

土 木 研 究 所 資 料

峡南大橋の耐風性調査報告書

平成7年3月

建設省土木研究所
構造橋梁部構造研究室

Copyright © (1995) 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 General 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、本報告書の全文又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

峡南大橋の耐風性調査報告書

構造研究室 室 長 佐 藤 弘 史
主任研究員 日下部 毅 明
研 究 員 今 野 久 志
松 藤 洋 照
部外研究員* 嶋 本 栄 治

要 旨

群馬県吾妻郡長野原町地先のハッ場ダムに湖面橋として計画中の吊橋である峡南大橋の耐風安定性を検討するためにバネ支持実験を行った。実験では、計画断面の耐風安定性の検討を行うとともに、フェアリング形状、高欄隙間の有無等の影響についてもあわせて検討した。次に、三分力試験を行い耐風性検討の基礎資料として各空力特性を調べた。その結果、計画断面は十分な耐風性を有することが確認された。

キーワード：峡南大橋、吊橋、バネ支持模型実験、三分力試験、可視化実験

* 部外研究員在職期間（平成6年4月から7年3月まで）

ま え が き

群馬県吾妻郡長野原町地先の八ッ場ダム貯水池には、付替県道峡南・王城道路が計画されており、この計画道路に川原湯地区と林地区を結ぶダム湖面橋として峡南大橋が計画されている。

本橋は、橋長591.4mの吊橋であり、径間長に比べ桁幅の狭い吊橋であるため、基本諸元を決める上で耐風性の検討はきわめて重要な課題である。

土木研究所構造研究室では、平成6年度に関東地建八ッ場ダム工事事務所より本橋の設計基本案に関する耐風性調査の依頼を受けた。このため、バネ支持模型実験、三分力試験、可視化実験を行い、発散振動および渦励振についての耐風性の評価ならびに空気力特性の把握、さらに桁断面まわりの空気の流れについて調査を行った。ここに調査結果をとりまとめ報告する。

平成7年3月

構造研究室	室	長	佐藤弘史
	主任研究員	日下部	毅明
	研究員	今野	久志
		松藤	洋照
	部外研究員	嶋本	栄治

目 次

1. 概 要	1
1.1 峡南大橋の概要	1
1.2 調査概要	1
2. バネ支持模型実験	1
2.1 実験方法	1
2.2 実験条件	15
2.3 気流計測	16
2.4 実験ケース	16
2.5 実験結果	22
2.5.1 格子乱流計測結果	22
2.5.2 バネ支持実験結果	28
3. 三分力試験	54
3.1 実験方法	54
3.2 実験ケース	54
3.3 実験結果	54
4. 可視化実験	64
4.1 実験方法	64
4.2 実験ケース	64
4.3 実験結果	64
5. まとめ	68
6. あとがき	68
参考文献	68
付属資料	69

1. 概 要

1.1 峡南大橋の概要

群馬県吾妻郡長野原町地先のハッ場ダム貯水池には、付替県道峡南・王城道路が計画されており、この計画道路に川原湯地区と林地区を結ぶダム湖面橋（峡南大橋）がある。本橋は、中央径間350m、側径間120.7m、橋長591.4mの吊橋である。峡南大橋の一般図を図-1に、設計諸元を表-1.1に示す。

本橋は、架橋時からダムが完成しダム湖が形成されるまでに10年以上かかることが予想されるため、本橋の耐風性については架橋時（水無し）とダム湖満水時の両条件について検討を行っている。動的耐風設計に用いる風の実特性値は、表-1.2に示すとおりである。

表-1.2 動的耐風設計条件

条 件	架橋時（水無し）	ダム湖満水時
基 本 風 速 U_{10}	30.0 m/s	30.0 m/s
地表粗度区分	IV	III
高 度 z	105.8 m	35.2 m
補 正 係 数 E_1	1.08	1.01
設計基準風速 $U_d = U_{10} \times E_1$	32.4 m/s	30.3 m/s
乱 れ 強 さ I_u	0.22	0.21

1.2 調査概要

一般的に吊橋はたわみ易い構造型式であり、風の影響を受け易く建設に際しては耐風安定性に十分留意し、安全性を確認する必要がある。本実験ではバネ支持模型実験によって現計画断面の耐風安定性の検討を行うとともに、フェアリング形状、高欄隙間の有無、車両走行位置が低くなっていることの影響についてもあわせて検討した。また、基本断面について三分力試験を行い、今後の詳細な耐風性検討の基礎資料として各空力特性を調べた。さらに、煙風洞で可視化実験を行い、断面まわりの空気の流れの状態について調査を行った。

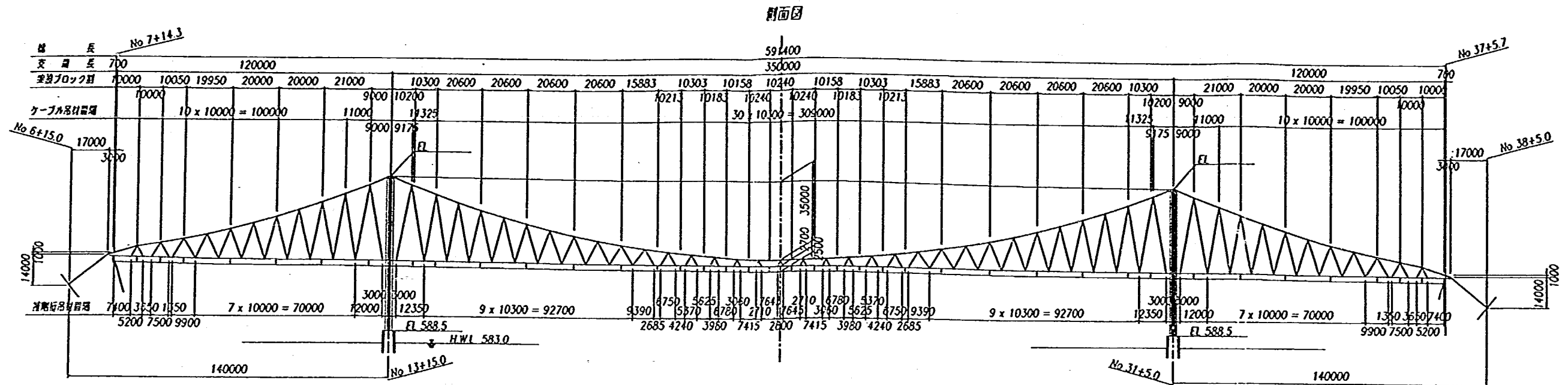
2. バネ支持模型実験

2.1 実験方法

実験に使用した風洞は、建設省土木研究所耐風工学実験施設内の非定常空気力風洞である。非定常空気力風洞の主要諸元を図-2、表-2に示す。模型は、縮尺1/60の2次元剛体模型を用い、6本のコイルバネにより風洞内に支持し、風速、迎角等を変化させて模型の挙動を計測した。使用した気流は、乱れのほとんどない一様気流および格子により発生させた乱流である。風速の測定は一様気流を使用した場合にはピトー管および微差圧計を用い、乱流を使用した場合には定温度型熱線流速計を用いて行った。模型の挙動は2台の光学式変位計により測定し、2つの変位を加算あるいは減算することによりそれぞれ鉛直たわみあるいはねじれ成分を求め、データレコーダおよびペンレコーダに記録した。実験の概要を図-3に、実験に使用した模型を図-4.1～4.9にそれぞれ示す。また、乱流格子および取付位置を図-5.1、5.2に示す。

図-1 峡南大橋一般図

S=1/1000



標準断面図 S=1/50

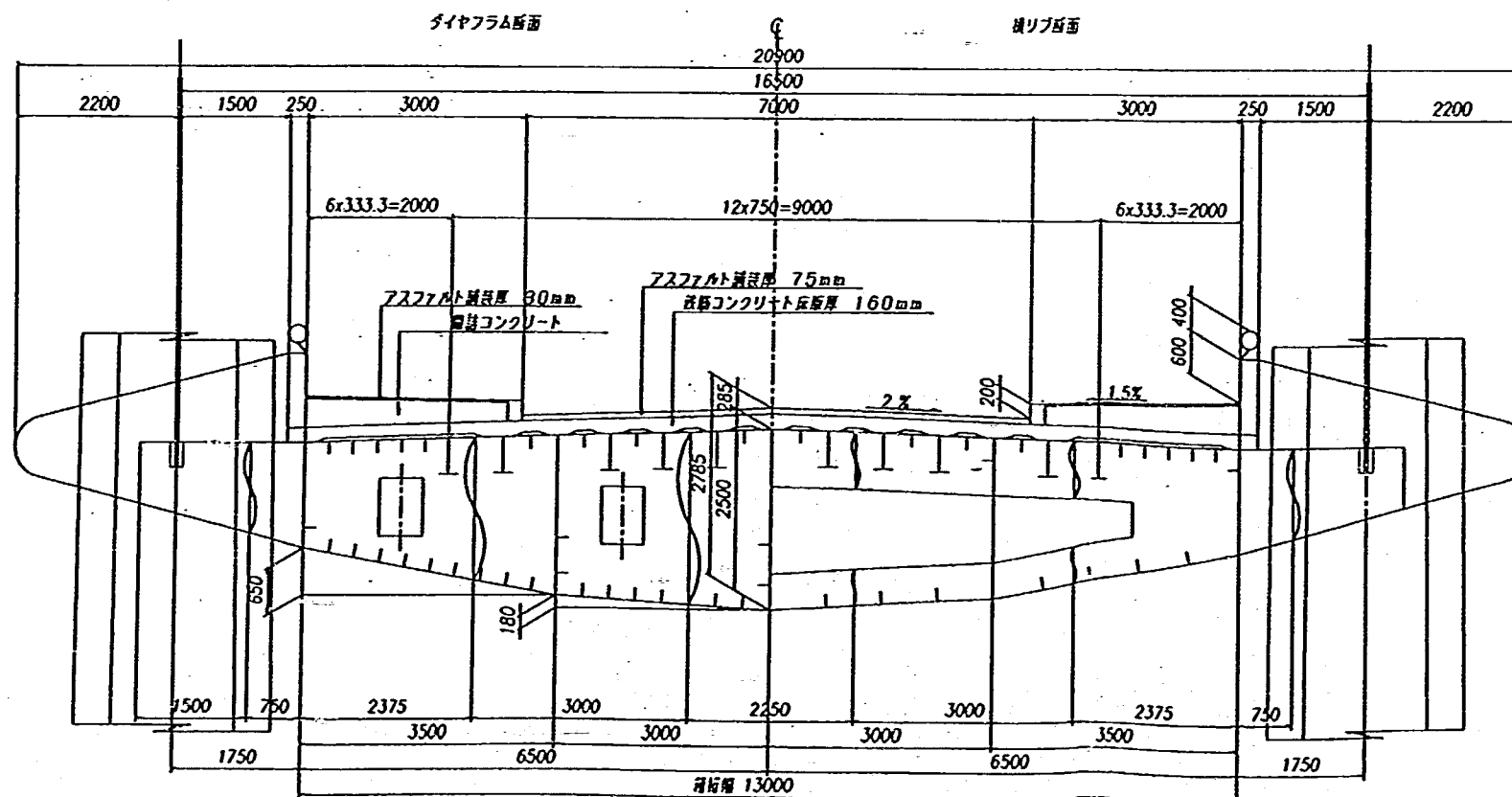


表-1.1 橋梁設計基本条件

橋 名	峡南大橋
道路区分	3 種 3 級
橋 長	591.4m
桁 長	590.0m
支 間 長	120.0m+350.0m+120.0m
橋梁形式	吊橋
幅員構成	3.0m+7.0m+3.0m

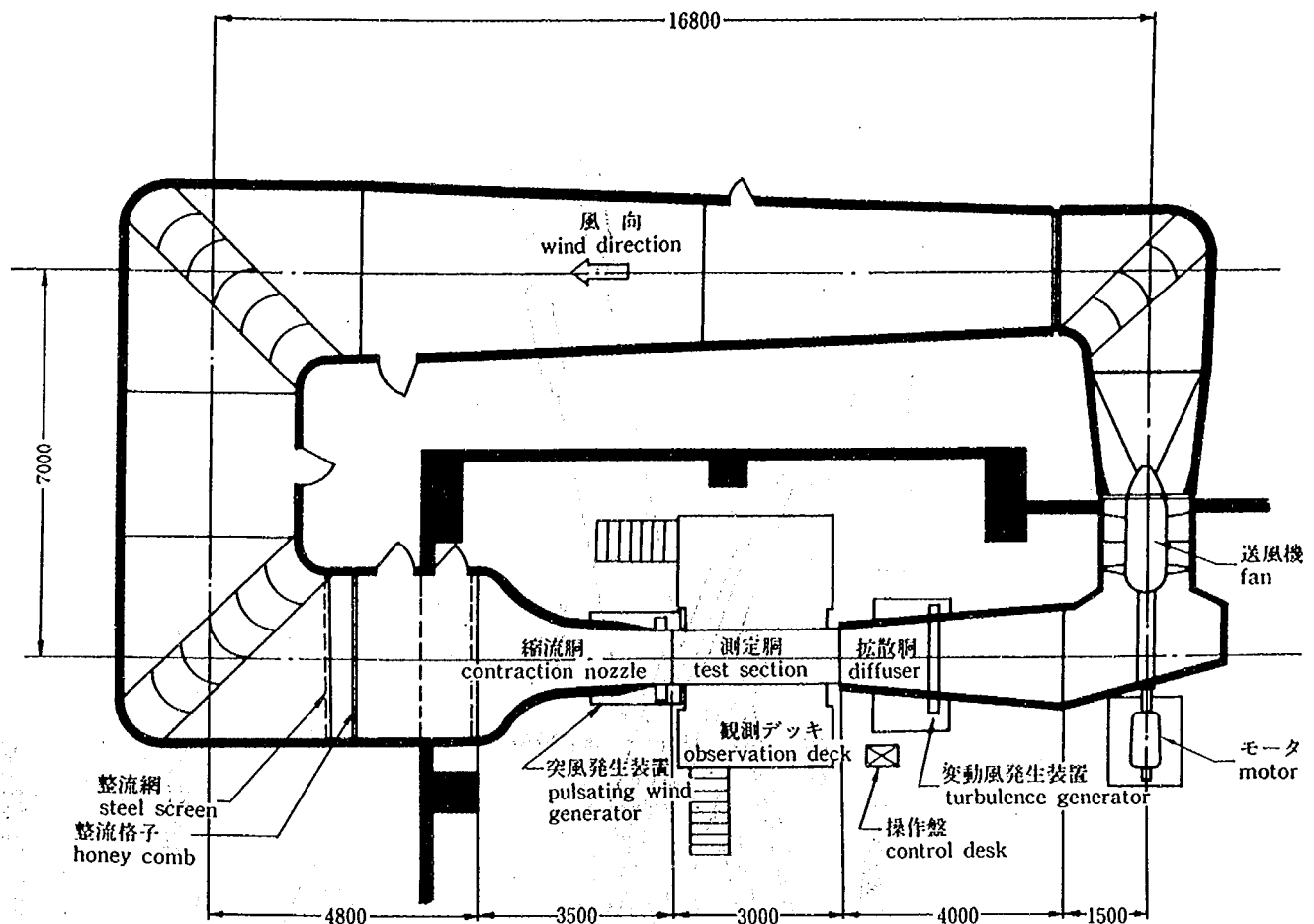


図-2 非定常空気力風洞平面図

表-2 非定常空気力風洞諸元

風 洞 名		非定常空気力風洞
Wind Tunnel		Low Speed Wind Tunnel-B
風洞形式		ゲッチンゲン型
Type		Göttingen Type
測 定 洞 Test Section	幅 Width	1,000mm
	高 Height	2,000mm
	長 Length	3,000mm
風路全長		
Total Path Length		55m
送 風 機 Fan	動翼直径 Diameter	1,530mm
	有効全圧 Pressure Rise	40.0mmAq
	風 量 Wind Volume	70.0m³/sec
	回 転 数 Rotation	1250.0rpm
	容 量 Power	50.0KW
気 流 Flow	風 速 Wind Speed	1.0~25.0m/sec
	乱 れ 率 Turbulence Intensity	0.5%

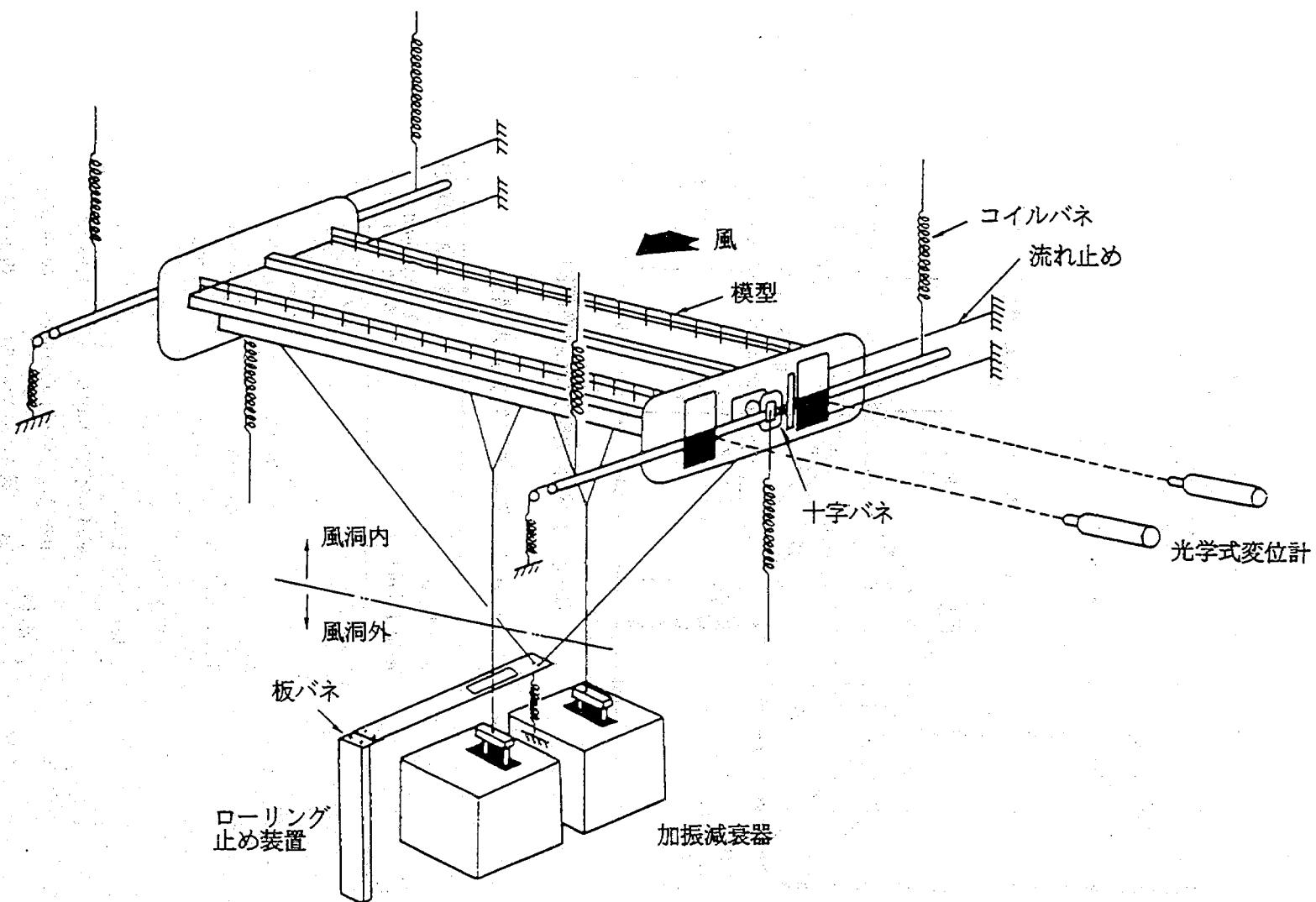
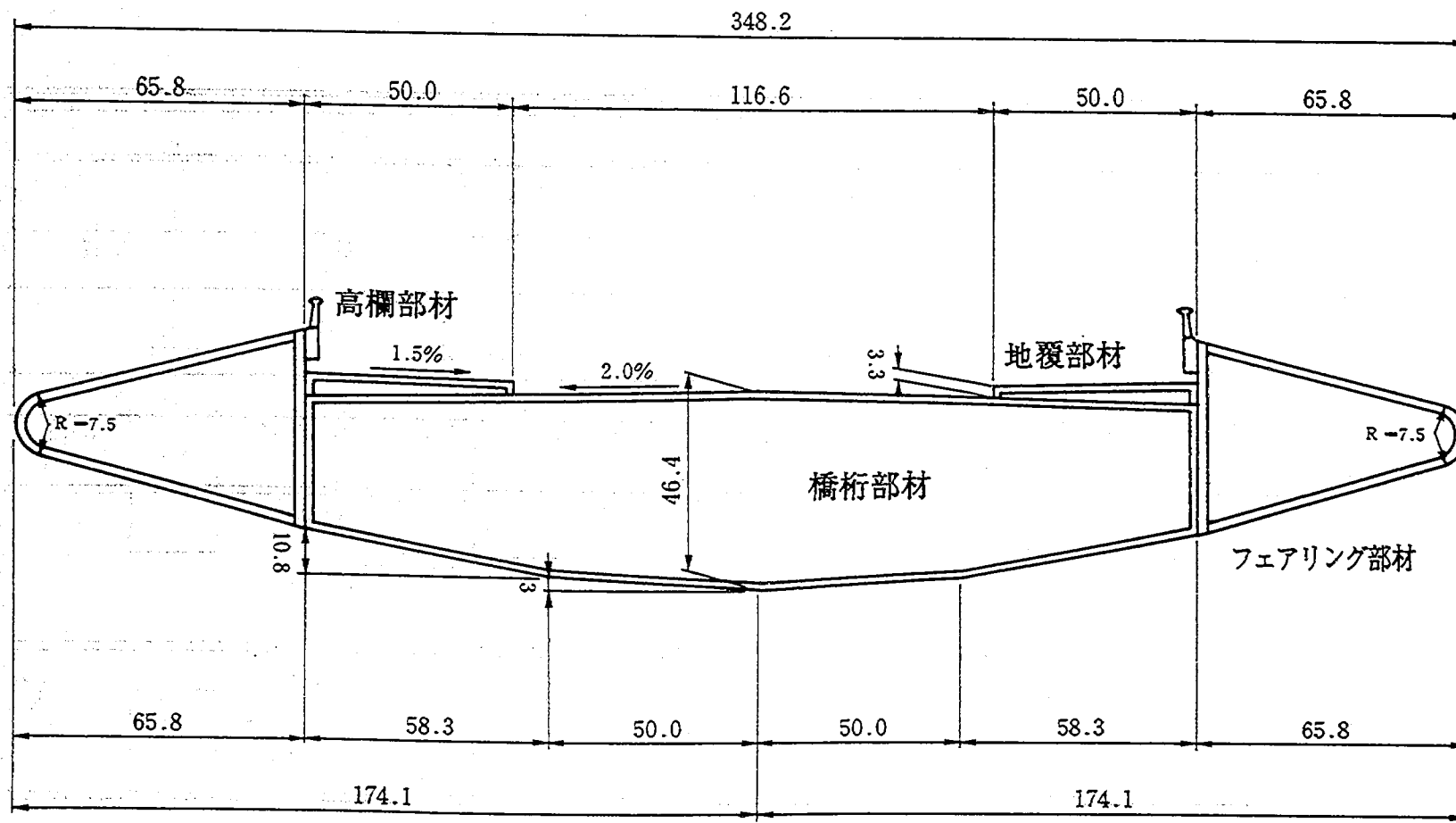


図-3 バネ支持実験概要



単位:mm

図-4.1 峡南大橋模型図 (基本断面)

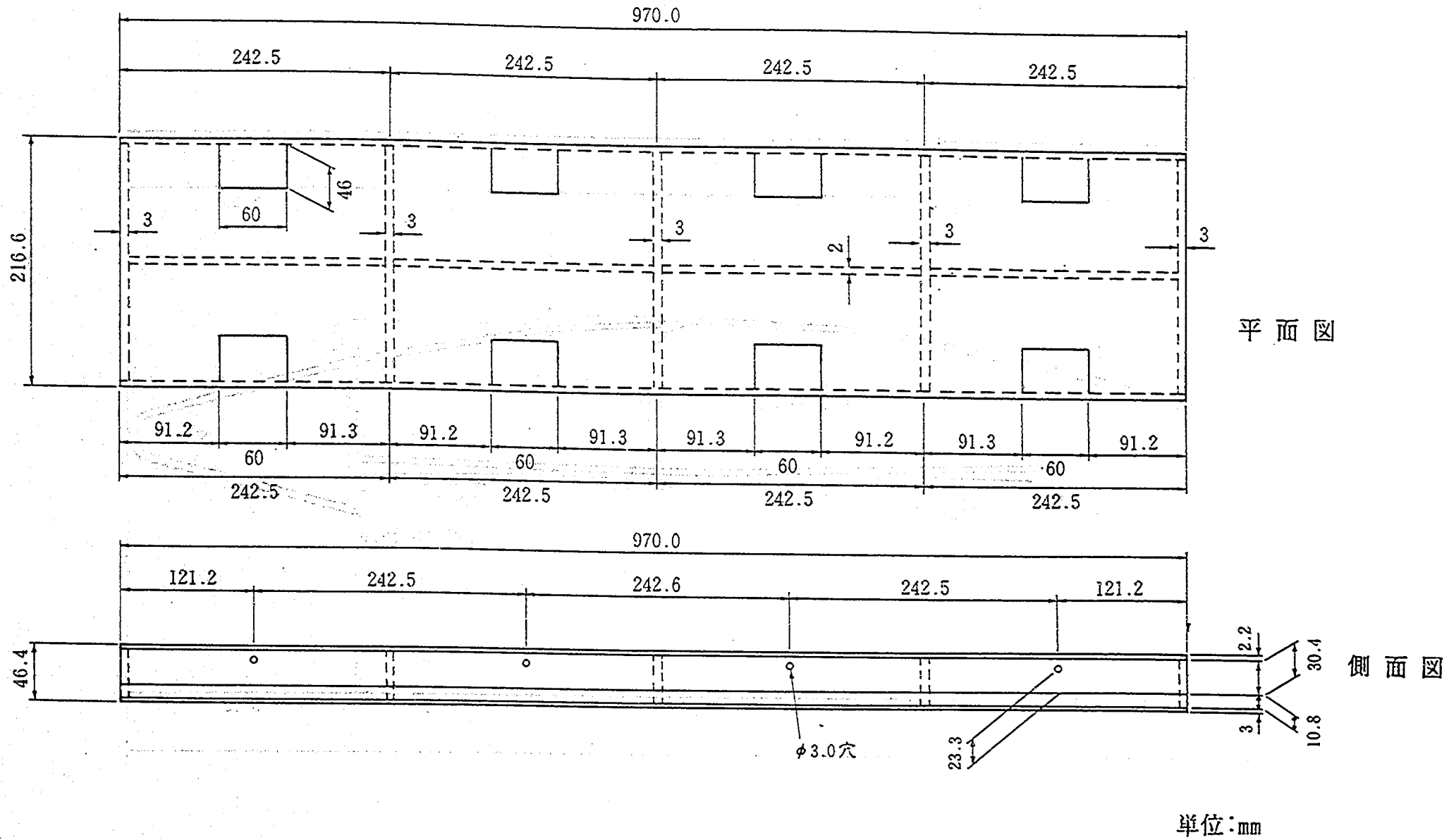


図-4.2 峡南大橋模型図 (橋桁部材その1)

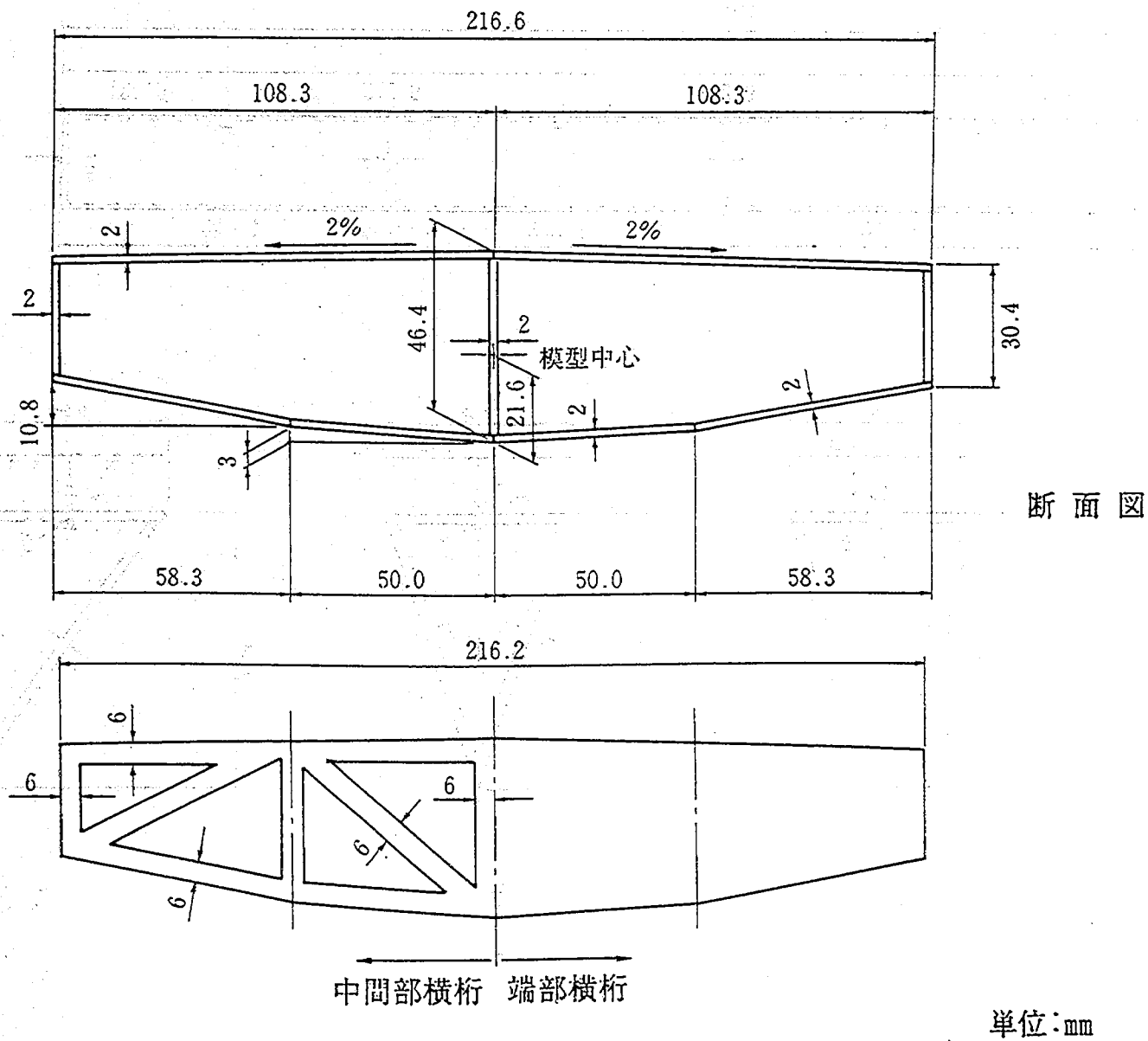
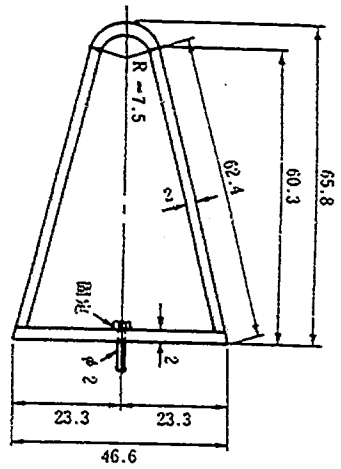
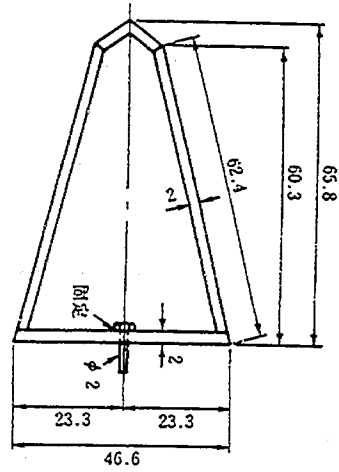


図-4.3 峡南大橋模型図 (橋桁部材その2)

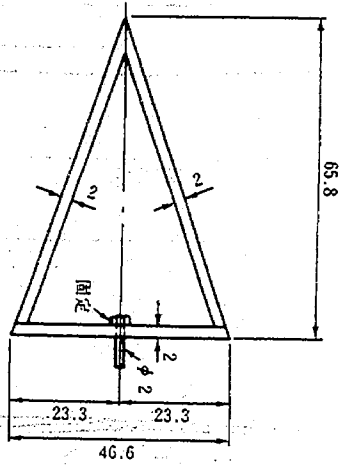
フェアリング
基本断面



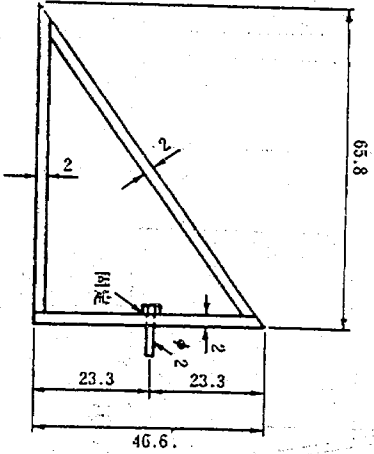
フェアリングA



フェアリングB

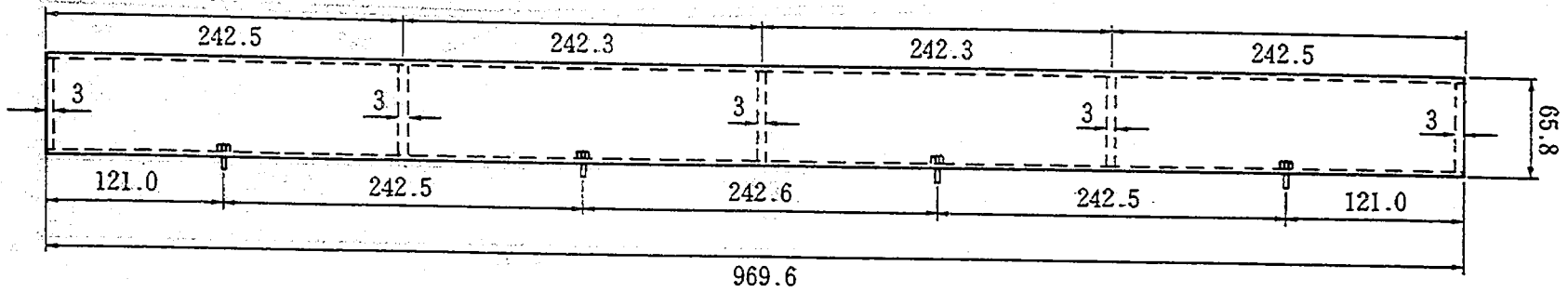


フェアリングC
(フェアリングDは
Cを上下逆にしたもの)



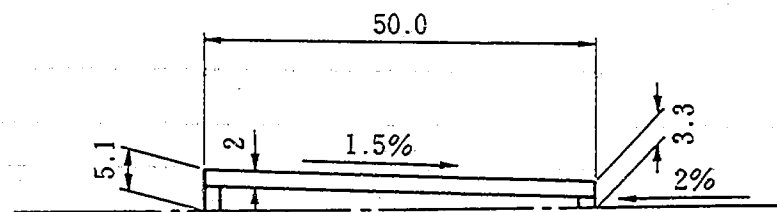
断面図

平面図

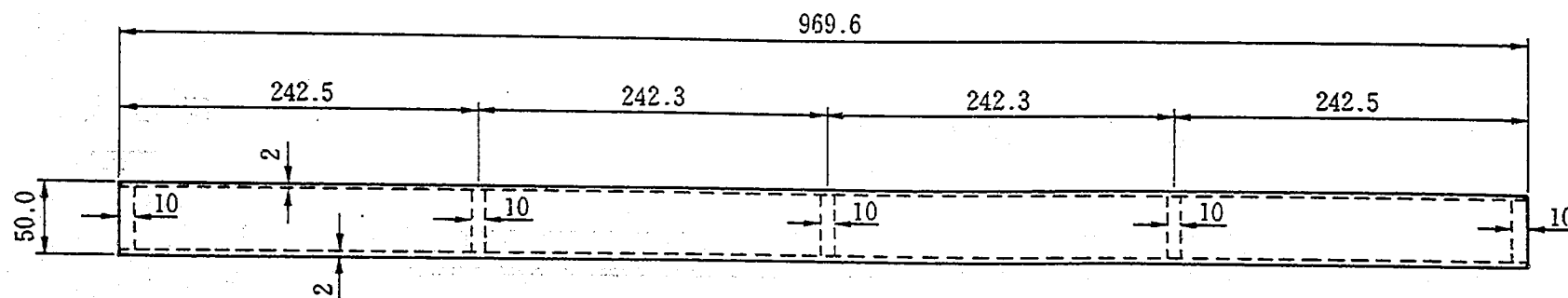


単位:mm

図-4.4 峽南大橋模型図 (フェアリング部材)



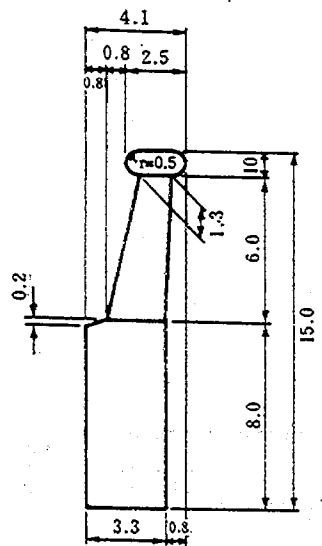
断面图



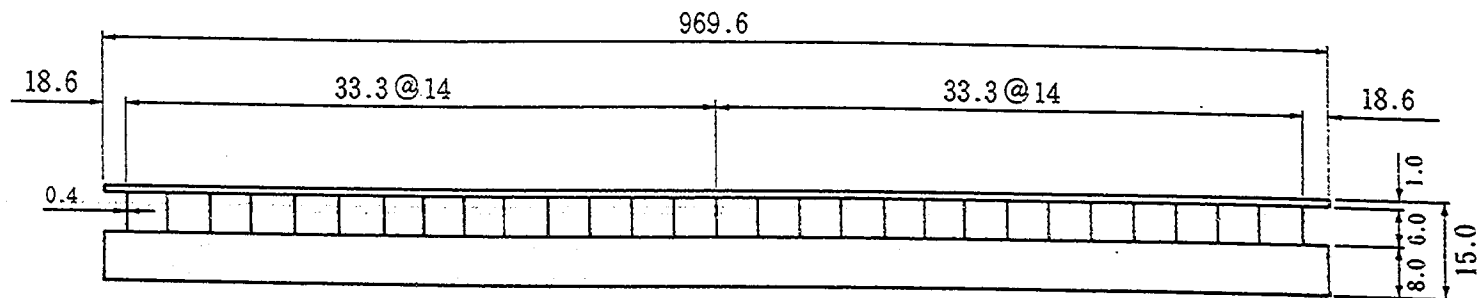
平面图

单位: mm

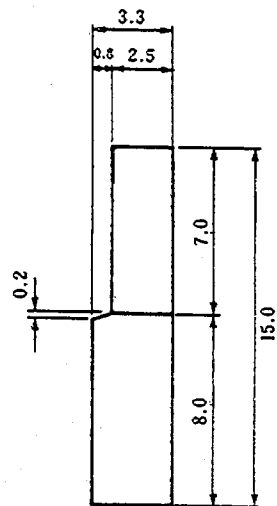
图-4.5 峡南大桥模型图 (地覆部材)



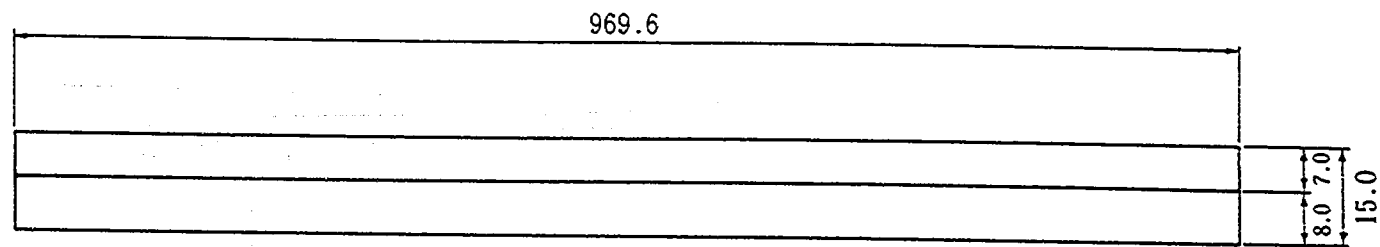
断面図



隙間有高欄(基本断面) 側面図



断面図



隙間無高欄 側面図

単位:mm

図-4.6 峡南大橋模型図(高欄部材)

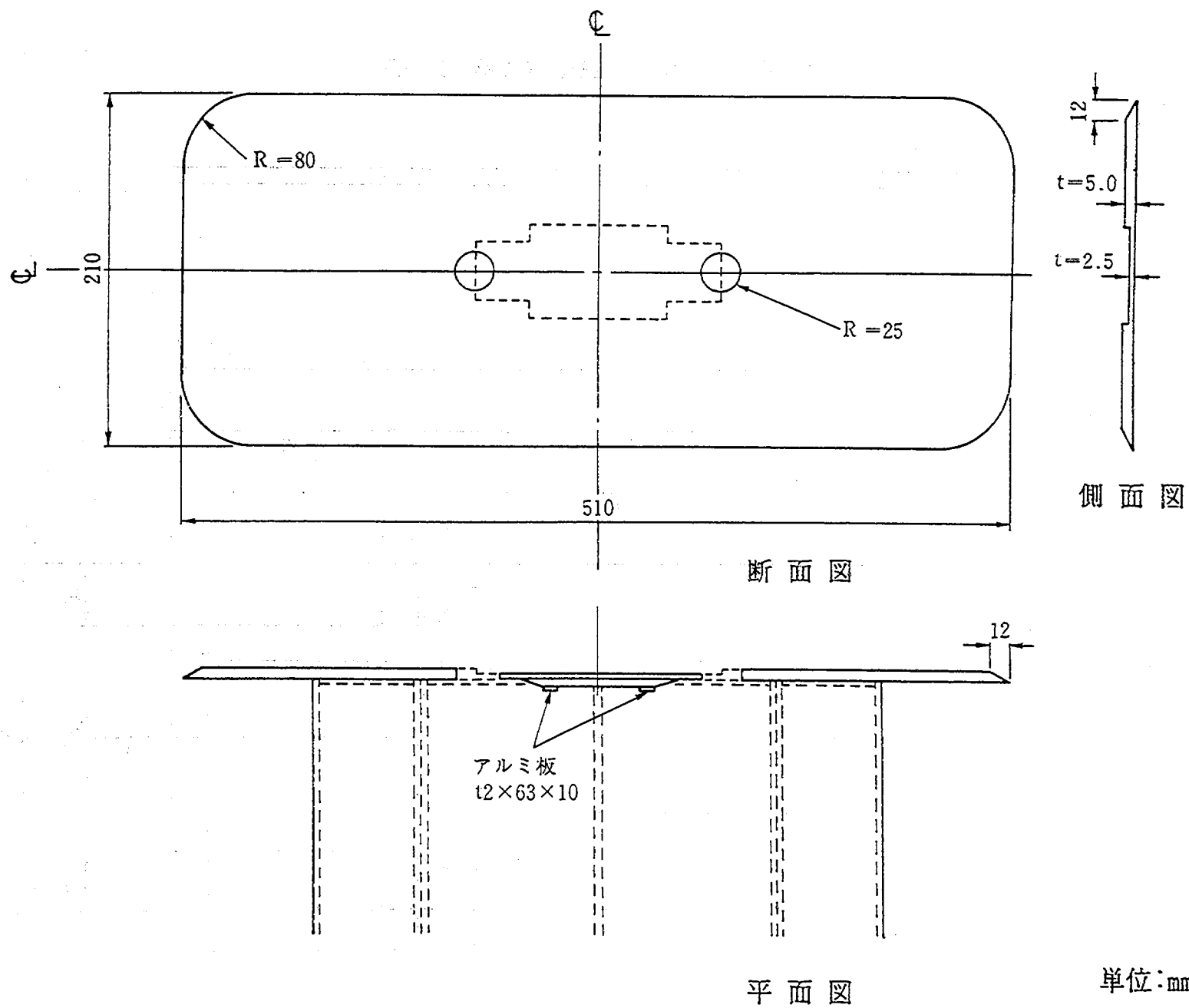
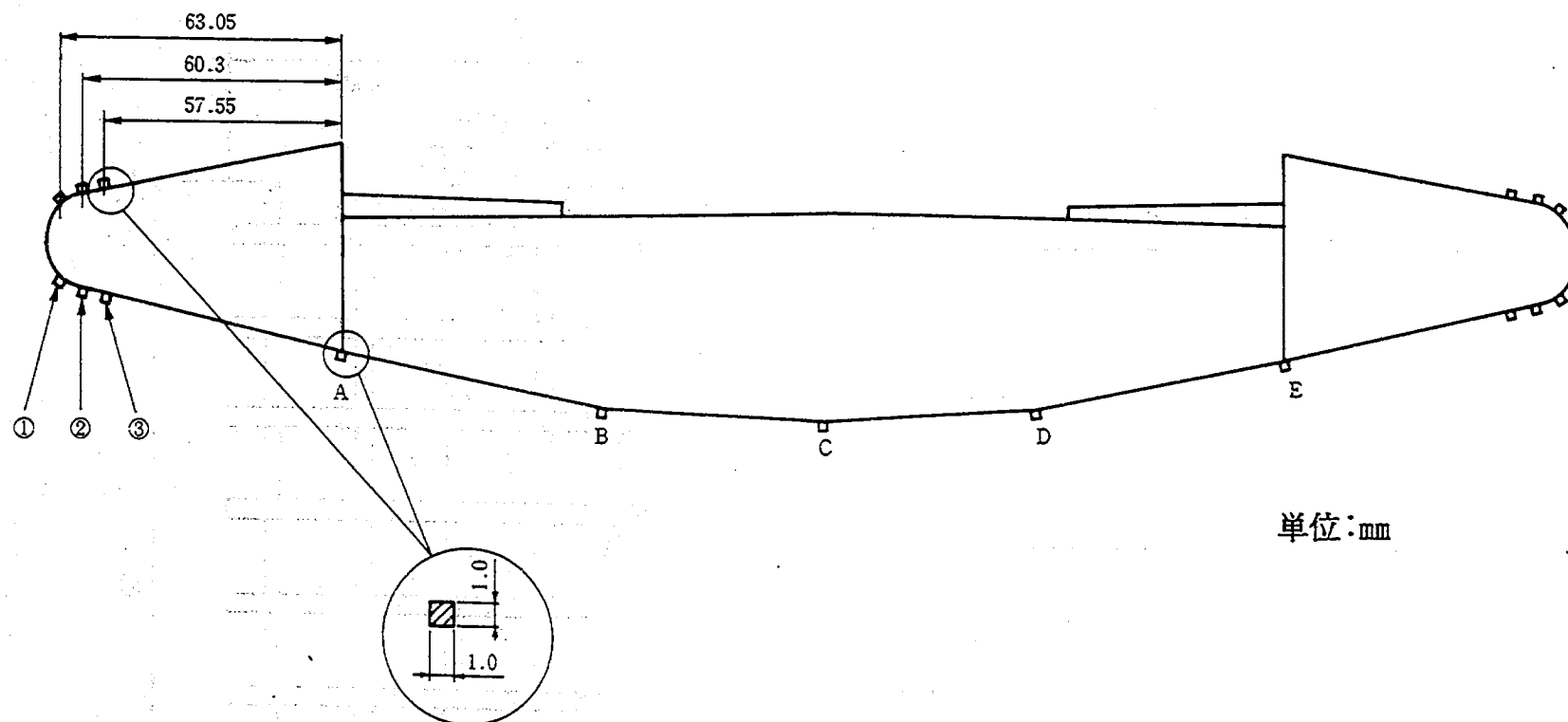


図-4.7 峡南大橋模型図（端板部材）



ケースNo.	内 容	迎 角
10	剝離点の影響①	0°
11,13,14	〃 ②	0°, ±3°
12	〃 ③	0°

剝離点の影響

ケースNo.	内 容	突起設置位置
15	突起 1	A, E
16	〃 2	B, D
17	〃 3	A, C, E

突起の影響

図-4.9 剝離点固定用部材取付位置図

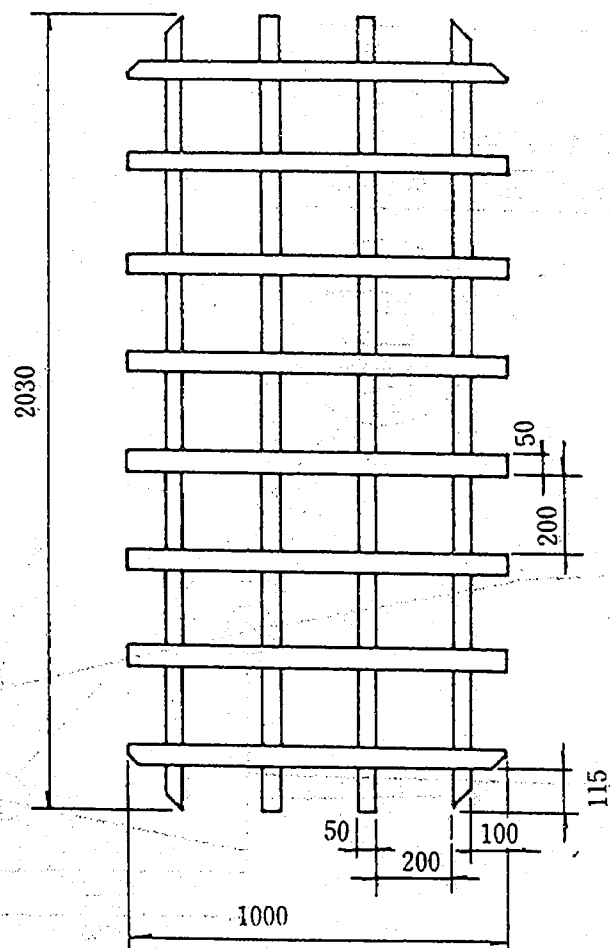


図-5.1 乱流格子

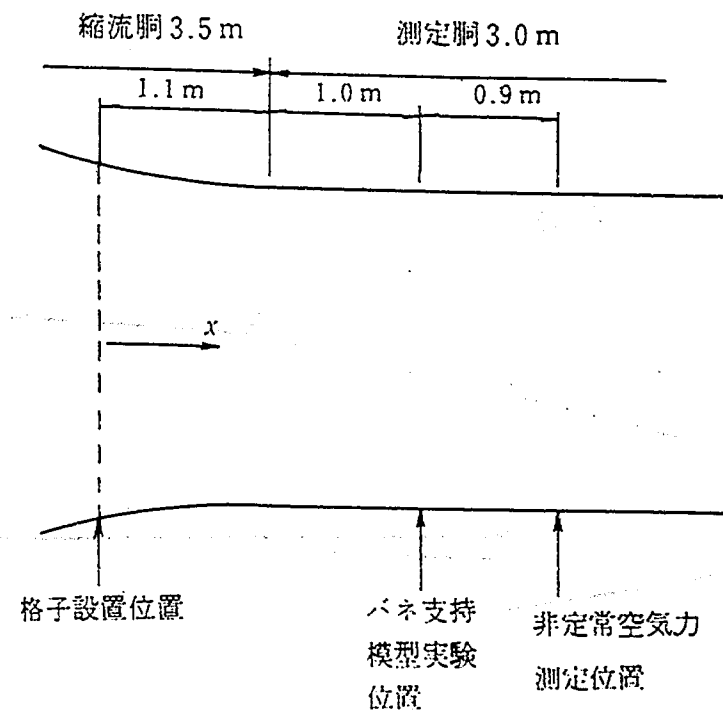


図-5.2 乱流格子の取付位置

2.2 実験条件

相似条件としては、幾何学的形状を相似させることの他に、つぎの6つの無次元量を実橋と模型で一致させた。

$$M/\rho B^2, V/N_\theta B, \delta_{0\theta}, I/\rho B^4, V/N_\theta B, \delta_{0\theta}$$

ここに、M：単位長さあたりの質量

N：固有振動数

I：単位長さあたりの極慣性モーメント

δ_0 ：無風時の対数減衰率

ρ ：空気密度

η ：鉛直たわみ振動

B：構造物の代表長さ

θ ：ねじれ振動

V：風速

これらの相似条件より導かれた実験条件を表-3に示す。

また、減衰率に関する相似条件を満足させるために、電磁加振減衰器を用い、その抵抗値を変化させ、所要の減衰率に調整した。構造減衰を求める基準振幅は、以下の通りとした。

たわみ： $B/200$

ねじれ： 0.5°

ここに、B：代表幅(0.3482m)

実験条件の重量および極慣性モーメントは、動的載荷法により求めた¹⁾。

その他詳細は、「本州四国連絡橋風洞実験要領(1980)」に従った。

実験風速は、実橋風速0~100m/secの範囲で実施した。風速の刻みは、実橋風速で約5m/secとした。

格子乱流中の実験では、計測時間を1分間とし、応答の最大、最小および平均値を求めた。サンプリングタイムは2msecとした。

表-3 峽南大橋実験諸元

		実橋値	要求値	模型計測値	誤差
重 量		19.214 tf/m	5.177 kgf/model	5.2113 kgf/model	0.7%
極慣性モーメント		87.568 tf・m・s ² /m	0.00655 kgf・s ² /model	0.006559 kgf・s ² /model	0.1%
振動数	たわみ	0.343 Hz	—	3.2083 Hz	—
	ねじれ	0.783 Hz	—	7.2660 Hz	—
振動数比		2.2828	2.2828	2.2648	0.8%
バネ定数	たわみ	—	—	2.161 kg/cm	—
	ねじれ	—	—	13.6698 kg・m	—
構造減衰	たわみ	—	0.020	0.0198 *	—
	ねじれ	—	0.020	0.0198 *	—
風速倍率	たわみ	—	—	6.415	—
	ねじれ	—	—	6.466	—

*：構造減衰の振幅依存性は付図-1参照

2.3 気流計測

格子乱流中の実験に先立ち、気流の計測を行った。乱流の計測は、定温度型熱線流速計(KANOMAX製)を使用した。熱線流速計は、格子を組み込む前に風洞内でピトー管により校正を行った。

計測風速は、風洞風速6.2m/secの風速で実施した。尚、気流計測点は、図-6に示す3点とし、以下の条件で実施した。

サンプリング周波数	60Hz
平均回数	10回
計測時間	約3分間
ローパスフィルタ	30Hz

2.4 実験ケース

実験は、迎角、フェアリング形状、高欄形状、制振対策等を変化させて行った。実験ケースを表-4に示す。尚、同表中の実験種別の「標準」とは、実験の風速ピッチを約5m/sとして実施したものであり、「簡易」とは、風速ピッチを10~15m/s程度として渦励振の有無とフラッター発生の有無に着目した実験を言う。さらに、各実験ケースの断面を図-7.1~7.4に示す。

表-4 実験ケース

ケースNo.	迎角	フェアリング	高欄	ボックス底面	実験種別	備考
1	0	基本断面	隙間有	基本断面	標準	
2	-3	"	"	"	"	
3	+3	"	"	"	"	
4	-5	"	"	"	"	
5	+5	"	"	"	"	
6	0	A	"	"	"	
7	0	B	"	"	"	
8	0	C	"	"	"	
9	0	D	"	"	"	
10	0	基本断面	"	"	簡易	剥離点の影響調査No. 1
11	0	"	"	"	"	No. 2
12	0	"	"	"	"	No. 3
13	-3	"	"	"	"	剥離点の影響調査No. 2
14	+3	"	"	"	"	"
15	0	"	"	突起 1	"	
16	0	"	"	突起 2	"	
17	0	"	"	突起 3	"	
18	0	"	隙間無	基本断面	標準	
19	0	"	隙間有	"	"	路面までの深さ1/2
20	0	"	"	"	"	路面までの深さ0
21	-7	"	"	"	"	
22	+7	"	"	"	"	
23	0	基本断面	隙間有	基本断面	標準	格子乱流
24	-3	"	"	"	"	"
25	+3	"	"	"	"	"
26	-5	"	"	"	"	"
27	+5	"	"	"	"	"

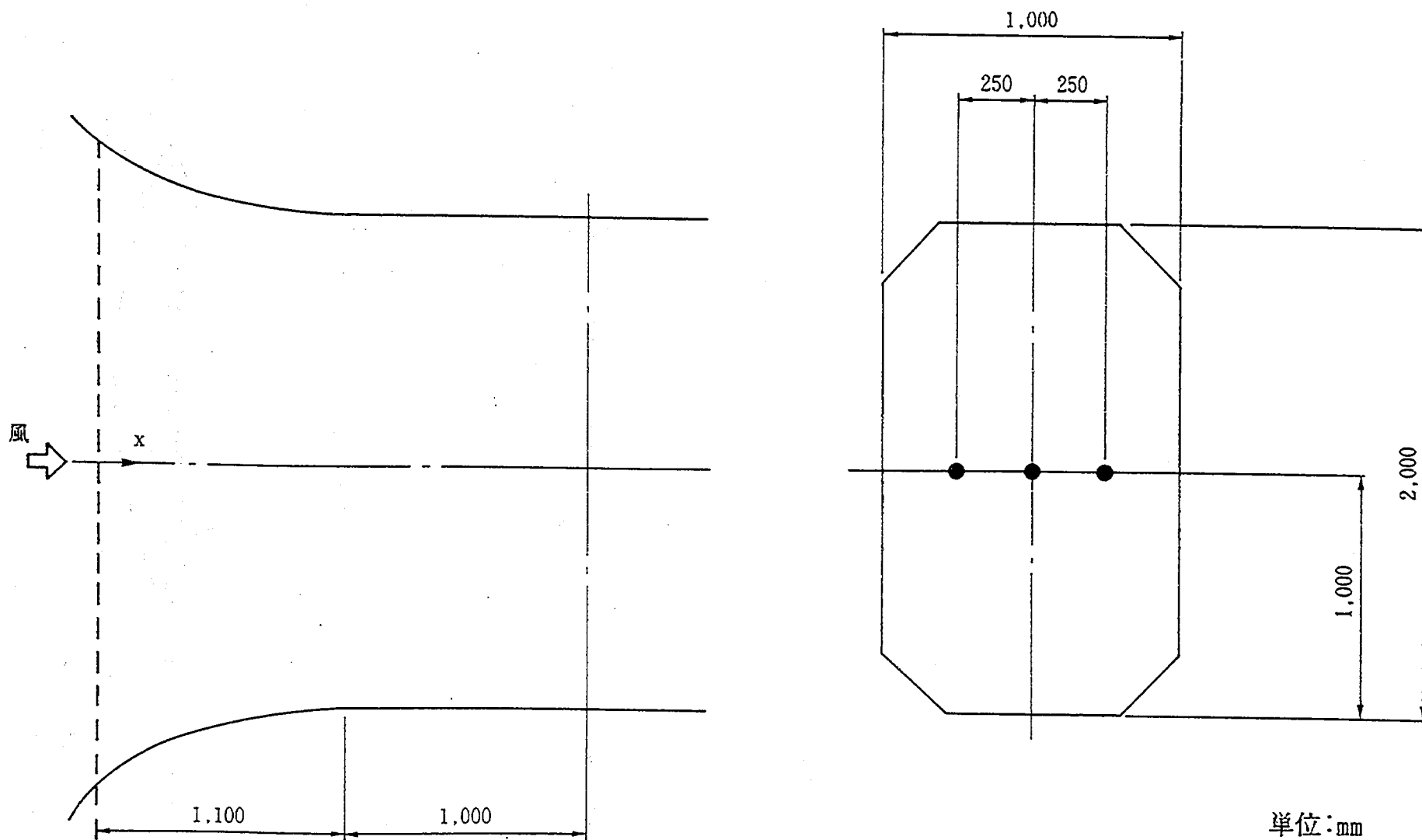
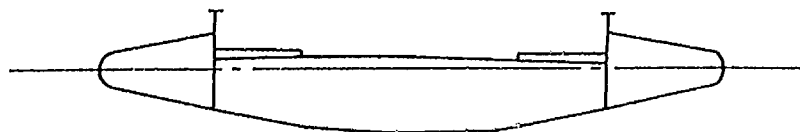
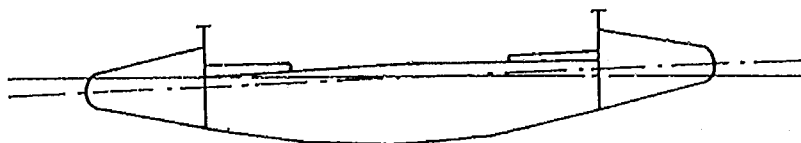


図-6 気流計測点

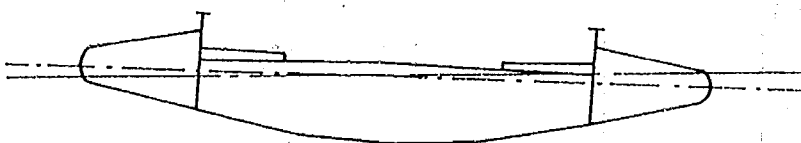
ケース 1



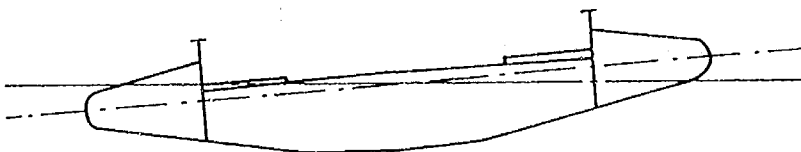
ケース 2



ケース 3



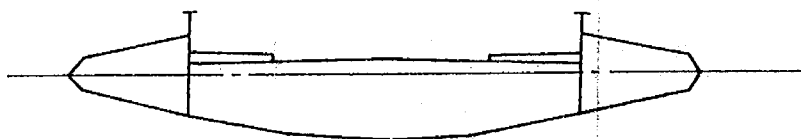
ケース 4



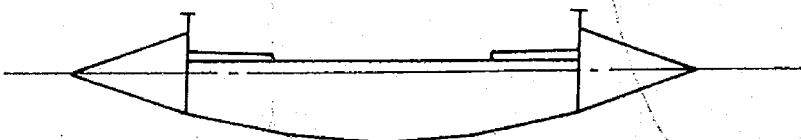
ケース 5



ケース 6



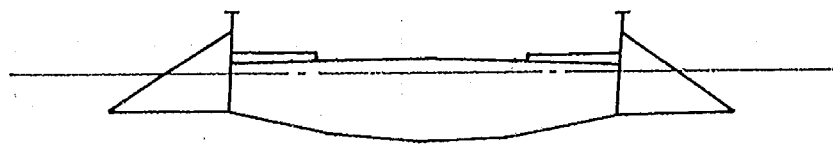
ケース 7



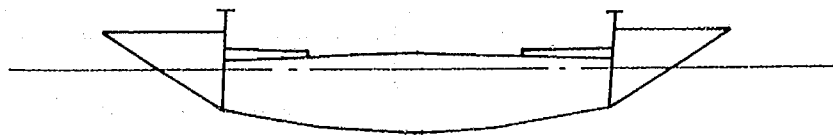
風 →

図-7.1 実験対象断面

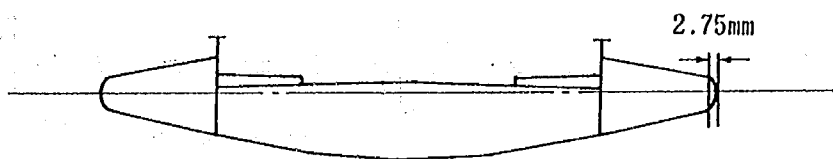
ケース 8



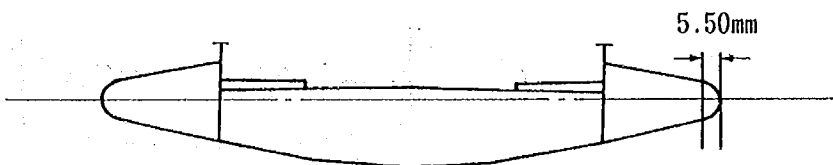
ケース 9



ケース 10



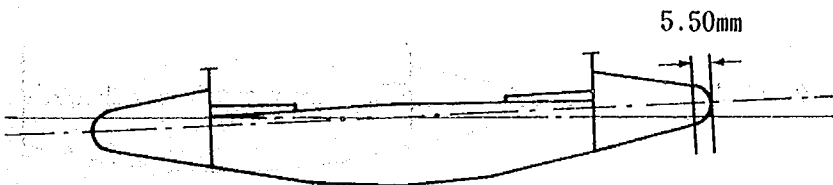
ケース 11



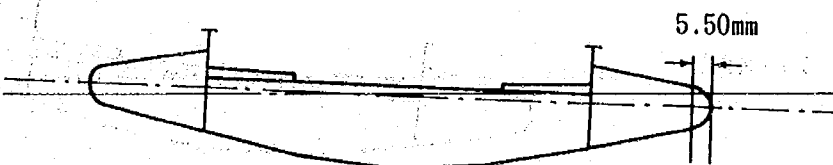
ケース 12



ケース 13



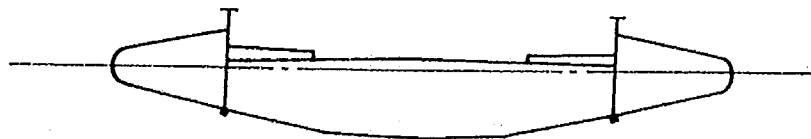
ケース 14



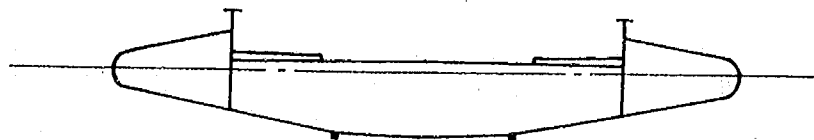
風 →

図-7.2 実験対象断面

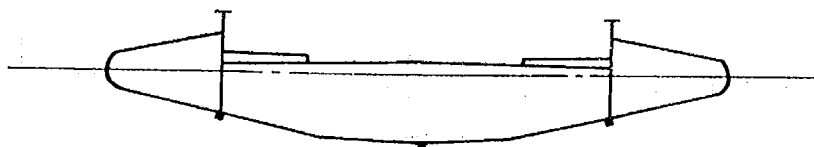
ケース15



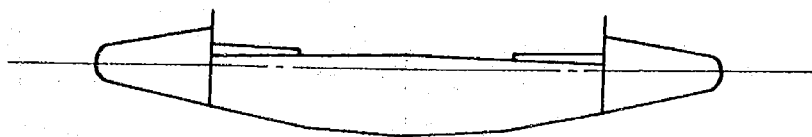
ケース16



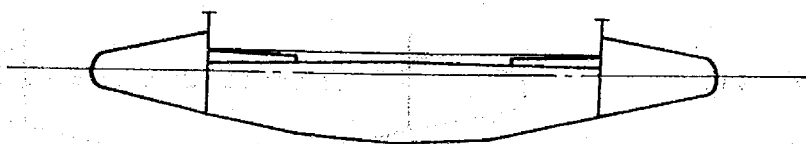
ケース17



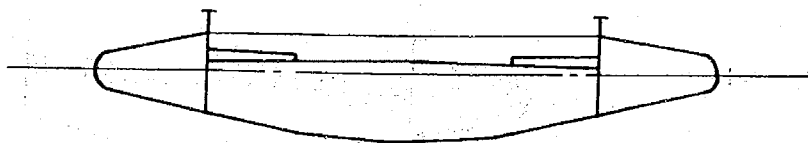
ケース18



ケース19



ケース20



ケース21



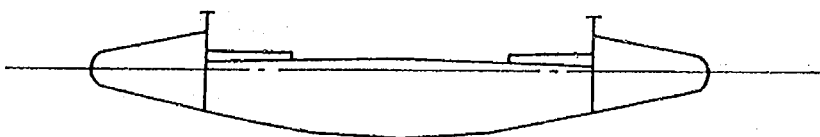
風 →

図-7.3 実験対象断面

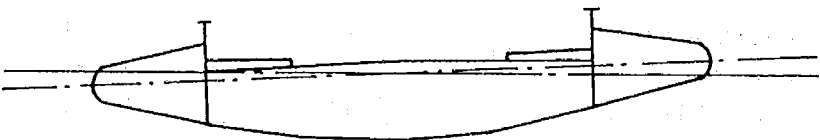
ケース22



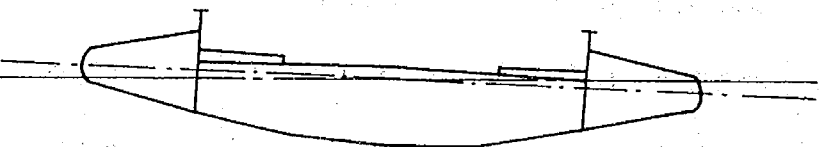
ケース23



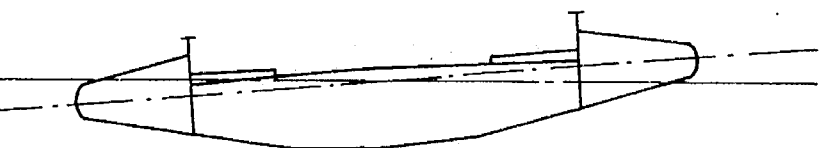
ケース24



ケース25



ケース26



ケース27



風 →

図-7.4 実験対象断面

2.5 実験結果

2.5.1 格子乱流計測結果

実験に使用した格子乱流のパワースペクトルを図-8.1(a)～8.2(b)に、乱れ強さおよび気流傾斜角を図-9に示す。(パワースペクトルの算出は文献2に詳述されている。)

主流方向の乱れ強さは、約10%、鉛直方向は約8%である。気流傾斜角は、 0.1° 以内であった。計測結果を表-5に示す。尚、スケールは、気流パワースペクトルの0周波数より求めた。

ここで、実橋の架橋地点の粗度長 Z_0 を1m、高度を30mとしてESDUより主流方向変動成分のスケールを求めると82mとなり、実験結果のスケールである12.6m (0.21×60) は実橋の約1/7となっている。

表-5 気流計測結果

		計 測 位 置		
		- 2 5 0 m m (観測室側)	0 m m (中央)	+ 2 5 0 m m (反観測室側)
平均風速 (m/s)		6.19	6.19	6.09
乱 れ 強 さ	主流方向 I_u	9.92 %	10.24 %	9.91 %
	鉛直方向 I_w	8.09 %	8.30 %	8.44 %
ス ケ ー ル	主流方向 L_x^u	12.3 cm	21.0 cm	15.5 cm
	鉛直方向 L_x^w	5.9 cm	6.5 cm	7.7 cm
気流傾斜角 (度)		-0.06	0.07	0.02

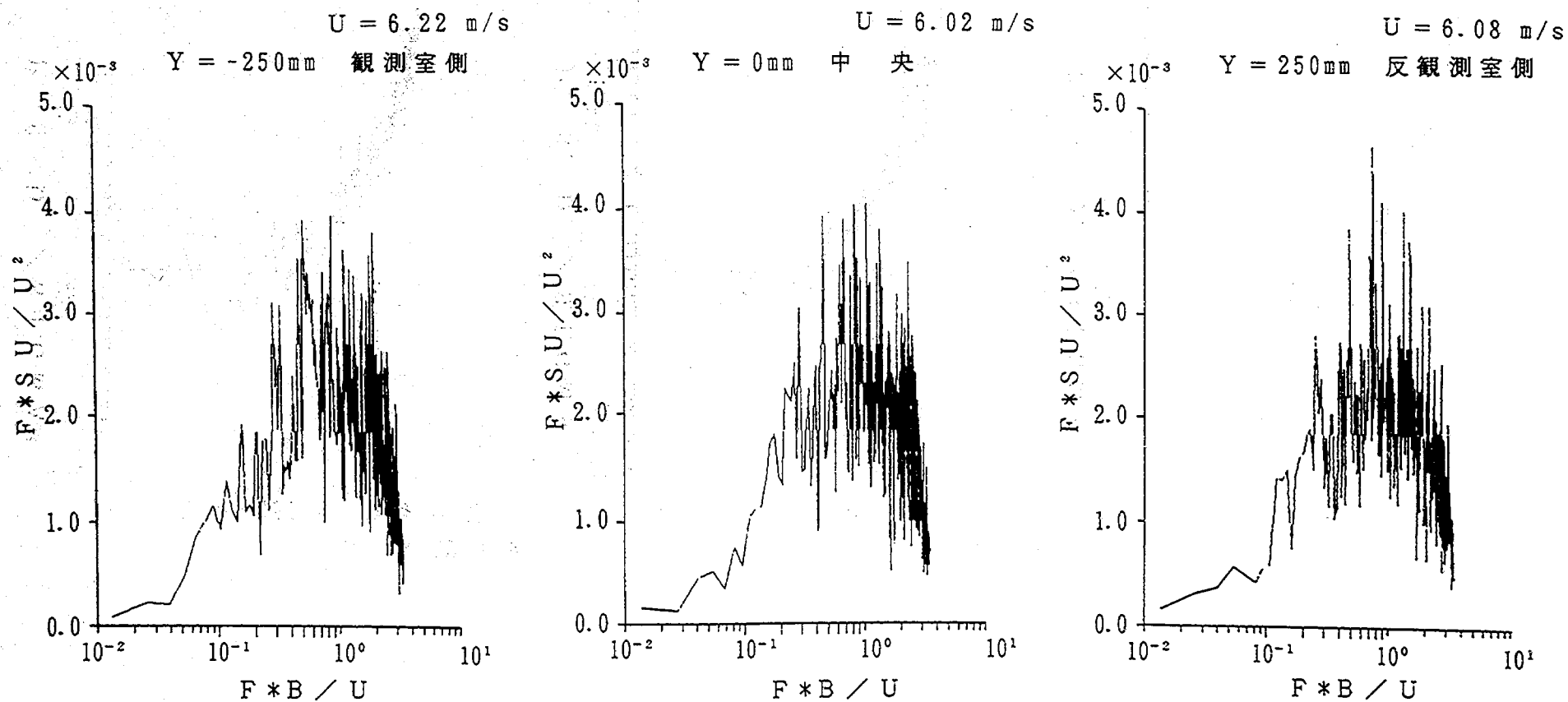


図-8.1(a) 格子乱流パワースペクトル (主流方向)

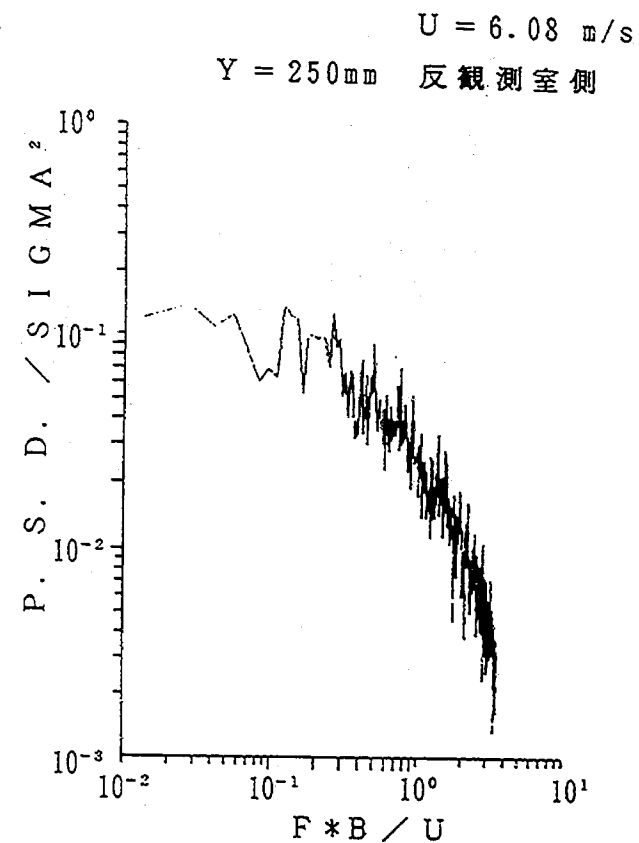
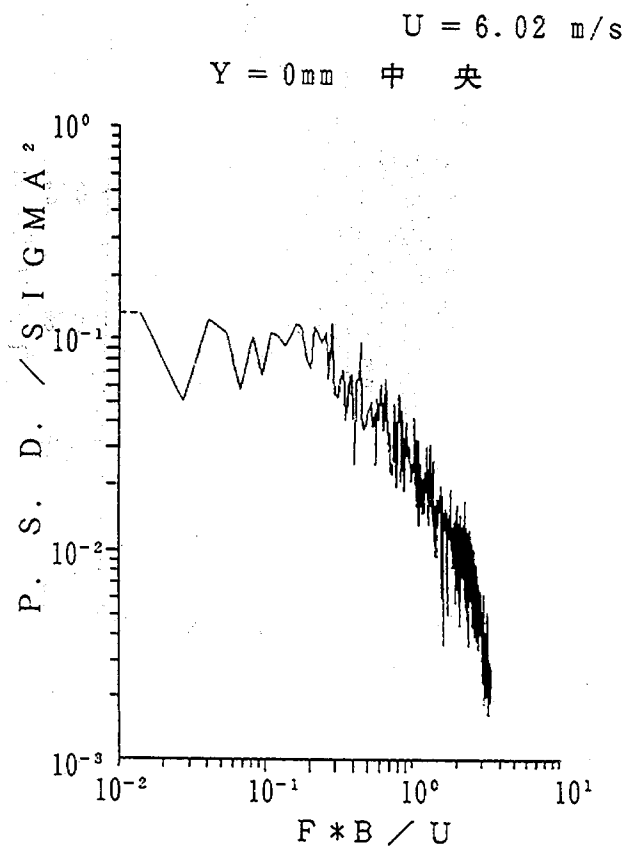
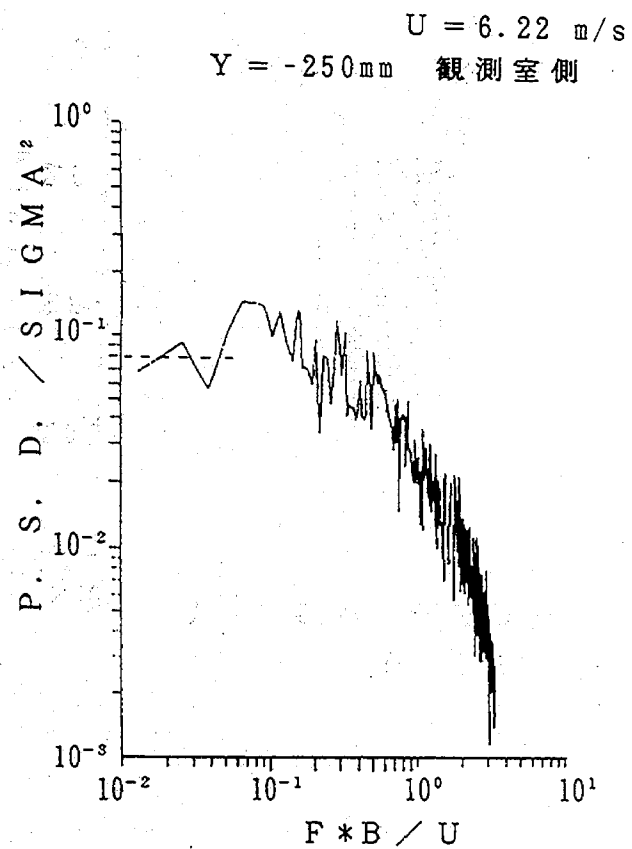


図-8.1(b) 格子乱流パワースペクトル (主流方向)

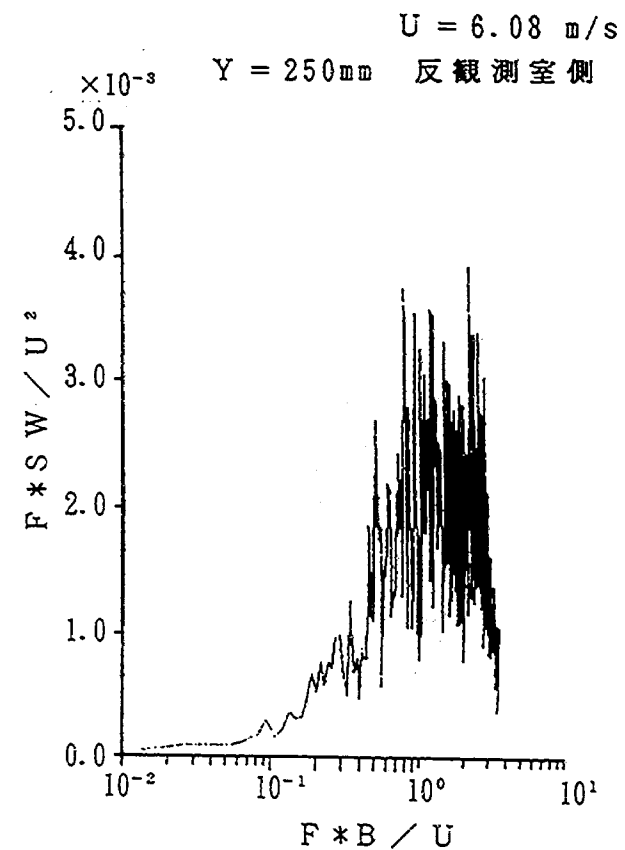
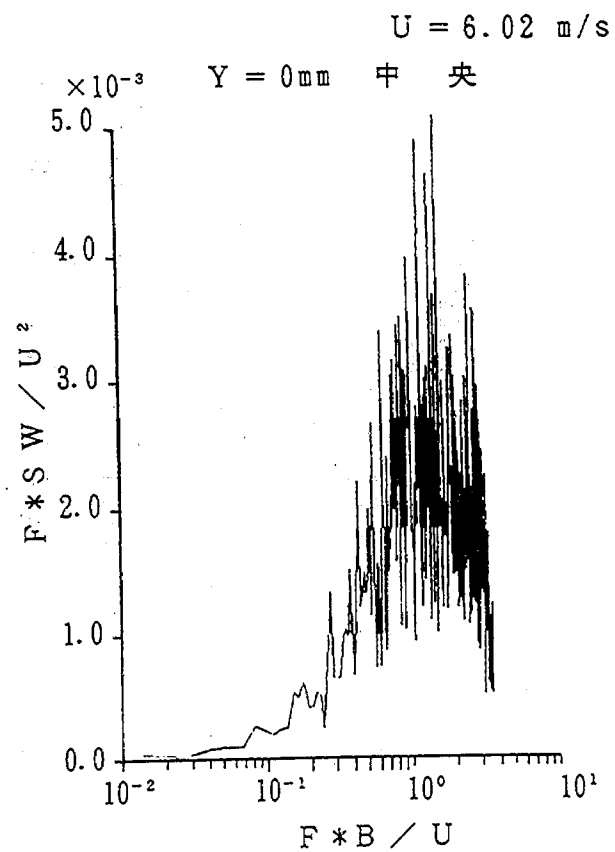
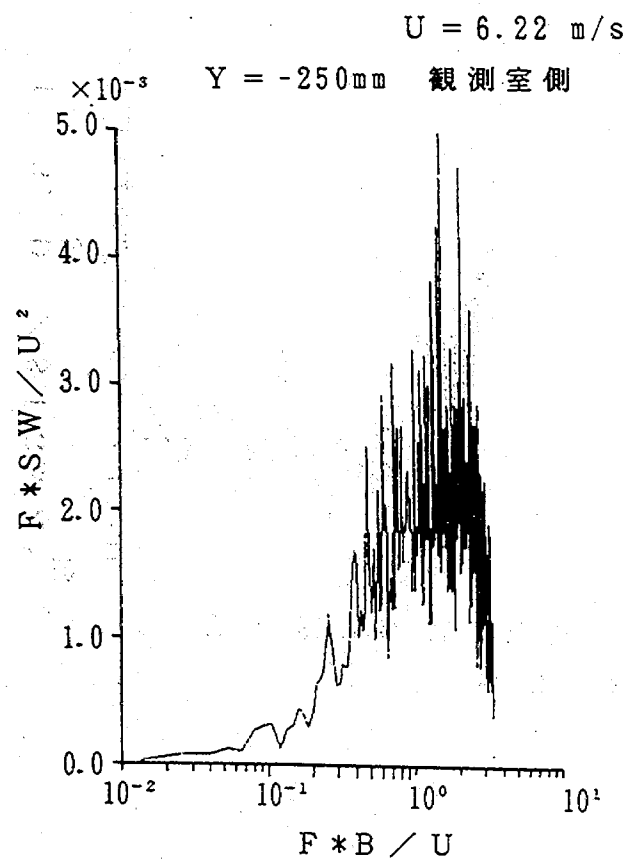


図-8.2(a) 格子乱流パワースペクトル (鉛直方向)

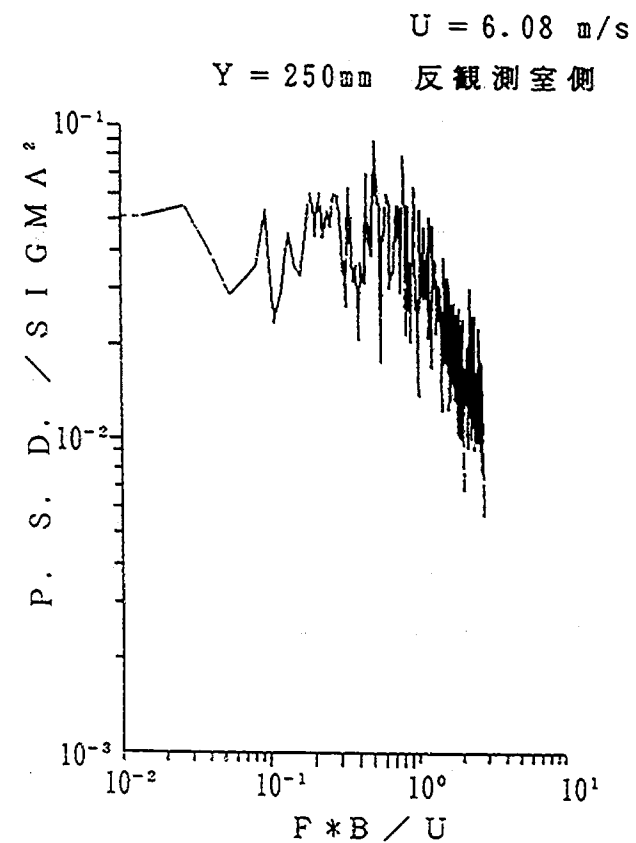
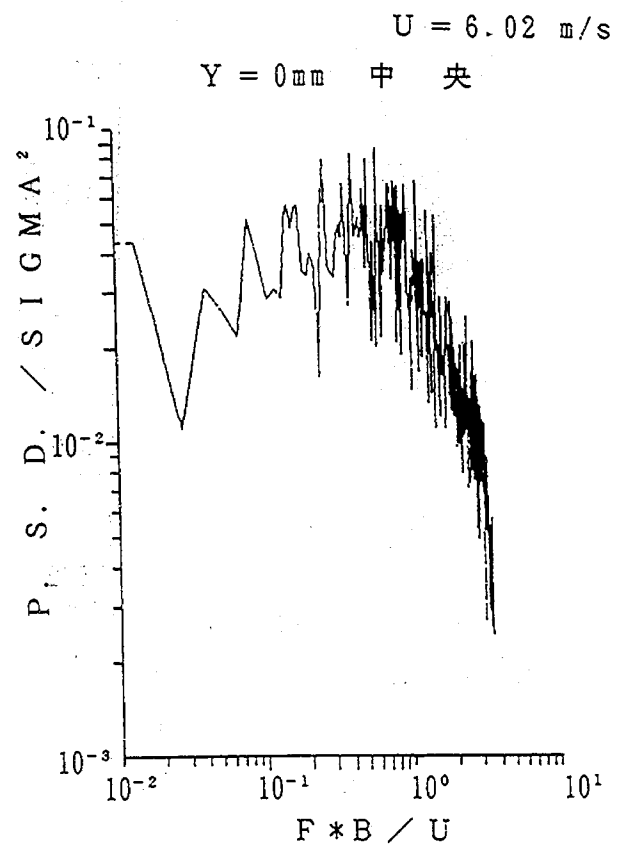
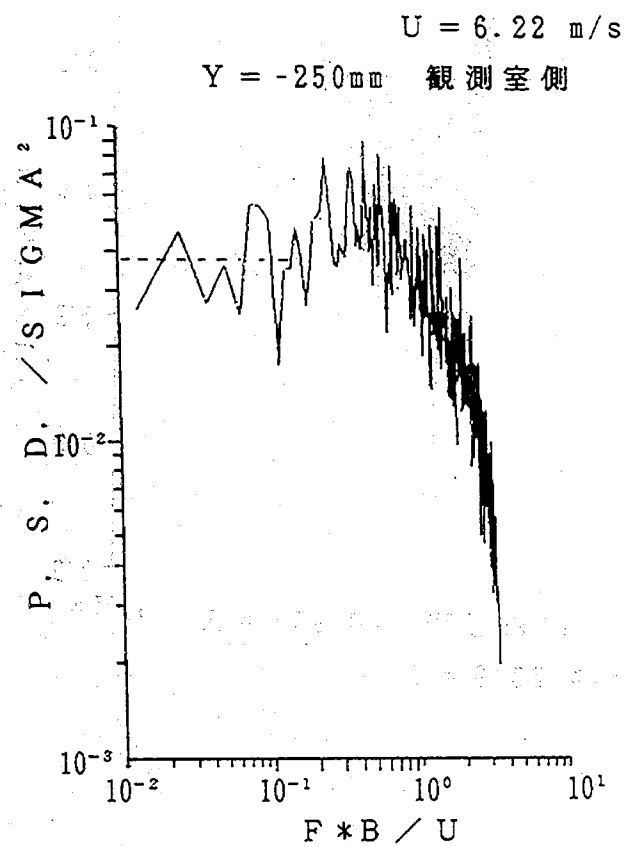


図-8.2(b) 格子乱流パワースペクトル (鉛直方向)

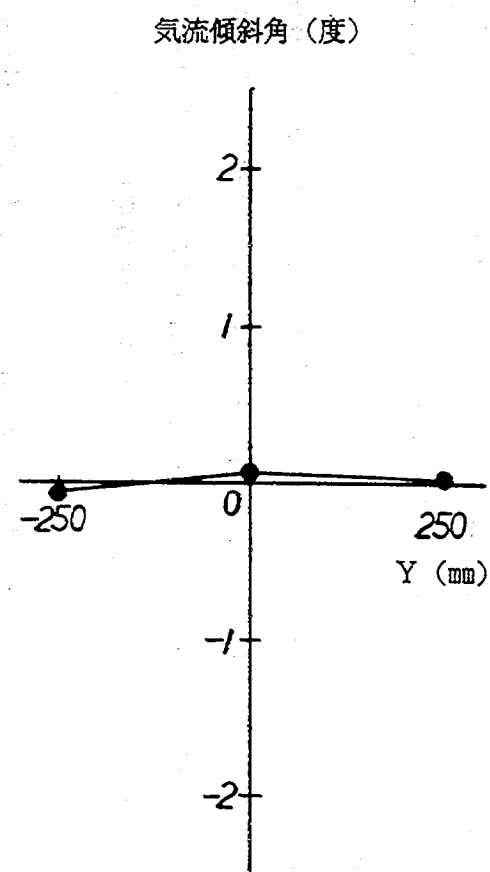
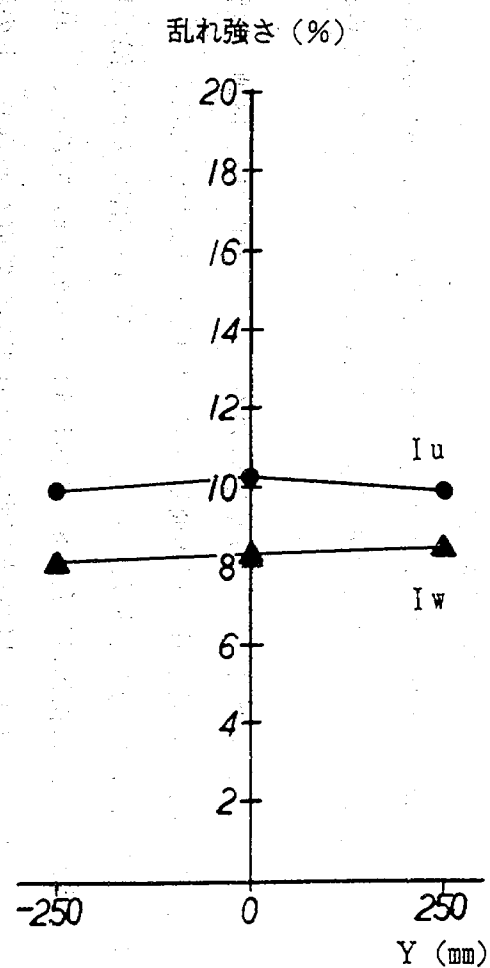
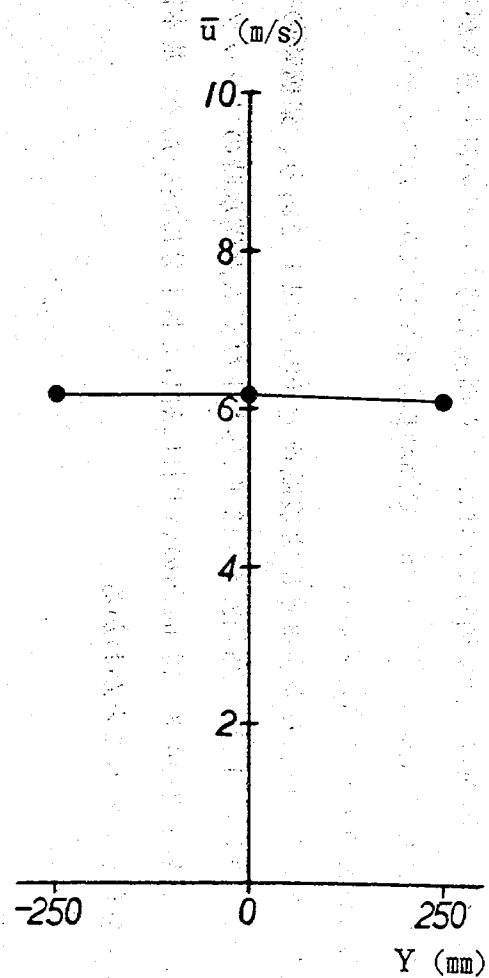


図-9 格子乱流特性

2.5.2 バネ支持実験結果

①レイノルズ数の影響

本橋の基本断面は、フェアリング形状が曲面であるためフェアリング近傍での気流の剥離点位置が変動することが考えられる。このためフェアリング先端部近傍に突起を設け、剥離点を変化させた場合の耐風性を調査し、レイノルズ数の影響について検討した。

図-10.1(a)～10.3(b)は、基本断面の迎角 0° および $\pm 3^\circ$ における風速－振幅曲線であり、図-10.4(a)～10.8(b)は、フェアリング先端近傍に突起を設け剥離点を変化させた迎角 0° の実験3ケース（突起設置位置は図-4.9参照）と迎角 $\pm 3^\circ$ の実験2ケースの風速－振幅曲線であり、図-10.9(a)～10.10(b)は、桁底部に突起を設けた場合の迎角 0° の実験2ケース（突起設置位置は図-4.9参照）の風速－振幅曲線である。

ここで、剥離点を変化させた実験は、渦励振の有無とフラッター発生の有無に着目した実験であるため、図中の測定風速間隔が基本断面実験に比較して荒くなっているが、実験では測定風速以外でも振動が発現しないことを確認しながら実験を進めている。

実験結果から、基本断面と剥離点を変化させた断面では対風応答特性に違いが見られないことから、渦励振およびフラッターの振幅についてはレイノルズ数の影響は無視しうるものと考えられる。

②基本断面の特性

基本断面のフラッター発生風速を図-11に、実験結果の要約を表-6.1、6.2に、風速－振幅曲線を図-12.1(a)～12.2(b)に、乱流中における風速－振幅曲線を図-12.3(a)～12.4(b)に示す。

渦励振については、図-11に示すように、迎角 -5° と $+3^\circ \sim +7^\circ$ の範囲でたわみ渦励振が認められた。しかしながら、実験での最大振幅は迎角 -5° で約1.5mm（実橋9cm）であり、「道路橋耐風設計便覧：日本道路協会」（以下、耐風設計便覧と略す）により求めた鉛直たわみモードの渦励振の許容振幅 $h_a = 0.04 / f_n = 0.117\text{m}$ を満足している。迎角 $-3^\circ \sim +3^\circ$ の範囲では最大振幅は実橋で高々1.5cmである。また、本橋架橋地点では架橋時で24%、ダム湖満水時で18%の乱れ強さが期待されるが、乱れ強さ約10%の乱流中でも迎角 $-5^\circ \sim +5^\circ$ で渦励振が発生しなかったことから、本橋の基本断面は渦励振に対して問題がないと考えられる。

フラッターに対しては、図-11より発生風速は実橋風速で100m/s以上であり、架橋時のフラッター照査風速 $U_{cr} = 1.2 * E_{cr} * U_a = 1.2 * 1.25 * 32.4 = 48.6\text{m/s}$ およびダム湖満水時のフラッター照査風速 $U_{cr} = 1.2 * E_{cr} * U_a = 1.2 * 1.2 * 30.3 = 43.6\text{m/s}$ のいずれに対しても十分に高いため、基本断面は所要のフラッター耐風性を有していることがわかる。

③その他の影響

・フェアリングの影響

図-13は、フェアリング形状を変化させた場合の風速－振幅曲線である。フラッターが発生したケースは、ケース9のフェアリングDの場合のみであったが、この場合でもフラッター発現風速は実橋風速で100m/s以上の高風速領域であった。これらのことから、本橋では、フェアリング形状が多少変

化しても、十分な耐風安定性を有しているものと思われる。

・制振対策の影響

基本断面の耐風性が悪かった場合の制振対策として考えていたケース15、16、17（桁底部に突起を設置、図-4.9参照）を実施した時の風速－振幅曲線を図-14に示す。実験の結果、桁底部の3箇所突起を設置したケース17で渦励振が発生し、耐風性を悪化させる結果となった。

・高欄隙間の影響

図-15(a)、(b)は、高欄隙間の有無による実験の風速－振幅曲線である。実橋風速が70m/s程度以上で高欄隙間無しの場合のたわみ振幅が多少大きくなっているが、それ以外は両者の対風応答は、ほぼ同じ傾向を示しており、高欄隙間の有無が耐風性に及ぼす影響はほとんど無いものと考えられる。

・車両走行位置の影響

車両走行位置が低くなっていることの影響を調べるために、フェアリング上端から路面までの深さを基本断面の1/2にした場合（路面までの深さ1/2）と、完全に塞いだ場合（路面までの深さ0）の結果を基本断面の結果と重ね合わせた風速－振幅曲線を図-16(a)、(b)に示す。三者とも対風応答に違いはなく、車両走行位置の影響はほとんど無いものと考えられる。

④有風時の減衰率

図-17～22は、ねじれの振幅1°における風速と減衰率の関係を示したものである。

図-17は、基本断面の迎角の違いによるねじれ対数減衰率をまとめたものである。これより本橋の基本断面は、実験を行った迎角では有風時減衰に大きな差異は認められなかった。

図-18は、フェアリングの影響であるが、この図よりCとDのフェアリングは、フラッター発現風速を低下させていることが判る。Aのフェアリングは、基本形の先端を角ばらせたものであるが、フラッターは発現しなかったものの、有風時減衰は明らかに基本断面より低下していることが判る。この断面の応答減衰は、図-19に示す剥離点を固定した場合の状態に近いものとなっている。

図-20は、突起の影響であるが、突起を桁底部に付けた場合の有風時減衰は3ケースともほぼ同じ傾向であり、基本断面より低下していることが判る。

図-21は、高欄隙間の影響であるが、両者の応答減衰はほぼ同じ傾向を示しており、高欄の隙間の有無が耐風安定性に及ぼす影響はほとんど無いものと考えられる。

図-22は、車両走行位置が低くなっていることの影響であるが、高欄同様、耐風性にほとんど影響は無いものと考えられる。

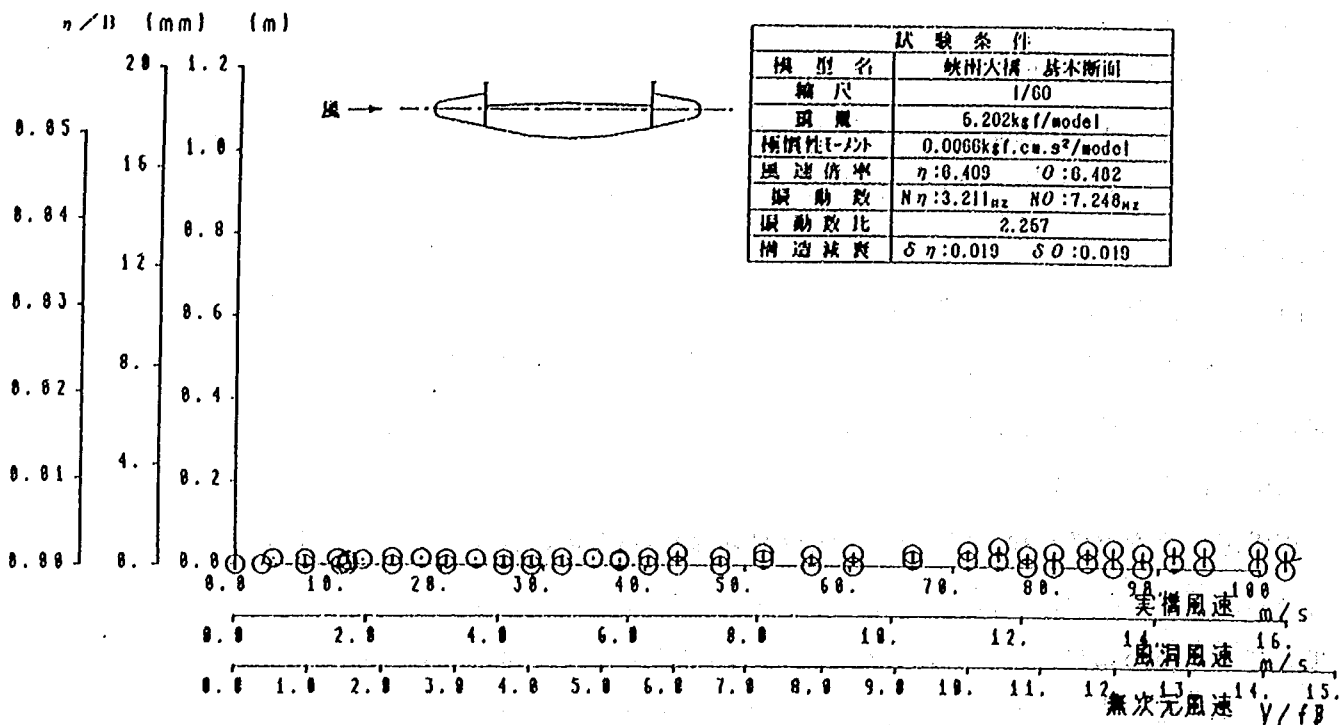


図-10.1(a) 風速—振幅曲線 (ケース1、基本断面、迎角0°)

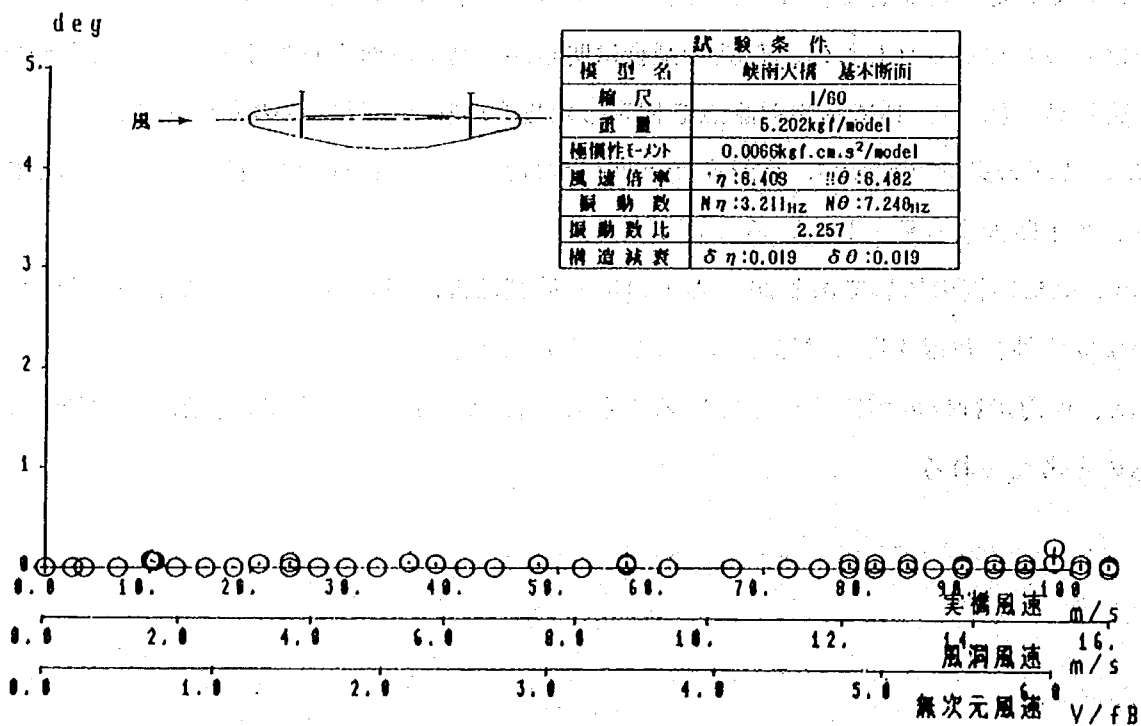


図-10.1(b) 風速—振幅曲線 (ケース1、基本断面、迎角0°)

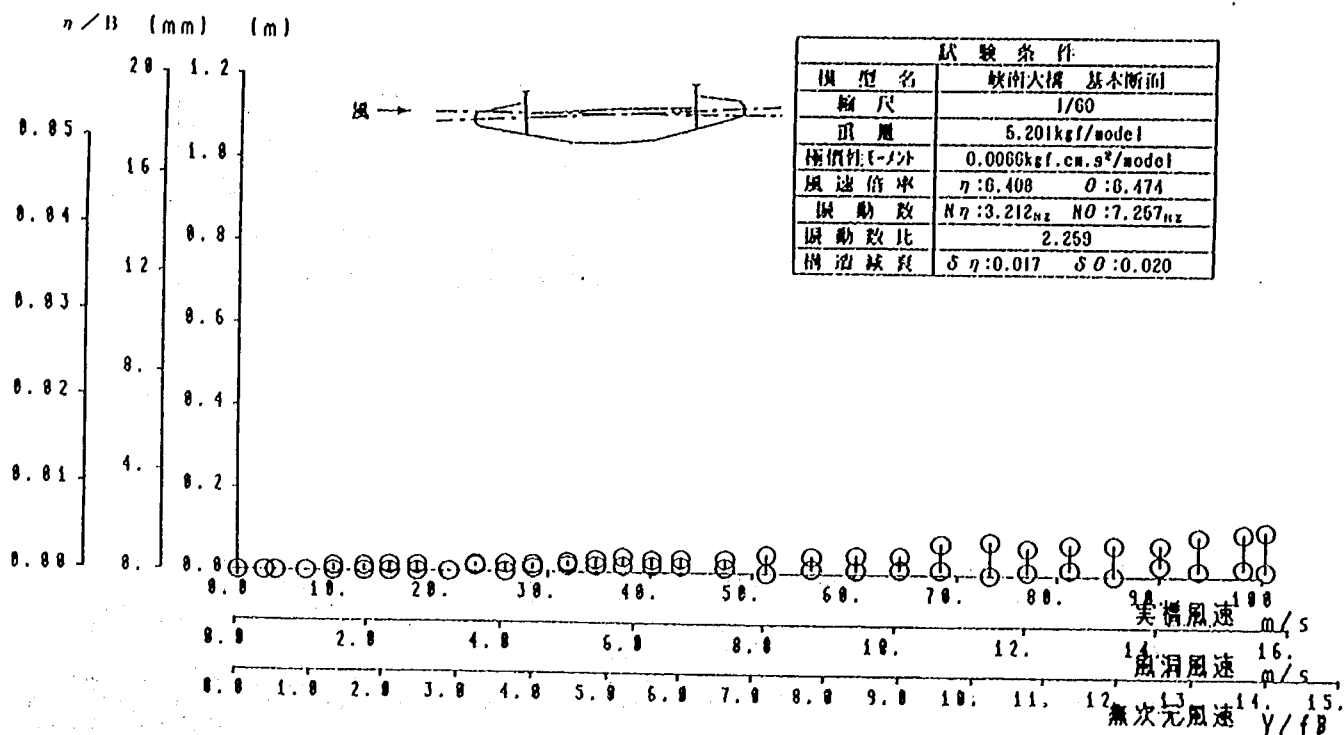


図-10.2(a) 風速—振幅曲線 (ケース2、基本断面、迎角 -3°)

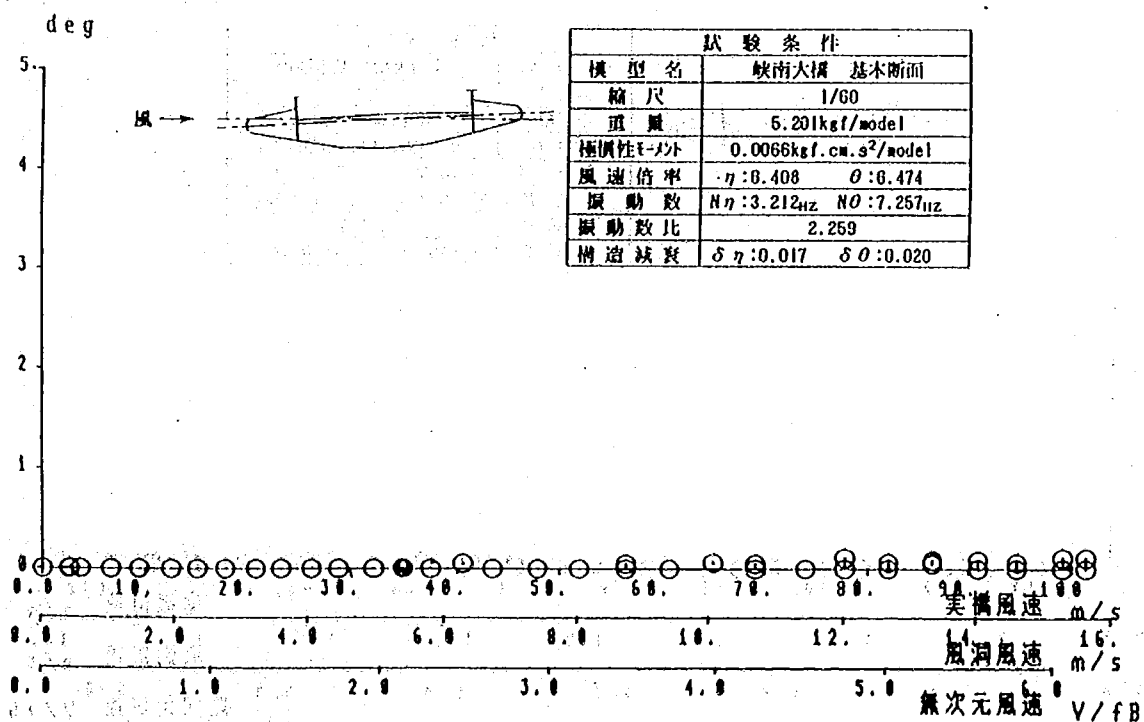


図-10.2(b) 風速—振幅曲線 (ケース2、基本断面、迎角 -3°)

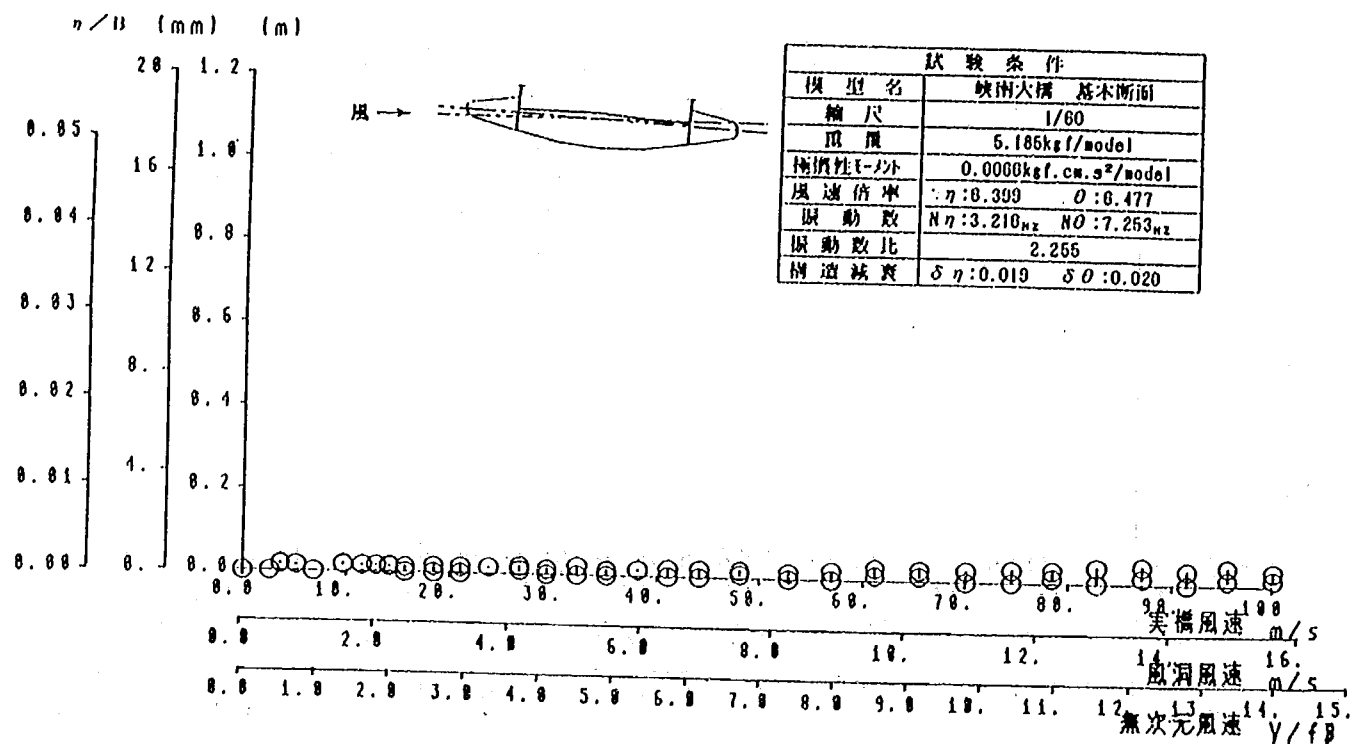


図-10.3(a) 風速—振幅曲線 (ケース3、基本断面、迎角+3°)

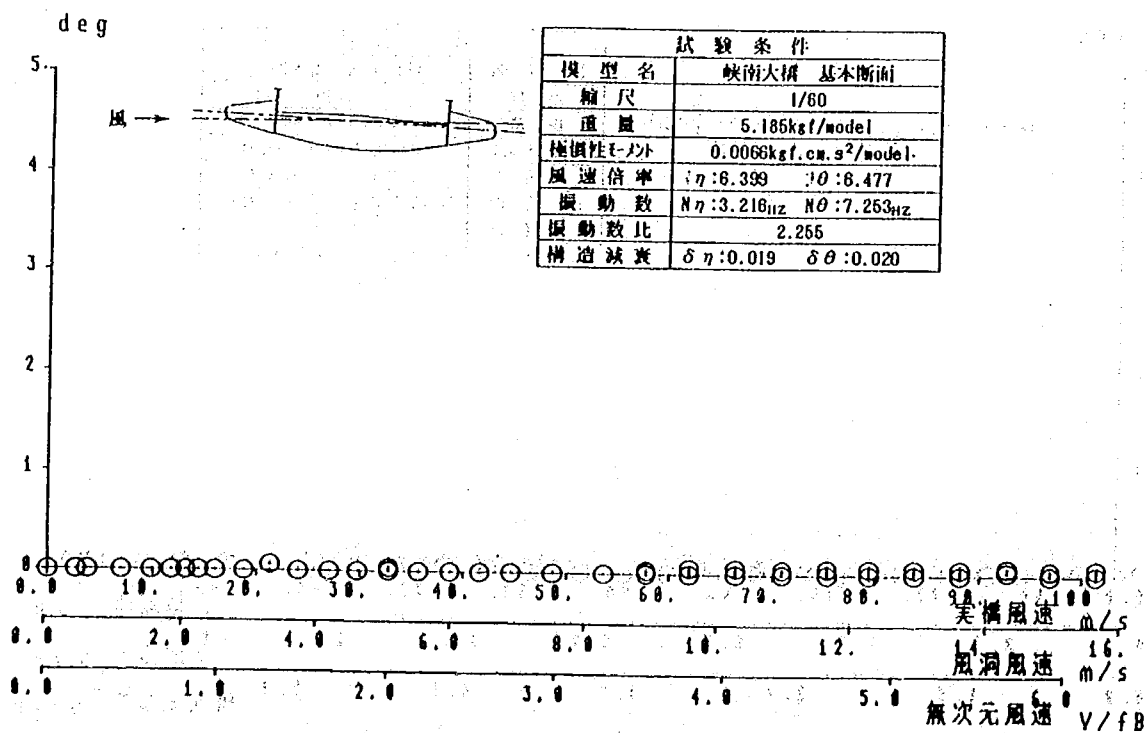


図-10.3(b) 風速—振幅曲線 (ケース3、基本断面、迎角+3°)

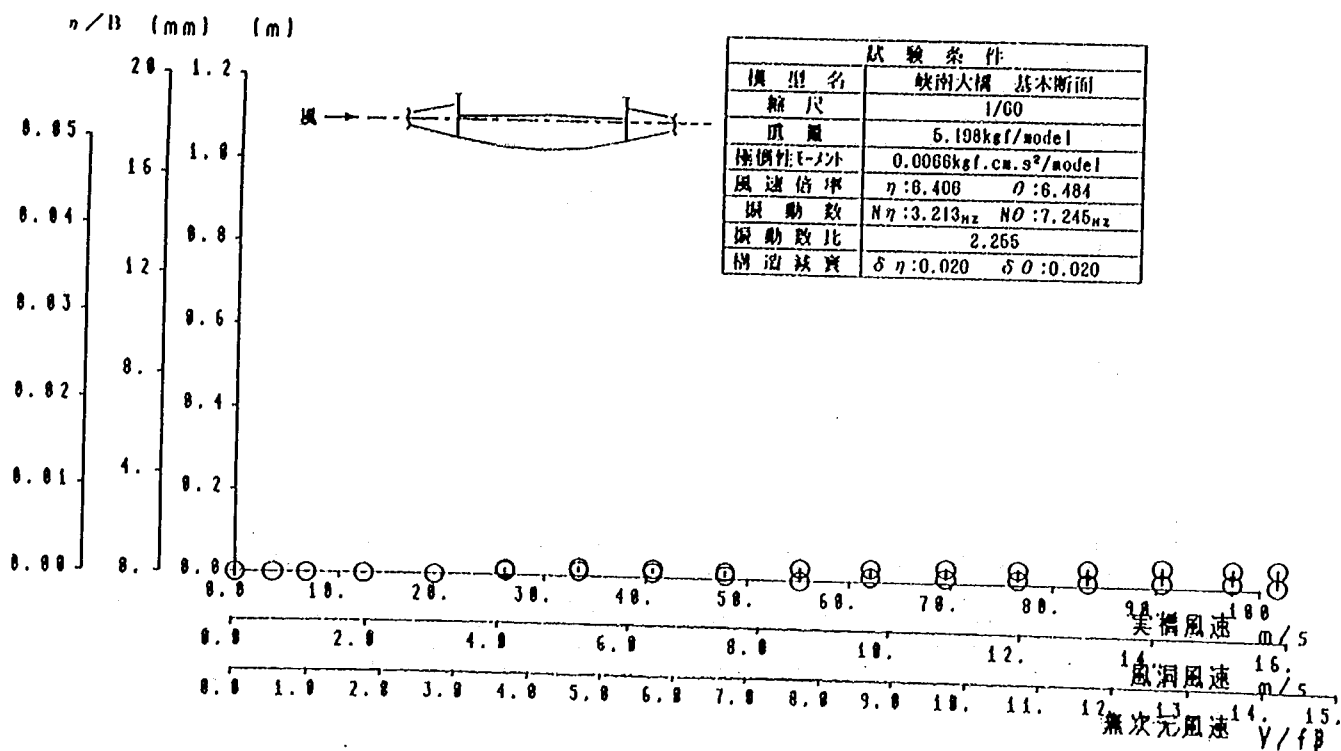


図-10.4(a) 風速—振幅曲線 (ケース10、剝離点1、迎角 0°)

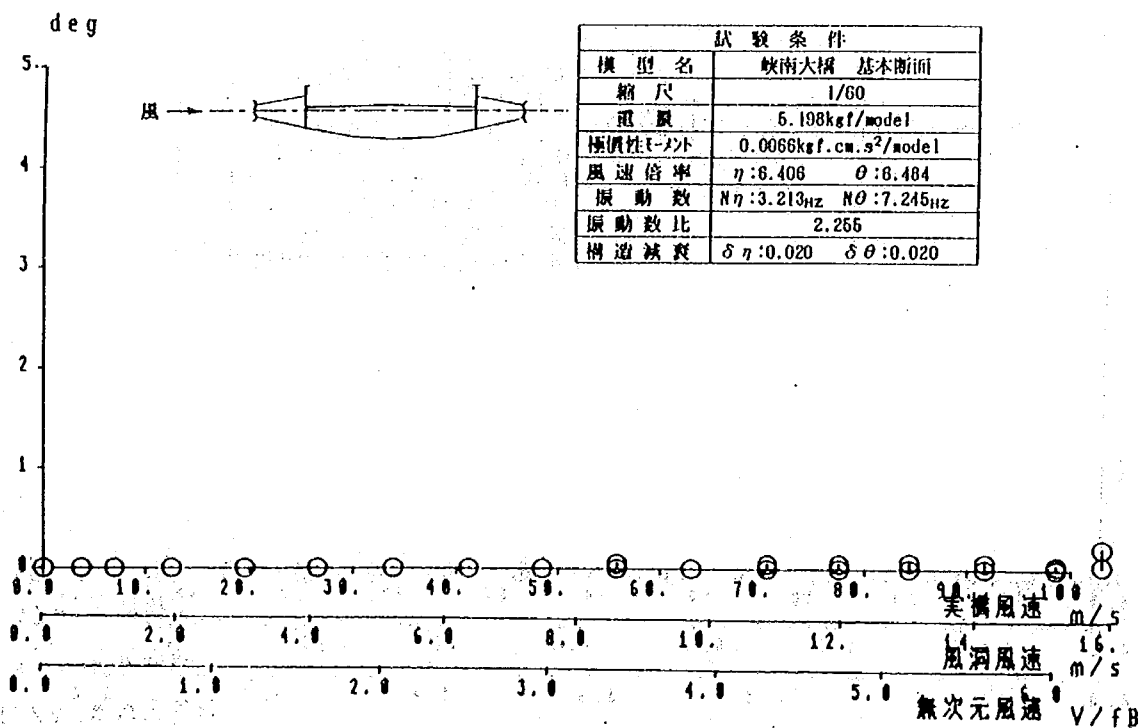


図-10.4(b) 風速—振幅曲線 (ケース10、剝離点1、迎角 0°)

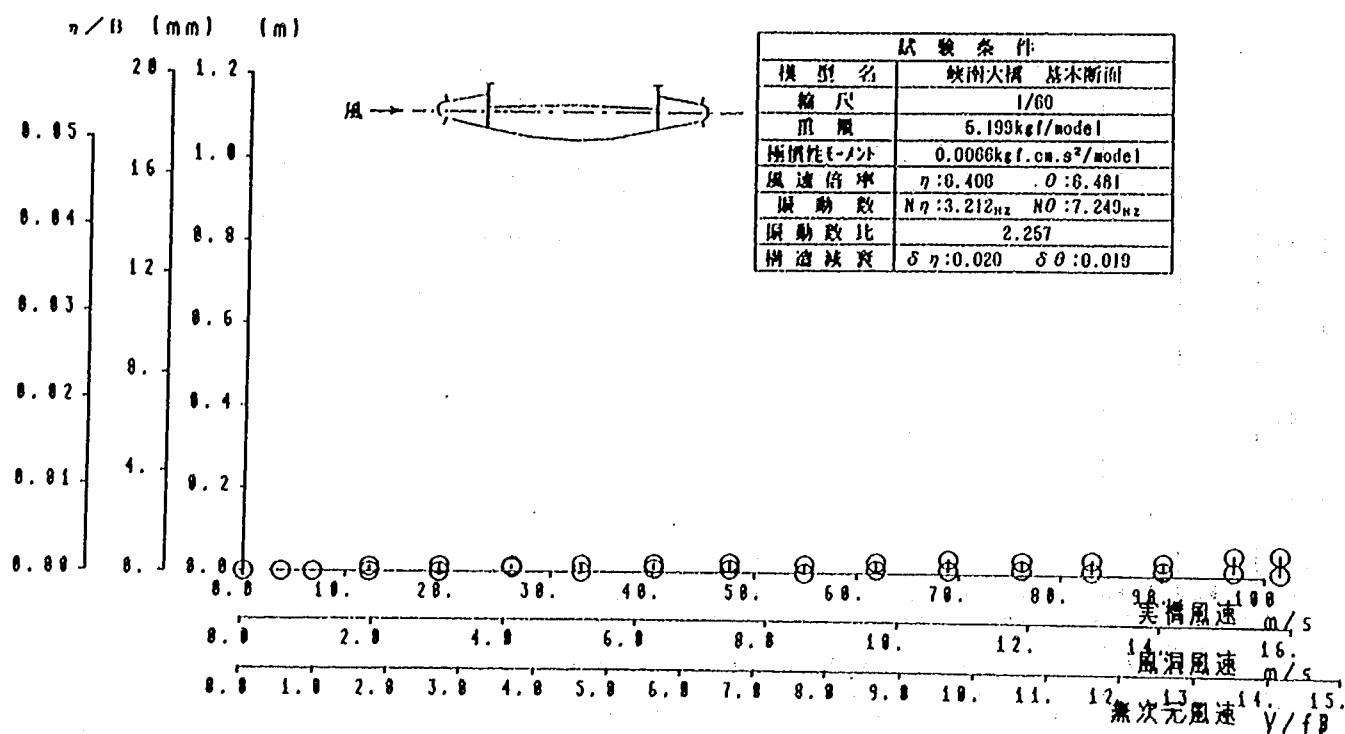


図-10.5(a) 風速—振幅曲線 (ケース11、剝離点2、迎角0°)

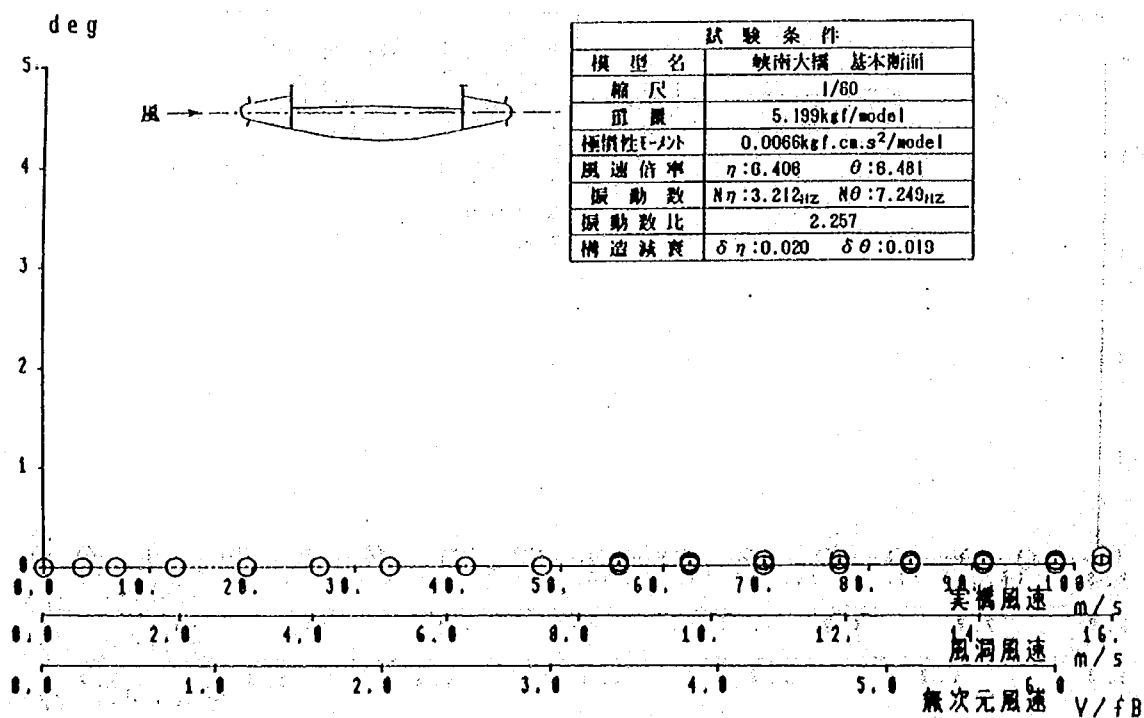


図-10.5(b) 風速—振幅曲線 (ケース11、剝離点2、迎角0°)

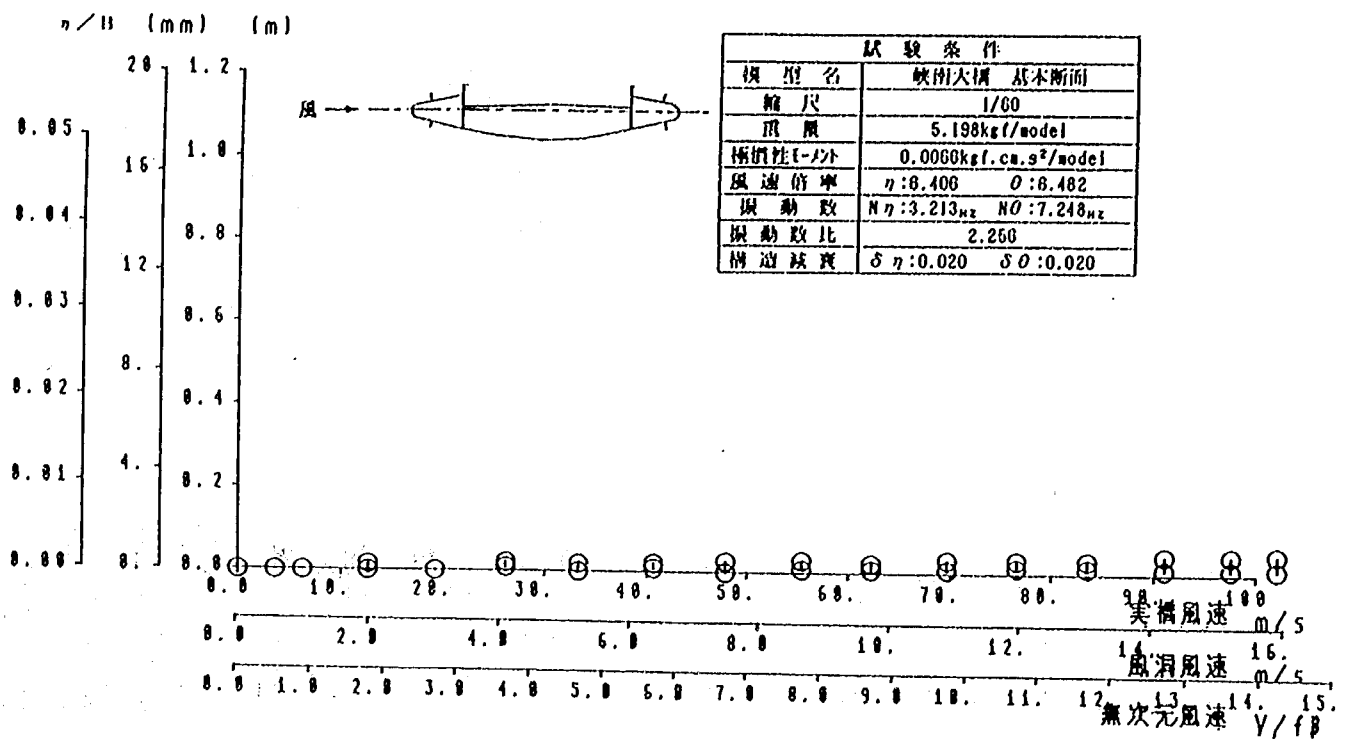


図-10.6(a) 風速—振幅曲線 (ケース12、剝離点3、迎角0°)

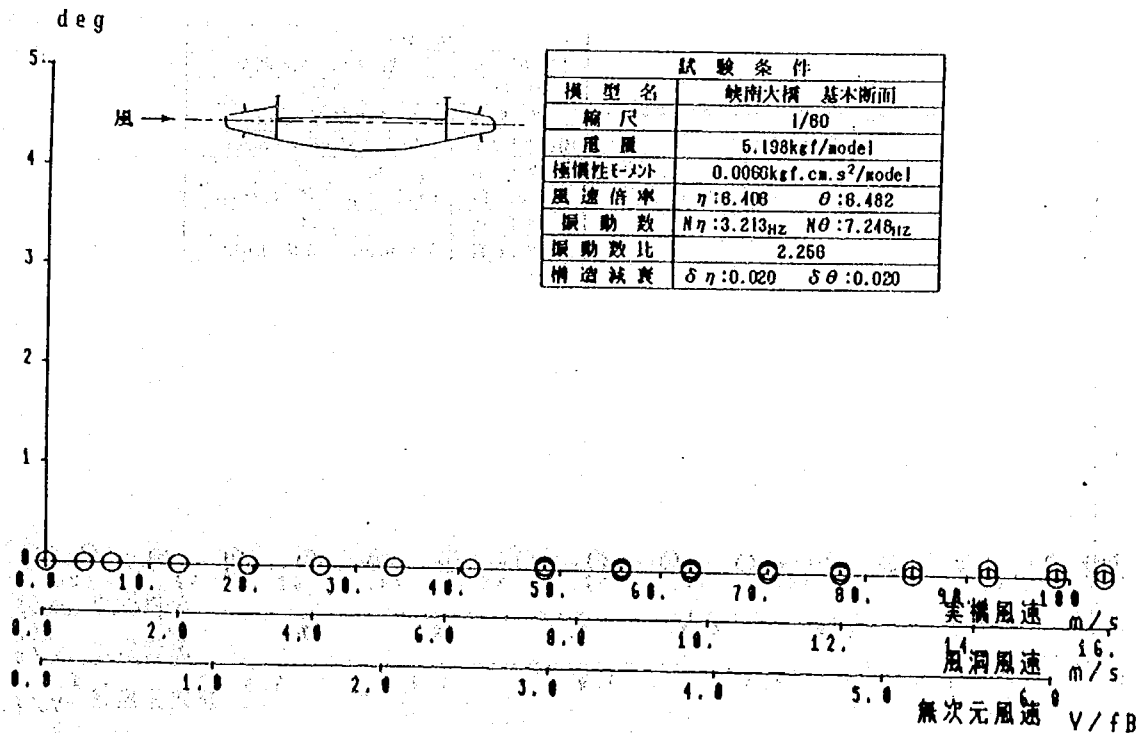


図-10.6(b) 風速—振幅曲線 (ケース12、剝離点3、迎角0°)

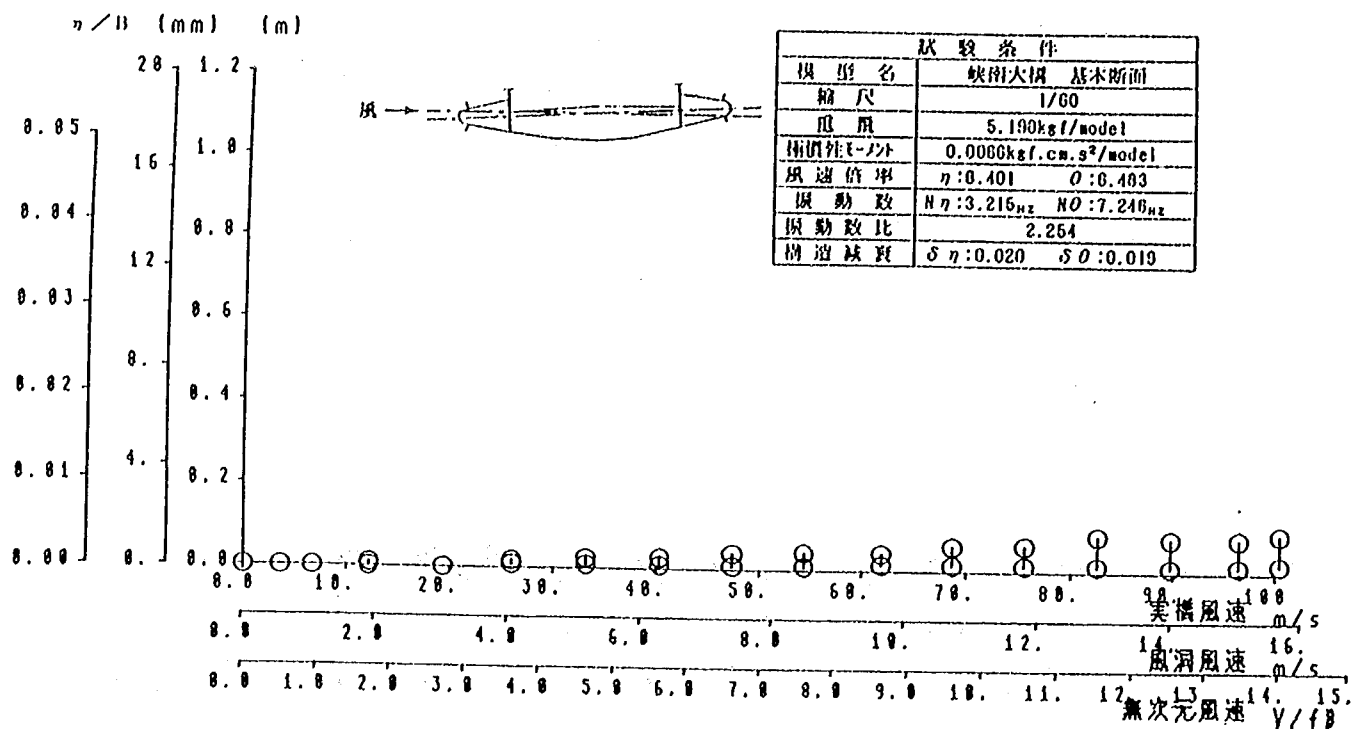


図-10.7(a) 風速—振幅曲線 (ケース13、剝離点2、迎角 -3°)

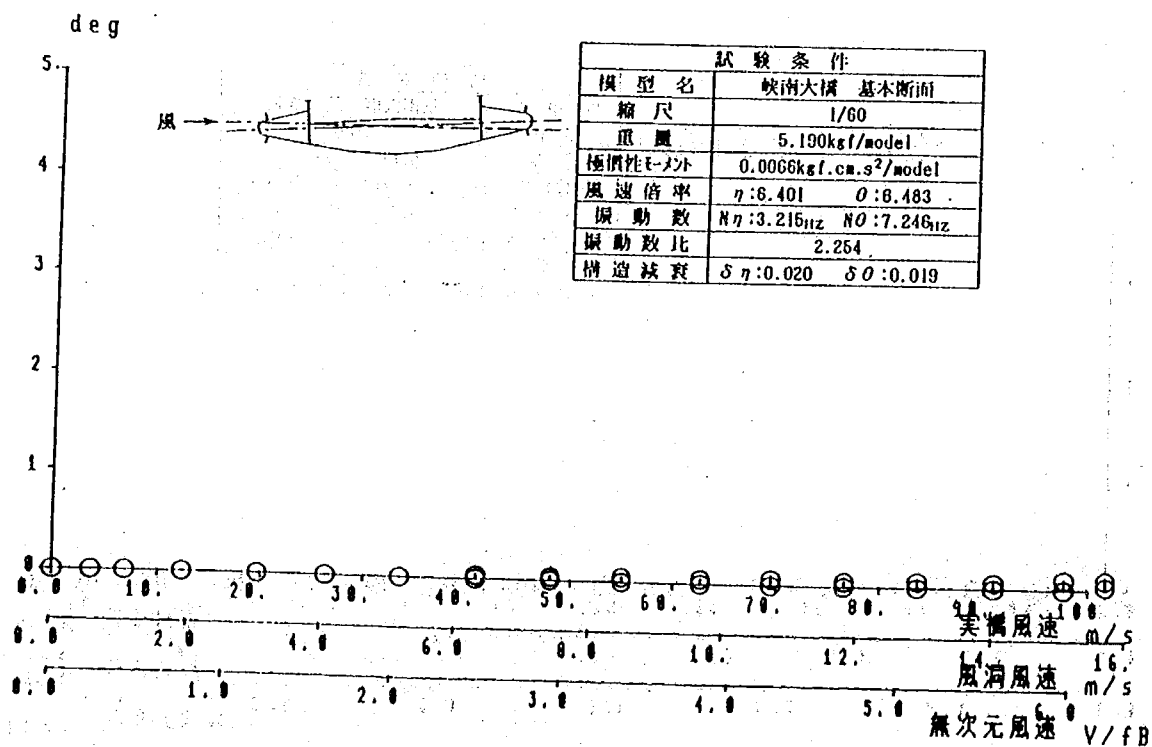


図-10.7(b) 風速—振幅曲線 (ケース13、剝離点2、迎角 -3°)

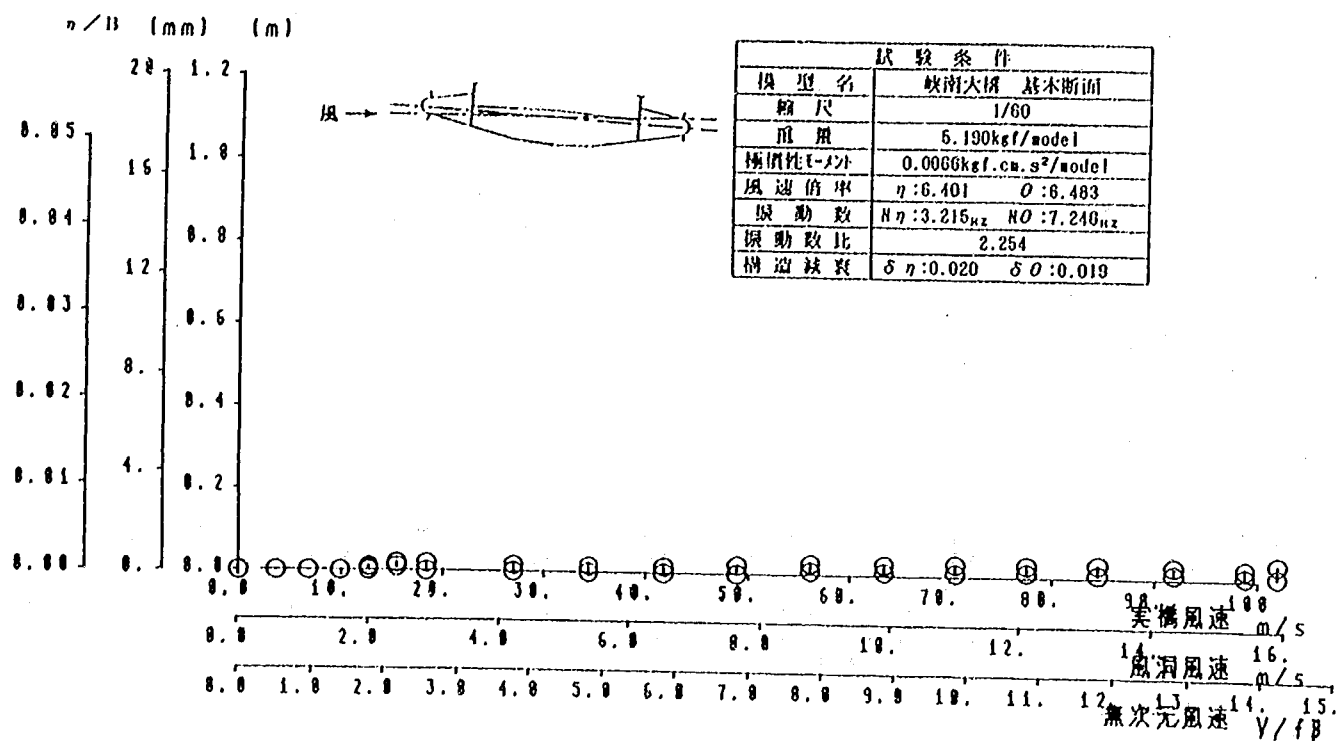


図-10.8(a) 風速—振幅曲線 (ケース14、剝離点2、迎角+3°)

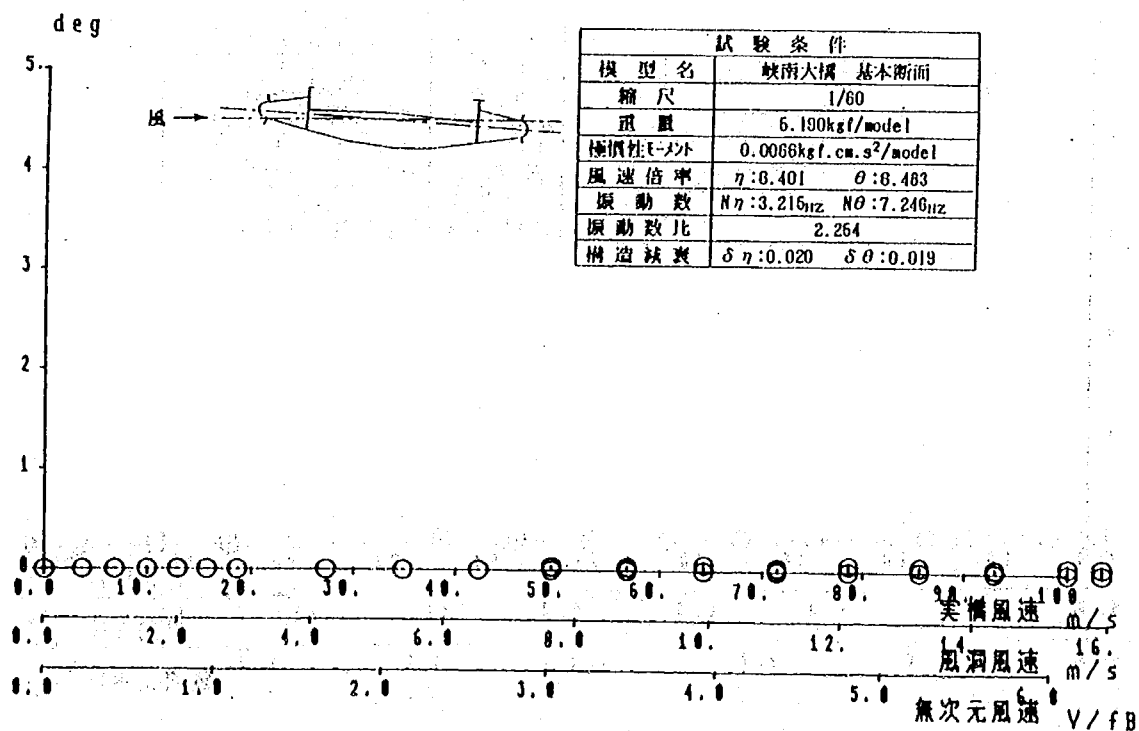


図-10.8(b) 風速—振幅曲線 (ケース14、剝離点2、迎角+3°)

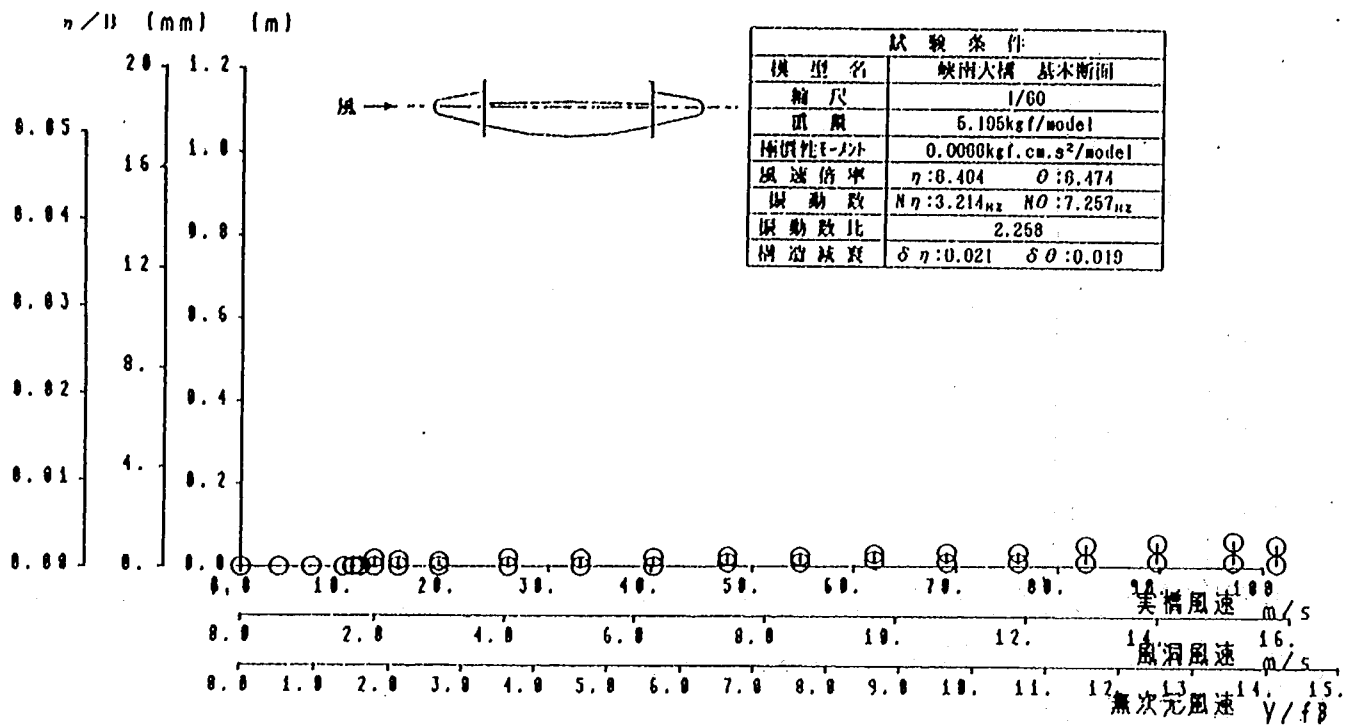


図-10.9(a) 風速—振幅曲線 (ケース15、突起1、迎角0°)

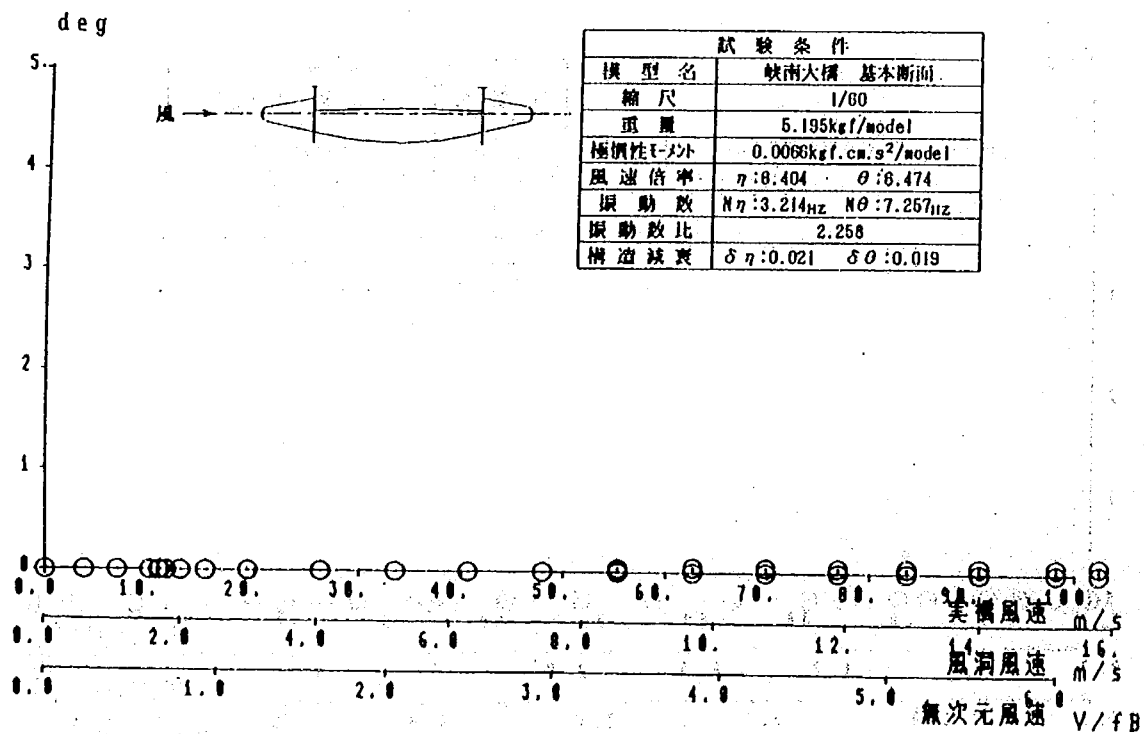


図-10.9(b) 風速—振幅曲線 (ケース15、突起1、迎角0°)

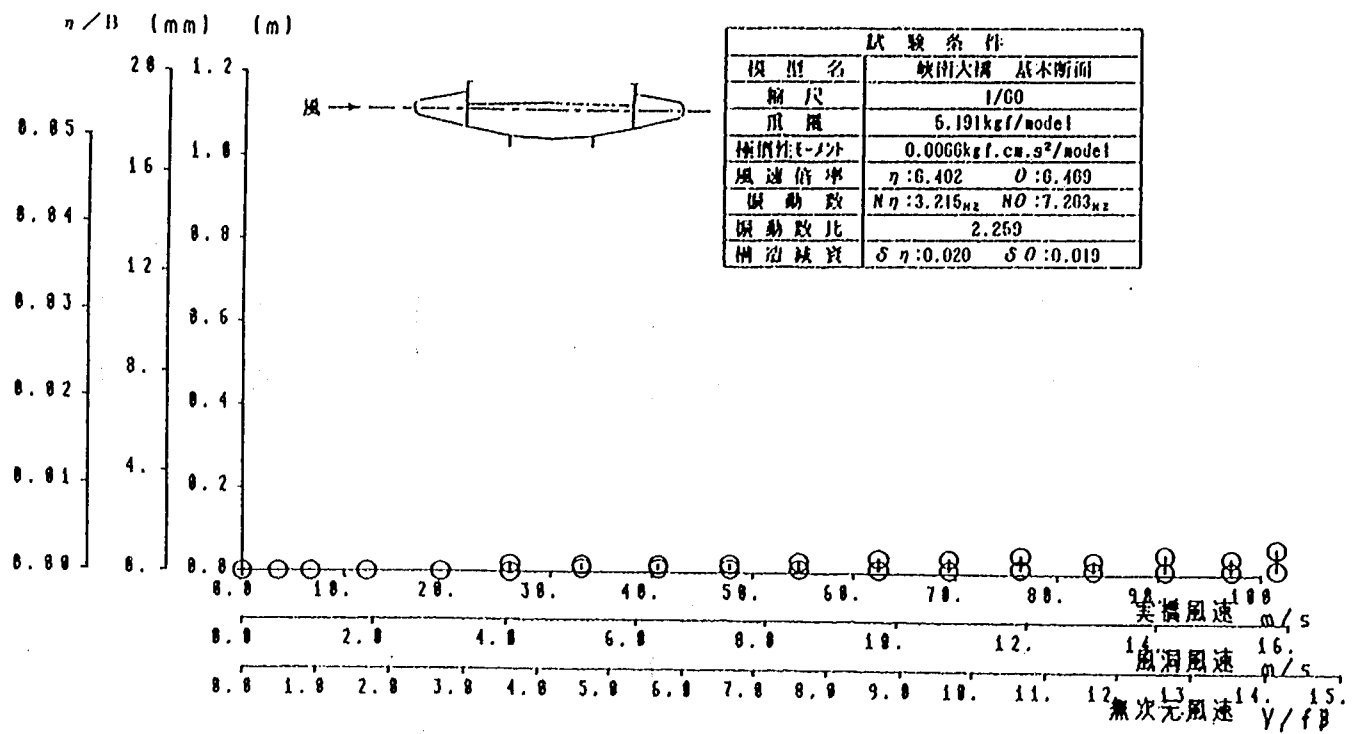


図-10.10(a) 風速—振幅曲線 (ケース16、突起2、迎角0°)

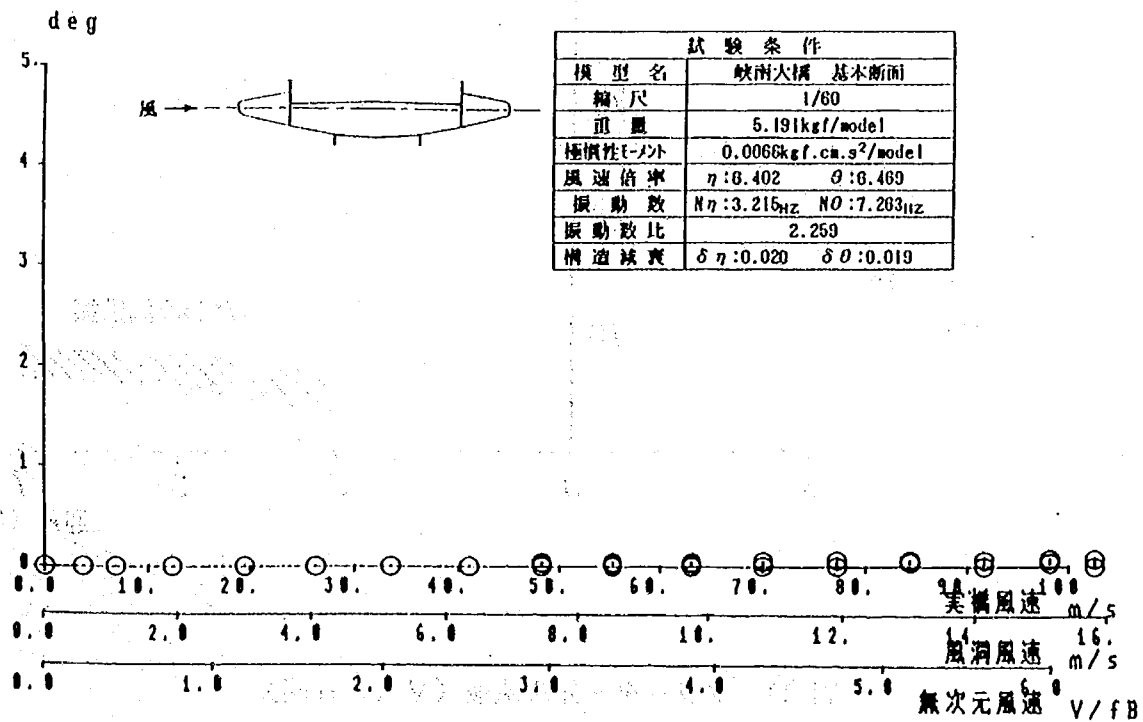


図-10.10(b) 風速—振幅曲線 (ケース16、突起2、迎角0°)

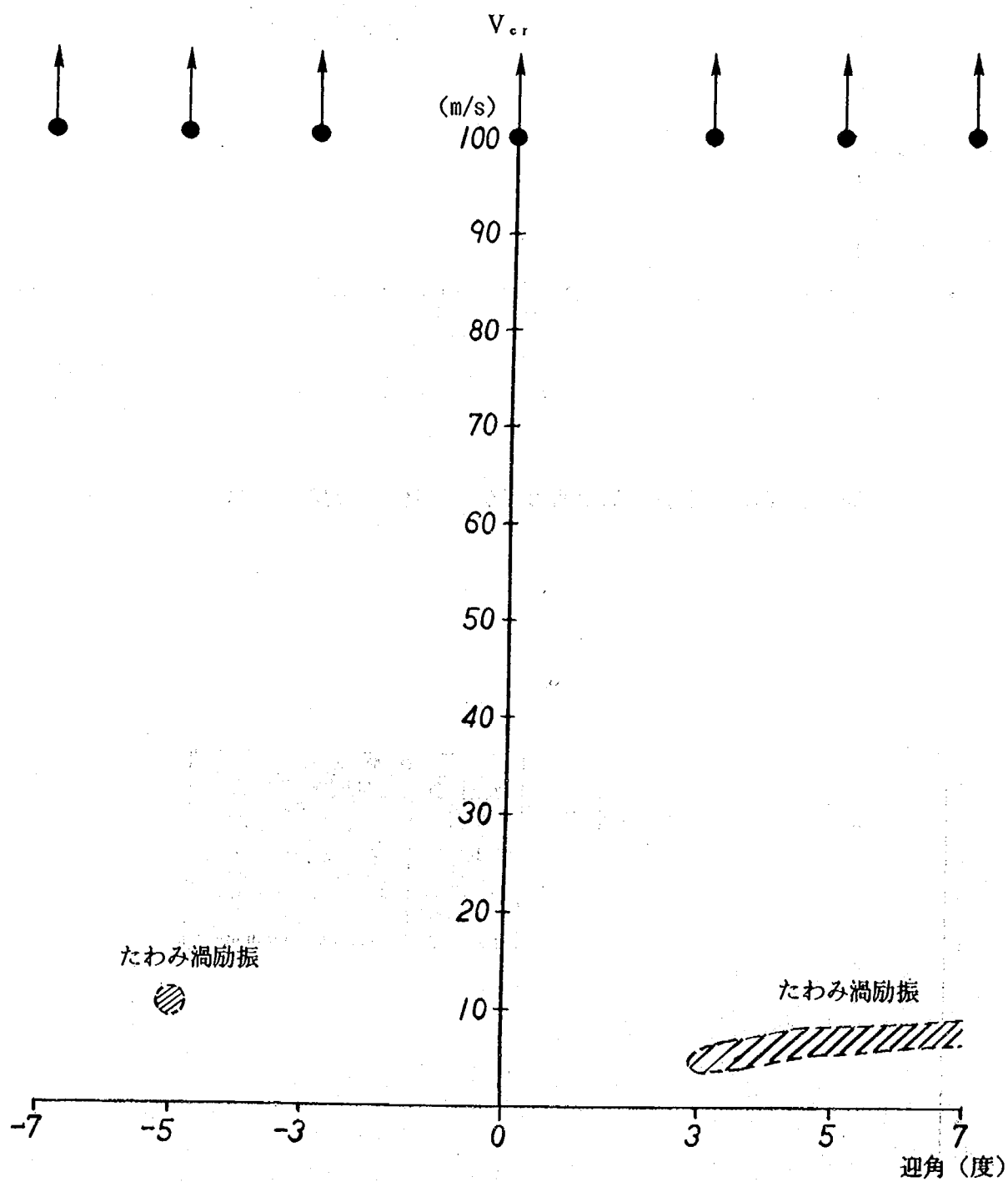


図-11 フラッター発現風速 ($V_{cr}-\alpha$ 図)

表-6.1 峽南大橋 実験結果要約

ケース No.	迎角 (度)	振動数 (Hz)		重量 極慣性モーメント	構造減衰	渦励振	フラッター 発現風速	備考
1	0	たわみ	3.211	5.202	0.0193	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.248	0.0066	0.0194	—		
2	-3	たわみ	3.212	5.201	0.0196	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.257	0.0066	0.0199	—		
3	+3	たわみ	3.216	5.185	0.0192	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.253	0.0066	0.0202	—		
4	-5	たわみ	3.209	5.209	0.0175	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.259	0.0066	0.0197	—		
5	+5	たわみ	3.221	5.169	0.0171	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.258	0.0066	0.0208	—		
6	0	たわみ	3.220	5.175	0.0200	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.274	0.0065	0.0198	—		
7	0	たわみ	3.220	5.175	0.0201	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.277	0.0065	0.0198	—		
8	0	たわみ	3.215	5.191	0.0200	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.269	0.0066	0.0201	—		
9	0	たわみ	3.220	5.173	0.0201	—	105m/s ↑	
		ねじれ	7.277	0.0065	0.0201	—		
10	0	たわみ	3.213	5.198	0.0202	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.245	0.0066	0.0200	—		
11	0	たわみ	3.212	5.199	0.0198	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.249	0.0066	0.0193	—		
12	0	たわみ	3.213	5.198	0.0200	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.248	0.0066	0.0196	—		
13	-3	たわみ	3.215	5.190	0.0197	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.246	0.0066	0.0192	—		
14	+3	たわみ	3.215	5.190	0.0195	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.246	0.0066	0.0196	—		
15	0	たわみ	3.214	5.195	0.0206	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.257	0.0066	0.0197	—		

表-6.2 峽南大橋 実験結果要約

ケース No.	迎角 (度)	振動数 (Hz)		重量 極慣性モーメント	構造減衰	渦励振	フラッター 発現風速	備考
16	0	たわみ	3.215	5.191	0.0201	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.263	0.0066	0.0194	—		
17	0	たわみ	3.214	5.194	0.0206	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.259	0.0066	0.0193	—		
18	0	たわみ	3.212	5.199	0.0201	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.255	0.0066	0.0203	—		
19	0	たわみ	3.209	5.211	0.0203	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.257	0.0066	0.0199	—		
20	0	たわみ	3.221	5.172	0.0198	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.245	0.0066	0.0195	—		
21	-7	たわみ	3.212	5.199	0.0199	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.275	0.0065	0.0196	—		
22	+7	たわみ	3.219	5.176	0.0198	—	100m/s ↑	
		ねじれ	7.260	0.0066	0.0198	—		
23	0	たわみ	3.212	5.202	0.0201	—	98m/s ↑	
		ねじれ	7.252	0.0066	0.0203	—		
24	-3	たわみ	3.212	5.199	0.0195	—	98m/s ↑	
		ねじれ	7.265	0.0066	0.0200	—		
25	+3	たわみ	3.215	5.191	0.0200	—	80m/s ↑	
		ねじれ	7.253	0.0066	0.0203	—		
26	-5	たわみ	3.212	5.199	0.0197	—	65m/s ↑	
		ねじれ	7.269	0.0066	0.0205	—		
27	+5	たわみ	3.219	5.179	0.0201	—	65m/s ↑	
		ねじれ	7.259	0.0066	0.0199	—		

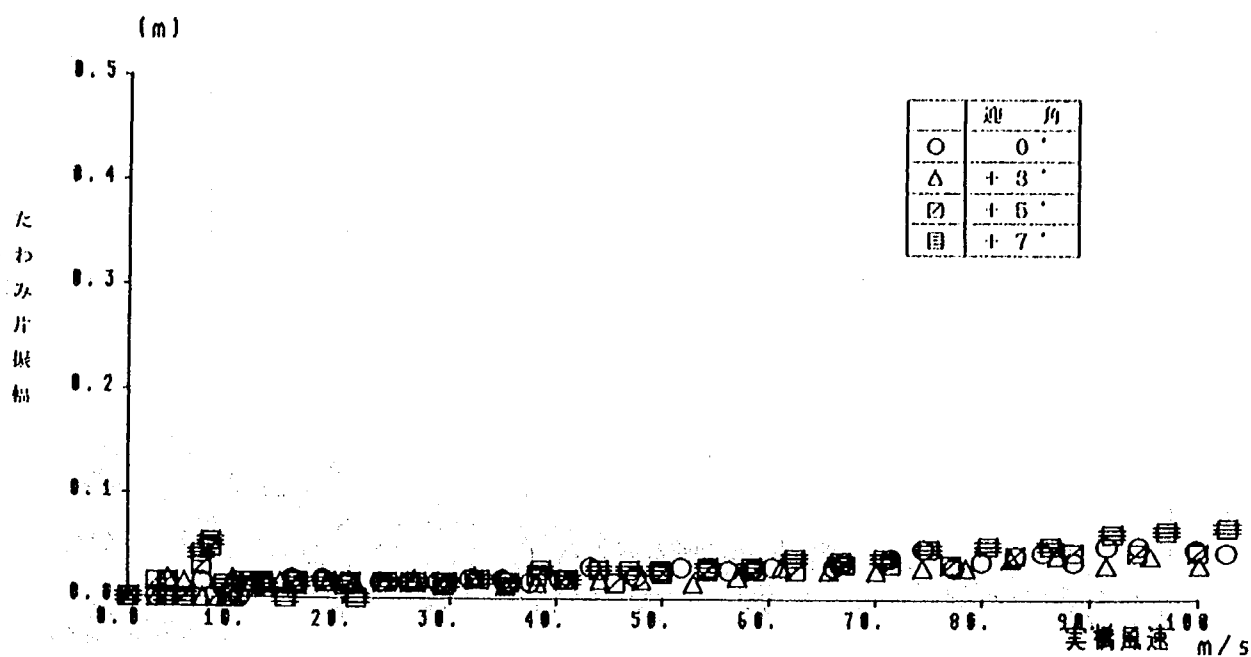


図-12.1(a) 風速—振幅曲線（基本断面、迎角の影響）

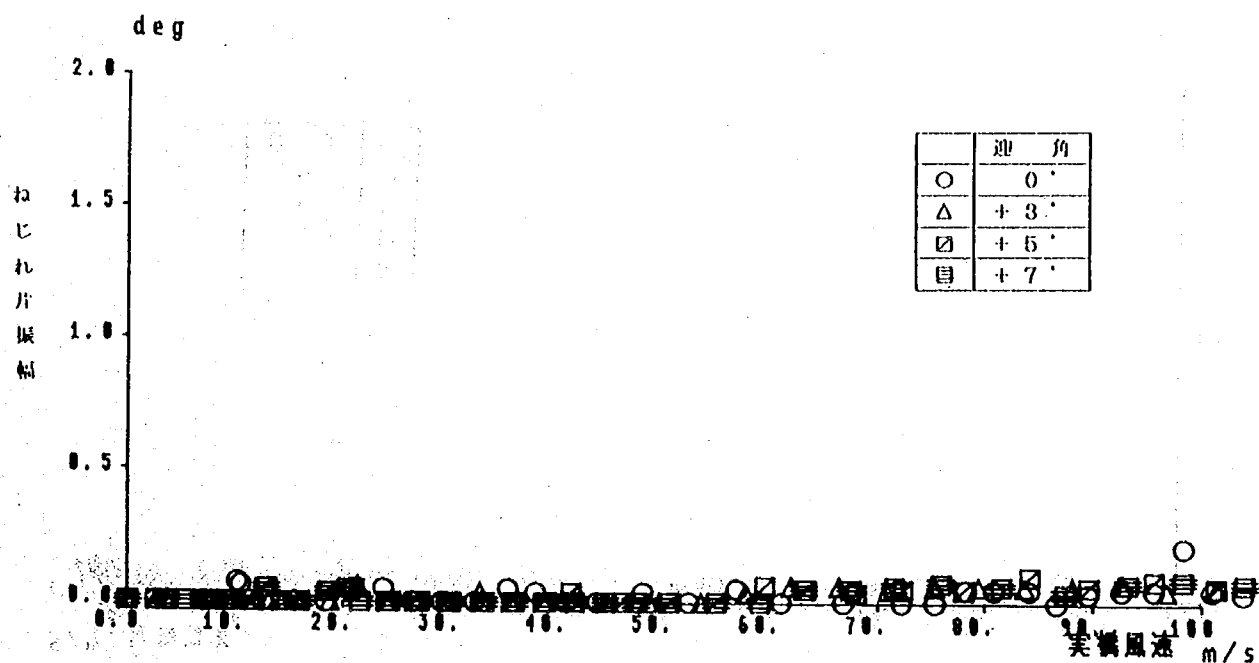


図-12.1(b) 風速—振幅曲線（基本断面、迎角の影響）

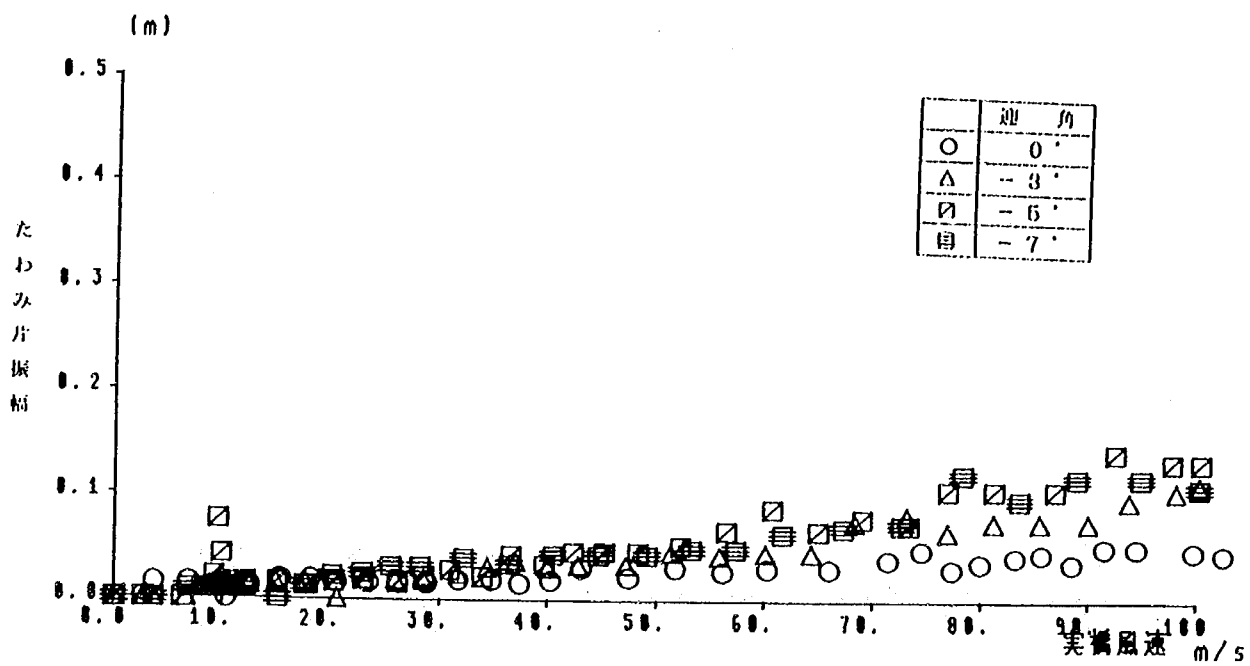


図-12.2(a) 風速—振幅曲線（基本断面、迎角の影響）

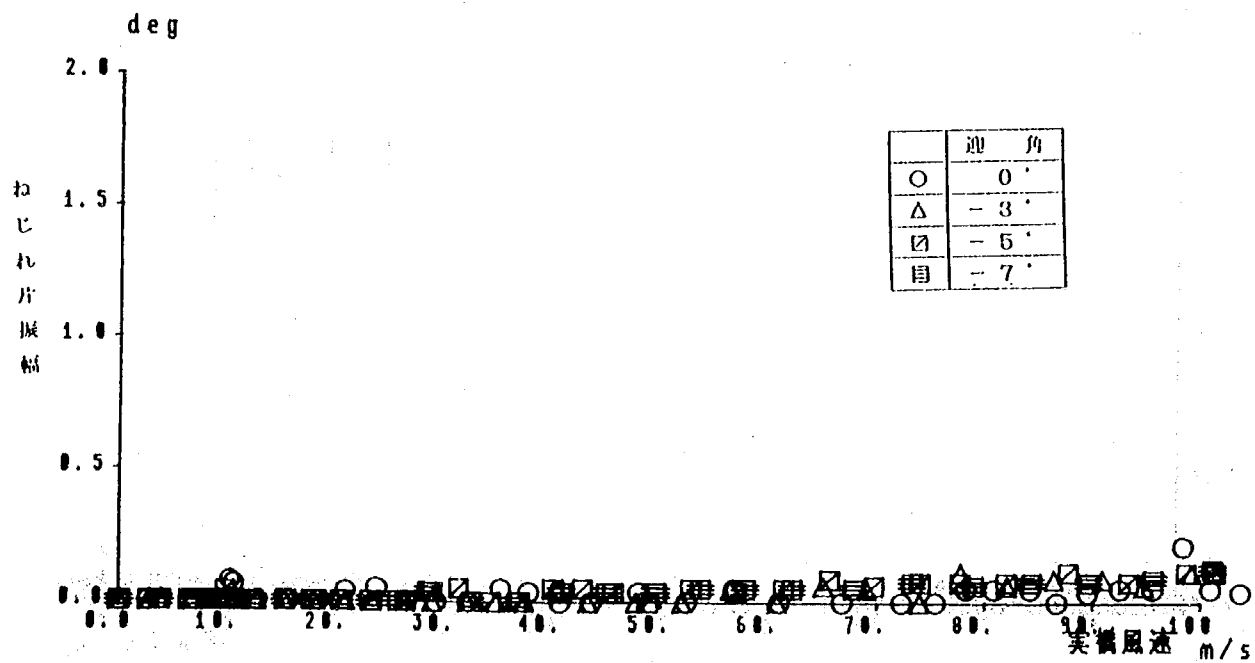


図-12.2(b) 風速—振幅曲線（基本断面、迎角の影響）

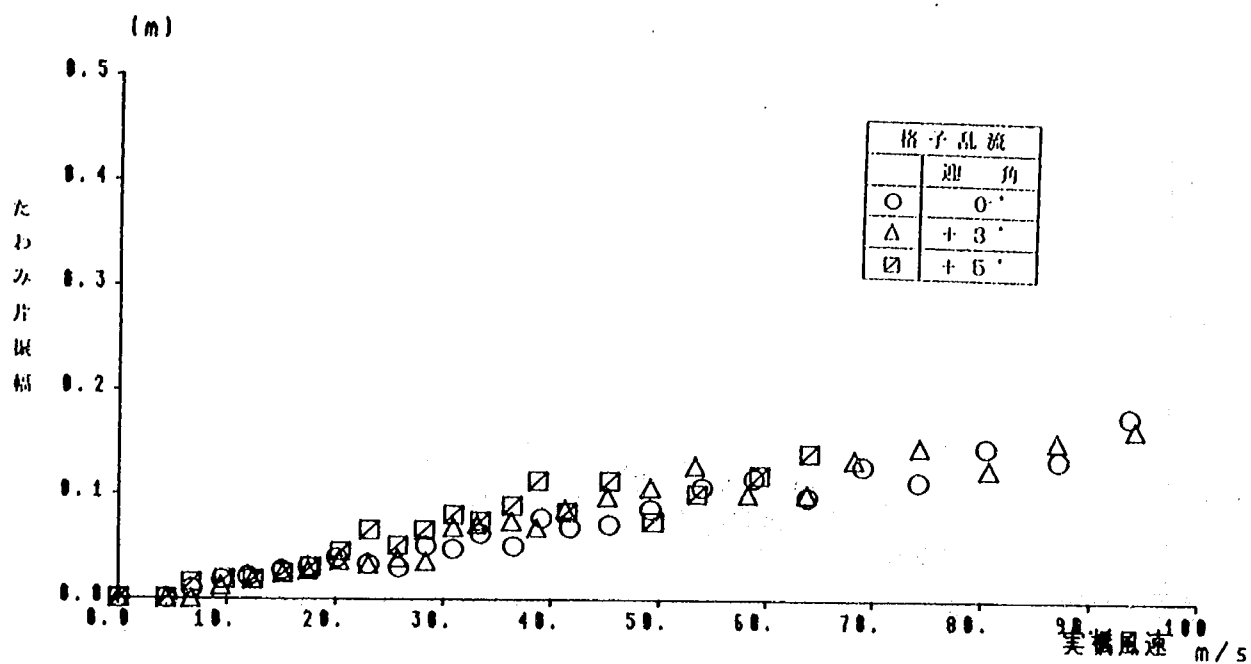


図-12.3(a) 風速—振幅曲線（格子乱流、迎角の影響）

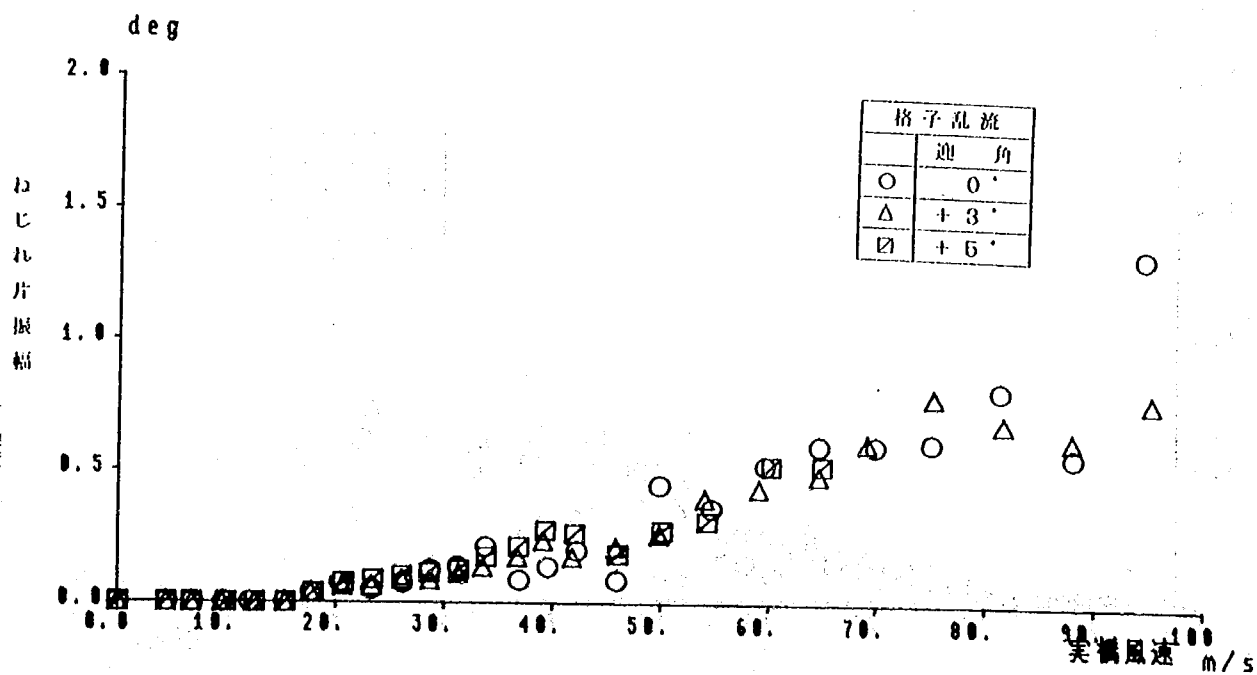


図-12.3(b) 風速—振幅曲線（格子乱流、迎角の影響）

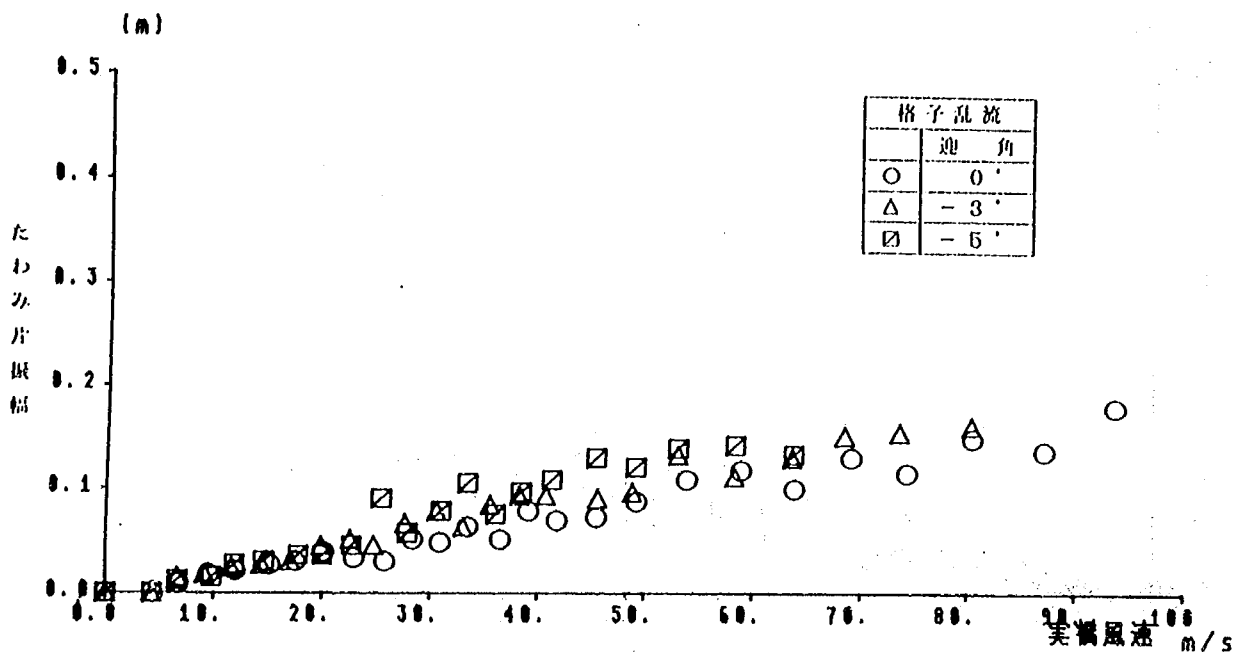


図-12.4(a) 風速—振幅曲線 (格子乱流、迎角の影響)

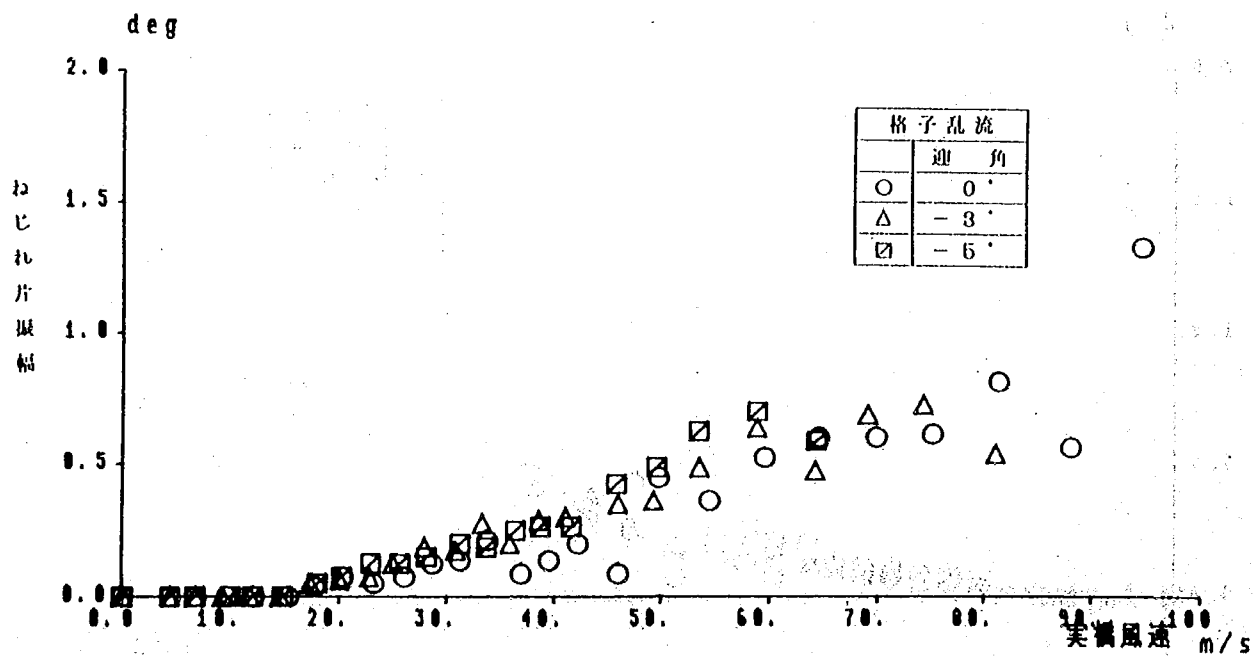


図-12.4(b) 風速—振幅曲線 (格子乱流、迎角の影響)

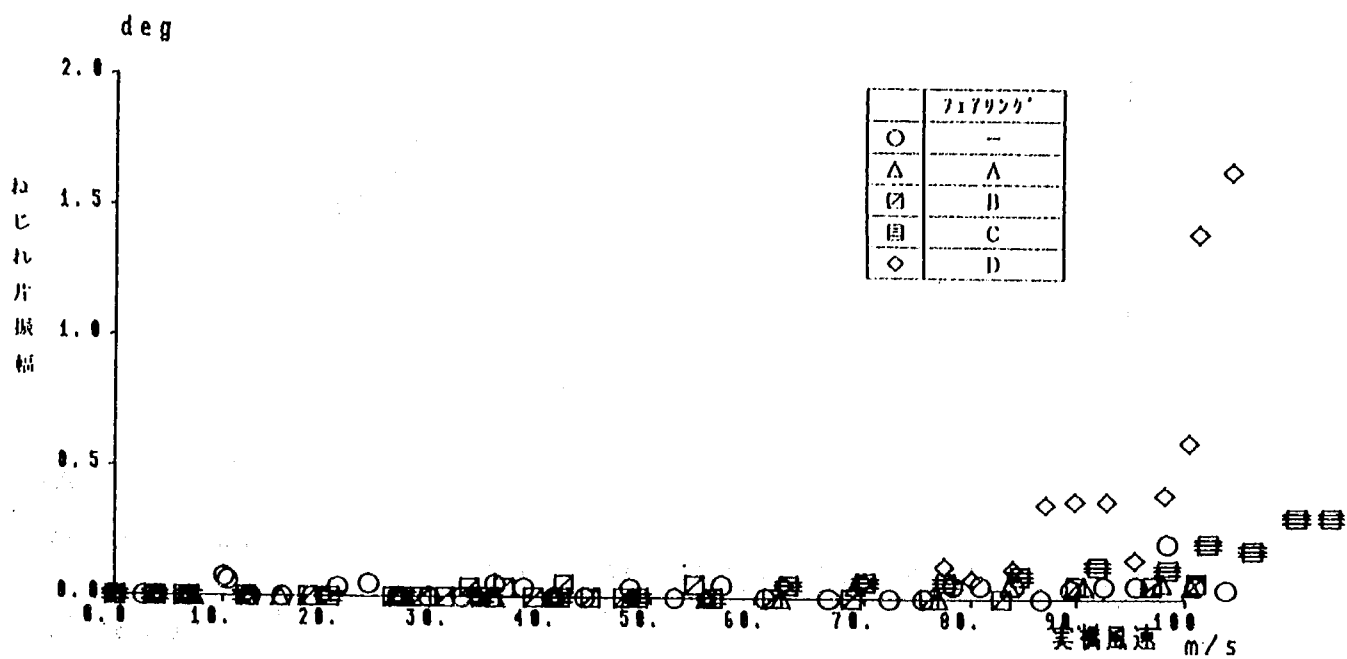


図-13 風速—振幅曲線（フェーリングの影響）

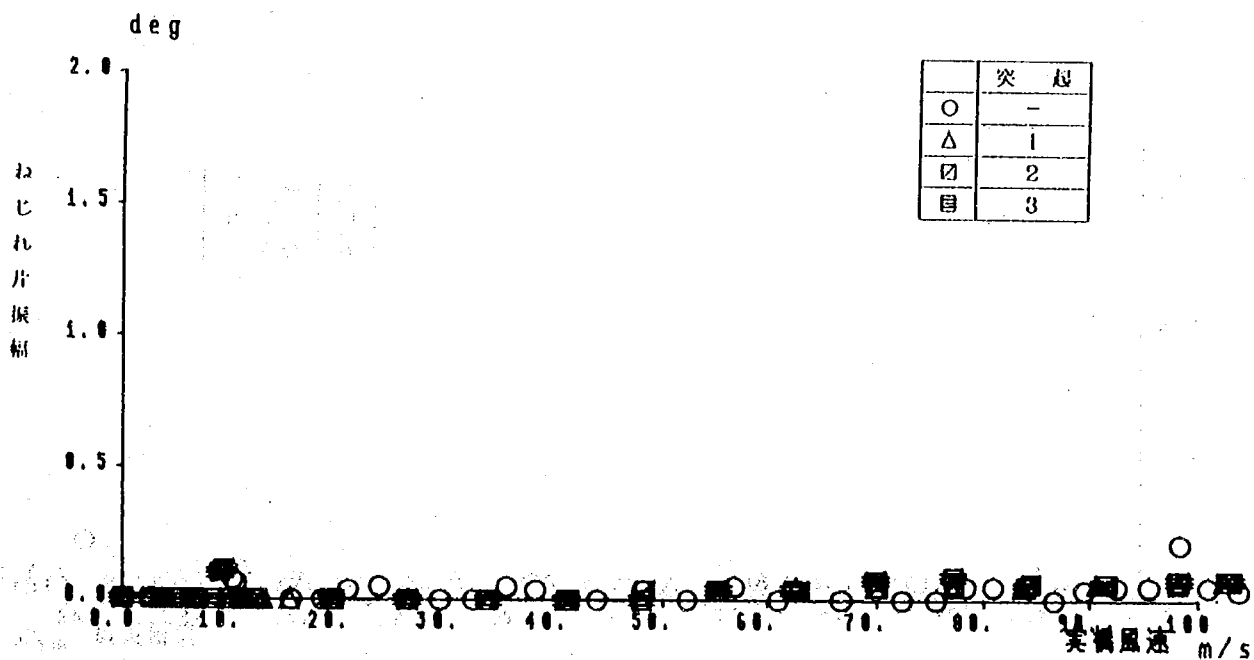


図-14 風速—振幅曲線（突起の影響）

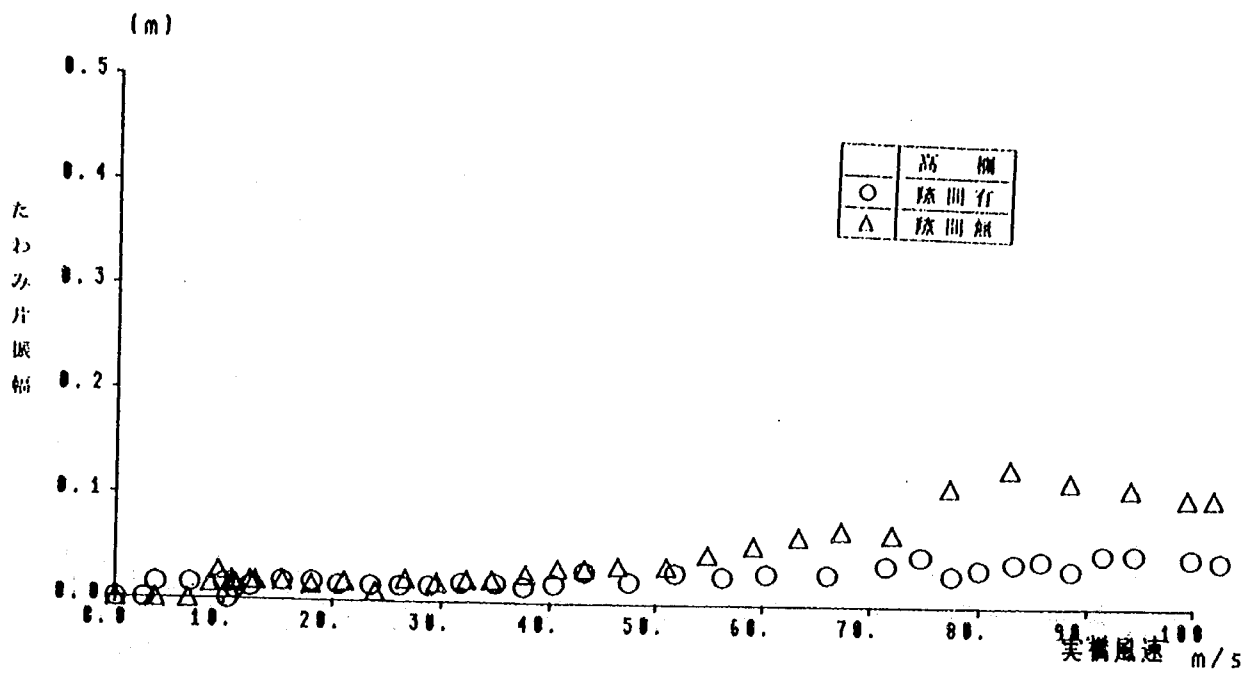


図-15(a) 風速—振幅曲線（高欄隙間の影響）

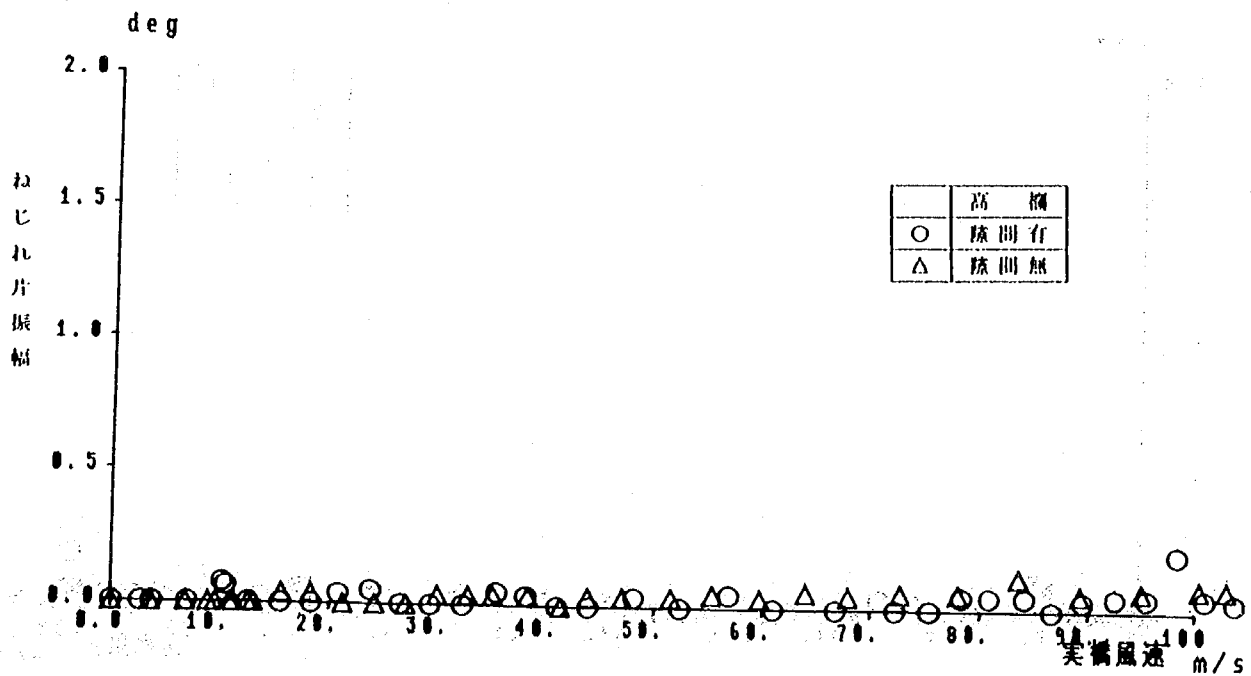


図-15(b) 風速—振幅曲線（高欄隙間の影響）

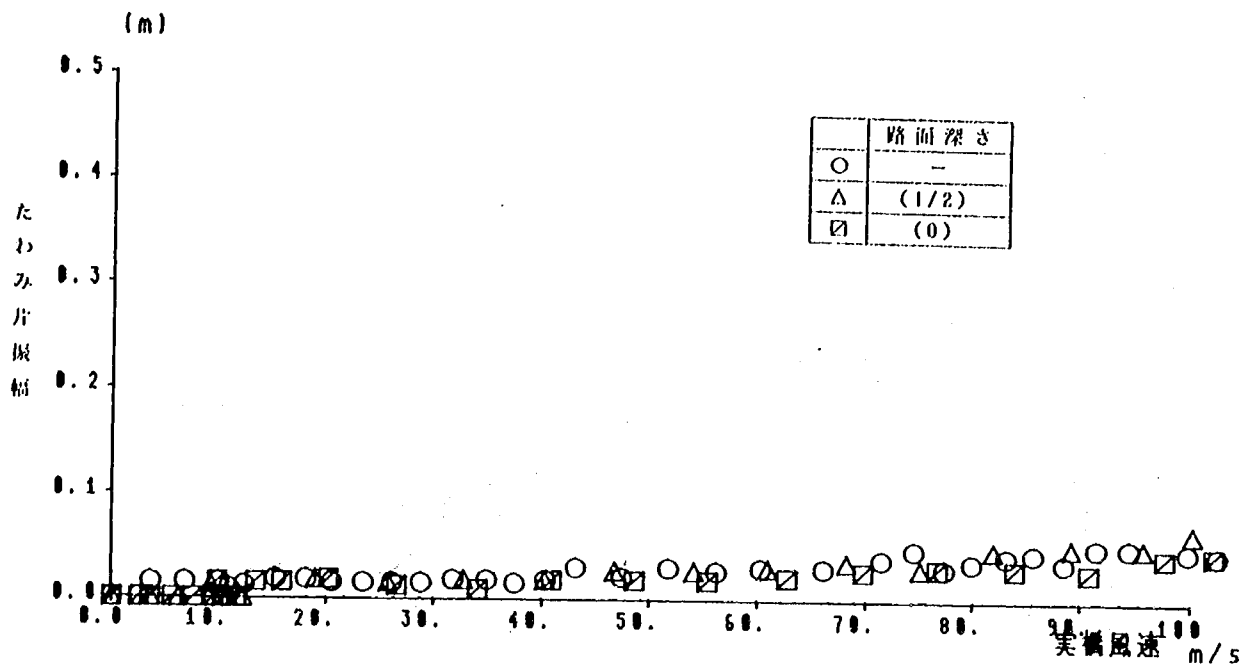


図-16(a) 風速—振幅曲線（車両走行位置の影響）

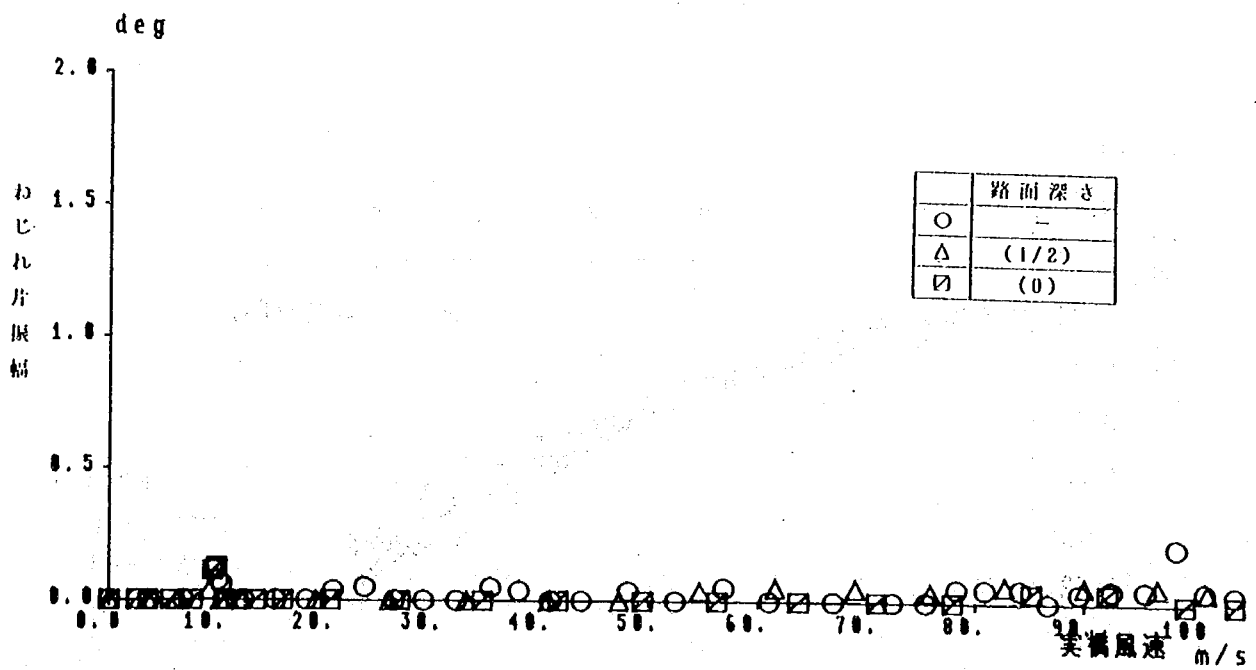


図-16(b) 風速—振幅曲線（車両走行位置の影響）

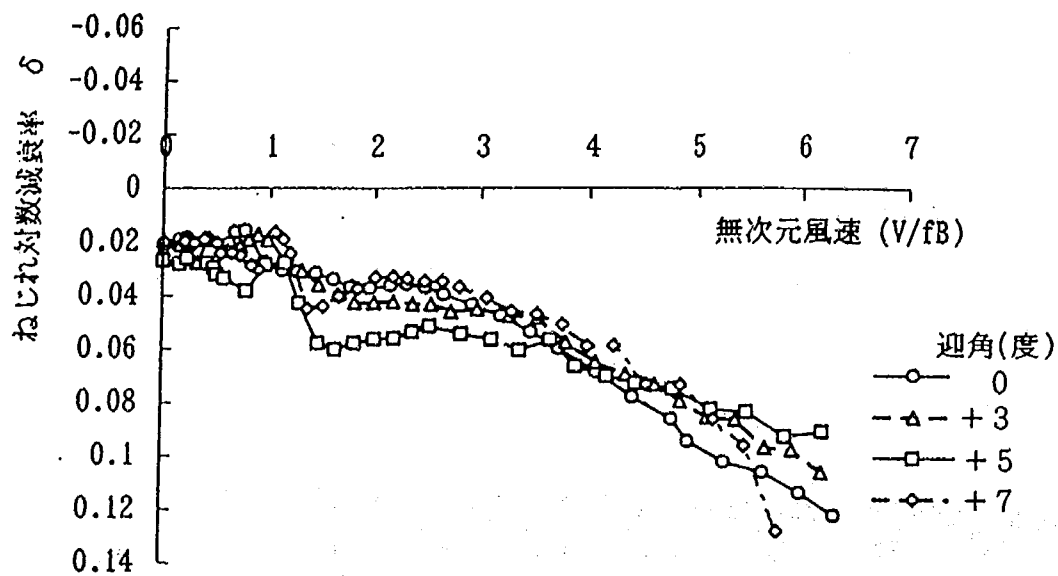


図-17(a) 風速-減衰率曲線 (基本断面、迎角の影響)

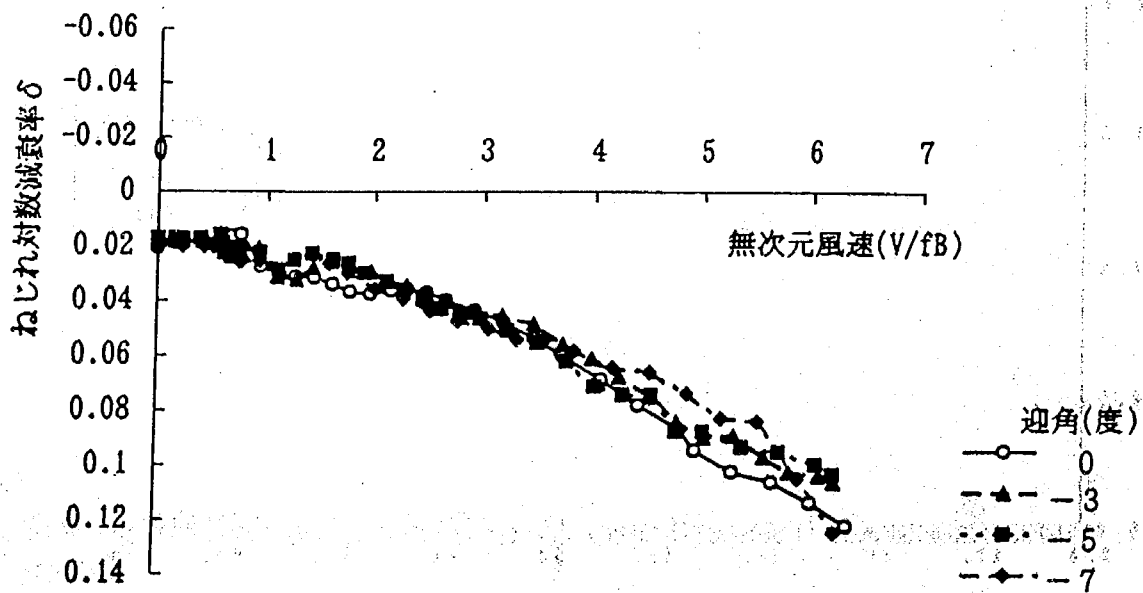


図-17(b) 風速-減衰率曲線 (基本断面、迎角の影響)

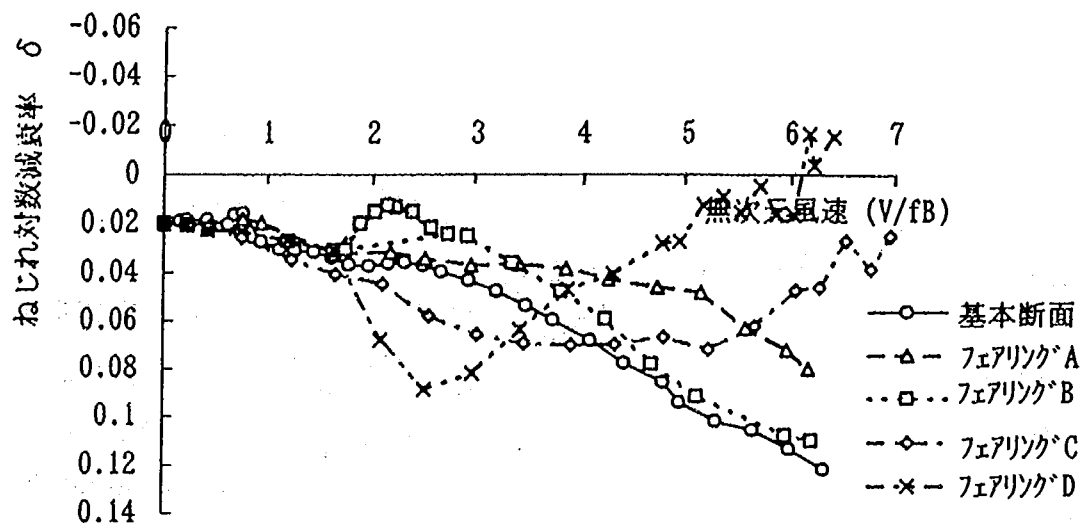


図-18 風速-減衰率曲線（フェアリングの影響）

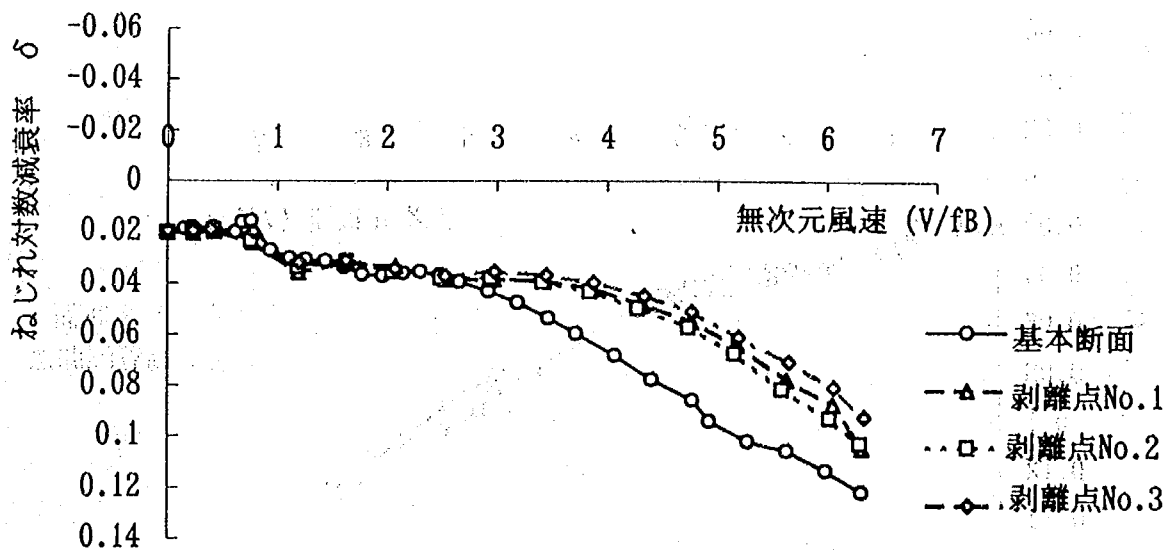


図-19 風速-減衰率曲線（剥離点の影響）

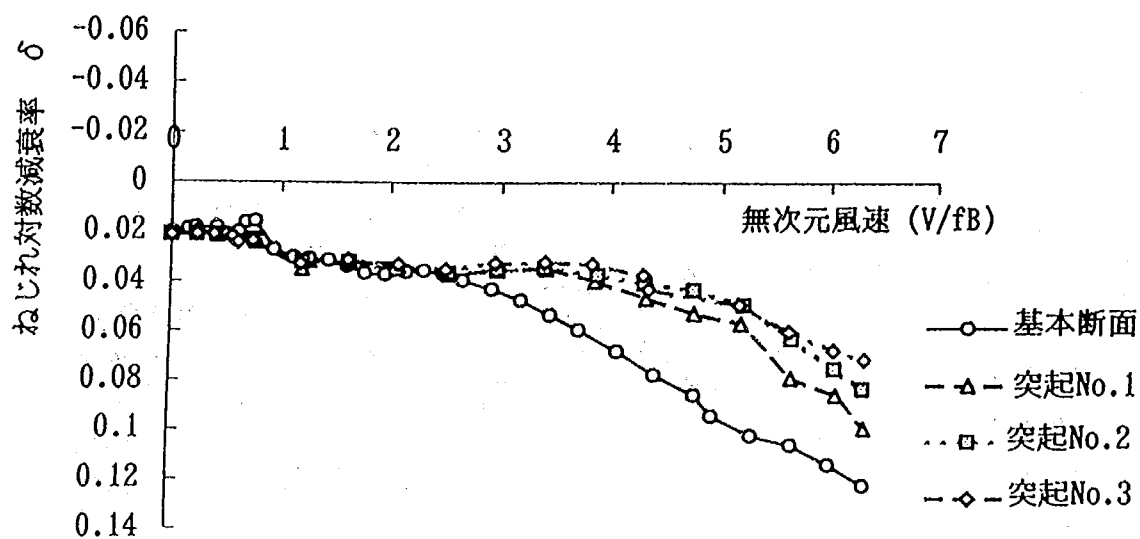


図-20 風速-減衰率曲線（突起の影響）

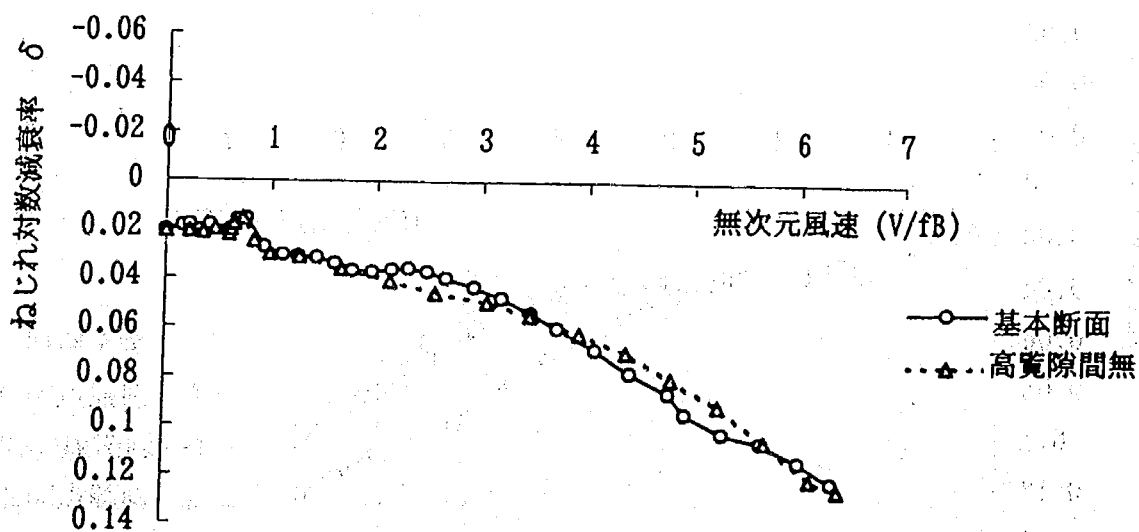


図-21 風速-減衰率曲線（高欄隙間の影響）

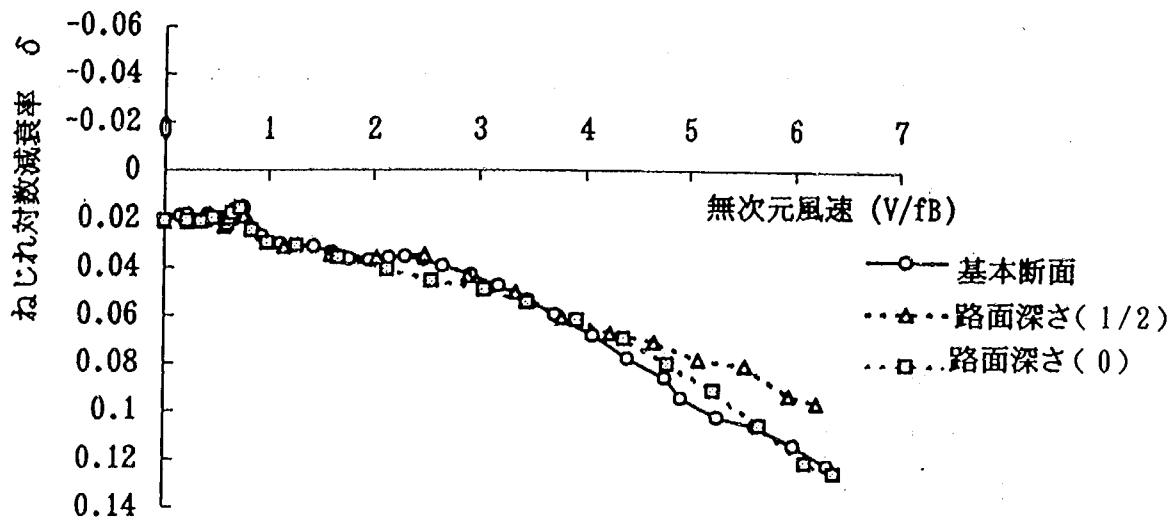


図-22 風速－減衰率曲線（車両走行位置の影響）

3. 三分力試験

3.1 実験方法

三分力試験は、建設省土木研究所耐風工学実験施設の非定常空気力風洞を使用し、ストラット型（島津製作所製）の三分力検出器で実施した。三分力検出器の概要を図-23に示す。

三分力試験は、 $-15^{\circ} \sim +15^{\circ}$ の迎角範囲で 1° 毎に、また風速については 10m/s と 20m/s の2風速について計測を行った。

三分力係数は、「本州四国連絡橋風洞実験要領（1980）」に従い、下記の方法で求めた。

$$C_D = \frac{D}{1/2 \rho V^2 \cdot \Lambda_n}$$

$$C_L = \frac{L}{1/2 \rho V^2 \cdot B \cdot \ell}$$

$$C_M = \frac{M}{1/2 \rho V^2 \cdot B^2 \cdot \ell}$$

ここに、
D : 抗力 (kg)
L : 揚力 (kg)
M : ピッチングモーメント (kgm)
 ρ : 空気密度 ($\text{kg} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4$)
V : 風速 (m/s)
 Λ_n : 投影面積 (m^2)
B : 模型代表幅 (m)
 ℓ : 模型長 (m)

尚、投影面積は迎角 0° の時の桁投影面積と上流側高欄を含んだ値を用いた。

3.2 実験ケース

実験対象断面は、基本断面と基本断面の高欄を隙間が無いものにした断面の2断面とした。実験は各ケースとも2回ずつ行っている。

3.3 実験結果

実験結果の平均値を図-24.1～24.4に示す。また、三分力係数を表-7.1～7.4に示す。

迎角 0° 近傍の抗力係数は約0.45と小さな値となった。

高欄隙間の有無は、揚力とピッチングモーメント係数に違いが認められる。正迎角でその変化は大きく、基本断面では滑らかに変化しているが、隙間が無い場合では、迎角 $+8^{\circ}$ で急激な変化が生じている。これは、この程度の迎角になると上流側高欄が桁先端からの剥離流の中に隠れるようになるため、基本断面の特性に近づくことにより生じていると考えられる。

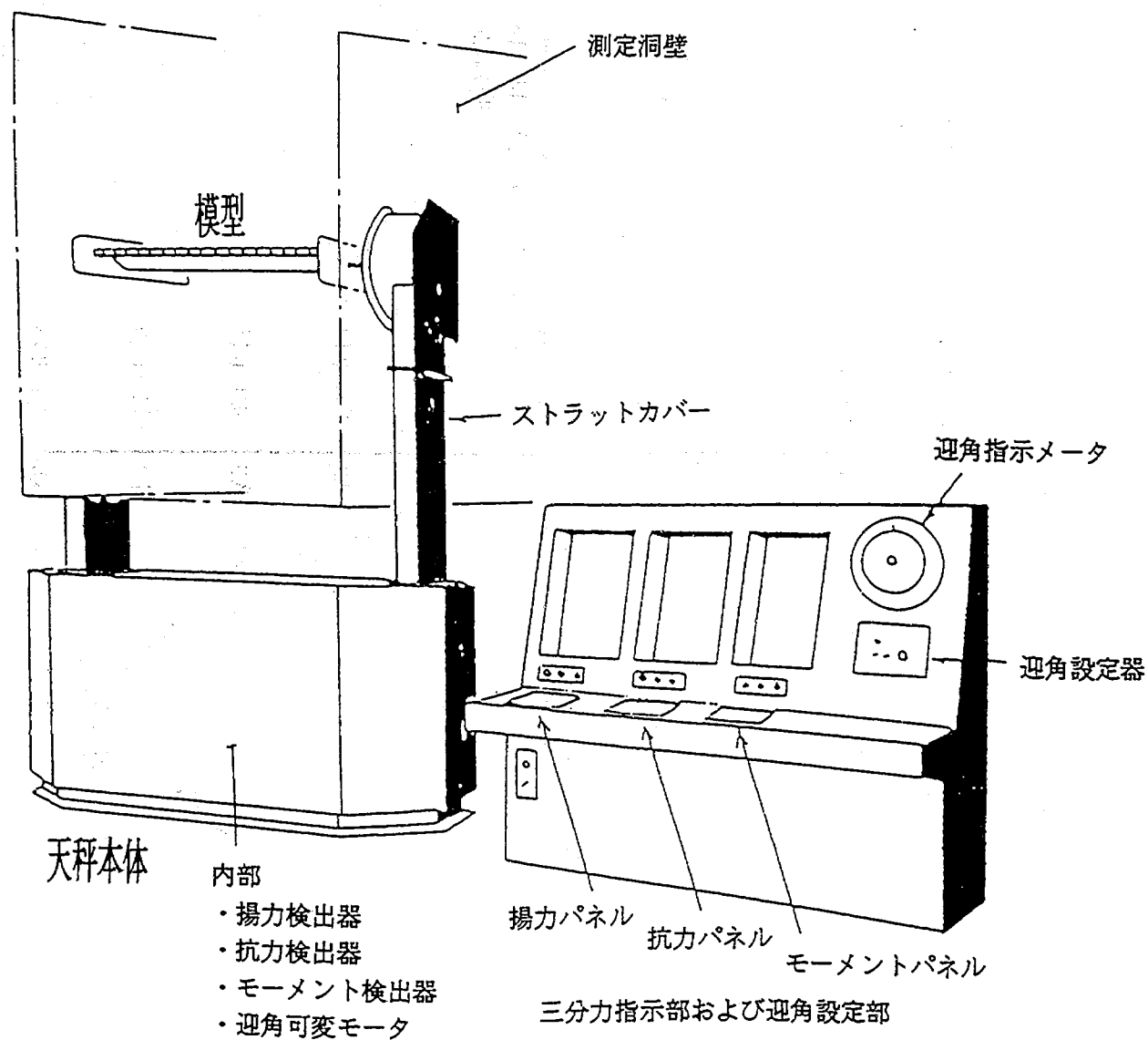


図-23 三分力検出器概要

模 型 名	峽南 基本断面
風 速	10.0 m/s
投 影 面 積	0.5982 m ²
模 型 幅	0.3482 m
$(C_D)_{\alpha=0}$	0.439
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	5.386
$(dC_M/d\alpha)_{\alpha=0}$	1.319

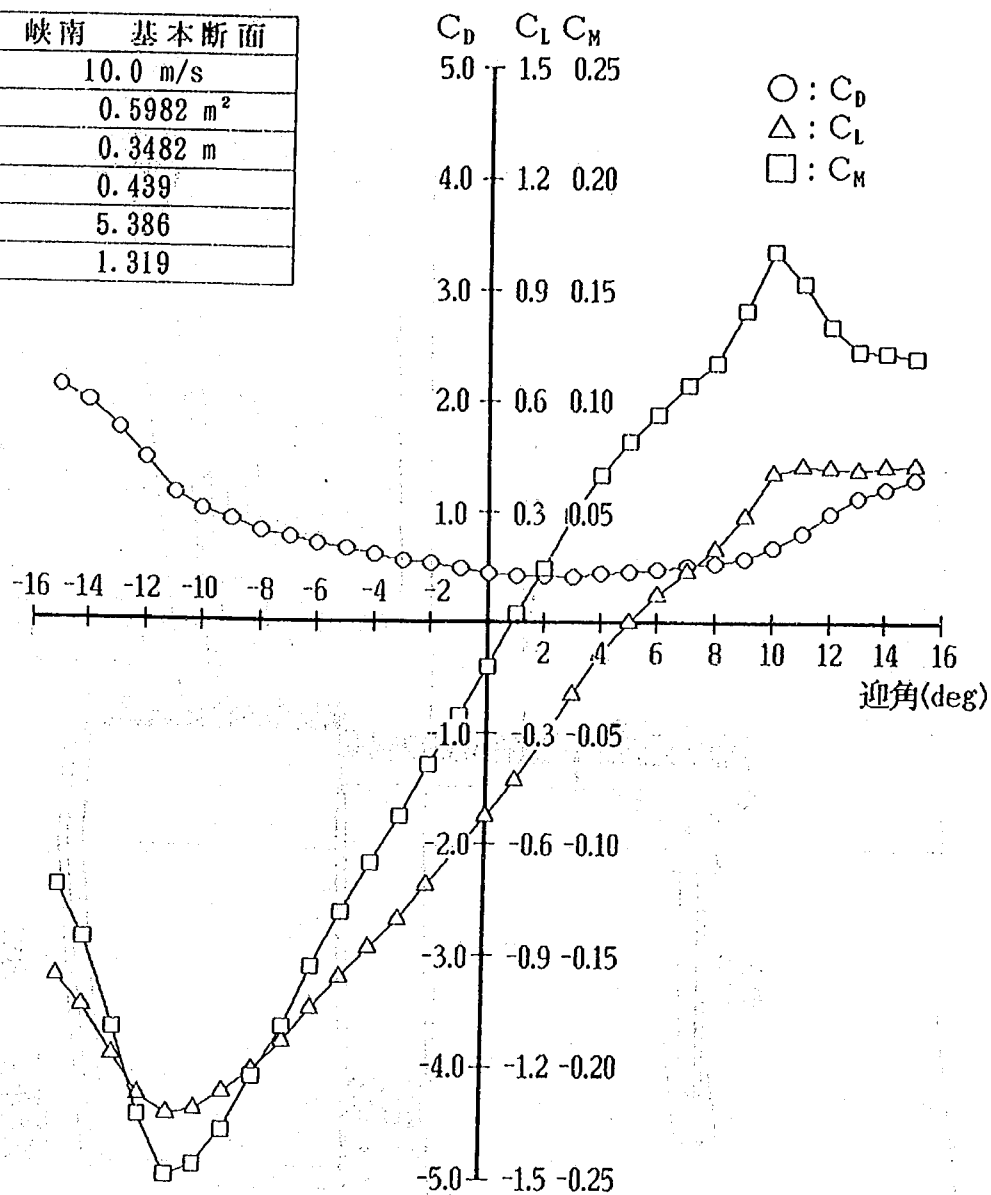


圖-24.1 三分力曲線 (基本断面、風速10m/sec、平均值)

模 型 名	峽南 基本断面
風 速	20.0 m/s
投 影 面 積	0.5982 m ²
模 型 幅	0.3482
$(C_D)_{\alpha=0}$	0.433
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	5.644
$(dC_M/d\alpha)_{\alpha=0}$	1.404

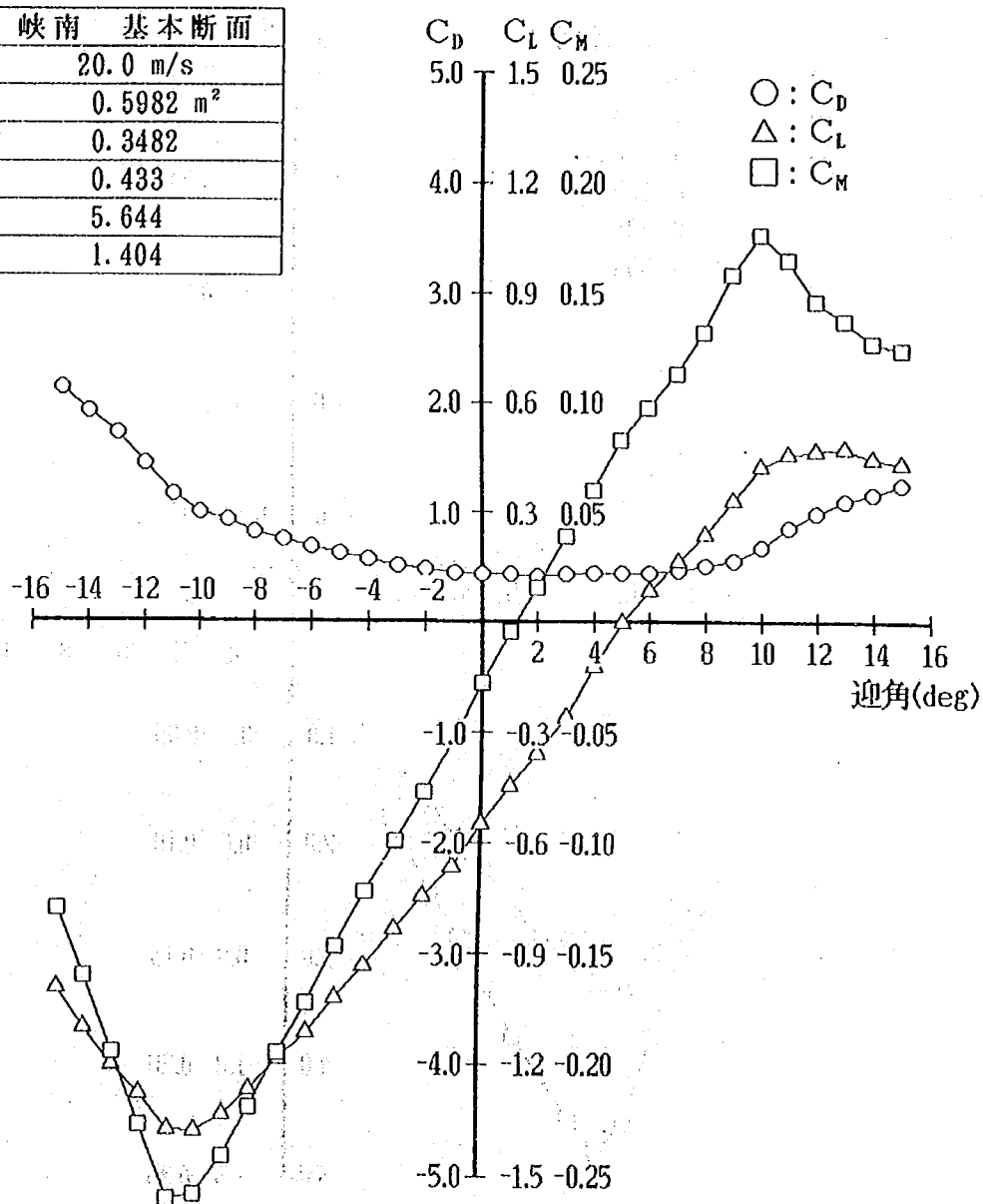


図-24.2 三分力曲線（基本断面、風速20m/sec、平均値）

模 型 名	峽南 高欄隙間無
風 速	10.0 m/s
投 影 面 積	0.6538 m ²
模 型 幅	0.3482 m
$(C_D)_{\alpha=0}$	0.455
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	2.535
$(dC_M/d\alpha)_{\alpha=0}$	0.864

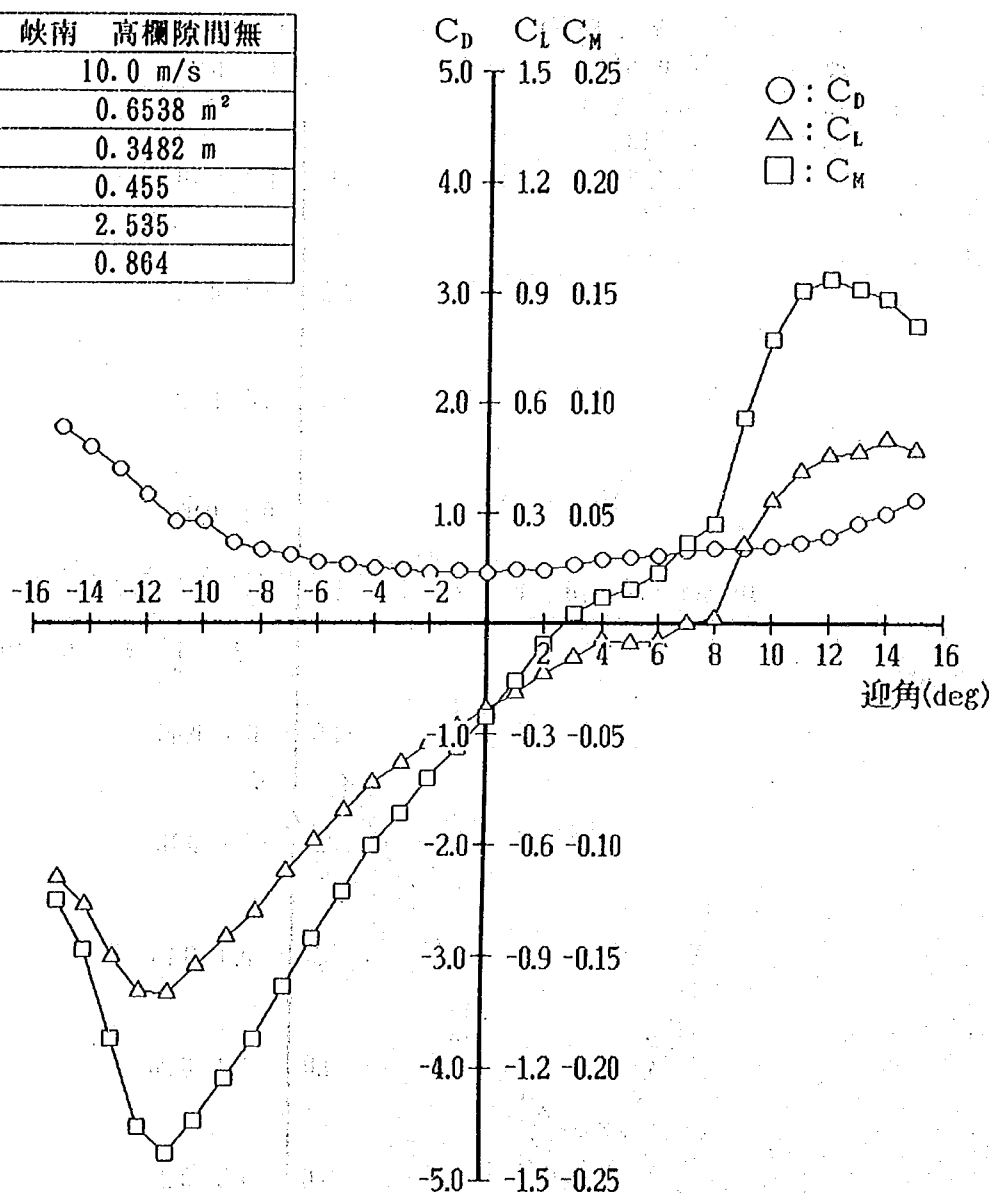


図-24.3 三分力曲線（高欄隙間無し、風速10m/sec、平均値）

模 型 名	峽南 高欄隙間無
風 速	20.0 m/s
投 影 面 積	0.6538 m ²
模 型 幅	0.3482 m
$(C_D)_{\alpha=0}$	0.470
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	3.237
$(dC_M/d\alpha)_{\alpha=0}$	0.910

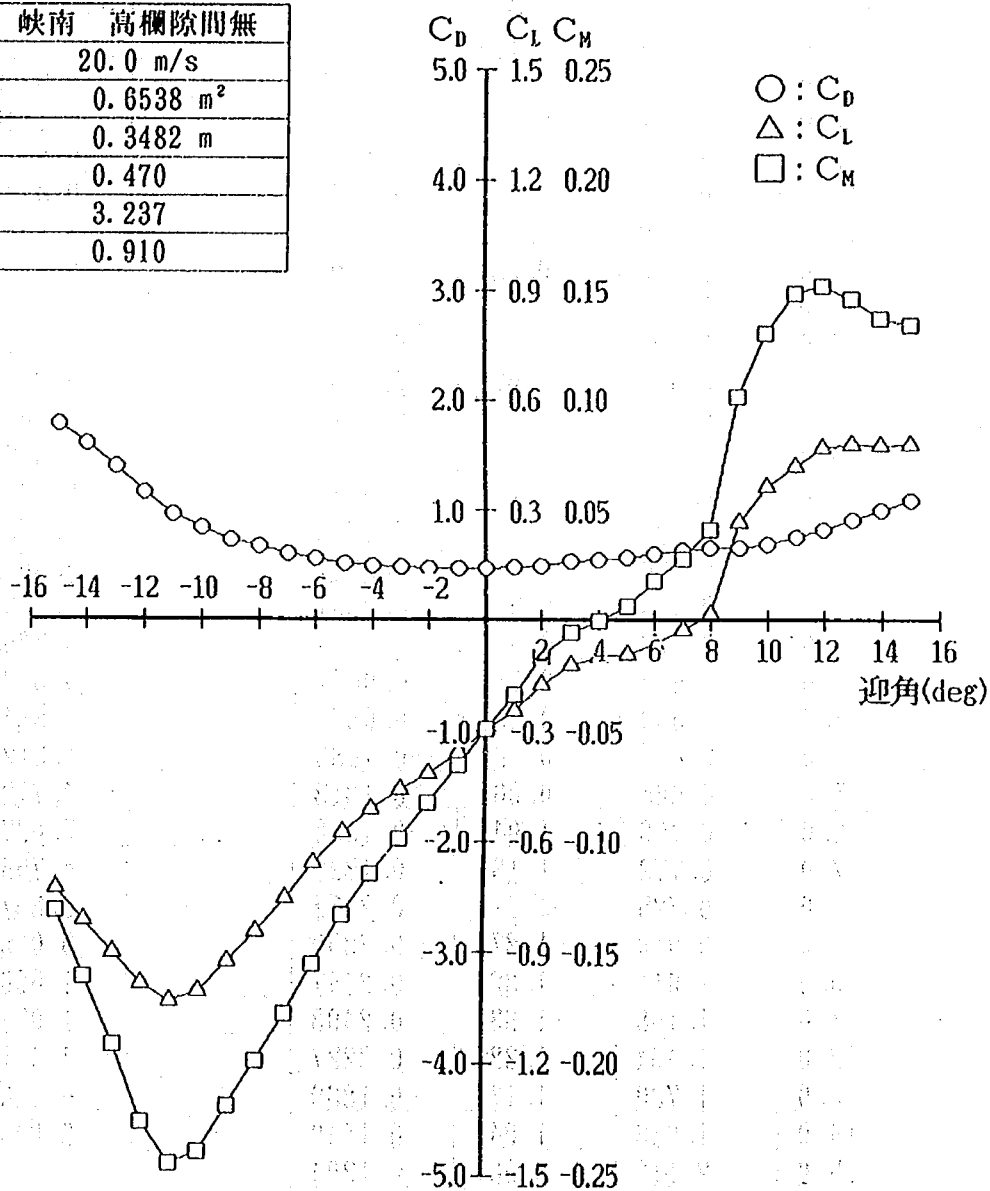


図-24.4 三分力曲線（高欄隙間無し、風速20m/sec、平均値）

表-7.1 三分力係数 (基本断面、風速10m/sec、平均值)

試験名 基本断面
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.5982 m²
 空気密度 0.1281 kg/m³
 風速 10.0 m/sec

迎角	CD AVE	CL AVE	CM AVE		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.304	0.426	0.1198			
14.0	1.211	0.423	0.1220		0.3295	-0.0773
13.0	1.131	0.414	0.1225		0.1146	-0.3380
12.0	0.985	0.419	0.1338		-0.2578	-0.8766
11.0	0.812	0.423	0.1531		0.4727	-0.9669
10.0	0.679	0.403	0.1675		3.8961	0.3509
9.0	0.573	0.287	0.1409		5.8585	1.4338
8.0	0.532	0.198	0.1175		4.3258	0.9626
7.0	0.506	0.136	0.1073		3.5810	0.6775
6.0	0.473	0.073	0.0938		3.8961	0.7377
5.0	0.452	0.000	0.0815		4.5837	0.7850
4.0	0.439	-0.087	0.0664		5.6580	0.9554
3.0	0.413	-0.198	0.0482		6.8039	1.2018
2.0	0.426	-0.325	0.0245		6.6750	1.2748
1.0	0.426	-0.431	0.0037		5.8012	1.2748
0.0	0.439	-0.527	-0.0201		5.3858	1.3192
-1.0	0.493	-0.619	-0.0424		5.2855	1.2791
-2.0	0.532	-0.712	-0.0647		5.3285	1.2949
-3.0	0.559	-0.805	-0.0876		4.8845	1.2648
-4.0	0.612	-0.882	-0.1089		4.5120	1.2519
-5.0	0.665	-0.962	-0.1313		4.7126	1.3393
-6.0	0.706	-1.047	-0.1556		5.0277	1.4653
-7.0	0.772	-1.138	-0.1825		4.7555	1.4195
-8.0	0.825	-1.213	-0.2052		3.8675	1.3336
-9.0	0.919	-1.273	-0.2290		3.0653	1.1316
-10.0	1.011	-1.320	-0.2447		1.6902	0.5816
-11.0	1.158	-1.332	-0.2493		-1.0743	-0.6288
-12.0	1.464	-1.282	-0.2227		-4.4118	-1.8736
-13.0	1.730	-1.178	-0.1839		-6.7466	-2.2560
-14.0	1.983	-1.047	-0.1440		-6.0447	-1.8191
-15.0	2.116	-0.967	-0.1204			

表-7.2 三分力係数 (基本断面、風速20m/sec、平均値)

試験名 基本断面
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.5982 m²
 空気密度 0.1281 kg/m³
 風速 20.0 m/sec

迎角	CD AVE	CL AVE	CM AVE		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.250	0.432	0.1244		-1.1746	-0.3739
14.0	1.164	0.447	0.1275		-0.5586	-0.5329
13.0	1.095	0.473	0.1374		0.4440	-0.7935
12.0	0.985	0.467	0.1461		1.2748	-0.8680
11.0	0.855	0.458	0.1651		3.6240	0.1977
10.0	0.676	0.422	0.1764		5.2712	1.2562
9.0	0.556	0.331	0.1582		4.7985	1.2935
8.0	0.506	0.238	0.1325		4.4834	0.9969
7.0	0.469	0.164	0.1131		4.7269	0.8637
6.0	0.446	0.082	0.0977		5.9015	1.0815
5.0	0.439	-0.002	0.0829		7.3768	1.2634
4.0	0.446	-0.125	0.0600		6.7609	1.2705
3.0	0.429	-0.259	0.0388		5.3858	1.2405
2.0	0.416	-0.361	0.0156		5.4288	1.2476
1.0	0.429	-0.447	-0.0045		6.3169	1.4052
0.0	0.433	-0.550	-0.0280		5.6436	1.4037
-1.0	0.449	-0.668	-0.0536		4.8845	1.3192
-2.0	0.479	-0.747	-0.0770		5.4717	1.2992
-3.0	0.509	-0.838	-0.0996		5.2999	1.3636
-4.0	0.566	-0.938	-0.1223		5.1280	1.4396
-5.0	0.619	-1.023	-0.1472		4.7269	1.3636
-6.0	0.682	-1.117	-0.1726		4.3831	1.3507
-7.0	0.745	-1.188	-0.1948		4.2972	1.3293
-8.0	0.812	-1.270	-0.2197		3.1226	1.1001
-9.0	0.917	-1.338	-0.2412		1.0886	0.5400
-10.0	0.992	-1.379	-0.2581		-2.8648	-0.8895
-11.0	1.155	-1.376	-0.2601		-4.9561	-1.8750
-12.0	1.431	-1.279	-0.2271		-5.0420	-1.9079
-13.0	1.714	-1.203	-0.1946		-5.9015	-1.8464
-14.0	1.915	-1.103	-0.1605		-31.5986	-4.5966
-15.0	2.123	-0.997	-0.1302			

表-7.3 三分力係数（高欄隙間無し、風速10m/sec、平均値）

試験名 基本断面、高欄隙間無し
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.6538 m²
 空気密度 0.1264 kgs²/m⁴
 風速 10.0 m/sec

迎角	CD AVE	CL AVE	CM AVE		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.118	0.471	0.1352			
14.0	0.995	0.501	0.1471		0.1003	-0.4713
13.0	0.915	0.468	0.1517		1.3178	-0.2593
12.0	0.792	0.455	0.1562		1.5327	0.0201
11.0	0.737	0.414	0.1510		3.4664	0.7764
10.0	0.700	0.334	0.1291		5.8012	1.6516
9.0	0.676	0.212	0.0933		9.1816	2.4150
8.0	0.676	0.013	0.0448		6.0590	1.6315
7.0	0.651	0.000	0.0364		1.7189	0.6260
6.0	0.614	-0.047	0.0229		1.4897	0.5987
5.0	0.602	-0.052	0.0155		0.0000	0.3309
4.0	0.578	-0.047	0.0114		1.1602	0.3166
3.0	0.528	-0.093	0.0044		2.5640	0.5873
2.0	0.479	-0.137	-0.0092		2.7932	0.8695
1.0	0.485	-0.190	-0.0260		2.8218	0.9411
0.0	0.455	-0.235	-0.0420		2.5353	0.8637
-1.0	0.479	-0.279	-0.0561		2.6499	0.8064
-2.0	0.461	-0.328	-0.0702		2.9078	0.8580
-3.0	0.491	-0.380	-0.0861		3.0224	0.8680
-4.0	0.504	-0.433	-0.1005		3.7385	1.0098
-5.0	0.528	-0.511	-0.1213		4.5120	1.1960
-6.0	0.553	-0.591	-0.1422		4.6839	1.2161
-7.0	0.620	-0.674	-0.1638		5.5147	1.2963
-8.0	0.670	-0.783	-0.1875		5.0277	1.1645
-9.0	0.737	-0.850	-0.2044		4.1396	1.0285
-10.0	0.927	-0.928	-0.2234		4.3258	0.9540
-11.0	0.927	-1.001	-0.2377		1.9194	0.0816
-12.0	1.167	-0.995	-0.2262		2.7645	-1.4711
-13.0	1.400	-0.904	-0.1864		-6.6750	-2.2618
-14.0	1.603	-0.762	-0.1473		-6.1593	-1.7618
-15.0	1.775	-0.689	-0.1249			

表-7.4 三分力係数（高欄隙間無し、風速10m/sec、平均値）

試験名 基本断面、高欄隙間無し
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.6538 m²
 空気密度 0.1264 kgs²/m⁴
 風速 10.0 m/sec

迎角	CD AVE	CL AVE	CM AVE		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.084	0.480	0.1347			
14.0	1.004	0.478	0.1371		0.0000	-0.3223
13.0	0.912	0.480	0.1459		0.2005	-0.4283
12.0	0.820	0.471	0.1520		1.6902	-0.0802
11.0	0.752	0.421	0.1487		3.1226	0.6088
10.0	0.691	0.362	0.1308		4.4118	1.3565
9.0	0.651	0.267	0.1014		9.8406	2.5711
8.0	0.654	0.018	0.0410		8.4225	2.1028
7.0	0.630	-0.027	0.0280		2.2918	0.6718
6.0	0.599	-0.062	0.0176		1.8764	0.6245
5.0	0.571	-0.093	0.0062		1.0886	0.5257
4.0	0.544	-0.100	-0.0008		0.9167	0.3280
3.0	0.531	-0.125	-0.0053		2.1772	0.4512
2.0	0.494	-0.176	-0.0166		3.4807	0.8179
1.0	0.476	-0.246	-0.0339		3.4664	0.9339
0.0	0.470	-0.297	-0.0492		3.2372	0.9096
-1.0	0.470	-0.359	-0.0656		3.4664	0.9683
-2.0	0.467	-0.418	-0.0830		2.8934	0.9554
-3.0	0.479	-0.460	-0.0990		2.7215	0.9239
-4.0	0.494	-0.513	-0.1152		3.3805	0.9912
-5.0	0.516	-0.578	-0.1336		4.2399	1.1545
-6.0	0.556	-0.661	-0.1555		5.0993	1.2634
-7.0	0.599	-0.756	-0.1777		5.3572	1.2405
-8.0	0.663	-0.848	-0.1988		4.9274	1.1803
-9.0	0.722	-0.928	-0.2189		4.5120	1.1588
-10.0	0.832	-1.005	-0.2393		2.9794	0.7291
-11.0	0.952	-1.032	-0.2443		-0.5013	-0.3824
-12.0	1.158	-0.988	-0.2259		-3.6383	-1.5040
-13.0	1.391	-0.905	-0.1918		-4.9274	-1.8607
-14.0	1.600	-0.816	-0.1610		-5.0564	-1.7189
-15.0	1.781	-0.729	-0.1318			

4. 可視化実験

4.1 実験方法

実験に使用した風洞は、当所耐風工学実験施設内の煙風洞である。煙風洞の主要諸元を図-25、表-8に示す。模型は、縮尺1/85、模型長15cmの木製模型を使用した。実験は、灯油を加熱して発生させた煙流（間隔2.5cm）により、模型断面まわりの空気の流れを観察するものである。

4.2 実験ケース

実験は、基本断面3ケースと桁低部に突起を設置した断面で渦励振の発生した断面3ケースの合計6ケースについて実施した。実験ケースを表-9に示す。

表-9 実験ケース

ケースNo.	迎 角	フェアリング	高 欄	桁底面
3 0	0°	基本断面	隙間有り	基本断面
3 1	-3°	〃	〃	〃
3 2	+3°	〃	〃	〃
3 3	0°	〃	〃	突起有り*
3 4	-3°	〃	〃	〃
3 5	+3°	〃	〃	〃

*突起の位置は、バネ支持実験のケース17に同じ。

4.3 実験結果

基本断面の結果を写真-1～3に、突起を設置した断面の結果を写真-4～6に示す。

基本断面の迎角0°についてみると、断面形状が偏平のためか気流が模型上下でほぼ対称にスムーズに流れていることがわかる。迎角を-3°にした場合には、車両走行位置が低くなっていることの影響によって模型上部の気流が乱れていることがわかる。迎角+3°の場合には、模型上部の気流が多少上方向に膨らんでいるがほぼスムーズに流れている。

桁低部に突起を設けた実験では、気流の形状は基本断面とほぼ同じであり、迎角が+3°の場合に模型低部の剥離流によって模型後部に大きな渦が発生しているようにも思われるが突起による明確な違いを見ることができなかった。

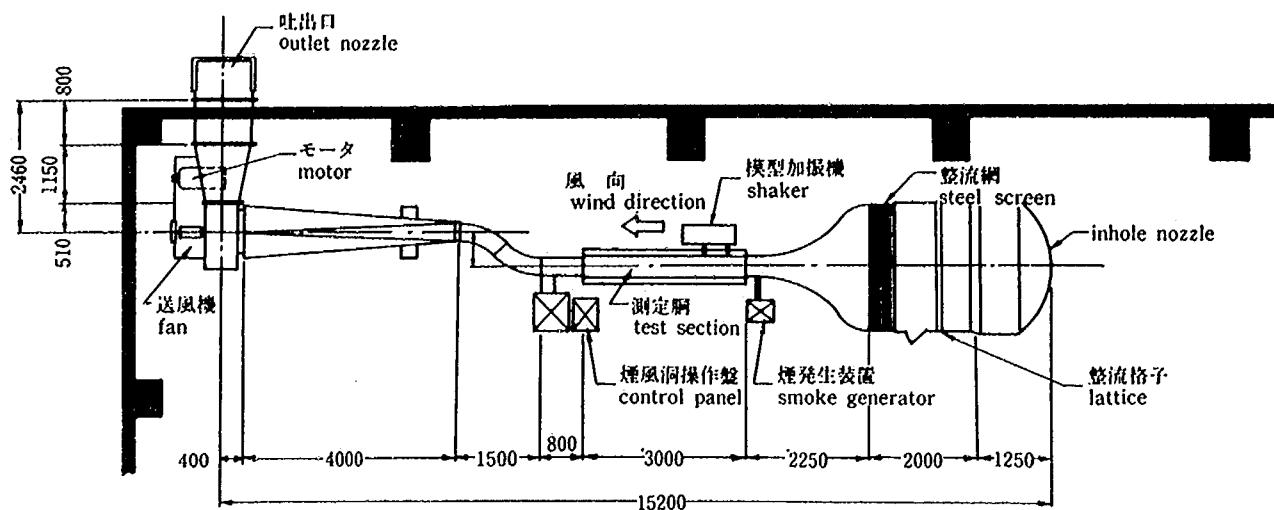


図-25 煙風洞平面図

表-8 煙風洞諸元

風洞形式		エッフェル型
Type		Eiffel Type
測定部 Test Section	幅 Width	150 mm
	高 Height	2,000 mm
	長 Length	3,000 mm
風路全長		
Total Path Length		17 m
送風機 Fan	動翼直径 Diameter	600mm
	有効全圧 Pressure Rise	50.0mmAq
	風量 Wind Volume	6.0m³/sec
	回転数 Rotation	2500.0rpm
	容量 Power	5.0KW
気流 Flow	風速 Wind Speed	1.0~20.0m/sec
	乱れ率 Turbulence Intensity	0.2%
附属装置		模型加振機 Shaker
Attached Equipments		煙撮影装置 Cameras

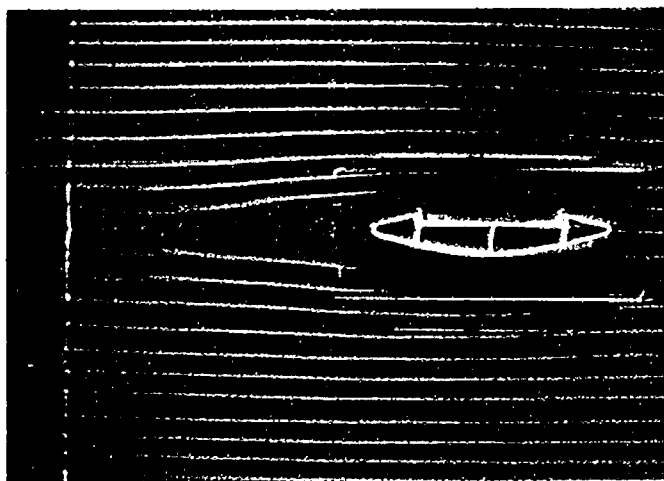


写真-1 可視化実験結果（基本断面、迎角 0° ）

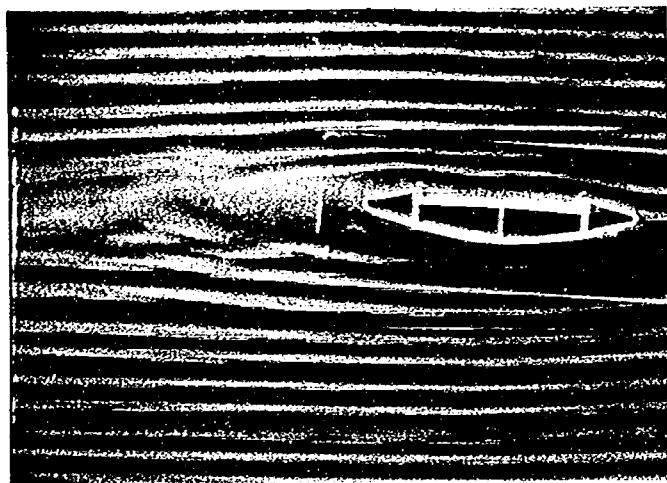


写真-2 可視化実験結果（基本断面、迎角 -3° ）

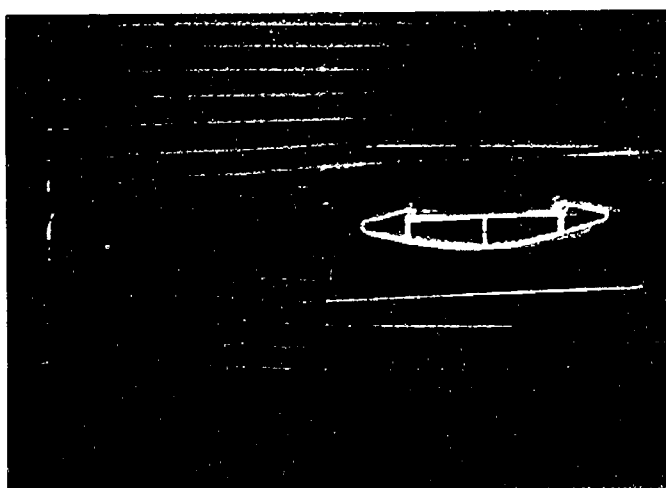


写真-3 可視化実験結果（基本断面、迎角 $+3^\circ$ ）

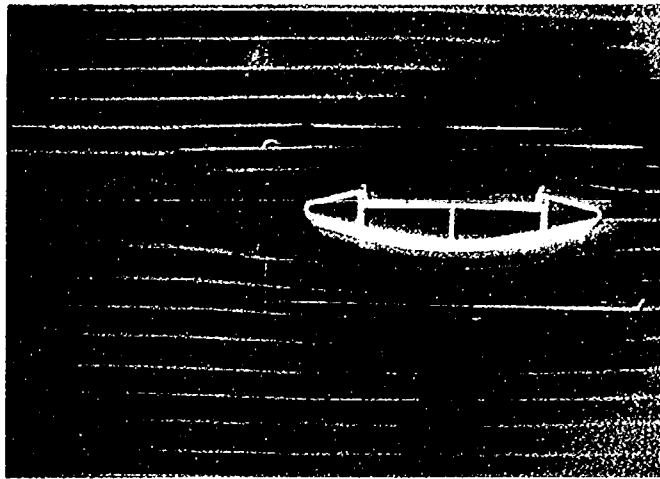


写真-4 可視化実験結果（突起有り、迎角 0° ）

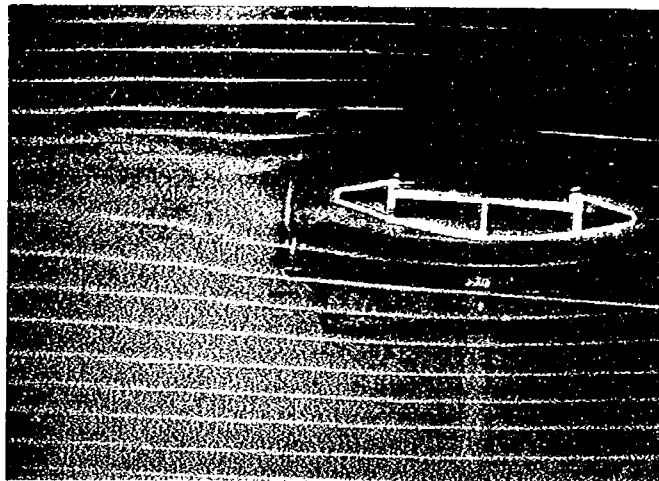


写真-5 可視化実験結果（突起有り、迎角 -3° ）

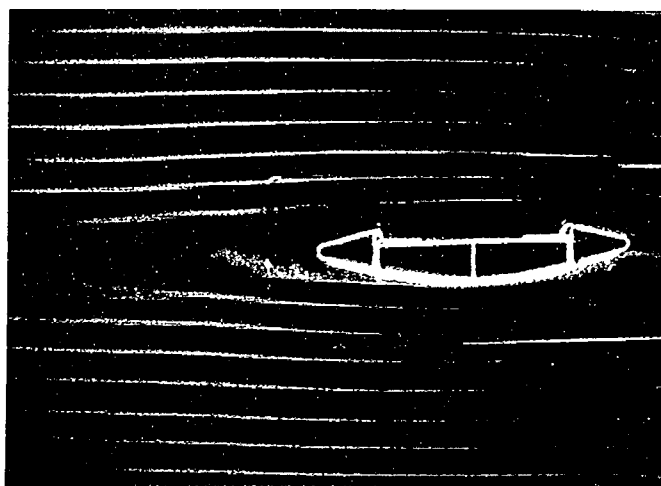


写真-6 可視化実験結果（突起有り、迎角 $+3^{\circ}$ ）

5. まとめ

峡南大橋の耐風性調査により得られた結果をまとめると以下ようになる。

・バネ支持実験

- ①本橋の基本断面は、フェアリング形状が曲面であるため、フェアリング先端部近傍および桁底部に突起を設けレイノルズ数の影響について検討した。その結果から渦励振およびフラッターの振幅についてはレイノルズ数の影響は無視しうるものと考えられる。
- ②本橋は、迎角 -5° と $+3^{\circ} \sim +7^{\circ}$ の範囲でたわみ渦励振が認められたが、耐風設計便覧による許容振幅を満足しており、また乱流中では渦励振は発生しなかった。フラッターに対しては照査風速 48.6m/s （架橋時）および 43.6m/s （ダム湖満水時）に対し、発生風速は 100m/s 以上であった。これらの結果から、本橋は所要の耐風性を有していると思われる。
- ③C、Dタイプのフェアリングは、本橋に関しては耐風性を悪化させる。
- ④剥離点をフェアリング上流側に固定した場合、応答減衰は低下するがフラッター発現には至らない。
- ⑤高欄隙間の影響は（迎角 0° では）認められなかった。
- ⑥車両走行位置が低くなっていることの影響はほとんど認められなかった。

・三分力試験

- ①抗力係数の最小値は、迎角 0° で生じ、その値は基本断面で約0.45、高欄隙間無しで約0.44である。
- ②高欄隙間の有無による違いは、揚力とピッチングモーメントに現れている。
- ③高欄隙間無し断面の迎角 $+8^{\circ}$ で断面回りの流れ場に変化が発生している。

6. あとがき

本調査を実施するにあたり、お世話頂いた関東地建八ッ場ダム工事事務所の方々に、心からお礼を申し上げる次第である。

参考文献

- 1)建設省土木研究所構造研究室：幸魂大橋の耐風性調査報告書、土木研究所資料第2044号、昭和59年2月
- 2)建設省土木研究所構造研究室：自然風を考慮した橋の耐風性調査報告書、土木研究所資料第2260号、昭和60年10月

付属資料

付図－1 無風時構造減衰率

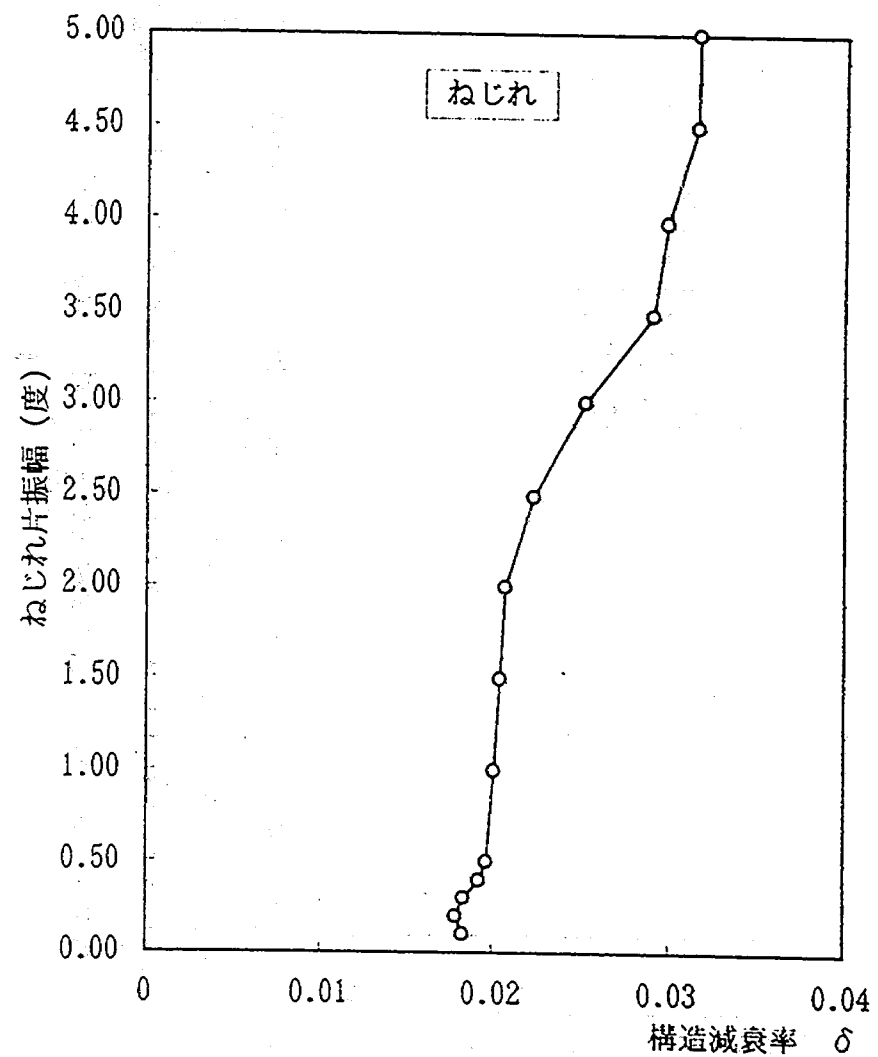
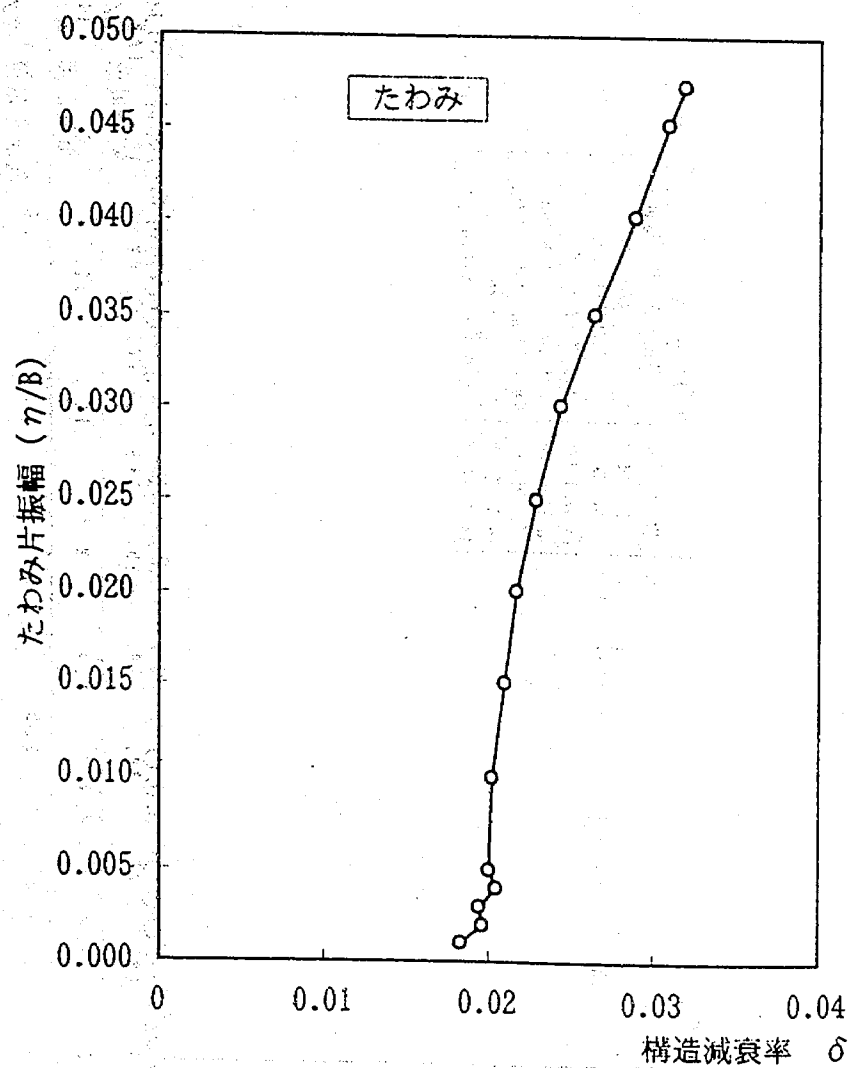
付図－2 風速－振幅曲線

付図－3 風速－振幅－減衰率曲線

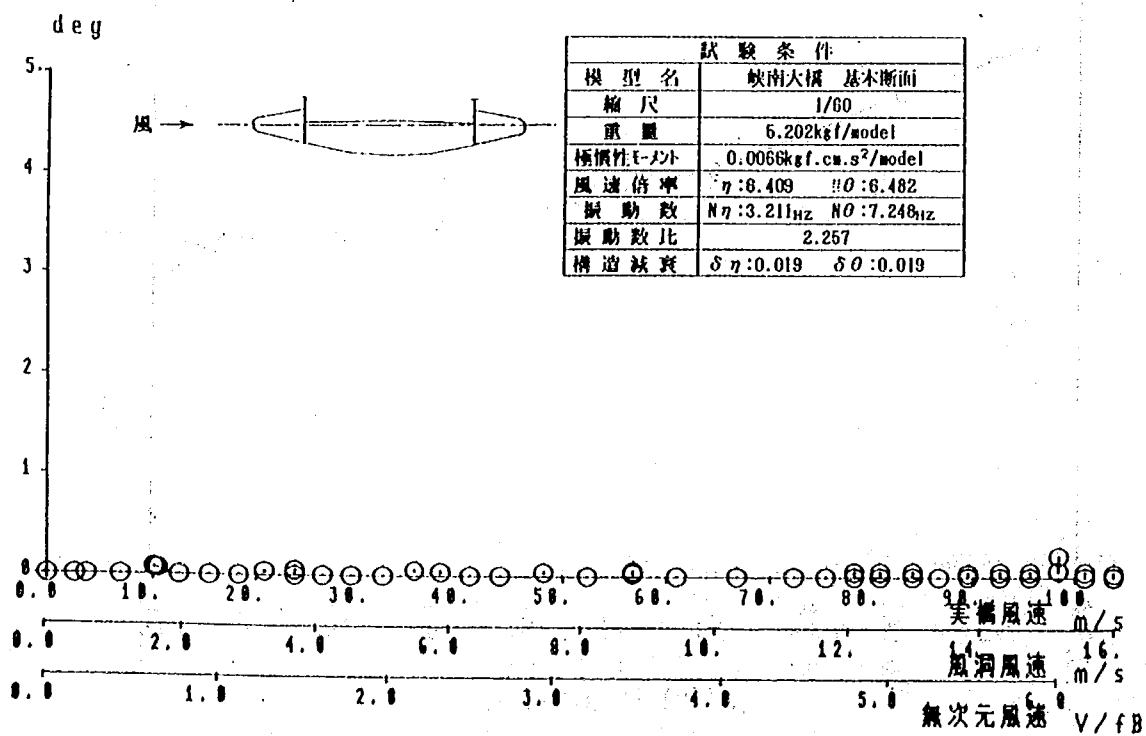
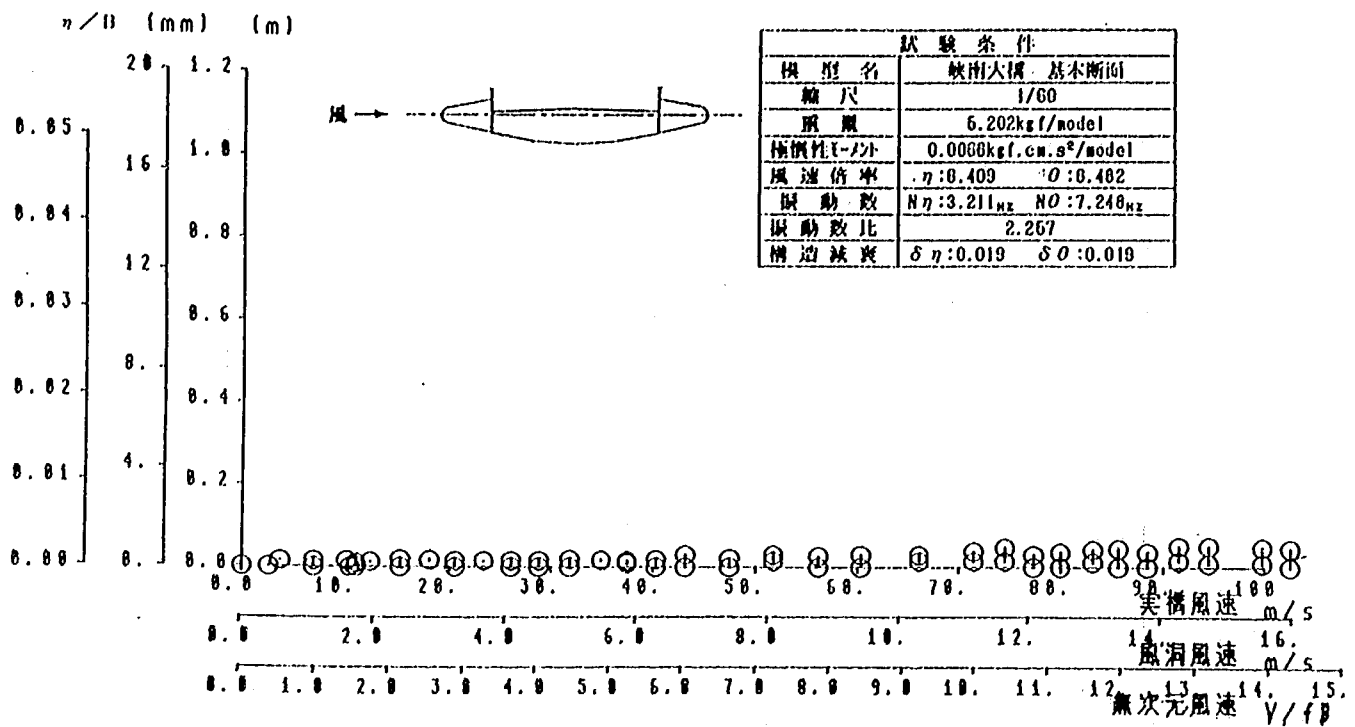
付図－4 三分力曲線（1回目、2回目）

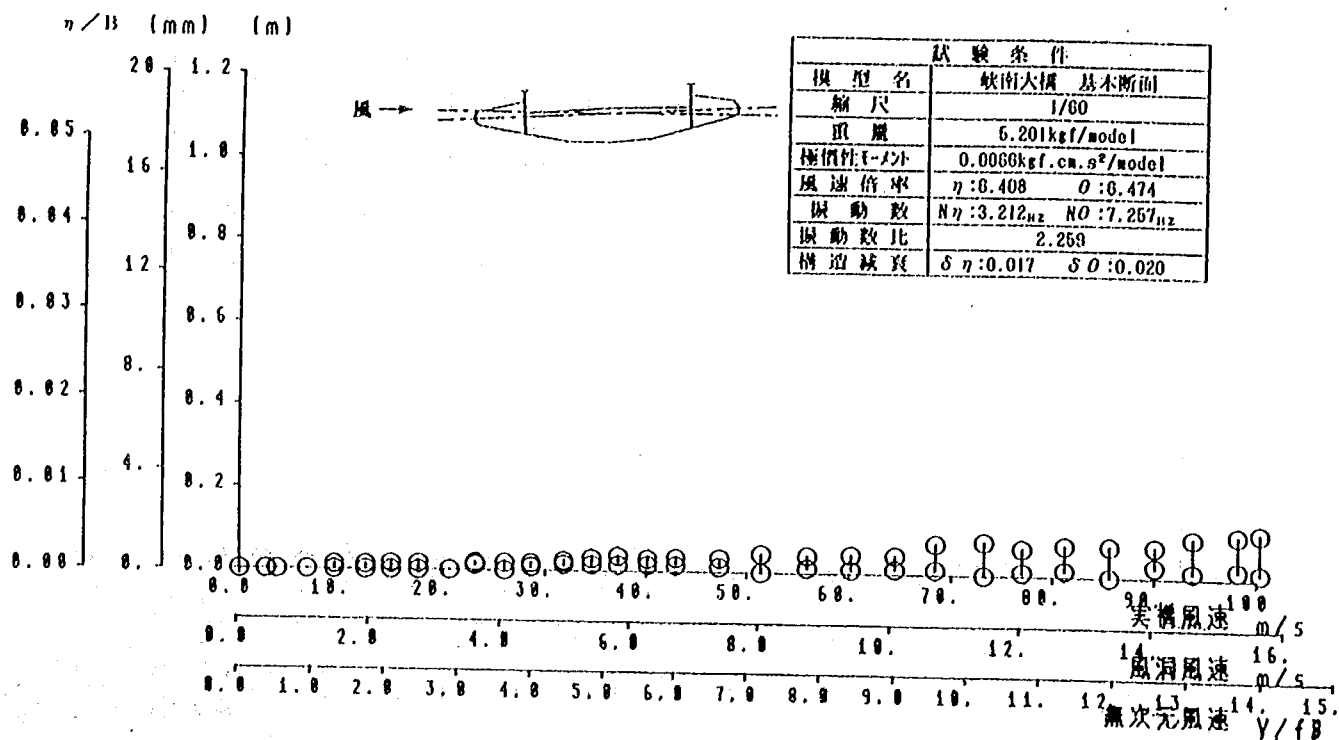
付表－1 三分力係数（1回目、2回目）

付表－2 動的載荷試験結果

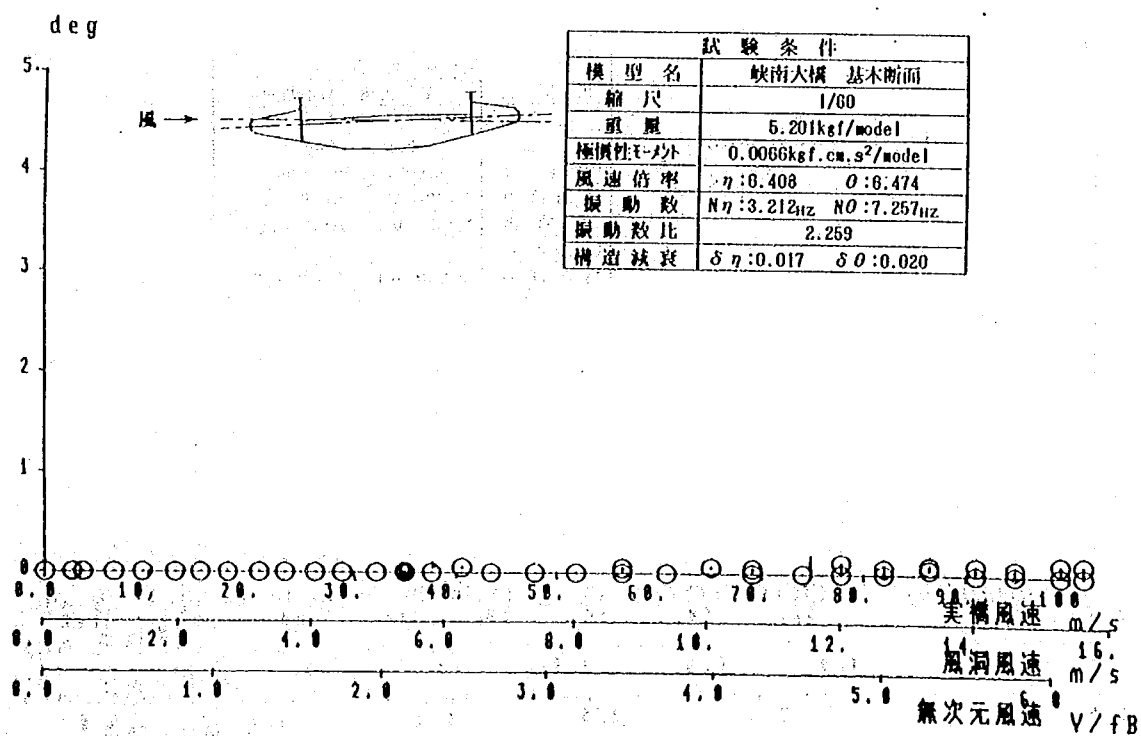


付図-1 無風時構造減衰率

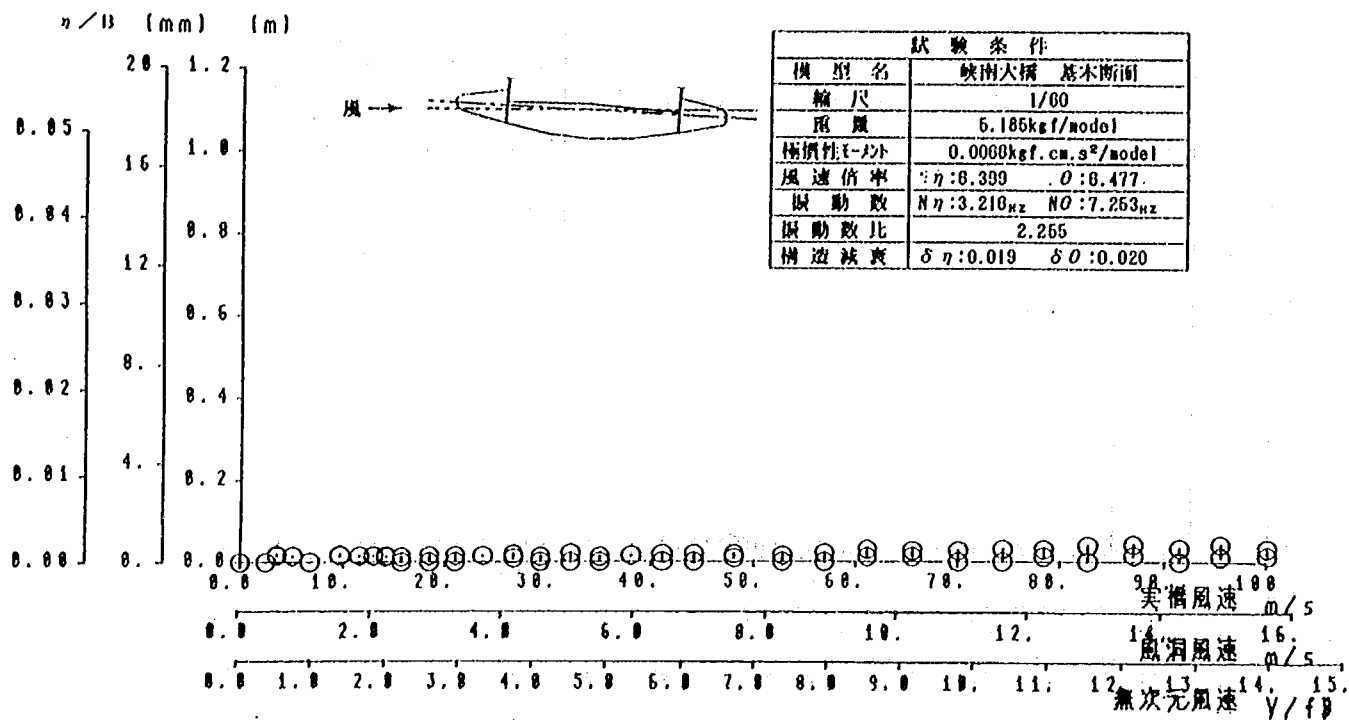




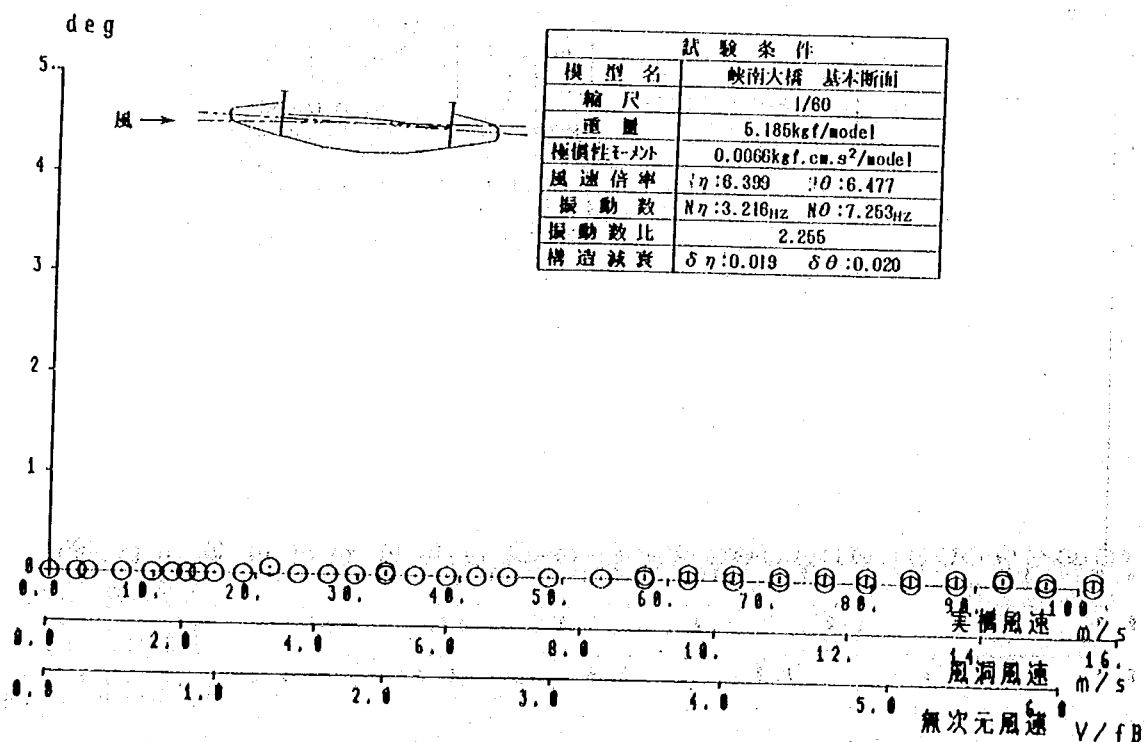
付図-2.2(a) 風速—振幅曲線 (ケース2、基本断面、迎角 -3°)



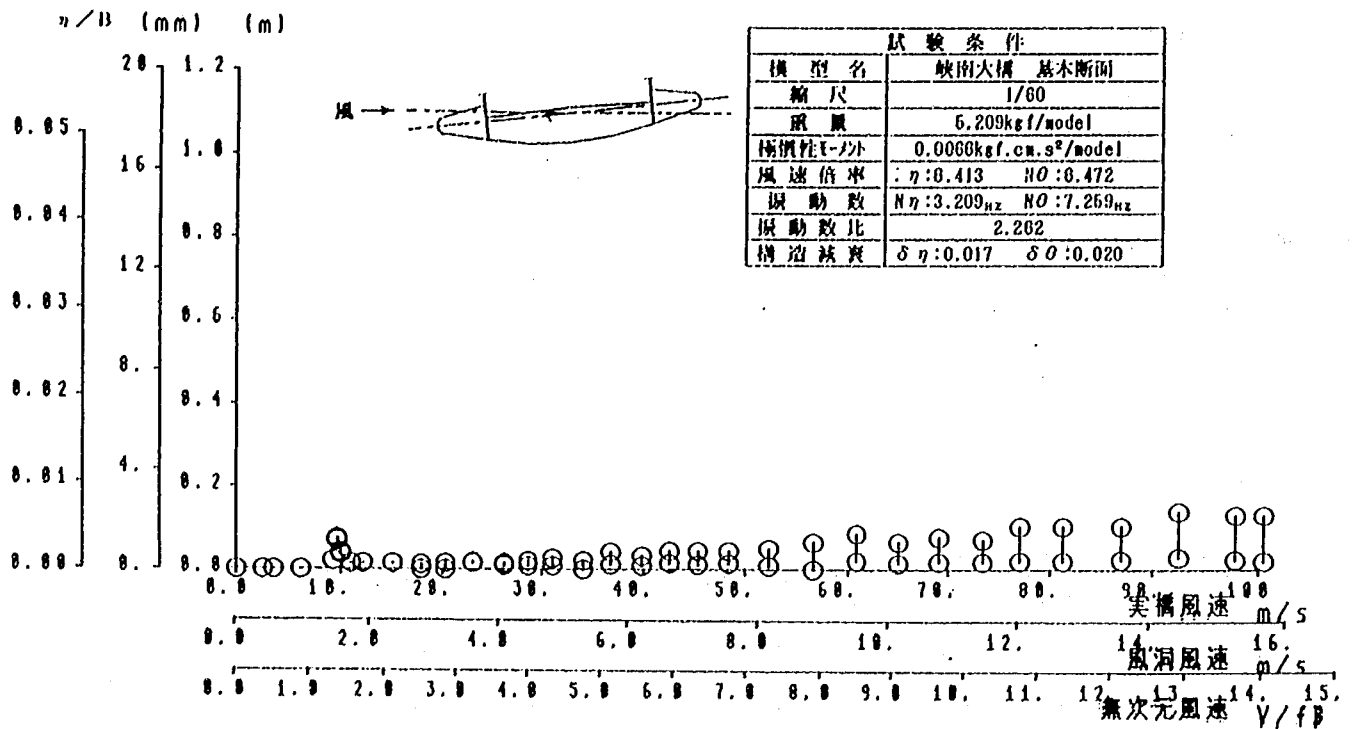
付図-2.2(b) 風速—振幅曲線 (ケース2、基本断面、迎角 -3°)



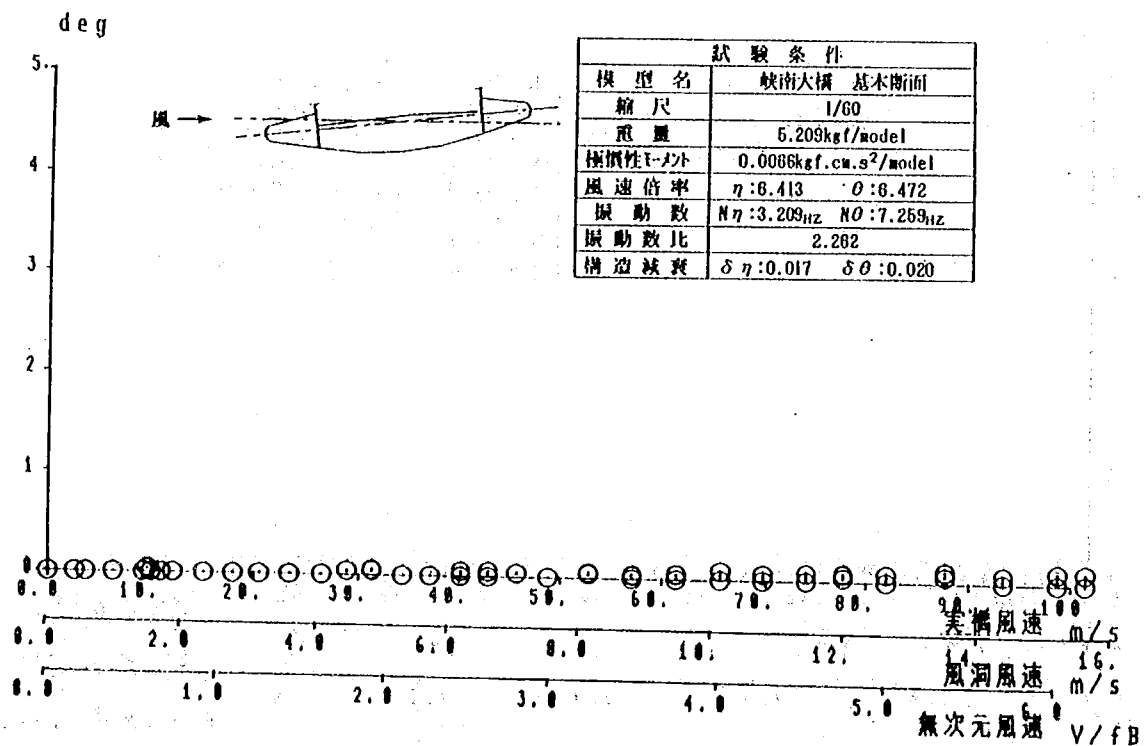
付図-2.3(a) 風速—振幅曲線 (ケース3、基本断面、迎角+3°)



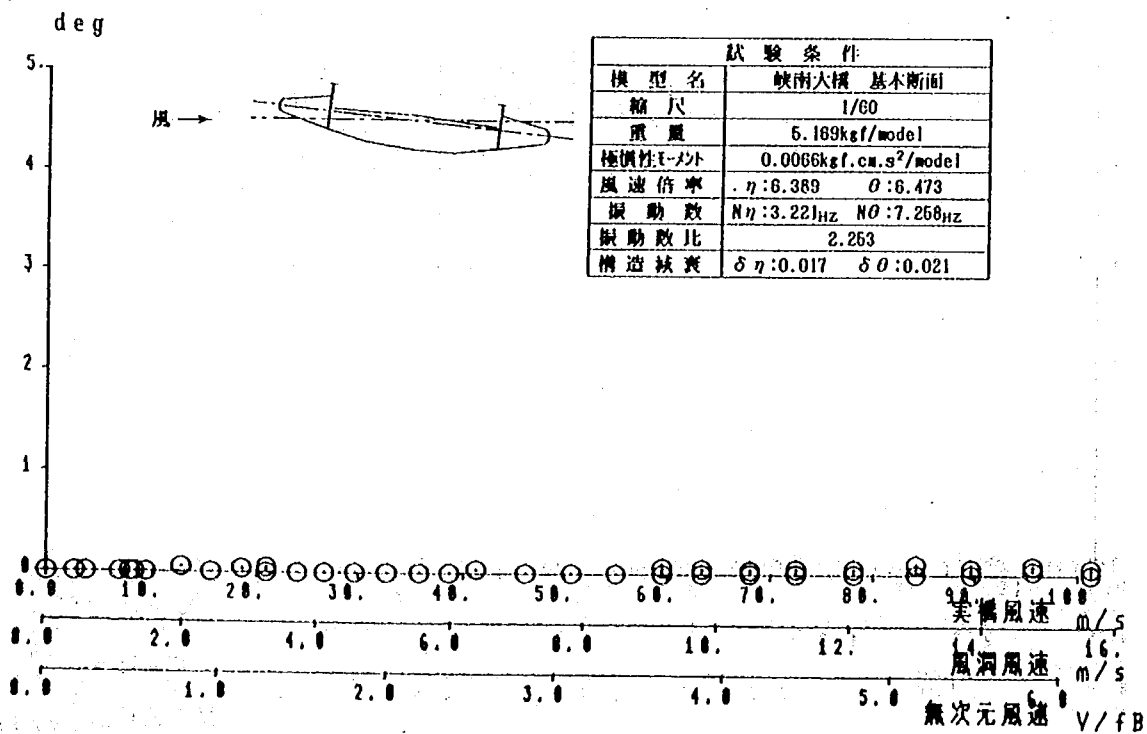
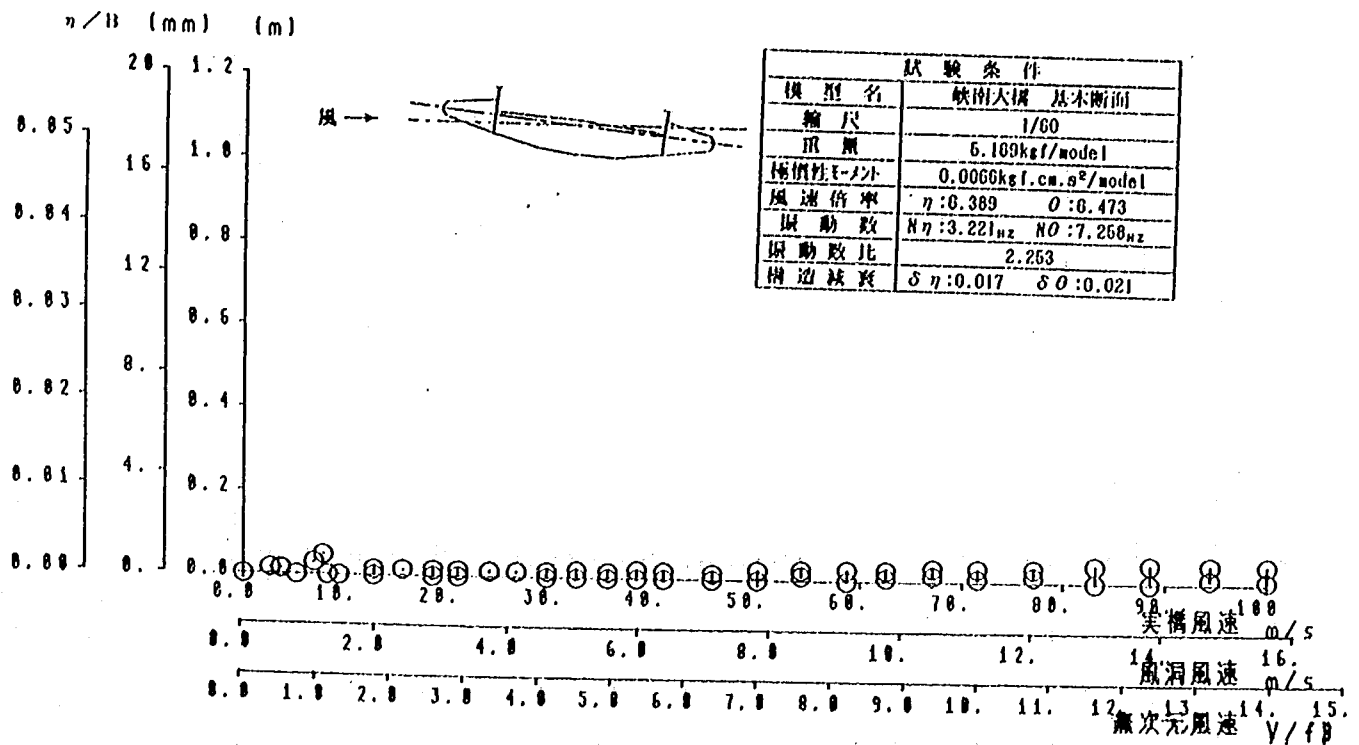
付図-2.3(b) 風速—振幅曲線 (ケース3、基本断面、迎角+3°)

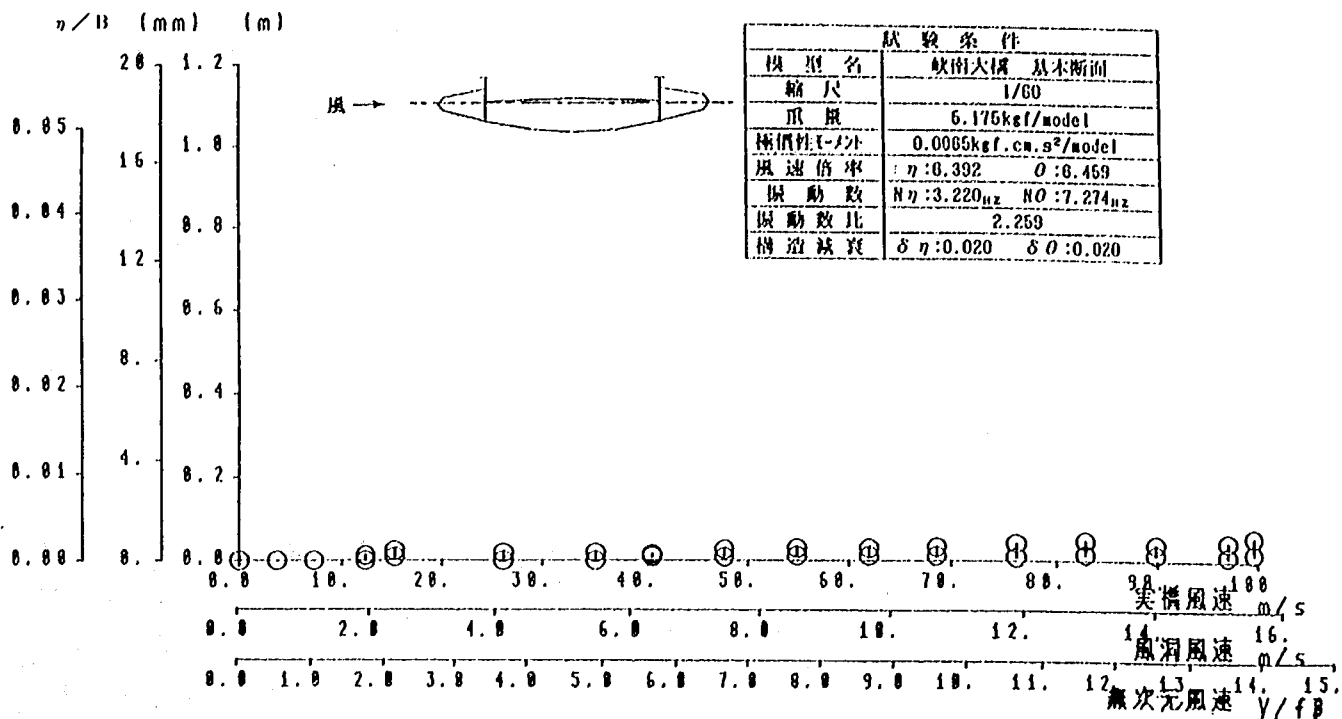


付図-2.4(a) 風速—振幅曲線 (ケース4、基本断面、迎角 -5°)

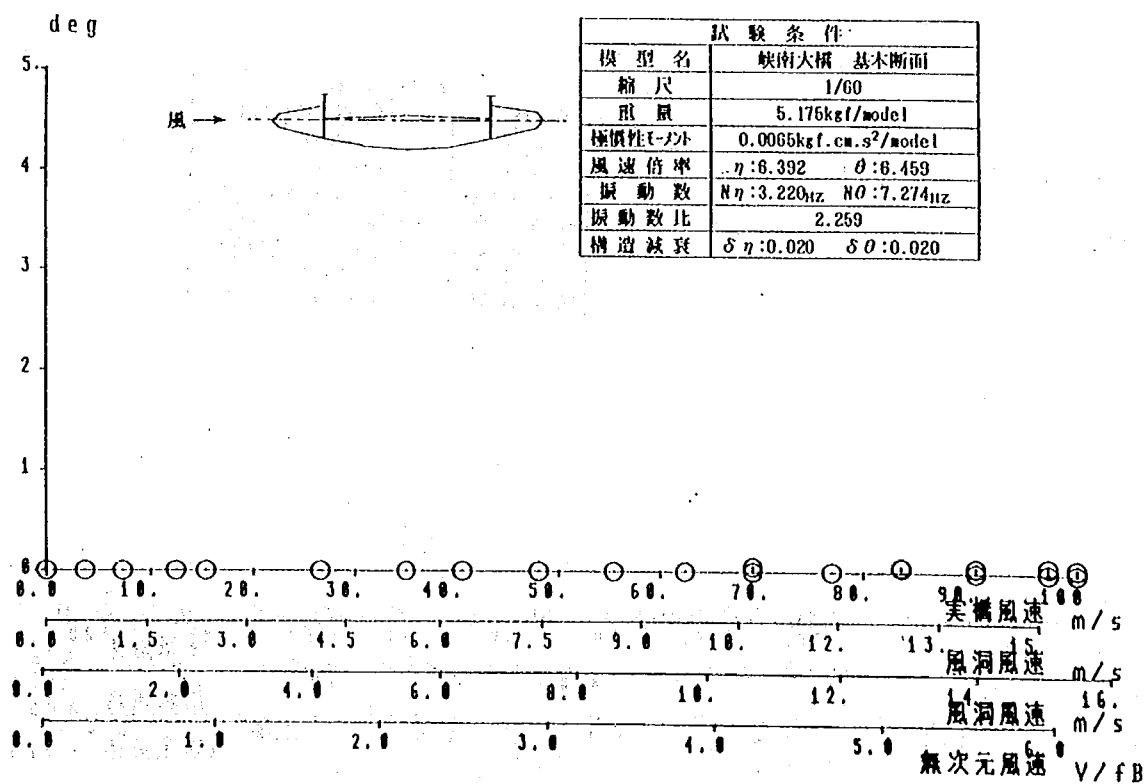


付図-2.4(b) 風速—振幅曲線 (ケース4、基本断面、迎角 -5°)

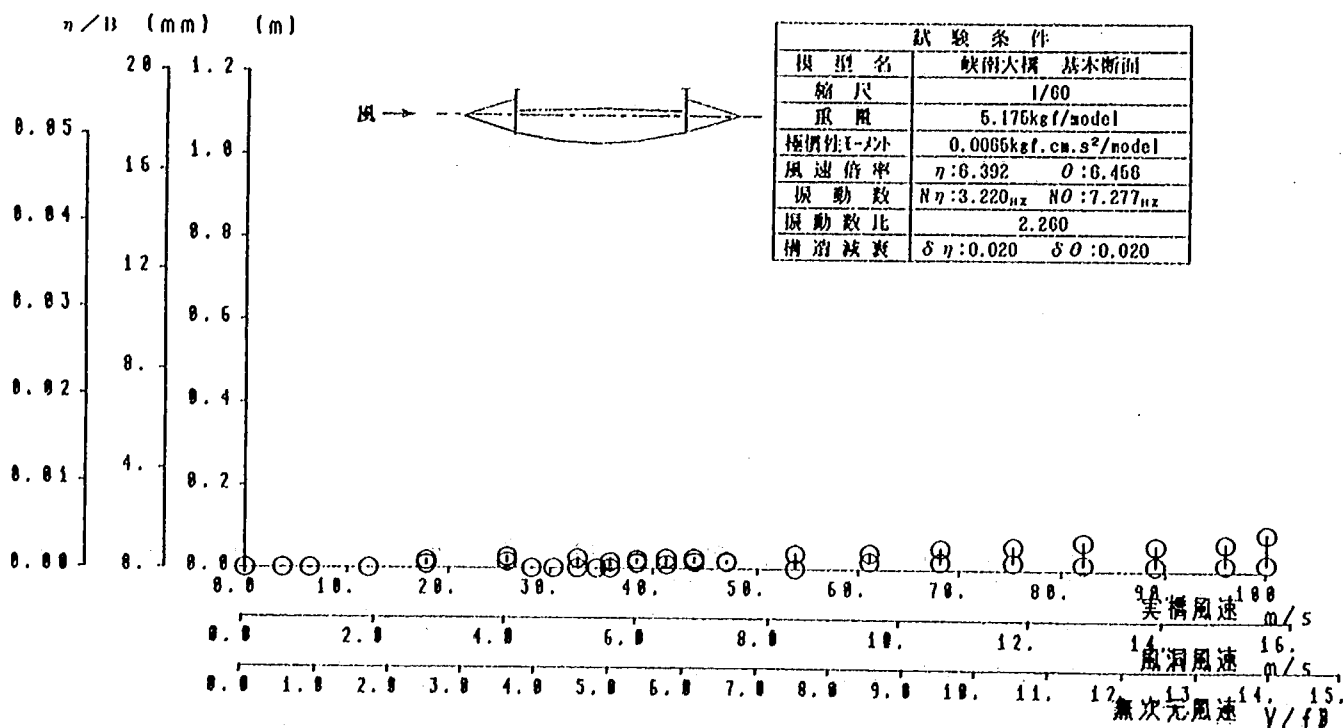




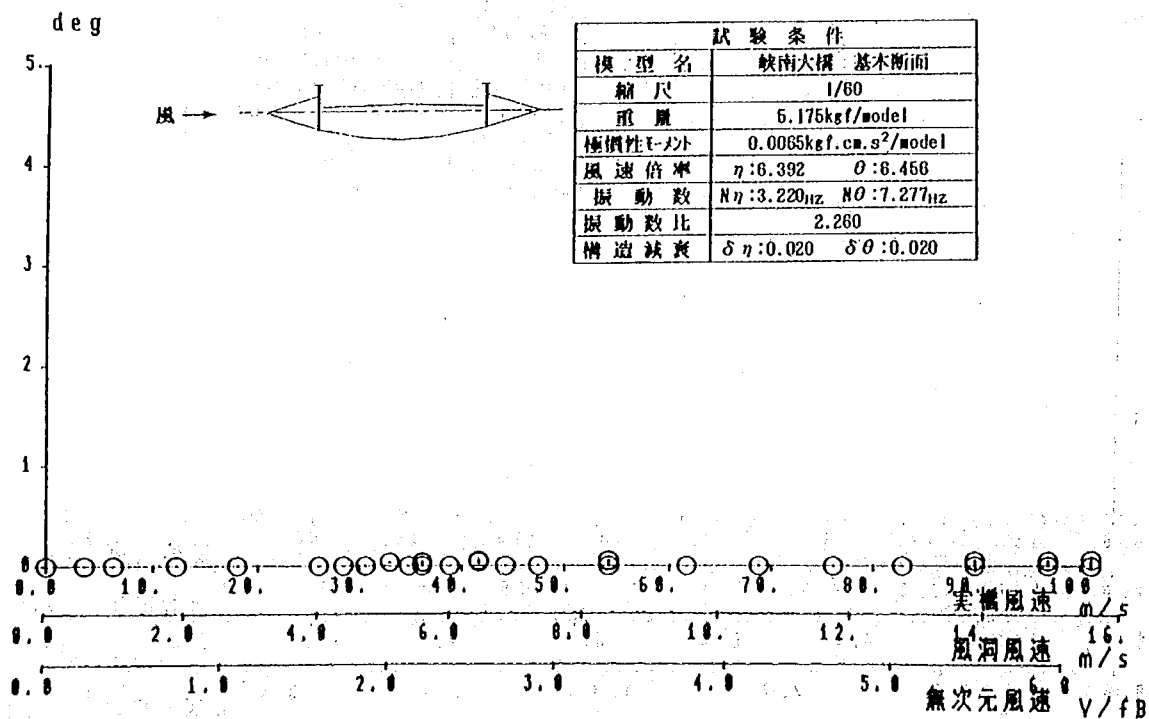
付図-2.6(a) 風速-振幅曲線 (ケース6、フェアリングA、迎角0°)



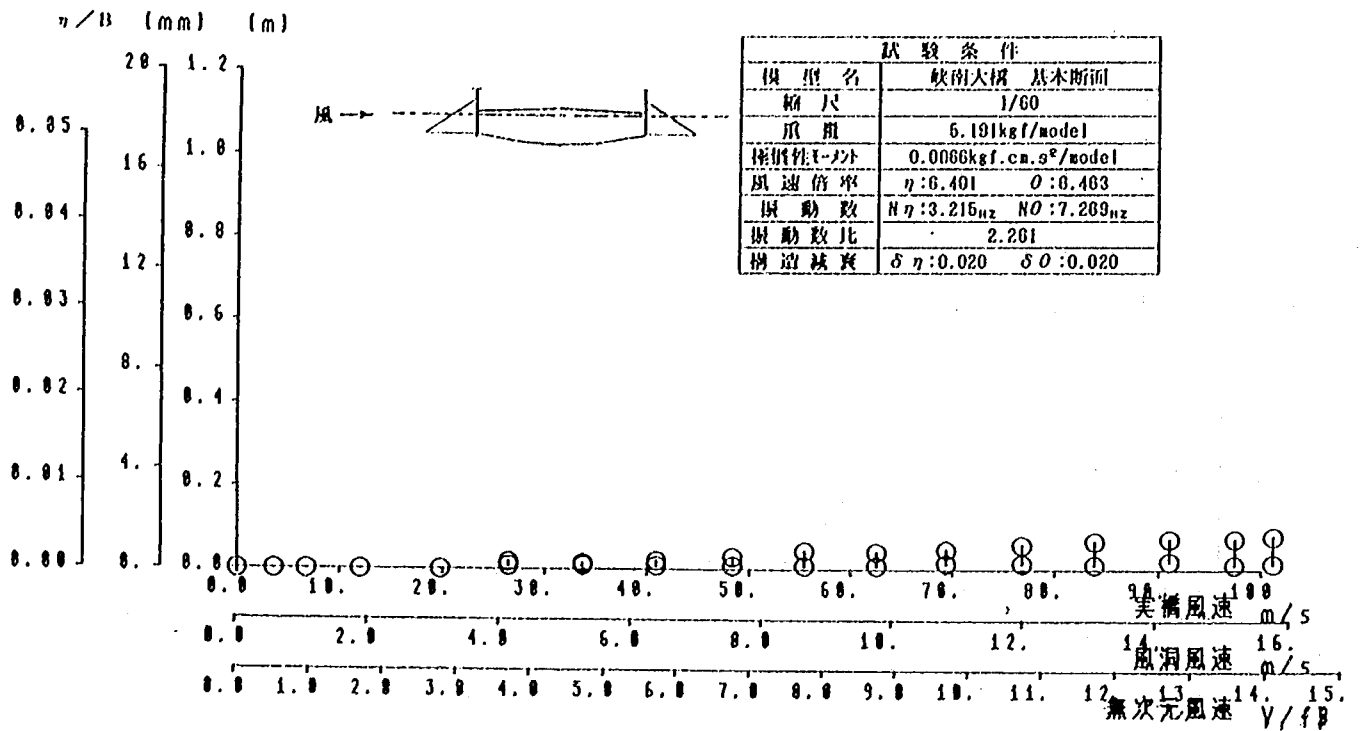
付図-2.6(b) 風速-振幅曲線 (ケース6、フェアリングA、迎角0°)



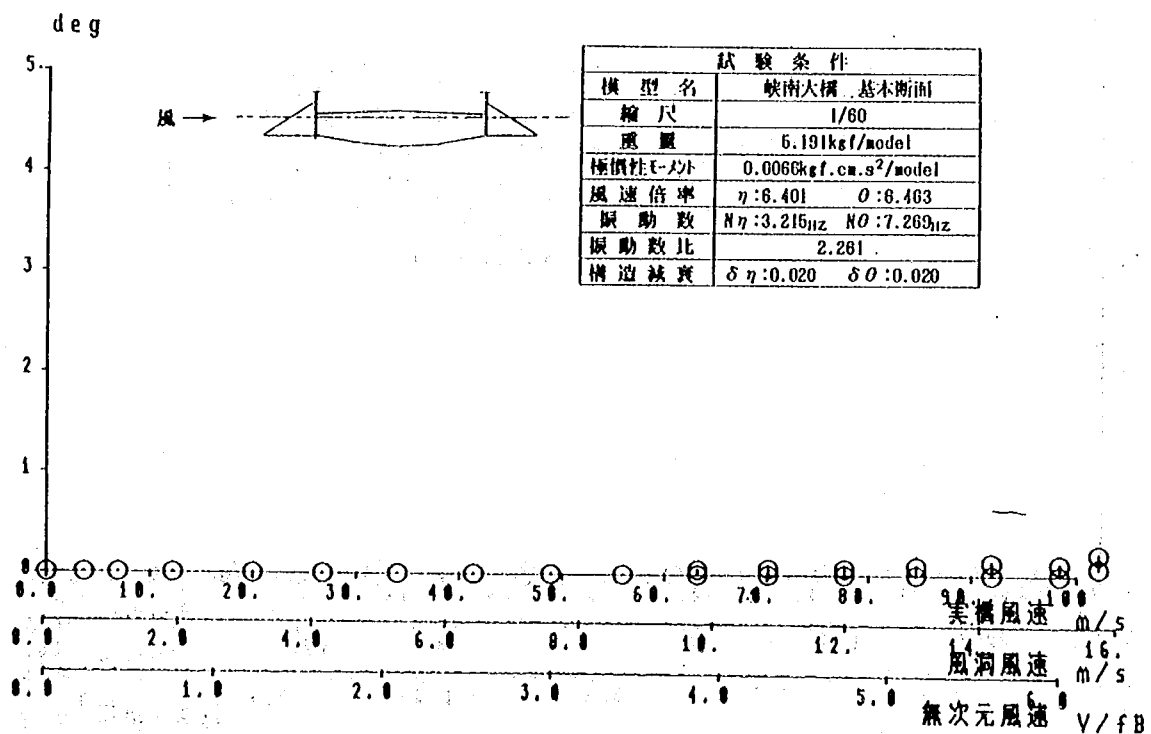
付図-2.7(a) 風速—振幅曲線 (ケース7、フェアリングB、迎角0°)



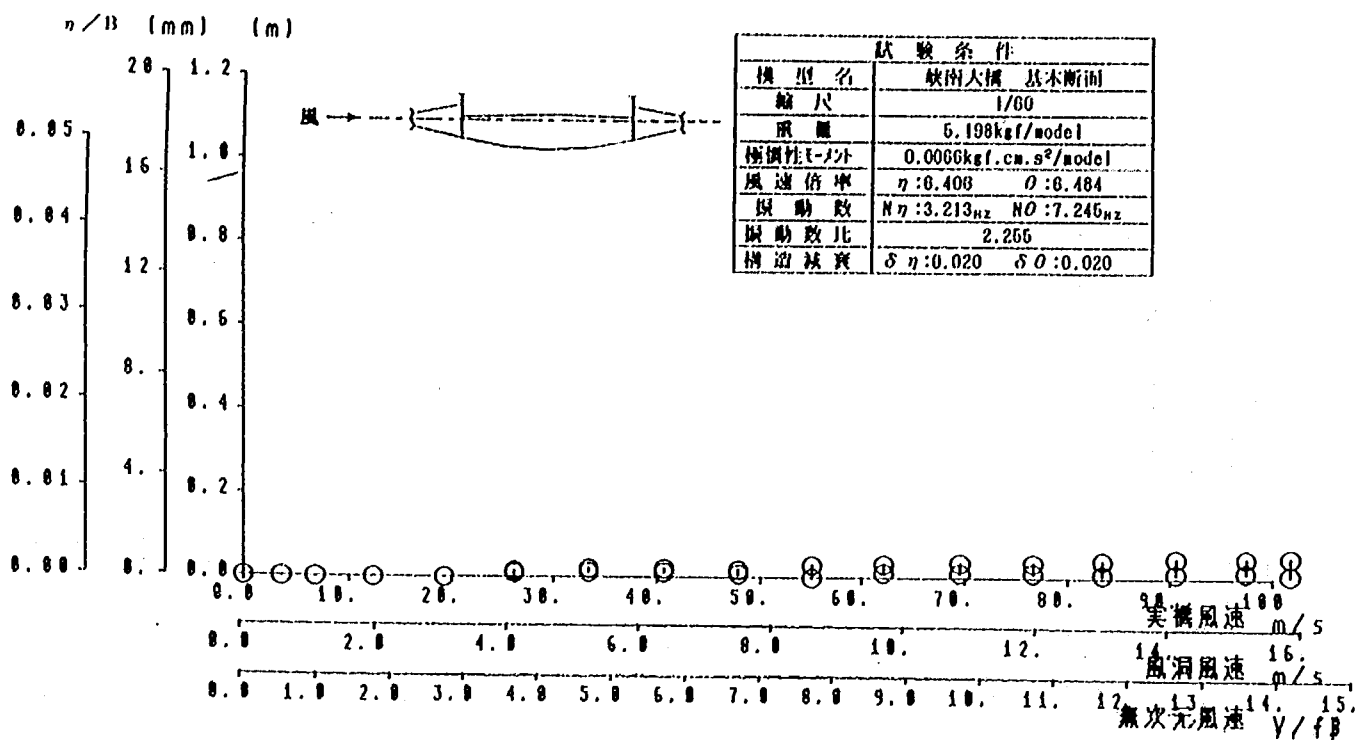
付図-2.7(b) 風速—振幅曲線 (ケース7、フェアリングB、迎角0°)



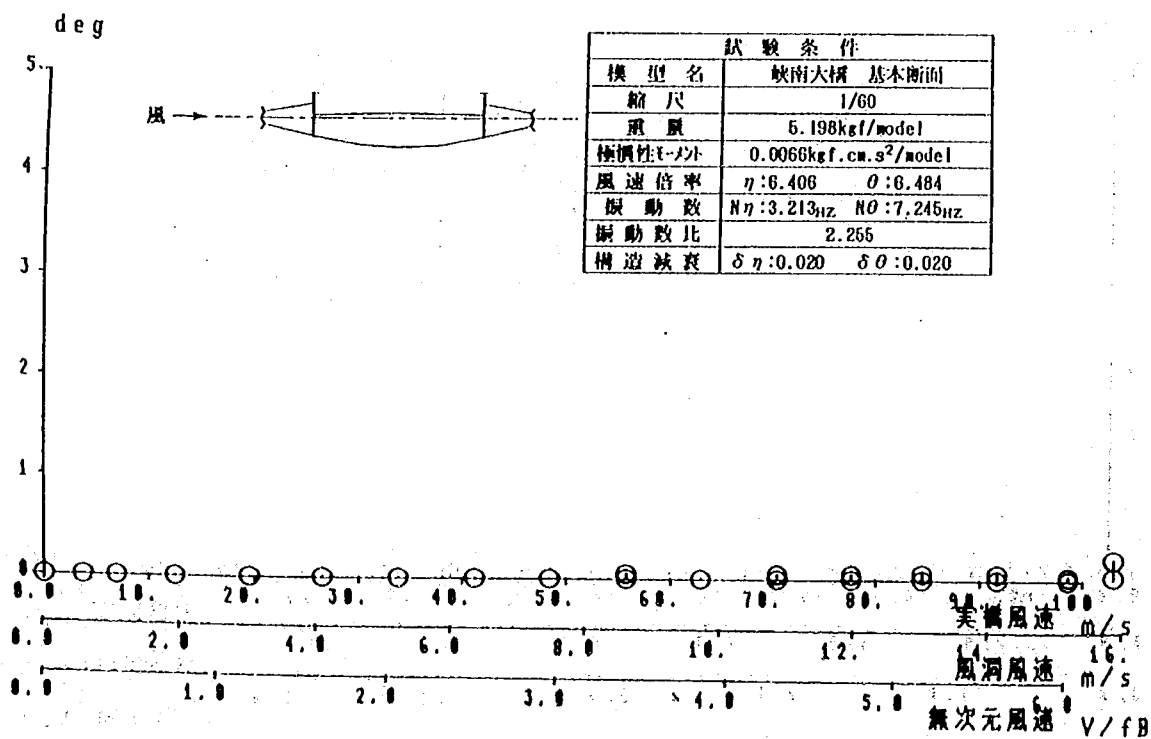
付図-2.8(a) 風速—振幅曲線 (ケース8、フェアリングC、迎角0°)



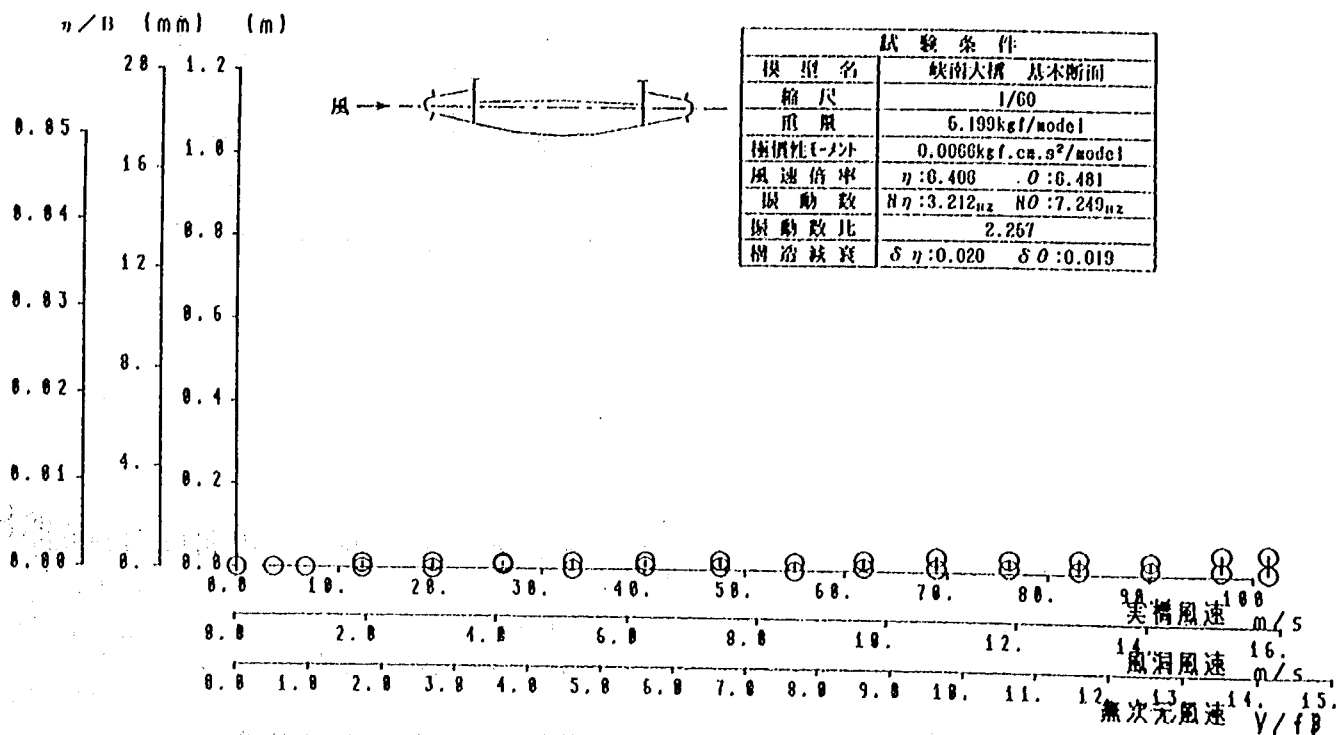
付図-2.8(b) 風速—振幅曲線 (ケース8、フェアリングC、迎角0°)



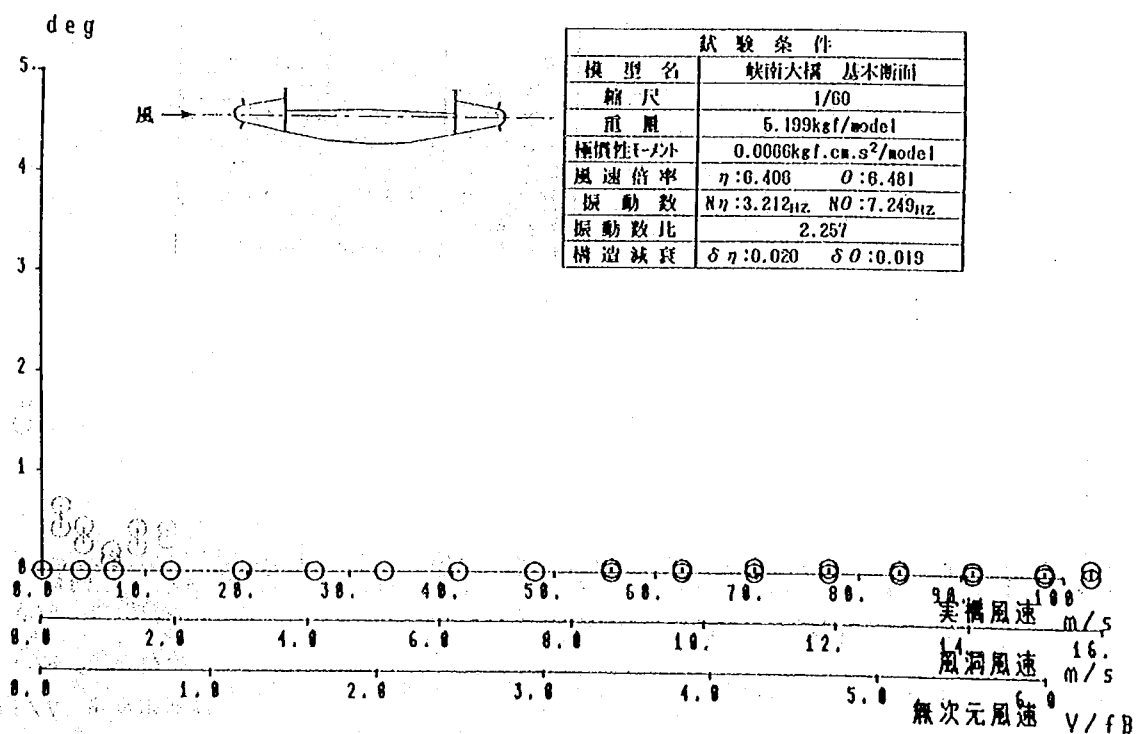
付図-2.9(a) 風速—振幅曲線 (ケース9、フェアリングD、迎角0°)



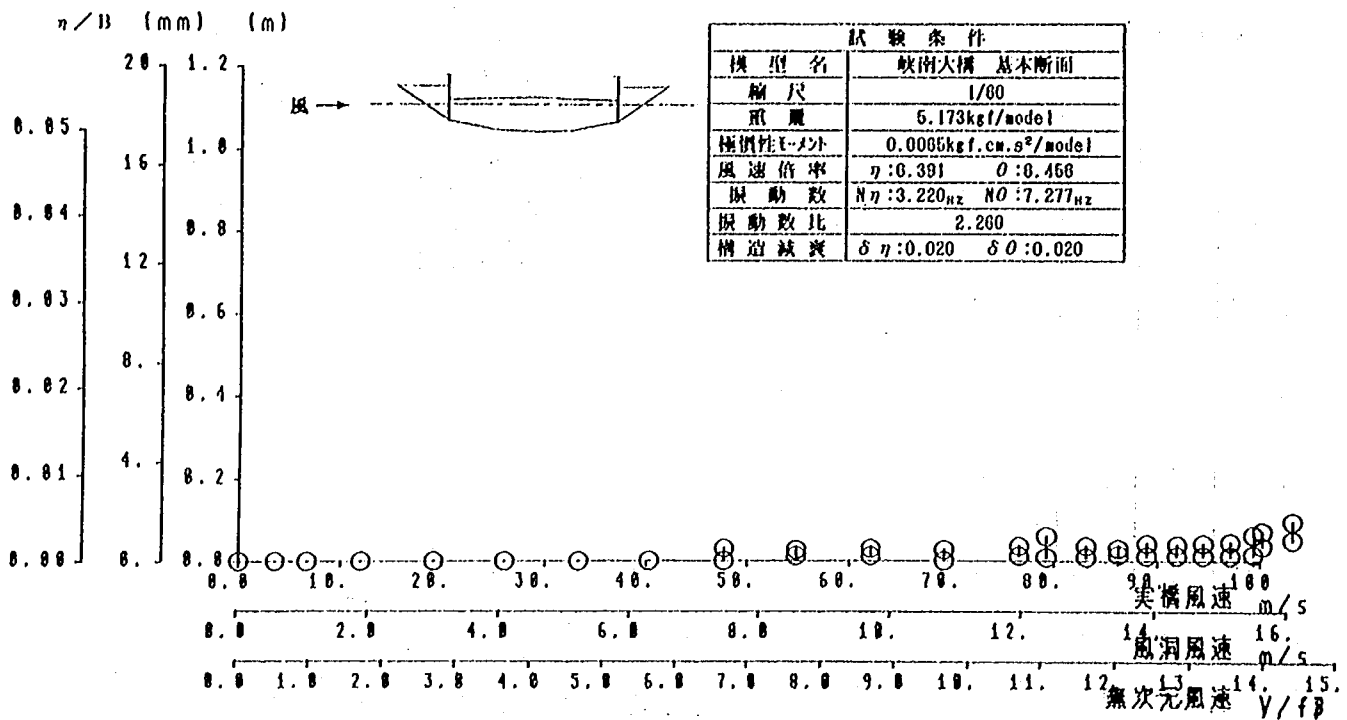
付図-2.9(b) 風速—振幅曲線 (ケース9、フェアリングD、迎角0°)



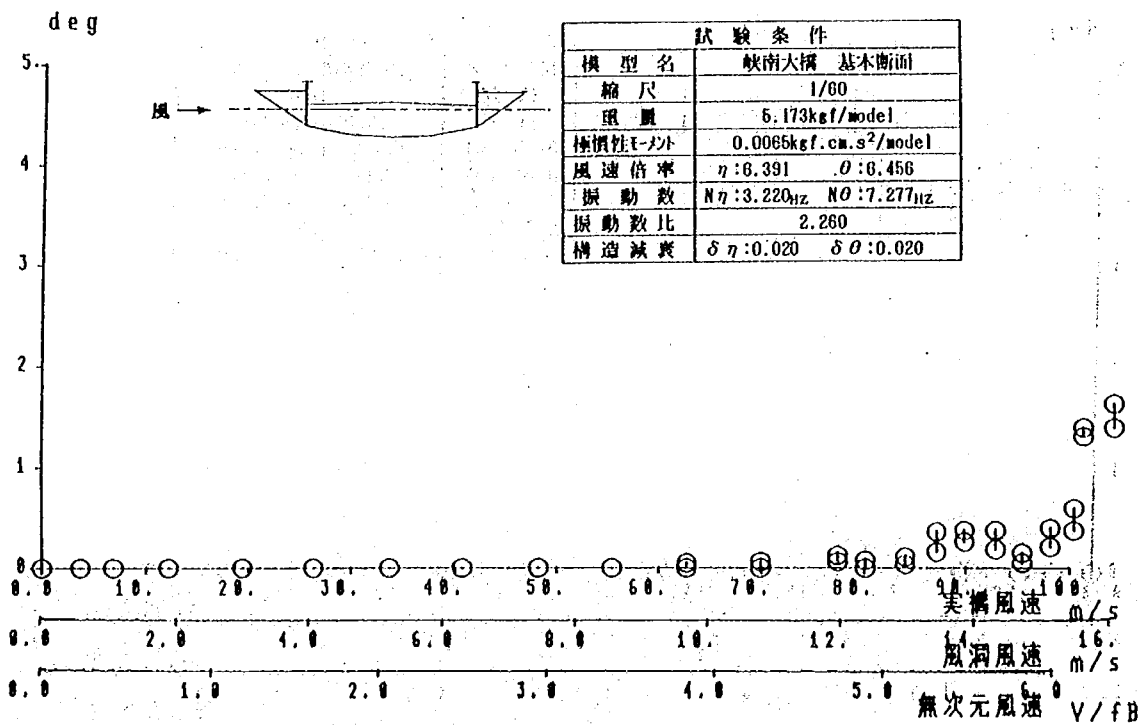
付図-2.10(a) 風速-振幅曲線 (ケース10、剝離点1、迎角0°)



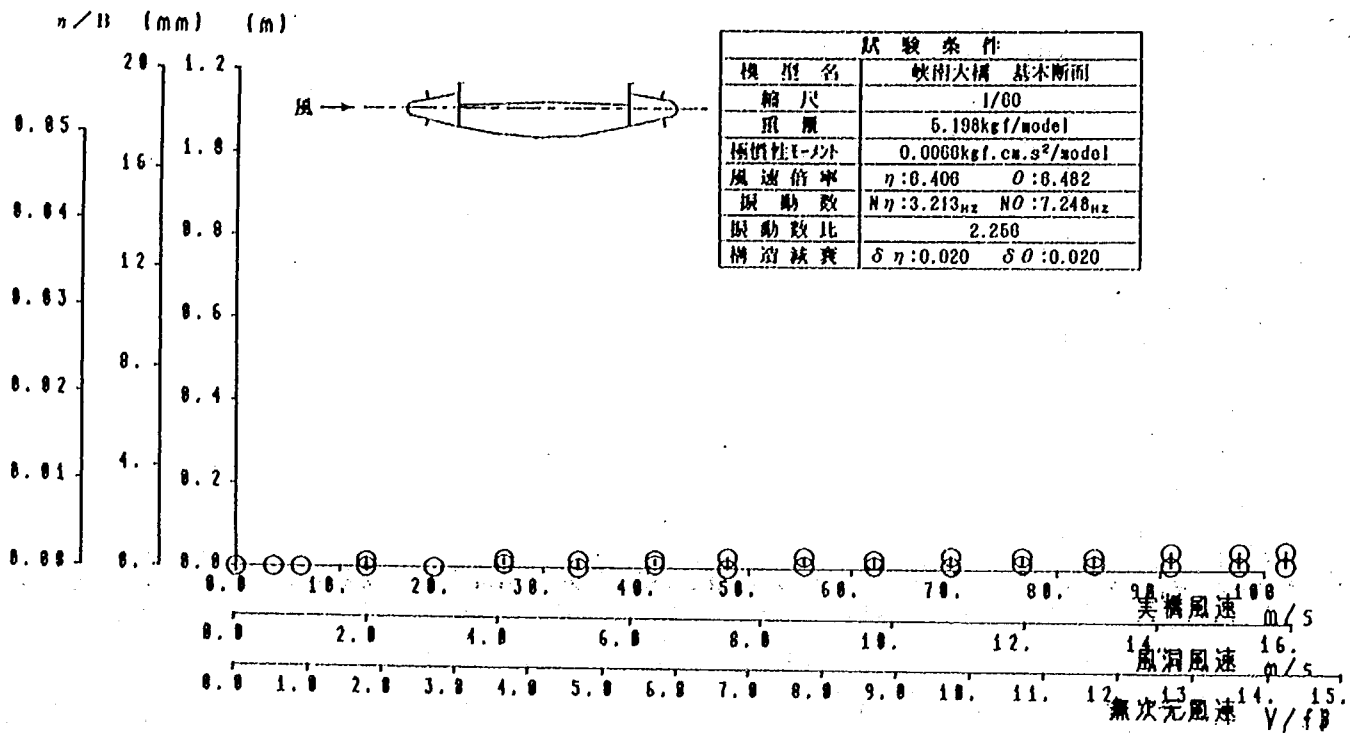
付図-2.10(b) 風速-振幅曲線 (ケース10、剝離点1、迎角0°)



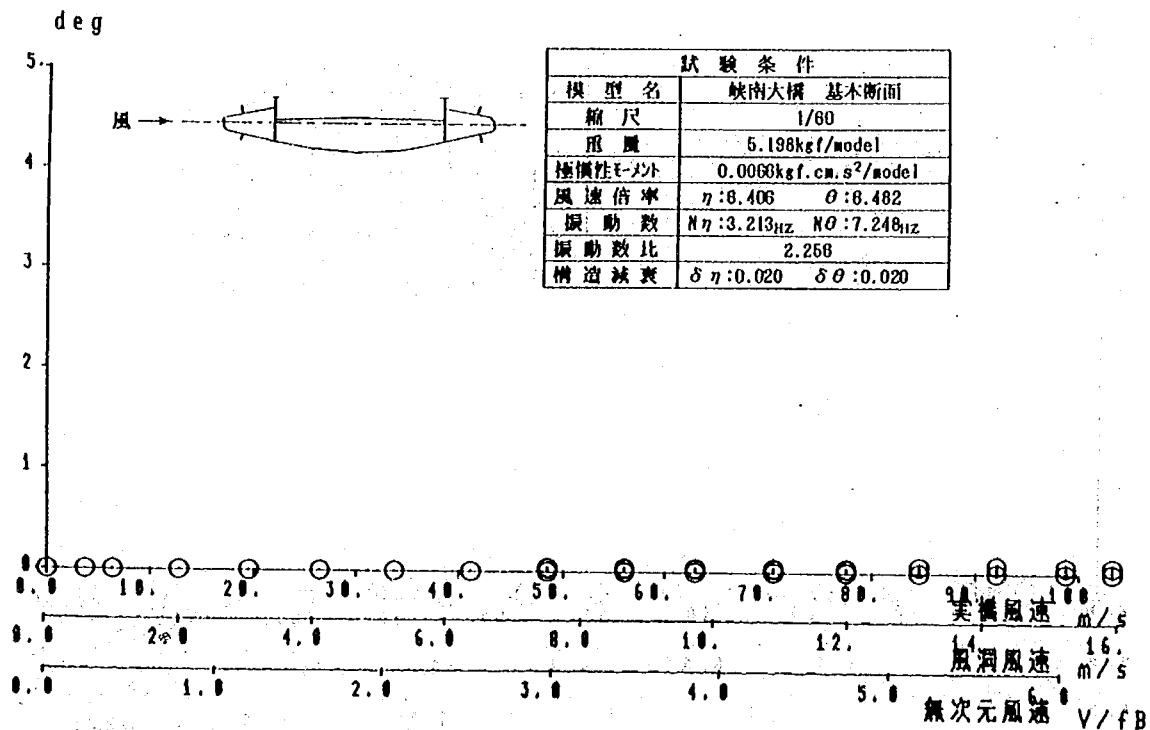
付図-2.11(a) 風速—振幅曲線 (ケース11、剝離点2、迎角0°)



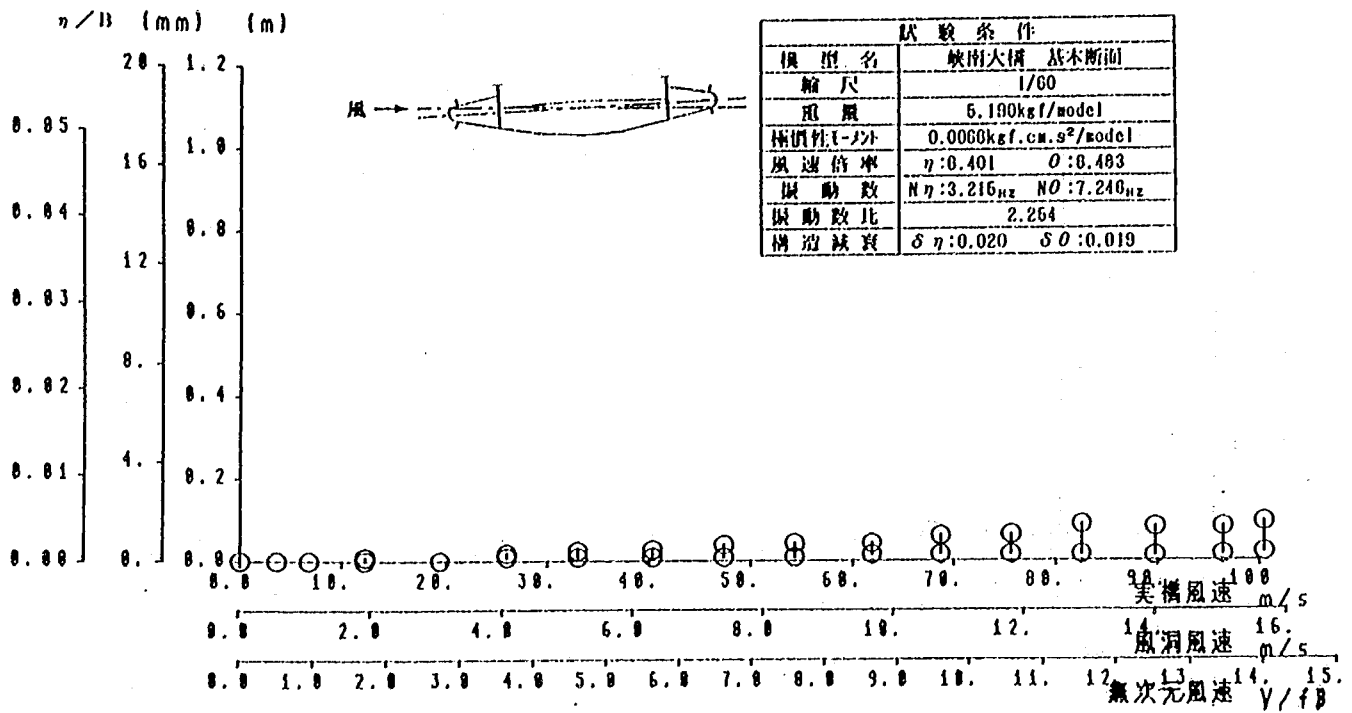
付図-2.11(b) 風速—振幅曲線 (ケース11、剝離点2、迎角0°)



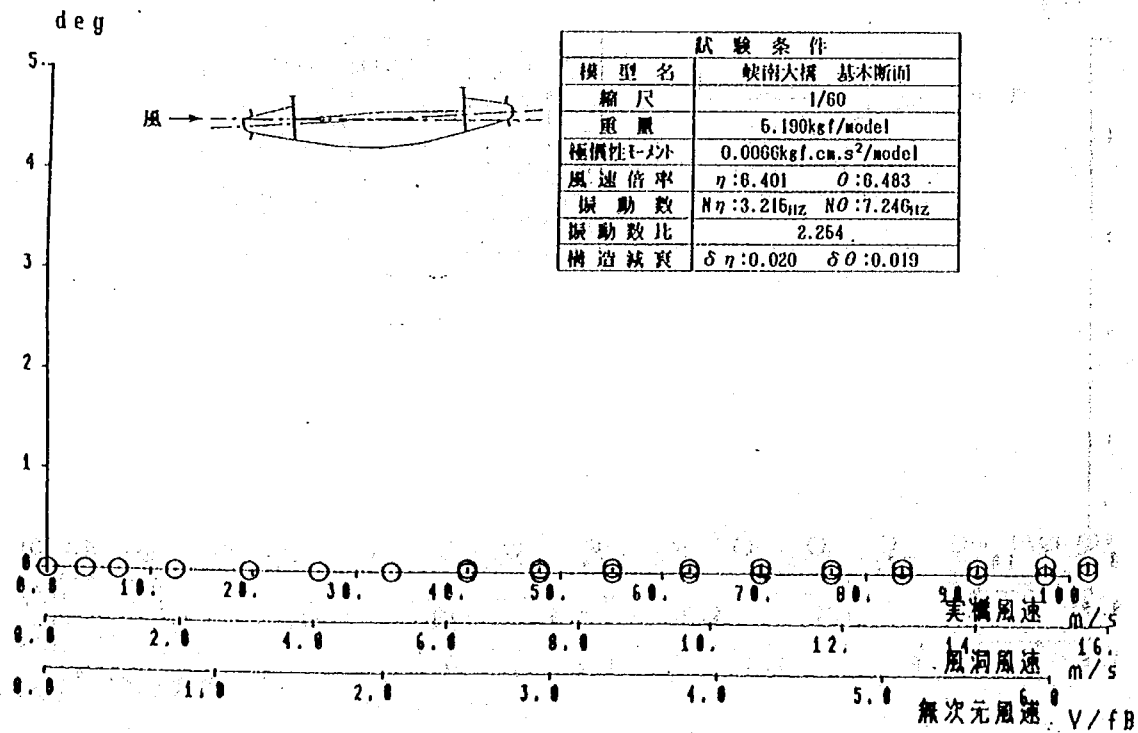
付図-2.12(a) 風速—振幅曲線 (ケース12、剝離点3、迎角0°)



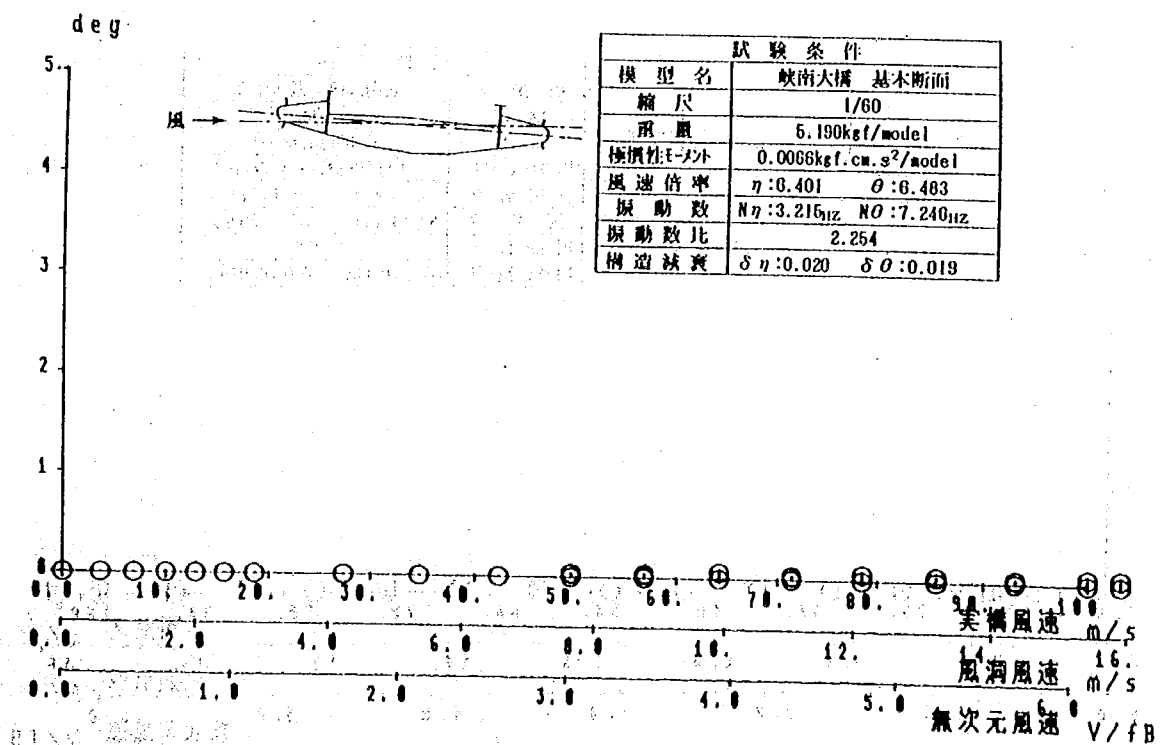
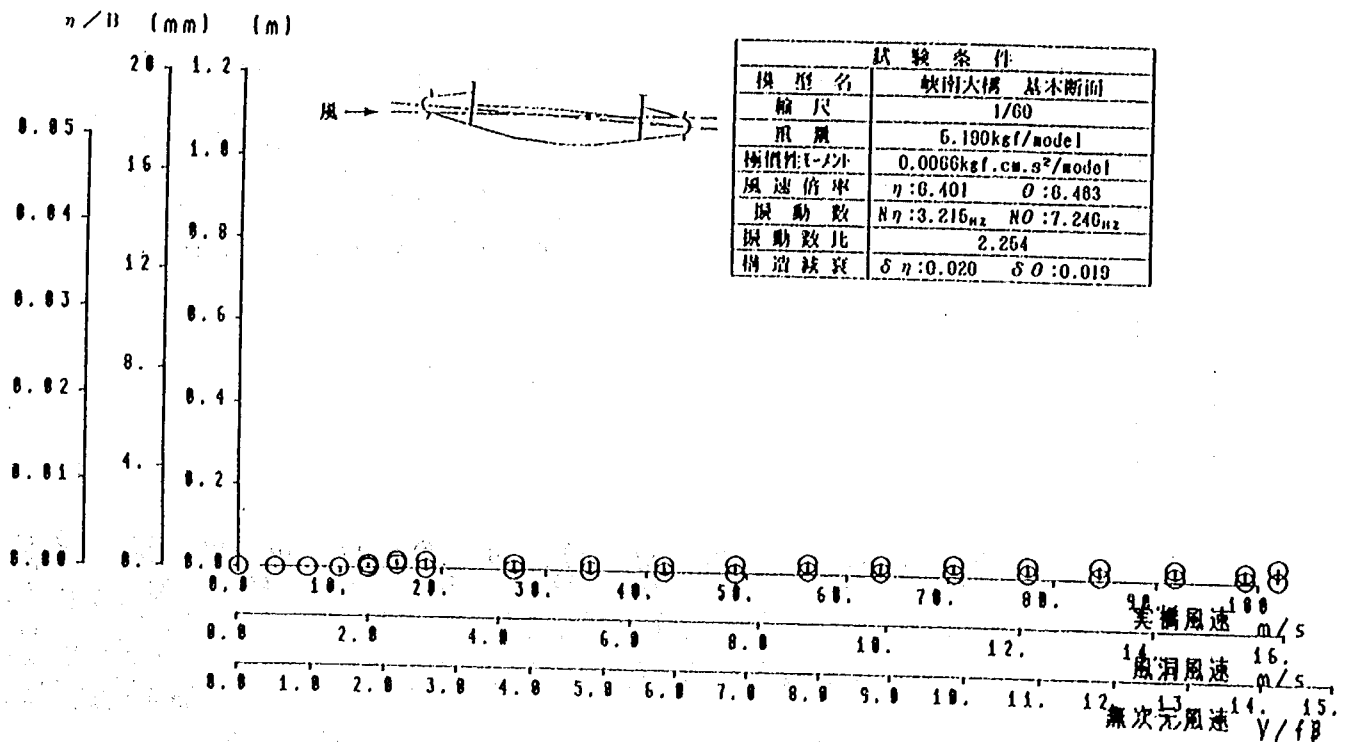
付図-2.12(b) 風速—振幅曲線 (ケース12、剝離点3、迎角0°)

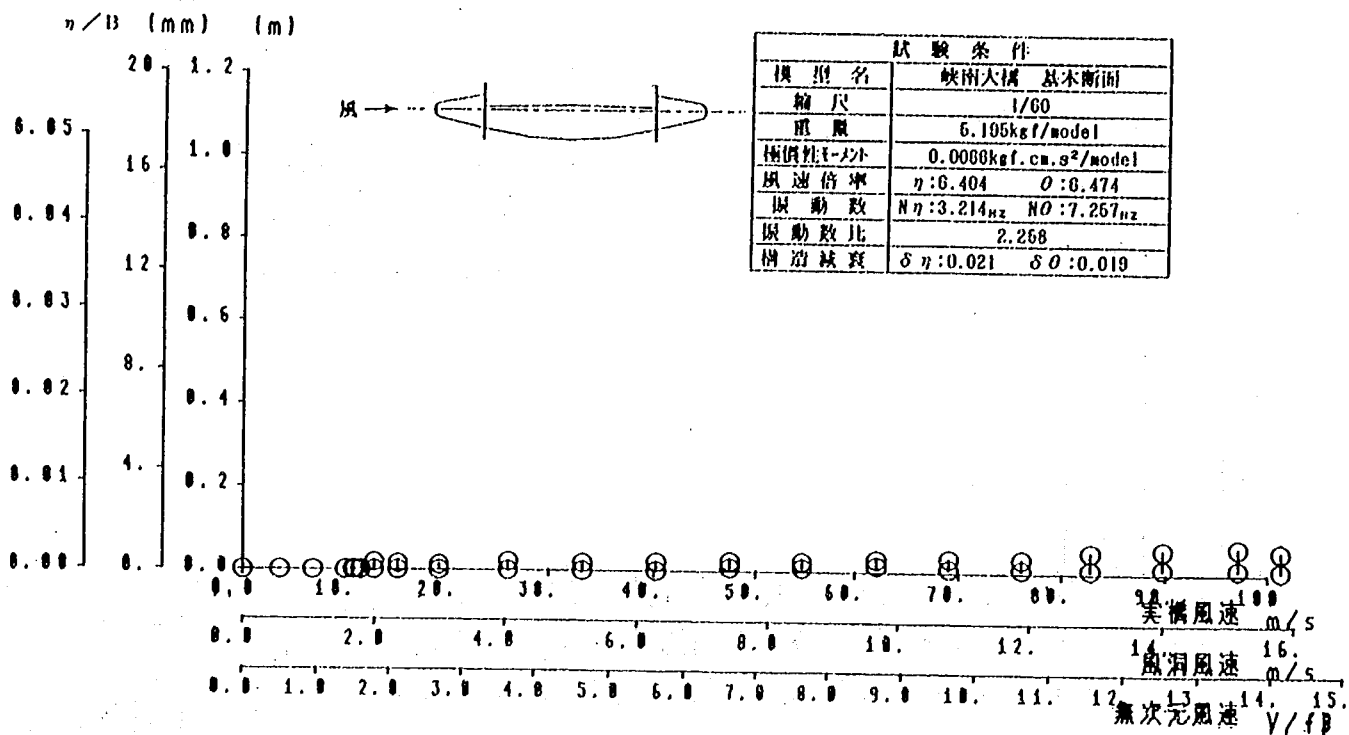


付図-2.13(a) 風速—振幅曲線 (ケース13、剝離点2、迎角 -3°)

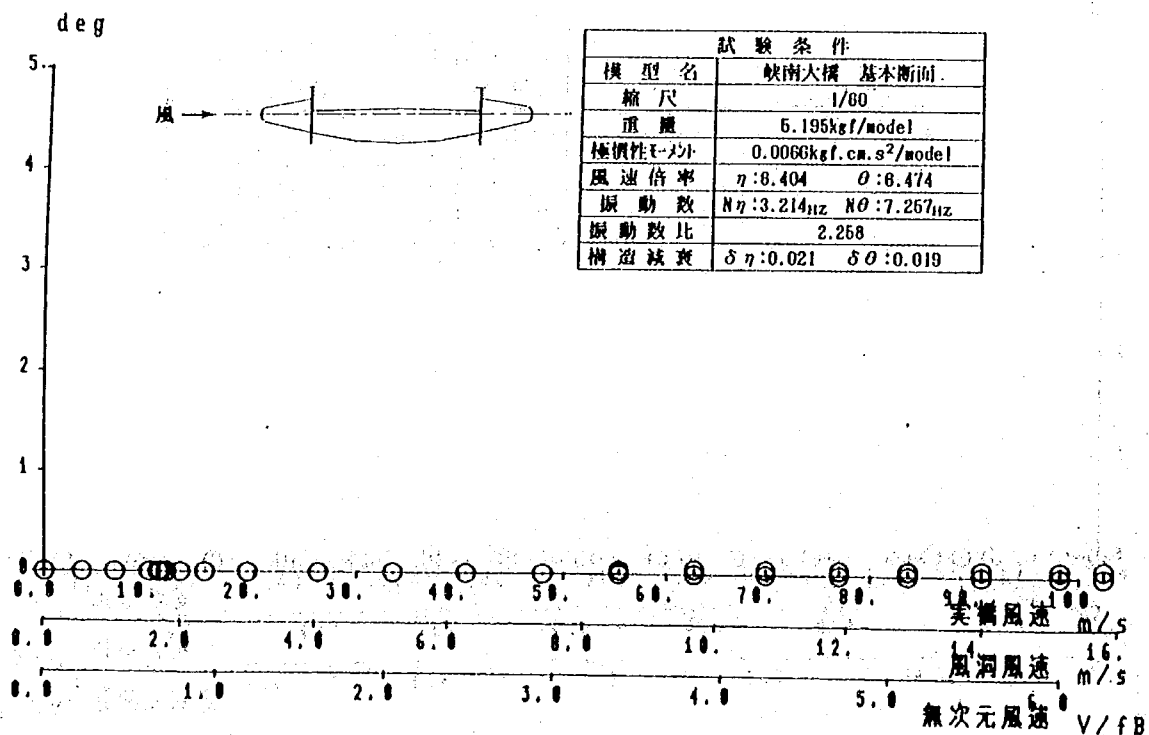


付図-2.13(b) 風速—振幅曲線 (ケース13、剝離点2、迎角 -3°)

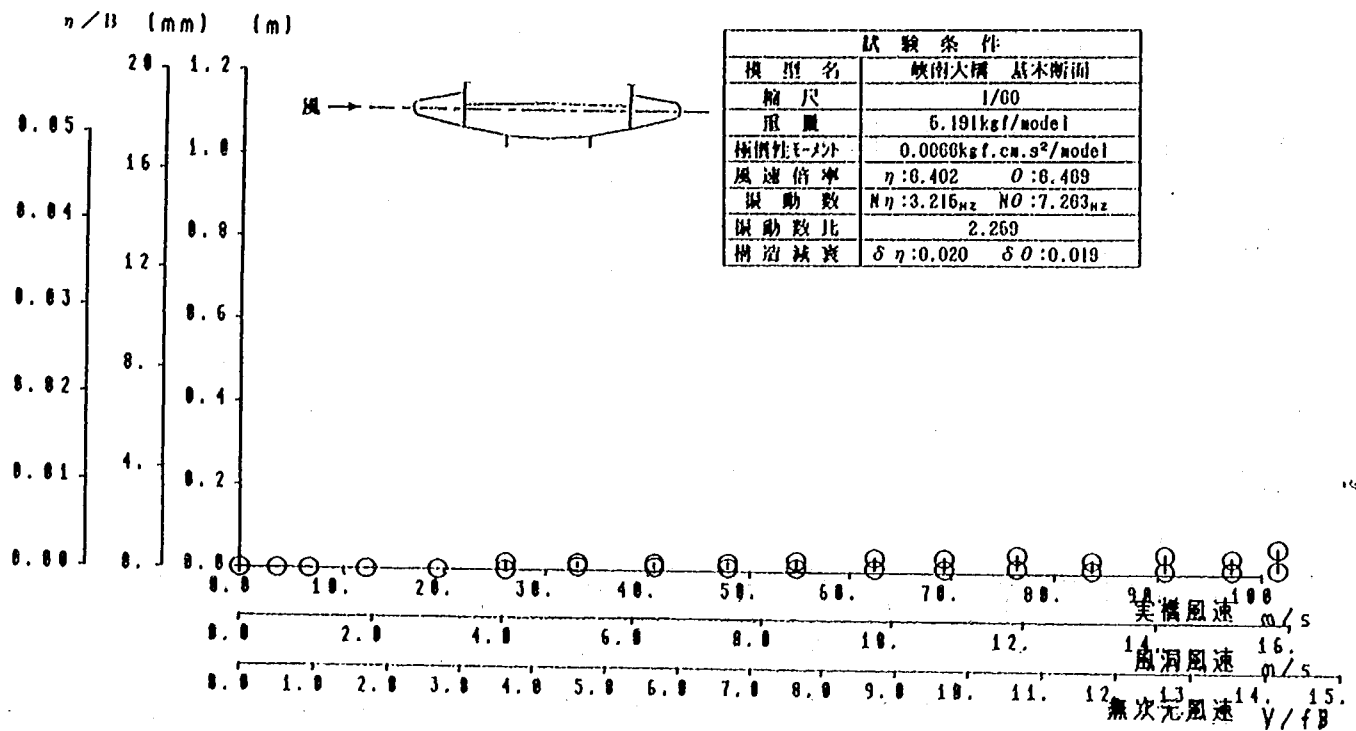




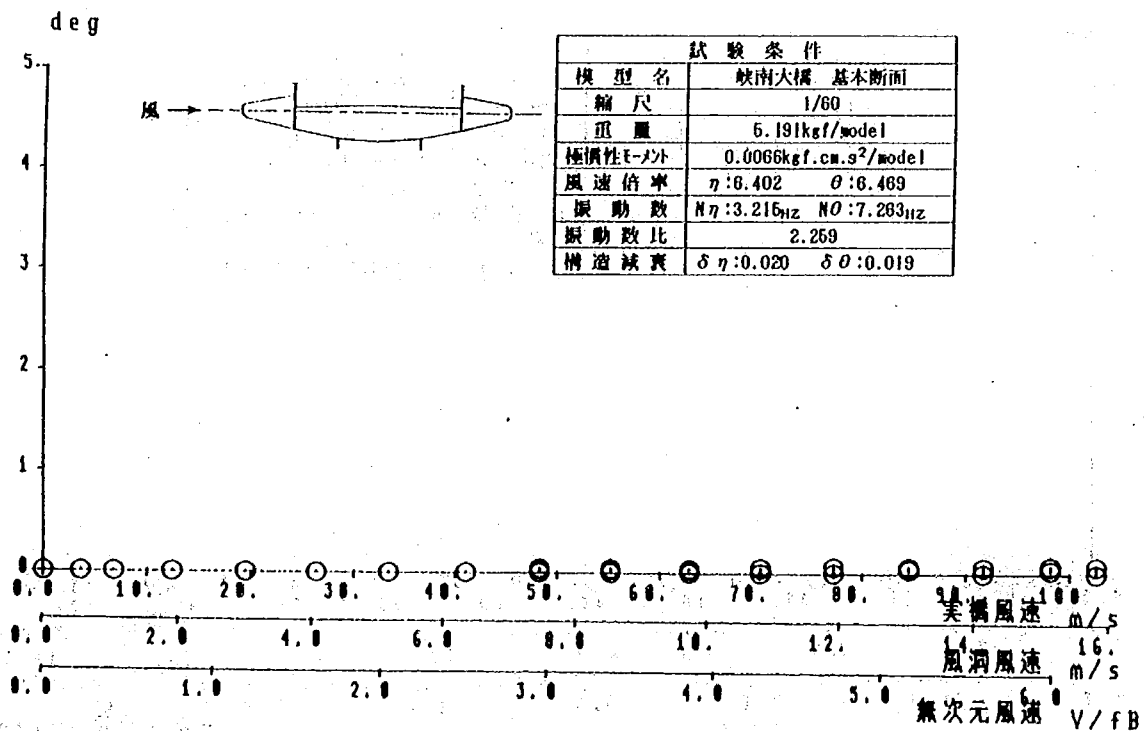
付図-2.15(a) 風速—振幅曲線 (ケース15、突起1、迎角0°)



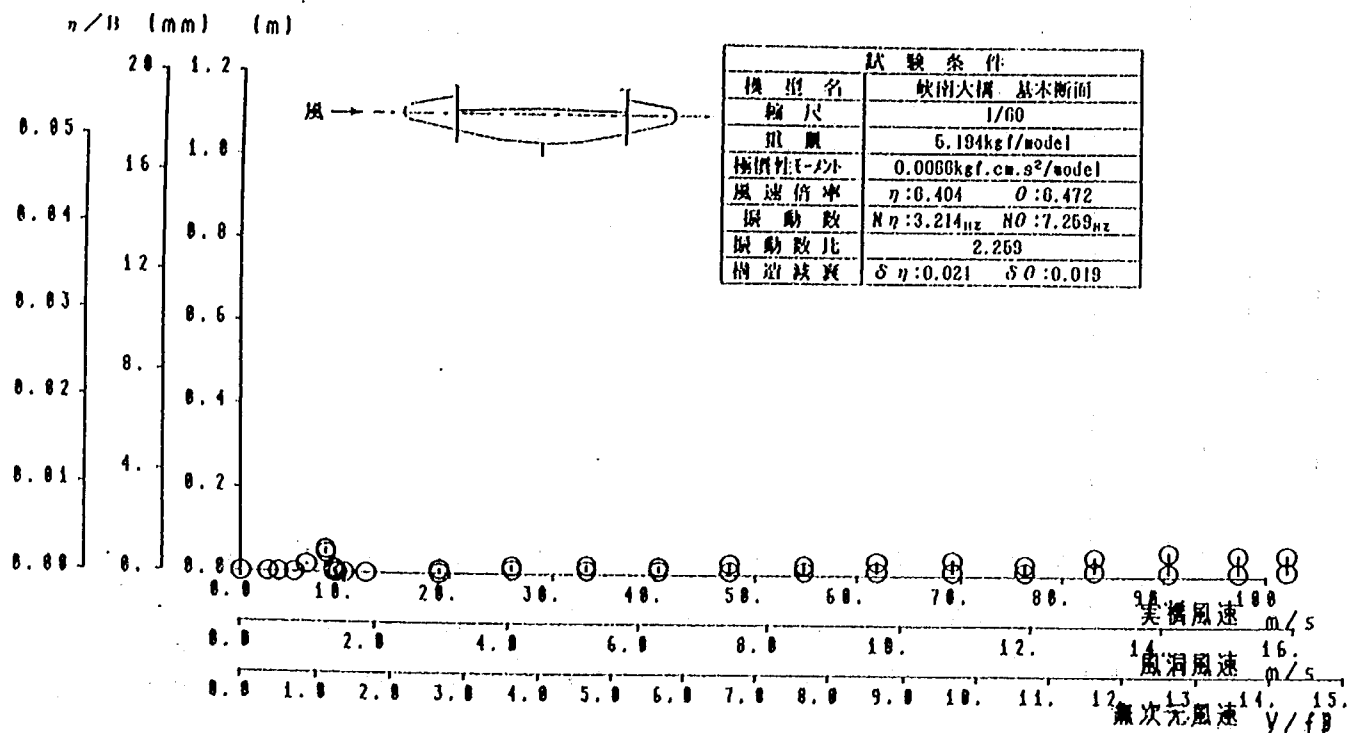
付図-2.15(b) 風速—振幅曲線 (ケース15、突起1、迎角0°)



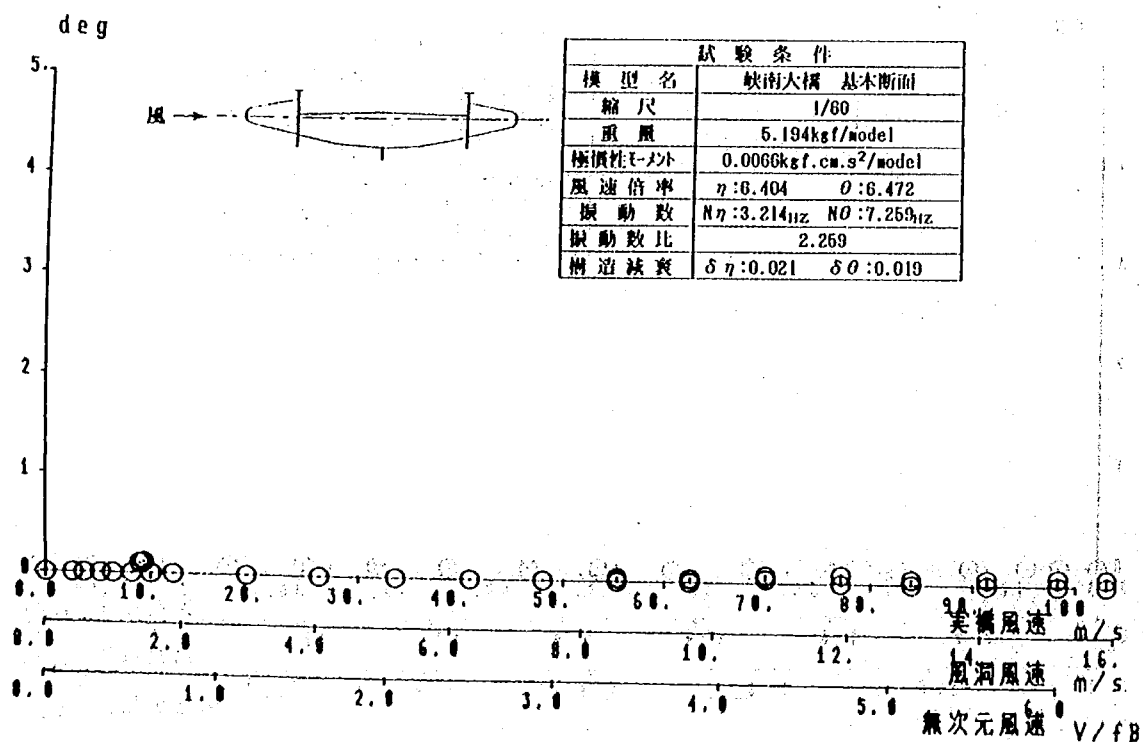
付図-2.16(a) 風速—振幅曲線 (ケース16、突起2、迎角0°)



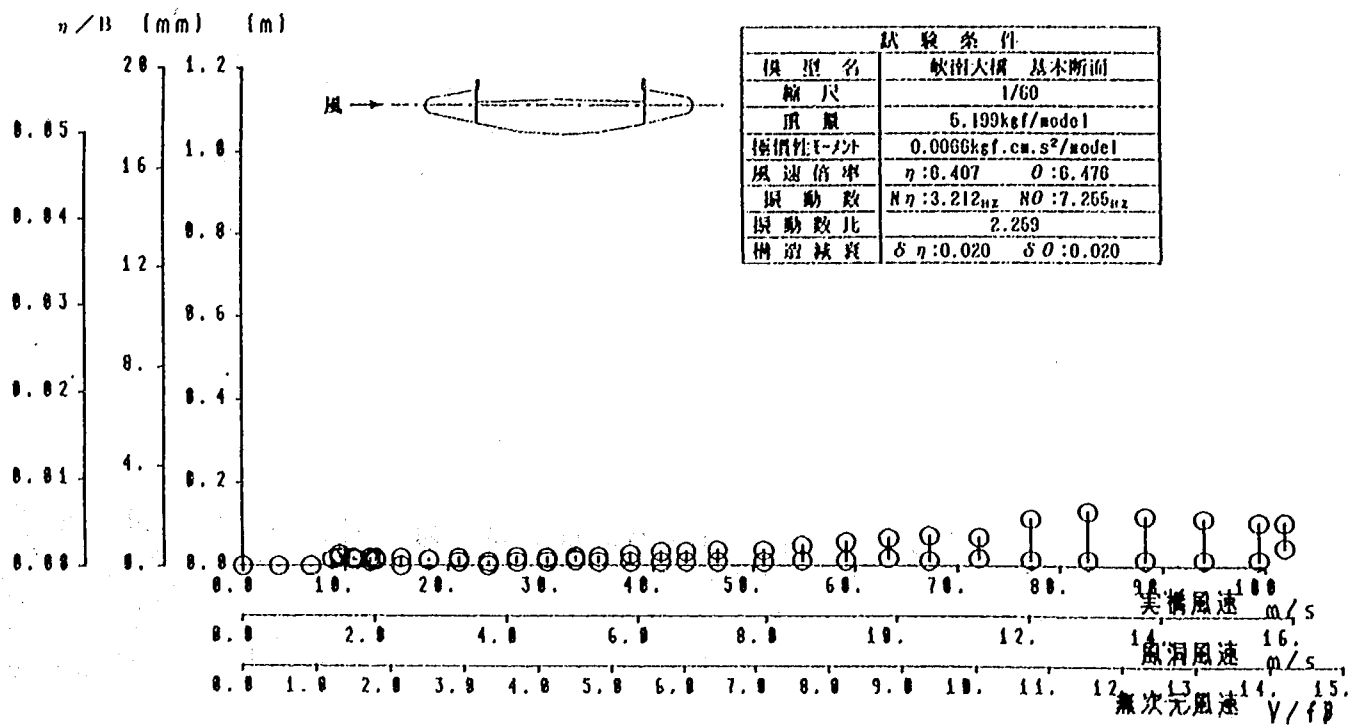
付図-2.16(b) 風速—振幅曲線 (ケース16、突起2、迎角0°)



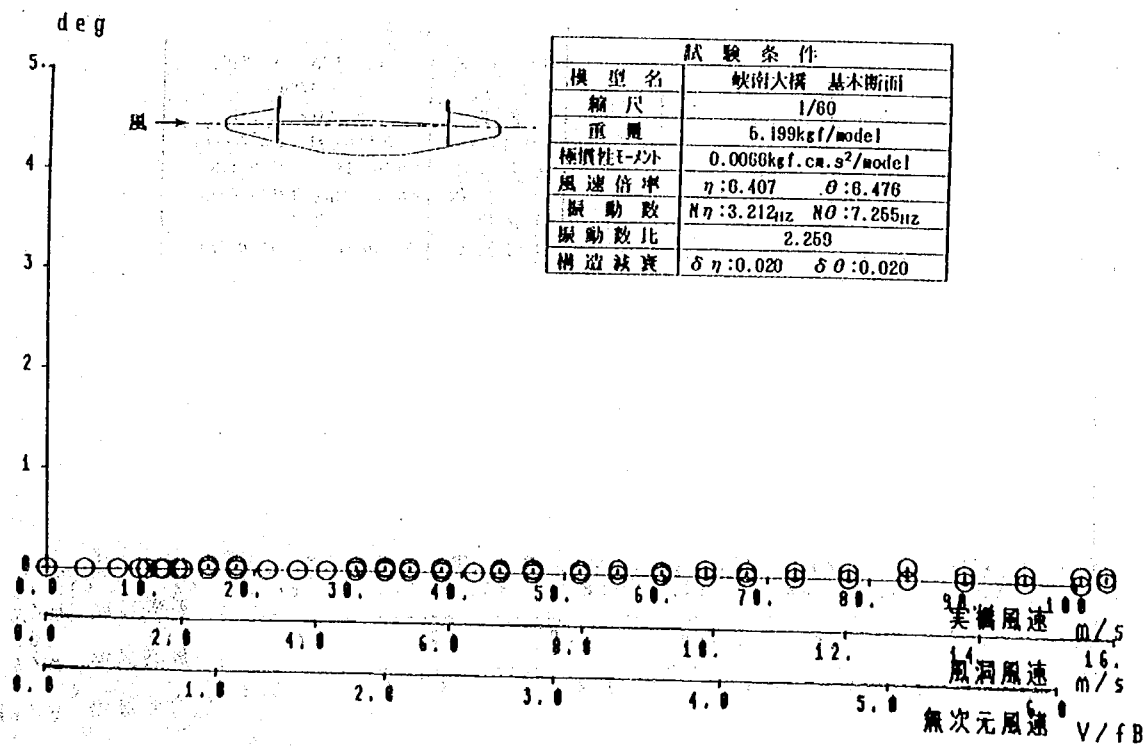
付図-2.17(a) 風速—振幅曲線 (ケース17、突起3、迎角0°)



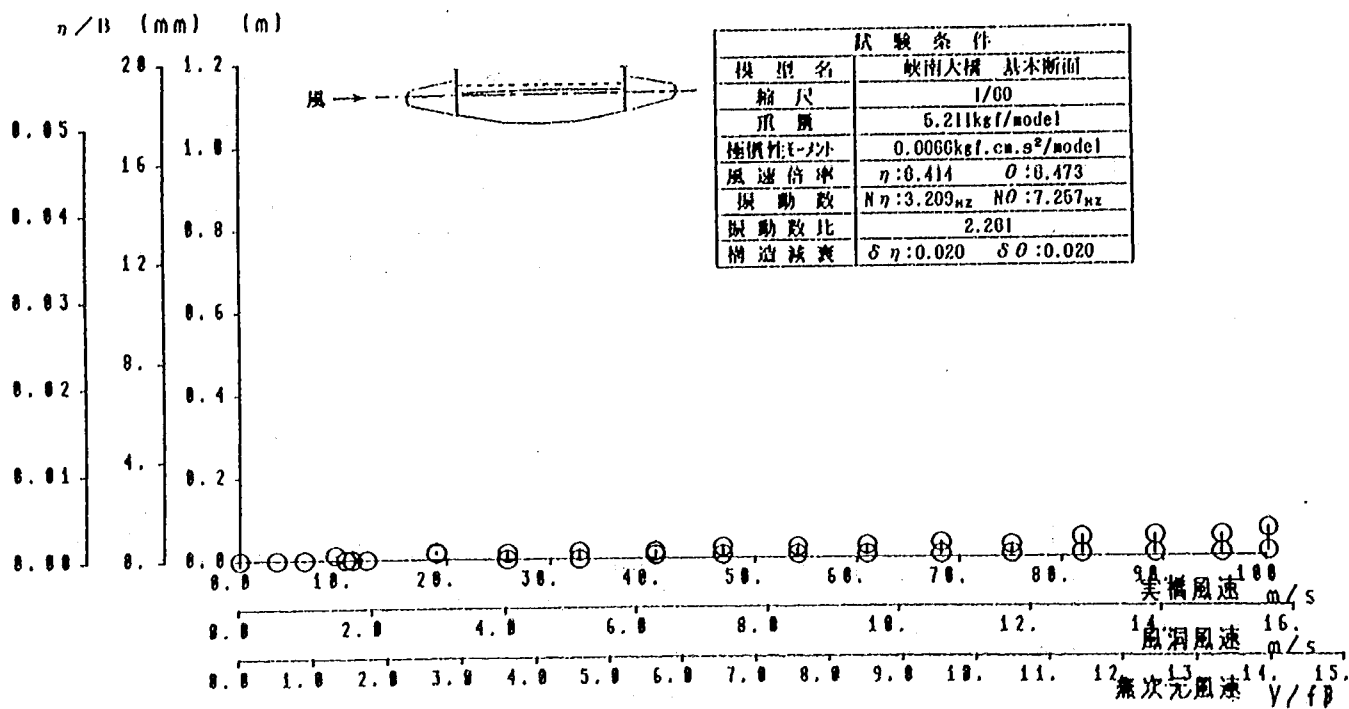
付図-2.17(b) 風速—振幅曲線 (ケース17、突起3、迎角0°)



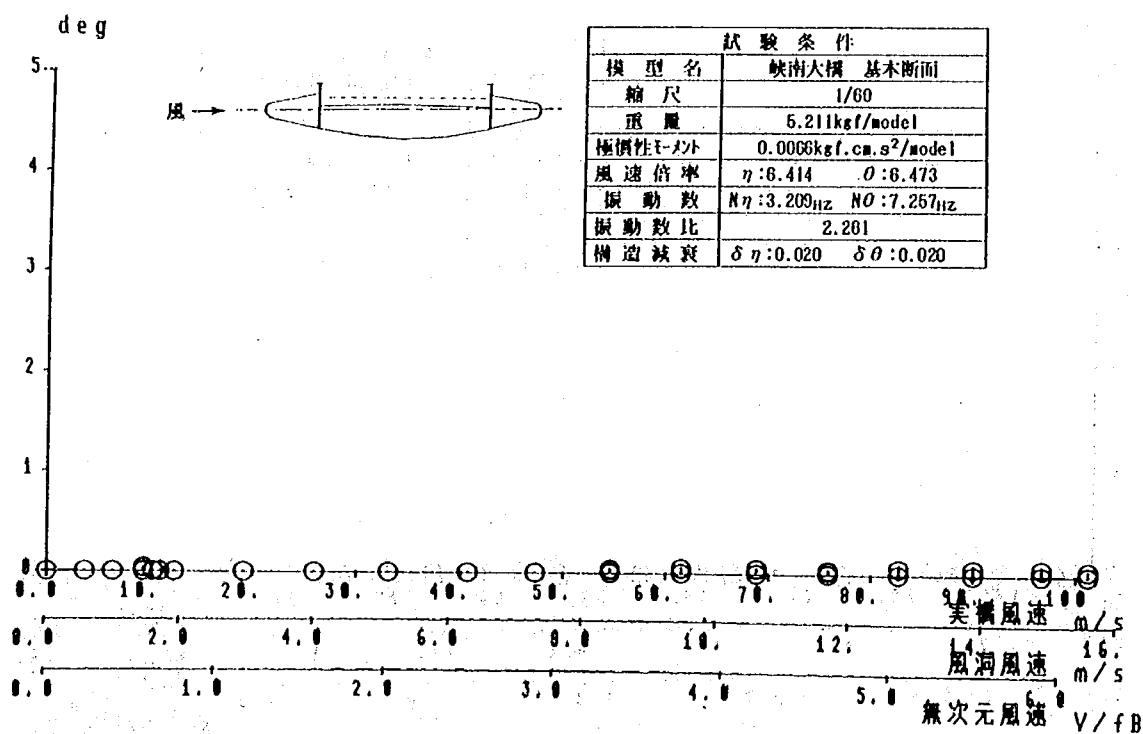
付図-2.18(a) 風速—振幅曲線 (ケース18、高欄隙間無し、迎角0°)



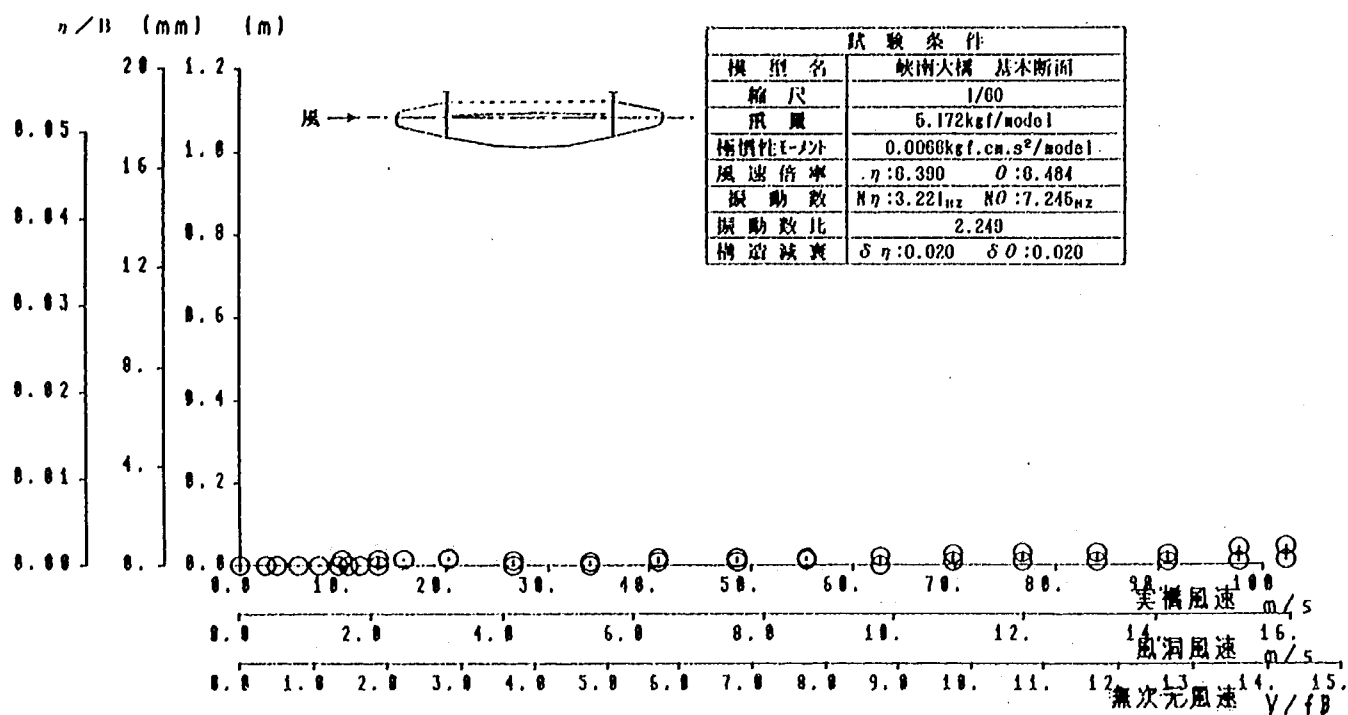
付図-2.18(b) 風速—振幅曲線 (ケース18、高欄隙間無し、迎角0°)



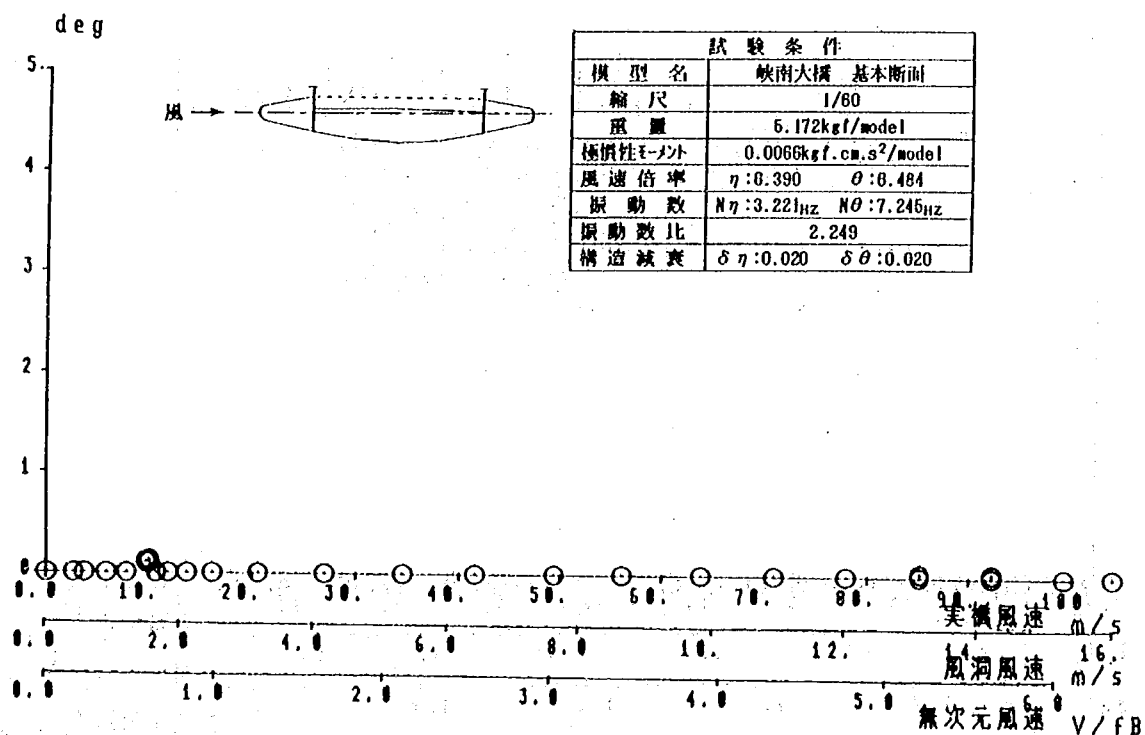
付図-2.19(a) 風速—振幅曲線 (ケース19、路面深さ1/2、迎角0°)



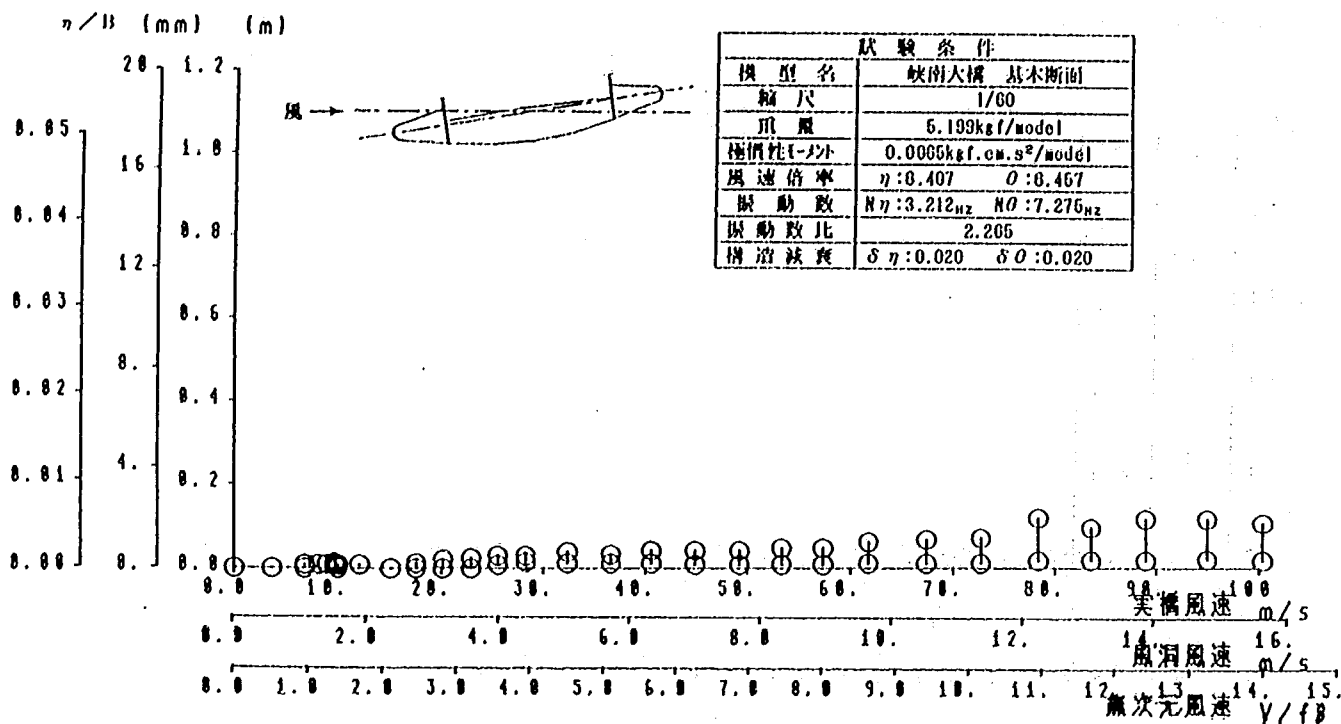
付図-2.19(b) 風速—振幅曲線 (ケース19、路面深さ1/2、迎角0°)



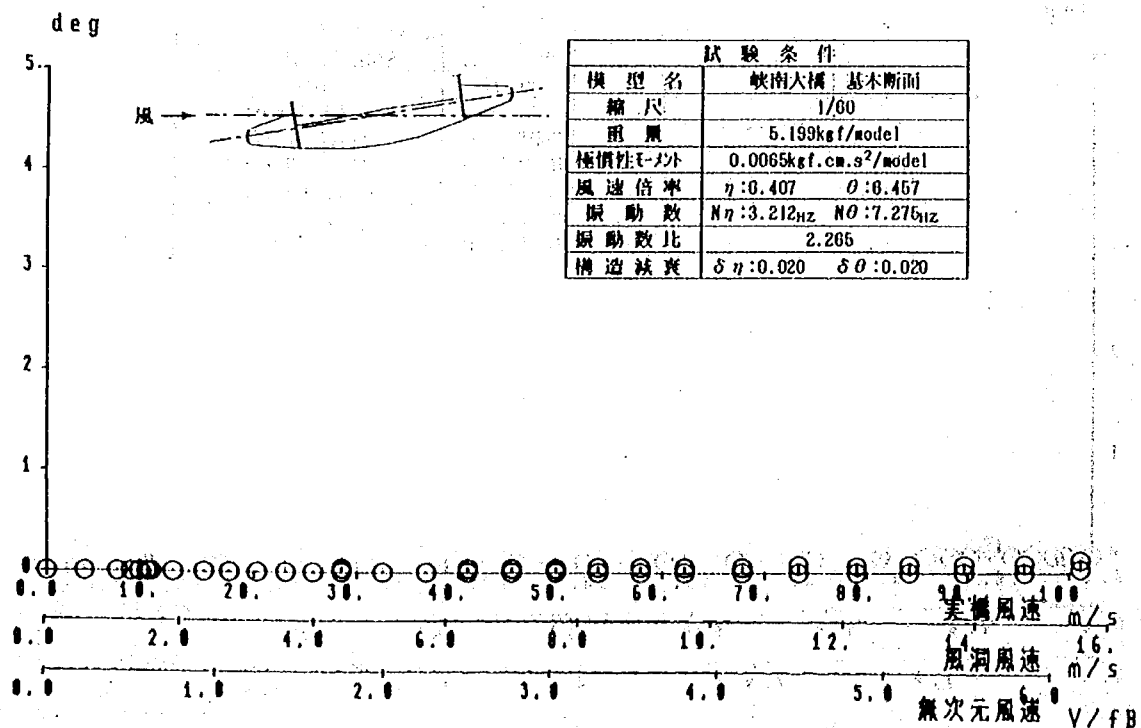
付図-2.20(a) 風速—振幅曲線 (ケース20、路面深さ0、迎角0°)



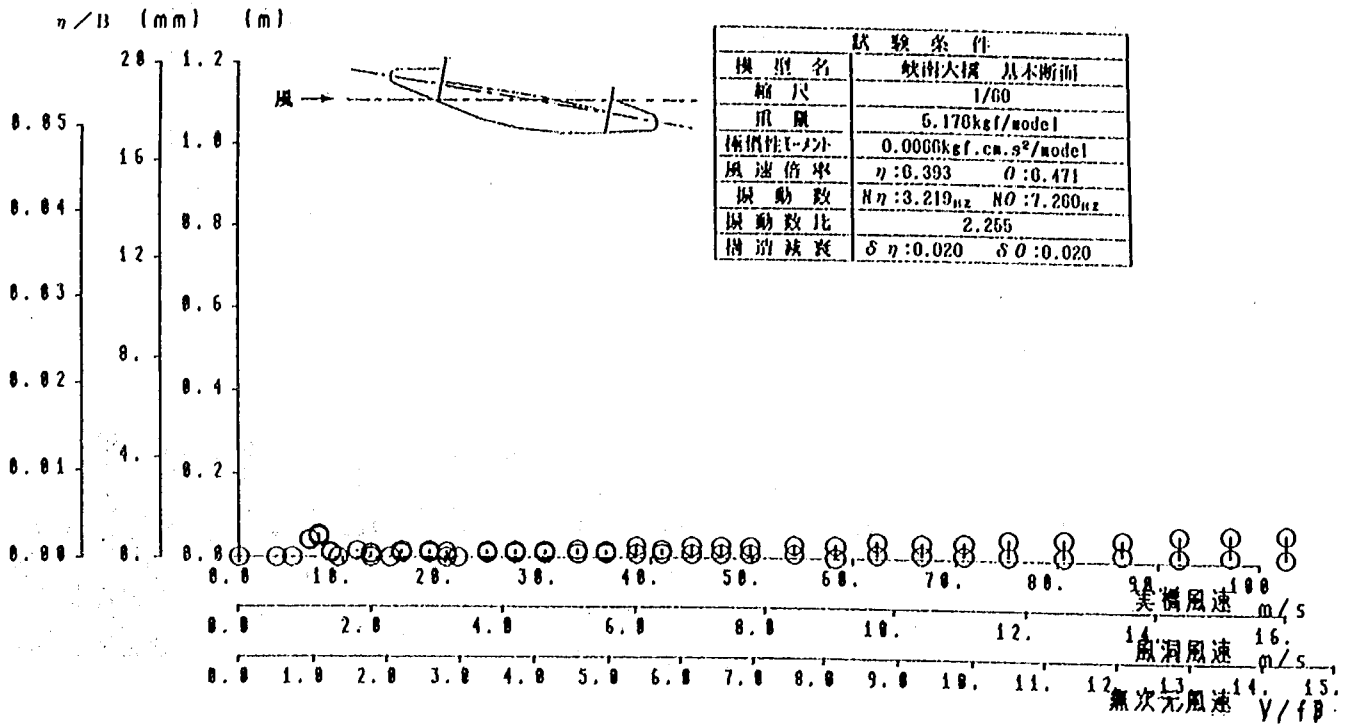
付図-2.20(b) 風速—振幅曲線 (ケース20、路面深さ0、迎角0°)



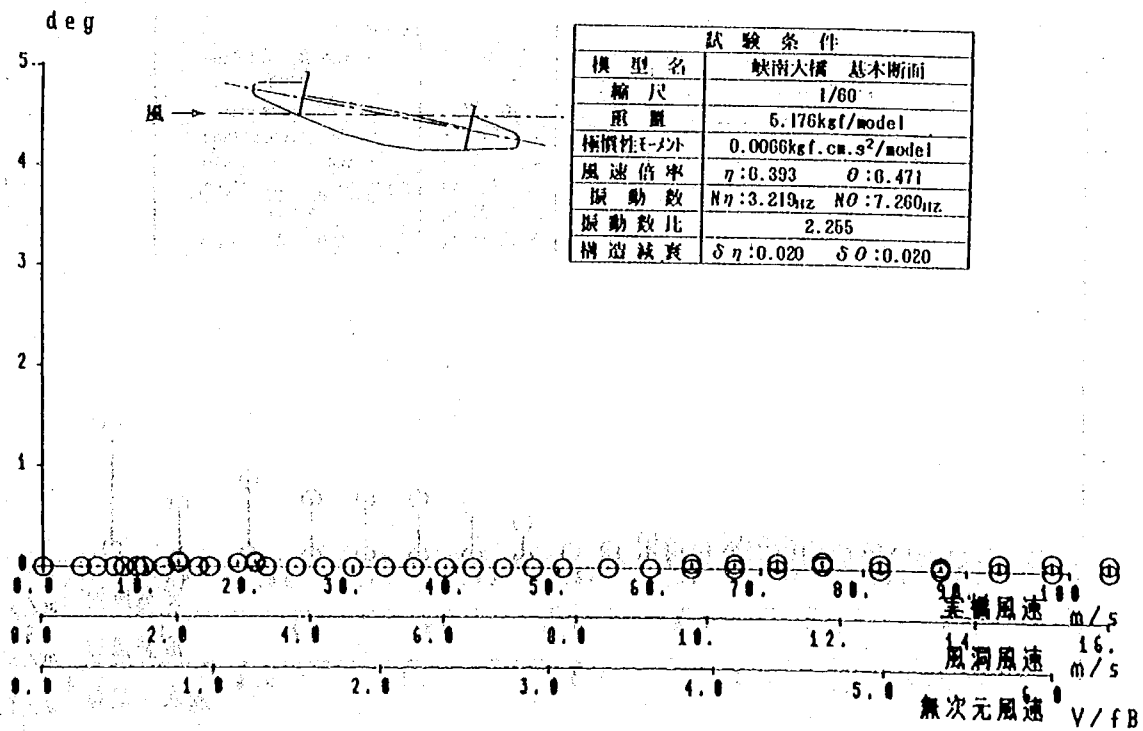
付図-2.21(a) 風速—振幅曲線 (ケース21、基本断面、迎角 -7°)



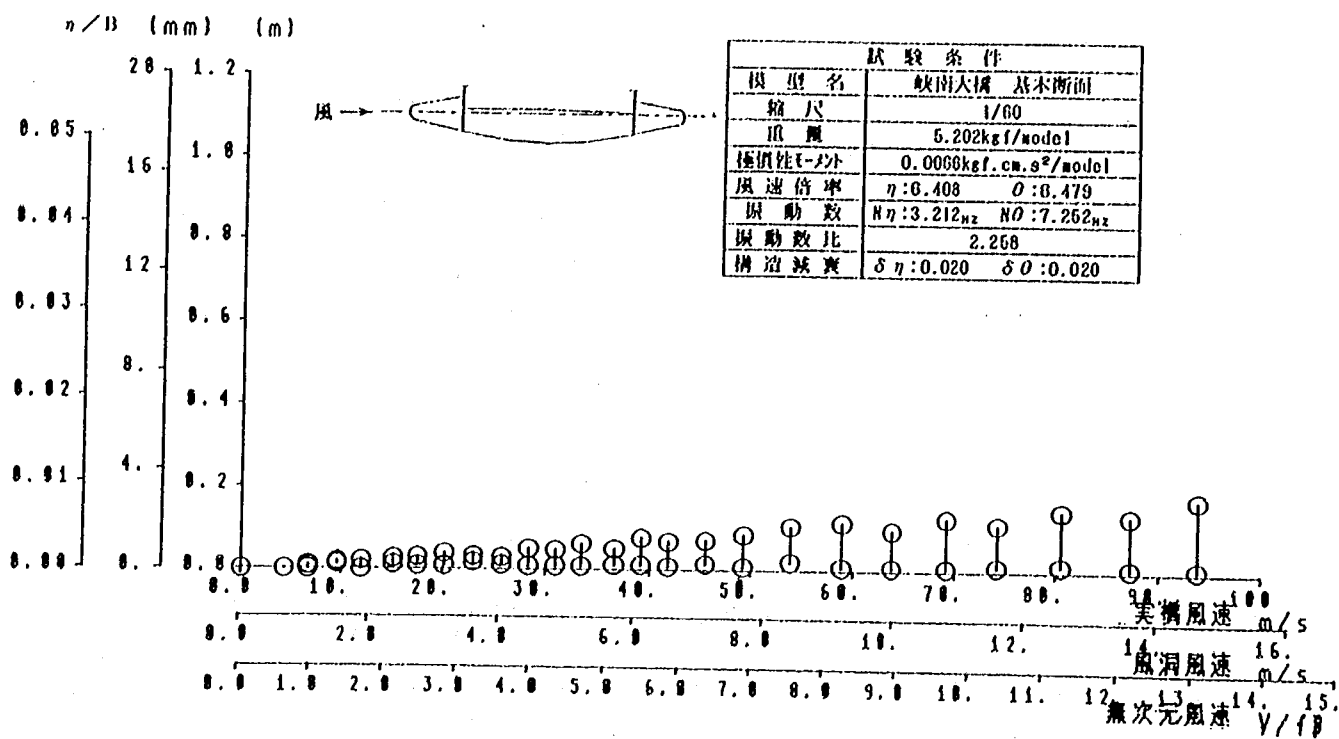
付図-2.21(b) 風速—振幅曲線 (ケース21、基本断面、迎角 -7°)



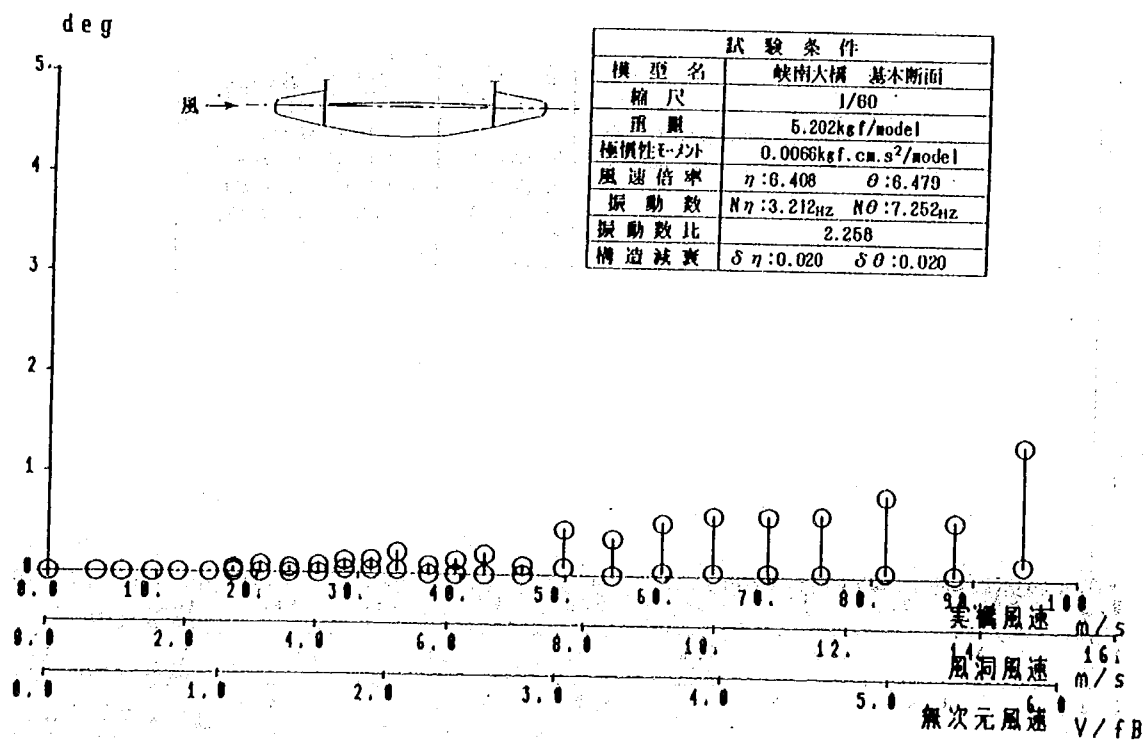
付図-2.22(a) 風速—振幅曲線 (ケース22、基本断面、迎角+7°)



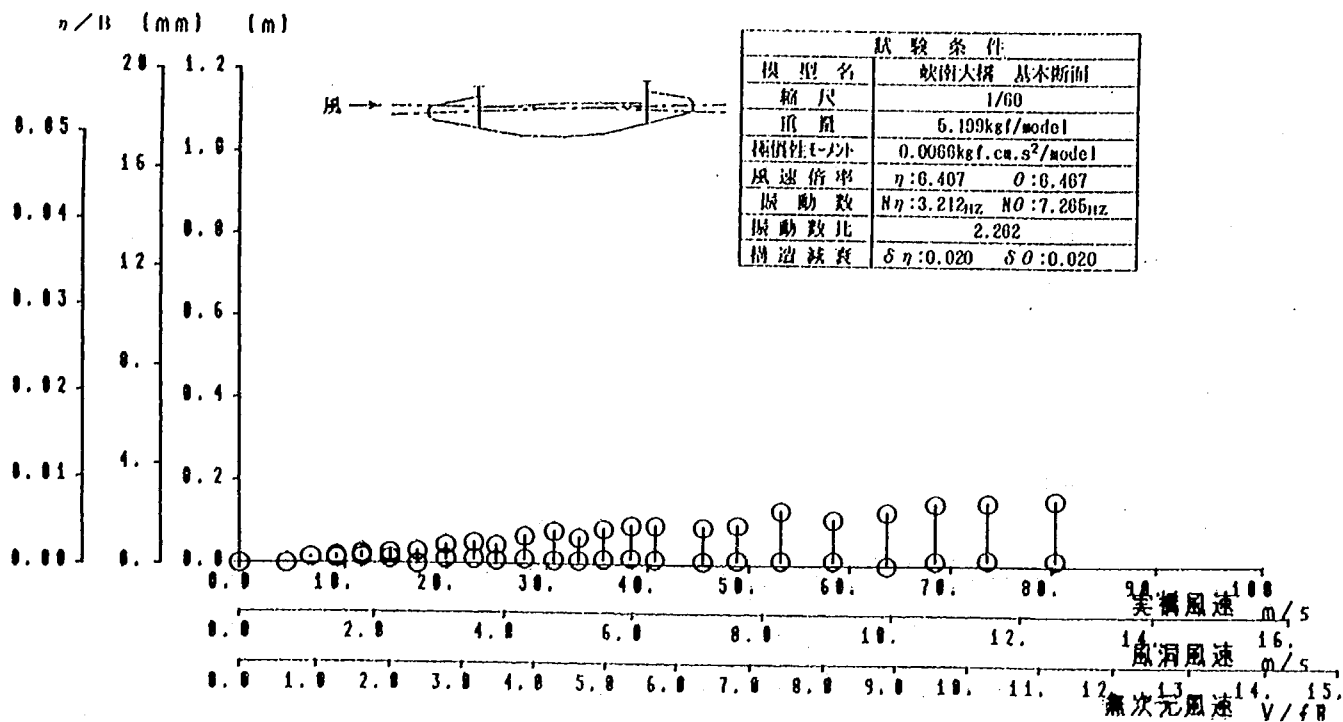
付図-2.22(b) 風速—振幅曲線 (ケース22、基本断面、迎角+7°)



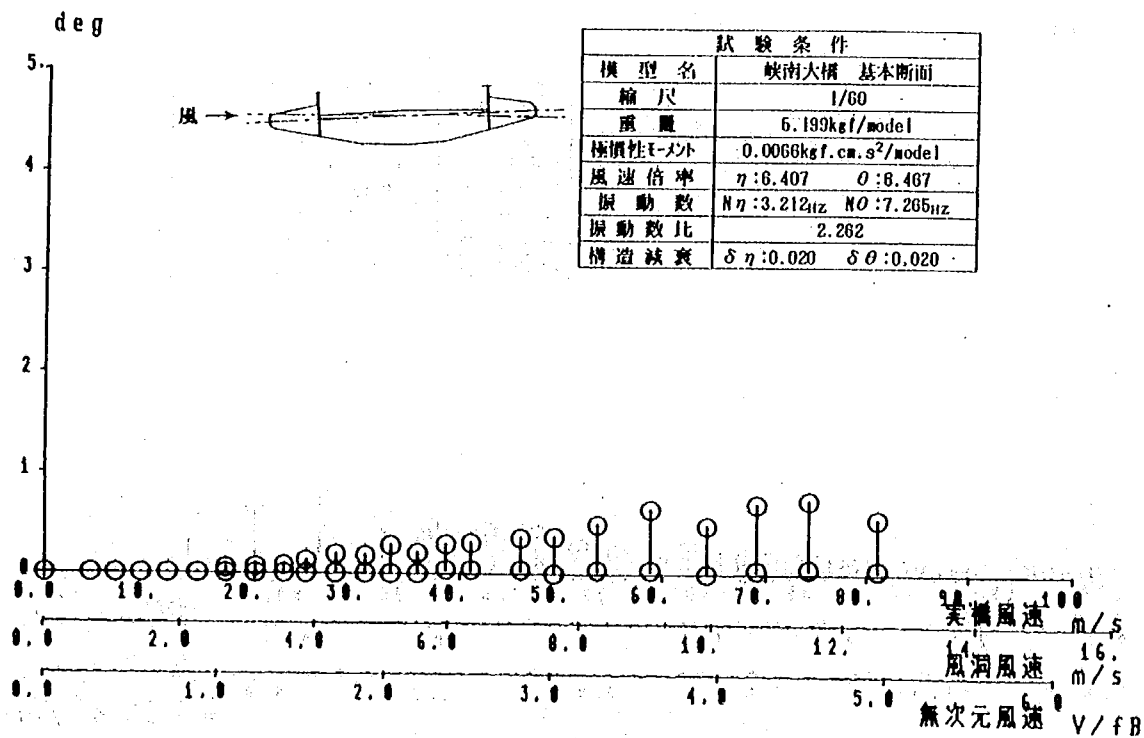
付図-2.23(a) 風速—振幅曲線 (ケース23、格子乱流、迎角0°)



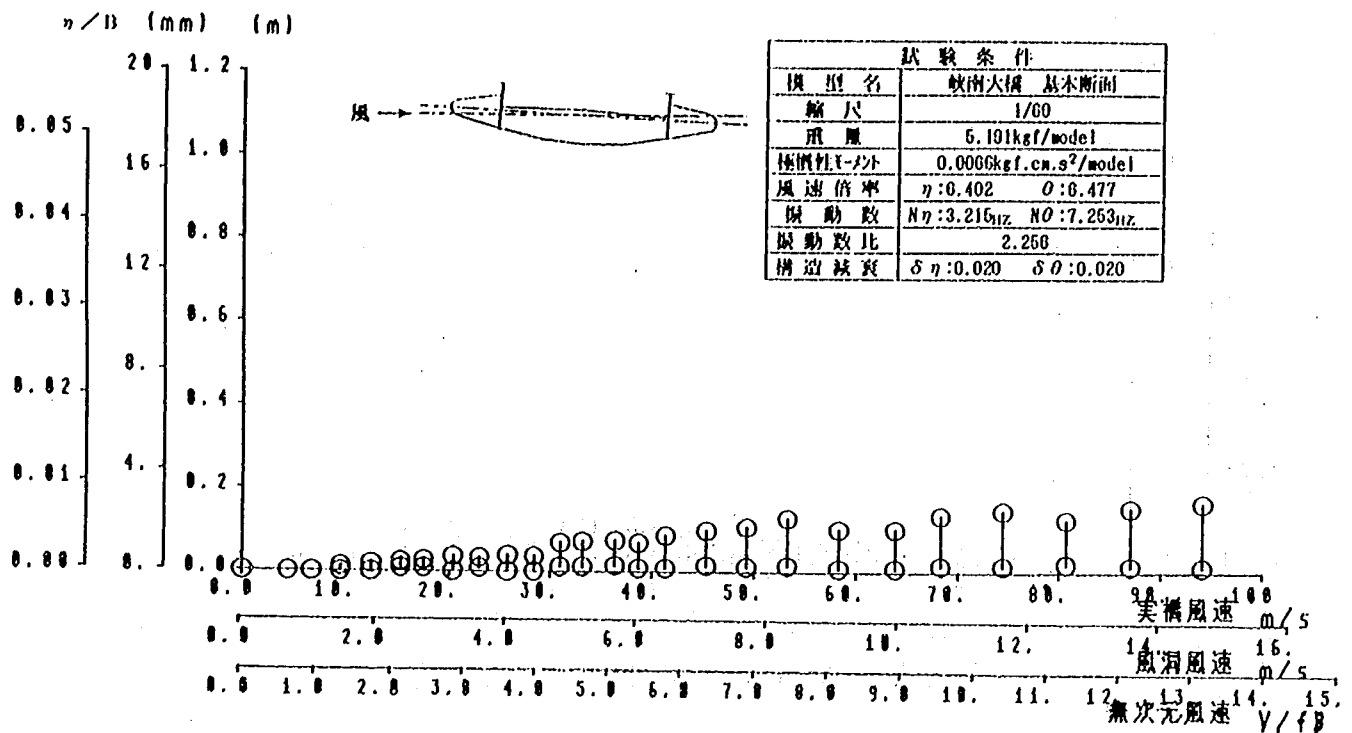
付図-2.23(b) 風速—振幅曲線 (ケース23、格子乱流、迎角0°)



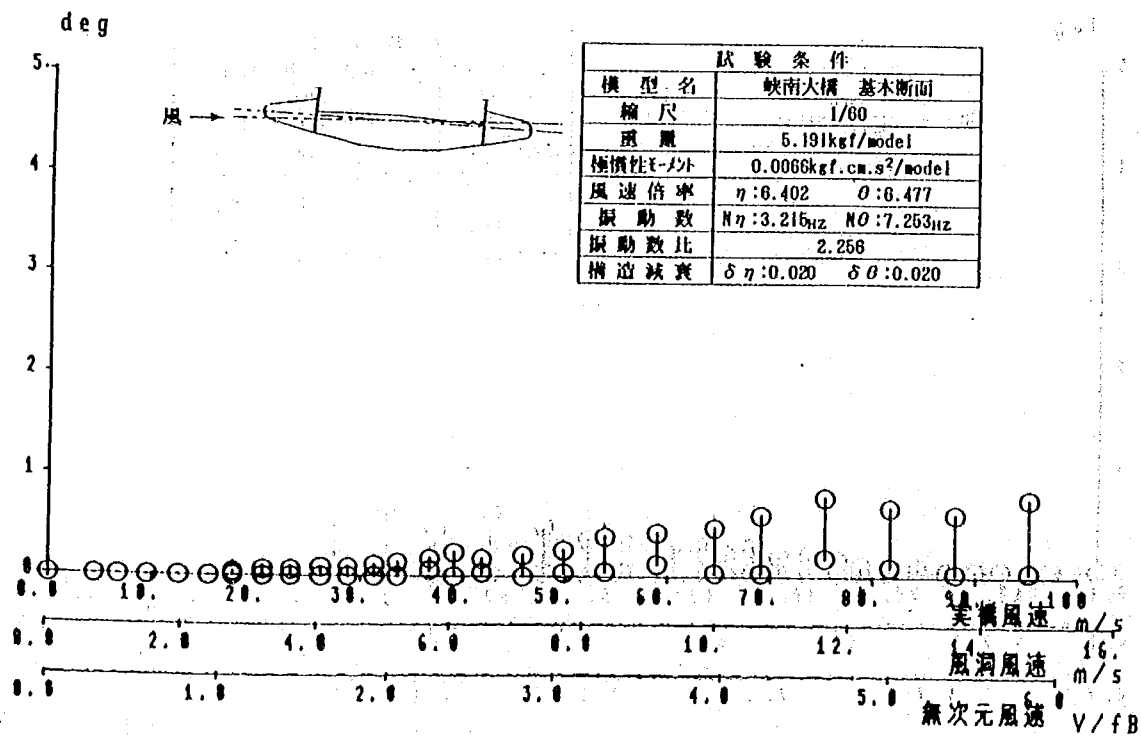
付図-2.24(a) 風速—振幅曲線 (ケース24、格子乱流、迎角 -3°)



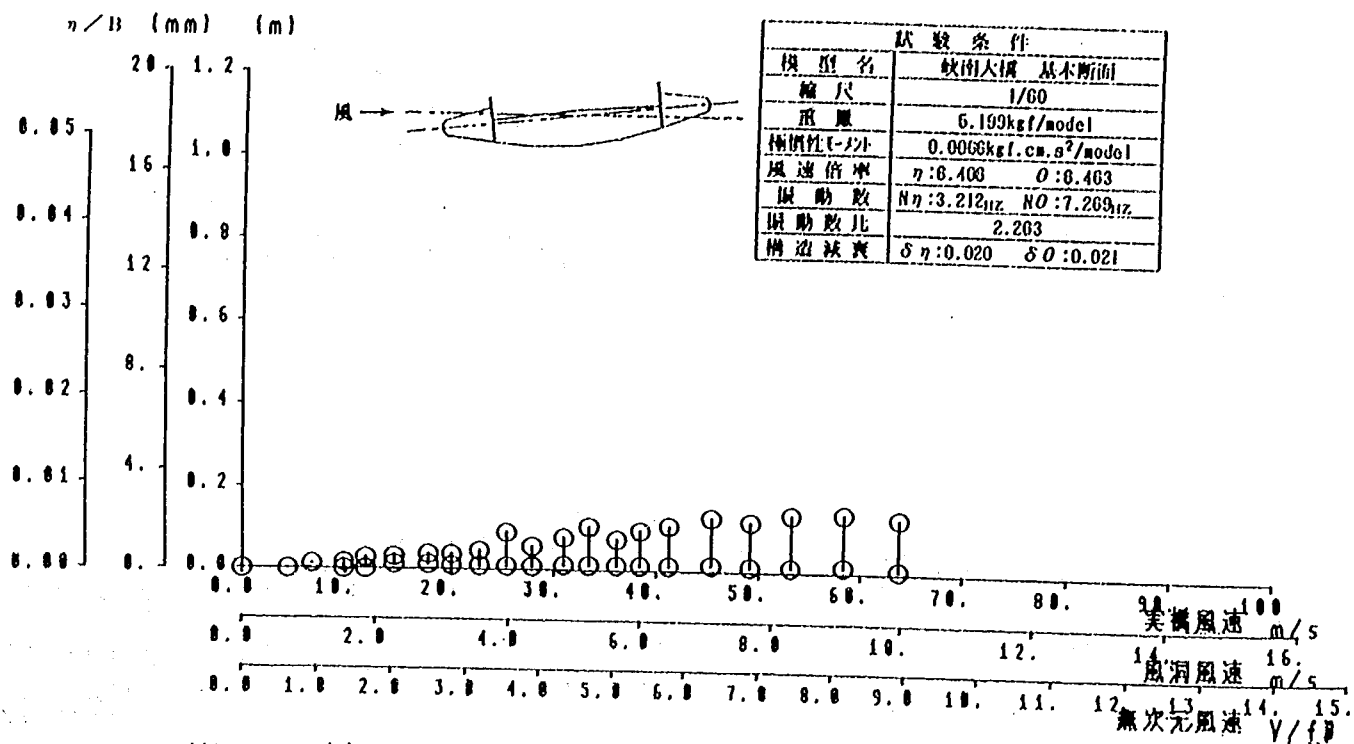
付図-2.24(b) 風速—振幅曲線 (ケース24、格子乱流、迎角 -3°)



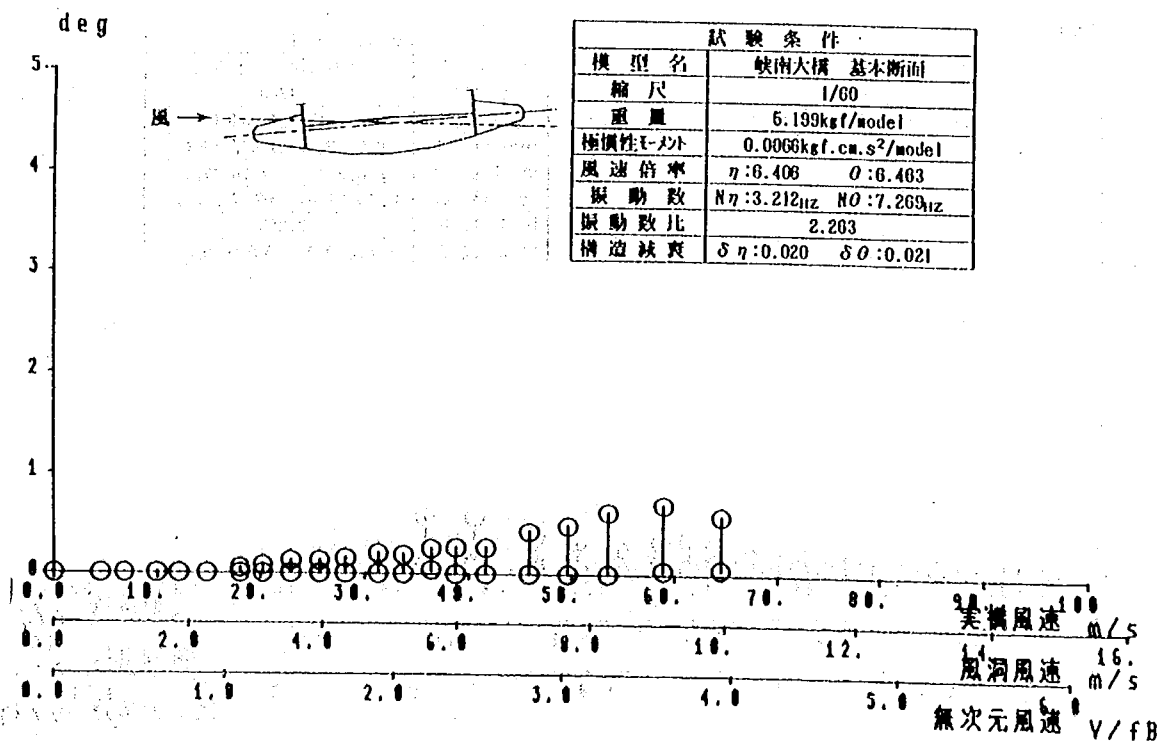
付図-2.25(a) 風速—振幅曲線 (ケース25、格子乱流、迎角+3°)



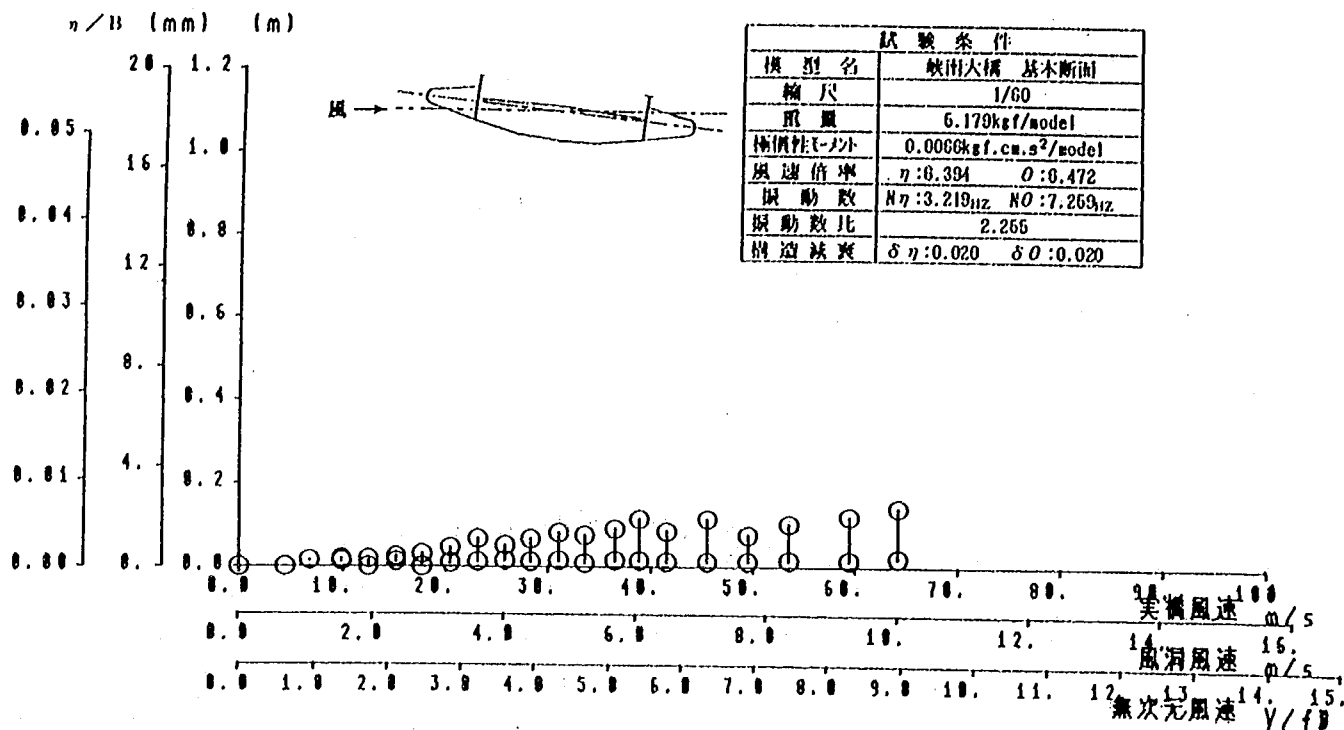
付図-2.25(b) 風速—振幅曲線 (ケース25、格子乱流、迎角+3°)



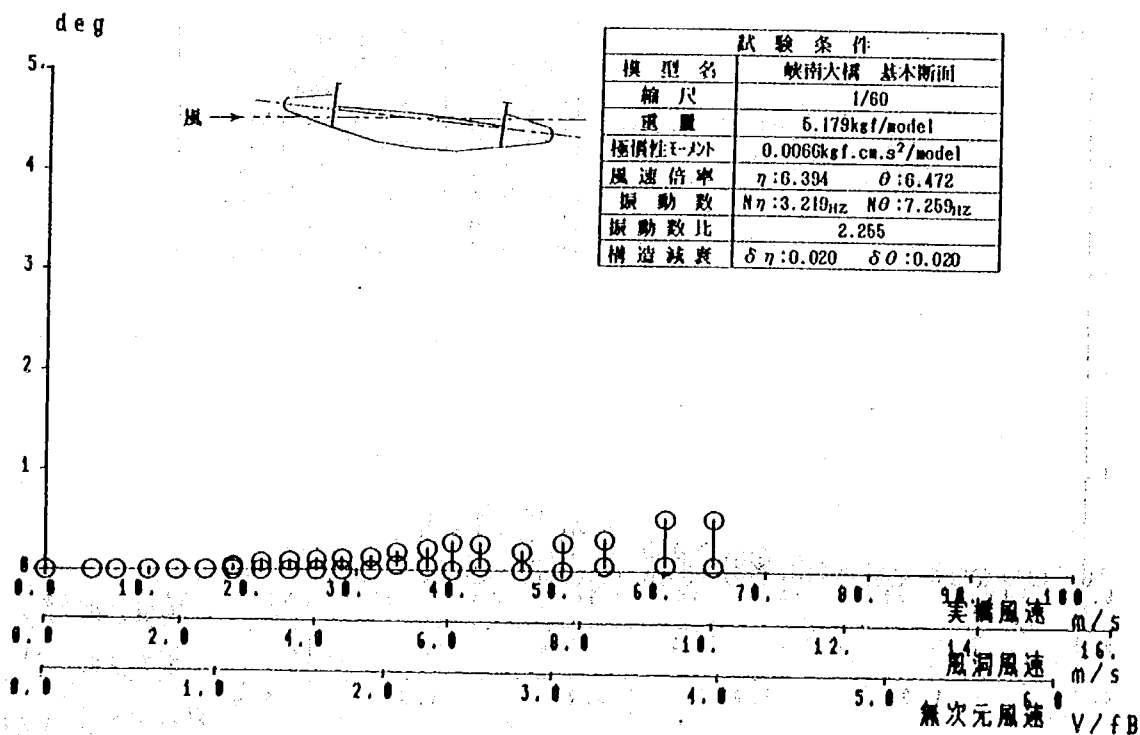
付図-2.26(a) 風速—振幅曲線 (ケース26、格子乱流、迎角 -5°)



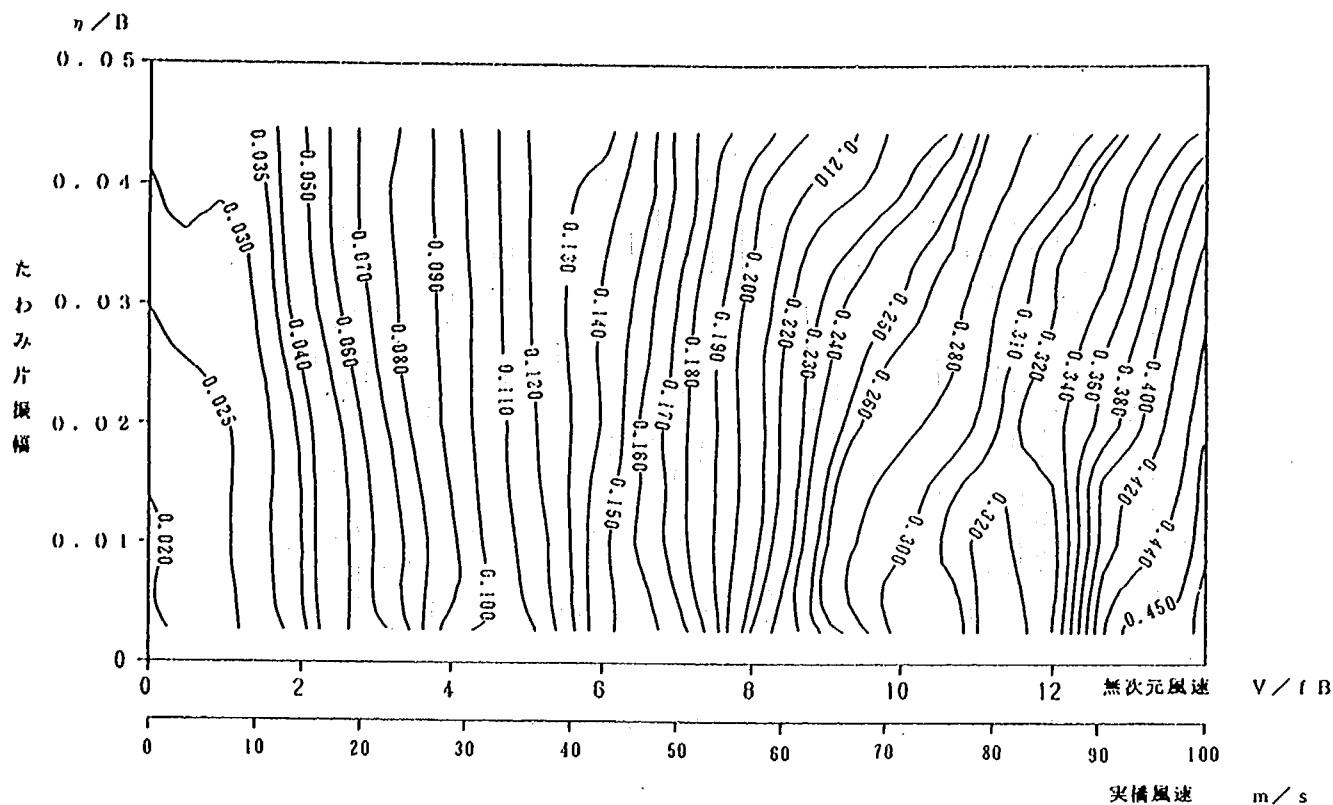
付図-2.26(b) 風速—振幅曲線 (ケース26、格子乱流、迎角 -5°)



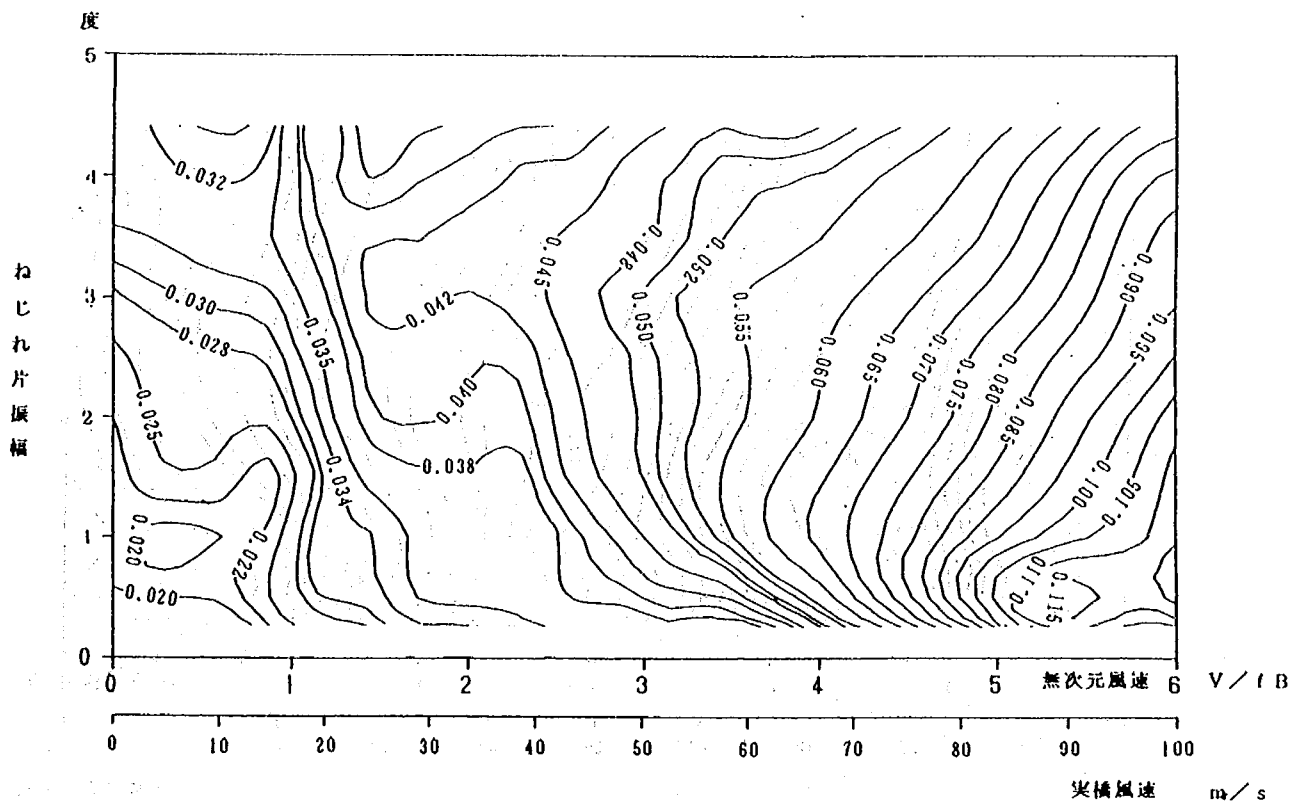
付図-2.27(a) 風速—振幅曲線 (ケース27、格子乱流、迎角+5°)



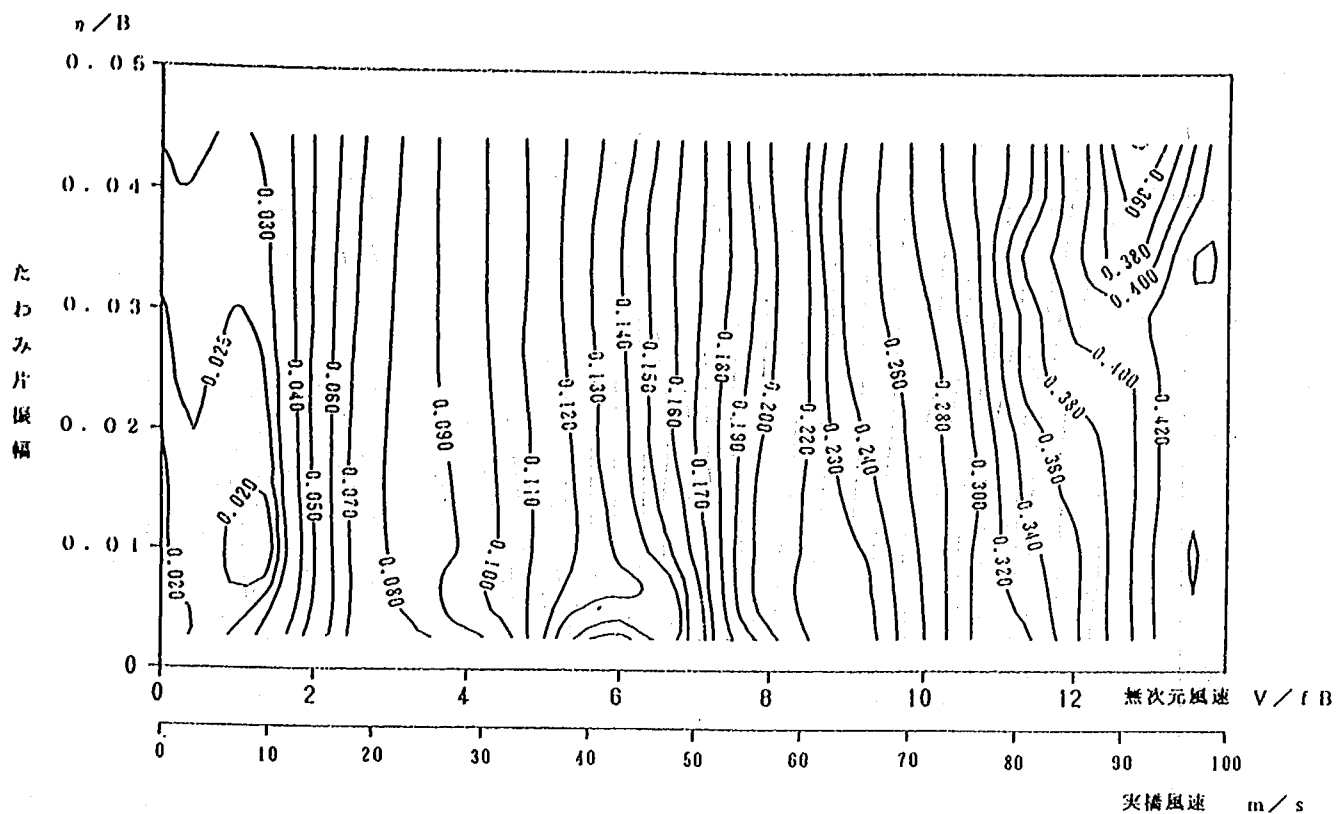
付図-2.27(b) 風速—振幅曲線 (ケース27、格子乱流、迎角+5°)



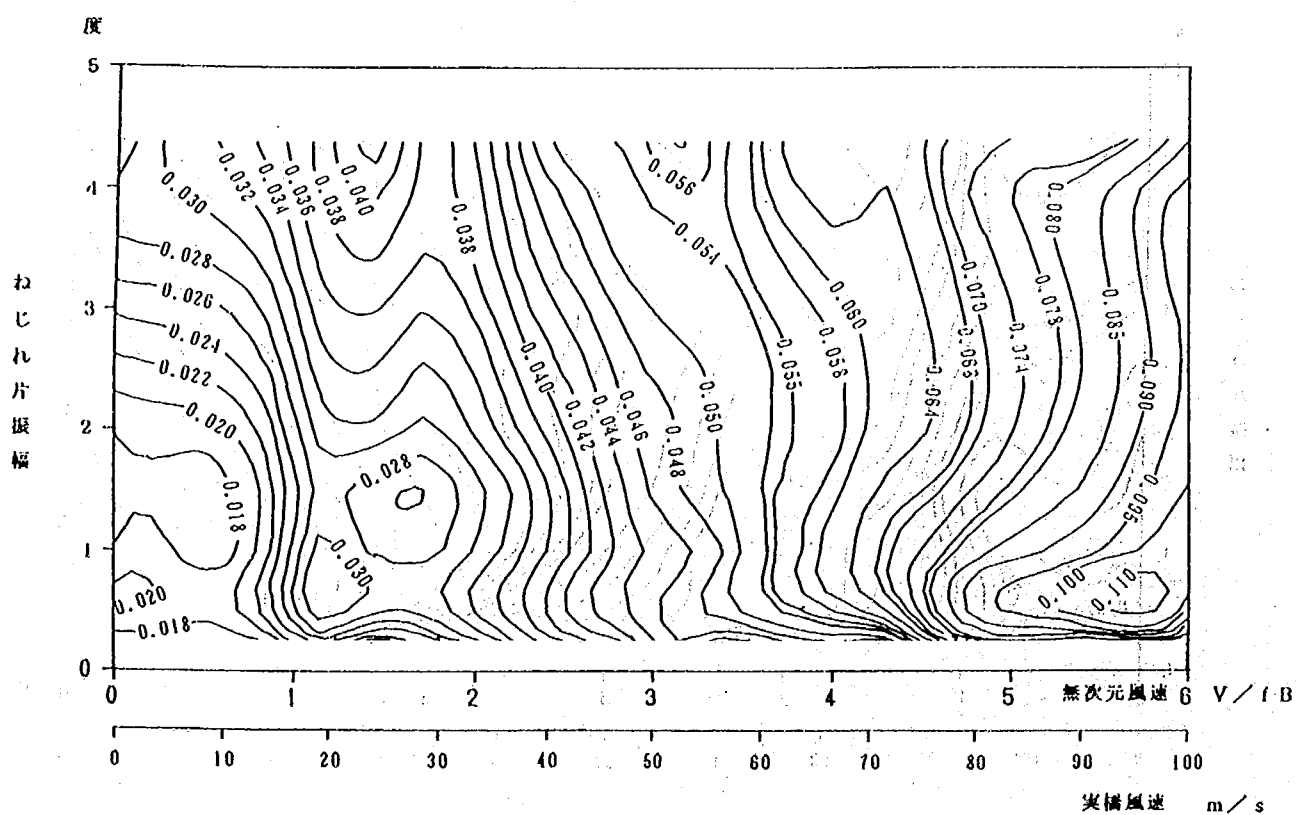
付図-3.1(a) 風速—振幅—減衰率曲線（ケース1、基本断面、迎角 0° ）



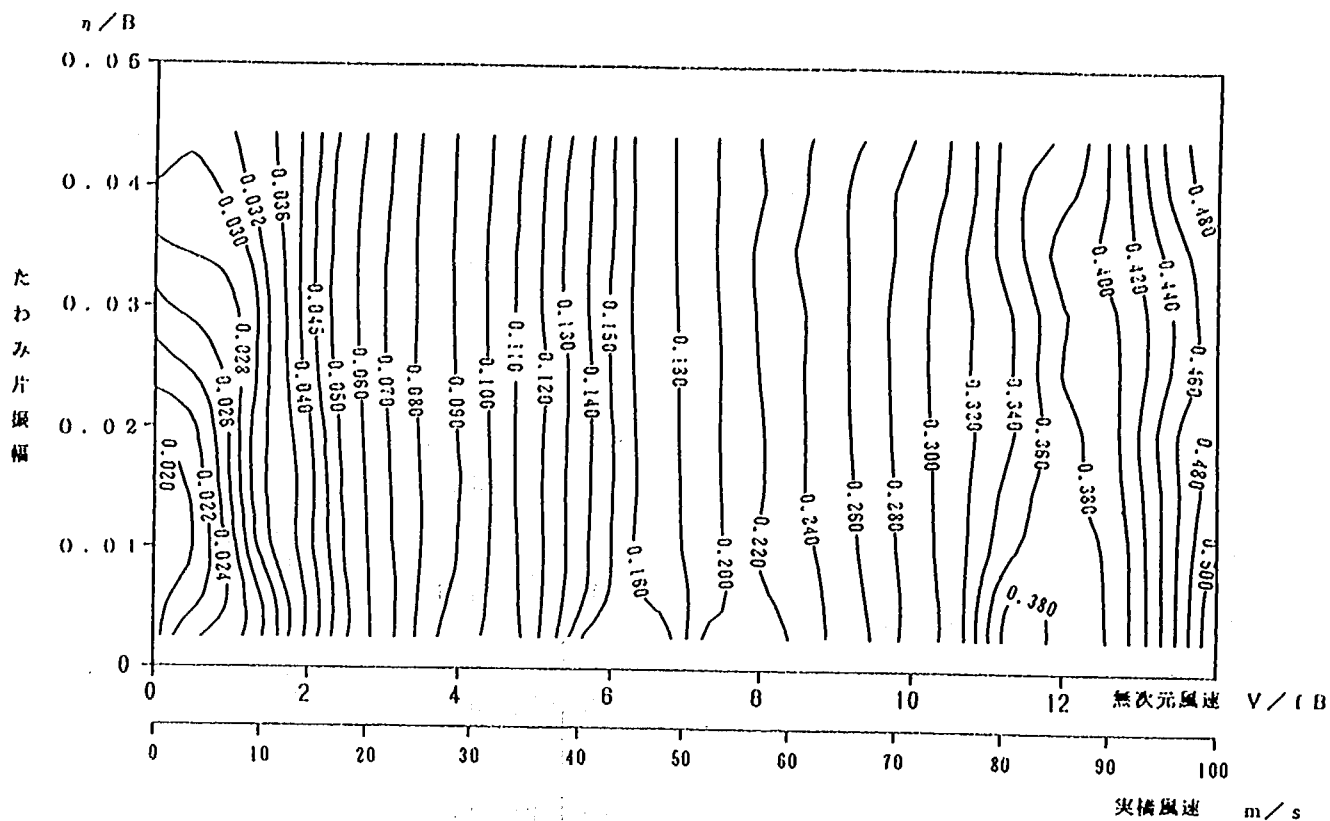
付図-3.1(b) 風速—振幅—減衰率曲線（ケース1、基本断面、迎角 0° ）



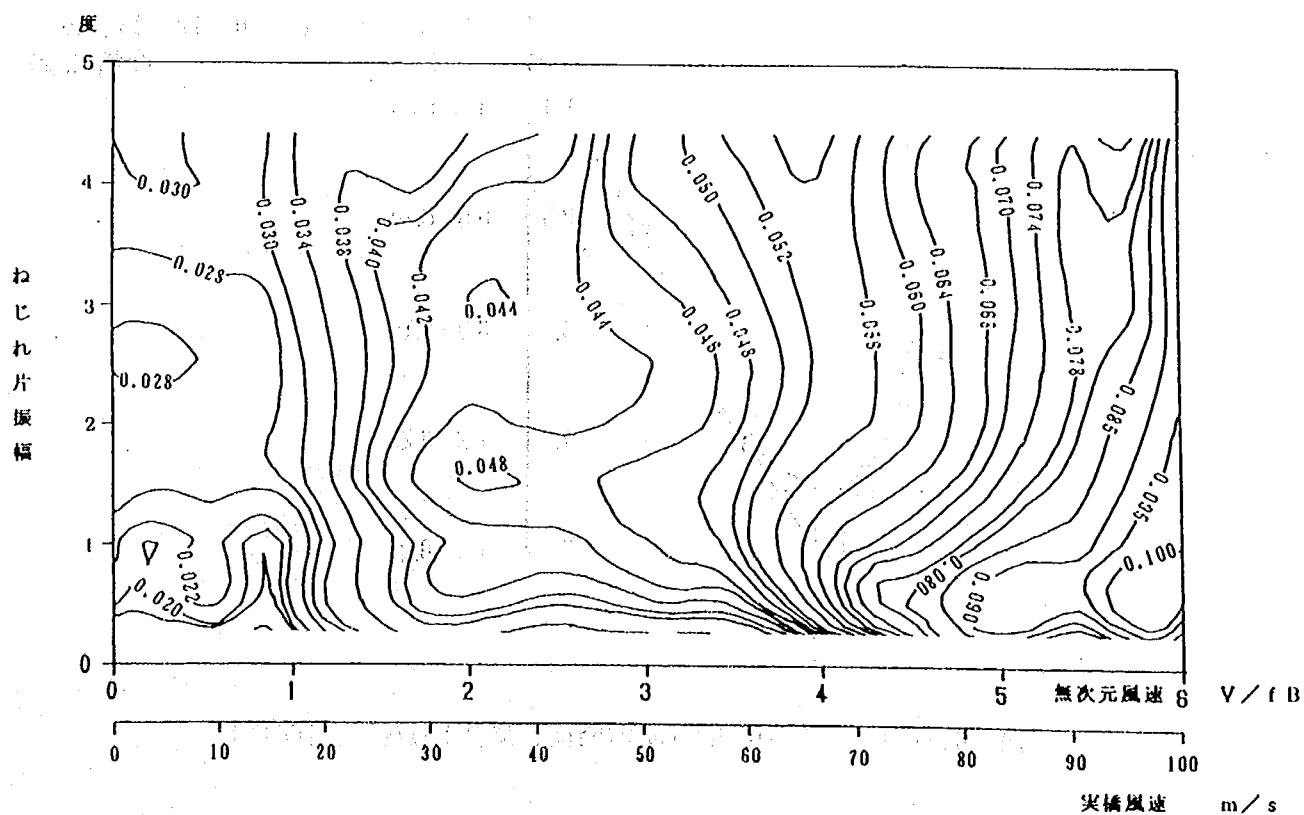
付図-3.2(a) 風速—振幅—減衰率曲線 (ケース2、基本断面、迎角 -3°)



付図-3.2(b) 風速—振幅—減衰率曲線 (ケース2、基本断面、迎角 -3°)

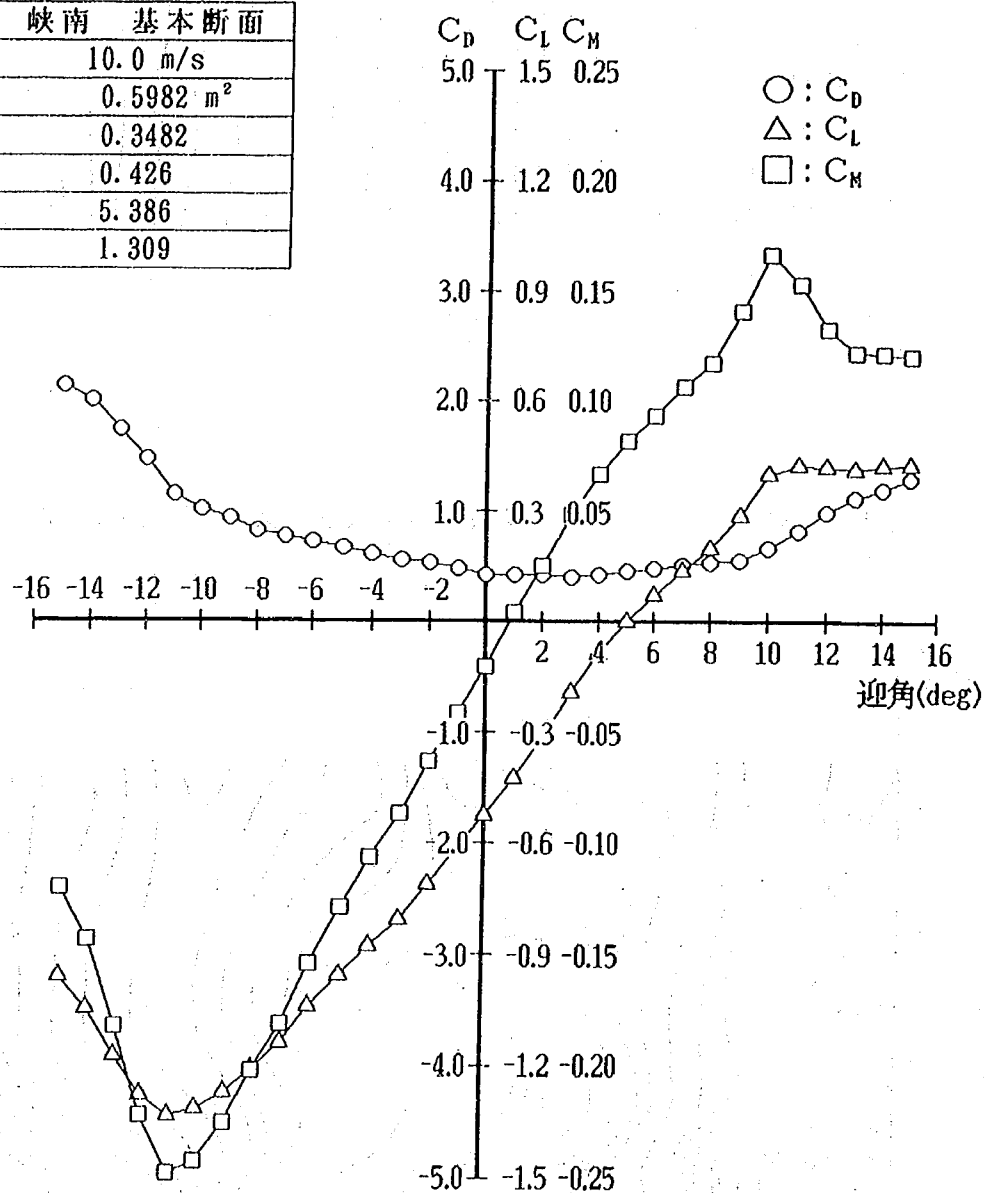


付図-3.3(a) 風速—振幅—減衰率曲線（ケース3、基本断面、迎角+3°）



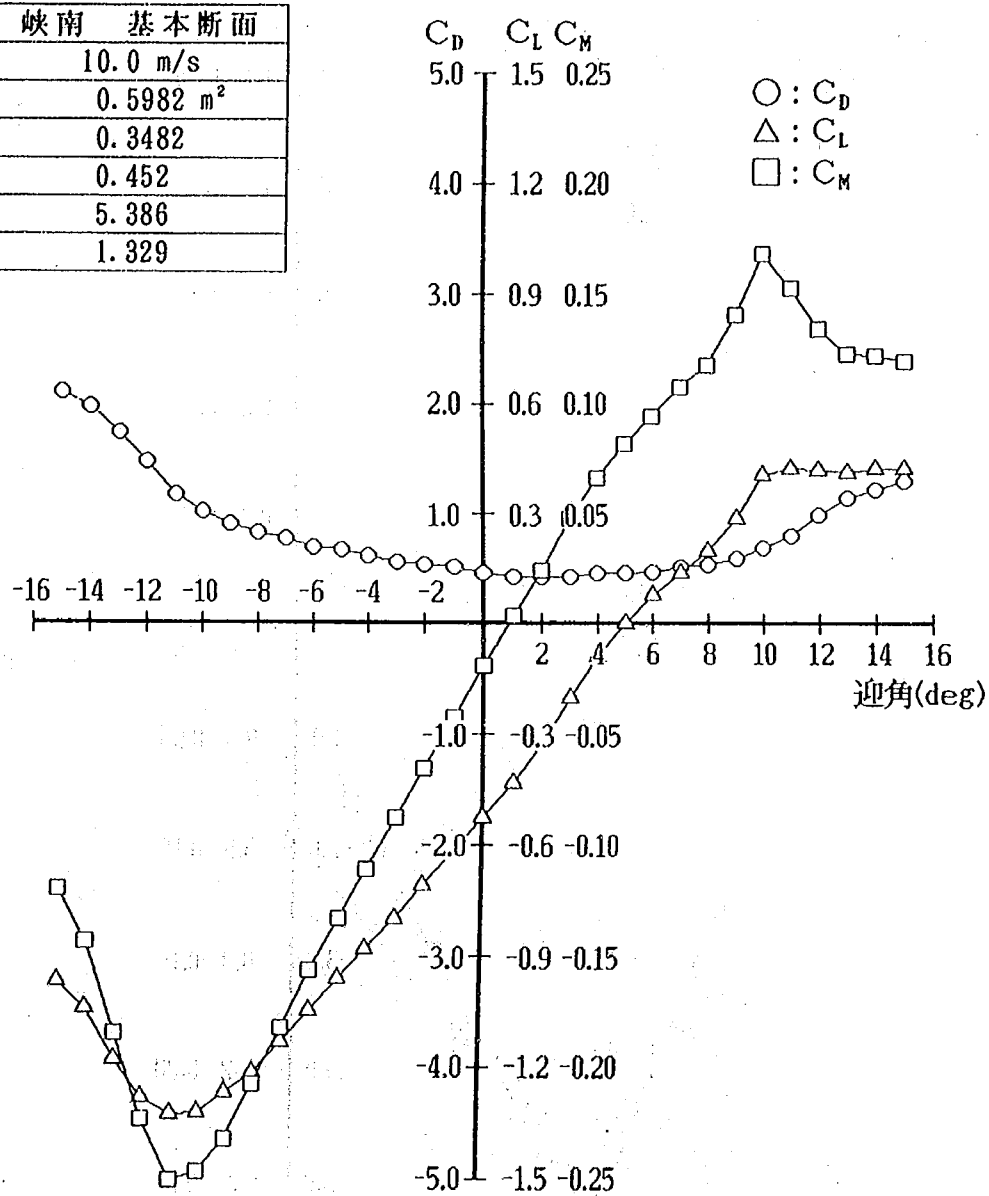
付図-3.3(b) 風速—振幅—減衰率曲線（ケース3、基本断面、迎角+3°）

模 型 名	峽南 基本断面
風 速	10.0 m/s
投 影 面 積	0.5982 m ²
模 型 幅	0.3482
(C _D) _{α=0}	0.426
(dC _L /dα) _{α=0}	5.386
(dC _M /dα) _{α=0}	1.309



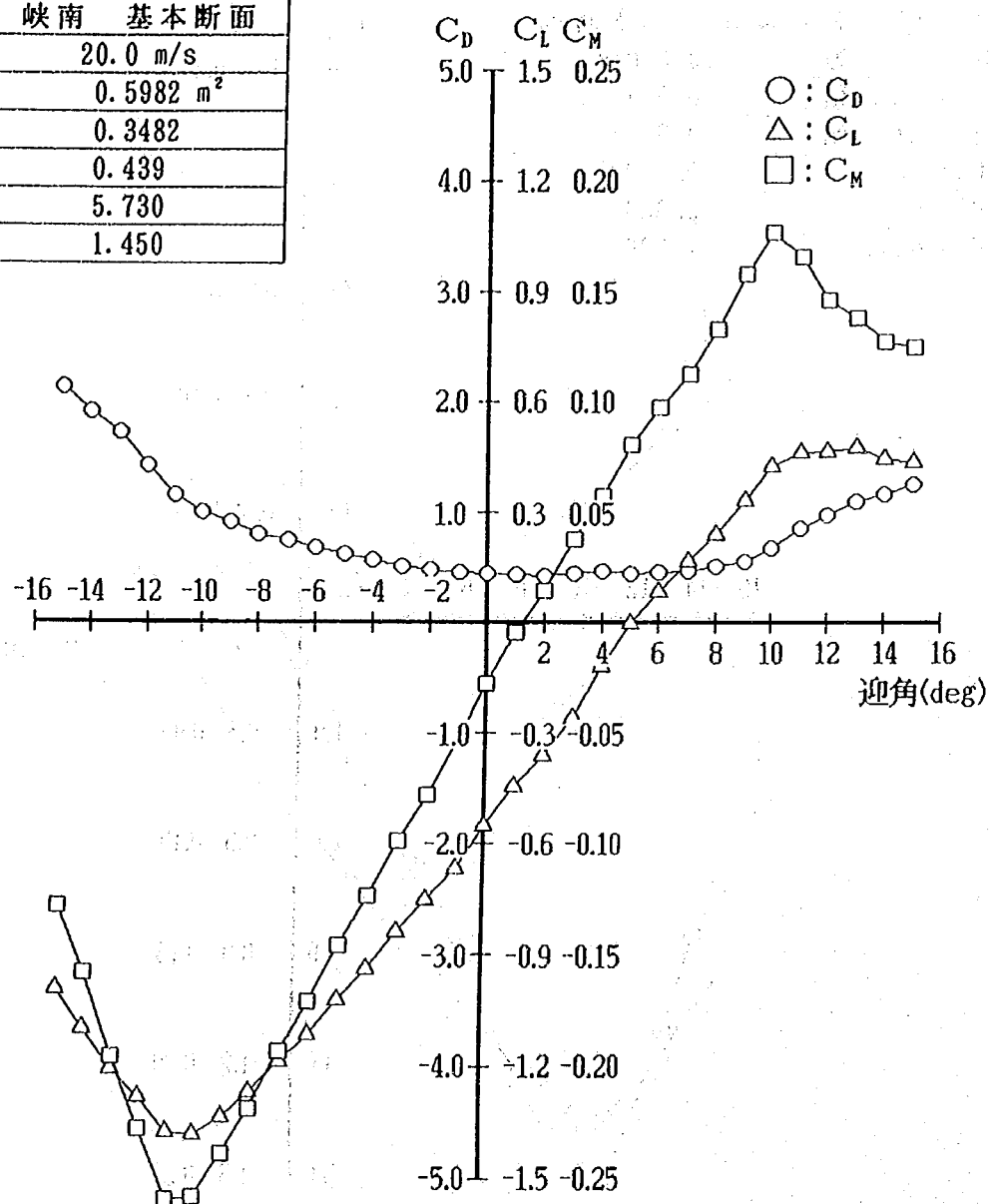
付図-4.1(a) 三分力曲線（基本断面、風速10m/sec、1回目）

模 型 名	峽南 基本断面
風 速	10.0 m/s
投 影 面 積	0.5982 m ²
模 型 幅	0.3482
$(C_D)_{\alpha=0}$	0.452
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	5.386
$(dC_M/d\alpha)_{\alpha=0}$	1.329



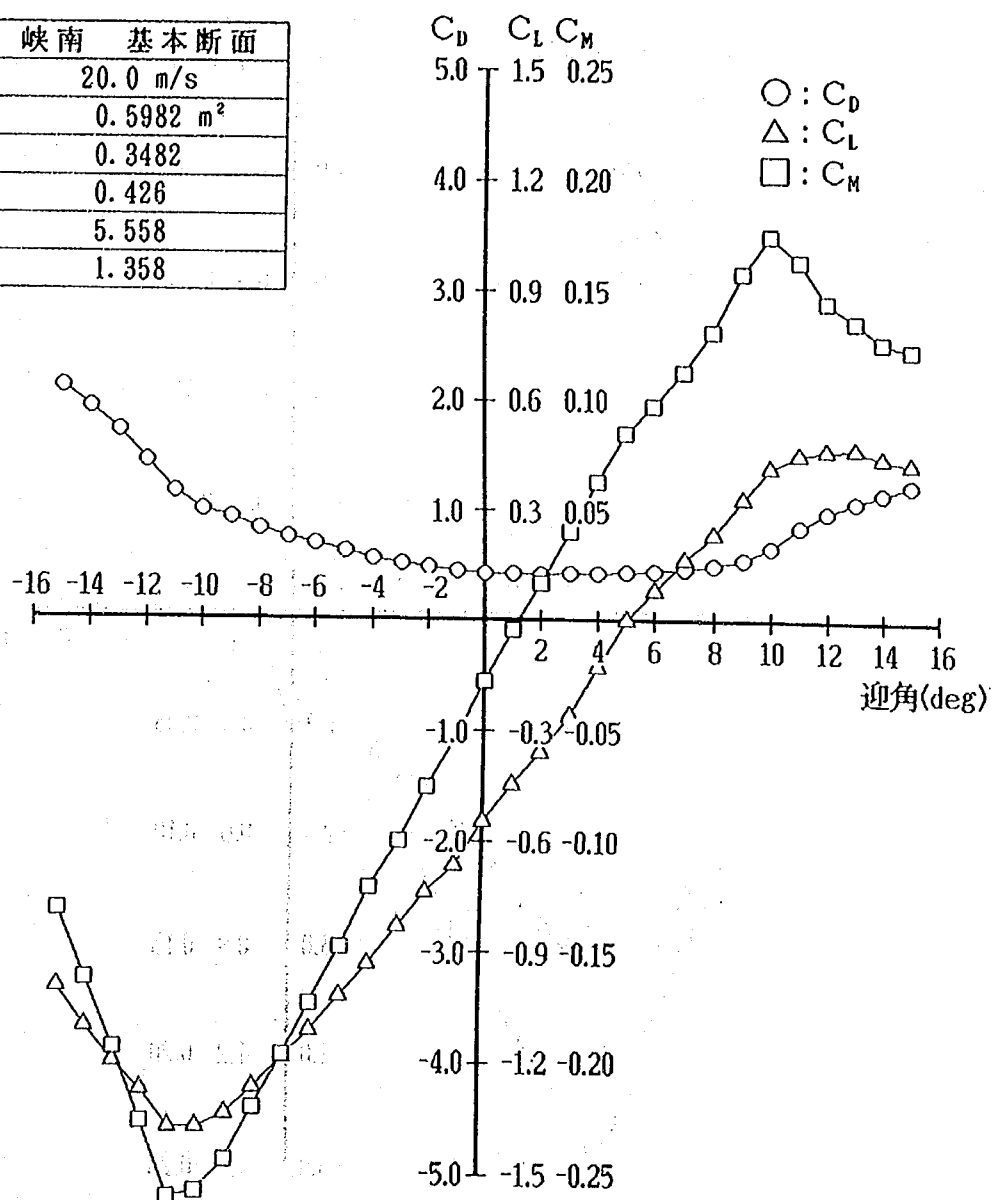
付図-4.1(b) 三分力曲線 (基本断面、風速10m/sec、2回目)

模 型 名	峽南 基本断面
風 速	20.0 m/s
投 影 面 積	0.5982 m ²
模 型 幅	0.3482
$(C_D)_{\alpha=0}$	0.439
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	5.730
$(dC_M/d\alpha)_{\alpha=0}$	1.450



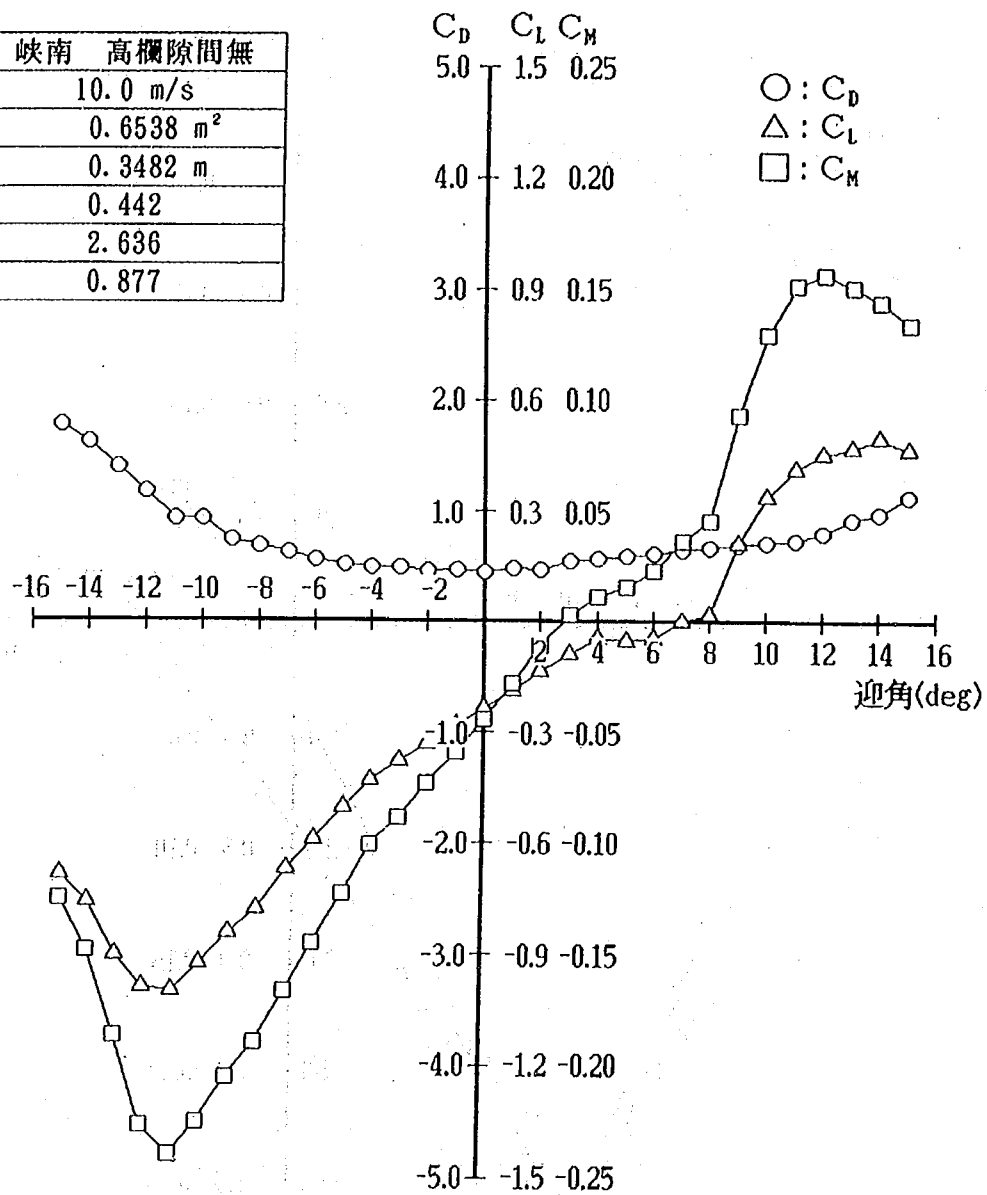
付図-4.2(a) 三分力曲線 (基本断面、風速20m/sec、1回目)

模 型 名	峽南 基本断面
風 速	20.0 m/s
投 影 面 積	0.5982 m ²
模 型 幅	0.3482
$(C_D)_{\alpha=0}$	0.426
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	5.558
$(dC_M/d\alpha)_{\alpha=0}$	1.358



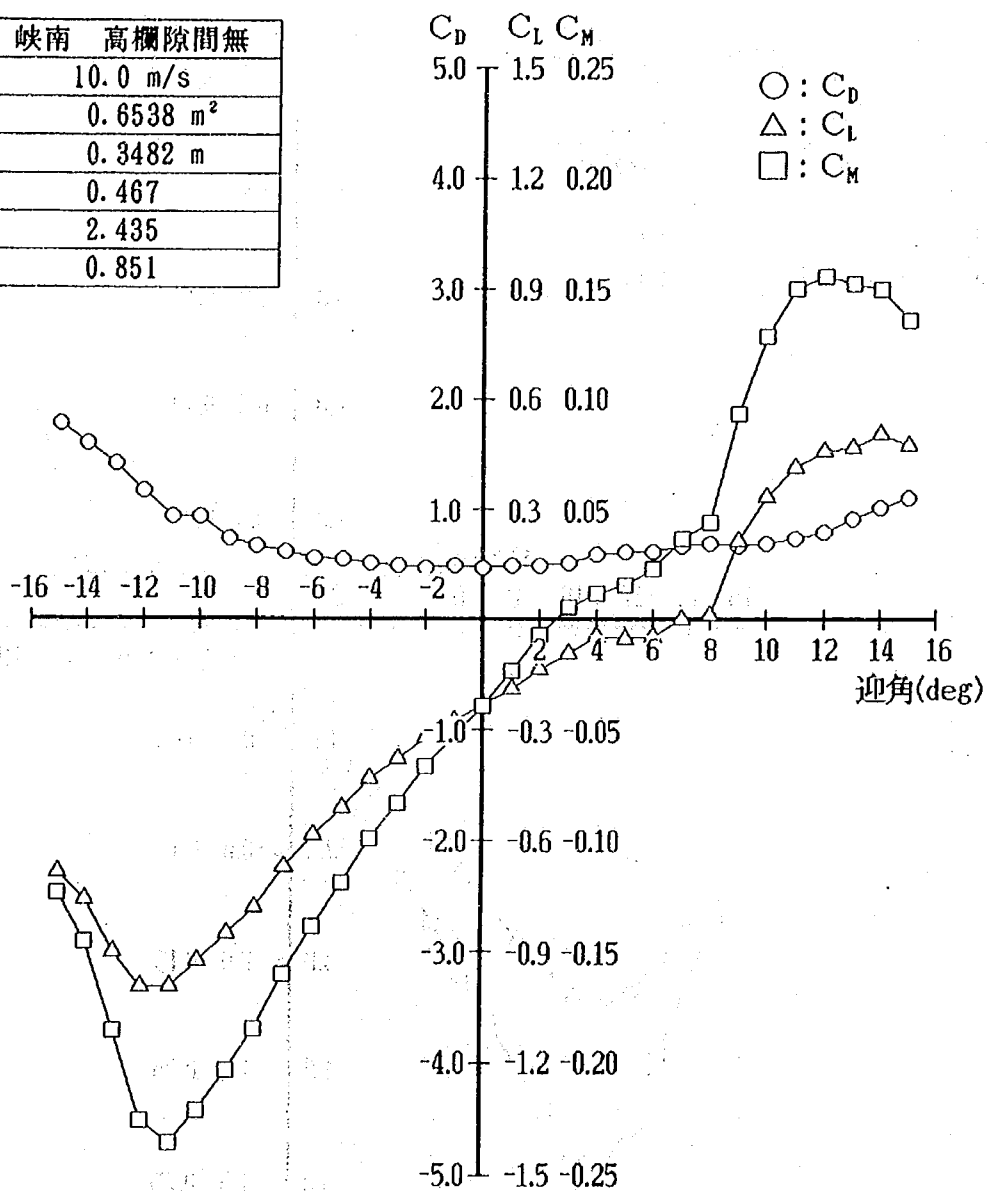
付図-4.2(b) 三分力曲線（基本断面、風速20m/sec、2回目）

模 型 名	峽南 高欄隙間無
風 速	10.0 m/s
投 影 面 積	0.6538 m ²
模 型 幅	0.3482 m
$(C_D)_{\alpha=0}$	0.442
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	2.636
$(dC_M/d\alpha)_{\alpha=0}$	0.877



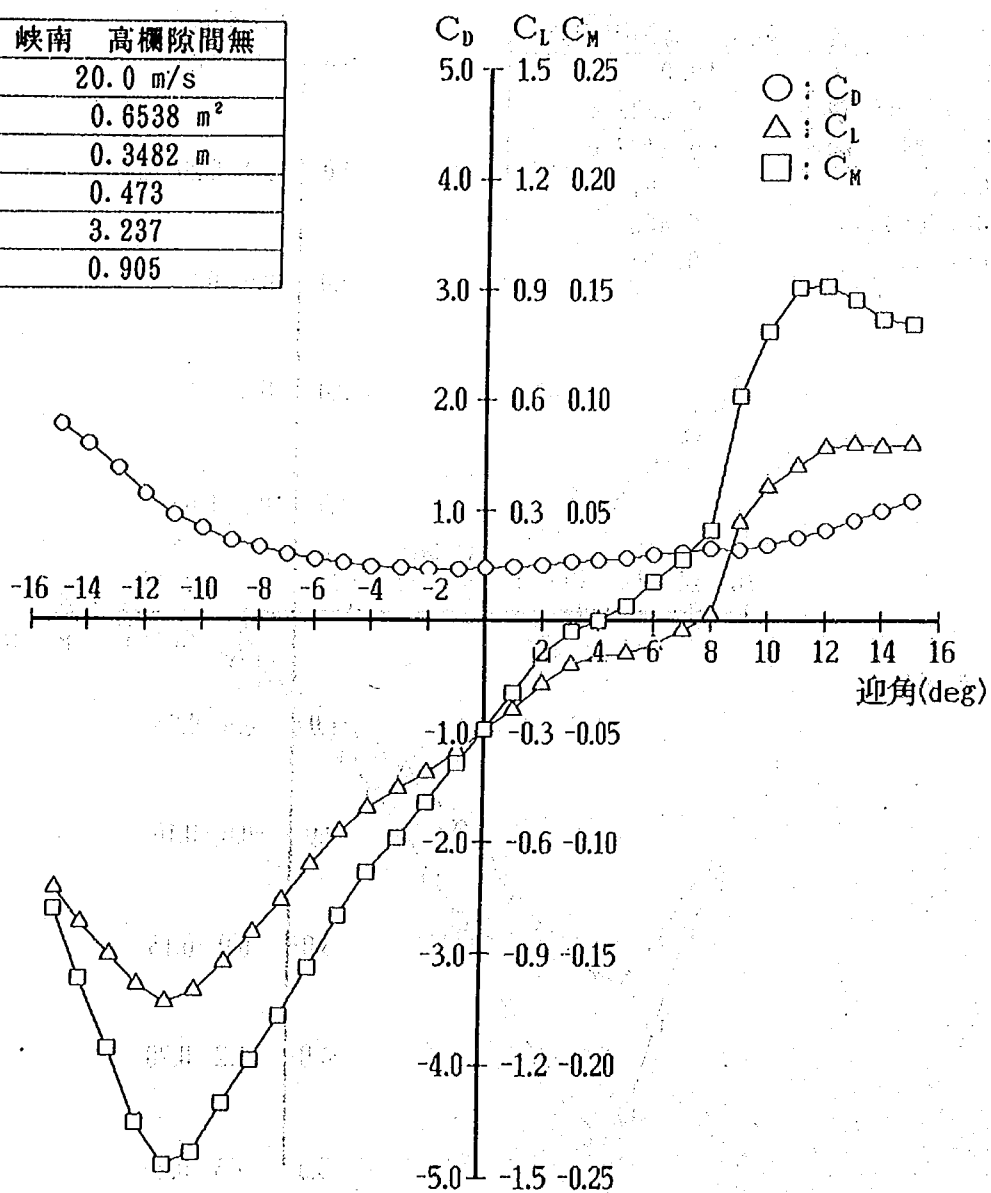
付図-4.3(a) 三分力曲線 (高欄隙間無し、風速10m/sec、1回目)

模 型 名	峽南 高欄隙間無
風 速	10.0 m/s
投 影 面 積	0.6538 m ²
模 型 幅	0.3482 m
$(C_D)_{\alpha=0}$	0.467
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	2.435
$(dC_M/d\alpha)_{\alpha=0}$	0.851



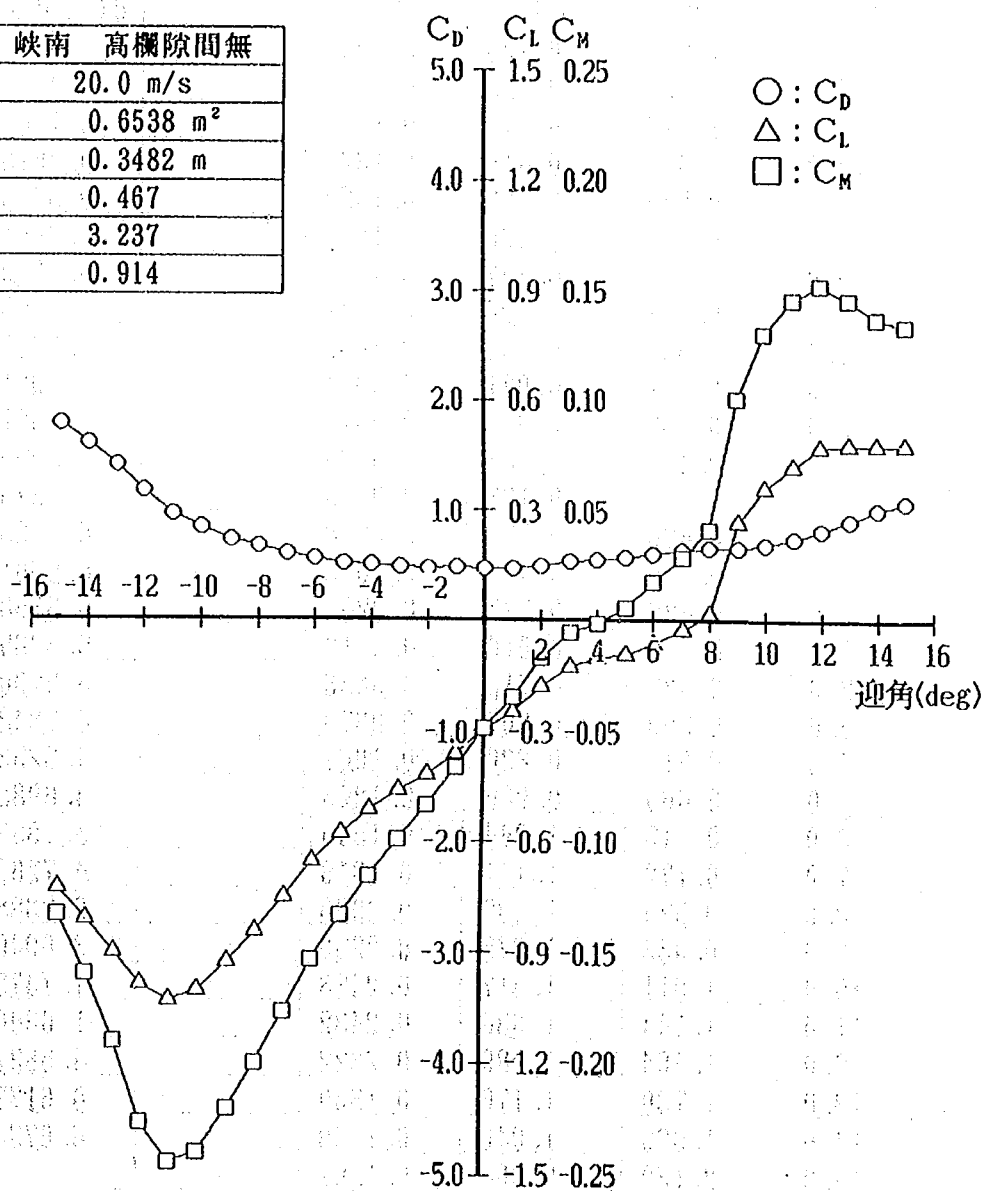
付図-4.3(b) 三分力曲線 (高欄隙間無し、風速10m/sec、2回目)

模 型 名	峽南 高欄隙間無
風 速	20.0 m/s
投 影 面 積	0.6538 m ²
模 型 幅	0.3482 m
$(C_D)_{\alpha=0}$	0.473
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	3.237
$(dC_M/d\alpha)_{\alpha=0}$	0.905



付図-4.4(a) 三分力曲線 (高欄隙間無し、風速20m/sec、1回目)

模 型 名	峡南 高欄隙間無
風 速	20.0 m/s
投 影 面 積	0.6538 m ²
模 型 幅	0.3482 m
$(C_D)_{\alpha=0}$	0.467
$(dC_L/d\alpha)_{\alpha=0}$	3.237
$(dC_M/d\alpha)_{\alpha=0}$	0.914



付図-4.4(b) 三分力曲線（高欄隙間無し、風速20m/sec、2回目）

付表-1.1(a) 三分力係数 (基本断面、風速10m/sec、1回目)

試験名 基本断面
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.5982 m²
 空気密度 0.1281 kg/m³
 風速 10.0 m/sec

迎角	CD	CL	CM		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.304	0.428	0.1203			
14.0	1.198	0.423	0.1218		0.4011	-0.0516
13.0	1.118	0.414	0.1221		0.1146	-0.3151
12.0	0.985	0.419	0.1328		-0.2578	-0.8909
11.0	0.825	0.423	0.1532		0.5443	-0.9683
10.0	0.665	0.400	0.1666		3.8961	0.3466
9.0	0.559	0.287	0.1411		5.7869	1.4181
8.0	0.532	0.198	0.1171		4.3258	0.9798
7.0	0.506	0.136	0.1069		3.6383	0.6875
6.0	0.479	0.071	0.0931		3.8961	0.7277
5.0	0.452	0.000	0.0815		4.4691	0.7506
4.0	0.426	-0.085	0.0669		5.5290	0.9454
3.0	0.399	-0.193	0.0485		6.7323	1.2061
2.0	0.426	-0.320	0.0248		6.7323	1.2806
1.0	0.426	-0.428	0.0038		5.9301	1.2949
0.0	0.426	-0.527	-0.0204		5.3858	1.3092
-1.0	0.479	-0.616	-0.0419		5.3285	1.2376
-2.0	0.532	-0.713	-0.0636		5.5290	1.3006
-3.0	0.559	-0.809	-0.0873		4.7842	1.2347
-4.0	0.612	-0.880	-0.1067		4.3258	1.2089
-5.0	0.665	-0.960	-0.1295		4.6983	1.3694
-6.0	0.719	-1.044	-0.1545		5.1853	1.5011
-7.0	0.772	-1.141	-0.1819		4.7269	1.3694
-8.0	0.825	-1.209	-0.2023		3.8388	1.2519
-9.0	0.932	-1.275	-0.2256		3.0940	1.1602
-10.0	1.011	-1.317	-0.2428		1.7475	0.6474
-11.0	1.144	-1.336	-0.2482		-1.0600	-0.5901
-12.0	1.464	-1.280	-0.2222		-4.5837	-1.8678
-13.0	1.730	-1.176	-0.1830		-6.6177	-2.2431
-14.0	1.996	-1.049	-0.1439		-6.0734	-1.7848
-15.0	2.129	-0.964	-0.1207			

付表-1.1(b) 三分力係数（基本断面、風速10m/sec、2回目）

試験名 基本断面
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.5982 m²
 空気密度 0.1281 kgs²/m⁴
 風速 10.0 m/sec

迎角	CD	CL	CM		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.304	0.423	0.1193			
14.0	1.224	0.423	0.1221		0.2578	-0.1031
13.0	1.144	0.414	0.1229		0.1146	-0.3610
12.0	0.985	0.419	0.1347		-0.2578	-0.8623
11.0	0.798	0.423	0.1530		0.4011	-0.9654
10.0	0.692	0.405	0.1684		3.8961	0.3552
9.0	0.586	0.287	0.1406		5.9301	1.4496
8.0	0.532	0.198	0.1178		4.3258	0.9454
7.0	0.506	0.136	0.1076		3.5237	0.6675
6.0	0.466	0.075	0.0945		3.8961	0.7477
5.0	0.452	0.000	0.0815		4.6983	0.8193
4.0	0.452	-0.089	0.0659		5.7869	0.9654
3.0	0.426	-0.202	0.0478		6.8755	1.1975
2.0	0.426	-0.329	0.0241		6.6177	1.2691
1.0	0.426	-0.433	0.0035		5.6723	1.2548
0.0	0.452	-0.527	-0.0197		5.3858	1.3293
-1.0	0.506	-0.621	-0.0429		5.2426	1.3207
-2.0	0.532	-0.710	-0.0658		5.1280	1.2892
-3.0	0.559	-0.800	-0.0879		4.9847	1.2949
-4.0	0.612	-0.884	-0.1110		4.6983	1.2949
-5.0	0.665	-0.964	-0.1331		4.7269	1.3092
-6.0	0.692	-1.049	-0.1567		4.8701	1.4295
-7.0	0.772	-1.134	-0.1830		4.7842	1.4696
-8.0	0.825	-1.216	-0.2080		3.8961	1.4152
-9.0	0.905	-1.270	-0.2324		3.0367	1.1029
-10.0	1.011	-1.322	-0.2465		1.6329	0.5157
-11.0	1.171	-1.327	-0.2504		-1.0886	-0.6675
-12.0	1.464	-1.284	-0.2232		-4.2399	-1.8793
-13.0	1.730	-1.179	-0.1848		-6.8755	-2.2689
-14.0	1.970	-1.044	-0.1440		-6.0161	-1.8535
-15.0	2.103	-0.969	-0.1201			

付表-1.2(a) 三分力係数 (基本断面、風速20m/sec、1回目)

試験名 基本断面
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.5982 m²
 空気密度 0.1281 kgs²/m⁴
 風速 20.0 m/sec

迎角	CD	CL	CM		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.258	0.435	0.1249		-1.1746	-0.3810
14.0	1.164	0.447	0.1278		-0.6016	-0.5329
13.0	1.098	0.476	0.1382		0.4011	-0.8050
12.0	0.978	0.468	0.1464		1.2032	-0.8881
11.0	0.858	0.462	0.1663		3.6956	0.2349
10.0	0.679	0.426	0.1774		5.2999	1.2634
9.0	0.559	0.333	0.1581		4.8128	1.2977
8.0	0.512	0.241	0.1333		4.5550	1.0227
7.0	0.472	0.165	0.1128		4.7842	0.9196
6.0	0.452	0.082	0.0976		5.7869	1.1516
5.0	0.446	-0.002	0.0807		7.3625	1.2376
4.0	0.466	-0.120	0.0574		6.9328	1.2319
3.0	0.439	-0.259	0.0375		5.3858	1.2032
2.0	0.426	-0.362	0.0144		5.4717	1.2118
1.0	0.432	-0.447	-0.0045		6.3885	1.4037
0.0	0.439	-0.553	-0.0279		5.7296	1.4496
-1.0	0.452	-0.670	-0.0535		4.8988	1.3063
-2.0	0.479	-0.753	-0.0785		5.3858	1.2949
-3.0	0.512	-0.841	-0.0991		5.2139	1.3493
-4.0	0.572	-0.941	-0.1237		5.0420	1.3608
-5.0	0.619	-1.023	-0.1462		4.7269	1.3465
-6.0	0.679	-1.117	-0.1712		4.3831	1.3694
-7.0	0.745	-1.188	-0.1932		4.2112	1.3035
-8.0	0.805	-1.270	-0.2190		3.2086	1.1287
-9.0	0.915	-1.335	-0.2387		1.1746	0.6016
-10.0	0.998	-1.382	-0.2584		-2.8648	-0.8824
-11.0	1.151	-1.376	-0.2597		-4.8701	-1.8392
-12.0	1.424	-1.282	-0.2276		-5.2139	-1.9853
-13.0	1.717	-1.206	-0.1955		-6.0734	-1.9194
-14.0	1.906	-1.100	-0.1583		-31.5127	-4.5350
-15.0	2.129	-0.994	-0.1285			

付表-1.2(b) 三分力係数 (基本断面、風速20m/sec、2回目)

試験名 基本断面
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.5982 m²
 空気密度 0.1281 kg/s²/m⁴
 風速 20.0 m/sec

迎角	CD	CL	CM		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.241	0.429	0.1238		-1.1746	-0.3667
14.0	1.164	0.447	0.1271		-0.5157	-0.5329
13.0	1.091	0.470	0.1366		0.4870	-0.7821
12.0	0.991	0.465	0.1457		1.3465	-0.8480
11.0	0.852	0.453	0.1639		3.5523	0.1604
10.0	0.672	0.418	0.1753		5.2426	1.2490
9.0	0.552	0.329	0.1583		4.7842	1.2892
8.0	0.499	0.235	0.1317		4.4118	0.9712
7.0	0.466	0.162	0.1133		4.6696	0.8079
6.0	0.439	0.081	0.0978		6.0161	1.0113
5.0	0.432	-0.001	0.0851		7.3912	1.2892
4.0	0.426	-0.129	0.0625		6.5890	1.3092
3.0	0.419	-0.259	0.0401		5.3858	1.2777
2.0	0.406	-0.359	0.0168		5.3858	1.2834
1.0	0.426	-0.447	-0.0045		6.2452	1.4066
0.0	0.426	-0.547	-0.0280		5.5577	1.3579
-1.0	0.446	-0.665	-0.0536		4.8701	1.3321
-2.0	0.479	-0.741	-0.0754		5.5577	1.3035
-3.0	0.506	-0.835	-0.1001		5.3858	1.3780
-4.0	0.559	-0.935	-0.1209		5.2139	1.5183
-5.0	0.619	-1.023	-0.1482		4.7269	1.3808
-6.0	0.685	-1.117	-0.1739		4.3831	1.3321
-7.0	0.745	-1.188	-0.1964		4.3831	1.3550
-8.0	0.818	-1.270	-0.2204		3.0367	1.0714
-9.0	0.918	-1.341	-0.2437		1.0027	0.4784
-10.0	0.985	-1.376	-0.2578		-2.8648	-0.8967
-11.0	1.158	-1.376	-0.2604		-5.0420	-1.9108
-12.0	1.437	-1.276	-0.2265		-4.8701	-1.8306
-13.0	1.710	-1.200	-0.1937		-5.7296	-1.7733
-14.0	1.923	-1.106	-0.1626		-31.6846	-4.6581
-15.0	2.116	-1.000	-0.1318			

付表-1.3(a) 三分力係数 (高欄隙間無し、風速10m/sec、1回目)

試験名 基本断面、高欄隙間無し
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.6538 m²
 空気密度 0.1264 kgs²/m⁴
 風速 10.0 m/sec

迎角	CD	CL	CM		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.130	0.467	0.1346			
14.0	0.983	0.498	0.1445		-0.0859	-0.4670
13.0	0.921	0.470	0.1509		1.2892	-0.3466
12.0	0.798	0.453	0.1566		1.5756	-0.0286
11.0	0.737	0.415	0.1519		3.3805	0.7706
10.0	0.712	0.335	0.1297		5.9015	1.6816
9.0	0.688	0.209	0.0932		9.1100	2.4036
8.0	0.663	0.017	0.0458		5.9874	1.6301
7.0	0.639	0.000	0.0363		1.8335	0.6560
6.0	0.614	-0.047	0.0229		1.4897	0.5987
5.0	0.590	-0.052	0.0154		0.0000	0.3323
4.0	0.565	-0.047	0.0113		1.0886	0.3552
3.0	0.540	-0.090	0.0030		2.5210	0.6446
2.0	0.467	-0.135	-0.0112		2.8648	0.9053
1.0	0.479	-0.190	-0.0286		2.9221	0.9540
0.0	0.442	-0.237	-0.0445		2.6356	0.8766
-1.0	0.467	-0.282	-0.0592		2.7215	0.8308
-2.0	0.454	-0.332	-0.0735		2.8075	0.8451
-3.0	0.491	-0.380	-0.0887		2.9221	0.7964
-4.0	0.491	-0.434	-0.1013		3.6669	0.9941
-5.0	0.516	-0.508	-0.1234		4.5550	1.2634
-6.0	0.553	-0.593	-0.1454		4.7555	1.2519
-7.0	0.626	-0.674	-0.1671		5.4431	1.2806
-8.0	0.676	-0.783	-0.1901		4.8988	1.1058
-9.0	0.737	-0.845	-0.2057		4.2112	1.0227
-10.0	0.921	-0.930	-0.2258		4.5550	0.9855
-11.0	0.921	-1.004	-0.2401		1.7762	0.0344
-12.0	1.167	-0.992	-0.2270		-2.8075	-1.5097
-13.0	1.388	-0.906	-0.1874		-6.5317	-2.2403
-14.0	1.609	-0.764	-0.1488		-6.1879	-1.7676
-15.0	1.769	-0.690	-0.1257			

付表-1.3(b) 三分力係数 (高欄隙間無し、風速10m/sec、2回目)

試験名 基本断面、高欄隙間無し
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.6538 m²
 空気密度 0.1264 kg/s²/m⁴
 風速 10.0 m/sec

迎角	CD	CL	CM		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.105	0.475	0.1358			
14.0	1.007	0.503	0.1497		0.2865	-0.4756
13.0	0.909	0.465	0.1524		1.3465	-0.1719
12.0	0.786	0.456	0.1557		1.4897	0.0688
11.0	0.737	0.413	0.1500		3.5523	0.7821
10.0	0.688	0.332	0.1284		5.7009	1.6215
9.0	0.663	0.214	0.0934		9.2533	2.4265
8.0	0.688	0.009	0.0437		6.1306	1.6329
7.0	0.663	0.000	0.0364		1.6043	0.5959
6.0	0.614	-0.047	0.0229		1.4897	0.5987
5.0	0.614	-0.052	0.0155		0.0000	0.3295
4.0	0.590	-0.047	0.0114		1.2319	0.2779
3.0	0.516	-0.095	0.0058		2.6070	0.5300
2.0	0.491	-0.138	-0.0071		2.7215	0.8337
1.0	0.491	-0.190	-0.0233		2.7215	0.9282
0.0	0.467	-0.233	-0.0395		2.4351	0.8508
-1.0	0.491	-0.275	-0.0530		2.5783	0.7821
-2.0	0.467	-0.323	-0.0668		3.0080	0.8709
-3.0	0.491	-0.380	-0.0834		3.1226	0.9397
-4.0	0.516	-0.432	-0.0996		3.8102	1.0256
-5.0	0.540	-0.513	-0.1192		4.4691	1.1287
-6.0	0.553	-0.588	-0.1390		4.6123	1.1803
-7.0	0.614	-0.674	-0.1604		5.5863	1.3121
-8.0	0.663	-0.783	-0.1848		5.1566	1.2233
-9.0	0.737	-0.854	-0.2031		4.0680	1.0342
-10.0	0.933	-0.925	-0.2209		4.0966	0.9225
-11.0	0.933	-0.997	-0.2353		2.0626	0.1289
-12.0	1.167	-0.997	-0.2254		-2.7215	-1.4324
-13.0	1.412	-0.902	-0.1853		-6.8182	-2.2832
-14.0	1.597	-0.759	-0.1457		-6.1306	-1.7561
-15.0	1.781	-0.688	-0.1240			

付表-1.4(a) 三分力係数 (高欄隙間無し、風速20m/sec、1回目)

試験名 基本断面、高欄隙間無し
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.6538 m²
 空気密度 0.1264 kg/m³
 風速 20.0 m/sec

迎角	CD	CL	CM		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.093	0.480	0.1346			
14.0	1.001	0.475	0.1364		0.0000	-0.3180
13.0	0.909	0.480	0.1457		0.1719	-0.4326
12.0	0.823	0.469	0.1515		1.6902	-0.1547
11.0	0.755	0.421	0.1511		3.0653	0.5901
10.0	0.688	0.362	0.1309		4.4118	1.4123
9.0	0.645	0.267	0.1018		9.8549	2.5754
8.0	0.651	0.018	0.0410		8.4225	2.1199
7.0	0.626	-0.027	0.0278		2.2918	0.6618
6.0	0.602	-0.062	0.0179		1.8335	0.6102
5.0	0.571	-0.091	0.0065		0.9740	0.5099
4.0	0.540	-0.096	0.0001		0.8594	0.3295
3.0	0.528	-0.121	-0.0050		2.1772	0.4555
2.0	0.497	-0.172	-0.0158		3.4950	0.7993
1.0	0.485	-0.243	-0.0329		3.5810	0.9597
0.0	0.473	-0.297	-0.0493		3.2372	0.9053
-1.0	0.467	-0.356	-0.0645		3.3805	0.9368
-2.0	0.467	-0.415	-0.0820		2.8934	0.9740
-3.0	0.479	-0.457	-0.0985		2.7215	0.9196
-4.0	0.491	-0.510	-0.1141		3.3805	0.9912
-5.0	0.522	-0.575	-0.1331		4.4118	1.2261
-6.0	0.553	-0.664	-0.1569		5.2712	1.2949
-7.0	0.602	-0.759	-0.1783		5.2712	1.1660
-8.0	0.663	-0.848	-0.1976		4.7555	1.1115
-9.0	0.719	-0.925	-0.2171		4.4404	1.1774
-10.0	0.829	-1.003	-0.2387		3.0653	0.7792
-11.0	0.952	-1.032	-0.2443		-0.5157	-0.3810
-12.0	1.148	-0.985	-0.2254		-3.5523	-1.4754
-13.0	1.382	-0.908	-0.1928		-4.7555	-1.8249
-14.0	1.597	-0.819	-0.1617		-5.1853	-1.7905
-15.0	1.781	-0.727	-0.1303			

付表-1.4(b) 三分力係数 (高欄隙間無し、風速20m/sec、2回目)

試験名 基本断面、高欄隙間無し
 模型長さ 0.970 m
 幅員 0.3482 m
 投影面積 0.6538 m²
 空気密度 0.1264 kgs²/m⁴
 風速 20.0 m/sec

迎角	CD	CL	CM		dCL/d α	dCM/d α
15.0	1.075	0.480	0.1347			
14.0	1.007	0.480	0.1377		0.0000	-0.3266
13.0	0.915	0.480	0.1461		0.2292	-0.4240
12.0	0.817	0.472	0.1525		1.6902	-0.0057
11.0	0.749	0.421	0.1463		3.1799	0.6274
10.0	0.694	0.361	0.1306		4.4118	1.3006
9.0	0.657	0.267	0.1009		9.8262	2.5669
8.0	0.657	0.018	0.0410		8.4225	2.0856
7.0	0.633	-0.027	0.0281		2.2918	0.6818
6.0	0.596	-0.062	0.0172		1.9194	0.6388
5.0	0.571	-0.094	0.0058		1.2032	0.5414
4.0	0.547	-0.104	-0.0017		0.9740	0.3266
3.0	0.534	-0.128	-0.0056		2.1772	0.4469
2.0	0.491	-0.180	-0.0173		3.4664	0.8365
1.0	0.467	-0.249	-0.0348		3.3518	0.9081
0.0	0.467	-0.297	-0.0490		3.2372	0.9139
-1.0	0.473	-0.362	-0.0667		3.5523	0.9998
-2.0	0.467	-0.421	-0.0839		2.8934	0.9368
-3.0	0.479	-0.463	-0.0994		2.7215	0.9282
-4.0	0.497	-0.516	-0.1163		3.3805	0.9912
-5.0	0.510	-0.581	-0.1340		4.0680	1.0829
-6.0	0.559	-0.658	-0.1541		4.9274	1.2319
-7.0	0.596	-0.753	-0.1770		5.4431	1.3149
-8.0	0.663	-0.848	-0.2000		5.0993	1.2490
-9.0	0.725	-0.931	-0.2206		4.5837	1.1402
-10.0	0.835	-1.008	-0.2398		2.8934	0.6790
-11.0	0.952	-1.032	-0.2443		-0.4870	-0.3839
-12.0	1.167	-0.991	-0.2264		-3.7242	-1.5327
-13.0	1.400	-0.902	-0.1908		-5.0993	-1.8965
-14.0	1.603	-0.813	-0.1602		-4.9274	-1.6473
-15.0	1.781	-0.730	-0.1333			

付表-2.1 動的載荷試験結果（たわみ）

π 3.1415927
 W 5.177 kg/model
 θ 0.00655 kg·m·s²/model

		w	100 % ³	0.204081633
	Δm	Freq(Hz)	$1/2\pi f^2$	$\Delta 1/2\pi f^2$
1	0	3.4236	0.002161097	
2	0.204081633	3.351	0.002255752	9.4655E-05
3	0.408163265	3.2833	0.002349736	9.3984E-05
4	0.612244898	3.2194	0.002443939	9.4203E-05
5	0.816326531	3.1584	0.002539253	9.5314E-05
		ave	9.4539E-05	
		k η	2158.70	

W :
過不足分

W : 4.5719 kg
 過不足分 -0.6051 kg

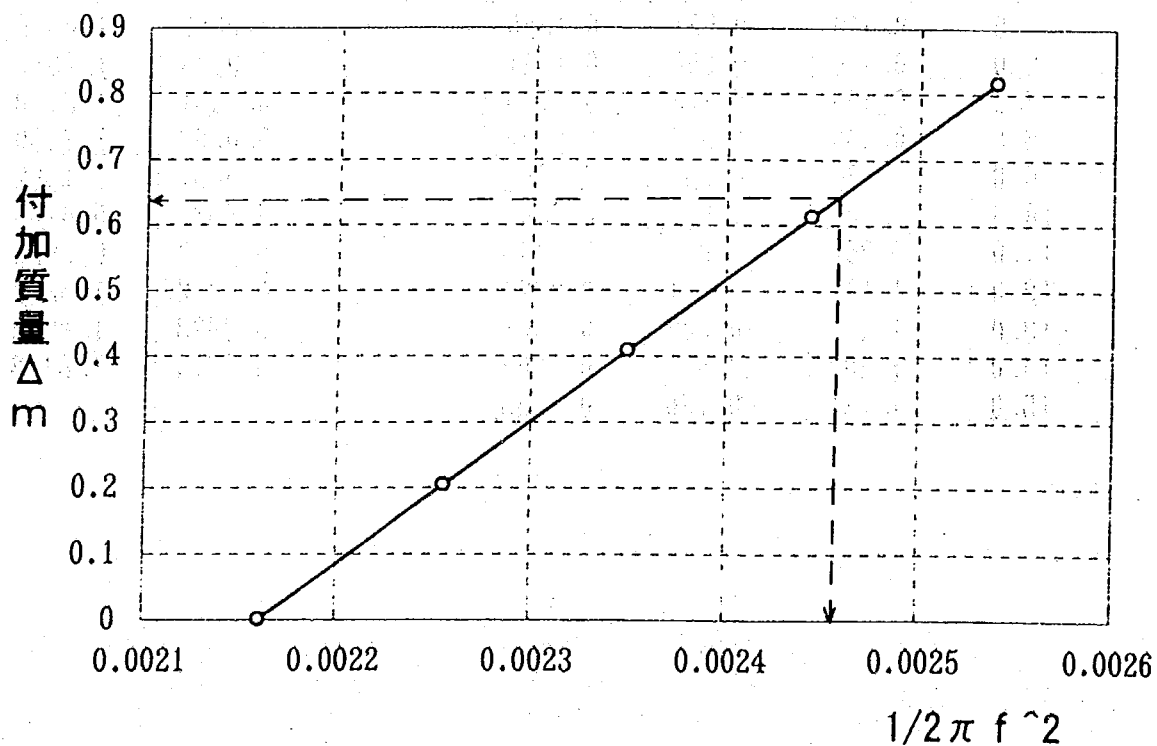
回帰分析の結果：

Y 切片 -4.669448368
 Y 評価値の標準誤差 0.000869941
 R 2 乗 0.999994549
 標本数 5
 自由度 3

W : 4.5761 kg
 過不足分 -0.6009 kg

X 係数 2160.726738
 X 係数の標準誤差 2.912642178

調整 f : 3.2083 Hz
 W : 5.2109 kg
 過不足分 0.0339 kg



付表-2.2 動的載荷試験結果（ねじれ）

π 3.1415927
 W 5.177 kg/model
 θ 0.00655 kg·m·s²/model

w 408.8 $\frac{mm}{s}$

	r (cm)	$\Delta \theta$	Freq(Hz)	$1/2 \pi f^2$	$\Delta 1/2 \pi f^2$
1	0.0	0.0000	7.8159	4.1465E-04	
2	15.0	93.8571	7.2604	4.8053E-04	6.5878E-05
3	23.0	220.6686	6.6633	5.7051E-04	8.9979E-05
4	30.0	375.4286	6.0616	6.8939E-04	2.0886E-04

ave 1.2157E-04
 $k \theta$ 772021.26

θ : 0.0032
 過不足分 -0.0033

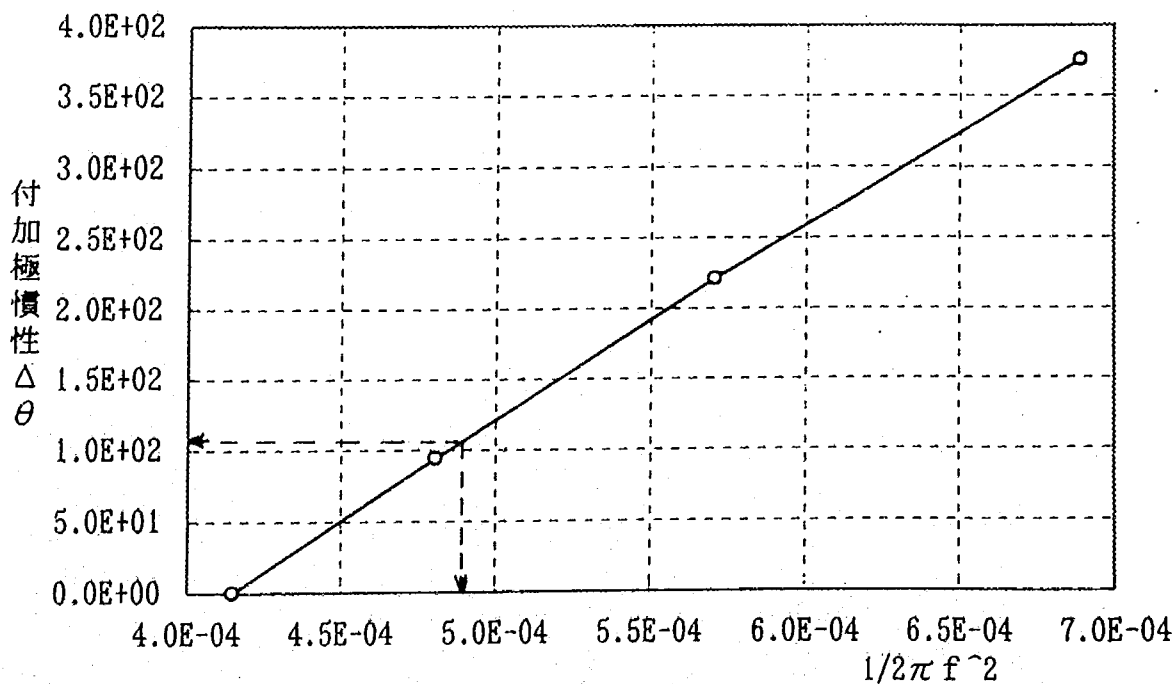
回帰分析の結果：

Y 切片 -5.6399E+02
 Y 評価値の標準誤差 4.5084E+00
 R 2 乗 9.9949E-01
 標本数 4
 自由度 2

X 係数 1366971.66
 X 係数の標準誤差 21870.9512

θ : 5.6682E-03 kg·m·s²/model
 過不足分 -0.0009

調整 f : 7.266 Hz
 θ : 6.5586E-03 kg·m·s²/model
 過不足分 0.0000



峡南大橋の耐風性調査報告書

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第3350号

平成7年3月(1995)

構造橋梁部構造研究室

佐藤弘史・日下部毅明・今野久志

松藤洋照・嶋本栄治

要 旨

群馬県吾妻郡長野原町地先のハッ場ダムに湖面橋として計画中の吊橋である峡南大橋の耐風安定性を検討するためにバネ支持実験を行った。実験では、計画断面の耐風安定性の検討を行うとともに、フェアリング形状、高欄隙間の有無等の影響についてもあわせて検討した。次に、三分力試験を行い耐風性検討の基礎資料として各空力特性を調べた。その結果、計画断面は十分な耐風性を有することが確認された。

キーワード：峡南大橋、吊橋、バネ支持模型実験、三分力試験、可視化実験

郵便はがき

切手をは
て下さい。

3 0 5 - □ □

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

構造橋梁部構造研究室

御中

No. 46

No. 46

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第 3350 号(峽南大橋
の耐風性調査報告書)

部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料第 3350 号

○ 峽南大橋の耐風性調査報告書