

土 木 研 究 所 資 料

海洋構造物の設計外力及び耐荷力に
関する研究報告 (III—1981)

昭和57年3月

建設省土木研究所
構造橋梁部構造研究室

Copyright ©1982 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ってはならない。

序

当研究室では、海洋構造物の設計外力及び耐荷力に関して昭和51年度より調査を実施している。本年度は昨年度にひき続き、2本のパイプの3次元模型を用いてその渦励振特性を実験的に求めた。現在までに明らかとなった成果を報告する。

昭和 57 年 3 月

構造研究室 室 長	山 本 邦 夫
研究員	佐 藤 弘 史
	神 崎 一 夫

目 次

1. ま え が き	1
2. 実験方法および実験条件	1
2.1 気 流	1
2.2 模 型	2
2.3 計測方法およびデータ処理方法	2
3. 実 験 結 果	3
3.1 渦励振発現風速におよぼす影響	3
3.2 渦励振極大振幅におよぼす影響	3
4. ま と め	3
5. 今後の課題	4
参 考 文 献	4
表	5
図	12

1. ま え が き

近年、海中を陸上と同様に空間として利用しようとする時代の要請から各種の海洋構造物が注目をあびているが、これらの構造物は海中という特殊な条件にあることや、新しい構造形式の採用が考えられるため、作用する外力や耐荷力に関して不明確な点が少なくない。

当研究室では、昭和51年度より潮流作用下において海洋構造物としてのパイプ構造物が受ける流体力あるいは構造物が示す挙動について研究を実施してきた。現在までに実施した研究内容としては、パイプ構造物におよぼす潮流の影響を明らかにするための予備調査として、流れの中におかれたパイプあるいはパイプ列に作用する流体力およびパイプの振動について文献調査を行ったこと¹⁾、流れ方向に並列した2本のパイプに作用する定常的な流体力を明らかにするために、文献調査および2次元模型による風洞実験を行ったこと²⁾、流れ方向に並列した2本のパイプの渦励振特性を明らかにするために、2次元模型および3次元模型による風洞実験を行ったこと^{3) 4)}、潮流によるパイプ部材の渦励振の推定法を提案したこと³⁾、パイプ構造物の振動による疲労問題に対する設計法について文献調査を行ったこと³⁾、などが挙げられる。

とくに昨年度は、3次元パイプ模型2本を流れ方向に配置し、着目するパイプ部材の前後にパイプ部材があることにより、その渦励振特性がどのように変化するかを調べたが、2本のパイプの純間隔が小さい場合には、渦励振振幅は単体の場合に比べかなり大きくなる、という結果が得られた。今年度は2本の3次元パイプ模型を流れ直角方向および流れに対して斜め方向に配置させた場合についてその渦励振特性を実験的に求めた。

2. 実験方法および実験条件

2.1 気 流

使用した風洞は建設省土木研究所耐風工学実験施設内のフラッター風洞である。本風洞の諸元を表-1に示す。実験には乱れのほとんどない一様気流の他に、格子乱流も用いた。

使用した格子の諸元は、メッシュサイズ0.625 m、バーサイズ0.175 mである。

格子乱流の特性は以下のとおりである。

乱れ強さ；主流方向成分 24% (格子下流3.12 m) 14% (格子下流5.00 m)
11% (格子下流6.25 m) 8% (格子下流8.00 m)
鉛直方向成分 18% (格子下流3.12 m) 10% (格子下流5.00 m)
8% (格子下流6.25 m) 6% (格子下流8.00 m)

いずれも測定断面中央において測定したものであり、平均風速1 m/s以上では、乱れ強さはほぼ一定であった。

乱れのスケール；

L_x^u (主流方向風速の主流方向のスケール) および L_z^u (鉛直方向風速の主流方向のスケール)

測定胴断面中央において測定したデータから、MEM法によりパワースペクトルを求め、周波数 0 の成分からスケールを計算すると、 L_x^u 、 L_z^u は格子からの距離に対してほとんど変動しないが、平均風速とともに増加する傾向を示し、平均風速 1 m/s ~ 11 m/s の間で、 L_x^u は 0.3 m ~ 0.7 m、 L_z^u は 0.1 m ~ 0.5 m であった。

L_y^u (主流方向風速の主流直角水平方向のスケール) および L_z^v (鉛直方向風速の主流直角水平方向のスケール)

測定胴中央の高さにおいて、主流直角方向にトラバースして得られたデータから相関係数を求め、これよりスケールを計算すると、 L_y^u 、 L_z^v は平均風速および格子からの距離に対してはほとんど変動せずに、 L_y^u は 0.4 m ~ 0.5 m、 L_z^v は 0.1 m ~ 0.2 m であった。

2.2 模 型

模型は直径 50 mm および 70 mm の 2 種類のアルミパイプを用いた。模型は格子を設置した測定胴上流端より約 8 m ほど下流に鉛直にたて、測定胴上下方の内壁に単純支持の条件を満足するようにユニバーサルジョイントを介して設置した。2 本のパイプは、流れ直角方向あるいは流れに対して斜め 45° の方向に並列して設置した。模型の諸元および設置位置を図-1、および図-2 にそれぞれ示す。

パイプの振動はひずみ型加速度計により計測した。パイプの 1/2 点および下方 1/4 点の主流方向および主流直角方向の振動を測定するために、1 体のパイプの内部に 4 台の加速度計を組み込んだ。加速度計の取付け位置および実験結果の整理の便宜上つけた加速度計の番号を図-3 に示す。

加速度計を組み込んだパイプ模型の構造特性を表-2 に示す。表の固有振動数および対数減衰率の実測値は、無風時に模型に力を加え変位させ、瞬時に力を取り去り自由振動させたときの加速度記録より読み取ったものであり、多少のバラツキを含む。

パイプの純間隔はパイプ直径の 1 倍、3 倍および 9 倍にそれぞれ定めた。実験ケースをとりまとめ、表-3 に示す。

2.3 計測方法およびデータ処理方法

一様気流中における気流の計測には、ピトー管および精密微差圧計を用い、格子乱流中における気流の計測には熱線風速計を用いた。

パイプの振動は、2.2 に述べたように模型内部に組み込んだ加速度計により計測した。用いた加速度計を表-4 に示す。加速度から変位を求める際には、加速度の時系列データをフーリエ変換し、周波数領域で積分操作をした。これより振動変位の標準偏差を求める場合は、低周波数における雑音の悪影響を避けるために、ある遮断周波数 f_1 以下の成分を除去することにした。この遮断周波数 f_1 の設定にあたっては、数ケースのデータを用いて f_1 を 0 Hz から模型の固有振動数 f_0 まで変化させ、そのときの振動変位の標準偏差 σ_x の変化を調べた。その結果 f_1 が 0 Hz から $1/2 f_0$ に変化する際は、 σ_x も減少を続けるが、 $1/2 f_0$ から f_0 に変化する際には、 σ_x はほぼ一定の値をとることが明らかになったため、 f_1 は $1/2 f_0$ の値に設定した。

3. 実験結果

風速 (U)、レイノルズ数 (Re)、無次元風速 (V/NB , B はパイプ直径) と渦励振振幅標準偏差 (σ_A) の関係を図-4 ~ 図-6 に示す。また、それぞれの図に対応する条件を表-5 に示す。図-4 は、主として 2 本のパイプの間隔が渦励振におよぼす影響を明らかにするために作成したものであり、また、図-5 は気流の影響を明らかにするために、図-6 は設定角度の影響を明らかにするために、それぞれ作成したものである。さらに、今回の実験結果を総括的に見るために、渦励振の極大振幅が発生した風速、レイノルズ数、無次元振動数および振動変位の標準偏差 (以下極大振幅標準偏差とよぶ) を表-6 にまとめた。参考のため、昨年度実施した単体パイプにおける結果を表-7 に示す。これらの図表より、渦励振の発現風速、極大振幅におよぼす近接パイプの影響を述べると、以下の通りである。

3.1 渦励振発現風速におよぼす影響

渦励振振幅が極大となる無次元風速 ($(V/NB)_{cr}$) あるいはその逆数の無次元振動数 ($(NB/V)_{cr}$) に着目する。設定角度が 45° の場合は、パイプ間隔がせまい ($1D$) ときは $(V/NB)_{cr}$ が単体のそれより 4 割 ~ 5 割程度大きく、パイプ間隔を大きくするに従い、単体のそれに近づく。設定角度が 90° の場合は、パイプ間隔にかかわらず単体の値に近い値を示す。ただし、気流が乱れを含む場合には、パイプ間隔をかなり大きく ($9D$) しても、 $(V/NB)_{cr}$ は単体のそれよりも若干大きい。以上の特性は、パイプの径 (50mm , 70mm)、振動モード (1 次, 2 次) にかかわらず、全般にわたりあてはまる。

3.2 渦励振極大振幅におよぼす影響

振幅におよぼす影響を概観するため、各ケースの渦励振極大振幅標準偏差 (σ_A) を対応する単体パイプの σ_A で除して、図-7 に示す。なお、同図には、昨年度実施した設定角度 0° のデータもあわせて示した。図-7-1 の一様気流中における結果より、パイプ間隔がせまい ($1D$) 場合には、単体パイプの σ_A の数倍から数十倍の振動が起こりうる事がわかる。ただし、その影響度は、設定角度、パイプ直径、振動モードにより異なる。例えば、直径 70mm のパイプでは、斜め下流以外にパイプが近接して配置されれば単体パイプに比べ渦励振振幅が大きくなるのに対し、直径 50mm パイプの 1 次モードの振動では斜め上流にパイプを近接して配置した場合だけ振幅が大きくなり、同パイプの 2 次モードの振動では、流れ直角方向以外にパイプが近接して配置されれば振幅が大きくなる。また、気流が乱れを含む場合には、直径 70mm のパイプでは一様気流中と同様の特性を示すが、直径 50mm の 2 本パイプの σ_A は、乱流中の単体パイプのそれに比べ、顕著な増加は見られない。

4. ま と め

昨年度および今年度実施したパイプ 3 次元模型の風洞実験より、2 本のパイプが近接して配置される場合には、渦励振の発現風速および発現振幅特性が単体パイプに比べかなり異なることが明らかとなった。この

うち、発現風速については単体パイプのそれより高くなるため構造物にとっては安全側であるが、振幅は、場合によっては単体パイプの数十倍にもなるおそれがあるため、充分に注意する必要がある。

5. 今後の課題

今年度の調査により、限られたレイノルズ数範囲ではあるが、近接して設置された2本のパイプの渦励振特性が明らかとなった。しかしながら、近接することによりなぜ振幅が増大するのか、またその増大のしかたが、パイプの径、振動モードにより定性的にもなぜ異なるのか、等については不明の点が多い。

来年度は、これらの問題を解決すべく補足的な実験を実施し、パイプ構造物に作用する潮流力、およびそれによるパイプ構造物の振動についてとりまとめを行うつもりである。

参考文献

1. 建設省土木研究所構造研究室；パイプ構造物におよぼす潮流力に関する文献調査，土木研究所資料第1231号，昭和52年3月
2. 建設省土木研究所構造研究室；複数パイプに及ぼす流体力に関する調査，土木研究所資料第1370号，昭和53年3月
3. 建設省土木研究所構造研究室；海洋構造物の設計外力及び耐荷力に関する研究報告（Ⅰ－1979），土木研究所資料第1560号，昭和55年3月
4. 建設省土木研究所構造研究室；海洋構造物の設計外力及び耐荷力に関する研究報告（Ⅱ－1980），土木研究所資料第1655号，昭和56年3月

表-1 フラッター風洞諸元

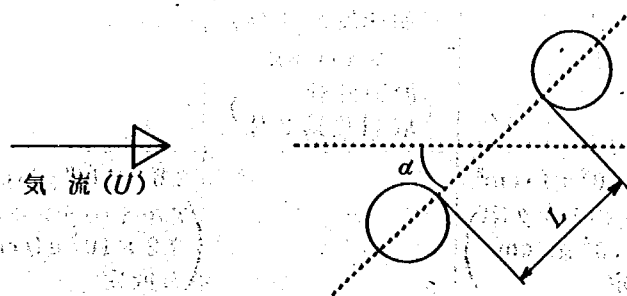
風 洞 形 式			単 回 路 還 流 式
主 要 寸 法	測 定 胴	幅 (mm)	2,500
		高 (mm)	4,000
		長 (mm)	10,000
	縮 流 胴	入 口 (mm×mm)	7,000×8,500
		出 口 (mm×mm)	2,500×4,000
		縮流比	5.95
	風 路 全 長 (mm)		115,000
送 風 機	形 式		固定ピッチ動翼軸流式
	動 翼 直 径 (mm)		4,000
	有 効 全 圧 (mm Ag)		40.0
	風 量 (m³/s)		242.0
	回 転 数 (rpm)		400.0
	容 量 (kw)		250.0
気 流	最 大 風 速 (m/s)		25.0
	乱 れ 率 (%)		0.5 % 以下
付 属 計 測 機 器 等			三分力天秤 フラッタ模型支持装置 乱流発生装置 データ処理装置

表-2 パイプ模型の構造特性

	直 径 50 mm の パ イ プ		直 径 70 mm の パ イ プ	
	計 算 値	実 測 値	計 算 値	実 測 値
質 量	12.2 g/cm (アルミ密度 2.75 g/cm³と 仮定)	4.521 kg (アルミパイプ367cm) 1.446 kg (取付治具2体) 0.052 kg (加速度計4体) 0.410 kg (加速度計 取付治具2体)	17.4 g/cm (アルミ密度 2.75 g/cm³と 仮定)	6.365 kg (アルミパイプ367cm) 2.900 kg (取付治具2体) 0.052 kg (加速度計4体) 0.834 kg (加速度計 取付治具2体)
曲げ剛体(EI)	$8.9 \times 10^9 \text{ gf} \cdot \text{cm}^2$ (アルミのヤング率 $7.2 \times 10^8 \text{ gf/cm}^2$ と仮定)		$2.6 \times 10^{10} \text{ gf} \cdot \text{cm}^2$ (アルミのヤング率 $7.2 \times 10^8 \text{ gf/cm}^2$ と仮定)	
固有振動数(曲げ)	9.1 Hz (1次) 36 Hz (2次) (単純支持, 長さ 382 cmのパイプ と仮定)	8.4 Hz (1次)	12.9 Hz (1次) 52 Hz (2次) (単純支持, 長さ 382 cmのパイプ と仮定)	11.6 Hz (1次)
対数減衰率		0.1 (曲げ1次)		0.1 (曲げ1次)

表-3 実験ケース一覧表

Case No	パイプ直径 D (m)	設定角度 α (deg)	パイプ間隔 L	気 流	実験したレイ ノルズ数範囲 $\times 10^4$	備 考
001	0.050	45	1 D	一 様 流	0.15 ~ 4.50	
002			3 D			
003			9 D			
004			9 D	格 子 乱 流	0.10 ~ 5.50	
005			3 D			
006			1 D			
007	0.070	45	1 D	一 様 流	0.15 ~ 4.00	007 以後グリスアップをする。
008			3 D			
009			9 D			
010			3 D	一 様 流	0.25 ~ 5.10	
011			1 D			
012			9 D			
013		90	9 D	格 子 乱 流	0.15 ~ 4.00	2チャンネル加速度計交換
014			3 D			
015			1 D			
016			1 D	格 子 乱 流	0.10 ~ 5.50	
017			3 D			
018			9 D			
019	0.050	90	9 D	一 様 流	0.15 ~ 4.50	8チャンネル加速度計交換
020			3 D			
021			1 D			
022			1 D	一 様 流	0.15 ~ 4.50	
023			3 D			
024			9 D			



U : 風速 (m/s)

D : パイプの直径 (mm)

L : パイプの純間隔 (直径の何倍で表示する。)

α : 設置角度 (DEG)

表-4 加速度計の製造番号および校正係数

チャンネル	製造番号	校正係数($g/1 \times 10^{-6}$ strain)	取付位置
1	C D 0328	0.01131	U (LE) -2-P
2	C D 0332	0.01093	U (LE) -2-L
	C D 4896	0.011405	
3	C D 0347	0.01086	U (LE) -4-P
4	C D 0348	0.01130	U (LE) -4-L
5	C D 0350	0.01149	D (RI) -2-P
6	C D 0351	0.009643	D (RI) -2-L
7	C D 0352	0.01048	D (RI) -4-P
8	C D 0353	0.01117	D (RI) -4-L
	C D 4907	0.01104	

備考

- (1) 2チャンネル下段の数値は Case No 013 以後に使用した。
- (2) 8チャンネル下段の数値は Case No 019 以後に使用した。
- (3) 取付位置は図-3 の表示に従った。

表-5-1 図-4 に関する実験条件

気流	設定角度 (deg)	パイプ直径 (mm)	チャンネル	Case No	図番
一様流	45	50	1, 5	001, 002, 003	4 - 1
			3, 7	001, 002, 003	4 - 2
		70	1, 5	010, 011, 012	4 - 3
	90	50	1, 5	022, 023, 024	4 - 4
			3, 7	022, 023, 024	4 - 5
		70	1, 5	013, 014, 015	4 - 6
乱流	45	50	1, 5	004, 005, 006	4 - 7
			3, 7	004, 005, 006	4 - 8
		70	1, 5	007, 008, 009	4 - 9
	90	50	1, 5	019, 020, 021	4 - 10
			3, 7	019, 020, 021	4 - 11
		70	1, 5	016, 017, 018	4 - 12

表-5-2 図-5に関する実験条件

パイプ直径 (mm)	設定角度 (deg)	着目した加速度計	パイプ間隔	Case No		図 番
				一様流	格子乱流	
50	45	$D-4-P$	1 D	001	006	5-1
			3 D	002	005	
			9 D	003	004	
50	45	$D-2-P$	1 D	001	006	5-2
			3 D	002	005	
			9 D	003	004	
50	90	$Ri-4-P$	1 D	022	021	5-3
			3 D	023	020	
			9 D	024	019	
50	90	$Ri-2-P$	1 D	022	021	5-4
			3 D	023	020	
			9 D	024	019	
70	45	$D-2-P$	1 D	011	007	5-5
			3 D	010	008	
			9 D	012	009	
70	90	$Ri-2-P$	1 D	015	016	5-6
			3 D	014	017	
			9 D	013	018	

表-5-3 図-6に関する実験条件

気 流	パイプ直径 (mm)	着目した加速度計 [※]	パイプ間隔	Case No		図 番
				45°Down	90°Right	
一 様 流	50	$D-2-P$ $Ri-2-P$	1 D	001	022	6-1
			3 D	002	023	
			9 D	003	024	
		$D-2-P$ $Ri-2-P$	1 D	001	022	6-2
			3 D	002	023	
			9 D	003	024	
	70	$D-2-P$ $Ri-2-P$	1 D	011	015	6-3
			3 D	010	014	
			9 D	012	013	
格 子 乱 流	50	$D-2-P$ $Ri-2-P$	1 D	006	021	6-4
			3 D	005	020	
			9 D	004	019	
		$D-2-P$ $Ri-2-P$	1 D	006	021	6-5
			3 D	005	020	
			9 D	004	019	
	70	$D-2-P$ $Ri-2-P$	1 D	007	016	6-6
			3 D	008	017	
			9 D	009	018	

※ 上段の記号は設置角度 45°の場合の加速度計を示し、下段の記号は 90°の場合の加速度計を示す。

表-6-1 極大振幅発生時の諸数値

(パイプ直径: 50mm, 気流: 一様流)

設定角度	着目するパイプ	パイプ間隔	風速 (m/s)	レイノルズ数 $\times 10^4$	無次元振動数	極大振幅標準偏差 (mm)	
						一次モード	二次モード
45°	Upstream	1 D	3.04	1.00	0.137	0.0149	
			12.15	4.00	0.140		5.73
		3 D	2.39	0.78	0.176	0.0256	
			8.99	3.00	0.189		0.446
		9 D	2.08	0.70	0.203	0.0864	
			8.78	2.90	0.194		0.450
	Downstream	1 D	3.01	0.98	0.140	0.240	
			11.95	3.90	0.142		10.6
		3 D	2.39	0.78	0.176	0.0939	
			9.16	3.01	0.185		0.656
		9 D	2.30	0.75	0.183	0.0425	
			8.78	2.90	0.185		0.206
90°	Left	1 D	2.68	0.88	—	0.0244	
			8.33	2.72	0.205		0.130
		3 D	2.27	0.75	0.187	0.0523	
			8.41	2.73	0.204		0.378
		9 D	2.20	0.72	0.194	0.0446	
			8.55	2.78	0.200		0.526
	Right	1 D	2.20	0.74	0.191	0.0173	
			8.33	2.72	0.205		0.120
		3 D	2.27	0.75	0.187	0.0370	
			8.49	2.76	0.202		0.324
		9 D	2.20	0.74	0.191	0.0540	
			8.55	2.78	0.200		0.281

表-6-2 極大振幅発生時の諸数値

(パイプ直径: 50mm, 気流: 格子乱流)

設定角度	着目するパイプ	パイプ間隔	風速 (m/s)	レイノルズ数 $\times 10^4$	無次元振動数	極大振幅標準偏差 (mm)	
						一次モード	二次モード
45°	Upstream	1 D	4.05	1.33	0.104	0.0232	
			15.97	5.24	0.106		0.188
		3 D	2.74	0.89	0.155	0.0533	
			12.25	4.02	0.139		0.131
		9 D	2.92	0.96	0.143	0.0788	
			12.79	4.19	0.133		0.241
	Downstream	1 D	4.14	1.36	0.101	0.0116	
			15.64	5.13	0.125		0.320
		3 D	3.00	0.98	0.139	0.0847	
			12.25	4.02	0.139		0.220
		9 D	3.23	1.03	0.134	0.0501	
			12.47	4.09	0.136		0.167
90°	Left	1 D	2.91	0.95	0.145	0.0496	
			11.43	3.75	0.149		0.251
		3 D	2.77	0.91	0.152	0.0915	
			11.42	3.75	0.149		0.288
		9 D	3.19	1.06	0.131	0.0549	
			12.57	4.13	0.135		0.308
	Right	1 D	2.91	0.95	0.145	0.0592	
			11.17	3.67	0.153		0.288
		3 D	2.77	0.91	0.152	0.0699	
			11.59	3.81	0.147		0.262
		9 D	3.19	1.06	0.131	0.0757	
			12.64	4.15	0.135		0.339

表-6-3 極大振幅発生時の諸数値

(パイプ直径: 70mm)

気 流	設定角度	着目するパイプ	パイプ間隔	風 速 (m/s)	レイノルズ数 $\times 10^4$	無次元振動数	極大振幅 標準偏差 (mm)
一 様 流	45°	Upstream	1 D	5.90	2.69	0.138	0.324
			3 D	4.01	1.84	0.203	0.720
			9 D	4.14	1.91	0.198	0.666
		Downstream	1 D	5.86	2.69	0.138	6.64
			3 D	4.23	1.93	0.193	0.459
			9 D	4.14	1.93	0.193	0.306
	90°	Left	1 D	4.22	1.94	0.192	7.88
			3 D	4.20	1.93	0.192	3.04
			9 D	4.10	1.88	0.197	0.466
		Right	1 D	4.14	1.89	0.196	8.18
			3 D	4.03	1.84	0.201	0.502
			9 D	4.10	1.88	0.197	1.03
格 子 乱 流	45°	Upstream	1 D	7.46	3.42	0.109	0.194
			3 D	5.05	2.32	0.160	0.469
			9 D	5.26	2.41	0.154	0.665
		Downstream	1 D	7.46	3.42	0.109	2.92
			3 D	5.47	2.50	0.148	0.435
			9 D	5.30	2.43	0.153	0.371
	90°	Left	1 D	5.24	2.40	0.155	8.01
			3 D	5.52	2.52	0.147	4.95
			9 D	5.47	2.50	0.148	0.438
		Right	1 D	5.24	2.40	0.155	8.17
			3 D	5.12	2.34	0.159	0.546
			9 D	5.15	2.36	0.157	0.624

表-7 極大振幅発生時の諸数値 (単体パイプ)

パイプ直径 D (mm)	気 流	風 速 (m/s)	レイノルズ数 $\times 10^4$	無次元振動数	極大振幅標準偏差 (mm)	
					一次モード	二次モード
50	一 様 流	2.15	0.721	0.195	0.0516	—
		8.75	2.94	0.194	—	0.209
	格 子 乱 流	2.40	0.805	0.175	0.0635	—
		10.61	3.56	0.160	—	0.160
70	一 様 流	4.17	1.96	0.195	0.753	—
	格 子 乱 流	5.08	2.39	0.160	0.316	—

図-1 パイプ模型及び支持具

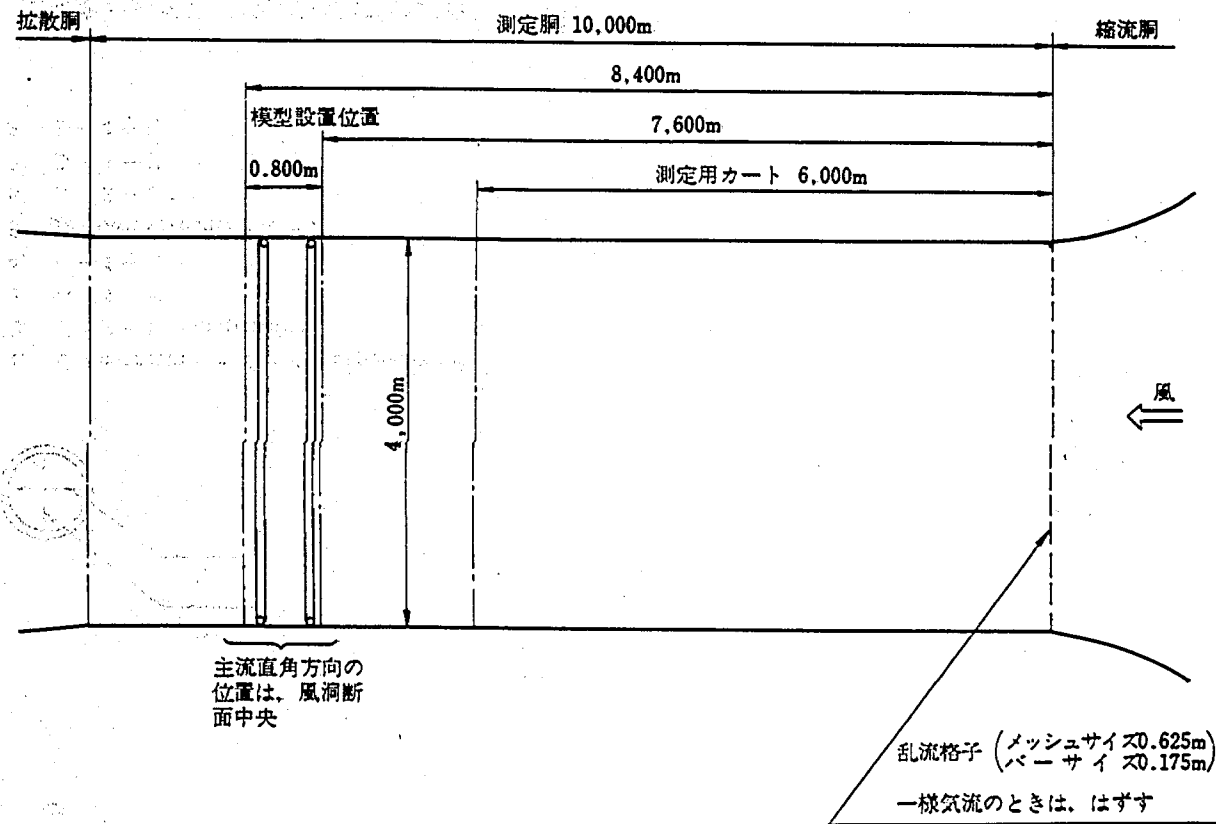
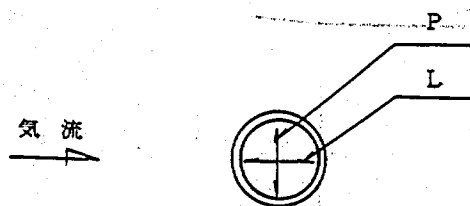
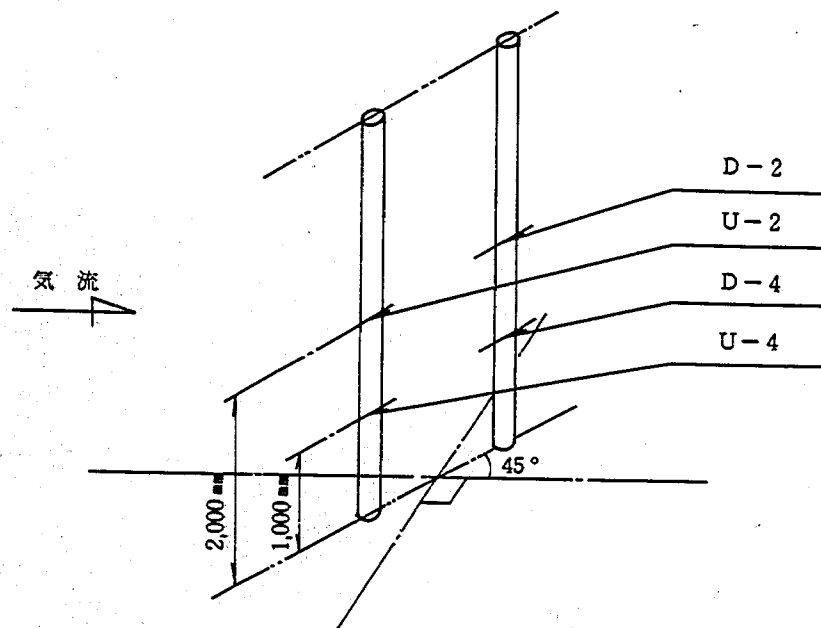
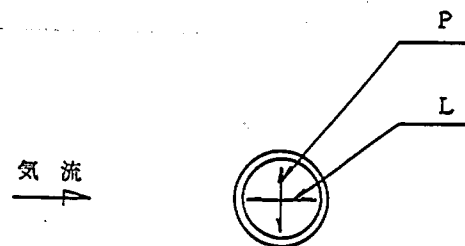
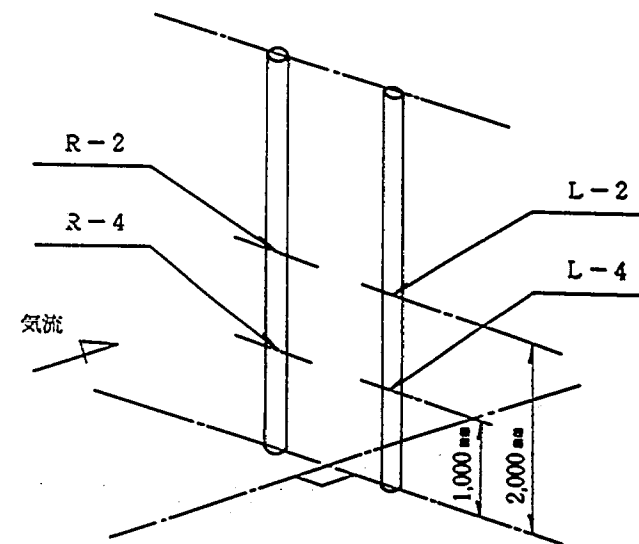


図-2 模型の設置位置



1. U (pstream) - 2 - P (erpendicular)
2. U - 2 - L (ongitudinal)
3. U - 4 - P
4. U - 4 - L
5. D (own stream) - 2 - P
6. D - 2 - L
7. D - 4 - P
8. D - 4 - L

図-3-1 加速度計の配置 (設定角度45°の場合)



1. Le (ft) - 2 - P (erpendicular)
2. Le - 2 - L (ongitudinal)
3. Le - 4 - P
4. Le - 4 - L
5. Ri (ght) - 2 - P
6. Ri - 2 - L
7. Ri - 4 - P
8. Ri - 4 - L

図-3-2 加速度計の配置 (設定角度90°の場合)

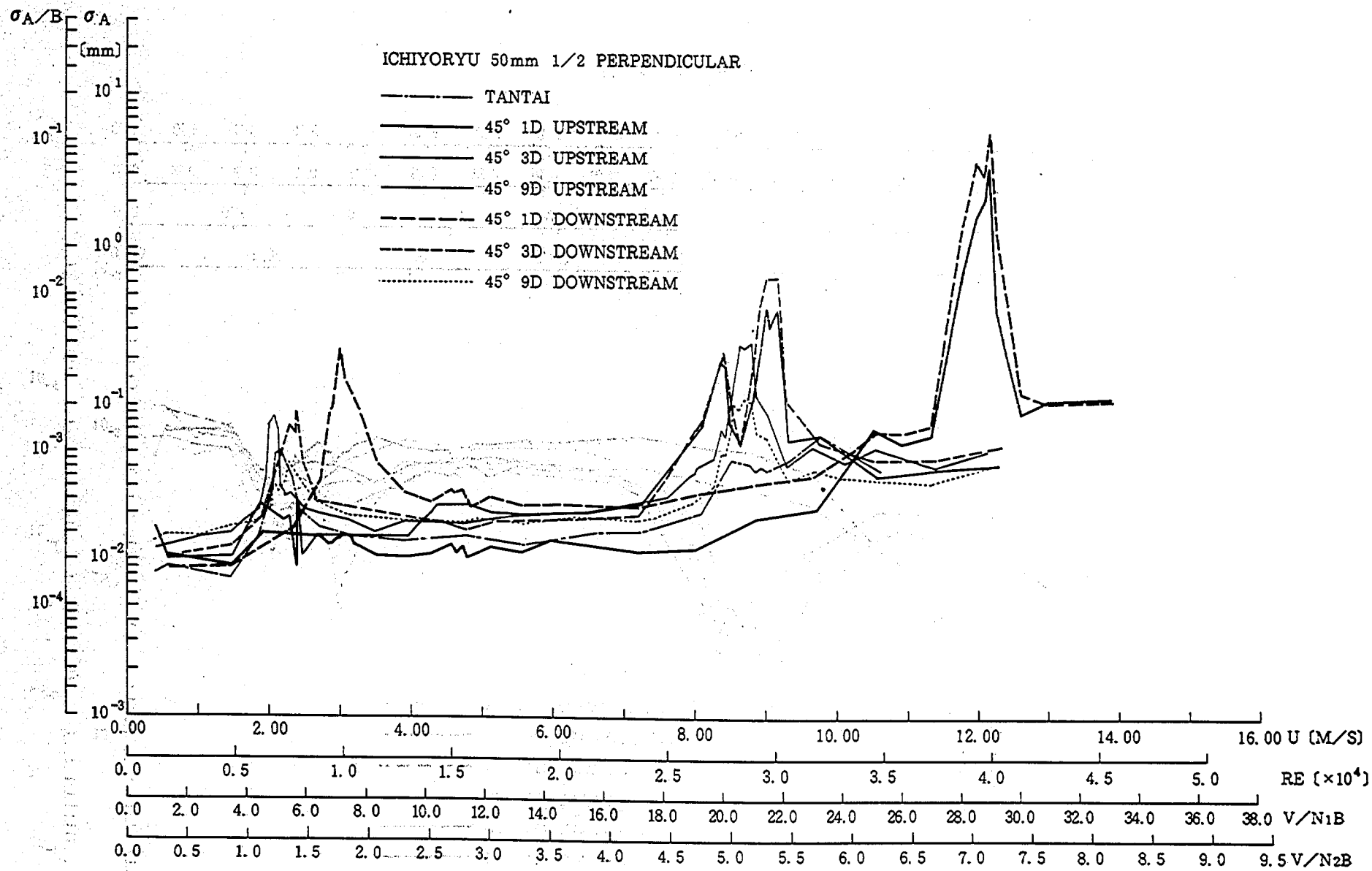
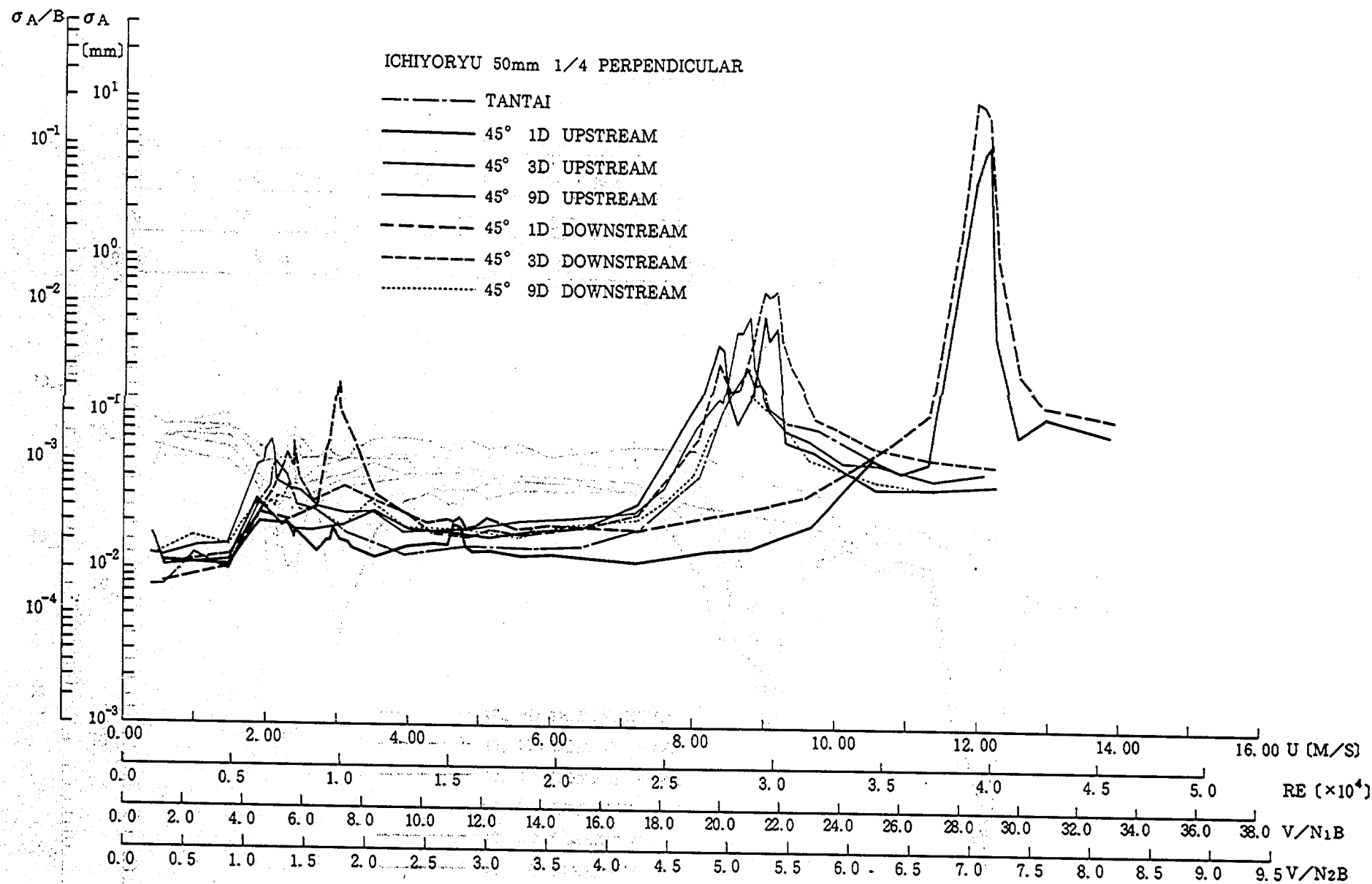
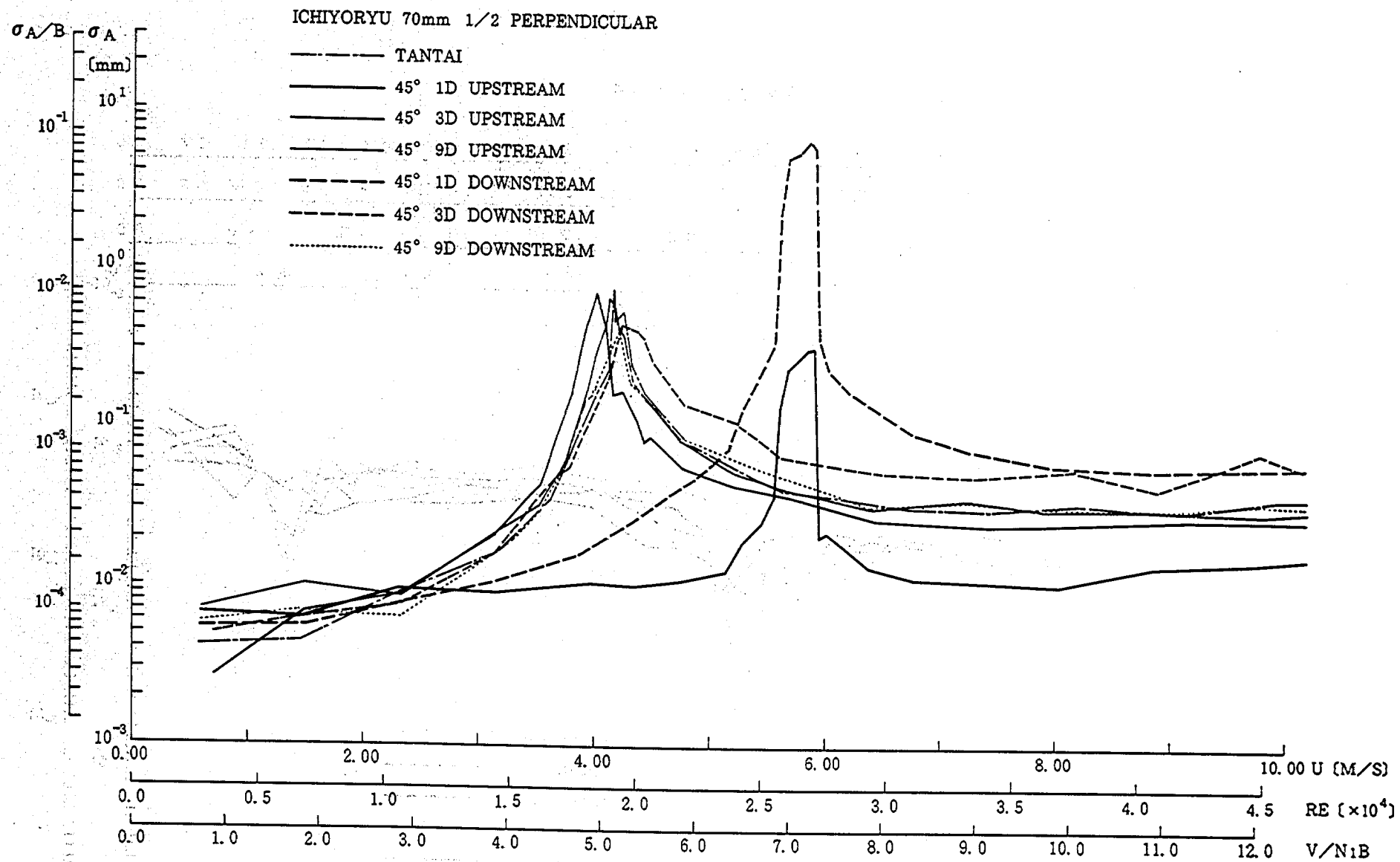


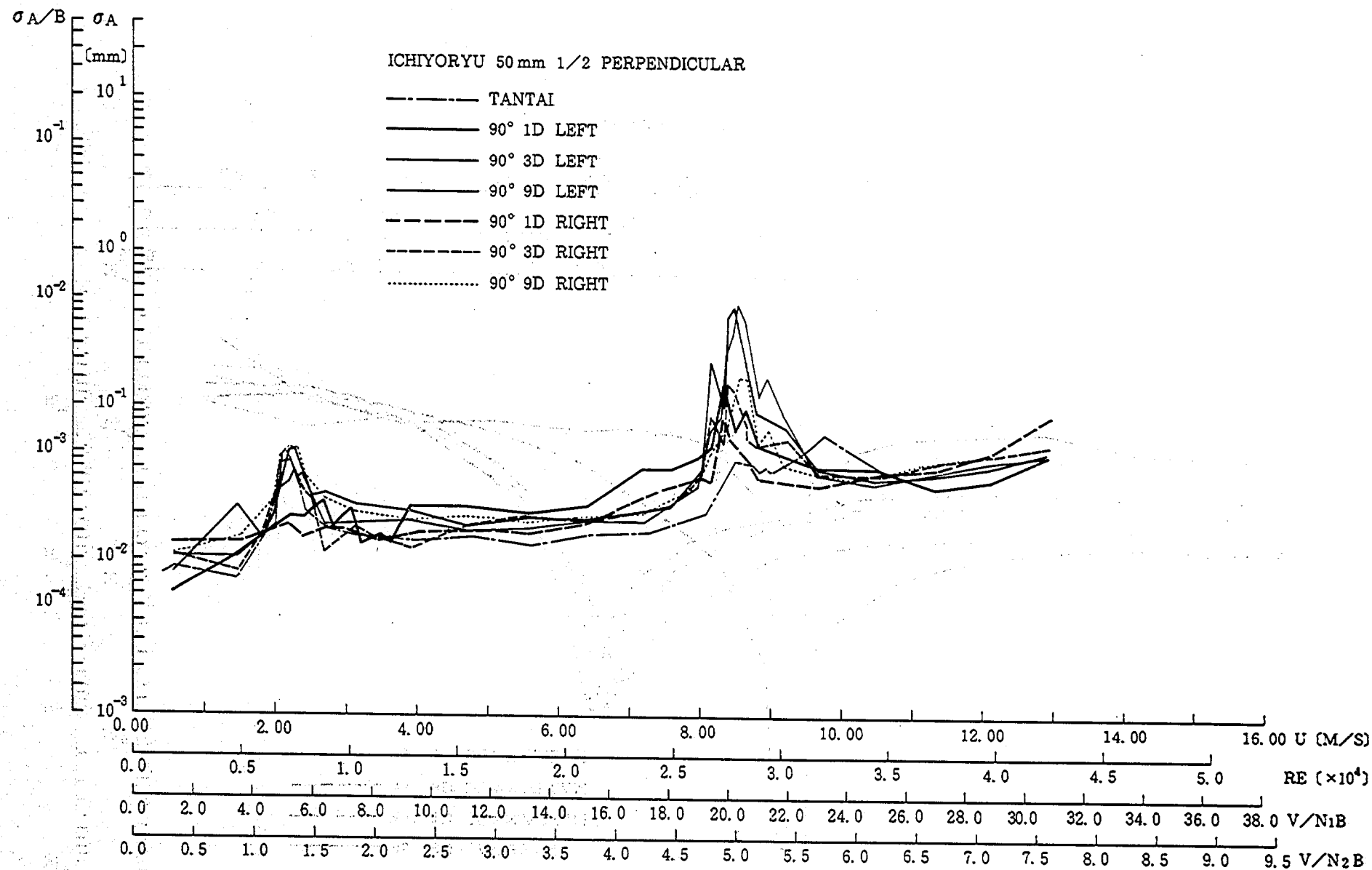
图-4-1. ($V-\sigma_A$)



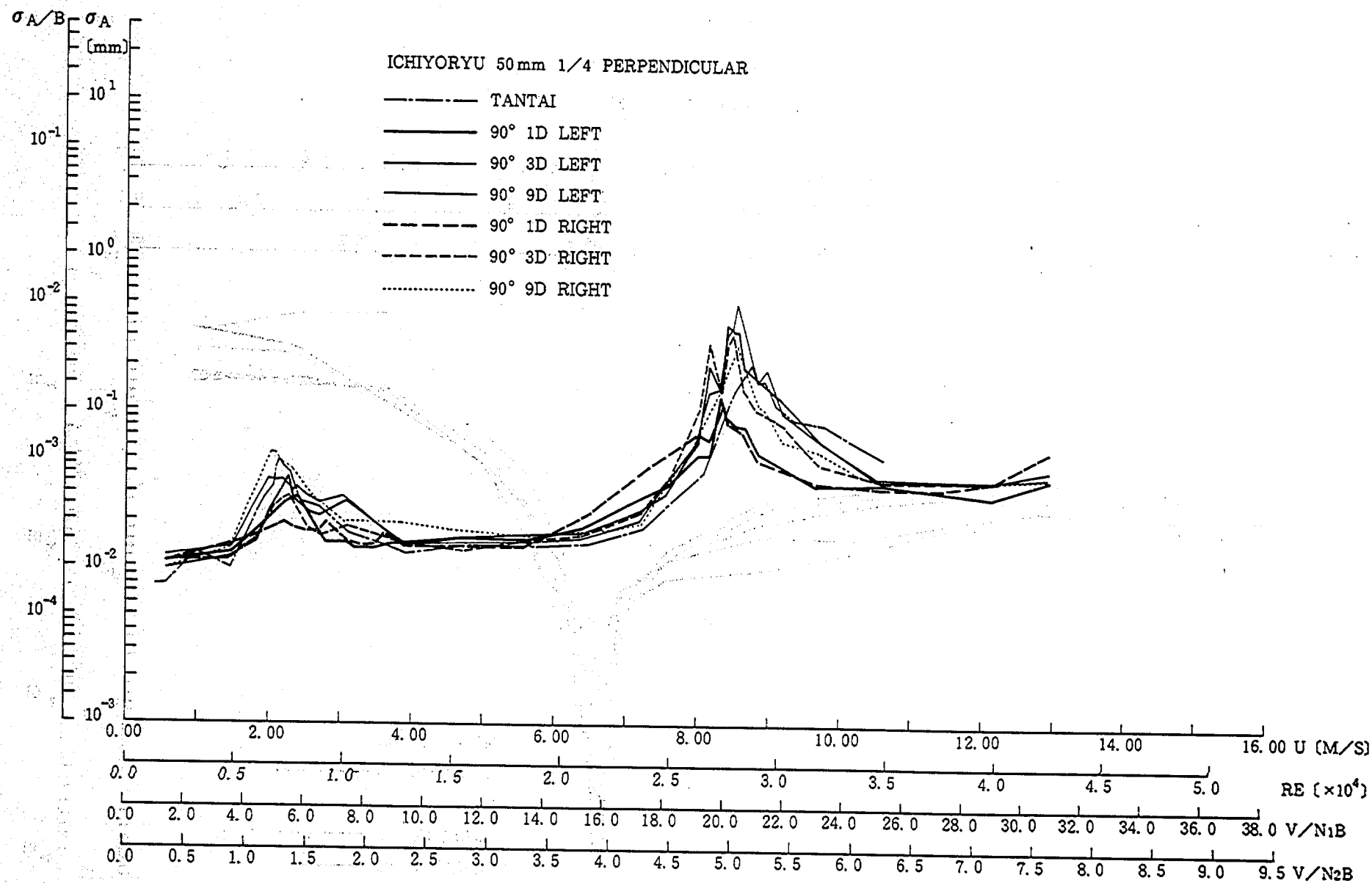
□-4-2. (V- σ_A)



☒-4-3. (V- σ_A)



☒-4-4. (V- σ_A)



☒—4—5. (V- σ_A)

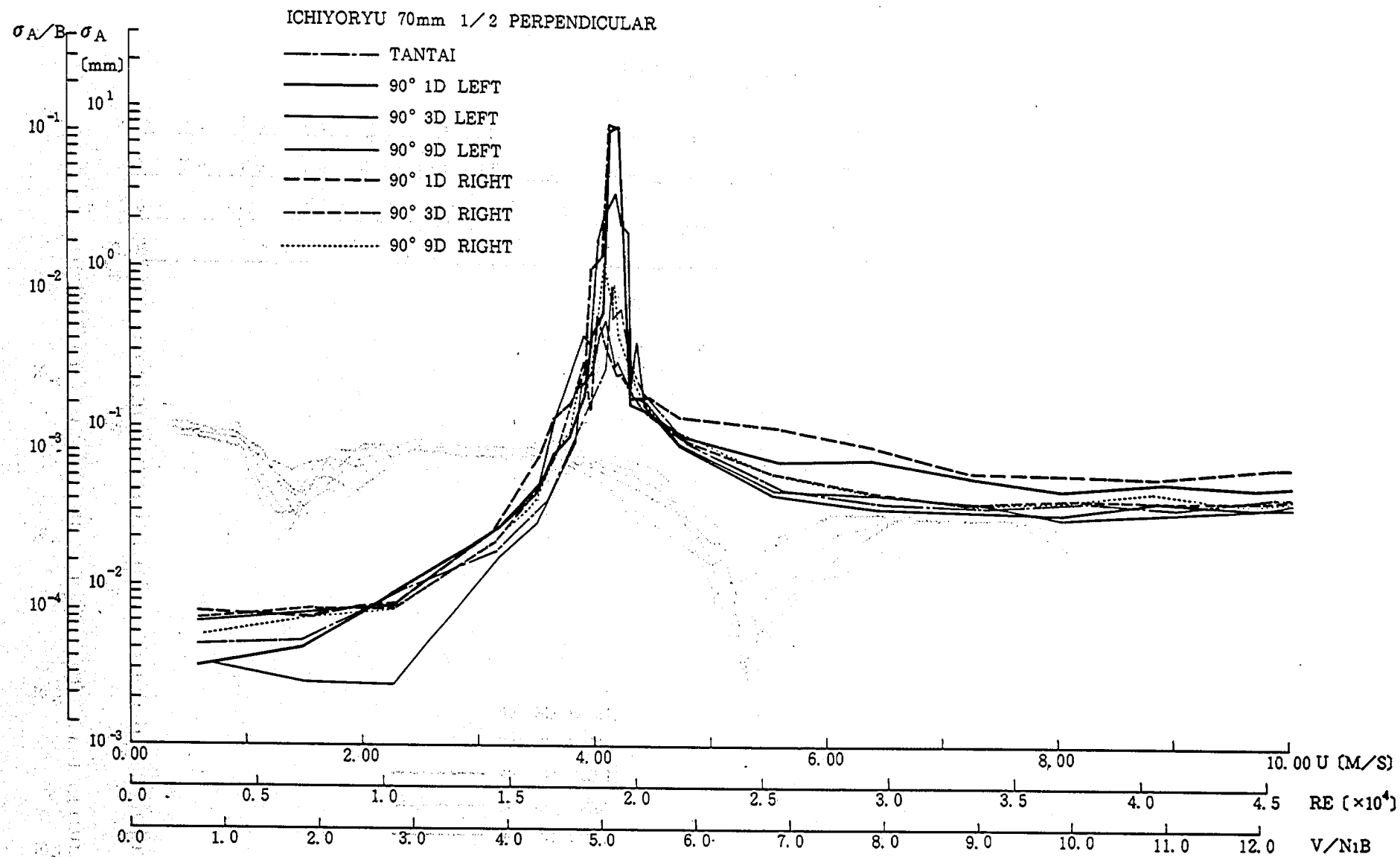
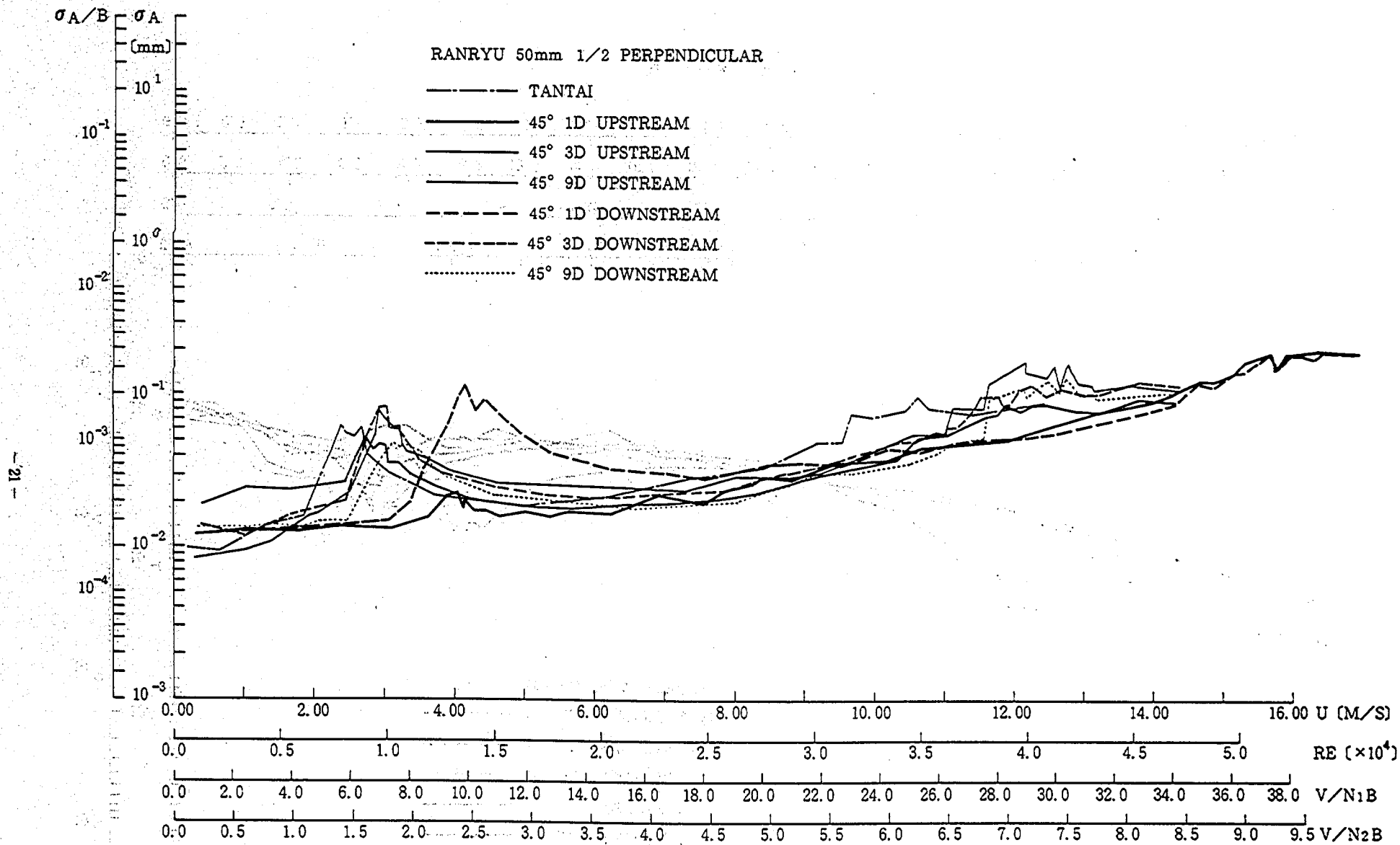


图-4-6. (V- σ_A)



☒-4-7. (V- σ_A)

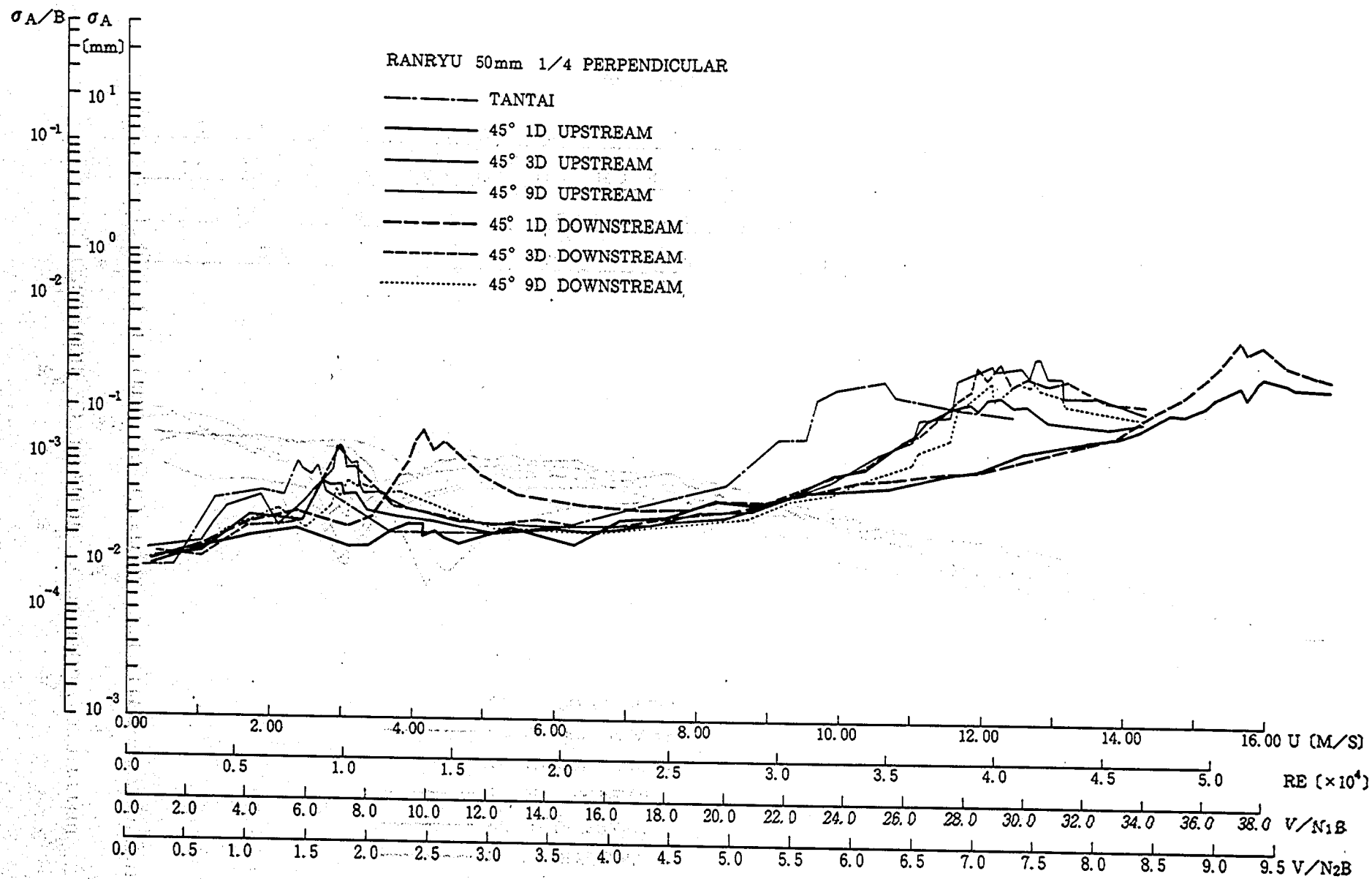


図-4-8. ($V-\sigma_A$)

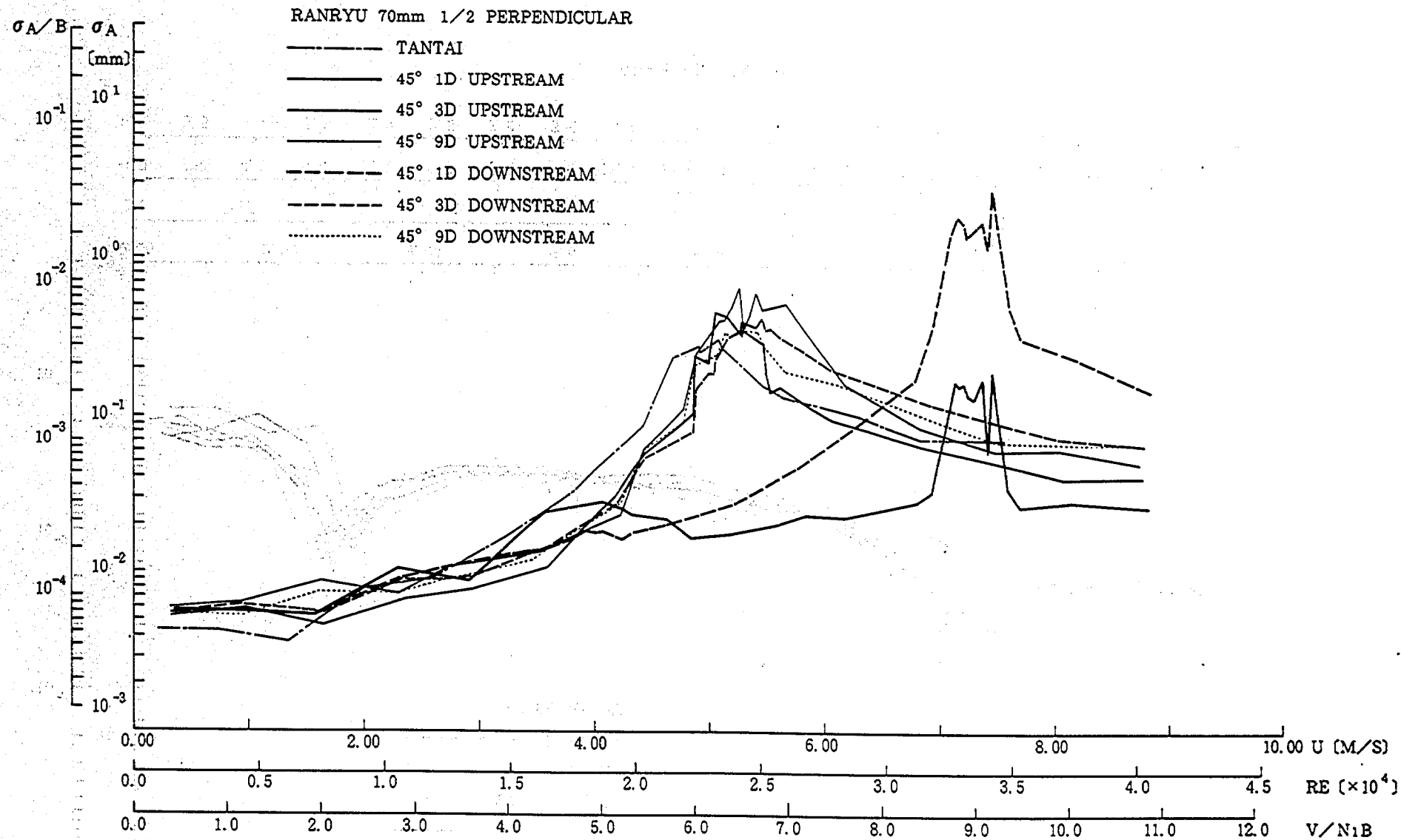


图-4-9. (V- σ_A)

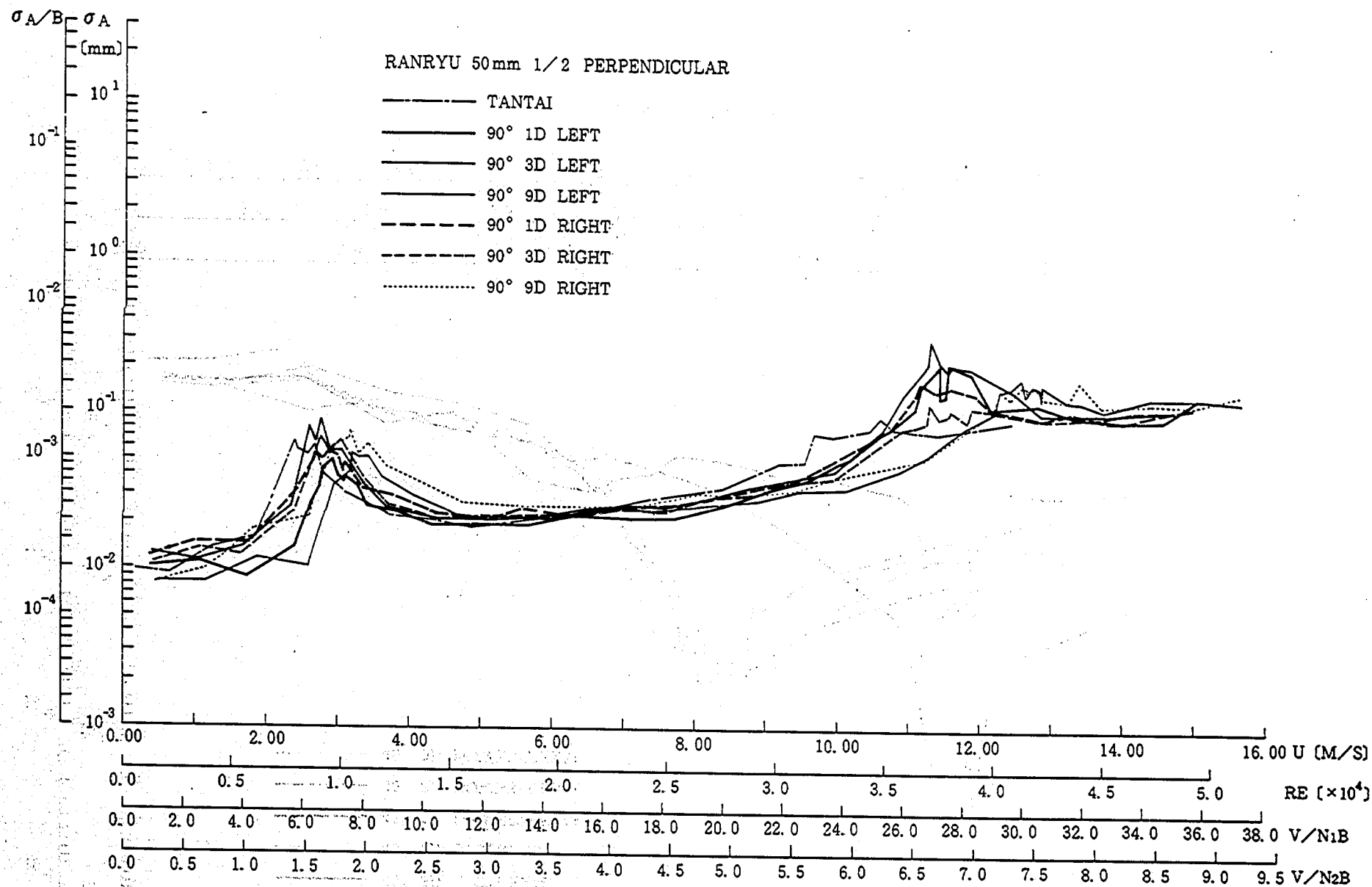


图-4-10. (V- σ_A)

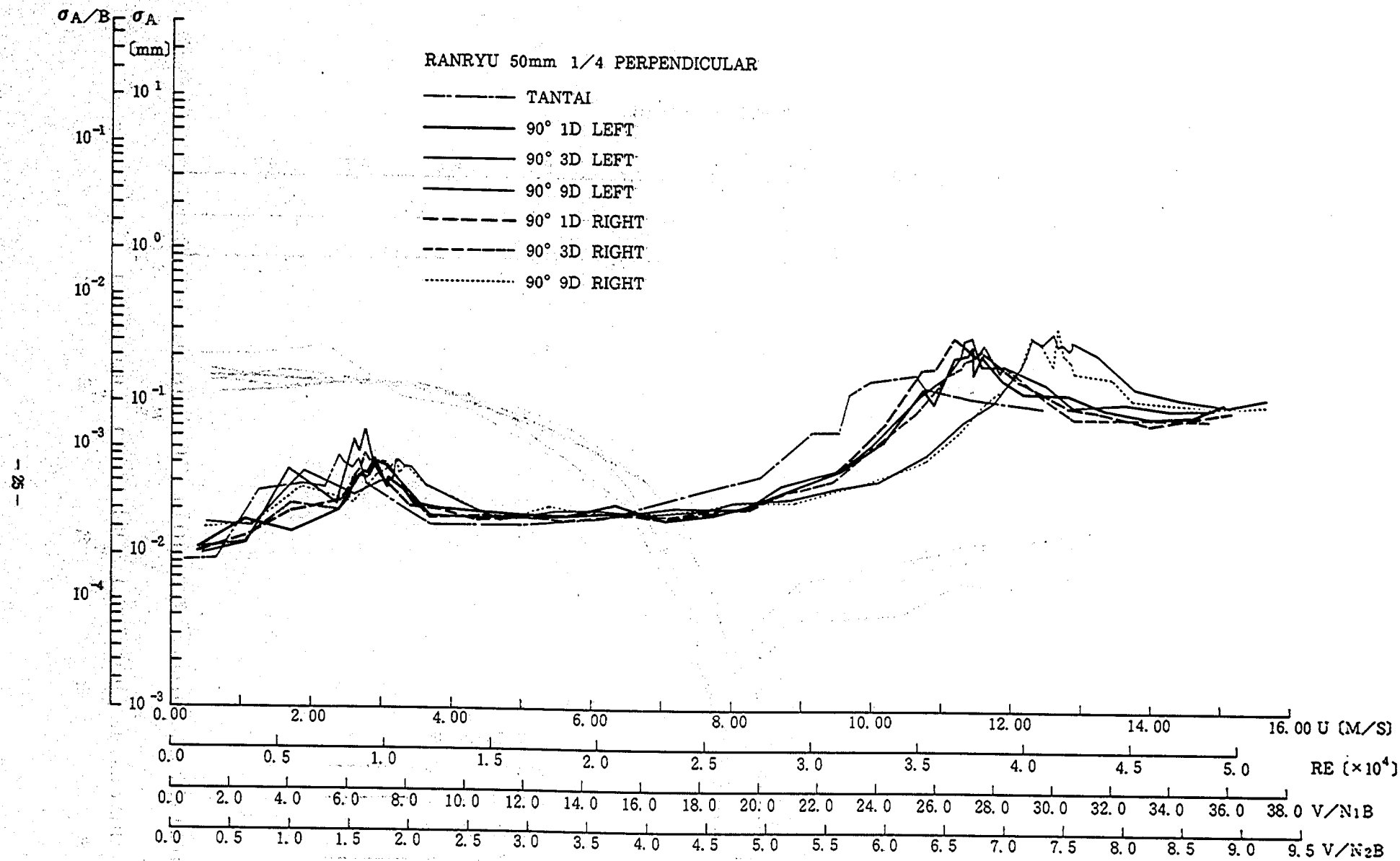
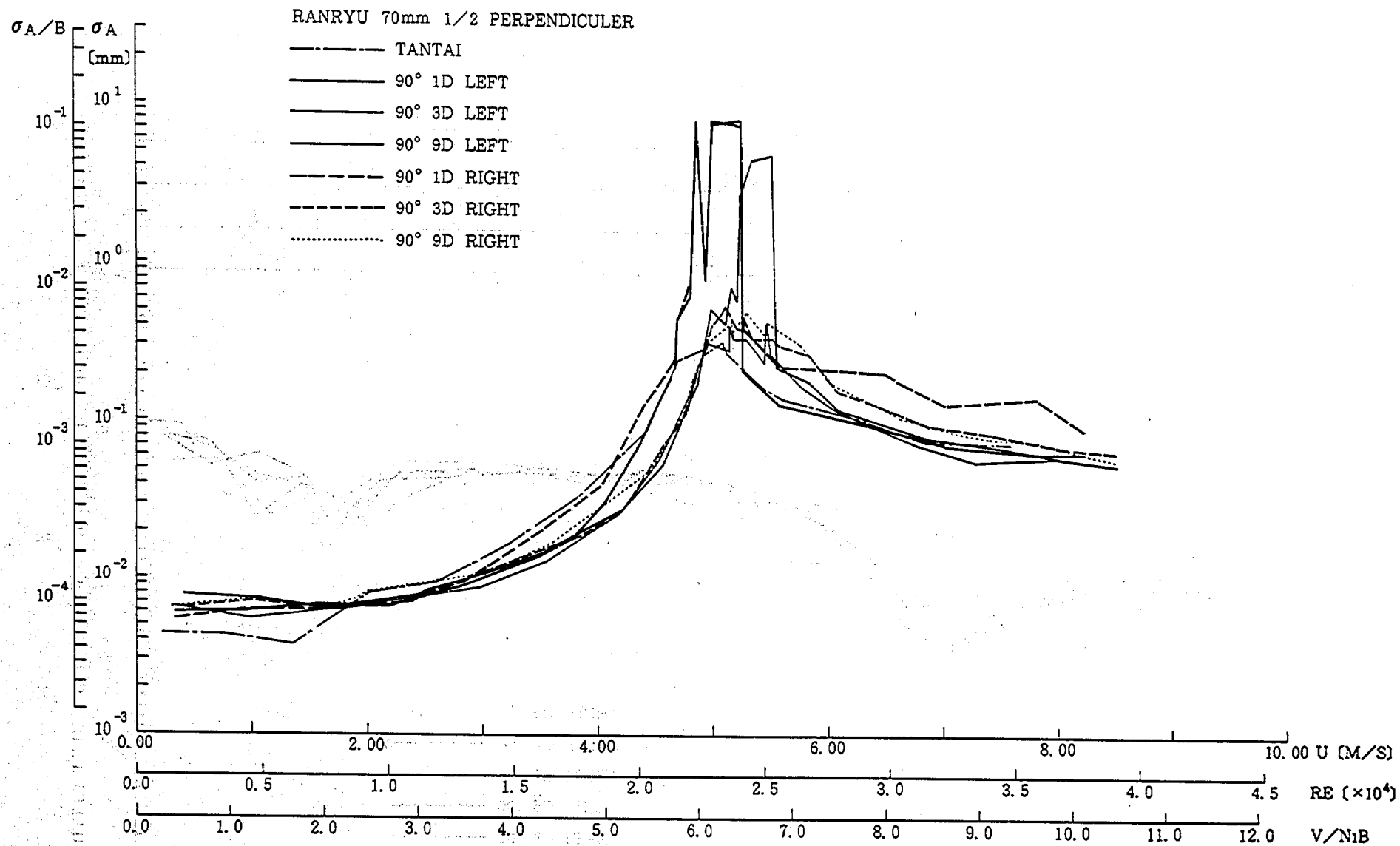


图-4-11. (V- σ_A)



☒-4-12. (V- σ_A)

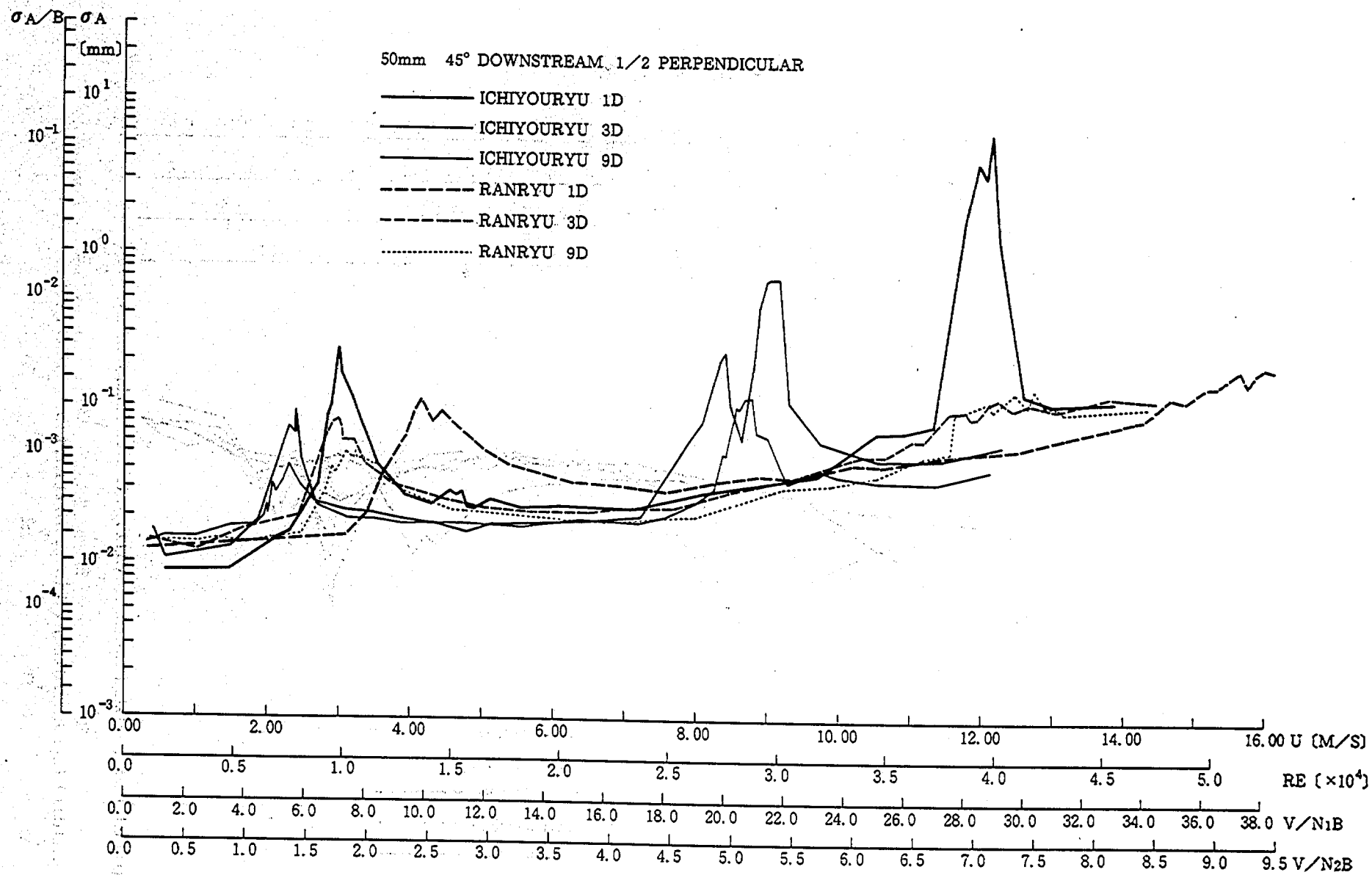


图-5-1. (V- σ_A)

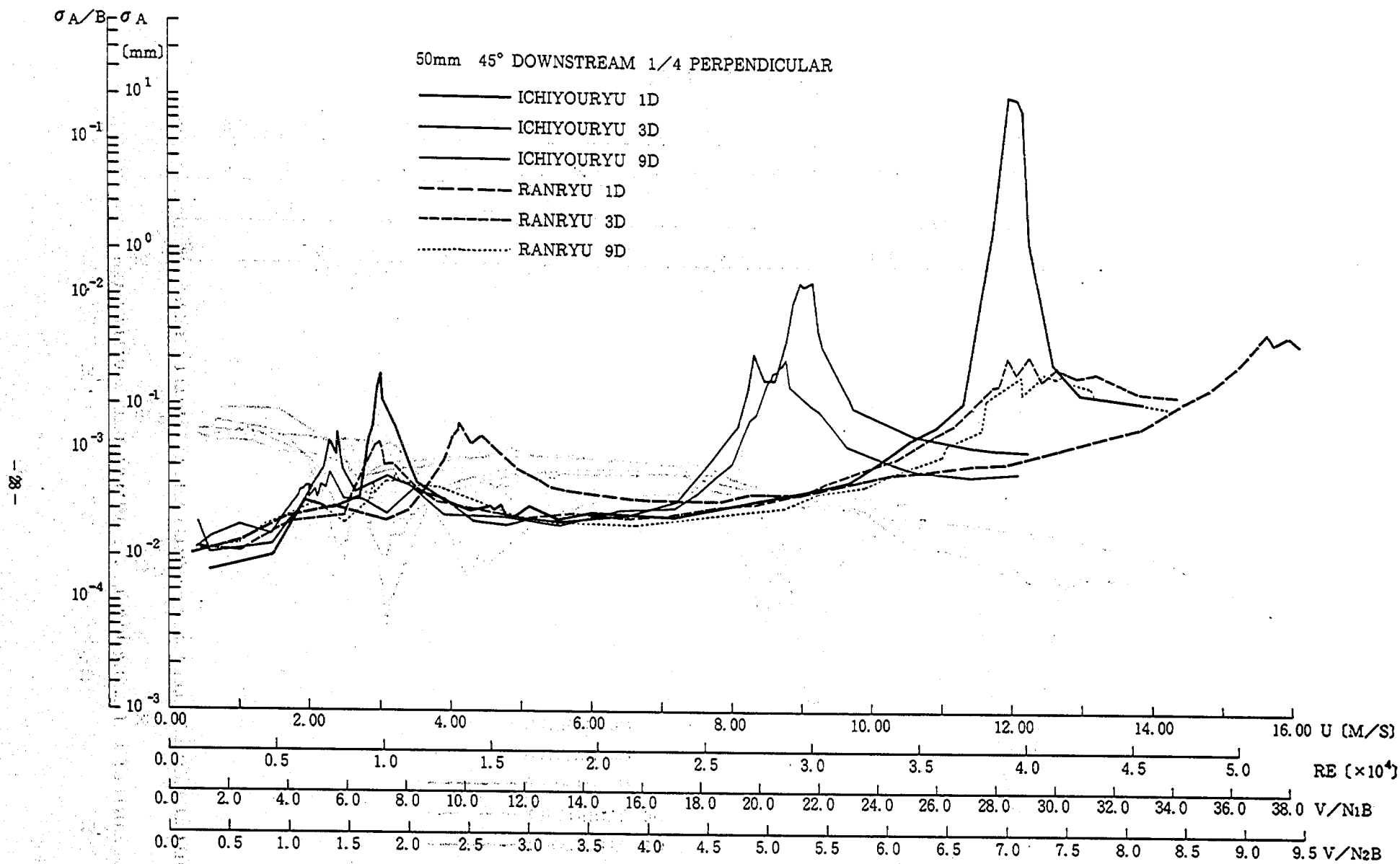
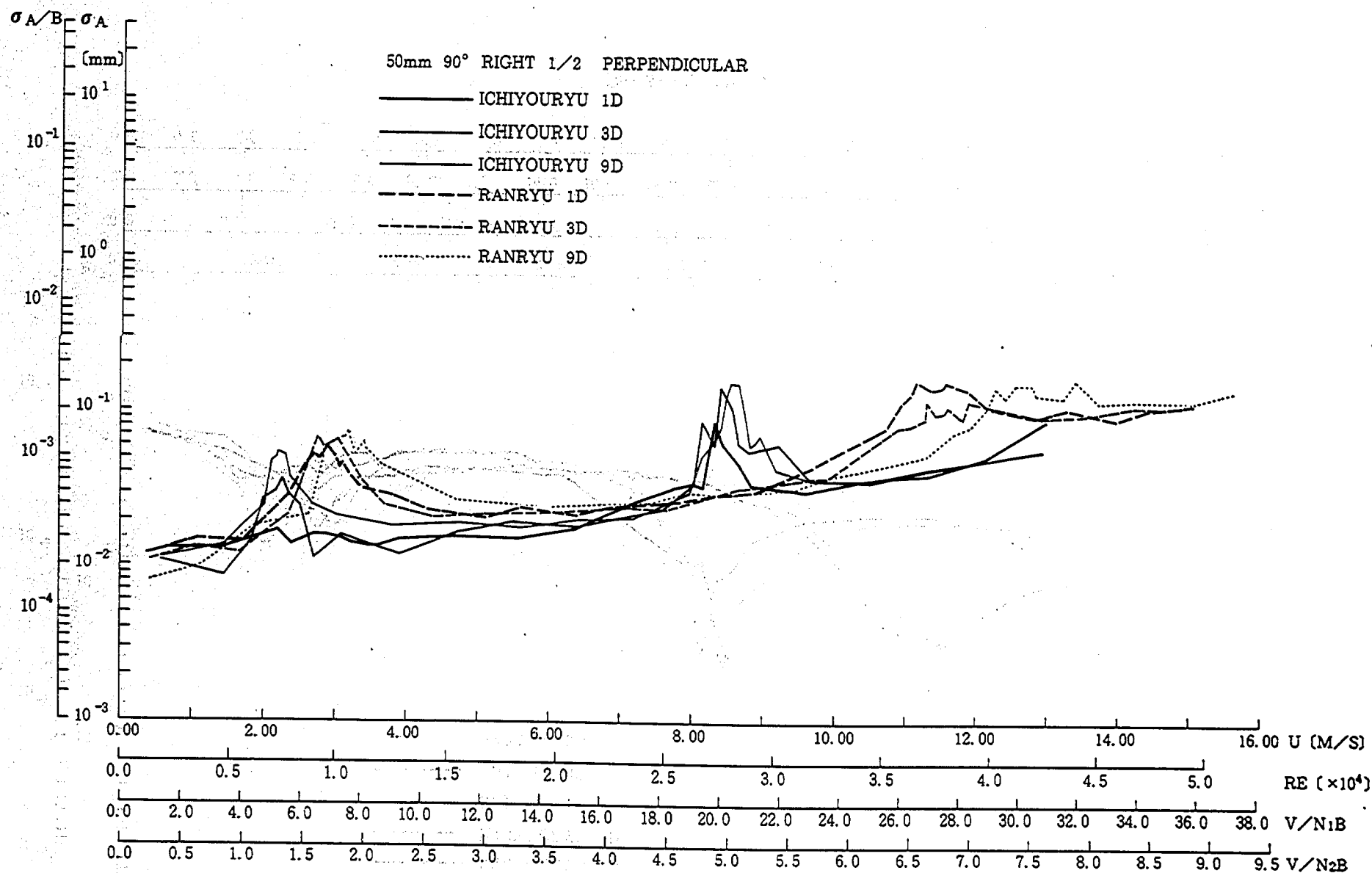
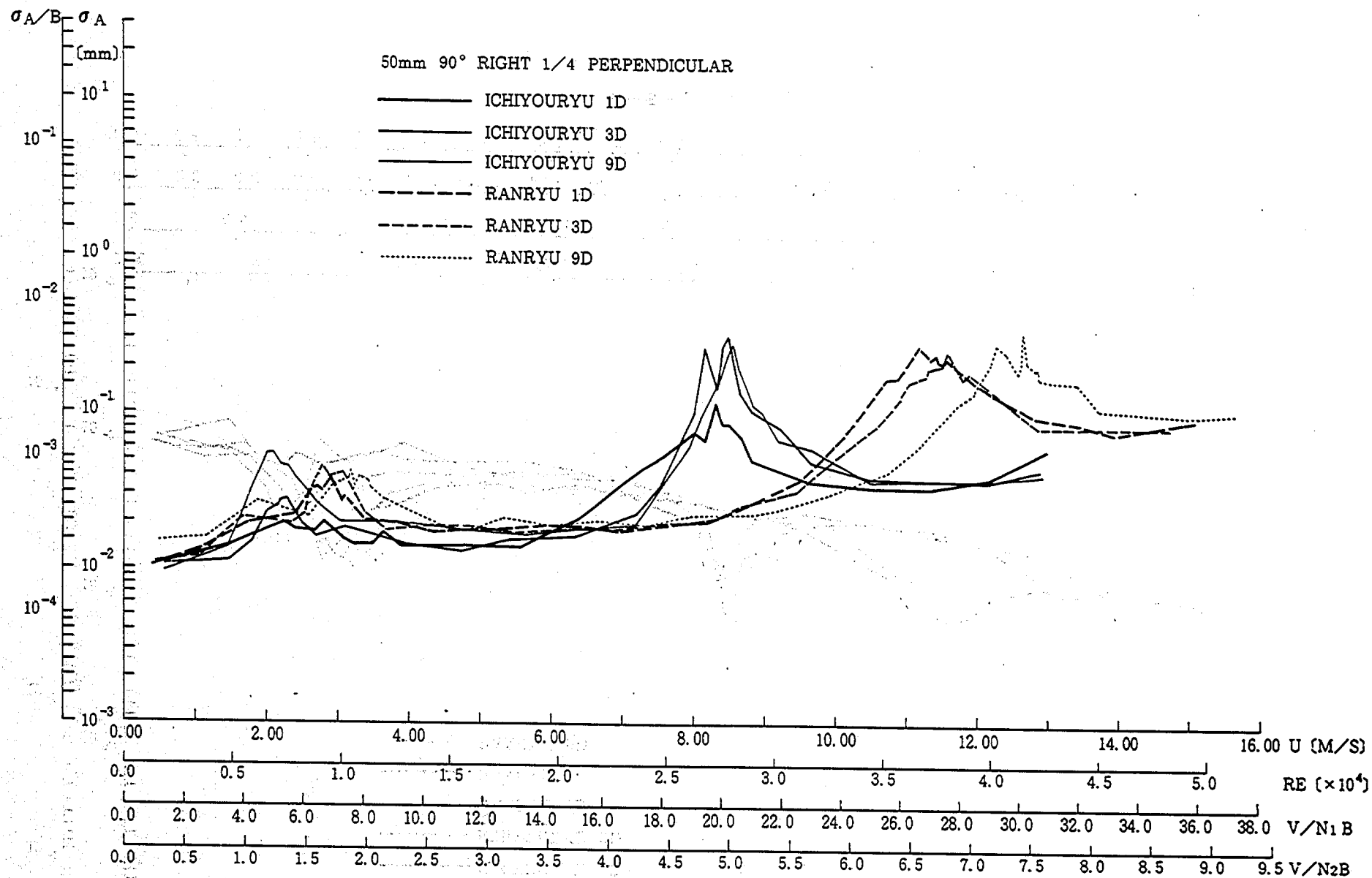


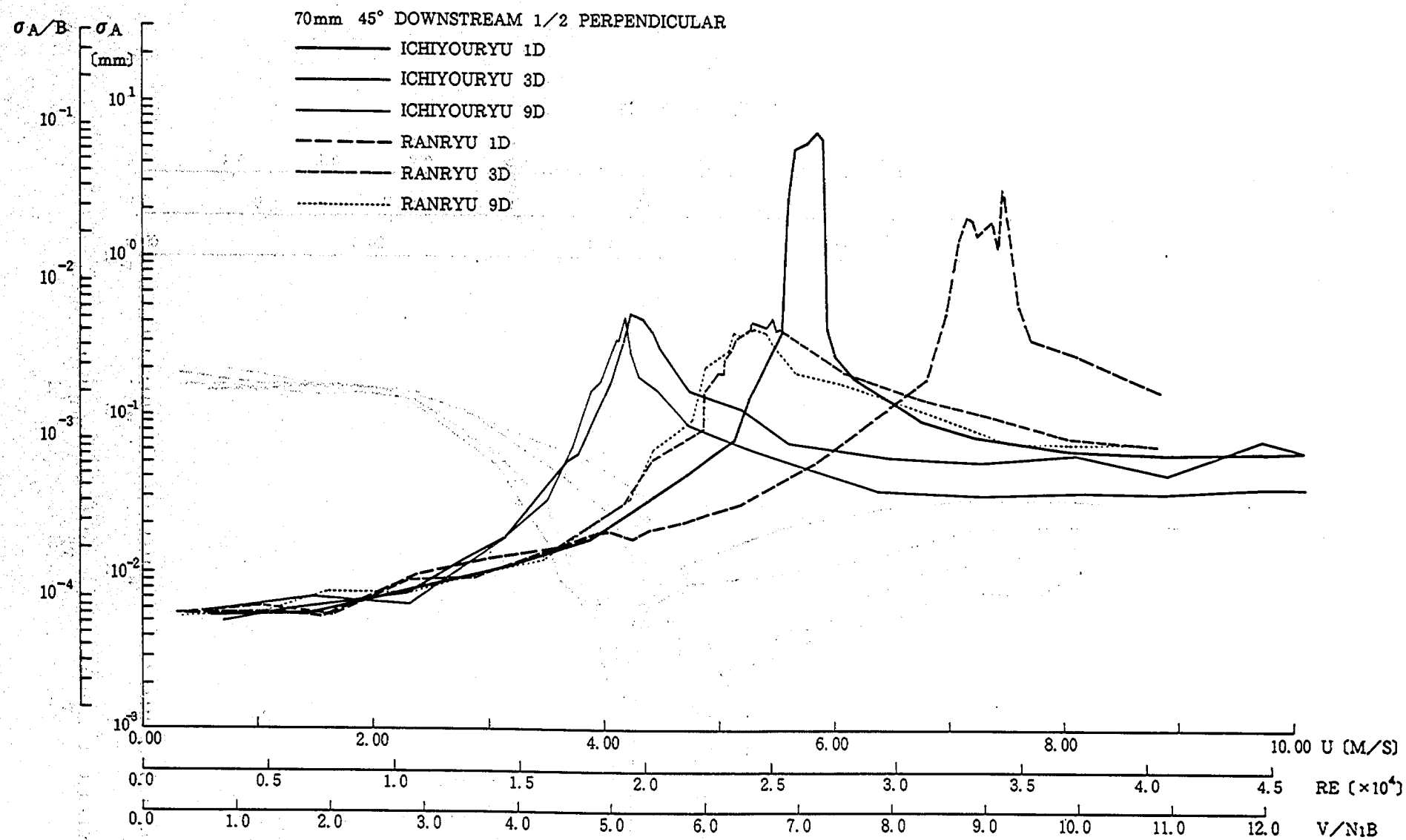
图-5-2. ($V-\sigma_A$)



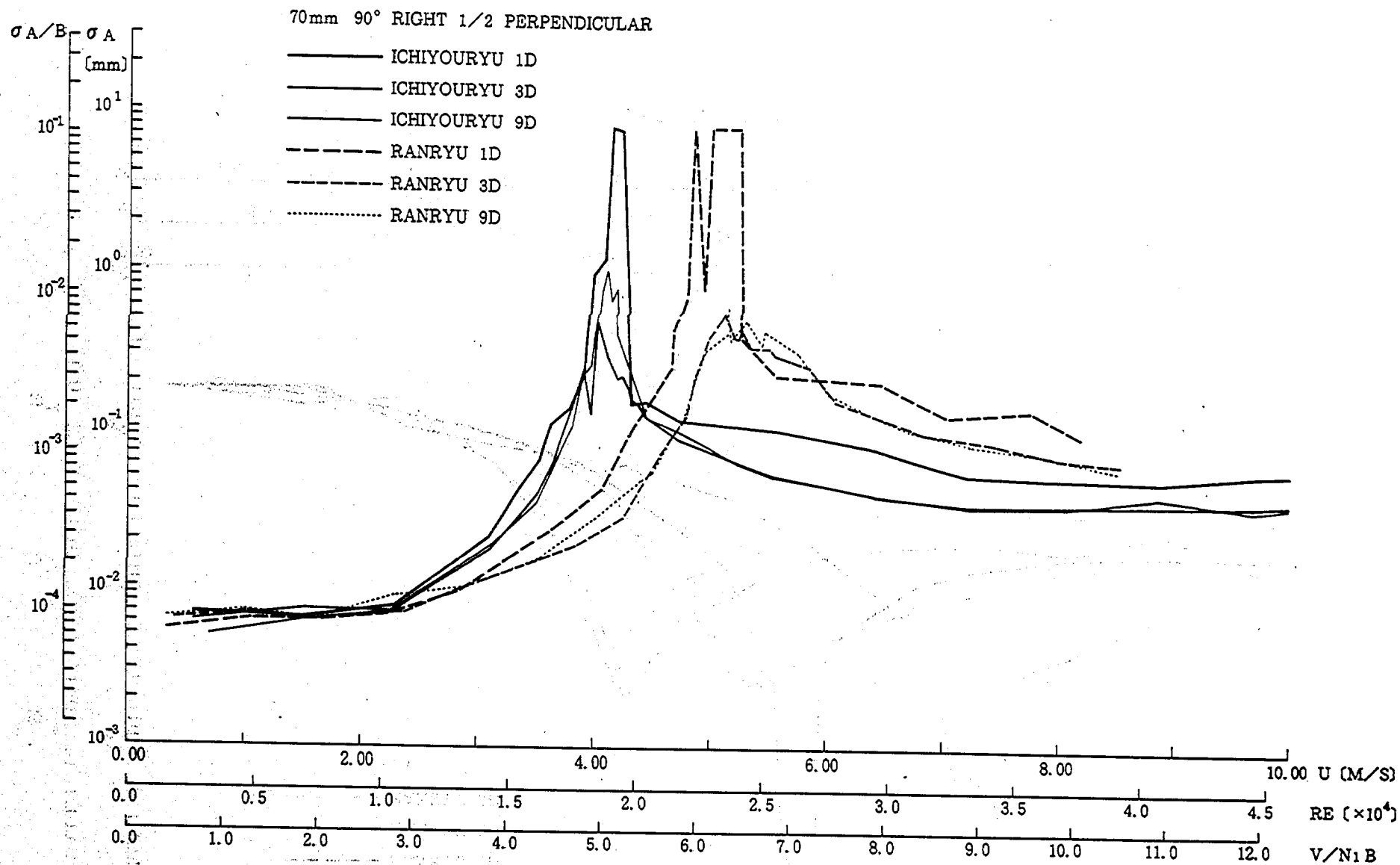
☒-5-3. (V- σ_A)



☒-5-4. (V- σ_A)



□-5-5. ($V-\sigma_A$)



☒-5-6. (V- σ_A)

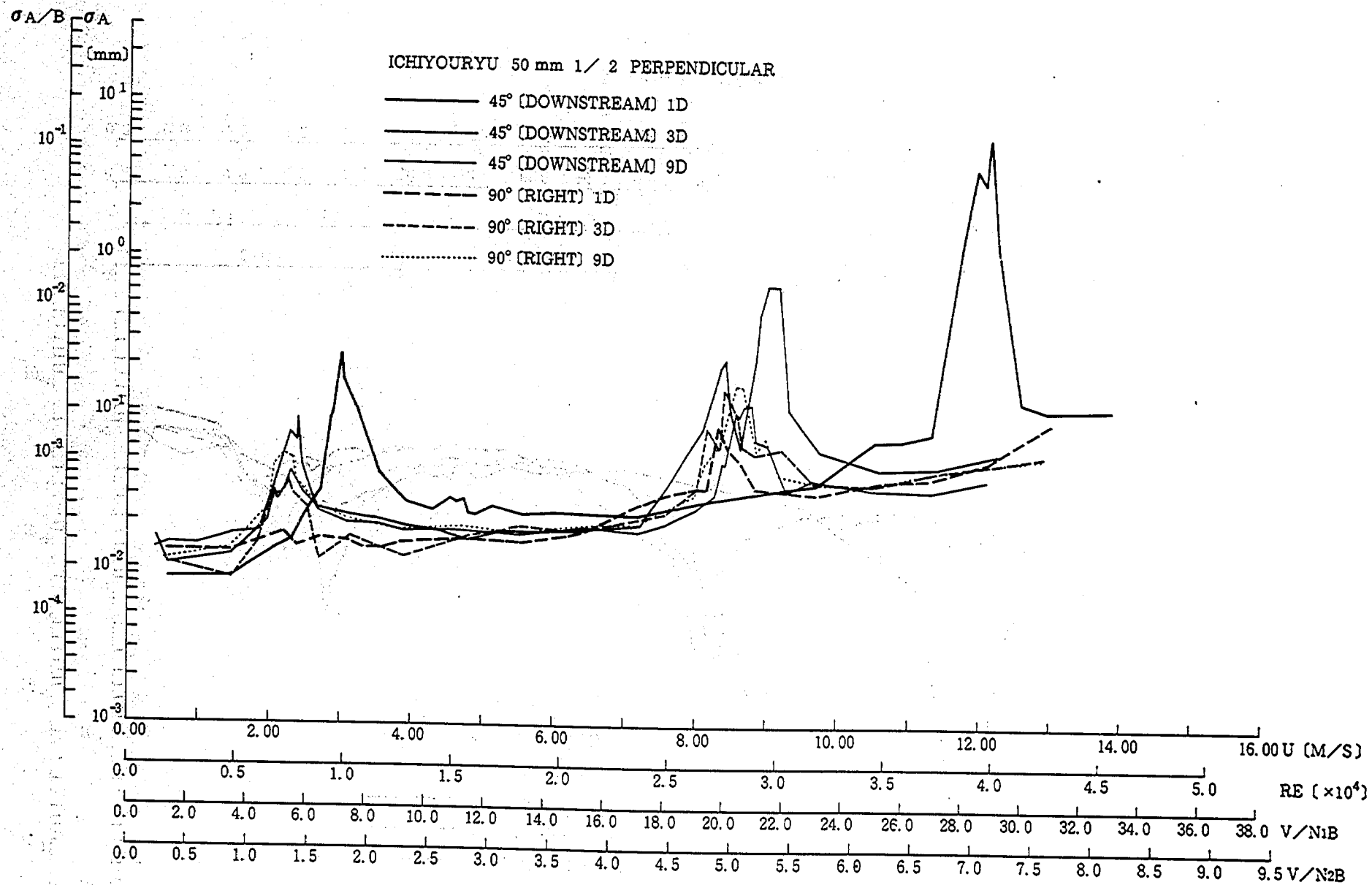


图-6-1. (V- σ_A)

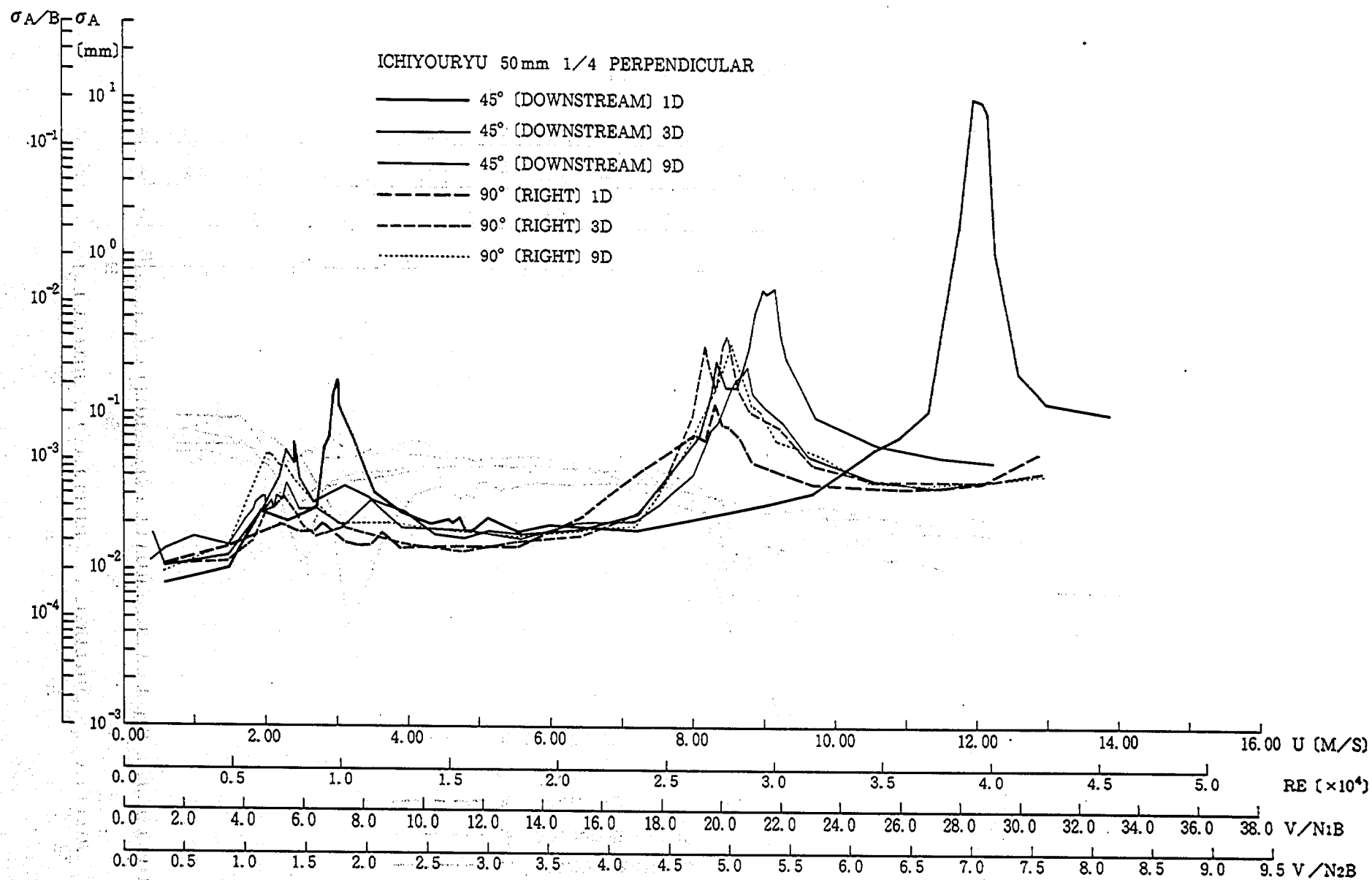


图-6-2. (V- σ_A)

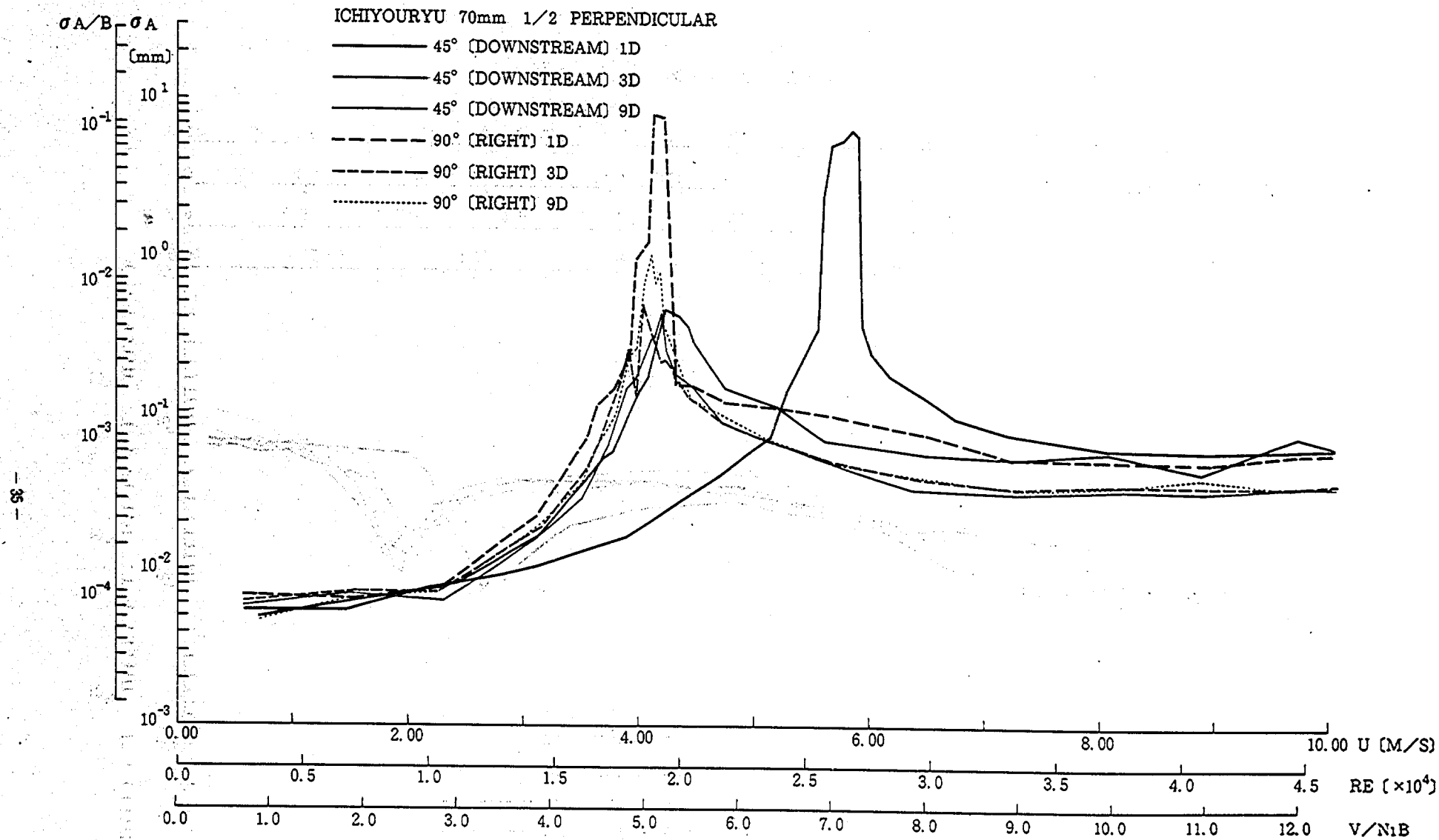


图-6-3. (V- σ_A)

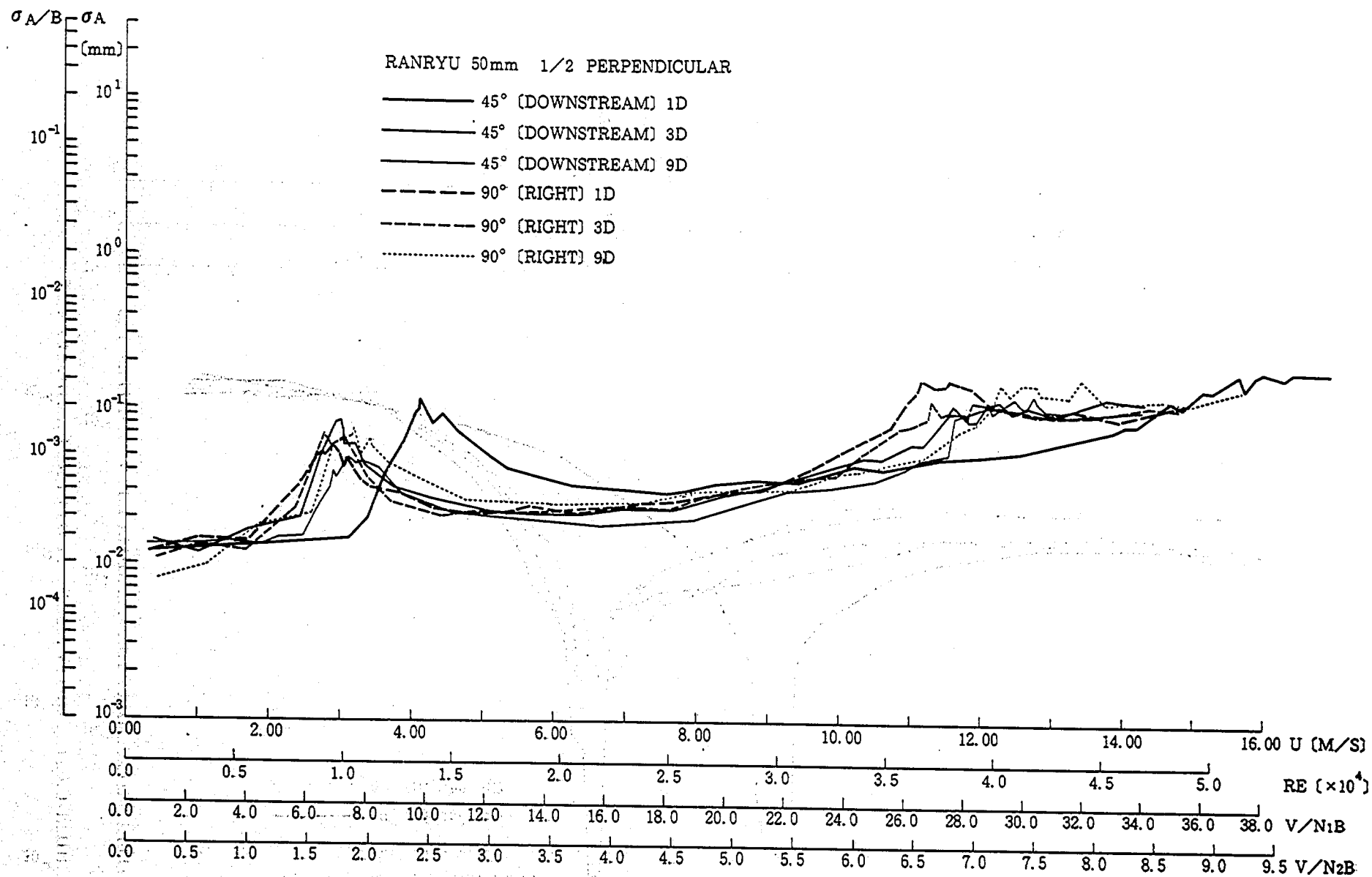


图-6-4. (V - σ_A)

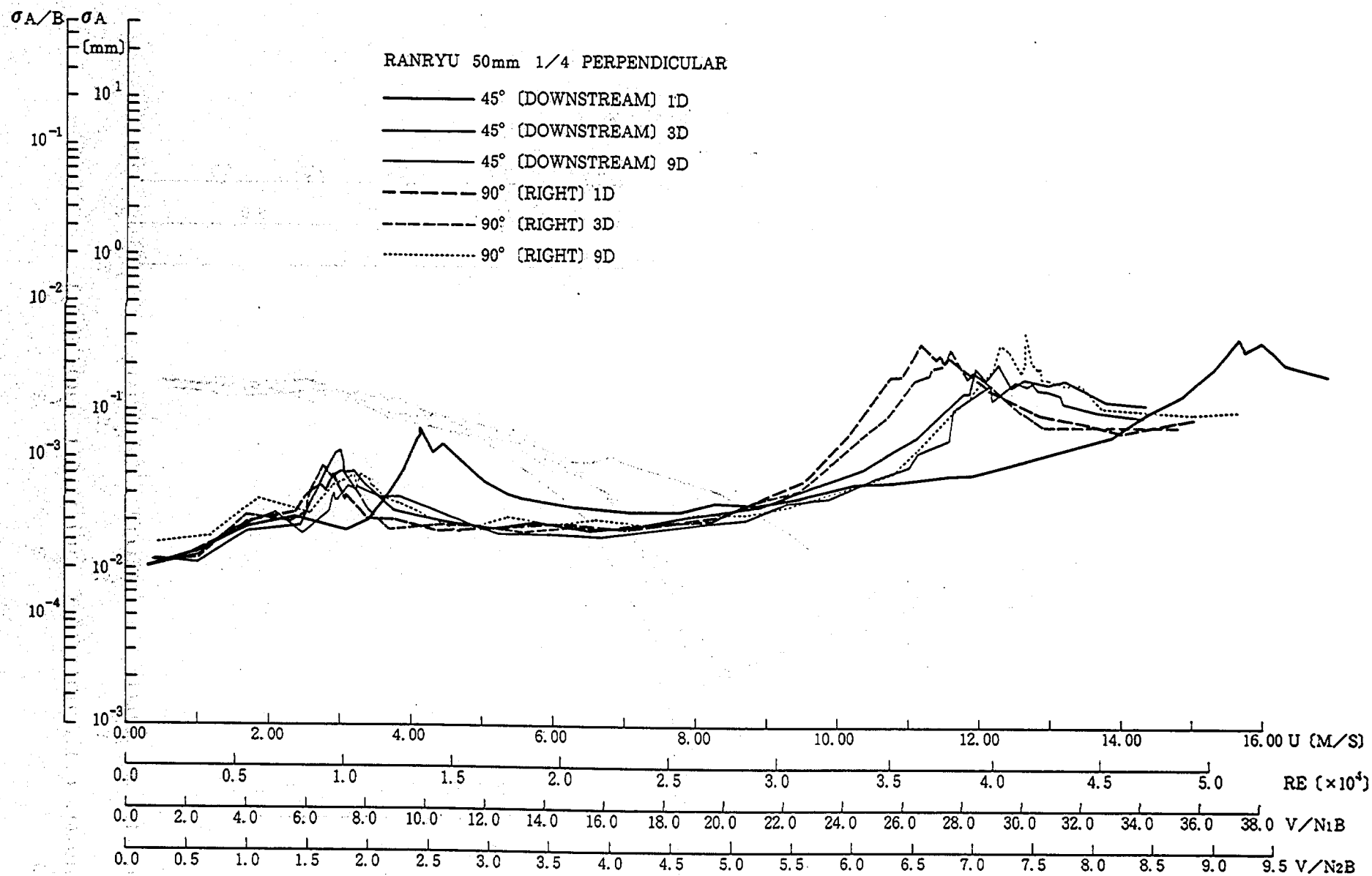
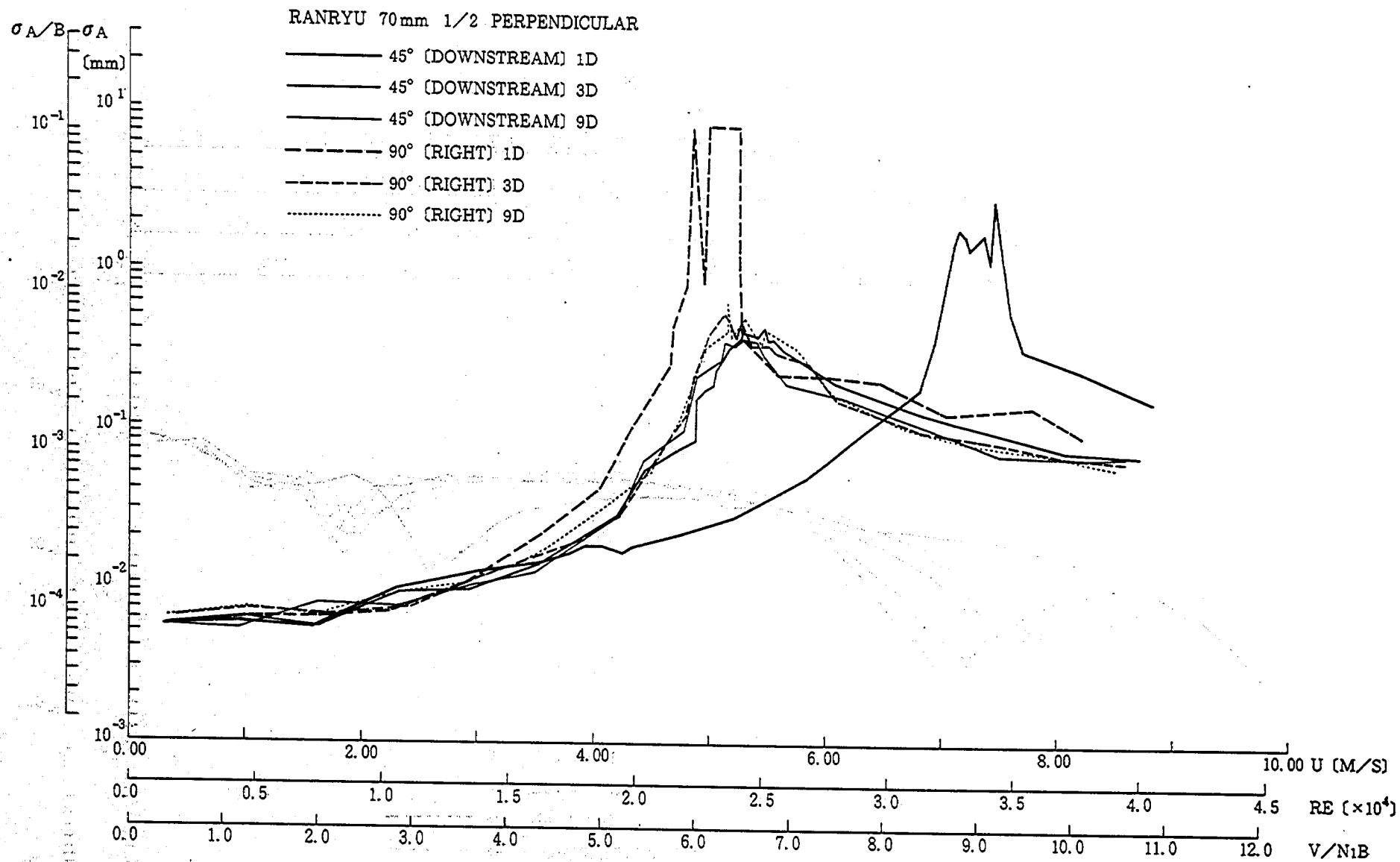


图-6-5. (V - σ_A)



☒-6-6. (V- σ_A)

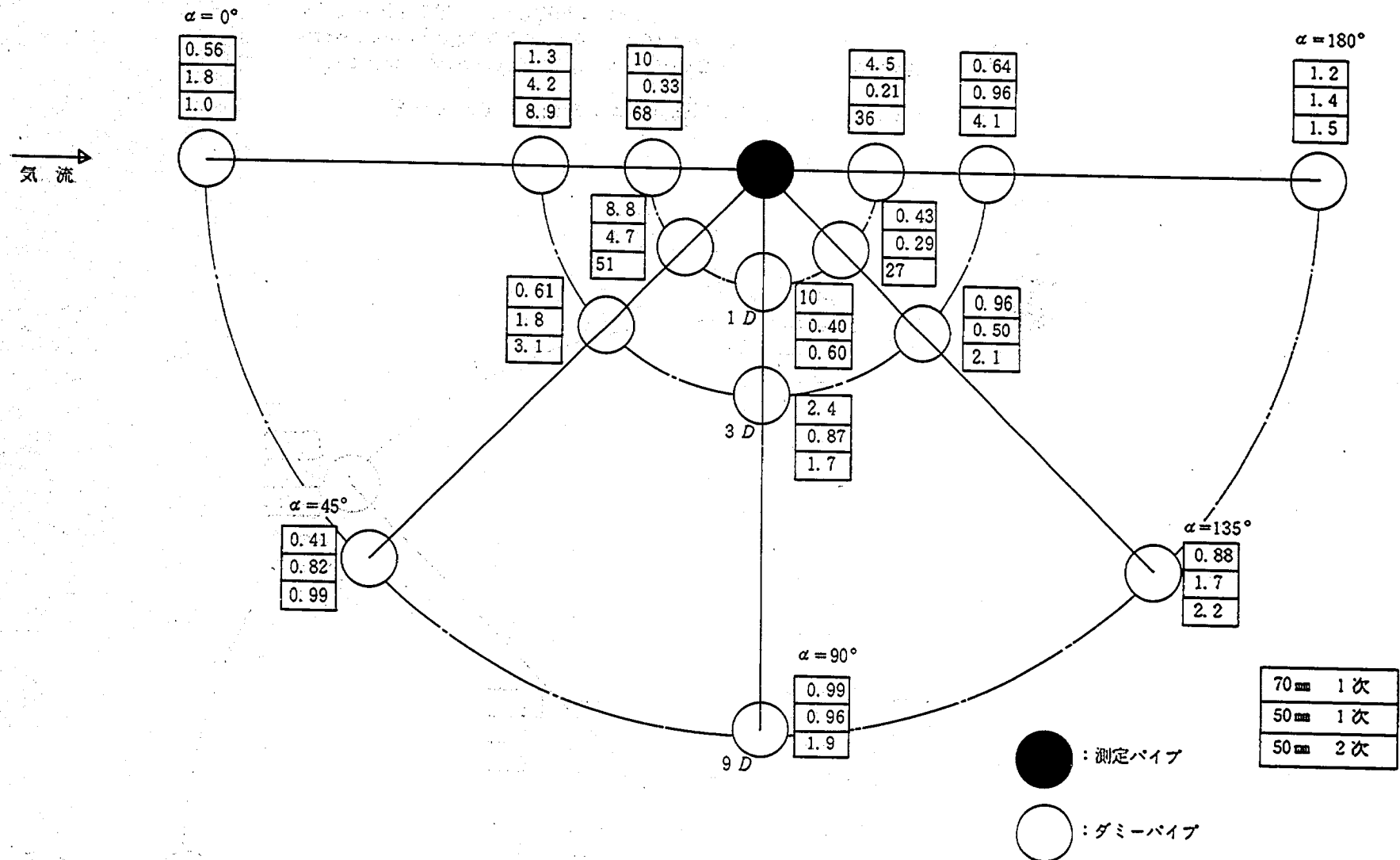


図-7-1. 近接パイプが渦励振におよぼす影響 (一様流)

図中の数値は、○印の位置にパイプをおいた場合の●印のパイプの渦励振極大振幅標準偏差 (σ_A) を単体パイプの σ_A で除したものであり、上より70mm直径のパイプの1次モード、50mm直径1次モード、50mm直径2次モードの渦励振について示した。

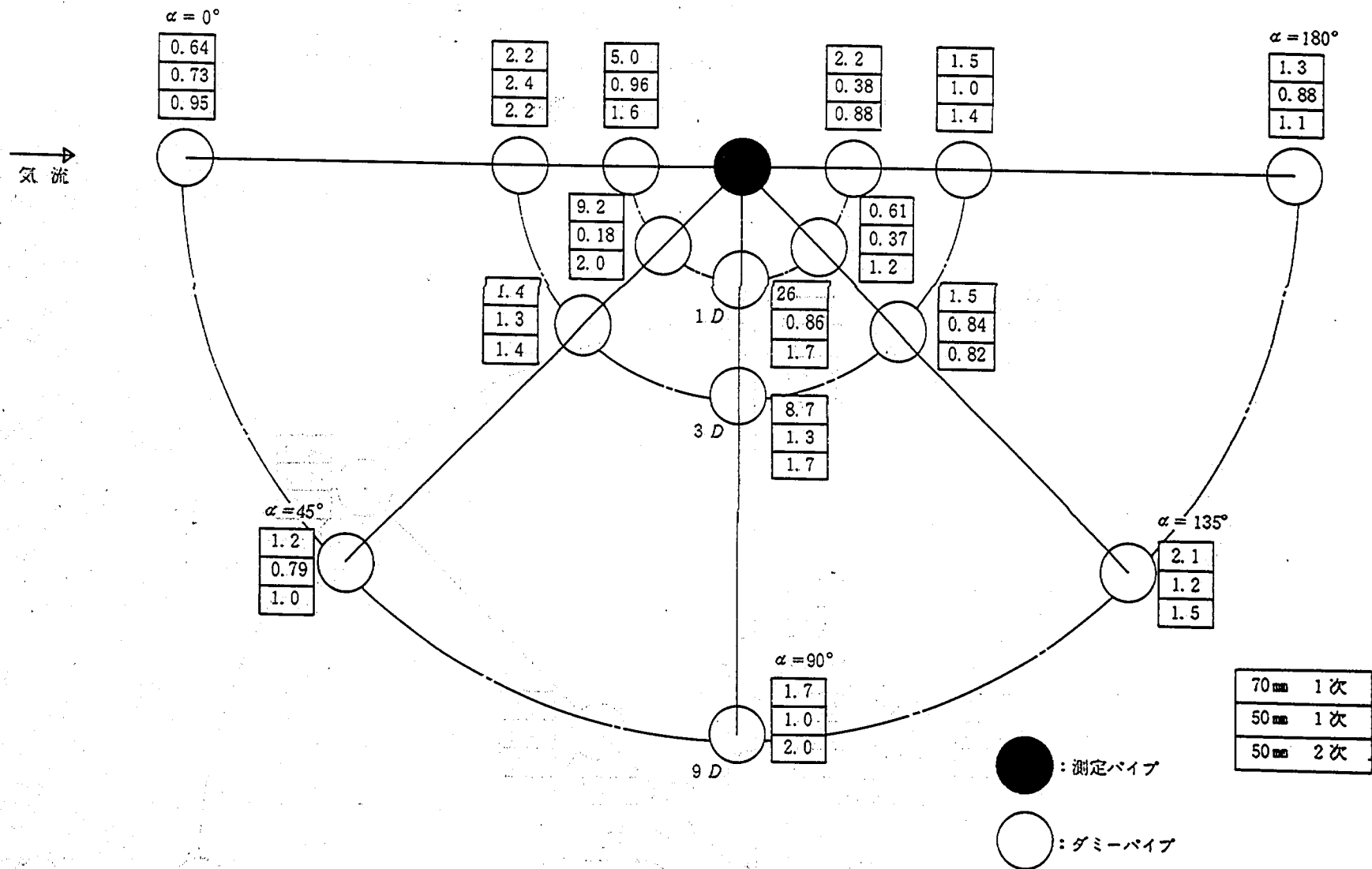


図-7-2. 近接パイプが渦励振におよぼす影響 (格子乱流)

図中の数値は、○印の位置にパイプをおいた場合の●印のパイプの渦励振極大振幅標準偏差 (σ_A) を単体パイプの σ_A で除したものであり、上より70mm直径のパイプの1次モード、50mm直径1次モード、50mm直径2次モードの渦励振について示した。

海洋構造物の設計外力及び
耐荷力に関する研究報告
(Ⅲ-1981)

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第1793号
昭和57年3月(1982)
山本邦夫・佐藤弘史
神崎一夫

キーワード パイプ構造物, 海洋構造物, 潮流力, 渦励振

要 旨

2本の3次元パイプ模型を流れ直角方向および流れに
対して45°斜め方向に配置させた場合の、渦励振特性を
実験的に求めた。



