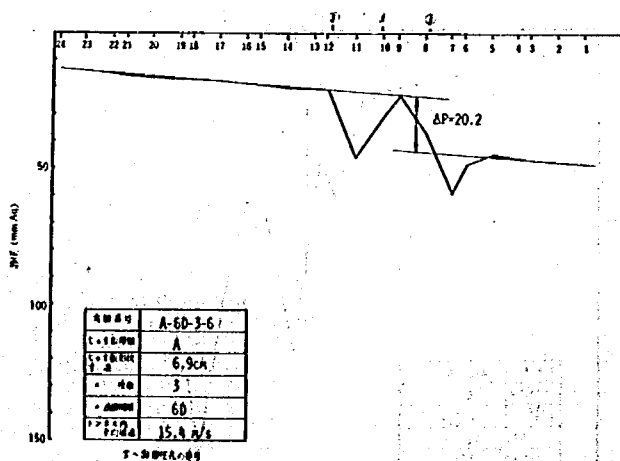
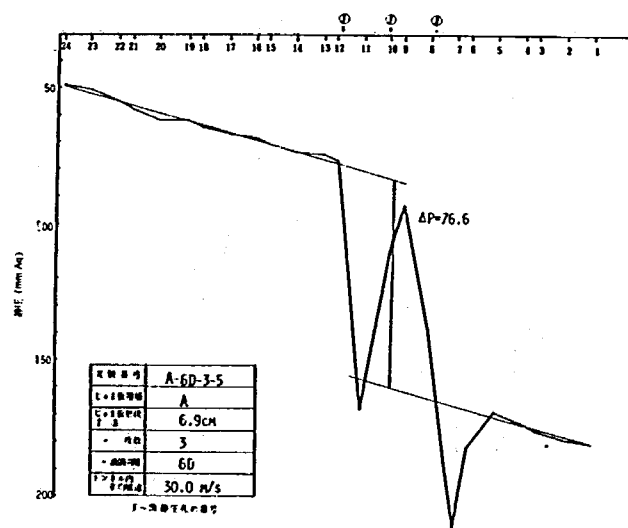
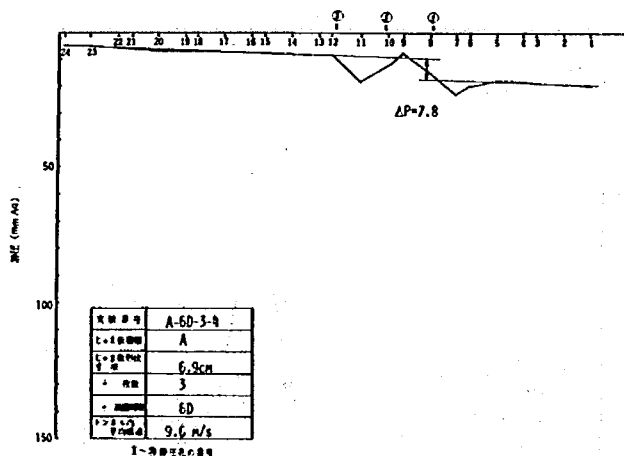
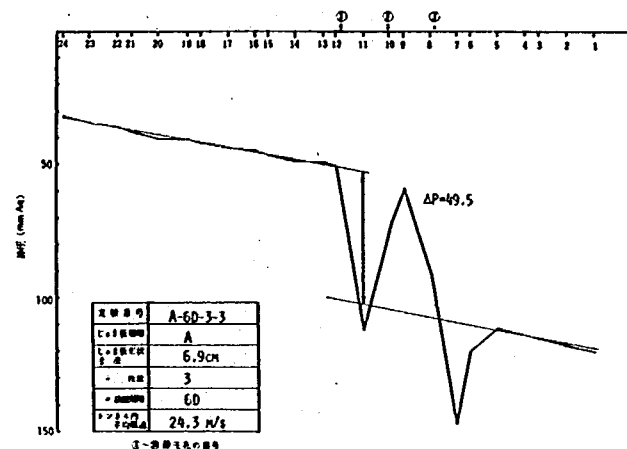
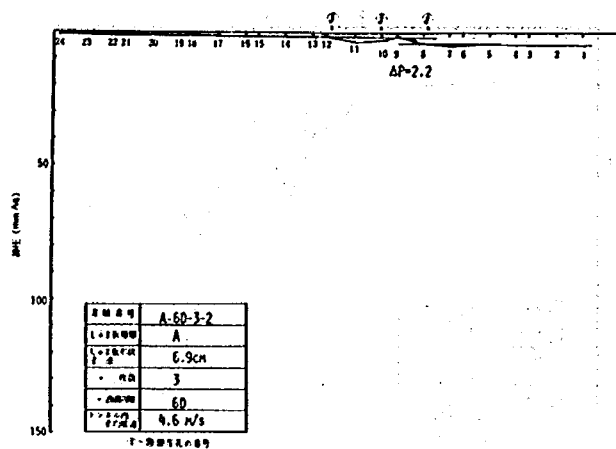
付図-3 (a) じゃま板の静圧分布



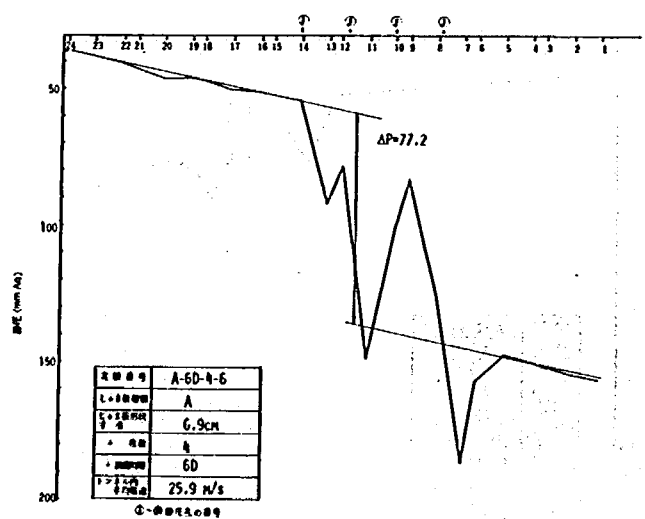
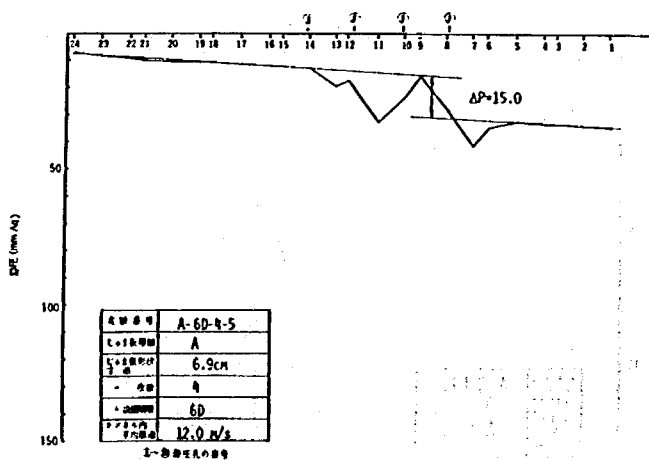
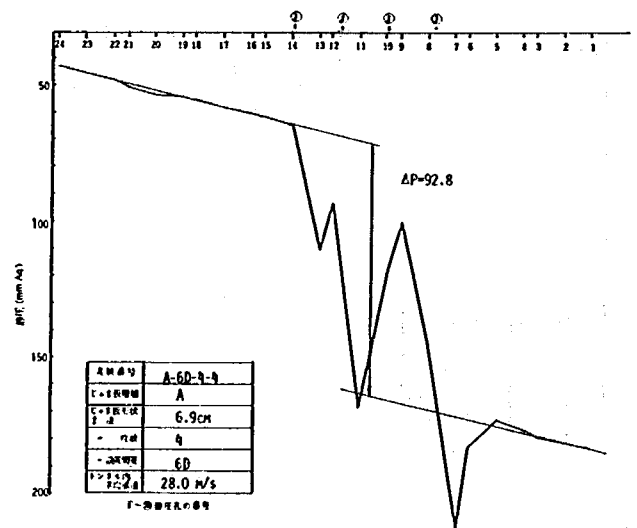
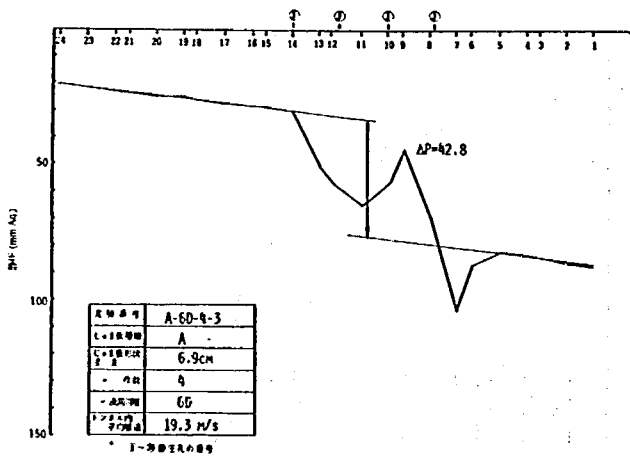
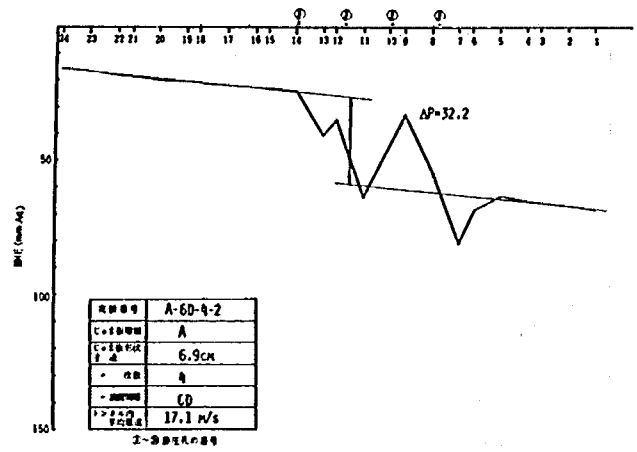
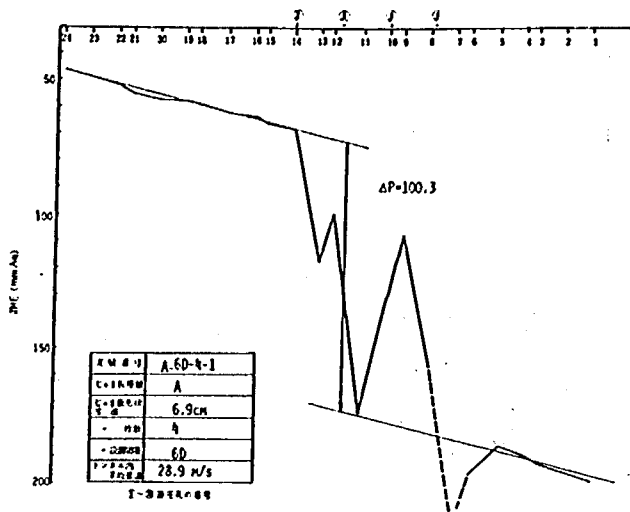
付図-3 (18) ジャマ板の静圧分布



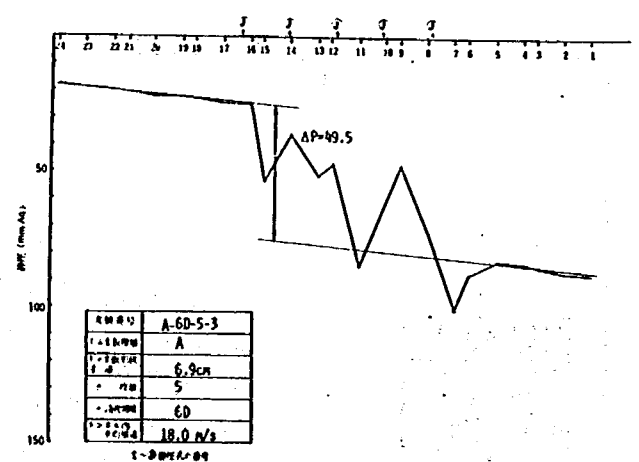
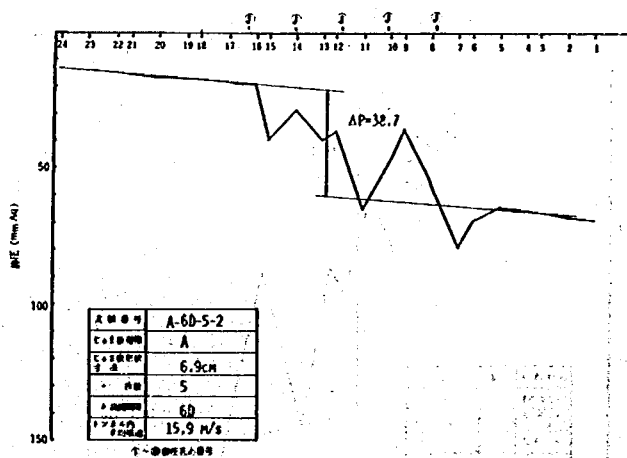
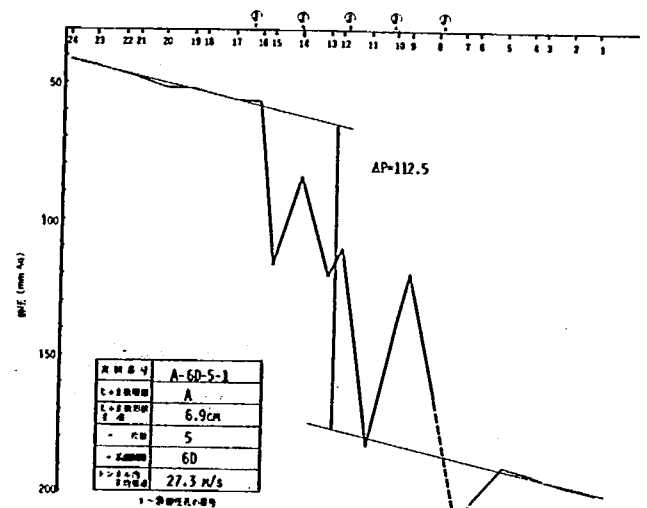
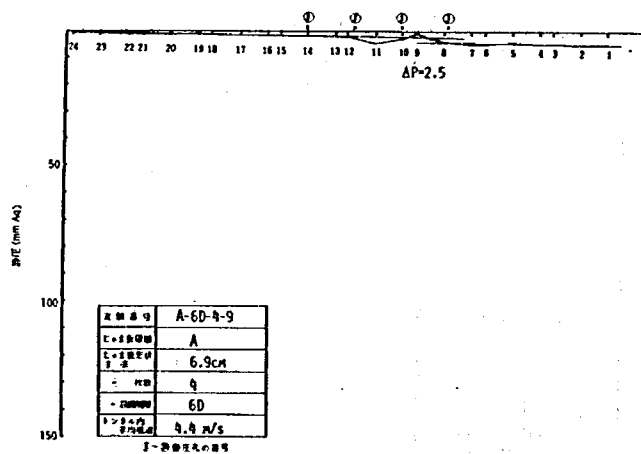
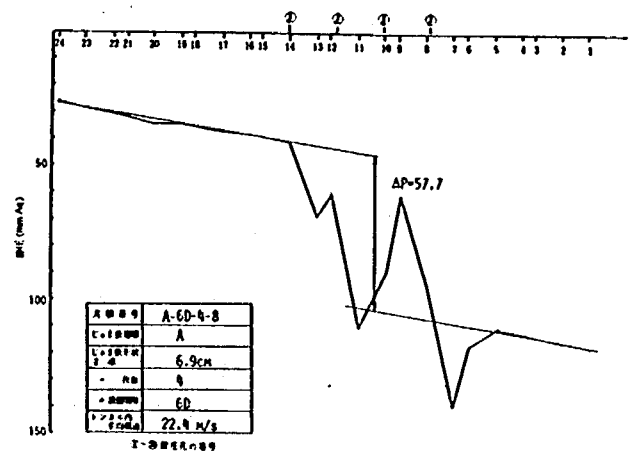
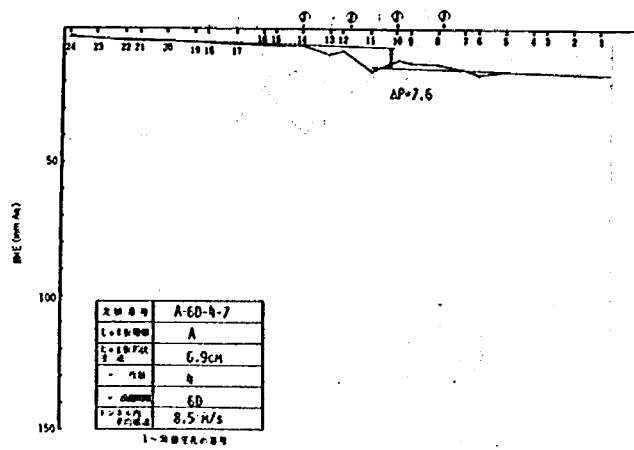
付図-3 (19) じゃま板の静圧分布



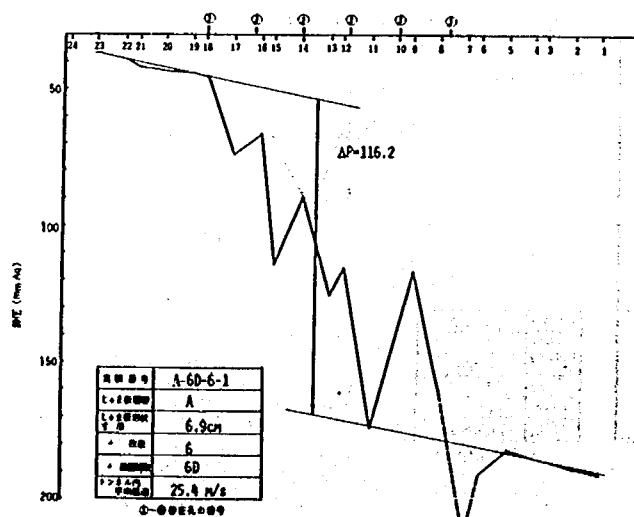
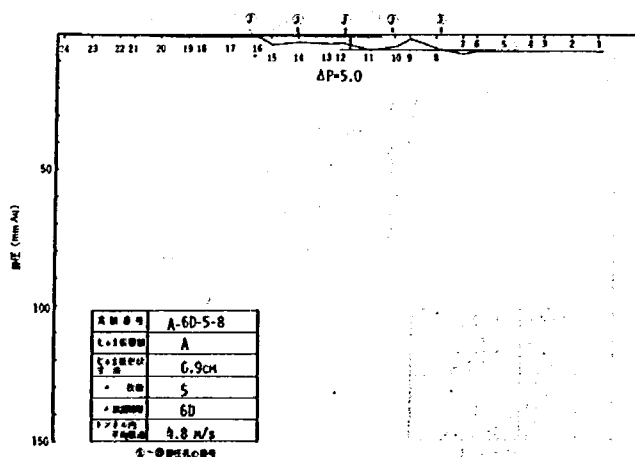
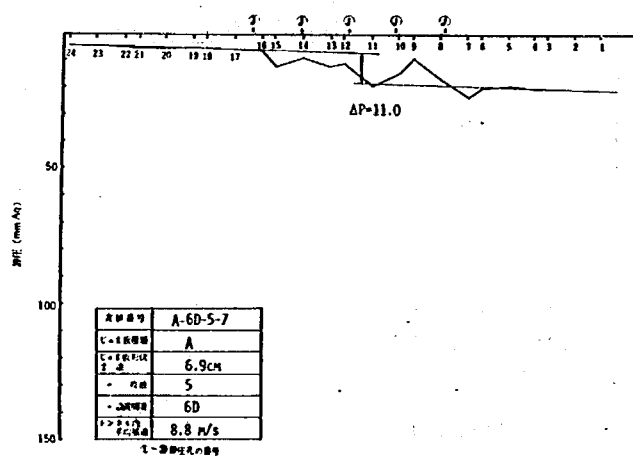
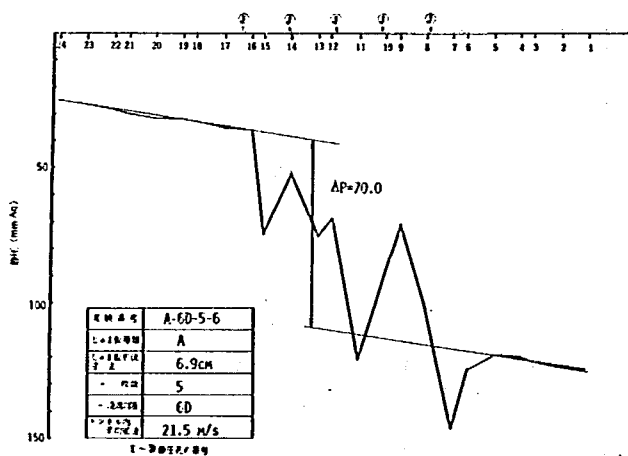
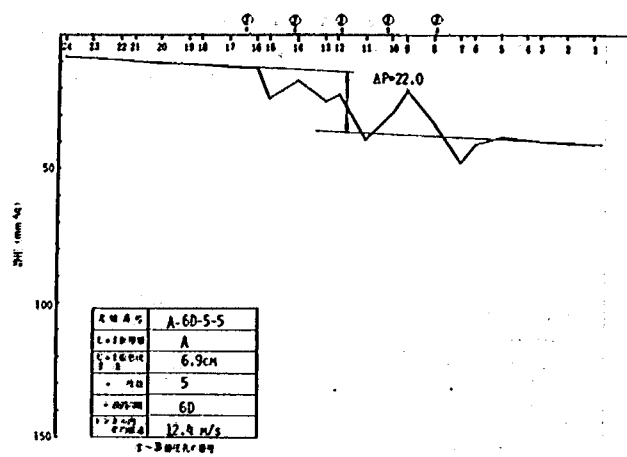
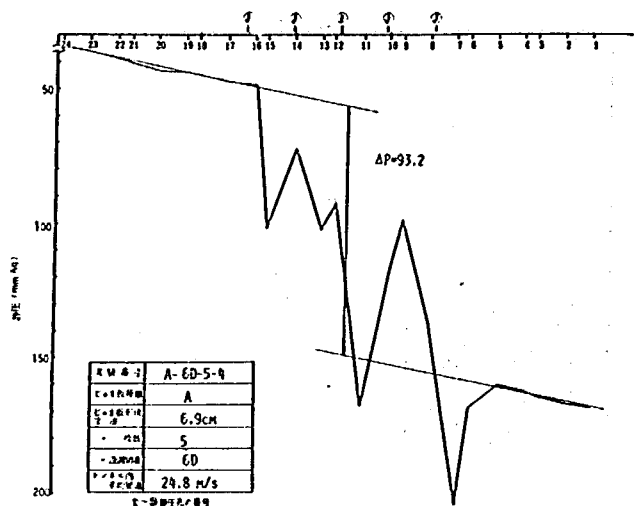
付図-3 (20) じゃま板の静圧分布



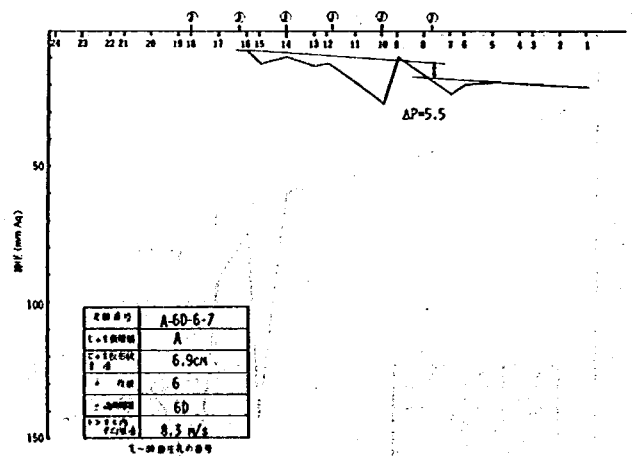
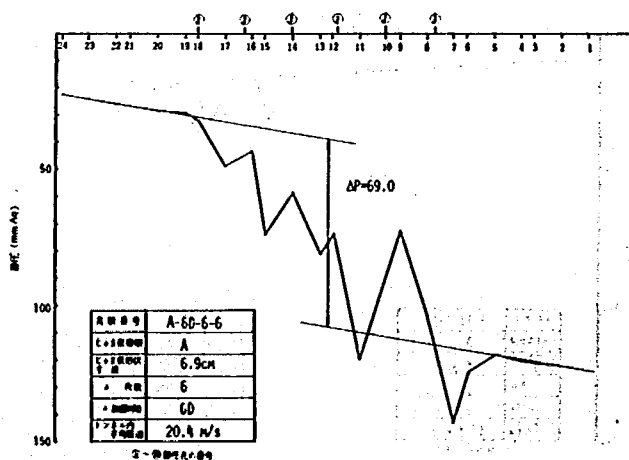
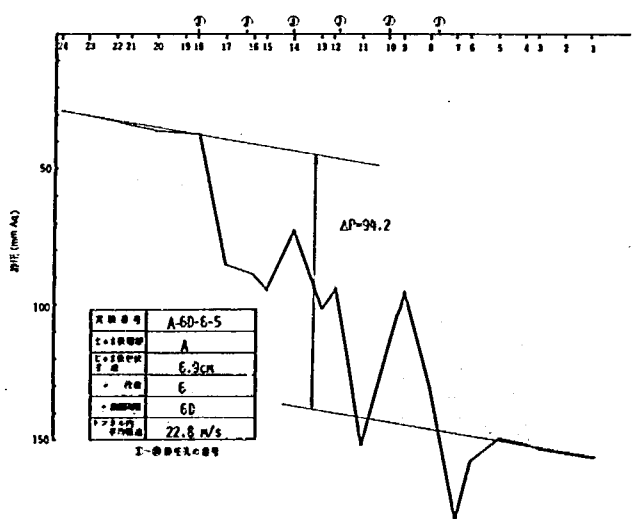
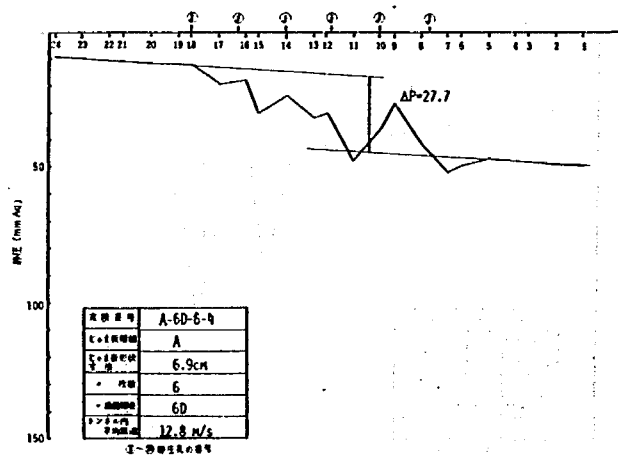
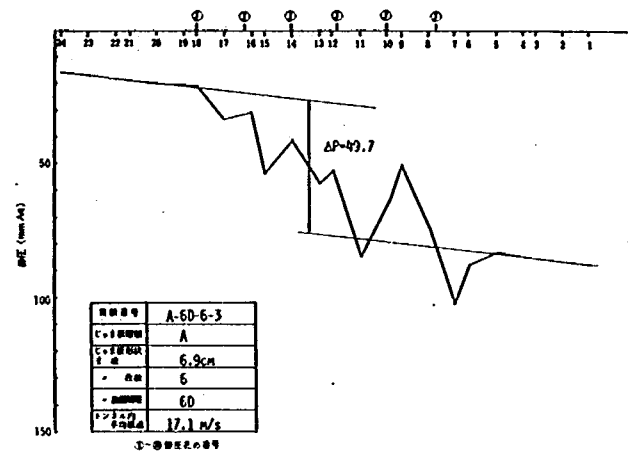
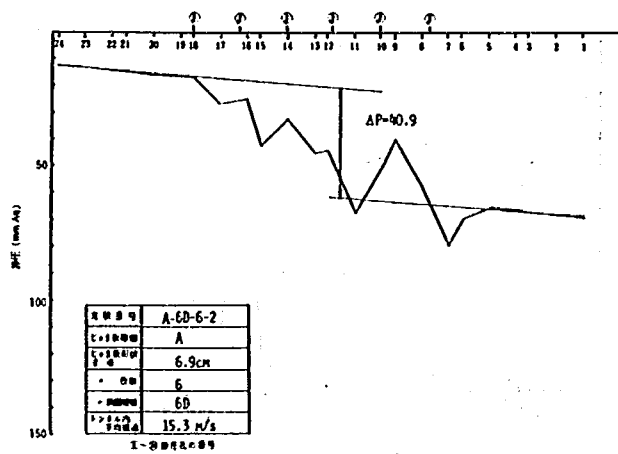
付図-3(2) じゃま板の静圧分布



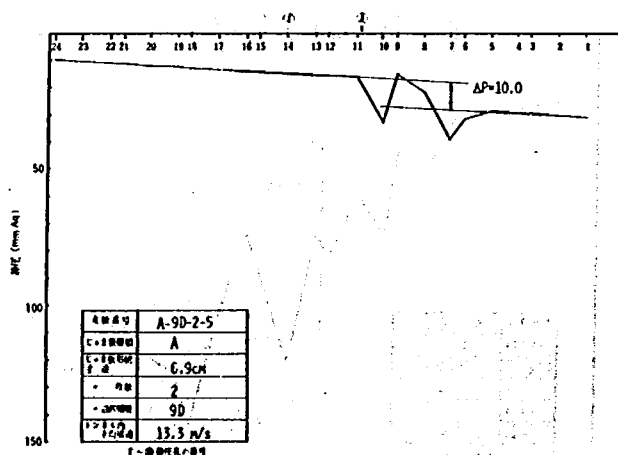
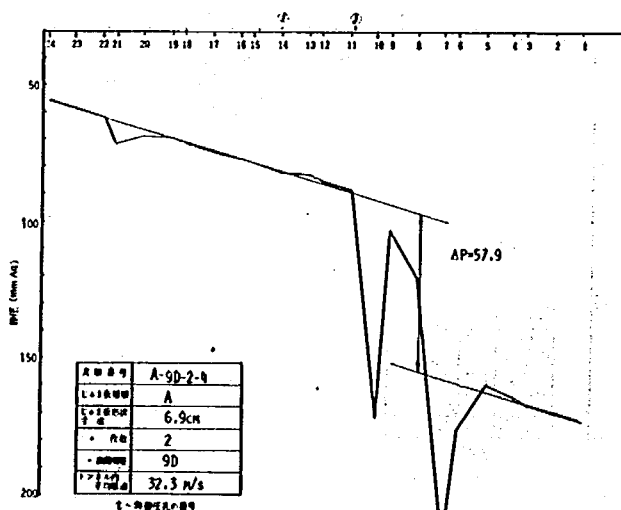
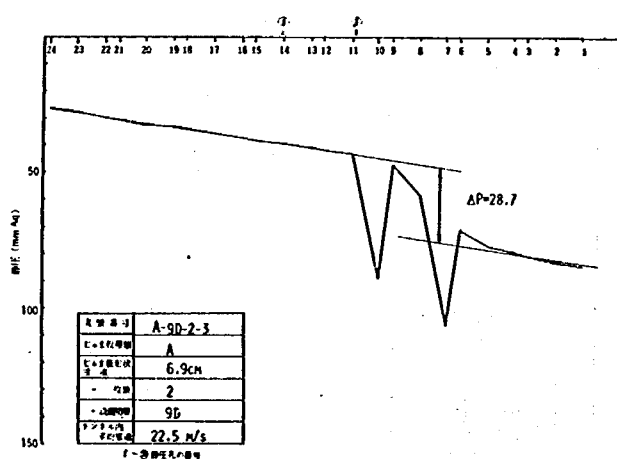
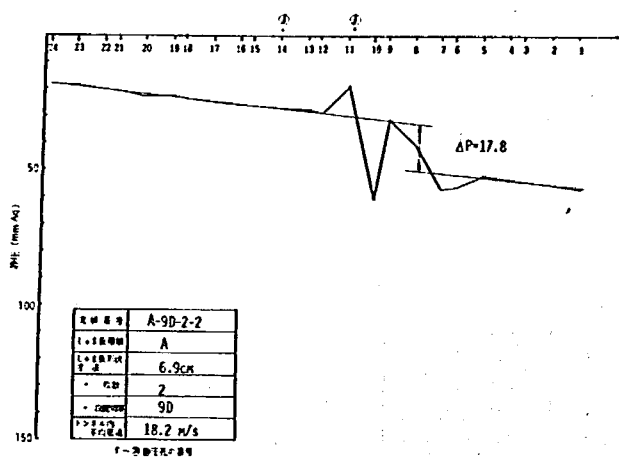
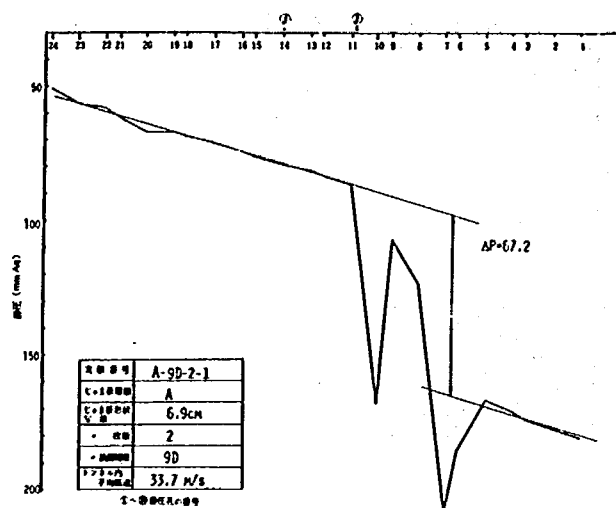
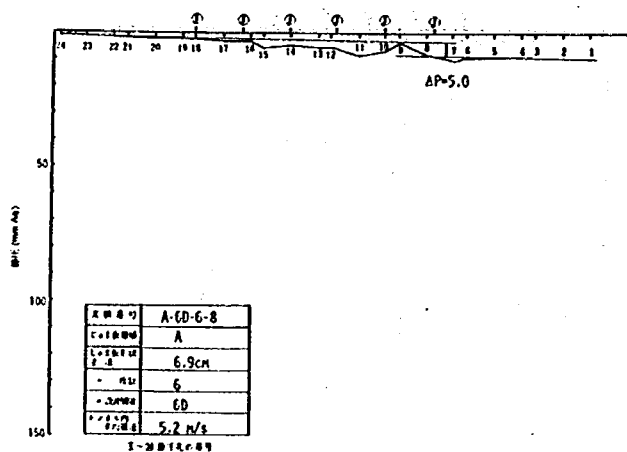
付図-3 (22) じゃま板の静圧分布



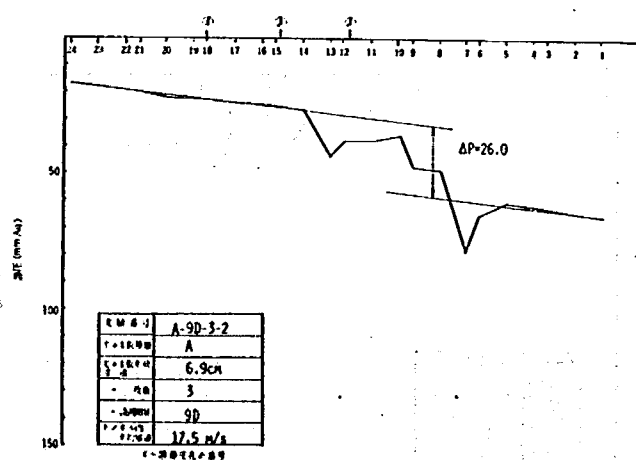
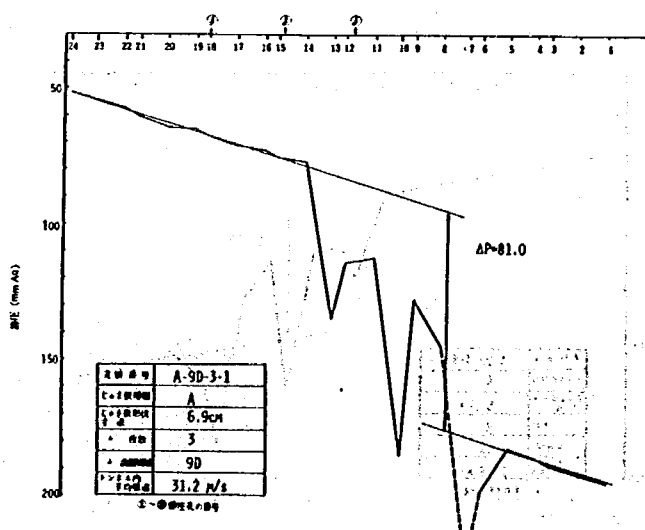
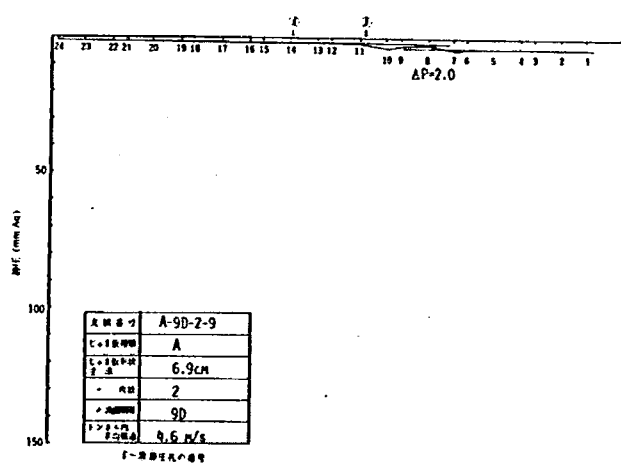
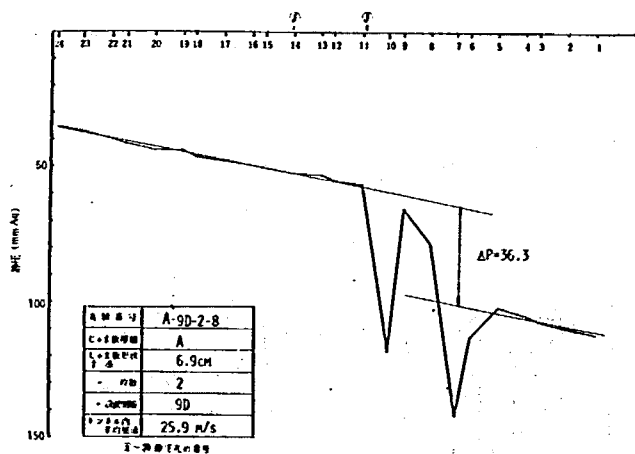
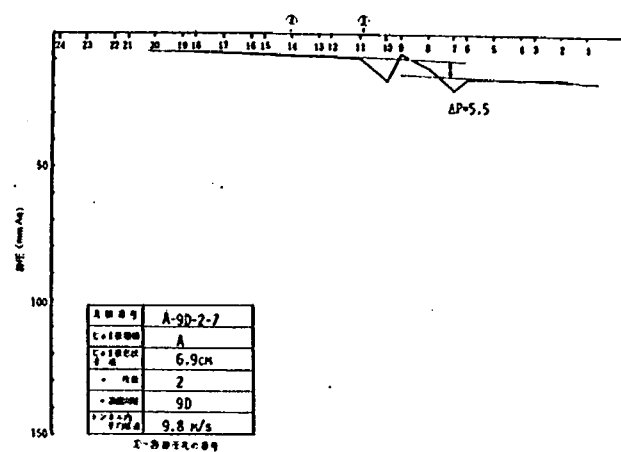
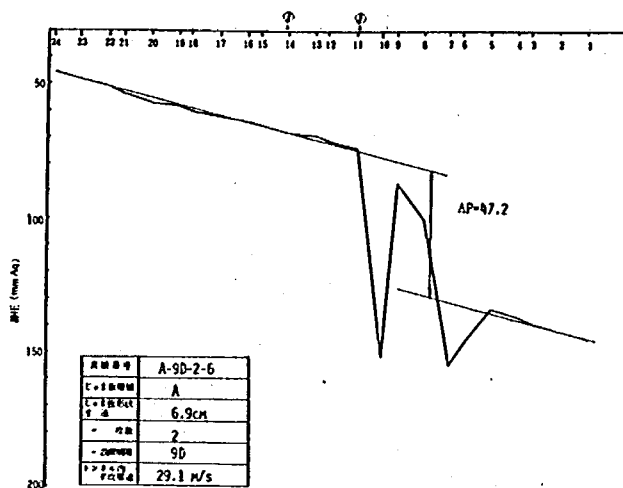
付図-3 (2) じゃま板の静圧分布



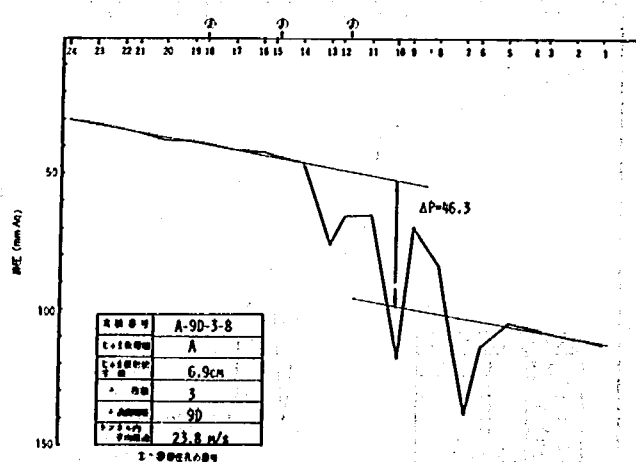
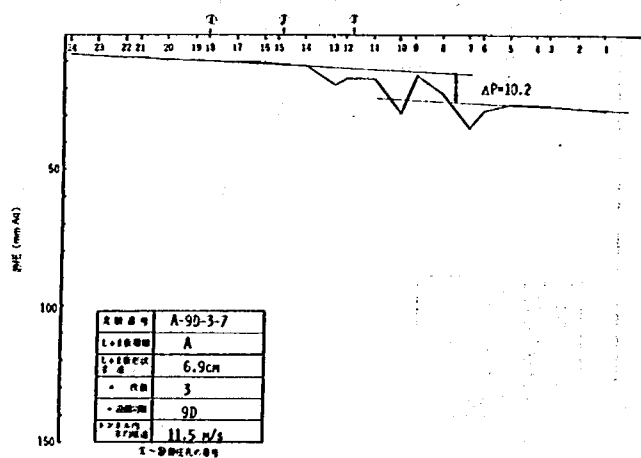
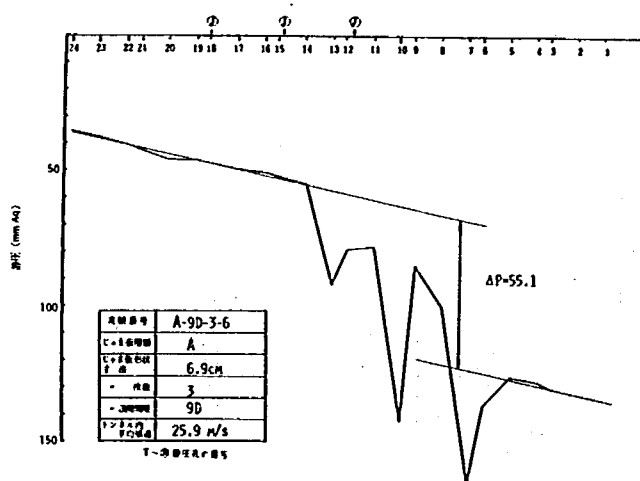
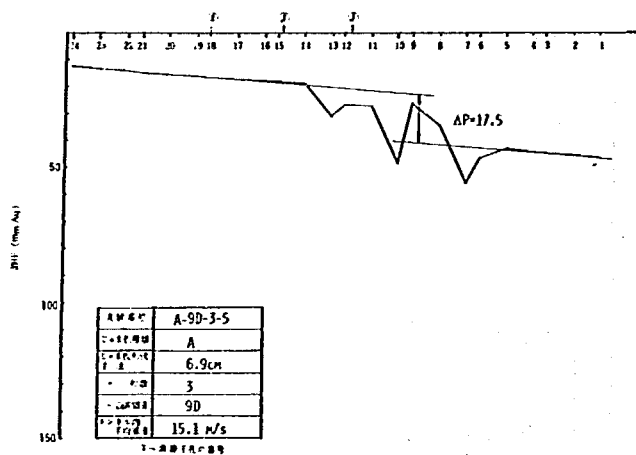
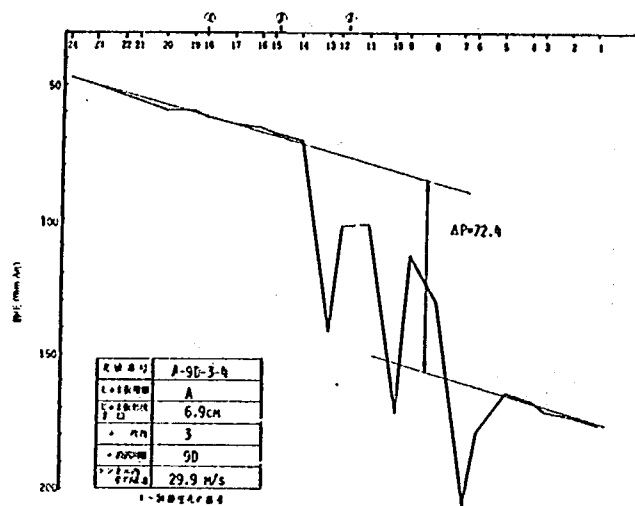
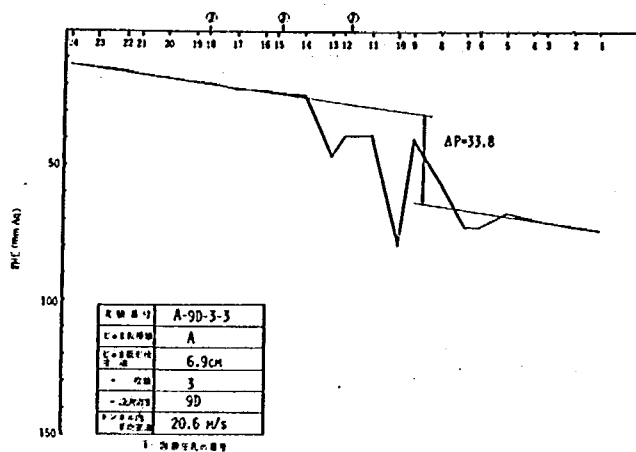
付図-3 (24) ジャマ板の静圧分布



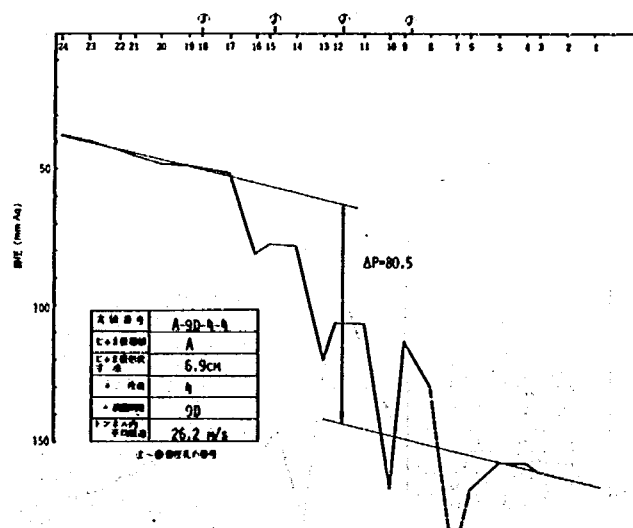
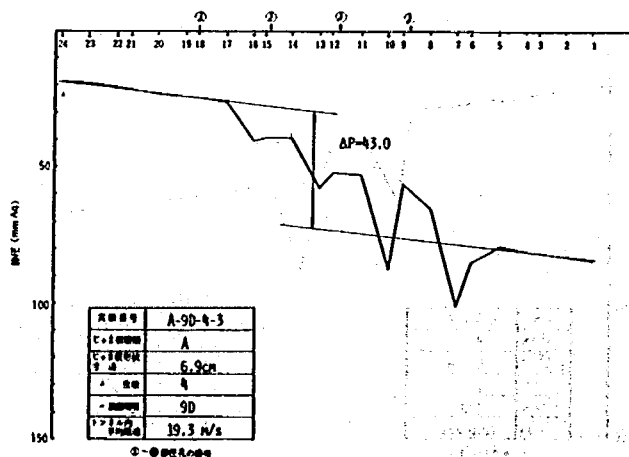
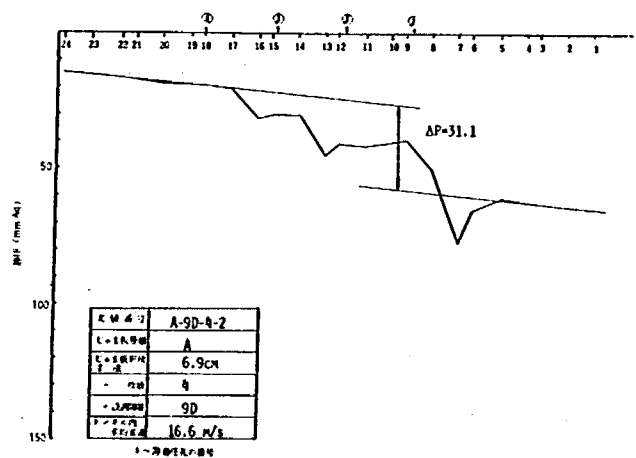
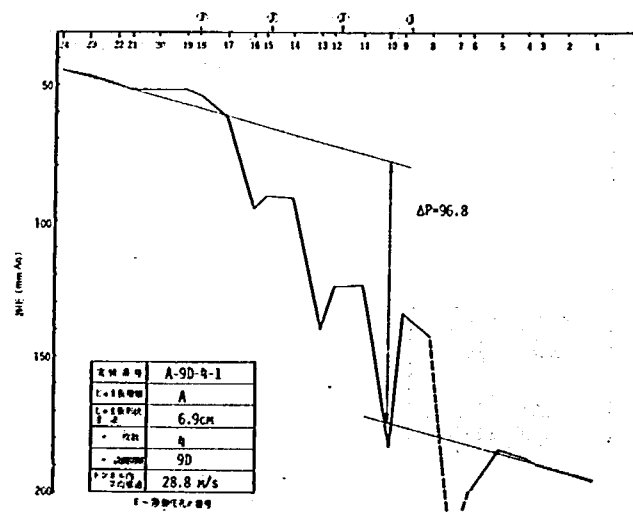
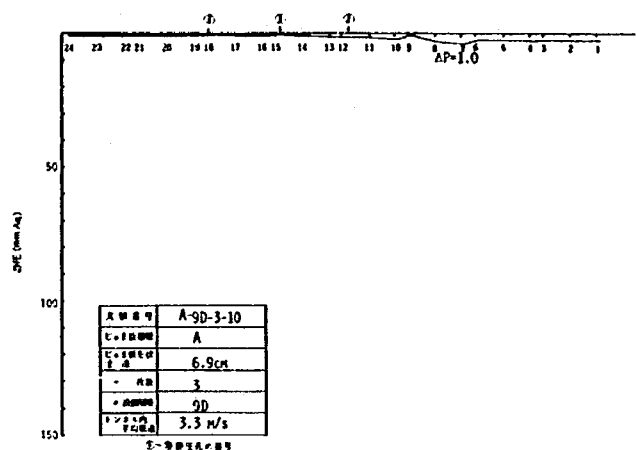
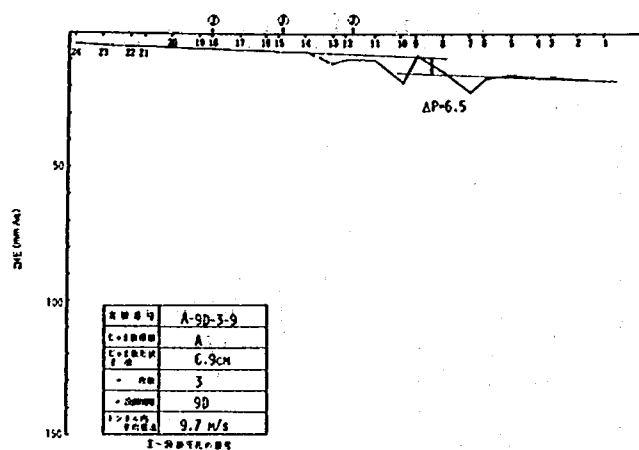
付図-3 (25) じゃま板の静圧分布



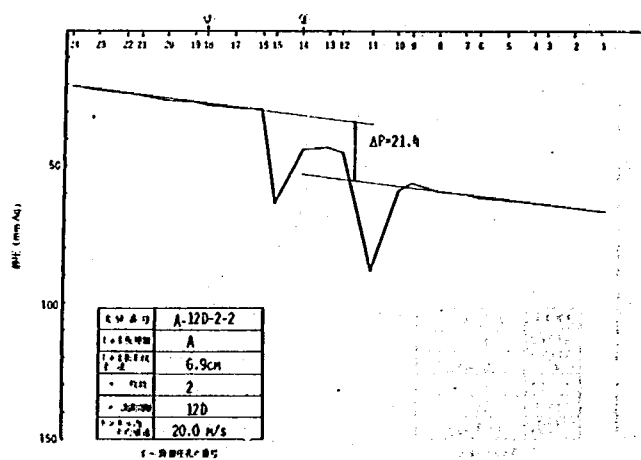
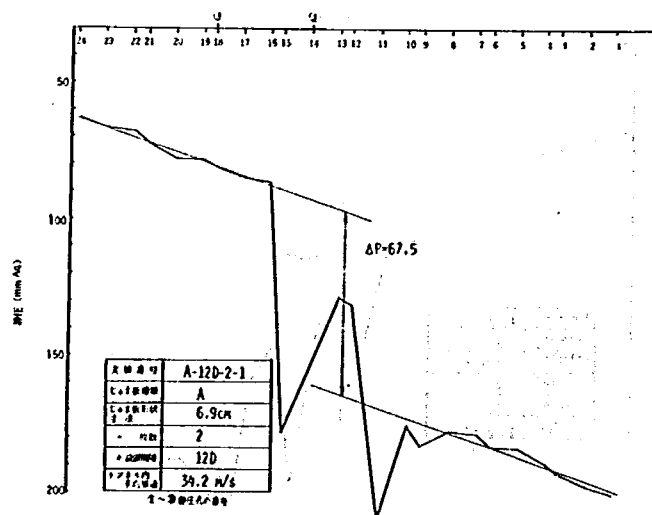
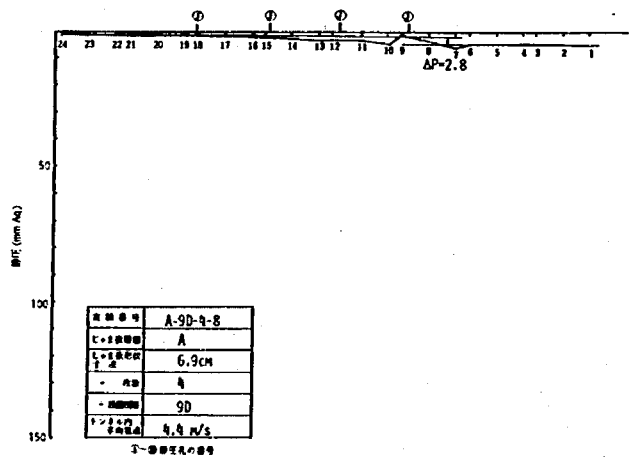
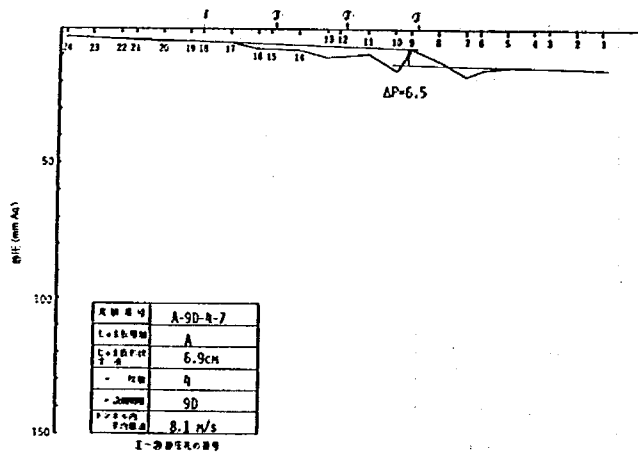
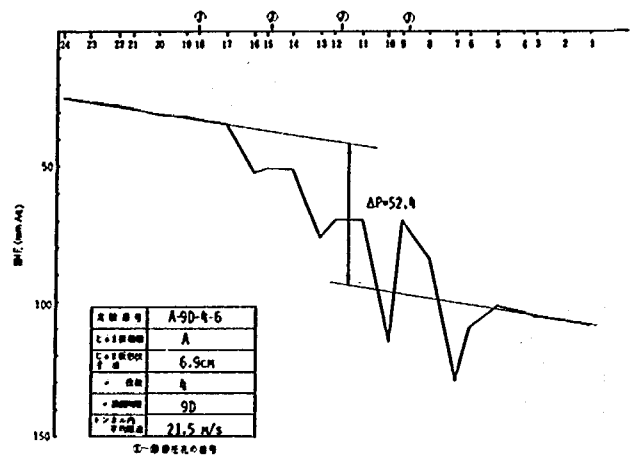
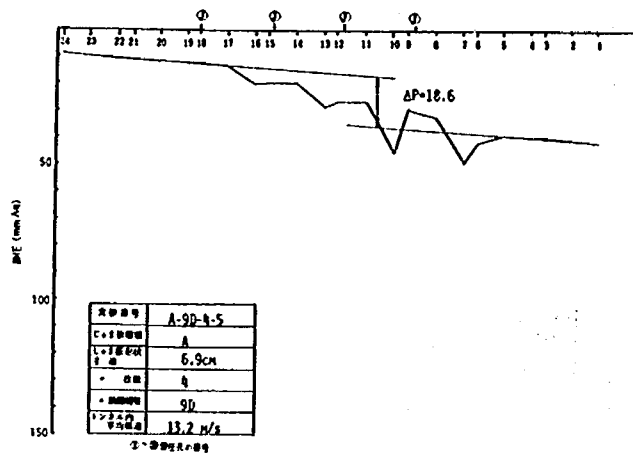
付図-3 (2) じゃま板の静圧分布



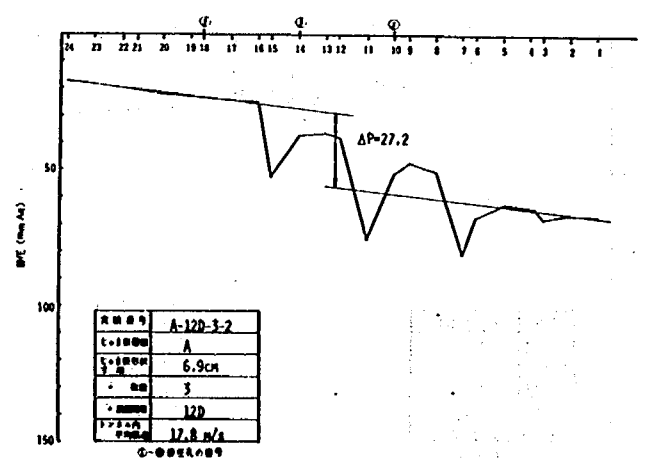
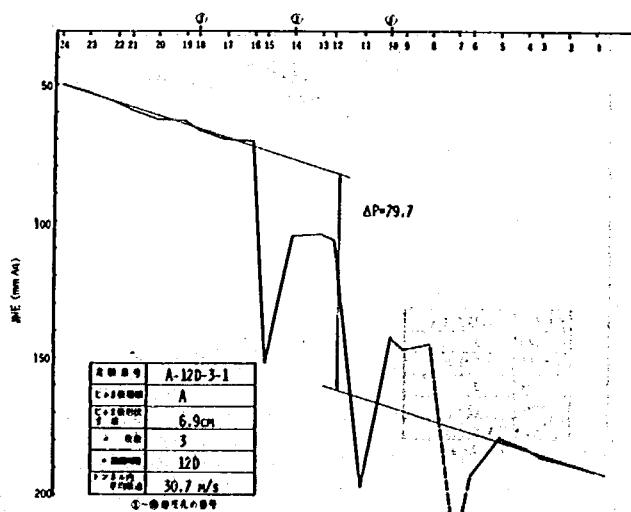
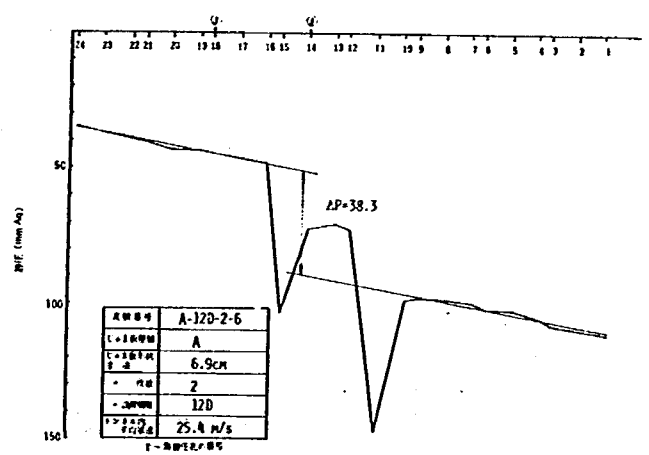
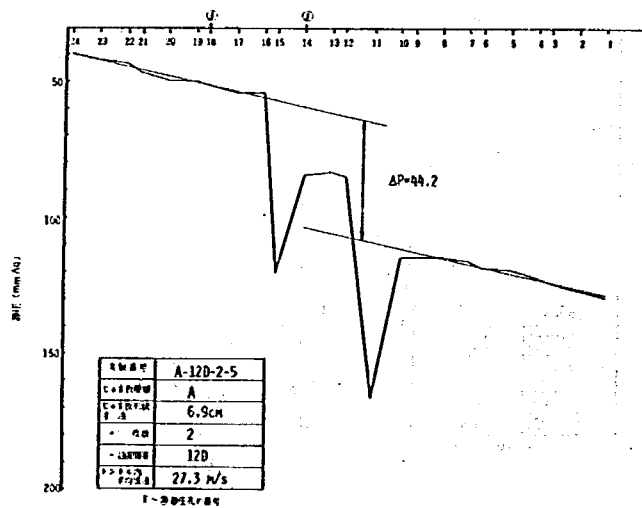
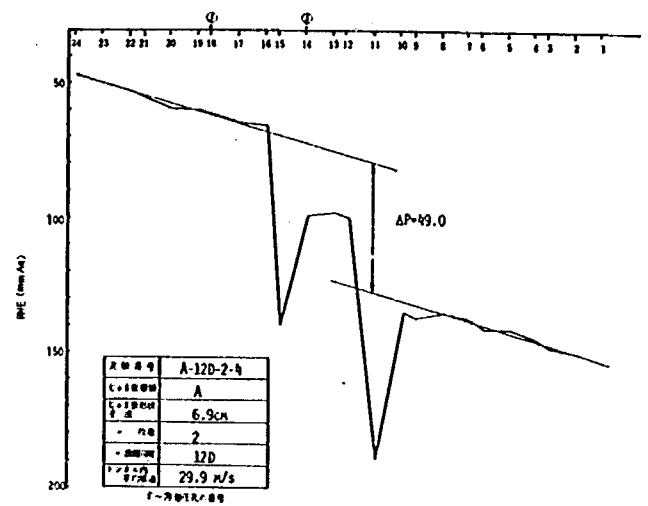
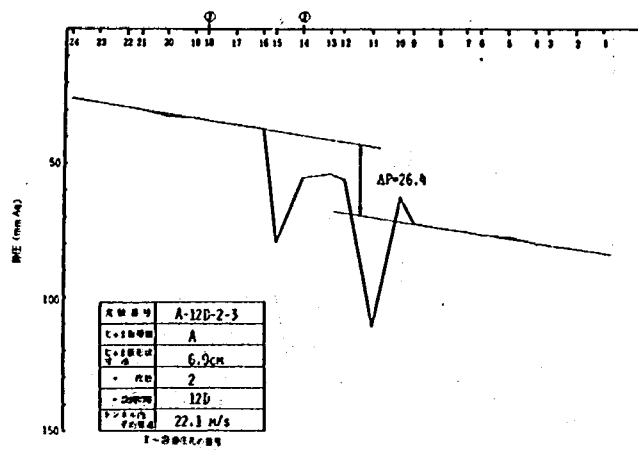
付図-3 (2) ジャマ板の静圧分布



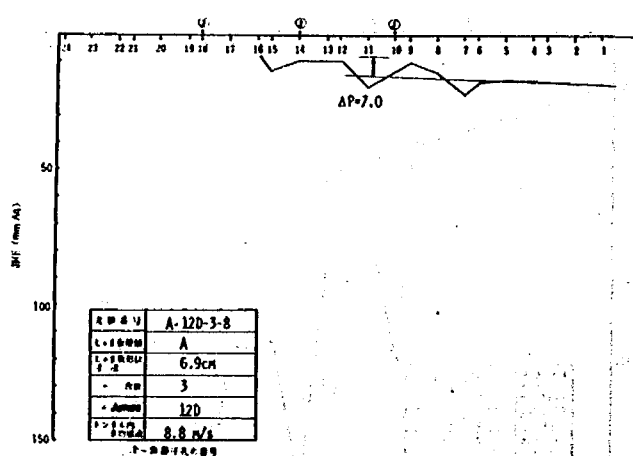
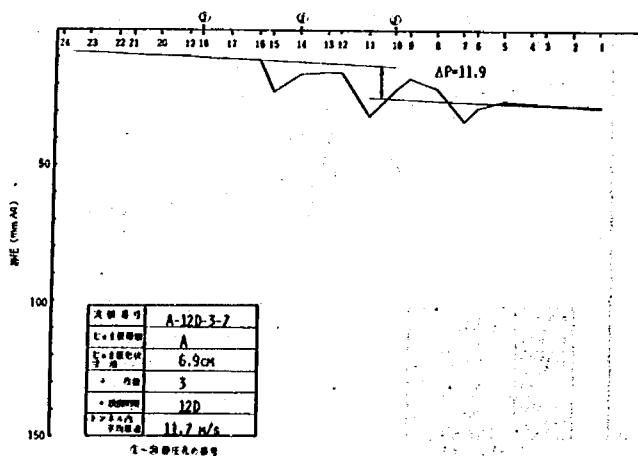
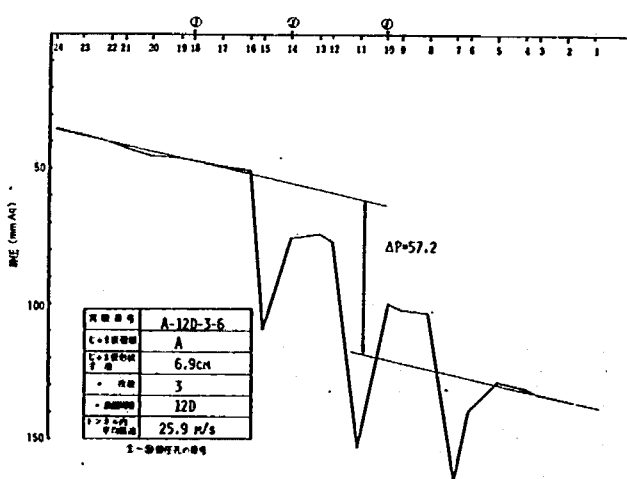
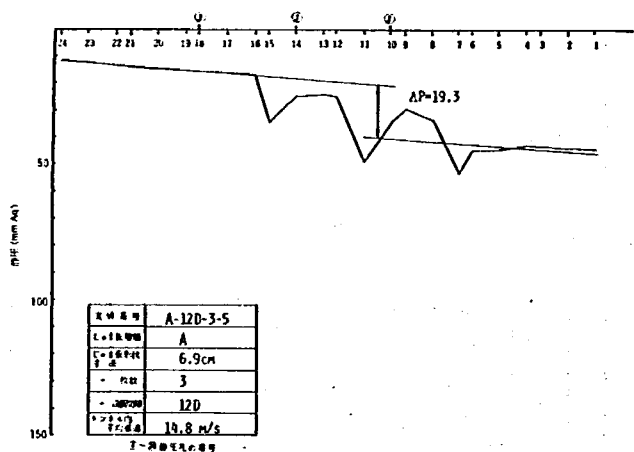
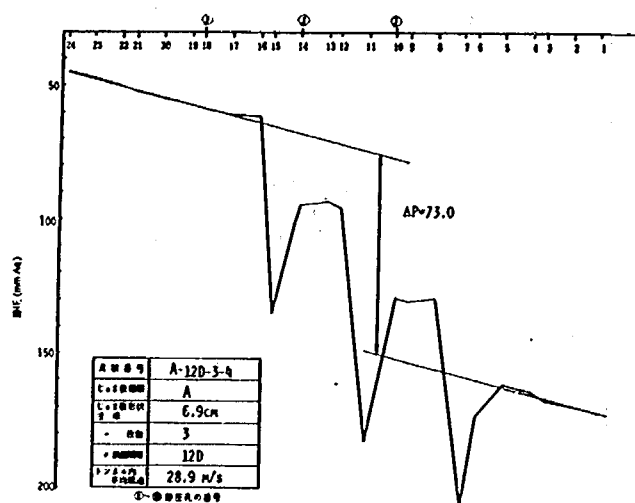
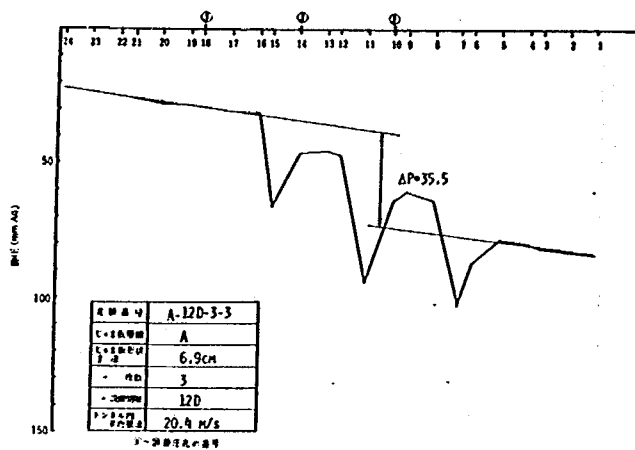
付図-3 図3 じゃま板の静圧分布



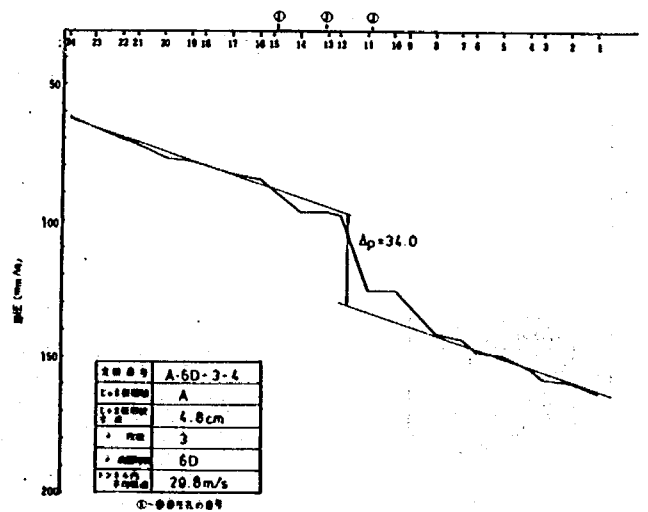
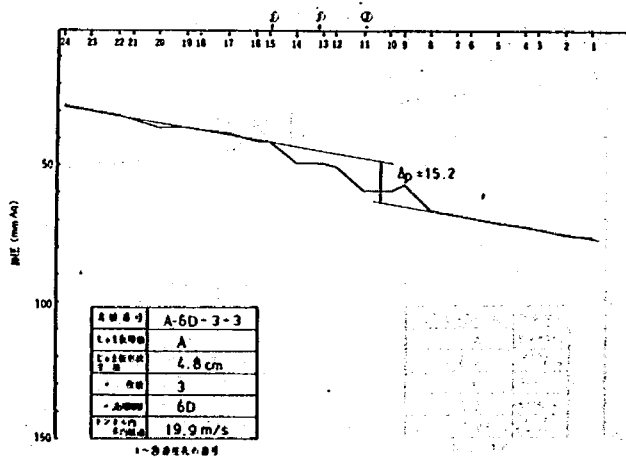
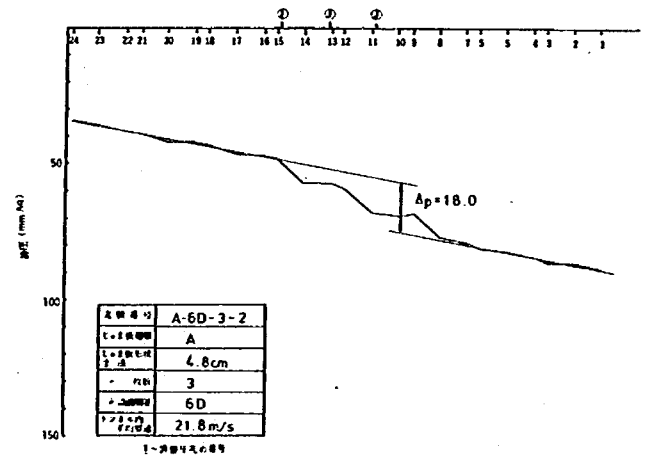
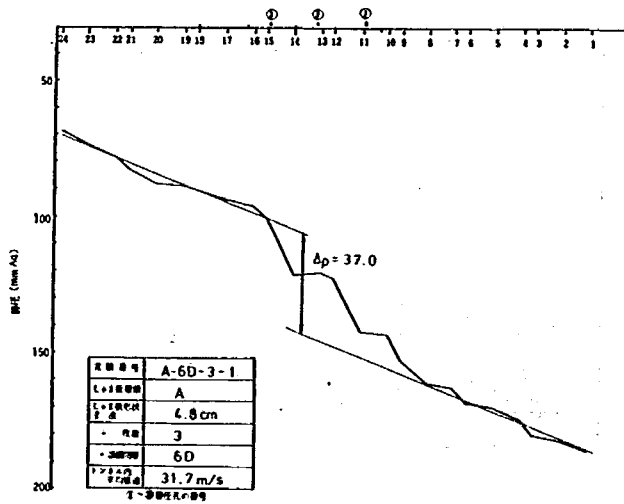
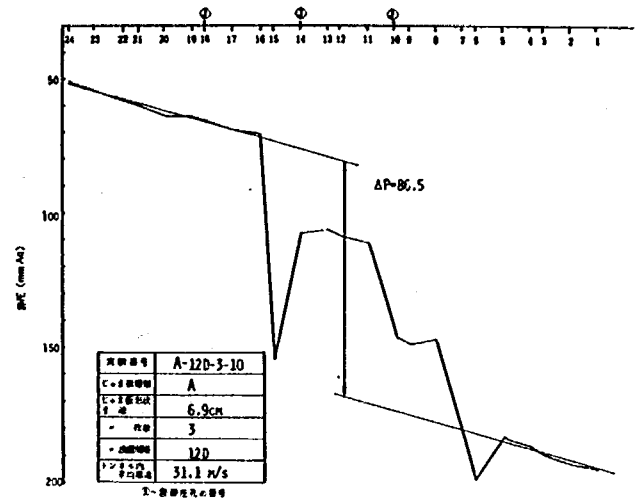
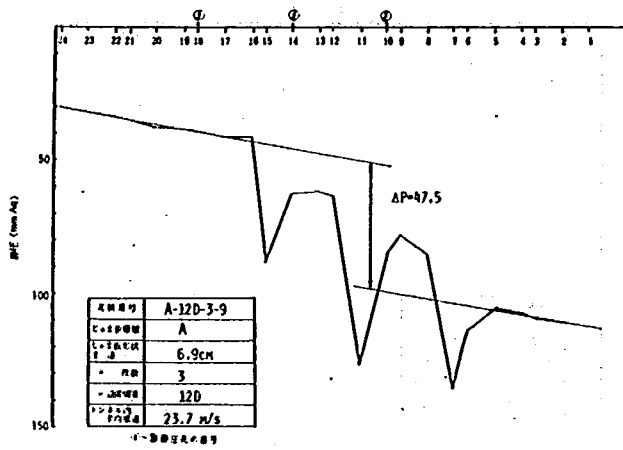
付図-3 (四) じゃま板の静圧分布



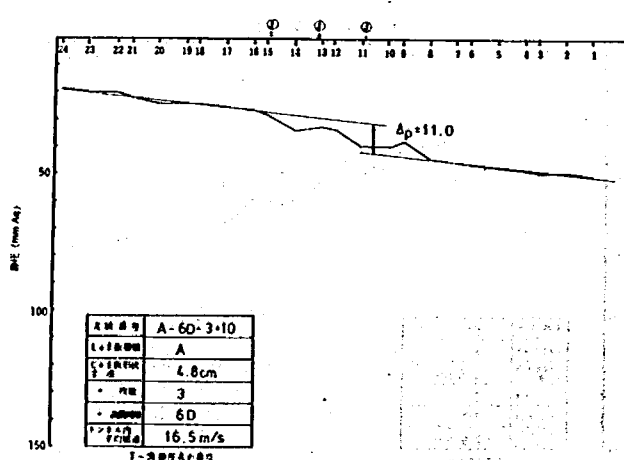
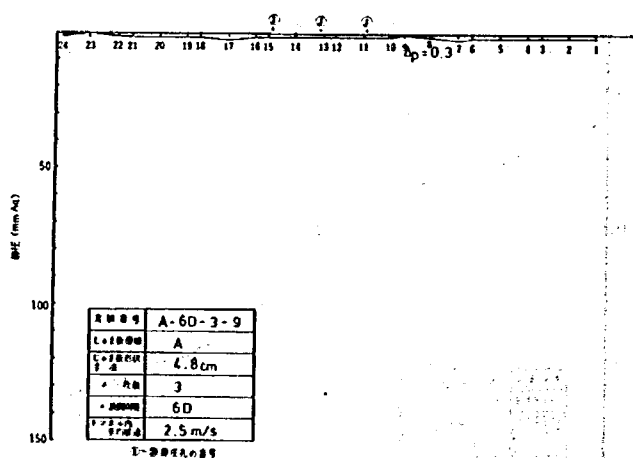
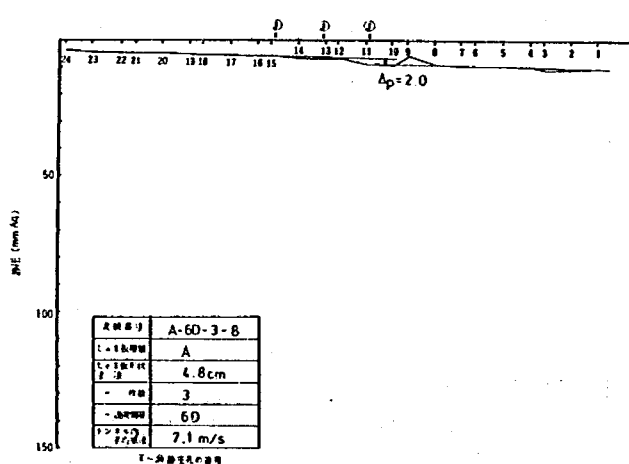
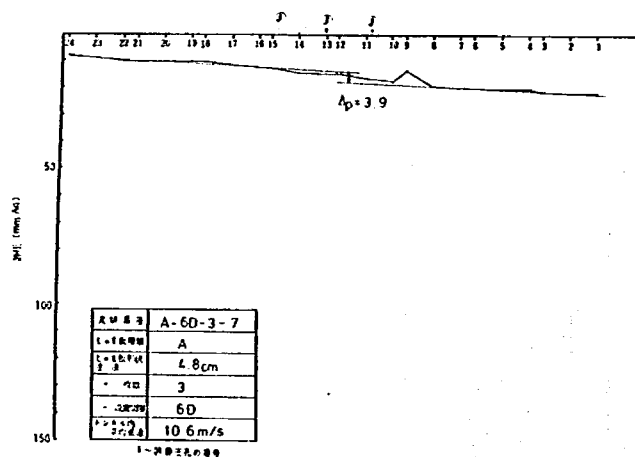
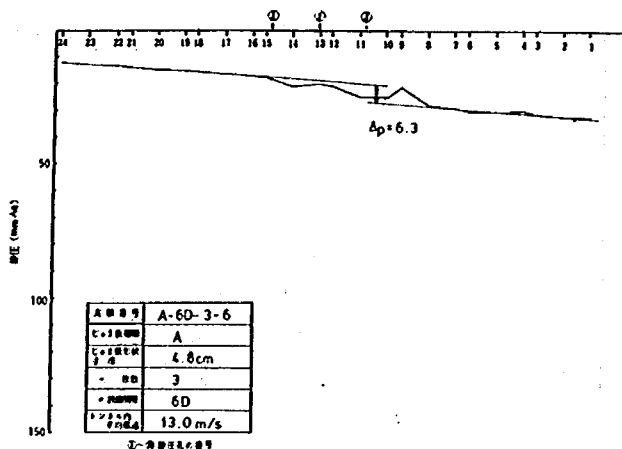
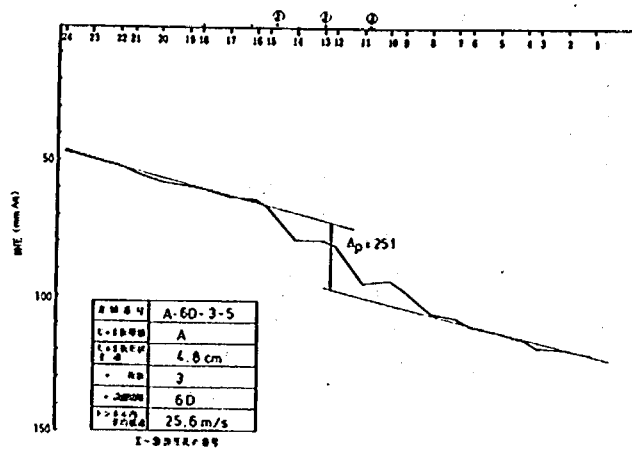
付図-3 (30) じゃま板の静圧分布



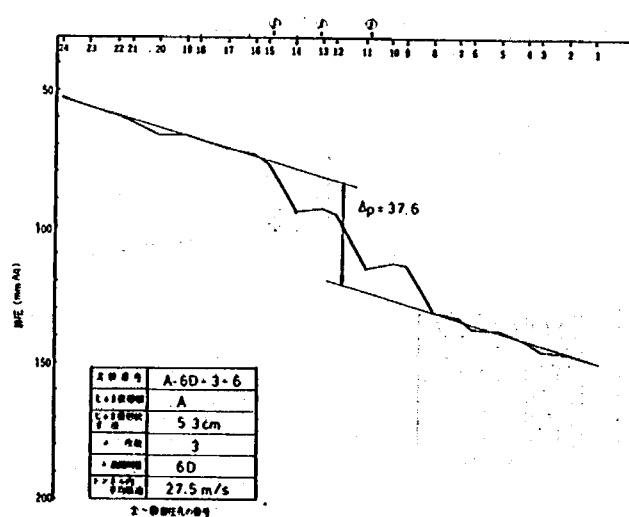
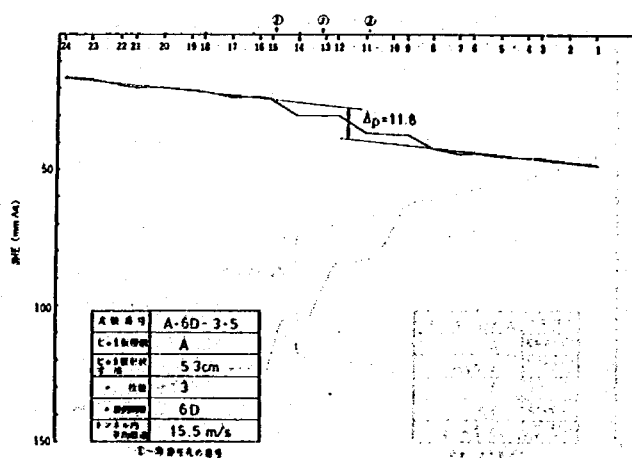
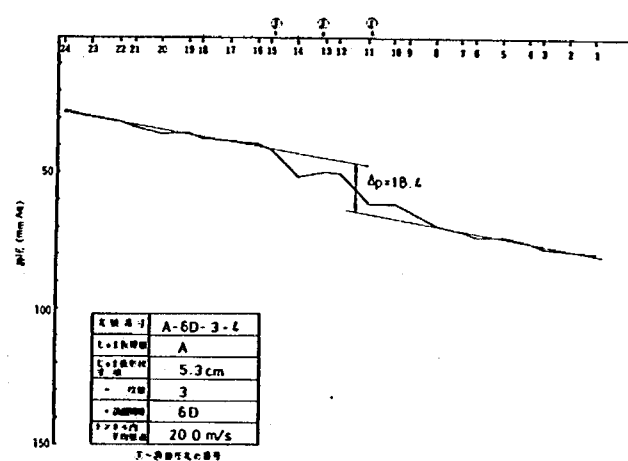
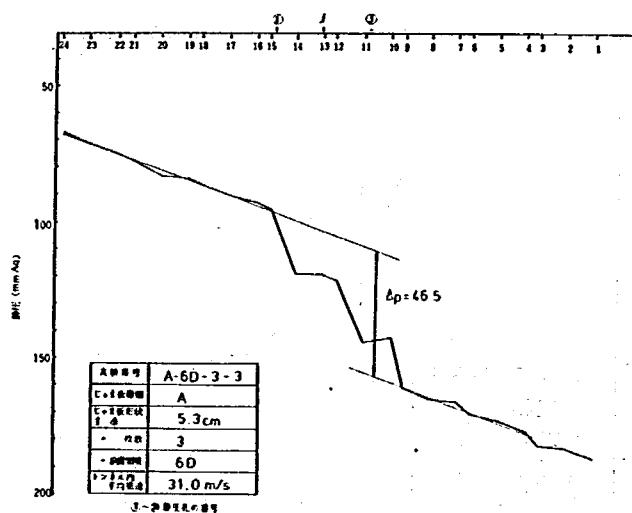
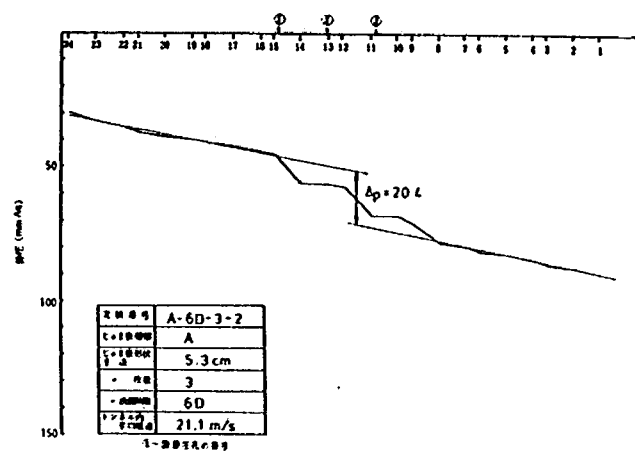
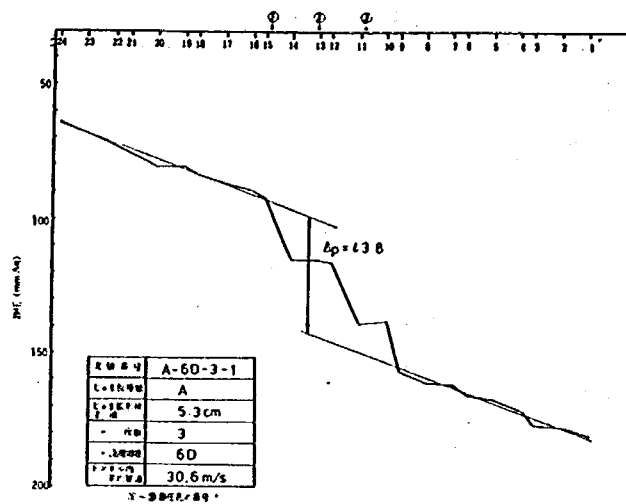
付図-3(3) じゃま板の静圧分布



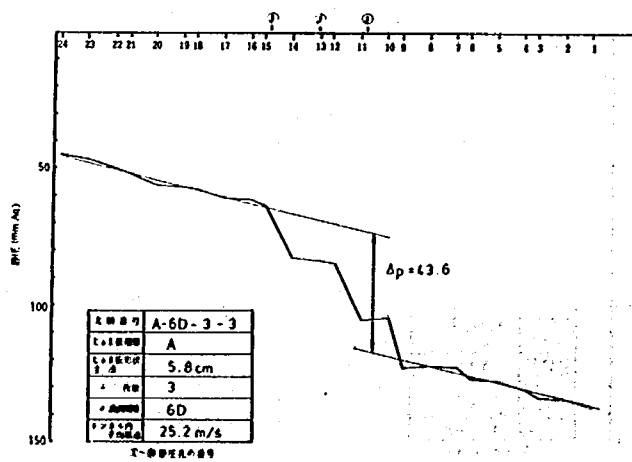
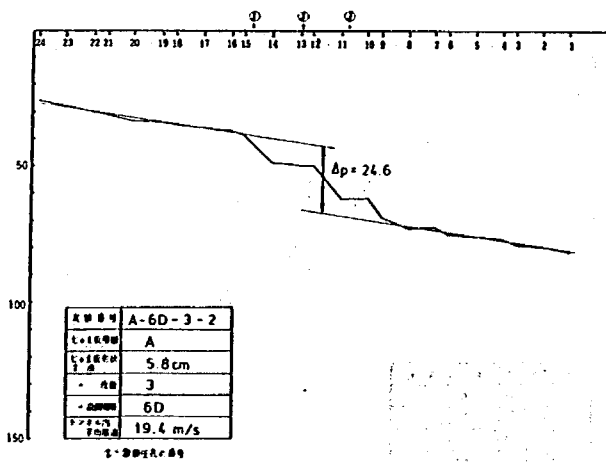
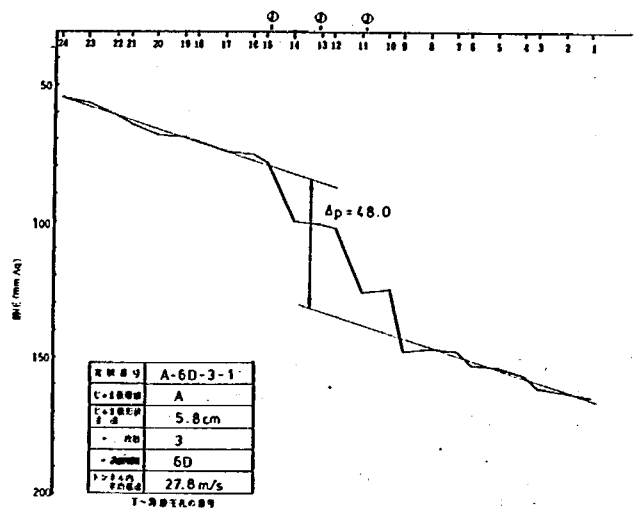
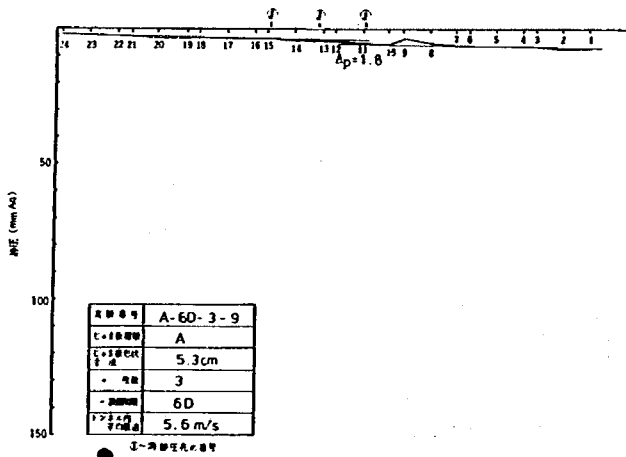
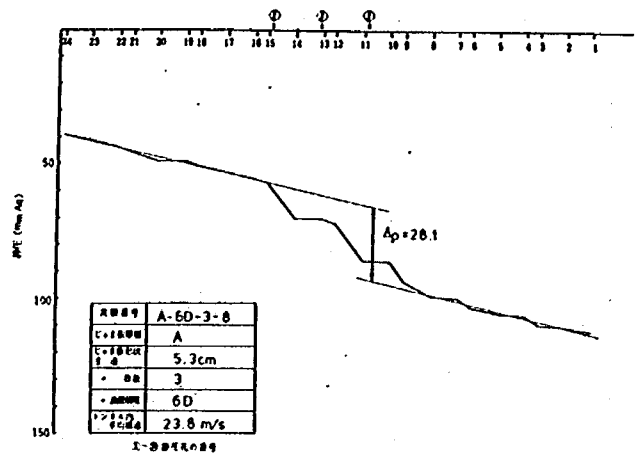
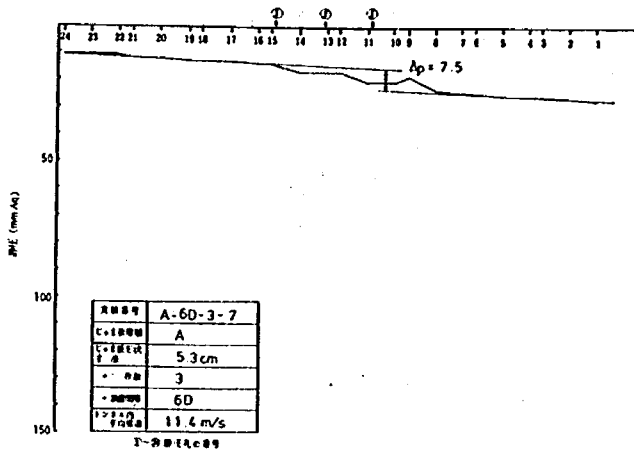
付図-3(2) じゃま板の静圧分布



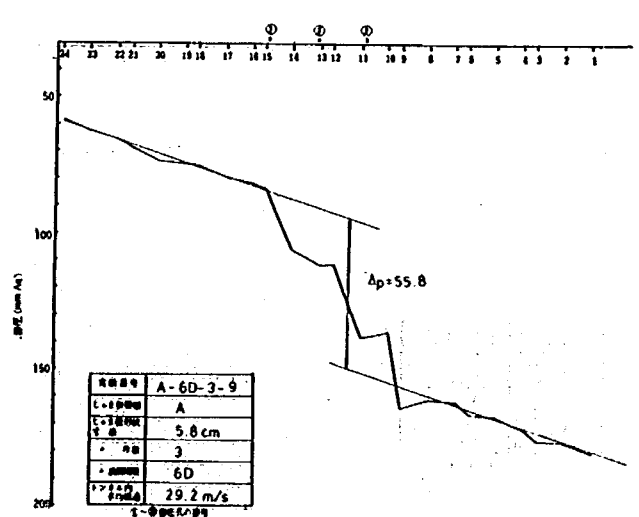
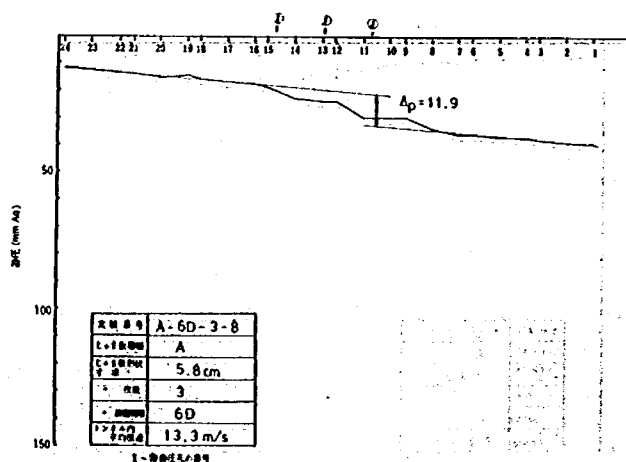
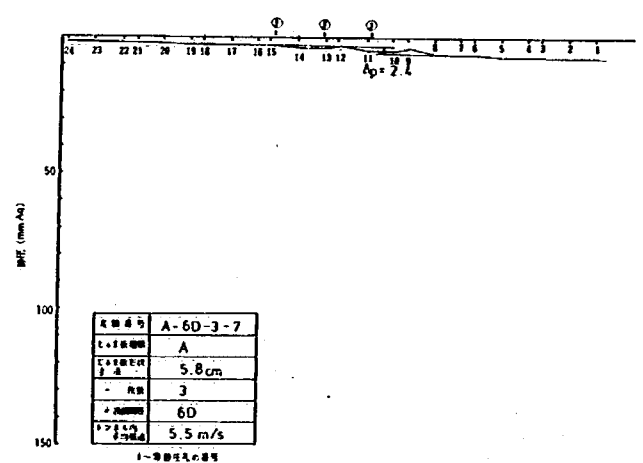
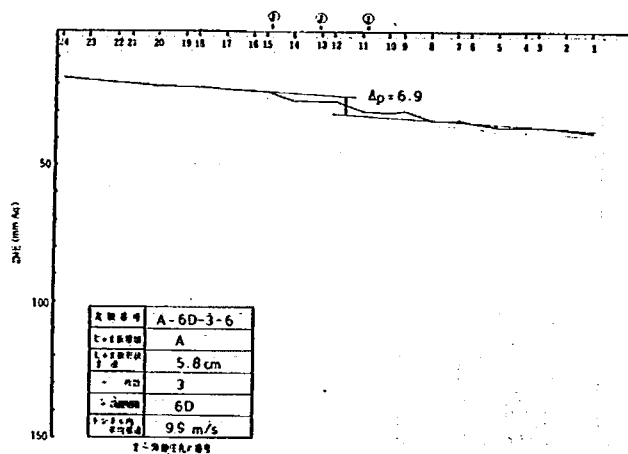
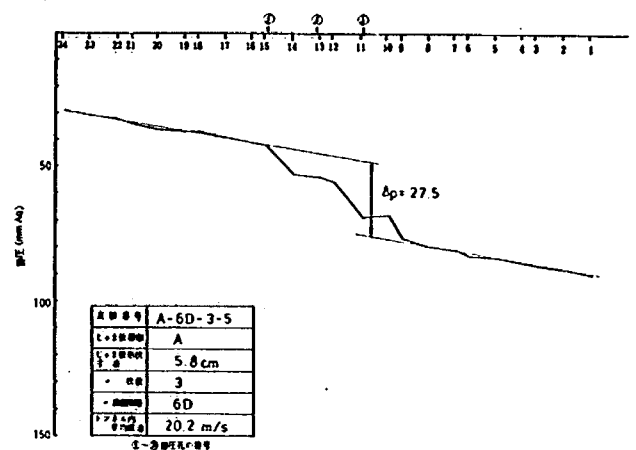
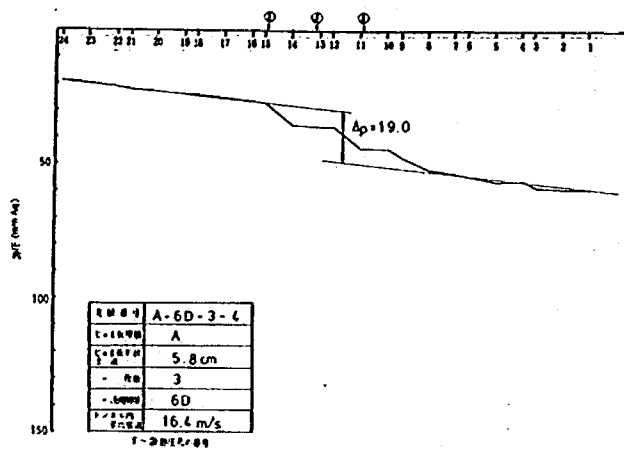
付図-3 (a) シェットの静圧分布



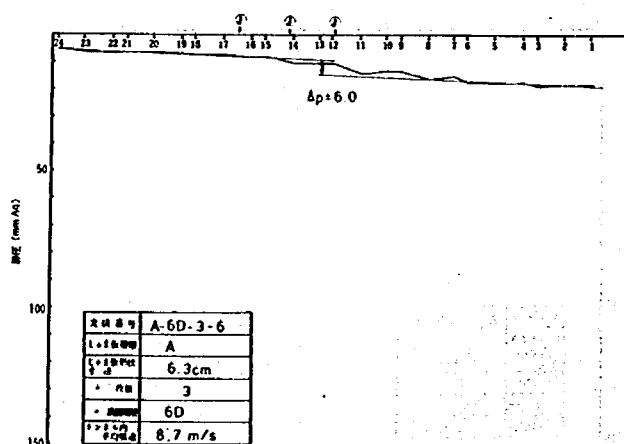
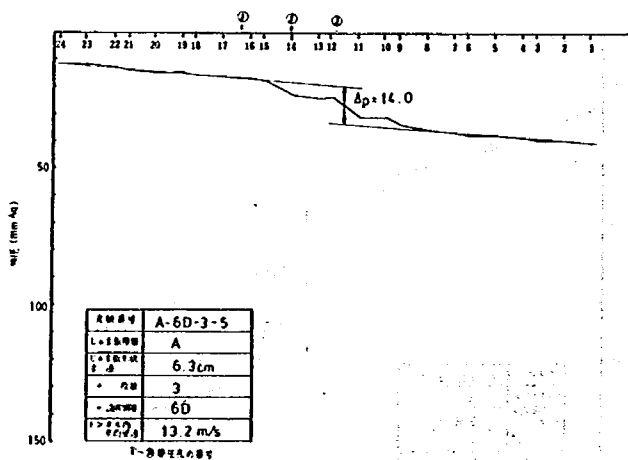
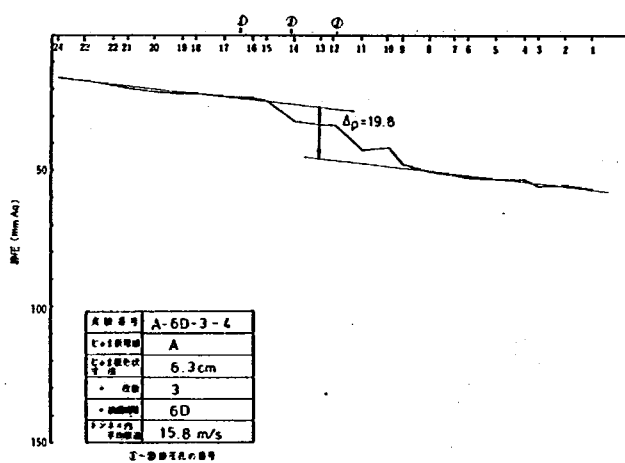
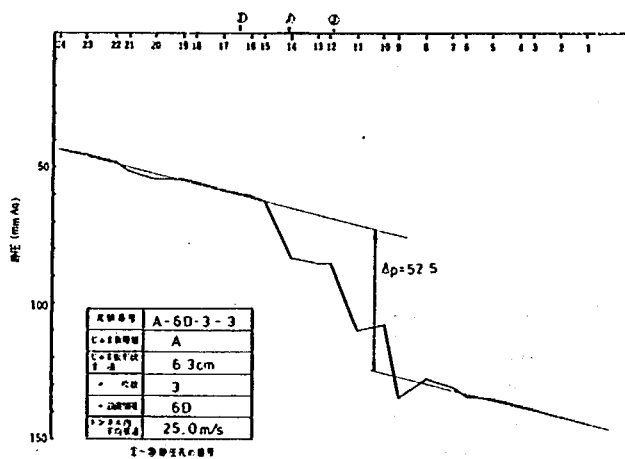
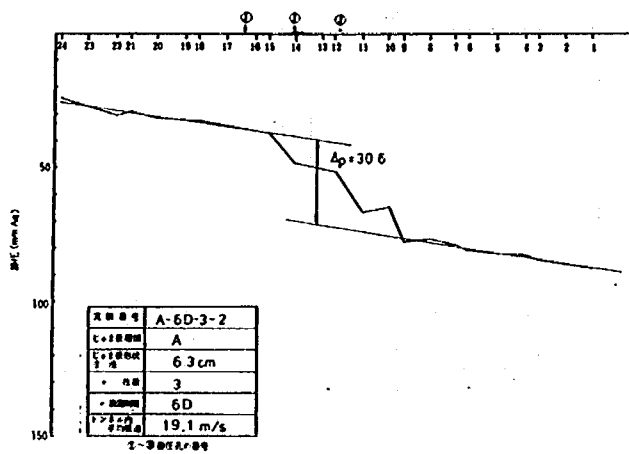
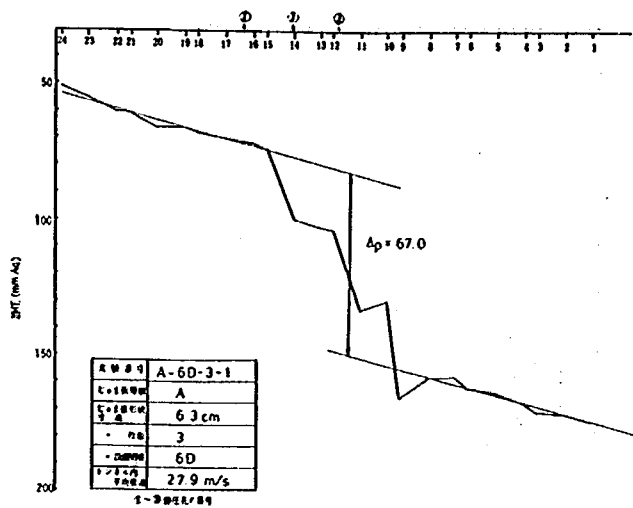
付図-3 じゃま板の静圧分布



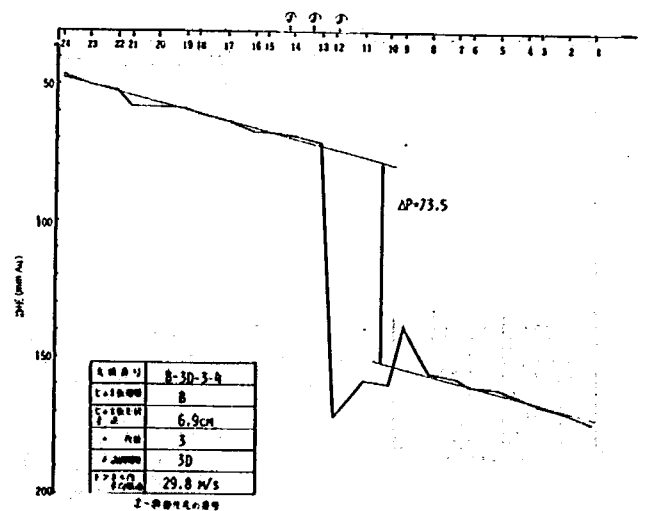
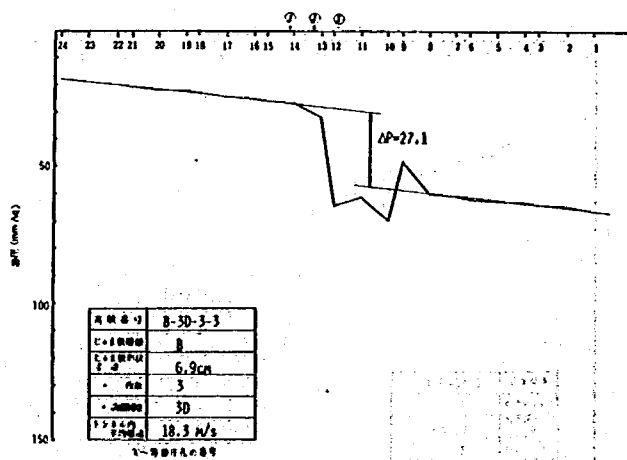
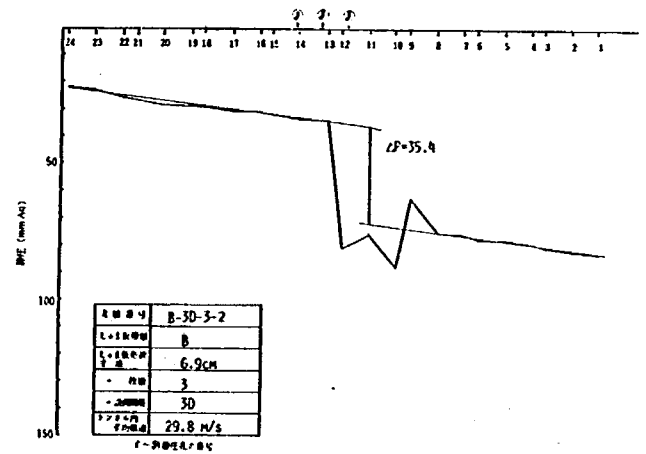
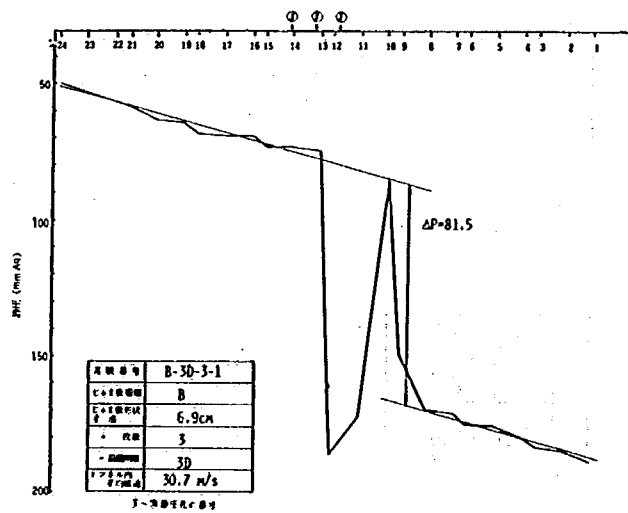
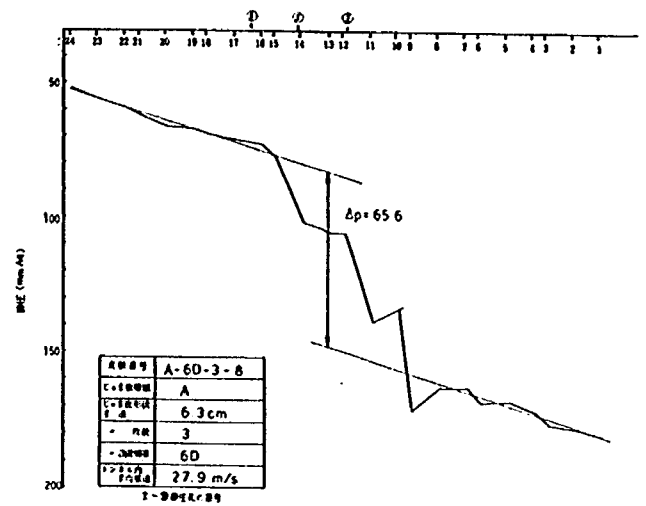
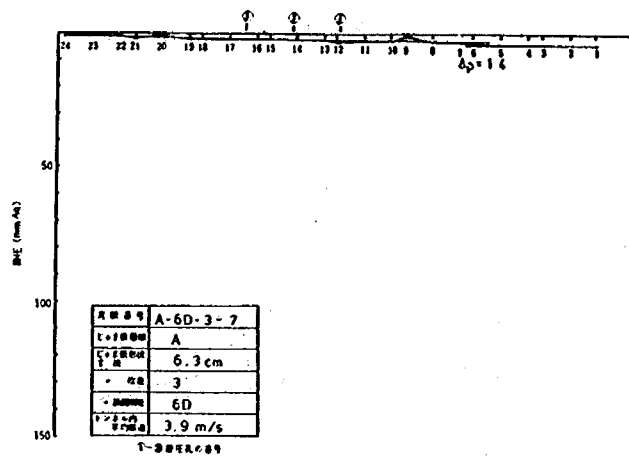
付図-3(35) じゃま板の静圧分布



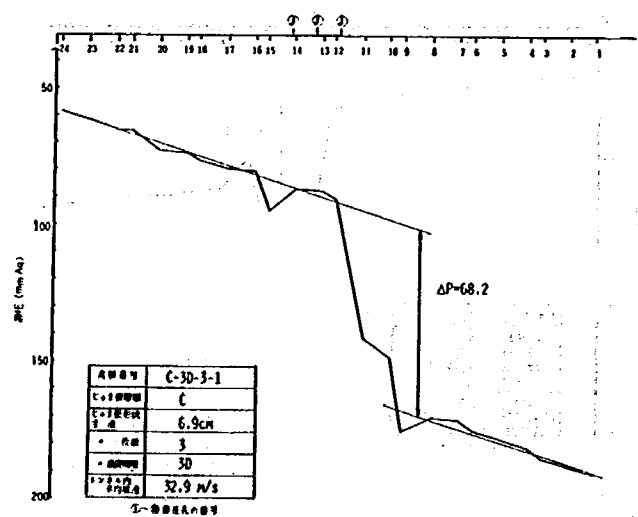
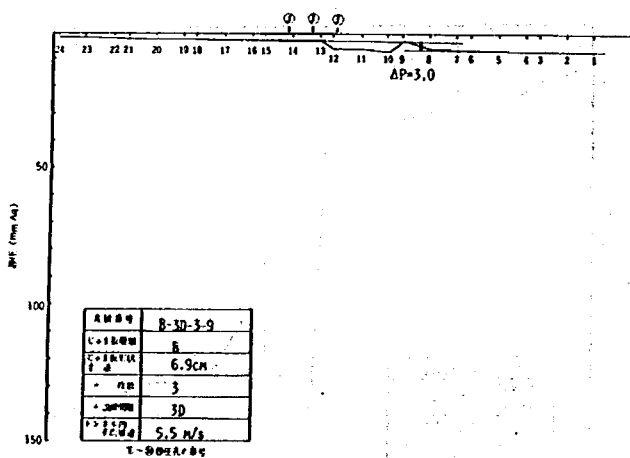
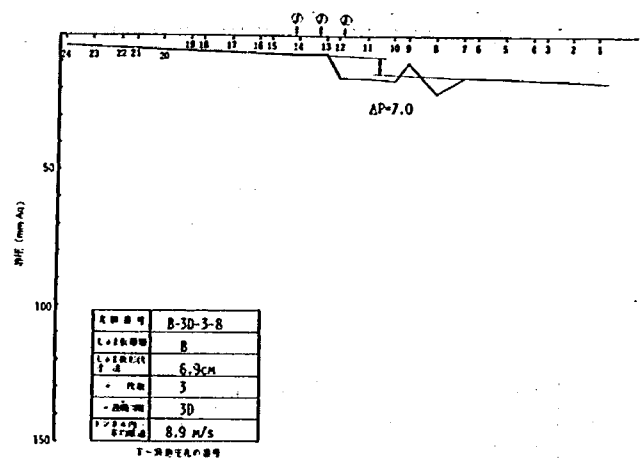
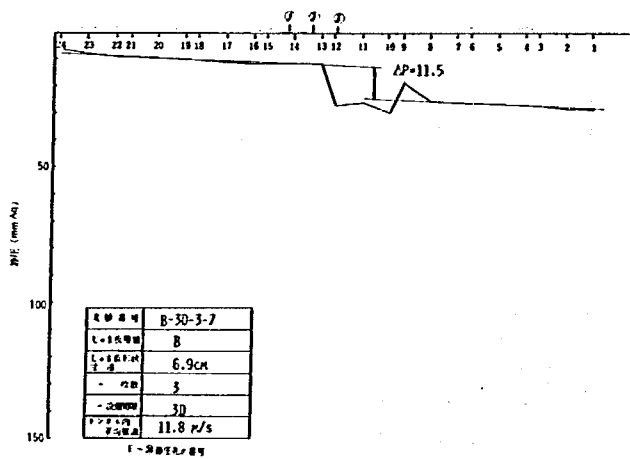
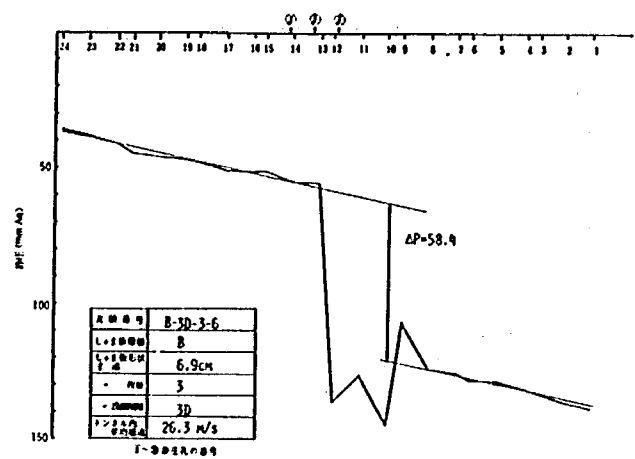
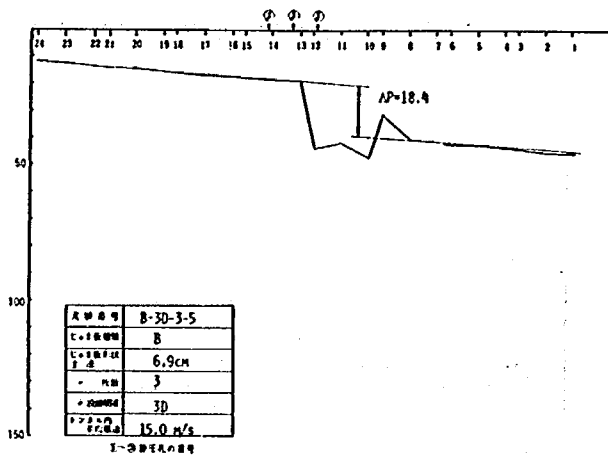
付図-3 (a) じゃま板の静圧分布



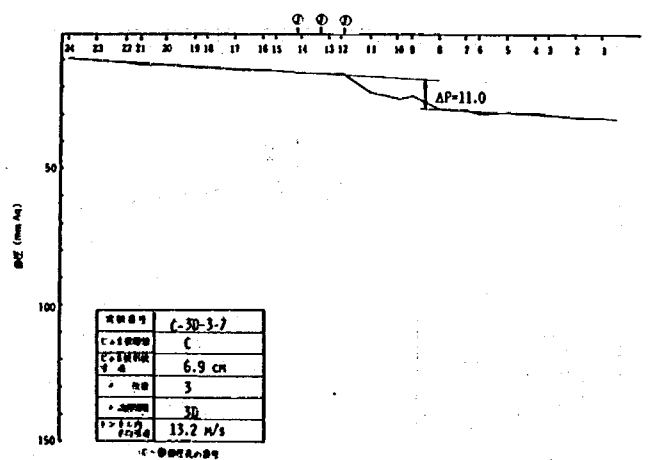
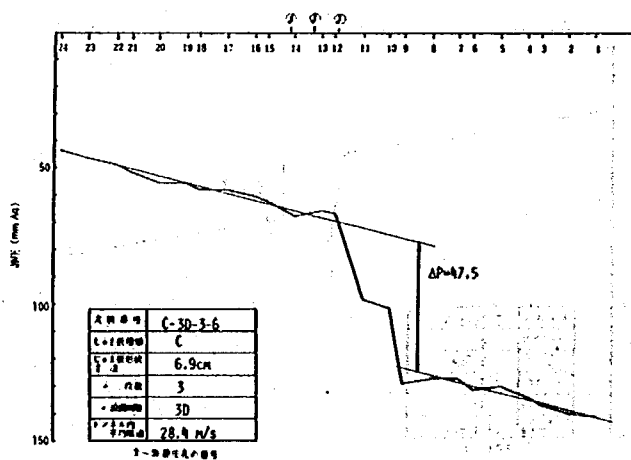
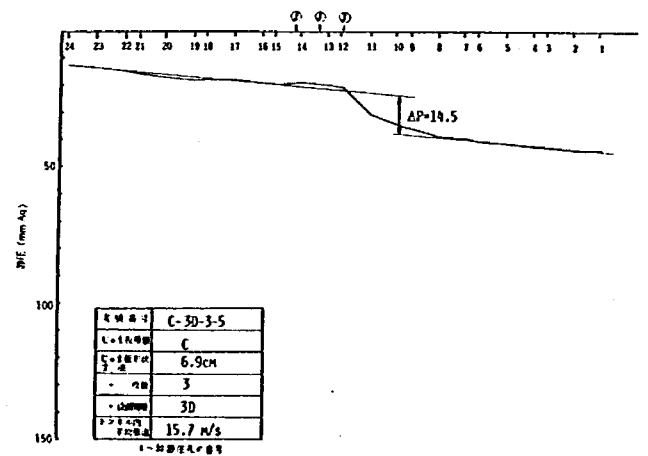
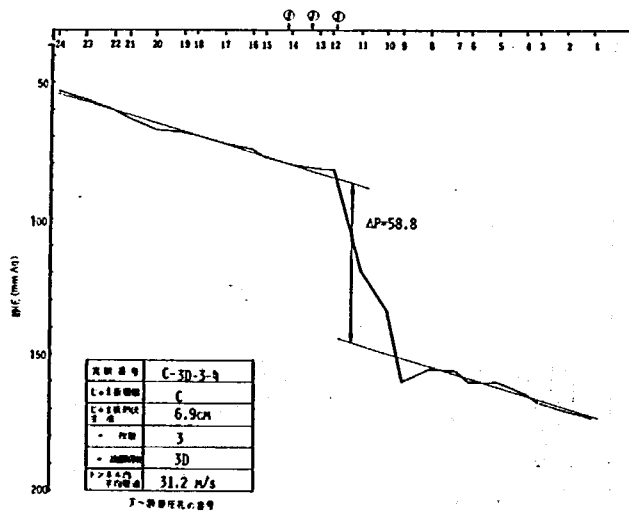
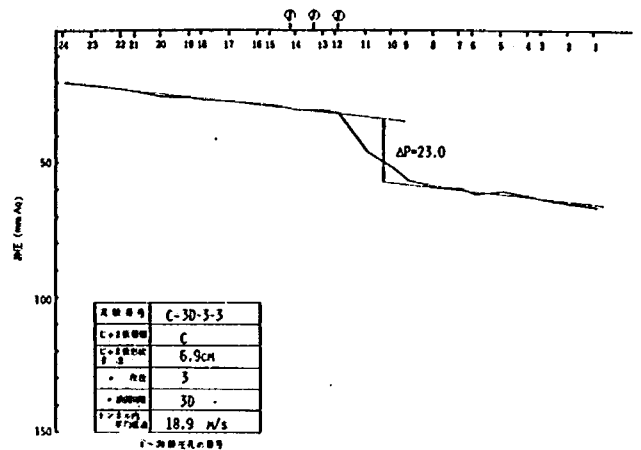
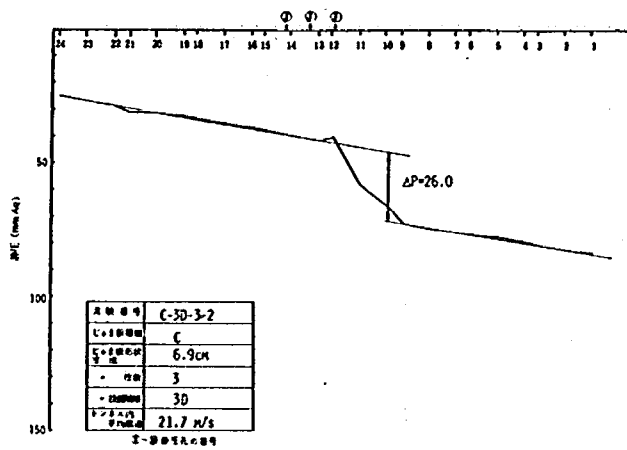
付図-3 (a) じゃま板の静圧分布



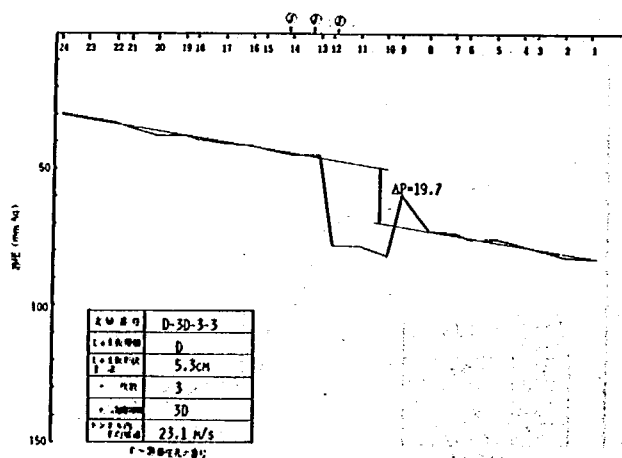
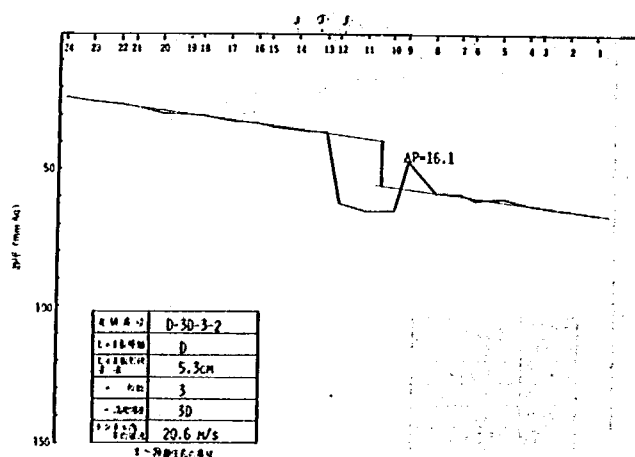
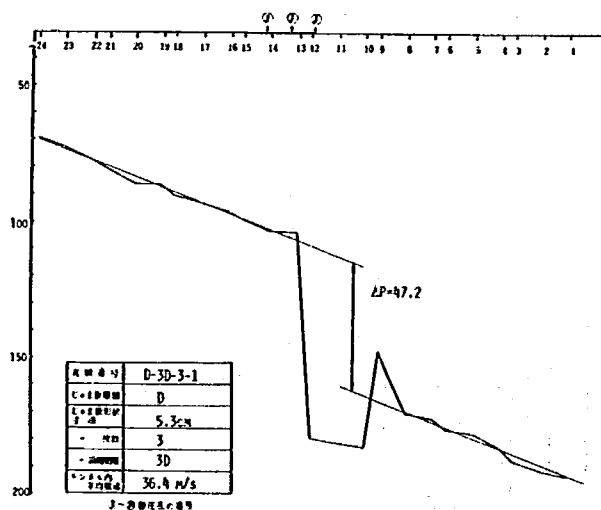
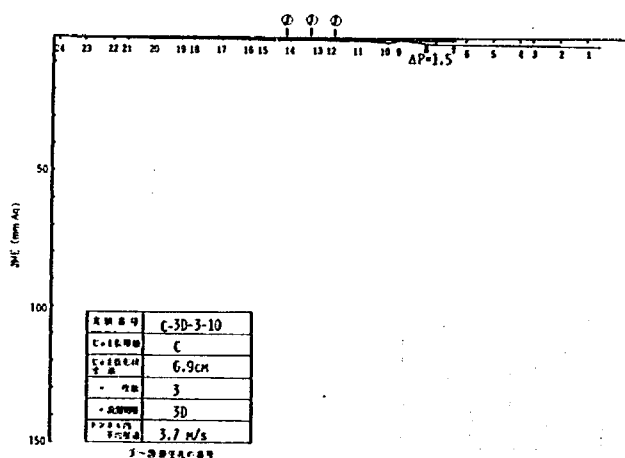
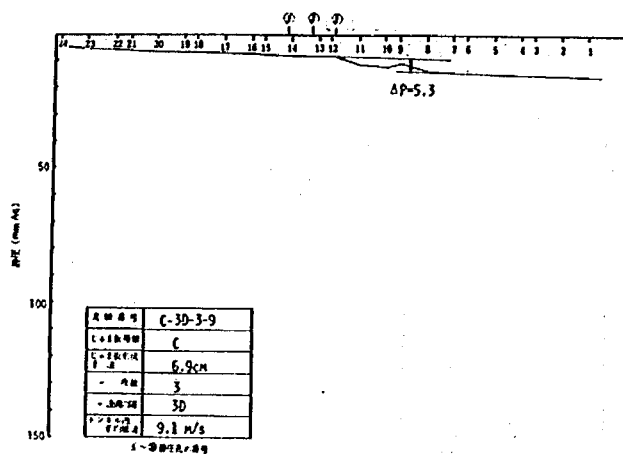
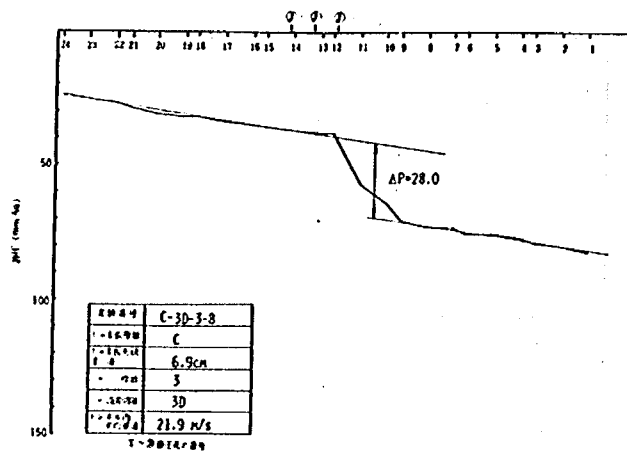
付図-3 (30) じゃま板の静圧分布



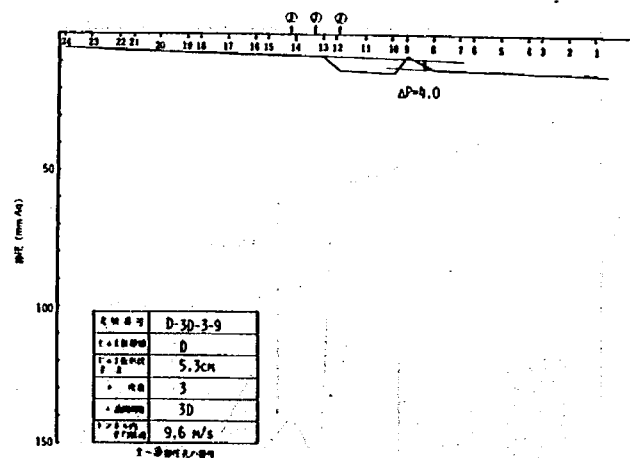
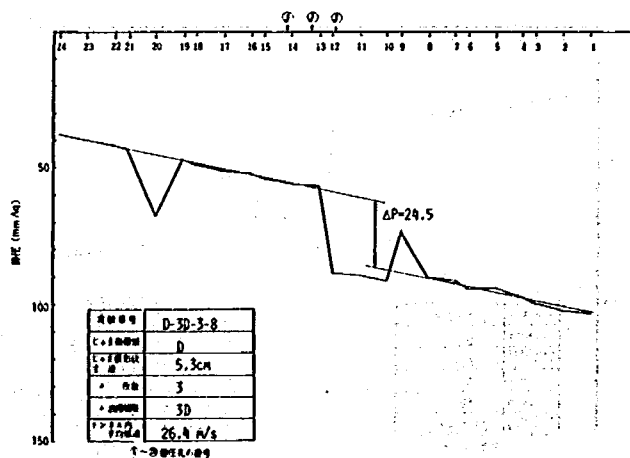
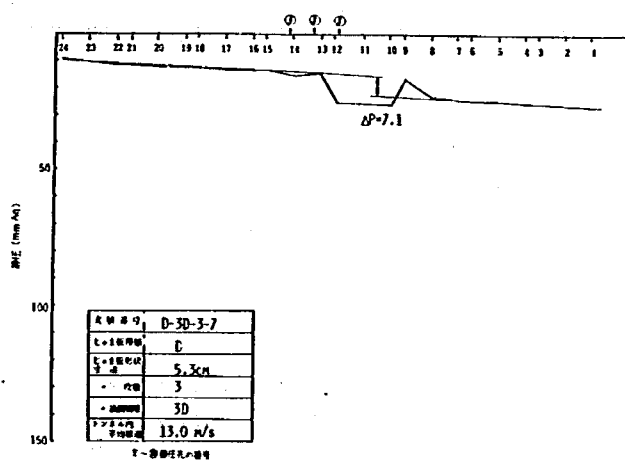
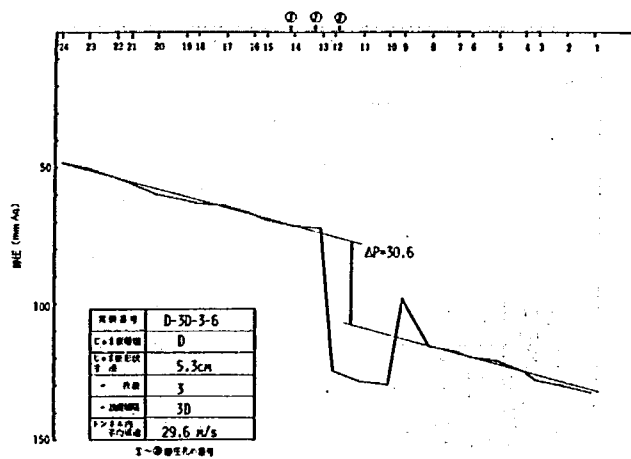
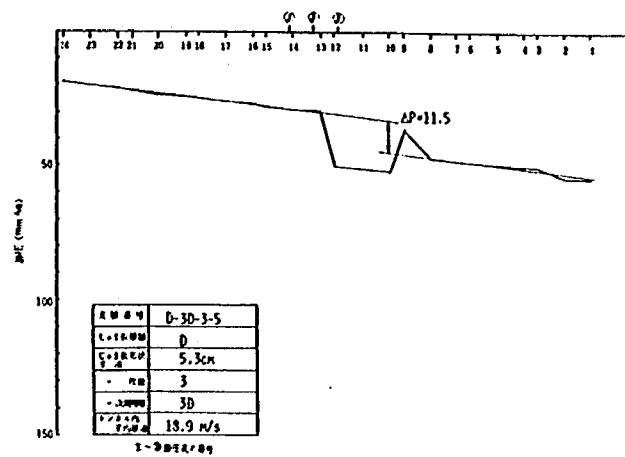
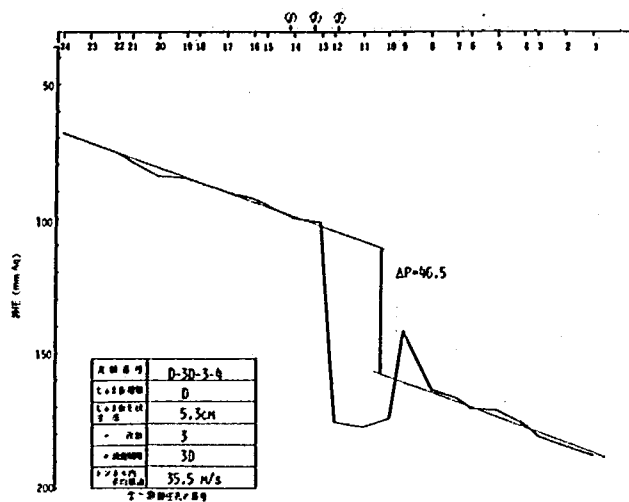
付図-3 (39) じゃま板の静圧分布



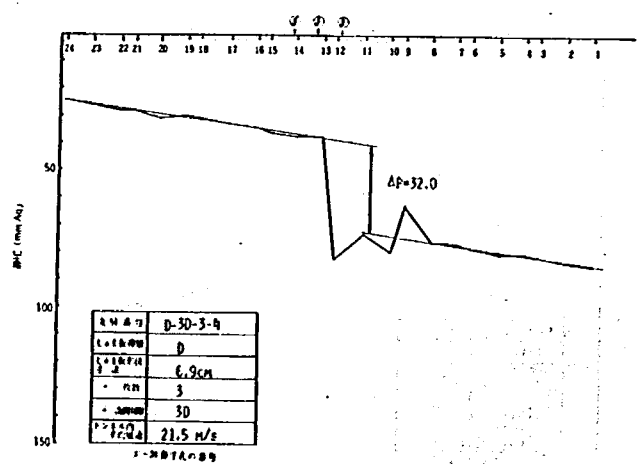
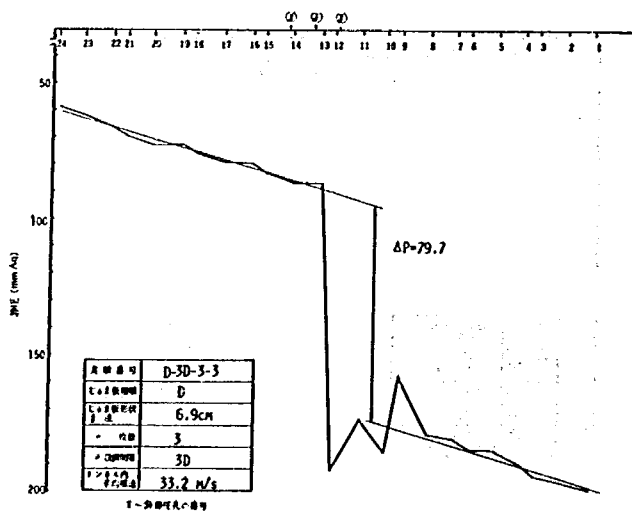
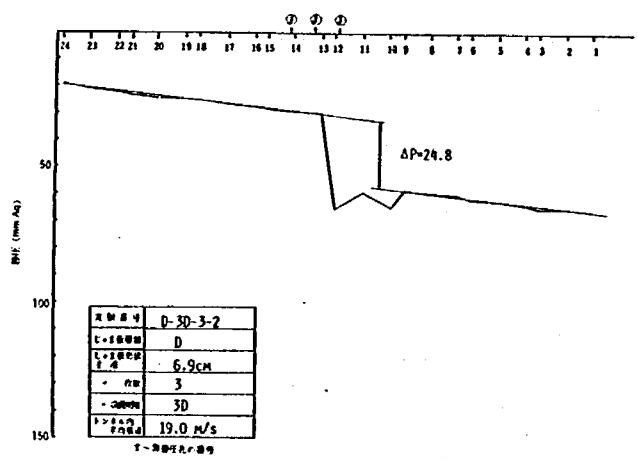
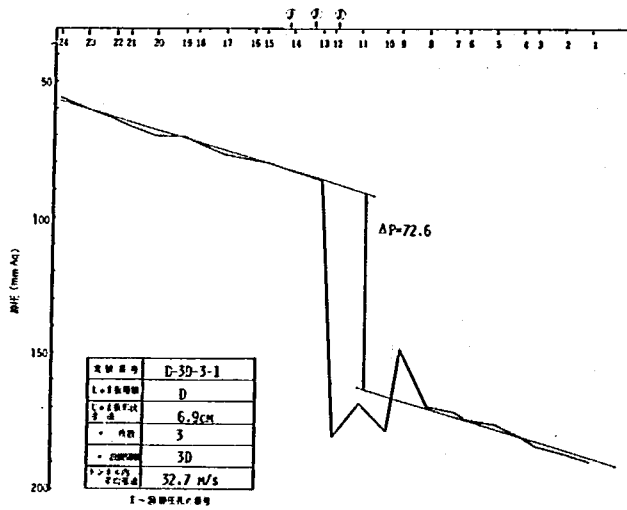
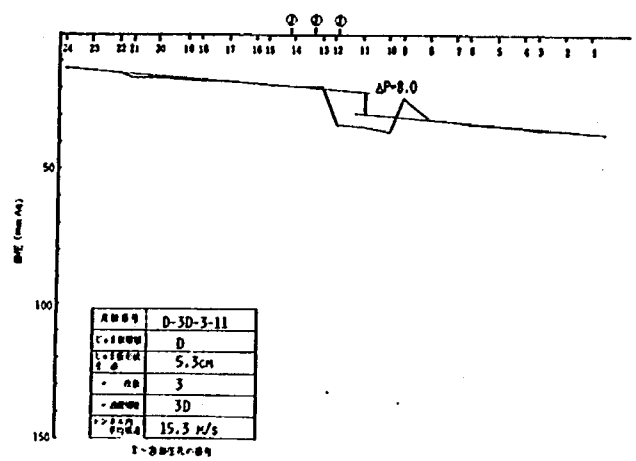
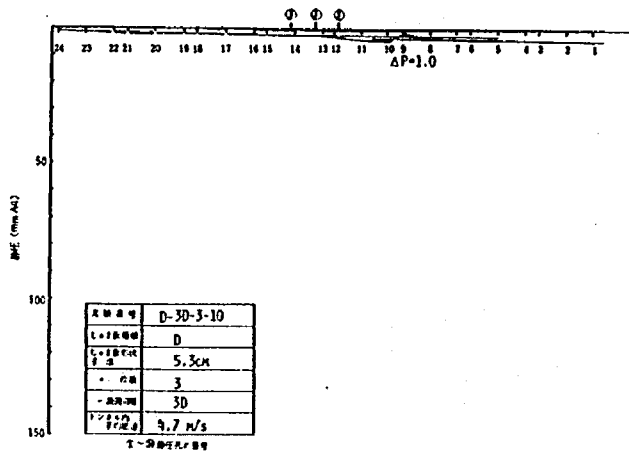
付図-3(4) ジャマ板の静圧分布



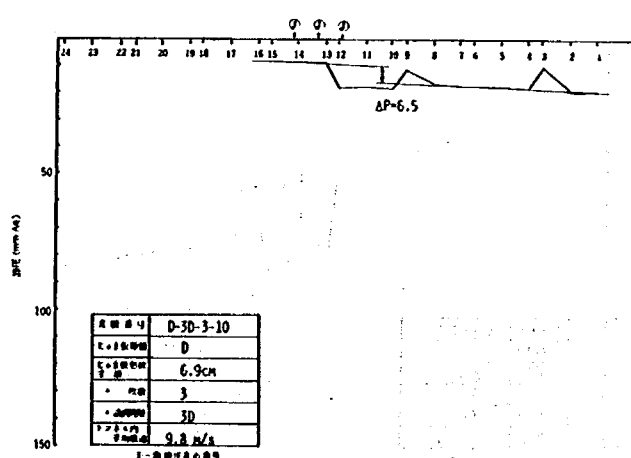
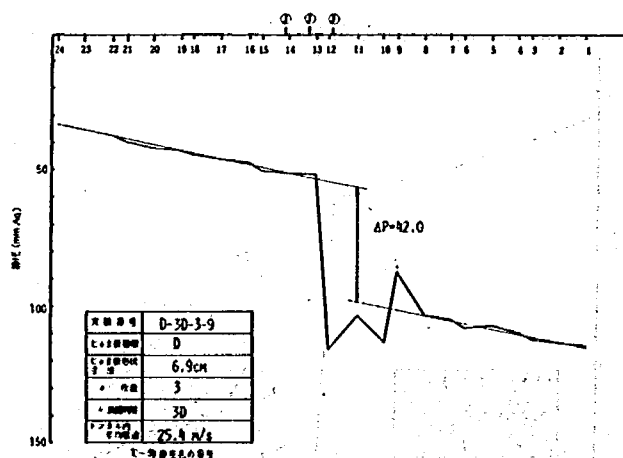
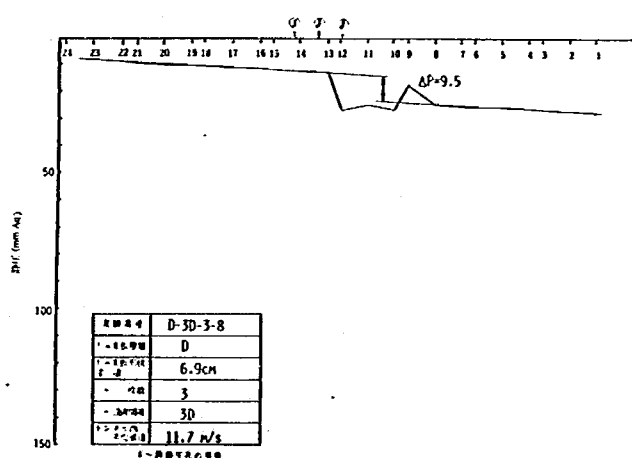
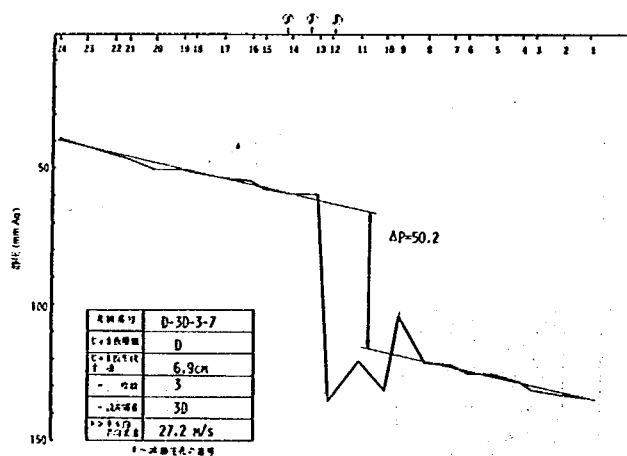
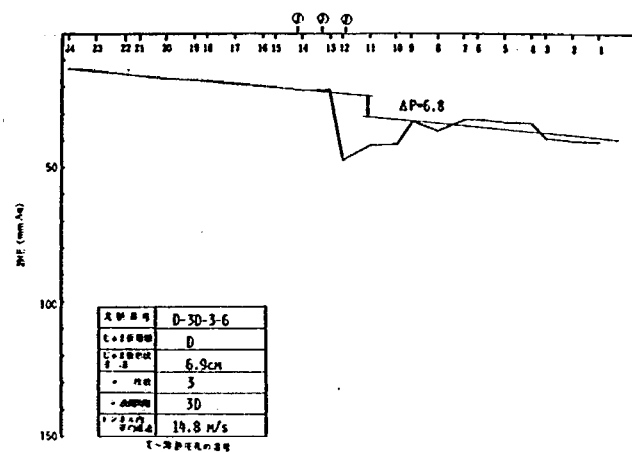
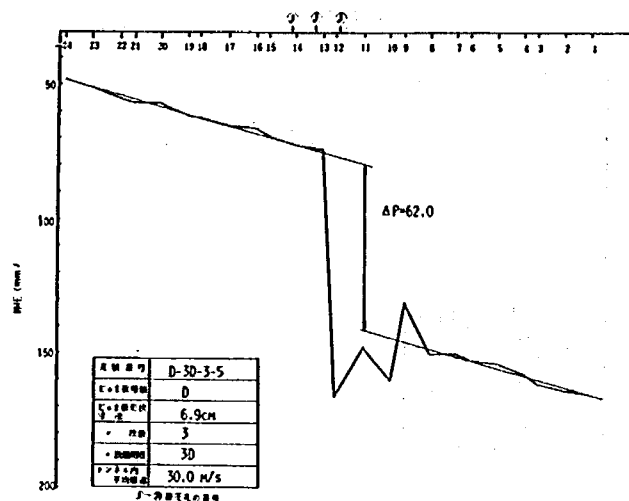
付図-3 (a) ジャマ板の静圧分布



付図-3(2) じゃま板の静圧分布

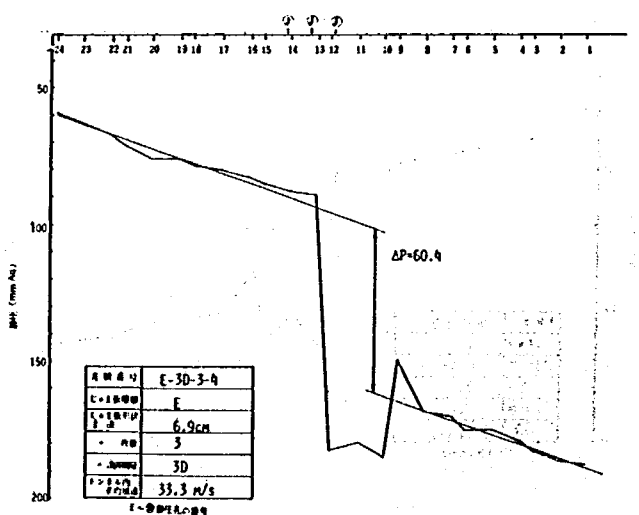
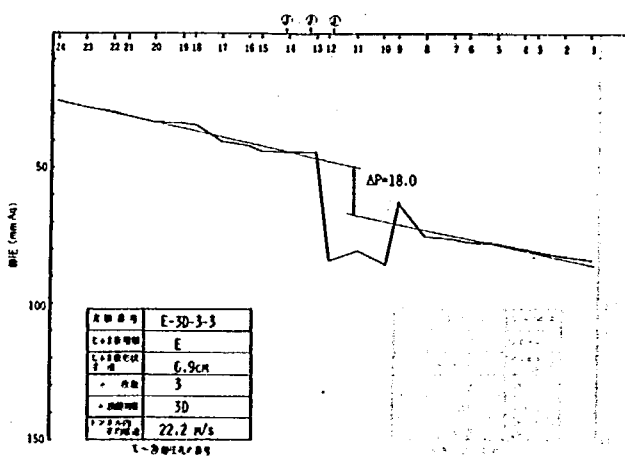
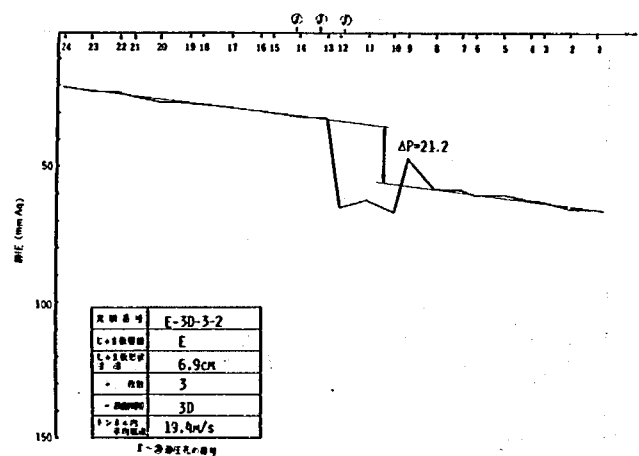
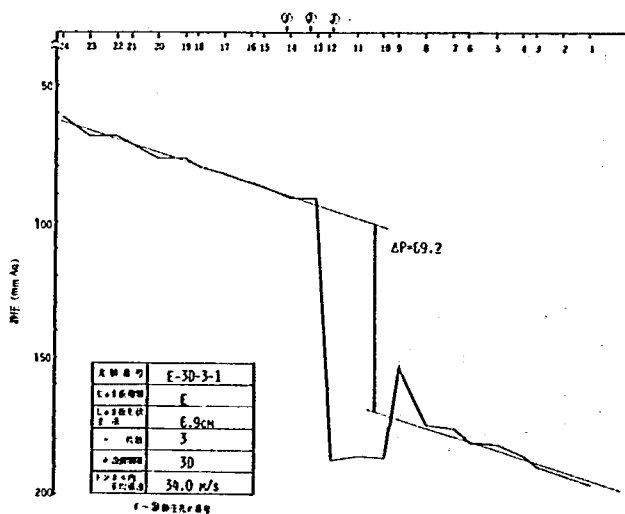
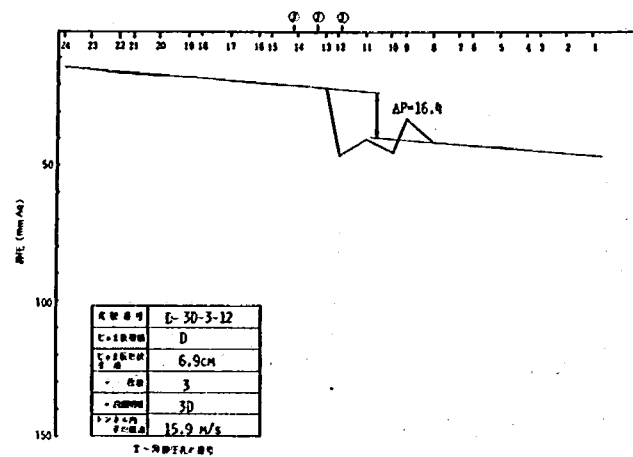
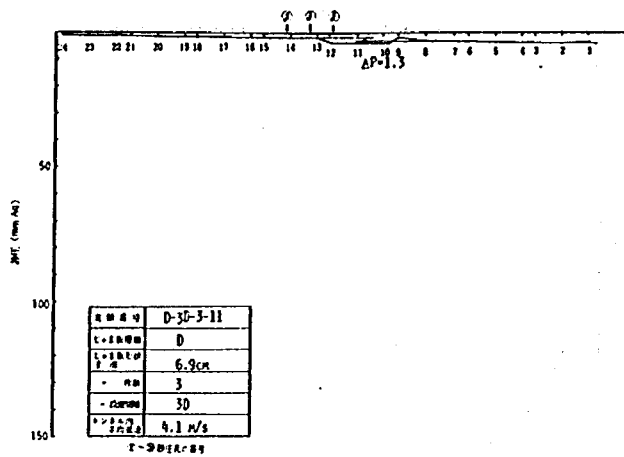


付図-3 (43) じゃま板の静圧分布

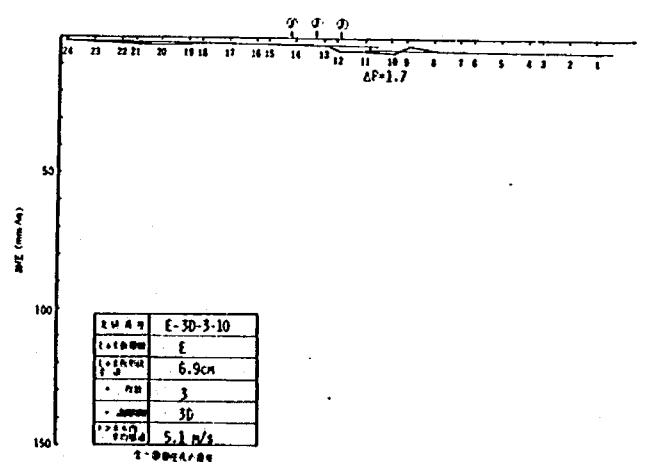
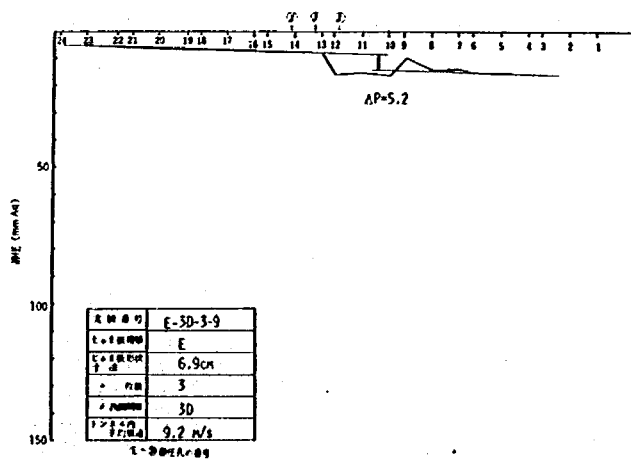
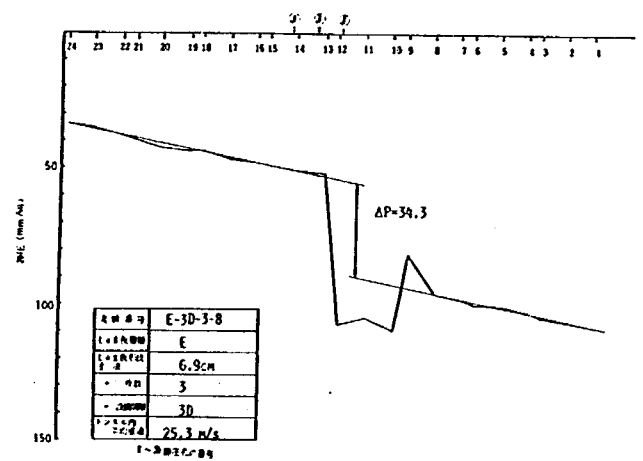
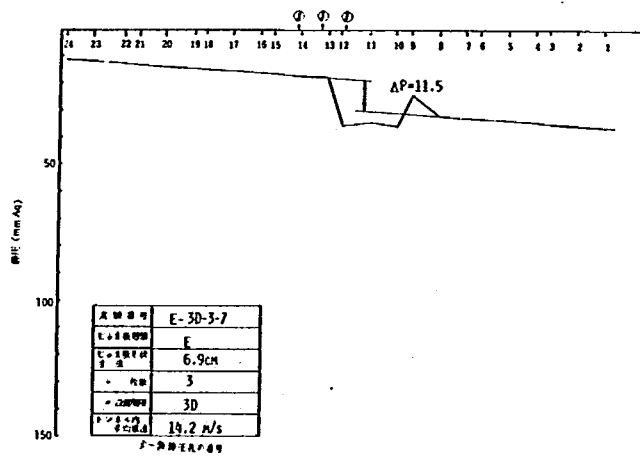
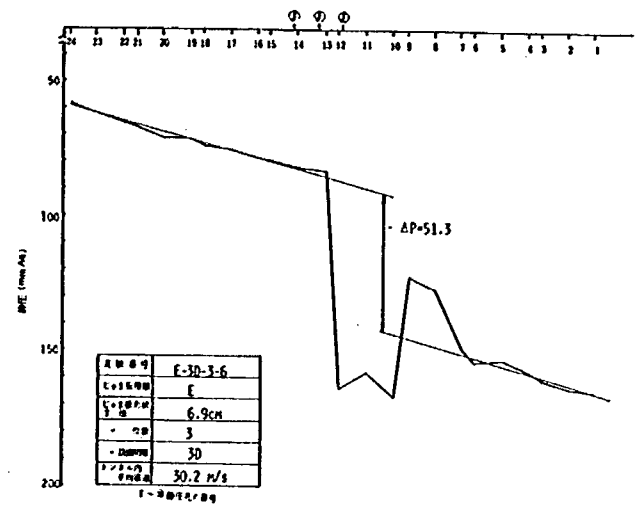
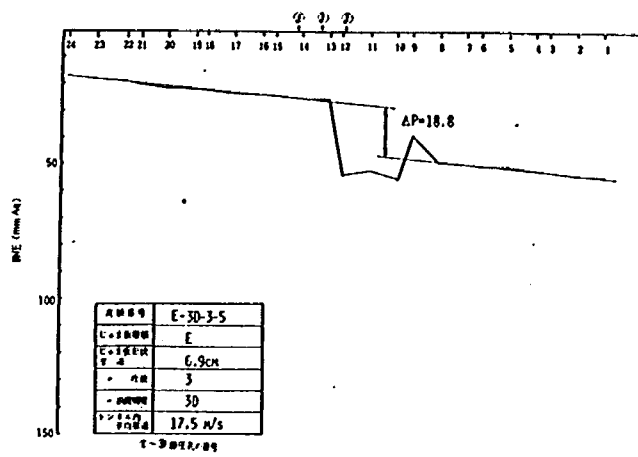


付図-3(44) じゃま板の静圧分布

単位: mm.Aq (静圧), mm (距離)



前(1)頁の図と並び、(2)～(4)図
付図-3(45) ジャマ板の静圧分布



付図-3(46) じゃま板の静圧分布



土木研究所資料第 1803 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印



縦流換気における風量制御方法の
じゃま板に関する模型実験

土木研究所資料第 1803 号
昭和 57 年 3 月 (1981)

(Model Tests on the Air control in a Long-itudinal Ventilation System using Jamaita(Air control plate)) 水谷 敏則, 堀内浩三郎
今田 徹, 石村 利明

キーワード

道路トンネル, 換気, 空気抵抗板損失係数 (じゃま板損失係数)

要 旨

本報告書は, 縦流換気における車道内の換気風を制御する
じゃま板の損失係数について報告するものである。



郵便はがき

40円切手
をはいて
下さい

305-□□

建設省土木研究所
トンネル研究室
行

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. 63

No. 63

配布先氏名

配布先住所

