



Aero
ST. Section

土木研究所資料

第799号

末広大橋耐風性調査報告書

昭和48年3月

建設省土木研究所
構造橋梁部構造研究室

土木研究所資料 第七九九号 末広大橋耐風性調査報告書

昭和四十八年三月 建設省土木研究所

序

末広大橋は徳島県が計画している箱ゲタ断面の斜張橋である。本橋の耐風性は設計の当初より重要視され検討が進められた。すなわち東京大学土木工学科橋梁研究室に於いて概略設計断面3種についての耐風性の比較実験が行なわれた。その結果各断面とも失速フラッター現象と見なされるねじれ振動と渦励振現象とみられるたわみ振動の発現が認められたが、逆梯形断面を最終設計の基本断面とするのが適当であろうとの結論が得られた¹⁾。続いて逆梯形箱ゲタ案の設計が進められ、詳細設計案に対する風洞実験も行なわれたが、模型の相似則が十分満足されていなかったことおよび数種の対策を施しても比較的低風速で生じるたわみ振動を抑制することができなかったことに問題が残った²⁾。

以後、徳島県に耐風性など技術上の問題点を検討するための「末広大橋技術研究会」が設けられ、風洞実験は当研究所構造研究室に引き継がれることになった。本調査では詳細設計案の基本断面を踏襲し、高欄・整流板など形状の一部を変更することにより低風速で発現するたわみ振動を抑止しようとする試みがなされ、その結果比較的耐風性の良好な断面を求めることができた。結果の一部は既に中間報告として技術研究会に報告してあるが、本報告書ではその後の実験結果を追加し、取りまとめたものである。

昭和48年3月

室 長	成 田 信 之
研 究 員	横 山 功 一
研究室員	宮 沢 宏
同	野 村 一 夫

目 次

序	1
1. まえがき	5
1.1. 末広大橋の概要	5
1.2. 耐風性に関する問題点	5
1.3. 東京大学が実施した調査の概要	6
1.4. 土木研究所が実施した調査の概要	7
2. 風速調査	
2.1. 風速調査の概要	8
2.2. 基本風速	8
2.3. 設計風速および限界風速	8
2.4. 強風の頻度と風向	9
3. 風洞模型実験	10
3.1. 風洞と風洞実験	10
3.2. 風洞模型	10
4. 実験結果と考察	11
4.1. バネ支持模型実験	11
4.2. 三分力試験	13
4.3. 結 論	13
5. あとがき	15
資料：図	17
表	54
写真	61
参考文献	65

1. まえがき

1.1 末広大橋の概要

末広大橋は国道55号線のバイパスとして徳島県により計画されている末広有料道路が徳島市内の新町川を越える地点に架設を計画されている中央径間 250m 側径間109.25mの三径間連続鋼床版箱ゲタ斜張橋で、その一般図を図-1に、諸元を表-1に示す。またその位置を図-2に示す。郊外の眉山から撮影した架橋地点およびその周辺の写真(写真-1)にも見られるように、周辺の地形は東側は紀伊水道に開け、近くには障害物となるものが少なく比較的平坦であり風の影響を受け易いと言うことができるであろう。

1.2 耐風性に関する問題点

吊橋が強風により振動を起し、破壊することがあるということは広く認識されているが、同様に斜張橋も風の影響を受け易い構造物である。一般に構造物が風の作用を受けて振動する際の空力的機構に関しては、最近非定常空気力を測定しその結果を用いて説明しようとする試みがなされている³⁾。また、発現する現象面から風の作用の分類が詳細に報告されている⁴⁾。その中で今回問題となるのはねじれフラッター (Torsional Flutter) と風琴振動 (Aeolian Oscillation) である。

ねじれフラッターは構造物の表面における気流の剥離が構造物の振動と位相差をもつことにより、構造物に負減衰効果を及ぼすために励起される1自由度の不安定振動であると云われているが、その発生機構は十分に解明されていない。このねじれフラッターは構造物にとって最も危険な不安定振動のひとつであり、設計に際しては限界風速以下でねじれフラッターが生じないように配慮する必要がある。

次に風の中におかれた構造物からはカルマン渦と呼ばれる渦列ができることはよく知られているが、風琴振動はこのような構造物の後流中に規則的に発生する渦によって交番空気力が作用するため発生するものである。後流中に発生する渦の周波数は風速に比例するため、風速が増加して渦の発生周波数が構造物の固有振動数に近づくと共振現象的な風琴振動が生ずる。更に風速が増せば渦の周波数が構造物の固有振動数をはずれるため振幅は減少するので、風琴振動によって一挙に構造物が破壊する恐れはあまりないが、この種の振動は比較的低い風速で起こることから出現する回数が非常に多いことに留意しなければならない。斜張橋の主桁は一般に充実断面が多く、従って風琴振動が起りやすいのでこの振動に対しては充分注意を払わねばならない。

今回はフラッターの発生する風速は高く、特に問題となるのは風琴振動である。風琴振動の防止策として次のような基本的な考え方がある⁵⁾。

- (1) 設計風速の範囲に対して構造物の固有振動周期がカルマン渦の発生周期と一致しないよ

うにする。

(2) 構造物の剛性を高め変形を抑える。

(3) vortex-killerなどを設けて渦を積極的に壊して、周期的な渦力の発生を防除する。

(4) 防加構造物（整流板など）を用いて気流の剥離を防ぐ。

(1)、(2)の方法は今回のような問題には不適當である。(3)は煙突などにラセン状の突起をつけて風による振動防止に役立てた例がある。また(4)の例として、斜張橋の風琴振動防止のために三角形の整流板を付けることにより、よい結果が得られたと報告されている⁶⁾。

更に、振動が防ぎ得ないものとしたならば、その振幅をどの程度まで許容するかという問題がある。この点に関しては構造および人体感覚という観点から調べる必要があろう。詳細設計案に対する振動時の応力試算によると最大応力は、たわみ振動の場合対称1次モードを考え中央径間中央で10cmたわみ変形が生じたとき側径間中央下フランジで、 $-170 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ 、またねじれ振動の場合1°のねじれ変形が生じたとき中央支間支承部下フランジで、 $-558 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ となり、この程度の振動は部材の疲労を考慮しても許容されることが分る。人体感覚の面からは、末広大橋は自動車専用道であるから歩行者に対する配慮は必要ない。自動車が0.5c/sという非常に低い振動数で振動している橋の上を走行する際に問題となる走行安全性・快適性に関しては、取り扱われた例は少なく限界値もなく明確な規準を定めることは困難である。

1.3 東京大学が実施した調査の概要

末広大橋は概略設計の段階からその耐風安定性を検討するため、東京大学において風洞実験が実施された。予備実験では図-3に示した3種の概略設計案についてバネ支持模型実験が行なわれ、各設計案ともねじれフラッターと風琴振動の発生が認められた。そして、振動の発生する風の迎角と発振風速を比較検討の結果、3種の内ではいわゆる逆梯形箱ゲタ断面が他の断面より耐風性が良いと判定された。その後、この断面について設計が進められ、詳細設計案に対する実験が継続されたが、その結果によると

(1) 直ちに橋梁の破壊に結びつくと考えられる自励振動の発振風速は74m/s以上 ($V/NB > 2$, $N = 2.04 \text{ Hz}$, $B = 18.5 \text{ m}$) で、自励振動の発現に対する安全性はおもむね確保されていること。

(2) 実橋風速にして大略15m/sの風によって、たわみの限定振動が発生する可能性がある。その時の振動振幅は、構造減衰、現地の風の特性などの影響が大きく、推定は困難ではあるが、実験結果を総合してみると、片振幅10cm内外、振動加速度100gal程度のたわみ振動が発生するかも知れないこと。

(3) 上記限定振動の軽減対策を2、3検討してみたが、若干の効果は認められたものの顕著に振動を減少させるものは見い出せなかったこと。

が、結論づけられている。

その後、東京大学における風洞改造工事、現地架設工程などの条件から、調査は当研究所に引きつがれ、「末広大橋耐風性調査」（徳島県委託）として実施される運びとなった。

また、同時に末広大橋架橋の技術上の問題点を究明し、助言および指導を行なうことを目的とした「末広大橋技術研究会」が設置された。

1.4 土木研究所で実施した調査の概要

土木研究所で実施した調査は風速調査と風洞実験とである。風速調査では設計風速および現地の強風の特徴を検討した。その結果、設計風速は 62.2m/s とし、架橋地点は 10m/s 以上の橋軸直角方向の風の吹く機会が多いことが判明した。

風洞実験は東京大学で行なわれた風洞実験を引き継ぎ、逆梯形箱ゲタ断面を基本断面とし、設計案の断面形状を一部修正して耐風性の良好なものに改善することを目的とした。特にたわみの風琴振動の最大加速度を $40\sim 50\text{gal}$ に抑えることを目標にした。風洞実験の結果は中間報告として技術研究会に報告し検討して、そこでの意見を次の実験計画にフィードバックするようにした。風洞実験第1段階では予備実験として6種11通りの補助部材を製作し、基本断面に一部の補助部材を取り付けたり、高欄を閉塞したりしてその振動防止効果を検討した。その結果、高欄を閉塞する方法および中央分離帯に中央フラップを設ける方法はよい結果が得られなかったが、端抑流板・端整流板を用いる方法は有効で、それぞれ単独で用いても効果が期待できることが分った。また地覆の形状が風琴振動発生に与える影響の大きいことが分った。末広大橋の風琴振動防止策として、端抑流板を取り付けることを基本方針としてその構造を検討し設計を行ない、3種の設計案に対して第2段階の風洞実験を行なった。その結果、端抑流板を取り付けた場合風琴振動を抑制できることを確認した。また、一部の断面に対しては三分力試験を行ない空気力係数を測定した。この結果からも端抑流板の効果が予測されるような揚力特性が見うけられた。

2. 風速調査

2.1 風速調査の概要

今回の調査が風琴振動とねじれフラッターとを対象としているので、風速調査もそれぞれに関連して行なわなければならない。風琴振動に対しては、その発生する風速が20m/s前後という比較的低風速の領域であることから、年間の頻度および風向を調査する必要がある。また、ねじれフラッターに関しては、破壊的現象であるということから橋梁の耐用年数と同じ程度の年最大風速再現期待値を参考にして基本風速を求め、構造物の空力弾性的な特性を考慮してフラッターの限界風速を求める必要がある。

2.2 基本風速

基本風速は架橋地点における長期間の観測資料を統計処理を行なって求めるのが最も望ましいが、一般にはそのような観測データが得られないので近隣の気象官署の資料を収集し地形因子による重回帰分析の手法を用いて推定されることが多い。今回は検討期間が短かったことおよび架橋地点の極く近くに気象官署があり長期間の観測資料が得られたことからこのデータを架橋地点と同じとみなして再現期待値を求めた。

期待値算出の詳しい手法は資料8)に譲るとして、作業手続きの流れを示す。

[手続き]

1. 年最大風速を大きさの順にならべる x_j
2. x_j に対応する分布関数として $F_j = 1 - \frac{j}{N-1}$ (Gumbel) を用いる。
3. 二重指数確率紙にプロットする。
4. Gringortenの方法で V_s 、 V_{20} を求め、回帰直線とする。

$$\bar{V} = 22.8, \sigma = 6.21$$

$$\begin{cases} V_s = \bar{V} + 0.7188\sigma = 27.27 \text{ m/s} \\ V_{20} = \bar{V} + 1.8625\sigma = 34.37 \text{ m/s} \end{cases}$$

得られた図-4の回帰直線より再現期間と風速期待値との関係が求められる。基本風速は構造物の耐用年数、非超過確率を勘案して決定されるべきであるが、ここでは一例として基本風速42m/s(測器高)を採用した。これは耐用年数50年、非超過確率0.6程度に相当する。

2.3 設計風速および限界風速

基本風速 V_{10} が定まると、設計風荷重の算定に用いる設計風速とフラッターの限界風速が次式から算定できる。

$$V_D = V_{10} * \nu_1 * \nu_2$$

$$V_{cr} = \begin{cases} V_D * 1.2 & ('67\text{耐風指針}) \\ V_{10} * \nu_1 * 1.3 & ('72\text{耐風基準}) \end{cases}$$

ただし、 ν_1 : 構造物の高度による補正係数

ν_2 : " 水平長 "

ただし、限界風速に関しては、本州四国連絡橋耐風設計指針(1967)と本州四国連絡橋耐風設計基準(1972)では定義が変更されている。

測器高(17.3m)、桁下高(30m)、支間(250m)を考慮し、べき定数 $p = 1/4$ 、 $1/6$ の2者について設計風速および限界風速を試算すると次のとおりである。なお既に進められていた設計に用いられた設計風速も併記する。

	V_{10}	p	ν_1	ν_2	V_D	$V_{cr}('67)$	$V_{cr}('72)$
試算値	m/s 36.6	1 / 4	1.316	1.203	m/s 57.9	m/s 69.5	m/s 62.6
	m/s 38.3	1 / 6	1.201	1.199	m/s 55.2	m/s 66.2	m/s 59.8
参考値	m/s 45.0	1 / 8	1.147	1.206	m/s 62.2	m/s 74.6	m/s 67.1

土木研究所で実施した風洞実験結果に対する解釈も、設計で用いられたと同じように設計風速 62.2m/s で行なった。

2.4 強風の頻度と風向

風琴振動は比較的低風速で発現するので、架橋地点の強風の頻度と風向とに注意しなければならない。図-5に昭和2~46年の月別の、表-2・図-6⁹⁾に最近10年間(昭和35~44年)の徳島気象台の風向頻度分布を示す。また表-3¹⁰⁾には徳島飛行場の1年間の風向頻度分布を示す。図-5、6には河道および橋軸方向を書き込んである。これより、架橋予定地点ではWNWおよびSSE方向の風が卓越することがわかる。特に10m/s以上の風については、橋軸に直交するWNW方向の冬期季節風が吹く頻度が高いことが予想されるので、風琴振動に対する十分な配慮がなされねばならないであろう。

3. 風洞模型実験

3.1 風洞および風洞実験

実験に使用した風洞は土木研究所構造研究室所属のB風洞で、その概略を示せば次の通りである。(図-7参照)

形 式 エッフェル型

測定部寸法 2.0H×1.0Wm

測定部風速 1~25m/s(連続)

行なった実験はバネ支持模型実験と三分力試験の2種類である。バネ支持模型実験の実験条件を表-4に示す。実験方法、実験装置、相似則については既に他で詳しく述べられているので、ここでは最少限の記述にとどめた。ただし、実験条件の中で実験装置および計測器の関係から、たわみ振動と捩れ振動との振動数比が2となり所要値4.44と合っていないが、連成振動が考えられないのでこれで充分であると考ええる。

3.2 風洞模型

風洞模型の縮尺は $1/40$ とし、極力重量を軽くして極慣性モーメントが相似できるようにした。模型は図-8に示すように基本断面を作成し、これに補助部材を取り付けて実験を行なうようにした。補助部材は6種11通り作成した。高欄A、地覆Aは当初の設計案に用いられたものである。端抑流板・中央フラップは橋面に沿う流れの剝離を防ぐために、また端整流板は耳ゲタよりの流れが剝離して大きな渦が生じるのを防ぐ役目を期待した。端整流板・端抑流板は風の迎角の変化に対して有効に働くように角度を2種類変えて製作した。

これらは模型として考えられたもので、構造設計的な検討はされていない。

高欄B・地覆B・端抑流板Bは予備実験後、実施設計案としての検討を加えて製作したものである。変更点は次の通りである。

高欄は従来の設計案ではアルミ製として提示されていたが、走行車輛の衝突などを考慮してより強固なものに変更した。その形状は関門道路橋のものと類似であり、また、設計荷重はその約 $1/2$ とした。

地覆 は耐風性上からは望ましくない部材であるが、雨仕舞いなどの面からも取りつけた方が良いとの判断があり、それ故、模型ではその高さを変えた2mmと0mmの2種について高さの効果を見ることとした。

端抑流板 は予備実験の結果および美観を考慮して、全幅を25mm(実物1.0m)に縮小したものに變更した。中央分離帯には8mm高(実物32cm)のブロックを取りつけることとした。

4. 実験結果と考察

4.1 バネ支持模型実験

行なったバネ支持模型実験ケースを表-5に示す。No.1~14は予備実験として、補助部材を種々組み合わせてその耐風性効果を調べた。No.15~17は、予備実験結果から効果が期待できると思われるものに対し実施設計案として満足できるように構造を再検討した断面について実験したものである。図-9に迎角と振動発生風の風速（換算風速）との関係を掲げる。この後に東大の実験結果も添えてある。架橋地点の地形が比較的平坦であることを考慮して、迎角は -4° ~ 6° の範囲で実験を行なった。図-10に限定振動時の最大振幅を示す。また図-11には構造減衰とたわみ振動振幅の関係を、図-12には風速と対数減衰率との関係を示す。以下に実験結果を概括し、検討を加える。

(1) 東大での実験結果との対比

東大で実施された実験結果を今回の実験結果と対比することは、実験の精度、実験の継続のために必要なことである。両者で用いられた基本断面は次の諸点で若干の差があるため、厳密な比較は不可能であるが、敢えて比較すると、両者には以下の差が見られる。ただし、比較は〔東大S-B(F)と土研No.1〕〔東大S-C(F)と土研No.7〕について行なった。

(模型の相異点)	東 大	土 研
支 間	660mm	980mm
橋面横断勾配	0%	2%
高 欄 高	26mm	28mm(形状に相異あり)
地 覆 寸 法	6×12mm	6×12mm(形状に相異あり)
耳 ゲ タ	円孔($\phi=10\text{mm}$ 、 $P=15\text{mm}$)	なし
中央分離帯	8mm高2列	なし

(原型の場合)

たわみ振動：東大では $V \approx 12\text{m/s}$ ($\alpha=4, 6^{\circ}$)、 $V=25\text{m/s}$ ($\alpha=2, 4, 6^{\circ}$)の2領域にたわみの限定振動が測定されたが、土研では $V=20\text{m/s}$ を中心に可成り広い風速領域で同種の振動が観測された。

ねじれ振動：東大では $V \approx 45\text{m/s}$ ($\alpha=2, 4^{\circ}$)で、ねじれの限定振動が観測されたが、土研ではその他に 30m/s 付近でもう一つの不安定領域が測定された。

ねじれフラッター：土研では振動数比が相似されていないため実用上の上限風速約 90m/s までにねじれフラッターが発生しないことを確認するに止めた。

(原型の高欄を一部閉塞した場合)

たわみ振動：東大では15m/s内外の風速で生ずるたわみ限定振動が $-2^{\circ} \sim 6^{\circ}$ の領域に拡がっているが、土研の実験では、風速領域が20m/s前後に移り、また $\alpha \leq 2^{\circ}$ ではたわみ振動を生じていない。

(2) 高欄閉塞の効果

高欄を順次閉塞して行った効果は、図-9に見られる通りである。それによると東大の実験では $-2^{\circ} \sim 0^{\circ}$ の領域で見られた、たわみの限定振動が土研では見い出されていない。また、 $\alpha \geq 2^{\circ}$ 以上の迎角で発生する振幅は、土研の場合が極端に大きい。これらは、形状、支持ばねの直線性などに関係するものと思われる。

高欄を閉塞して、限定振動を抑制しようとする際には現地の風の迎角特性を考慮する必要があるが、現状ではその資料はない。実験結果によると迎角 2° で、2mm前後(実橋換算で約10cm)、地形条件によって迎角特性がもっと大きな正の値をもった際には振幅が急激に増大することを覚悟しなければならない。

(3) 中央フラップの効果

迎角 2° における振幅が大きく、有効な手段ではない。

(4) 端抑流板の効果

端抑流板を設けて気流の剥離を防ぐことにより、たわみ限定振動がどの程度抑えられるかを実験No.8、No.9で調べた。その結果は極めて良好で、たわみ限定振動は全く消滅した。また、試験的に行なった2自由度のフラッター実験では δ が0.030~0.035程度でや、大きかったが、空力減衰力は大きく、ねじれの限定振動、フラッターなどの発生はないものと考えられる。また、端抑流板のみを付したものでも同様の結果を示した。

(5) 端整流板の効果

端整流板の効果について実験No.10、12、13により調べた。 -20° の端整流板を設けた場合、同時に張出部下側覆板を付した場合には、たわみ限定振動は発生しなかった。ただし、実験No.10で 0° の端整流板と地覆を取り付けた場合には $2^{\circ} \sim 6^{\circ}$ で振動が生じた。地覆があるために端整流板の効果が減少しているようである。

(6) 地覆の影響

原型では高さ25cm幅50cmの地覆を設けることになっている。地覆が耐風性に与える影響は大きいので、実験No.1、11、14で高欄Aに対し地覆の高さを変えてその影響を調べた。その結果、地覆高さを低くすることは迎角 0° の場合には耐風性を良好にすることが判明したが、迎角が増した場合にはその効果は減少する傾向を示した。

(7) たわみ振幅と構造減衰の関係

図-11は実験No.1の場合について構造減衰が振幅に及ぼす効果を調べたものである。それによると、実用の構造減衰の範囲 ($\delta=0.02\sim0.03$?)では構造減衰の効果はそれ程顕著には表われていないように見受けられる。

(8) 最終断面の耐風性

実験No.15~17は最終断面に対しての実験である。端抑流板Bをつけた場合には迎角 $-4^\circ\sim4^\circ$ の範囲で安定であったが、高欄のみの場合は地覆高さを低くしても $2^\circ\sim4^\circ$ で振動が発生した。

4.2 三分力試験

バネ支持模型実験を行なった断面の一部のケースに対して空気力係数の測定も試みた。図-13に三分力係数を示す。三分力係数は次式によって算出されたものである。

$$\begin{cases} C_D = D / \frac{1}{2} \rho V^2 A \\ C_L = L / \frac{1}{2} \rho V^2 B \\ C_M = M / \frac{1}{2} \rho V^2 B^2 \end{cases}$$

ただし、 C_D 、 C_L 、 C_M : 抗力、揚力、空気モーメント係数

D 、 L 、 M : 抗力、揚力、空力モーメント

ρ : 空気密度

V : 風洞風速

A : 水平暴露面積

B : 橋幅

三分力は風軸に関しての値をとっている。測定は風速の影響を考慮して約10mと15mとの2通りの場合について行なった。

その結果、抗力係数 C_D としては0.7~0.9程度の値になる。これは設計に用いられた $C_D 2.4$ とは著しい差があり設計風荷重としては過大に評価していることになるが、全体の剛性を確保するためにもこれでよいと思われる。

4.3 結論

今回の調査より得た結論は次の通りである。

- (1) 原設計案はフラッターの限界風速は高く、破壊振動の発生はないものと考えられる。但し、比較的低風速においてたわみの限定振動の発生が予想される。これを防除するために高欄を断続的に閉塞する方法、および地覆を撤去する方法は有効な手段ではない。
- (2) 端整流板を取りつける方法は地覆の撤去、端抑流板の併用などが無い限り十分に有効な手段とはなり得ない。
- (3) 端抑流板を取りつける方法は最も有効で、上向き 10° 、弦長1mのものを高欄上端に取り

つけた場合、限定振動の発生は避けられよう。

この際、フラッター風速は 100m/s 以上と予想され、実用上問題とはならない。

- (4) 端抑流板を採用した際の風の収斂効果については別途煙風洞実験等により検討する必要がある。

5. あとがき

端抑流板を取り付けることによりたわみの限定振動を抑止することができるという結論が得られ、一応初期の目的は達成されたものと考えられる。検討期間が短かったため十分な実験を行なっておらず、この防止策が最良とは考えていない。今後、この種の系統的な実験がなされ、より良い防止策を追求すると共に、その理論的な検討を期待するものである。

最後に種々お世話になった徳島県土木部、末広大橋技術研究会の方々に心からお礼を申し上げる次第である。

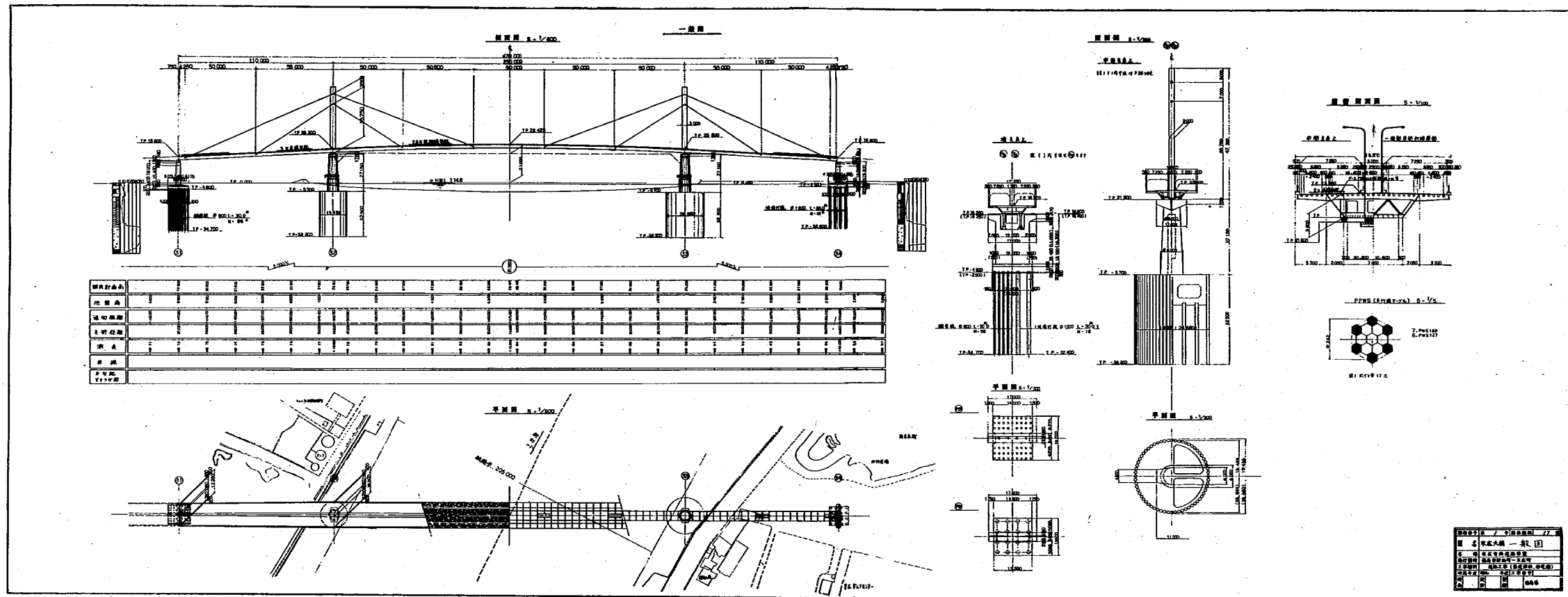


图-1 末庄大桥一般图

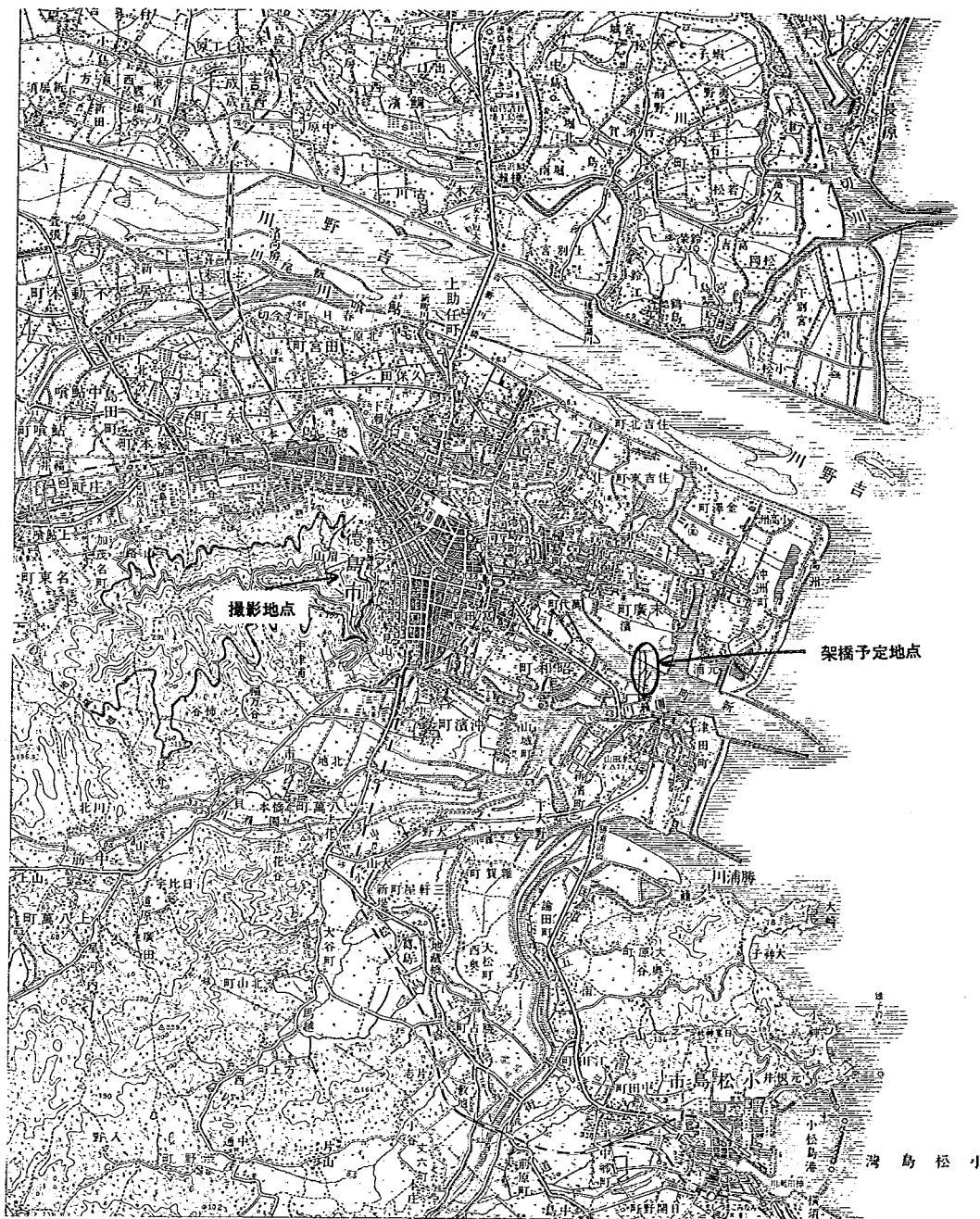
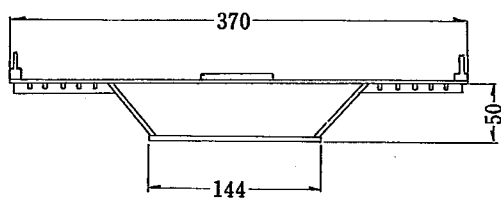
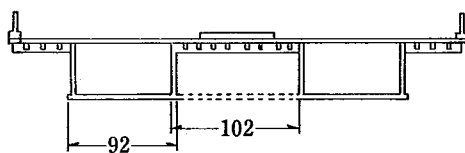


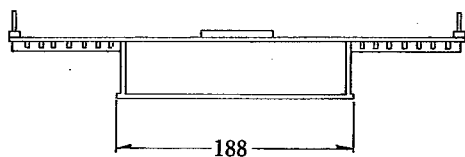
図-2 末広大橋位置図



SB-1 型



SB-2, 2' 型



SB-3 型

圖-3 概略設計案断面図

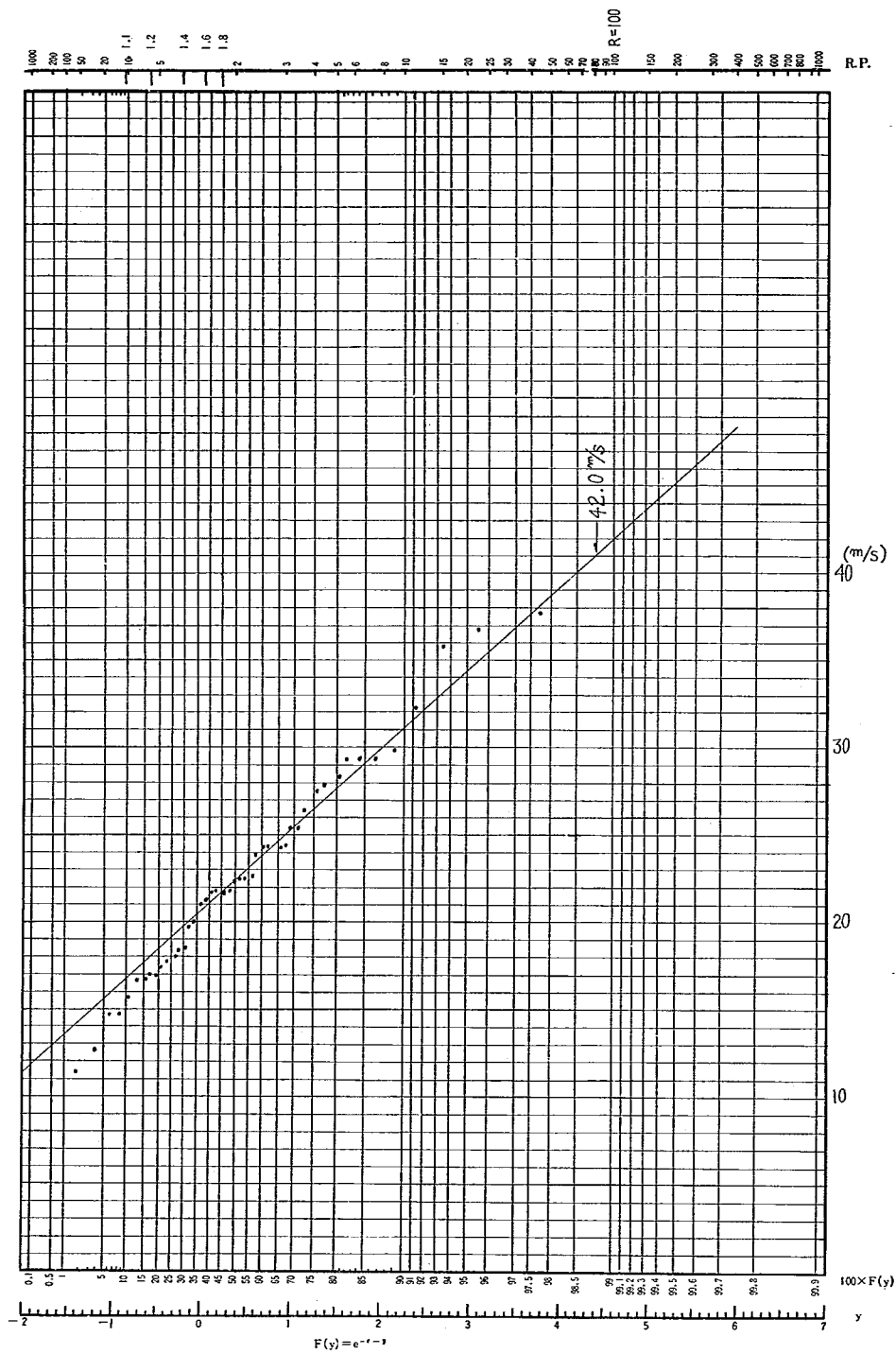


図-4 再現期間と風速期待値

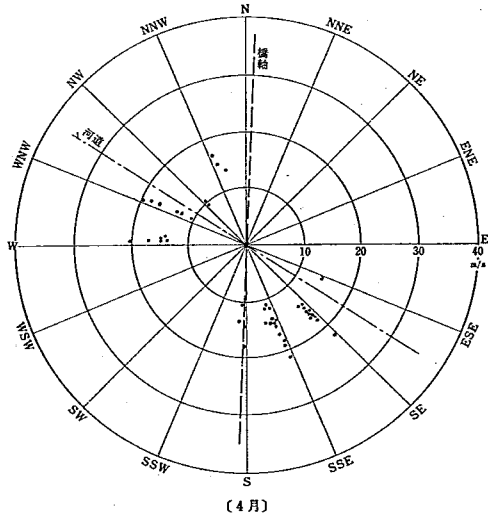
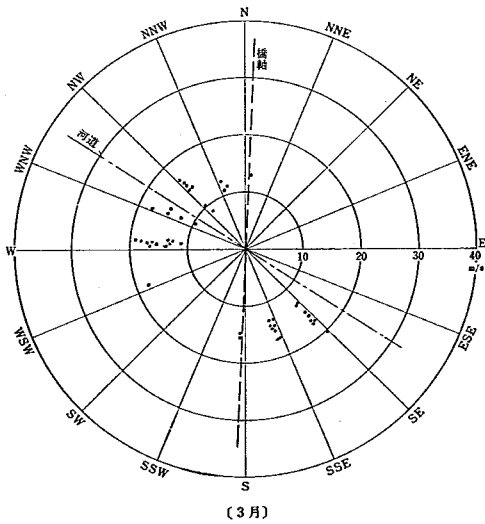
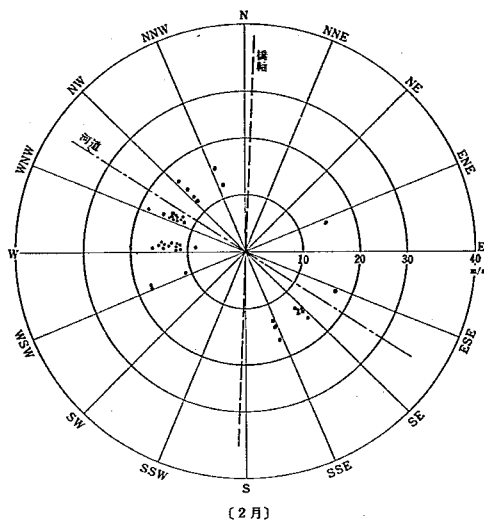
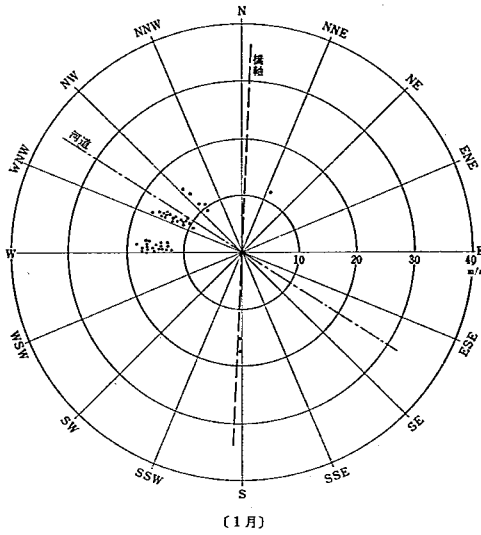
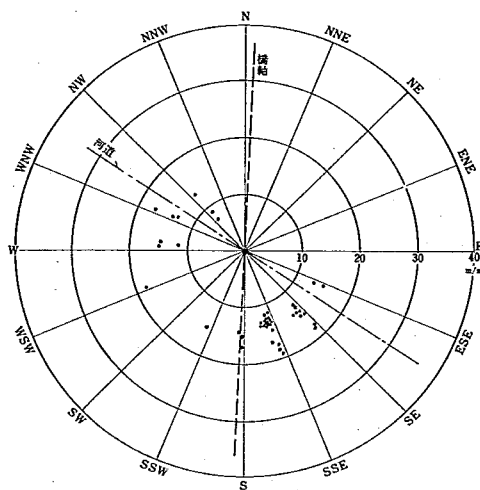
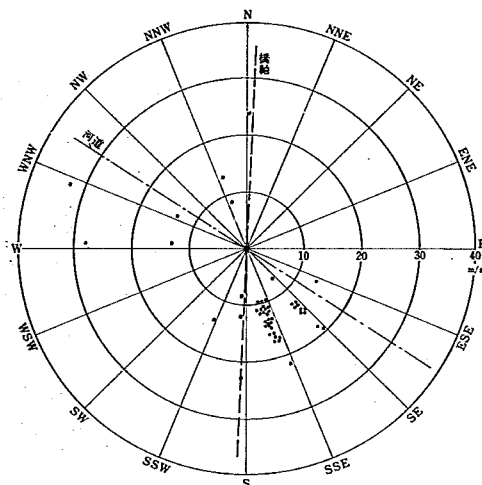


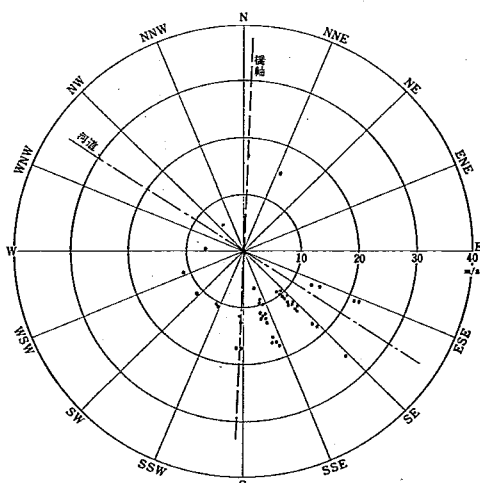
圖-5 風向頻度図



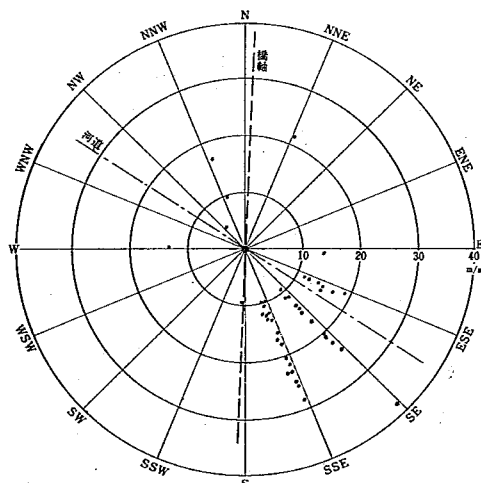
(5月)



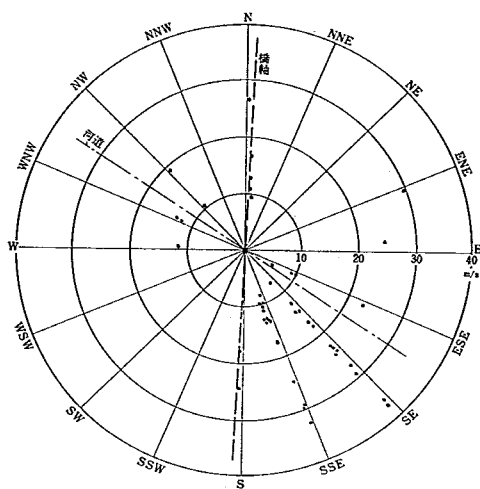
(6月)



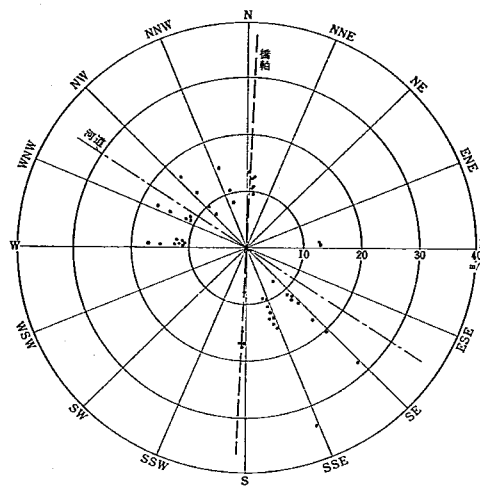
(7月)



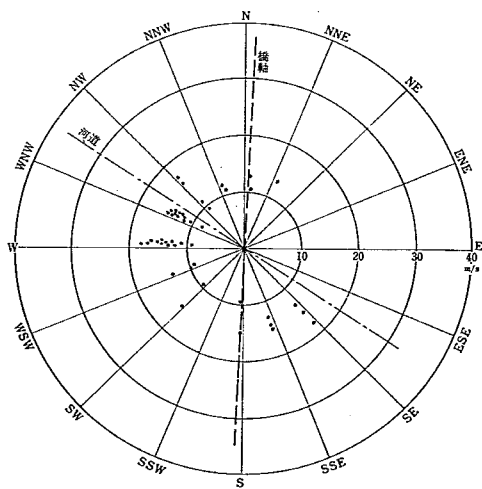
(8月)



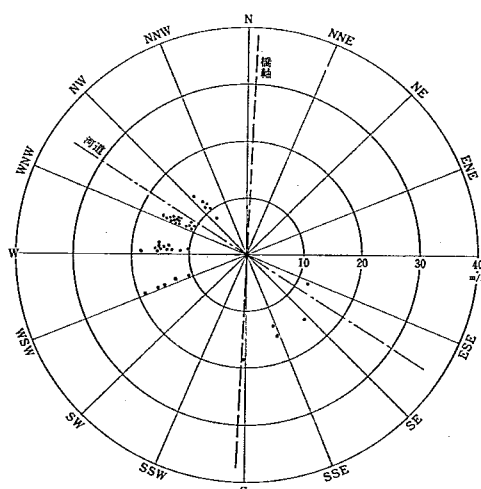
(9月)



(10月)



(11月)



(12月)

図-6 (その1) 昭和35年～昭和44年(10年間) 風向ひん度図

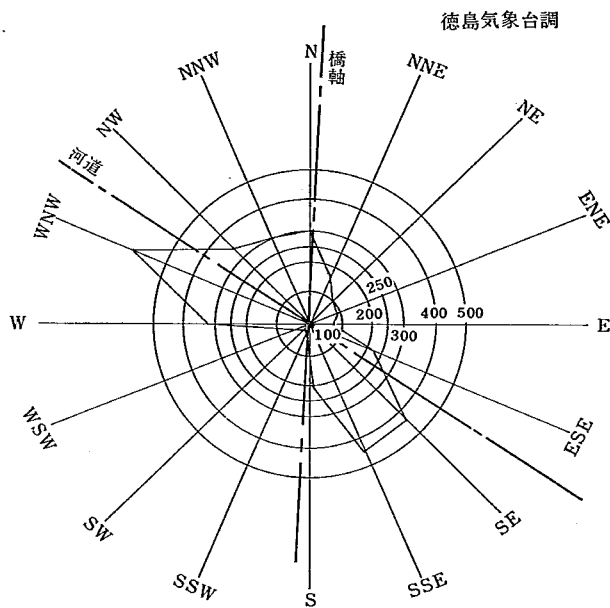
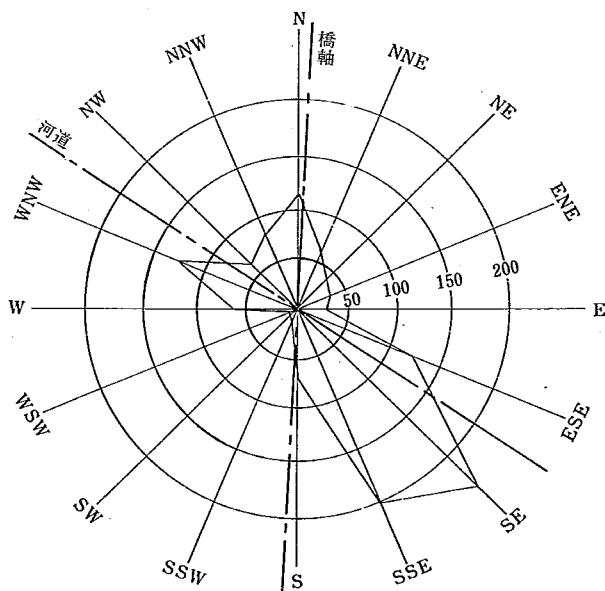


図-6 (その2) 昭和35年～昭和44年(10年間) 風向ひん度図 (7月～10月回数)

徳島气象台調



德島气象台調

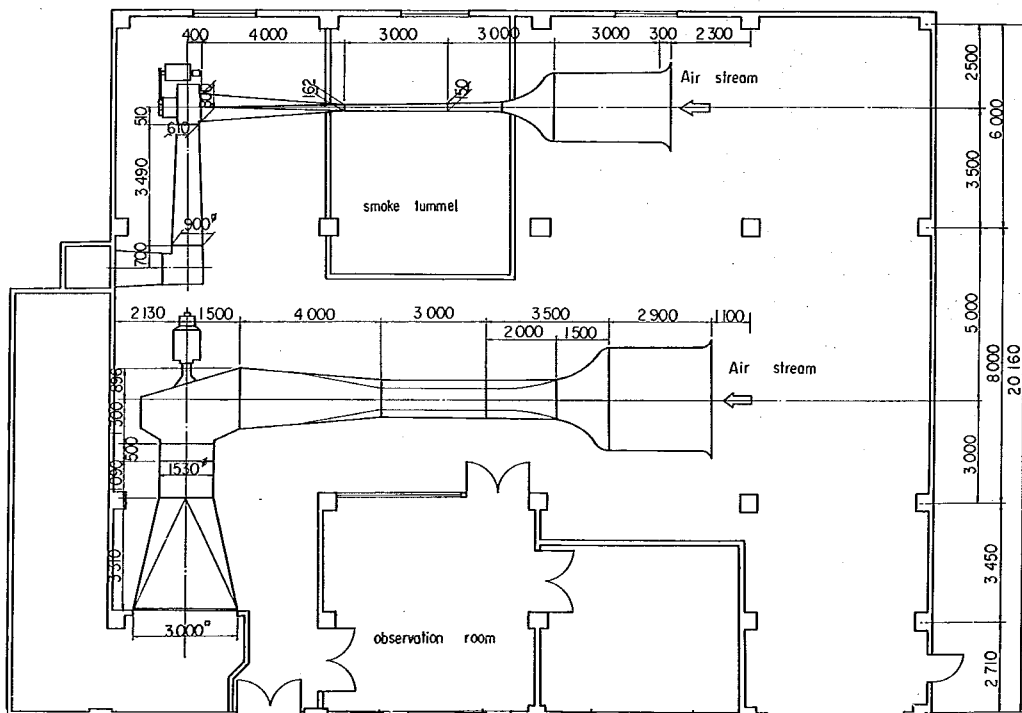
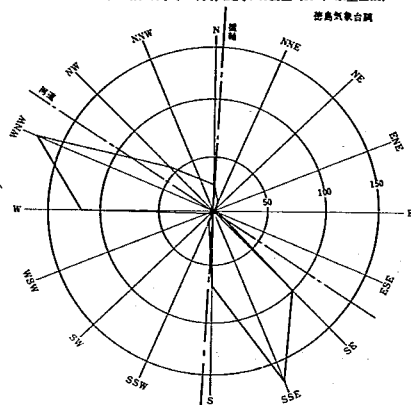
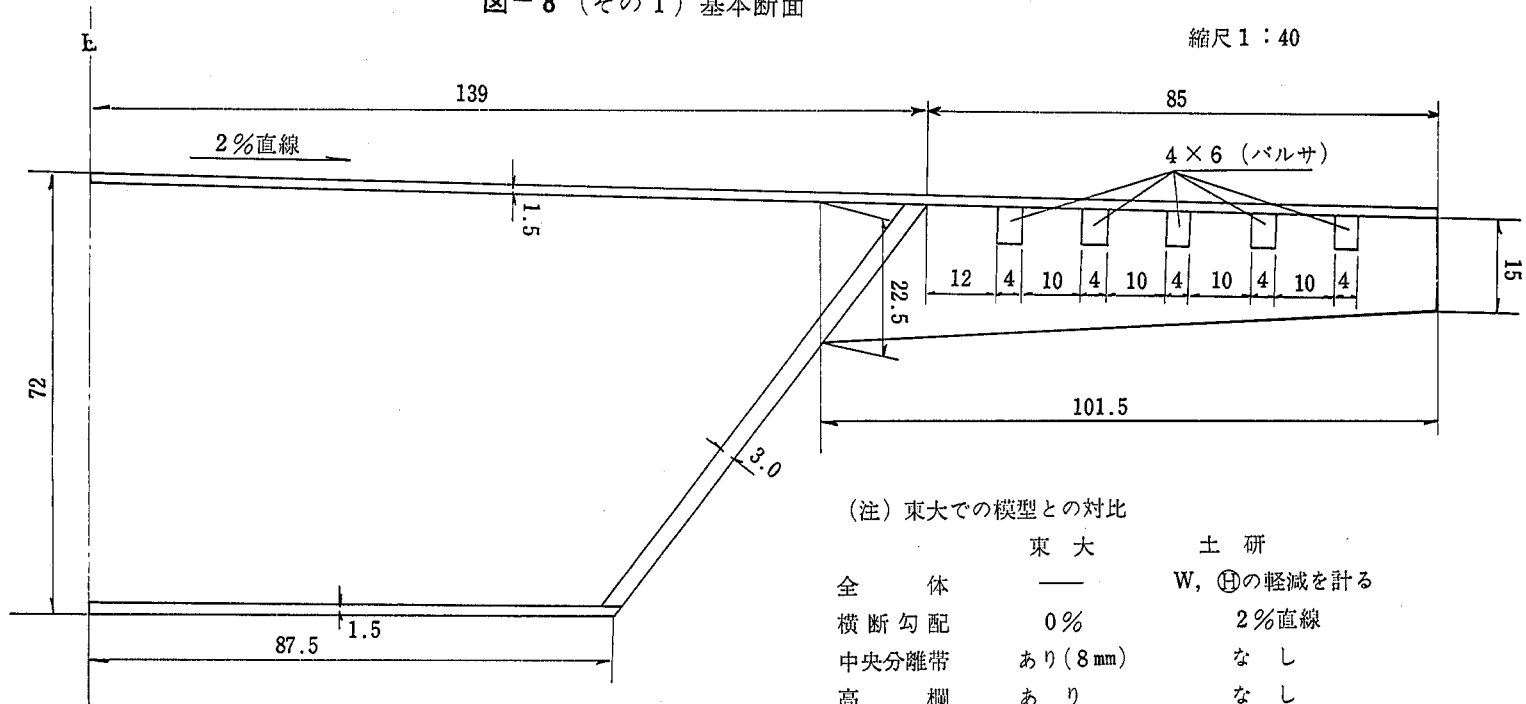


図-8 (その1) 基本断面



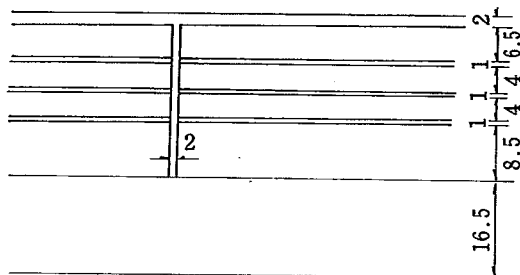
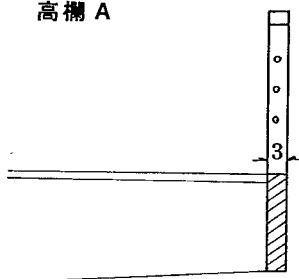
縮尺 1 : 40

(注) 東大での模型との対比

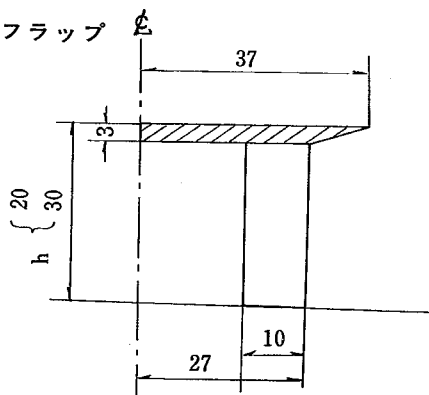
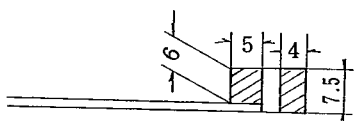
	東 大	土 研
全 体	—	W, ⊕の軽減を計る
横断勾配	0%	2%直線
中央分離帯	あり(8mm)	なし
高 欄	あり	なし
耳 ゲ タ	円孔取りつけ	なし

ポスト間隔 62.5

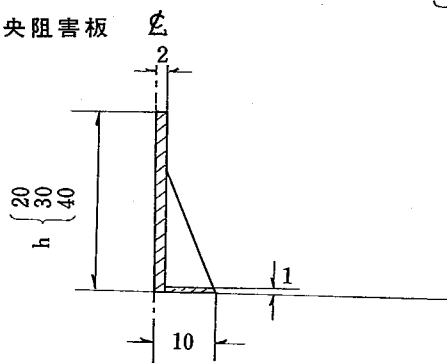
ポスト間隔 62.5



中央フラップ $\mathcal{E}$



④



端抑流板 A

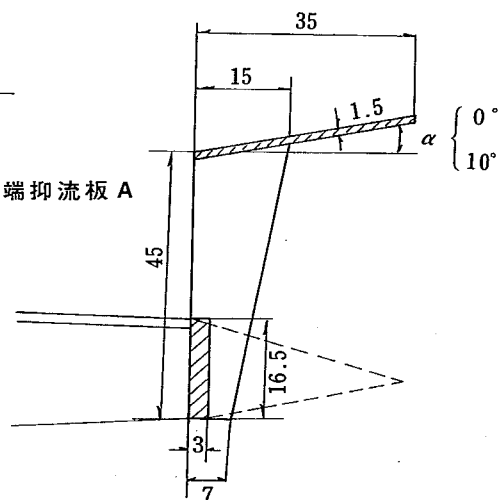
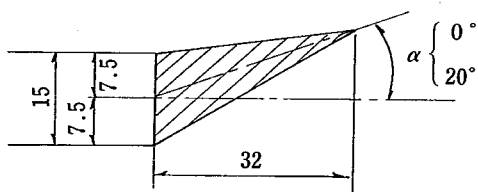
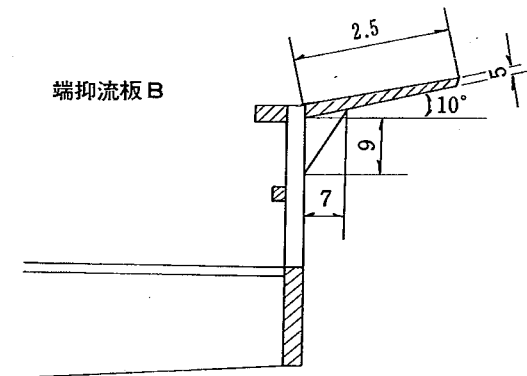
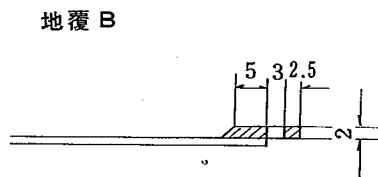
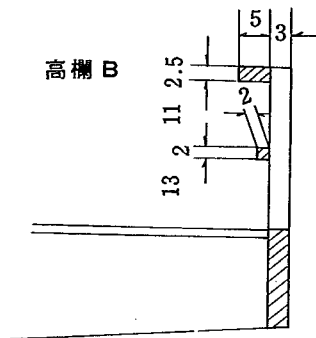
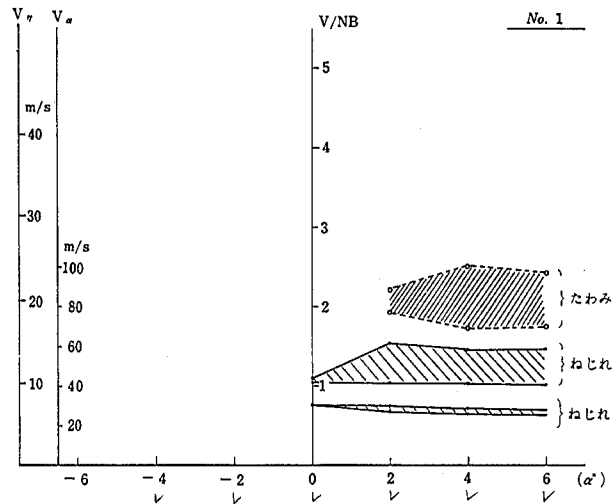


図-8 (その3) 補助部材





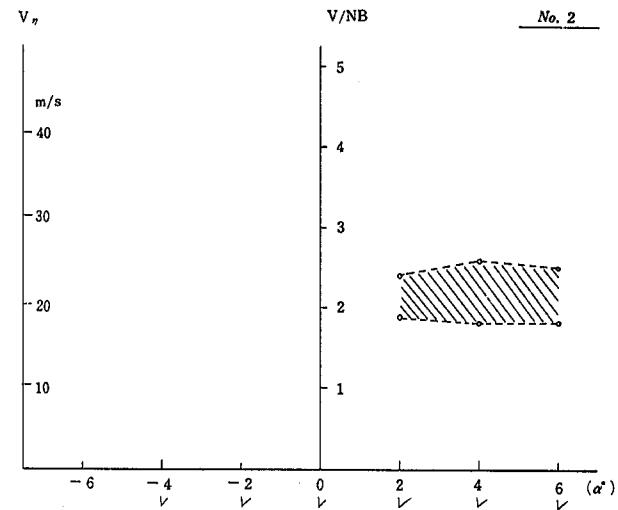
∠は実験を行なった初期迎角

形状	高欄・地覆とりつけ	
	所要値	実測値
W	5.73	5.90
Ⓢ	0.4732	0.471
	(kg/model)	
	(kgmsec ^{1/2} /model)	
	Ver.M.	Tor.M
N _η	2.60	—
N _α	—	5.29
	(Hz)	
	(Hz)	

○h, αは分離実験
○振幅は定常振動の発生する領域を有効としている。

	-4°	-2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	0.017	0.016	0.0155	0.019	0.0275	0.0215
δ _α			0.022			

第9-1 VC~α曲線

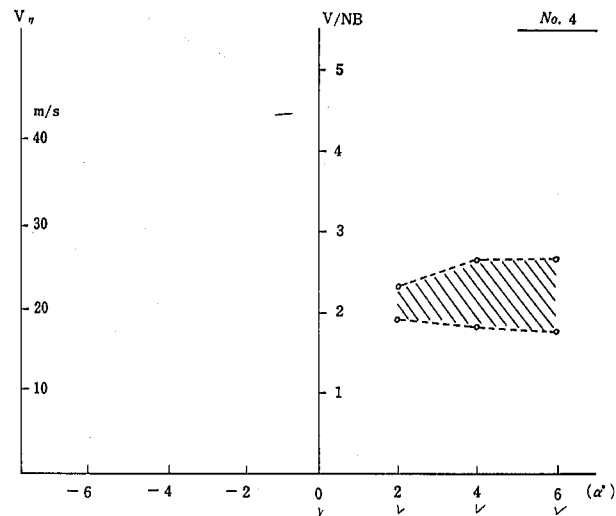
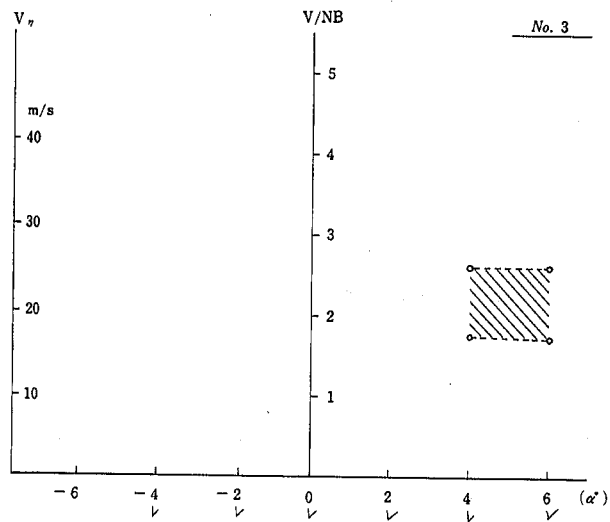


形状	高欄・地覆とりつけ	
	中央分離帯（東大式 8 mm高）	
	所要値	実測値
W	5.73	5.90
Ⓢ	—	—
(kg/model)		
hのみ実験		

	Ver.M.	
N _η	2.60	—
N _α	—	—
(Hz)		

	- 4°	- 2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	0.016	0.0145	0.0175	0.0155	0.016	0.0175
δ _α						

第9-2 VC~α曲線



形状	高欄一部閉塞、地覆あり 中央分離帯（東大式 8mm高）		
	所要値	実測値	
W	5.73	5.94	(kg/model)
⊕	—	—	

hのみ実験

	Ver.M.	
N _η	2.59	—
N _α	—	—

(Hz)

	-4°	-2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	0.0145	0.017	0.0175	0.0157	0.0185	0.018
δ _α						

第9-3 VC-α曲線

形状	高欄一部閉塞、地覆あり 中央分離帯（東大式、8mm高）		
	所要値	実測値	
W	5.73	5.94	(kg/model)
⊕	—	—	

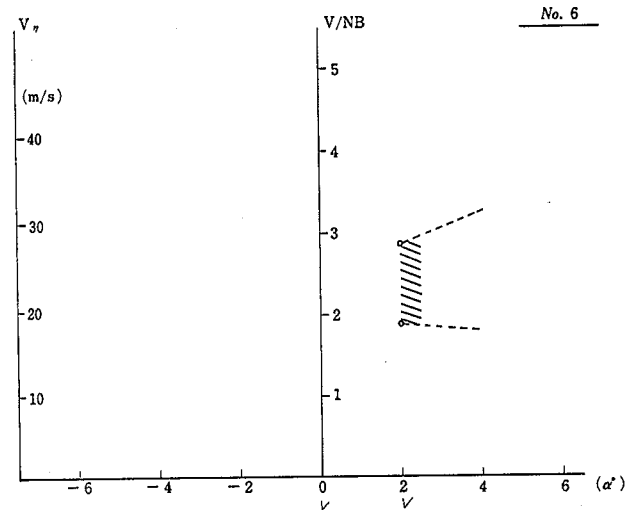
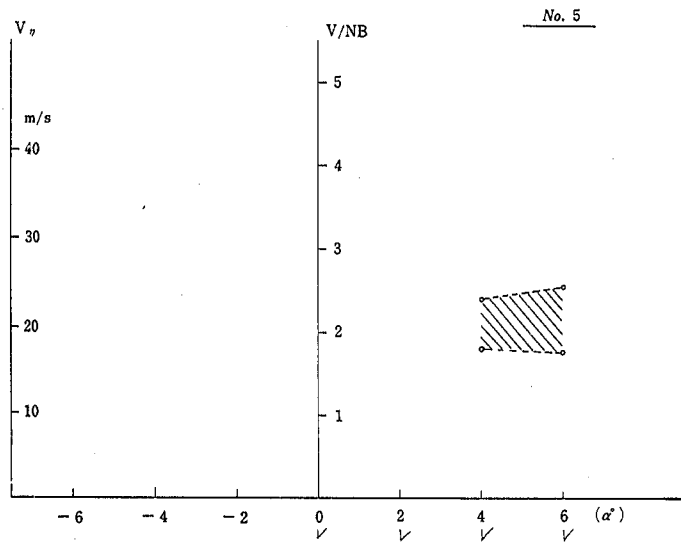
hのみ実験

	Ver.M.	
N _η	2.59	—
N _α	—	—

(Hz)

	-4°	-2°	0°	2°	4°	6°
δ _η			0.016	0.0173	0.0165	0.0205
δ _α						

第9-4 VC-α曲線



形状	高欄一部閉塞、地覆あり 中央分離帯（東大式、8mm高）		
----	--------------------------------	--	--

	所要値	実測値
W	5.73	5.94
⊕	—	—

(kg/model)

hのみ実験

	Ver.M.	
N _η	2.59	—
N _α	—	—

(Hz)

		0°	2°	4°	6°
δ _η		0.0165	0.0173	0.017	0.0189
δ _α					

第9-5 VC~α曲線

形状	高欄、地覆 中央フラップ（h=30）とりつけ	
----	---------------------------	--

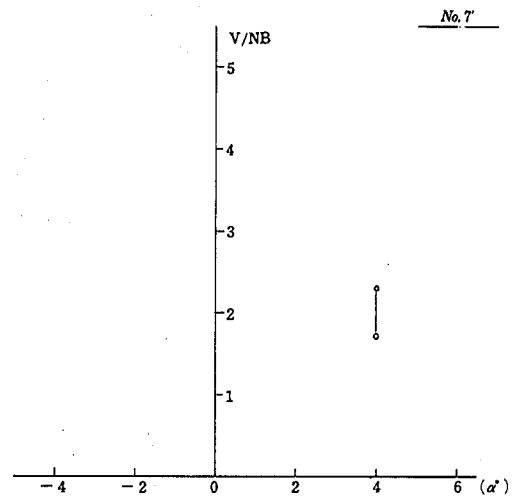
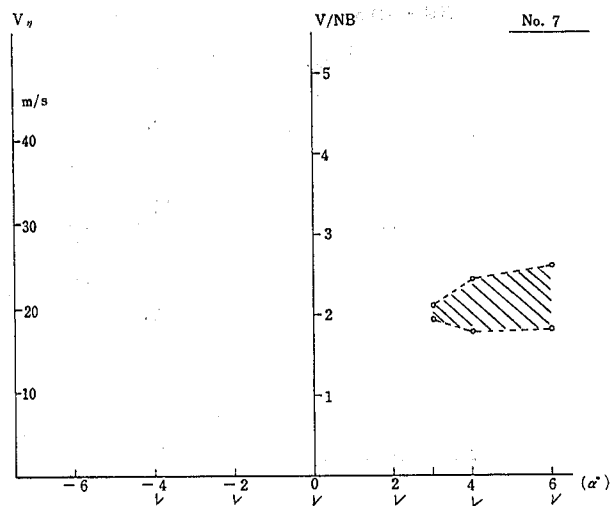
	所要値	実測値
W	5.73	6.00
⊕	—	—

(kg/model)

	Ver.M.	Tor.M
N _η	2.58	—
N _α	—	—

		0°	2°		
δ _η		0.0175	0.017		

第9-6 VC~α曲線



高欄分割閉塞、地覆あり		
-------------	--	--



	所要値	実測値
W	5.73	5.90
Φ	—	—

(kg/model)

	Ver.M.	
N _η	2.60	
N _α	—	

(Hz)

	-4°	-2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	0.0175	0.0152	0.0145	0.0158	0.0195	0.0165
δ _α		0.029				

第9-7 VC~α曲線

形状	NO. 7 と同じ	
----	-----------	--

	所要値	実測値
W	5.730	5.899
Φ		

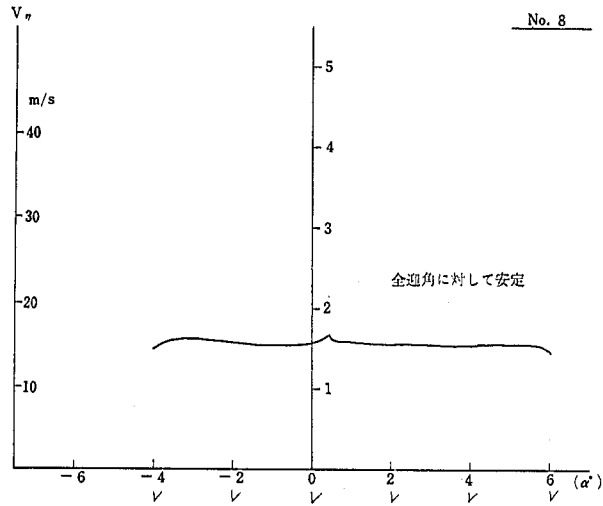
(kg/model)

	Ver.M.	Tor.M
N _η	2.60	
N _α	5.22	

(Hz)

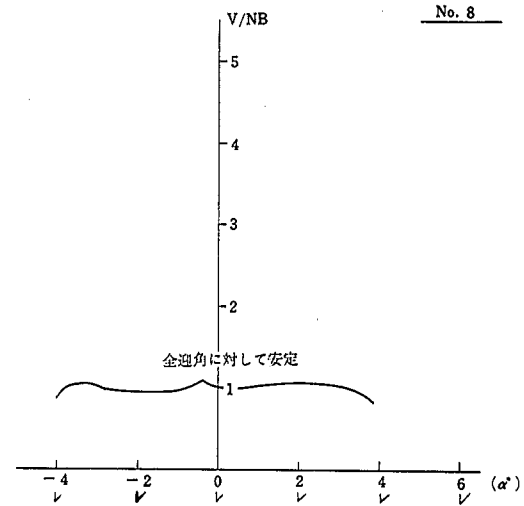
	-4°	-2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	0.017	0.0185	0.019	0.018	0.021	
δ _α						

第9-8 VC~α曲線



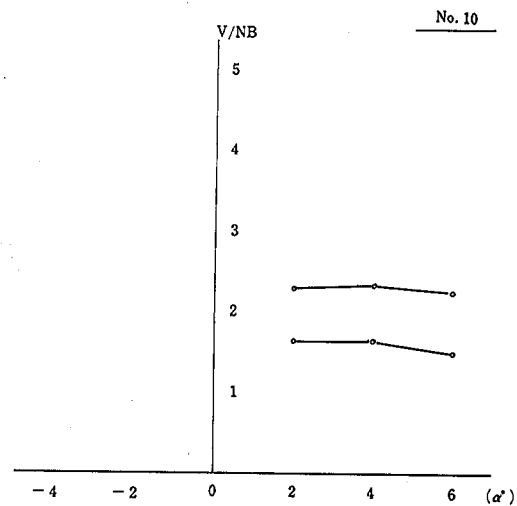
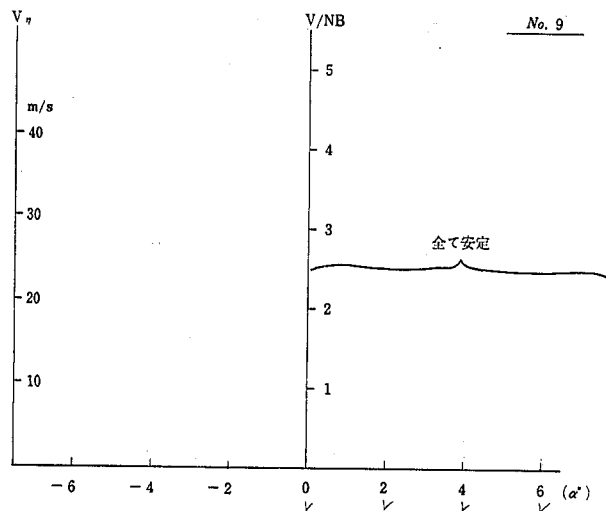
形 状	•端抑流板 ($\alpha=10^\circ$)					
	•端整流板 ($\alpha=0^\circ$)					
	所要値	実測値	(kg/model)	h—実験を主眼とする。		
W	5.73	6.12				
⊕	0.4732	0.510			(kg·cm·sec ² /model)	
	Ver. M.	Free M.				
N _η	2.58	—	(Hz)			
N _α	—	5.06	(Hz)			
	-4°	-2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	0.027	0.028	0.0225	0.0262	0.027	0.026

第9-9 VC~α曲線



形状	No.8 と同じ		h- α 支持			
	所要値	実測値				
	W	5.736	5.944	(kg/model)		
	Ⓢ					
	Ver.M.	Tor.M				
N _{η}	2.59		(Hz)			
N _{α}	5.20		(Hz)			
	- 4°	- 2°	0°	2°	4°	6°
δ_{η}		0.025	0.024	0.027	0.025	
δ_{α}						

第9-10 VC~α曲線



形状	端押流板($\alpha=10^\circ$)のみをとっけ		
	所要値	実測値	
W	5.73	6.01	(kg/model)
Ⓢ			h のみ実験
	Ver.M		
N _η	2.60		(Hz)
N _α			

		0°	2°	4°	6°
δ _η		0.022			
δ _α					

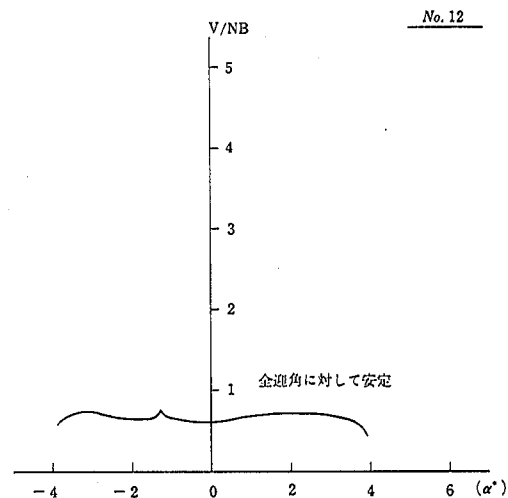
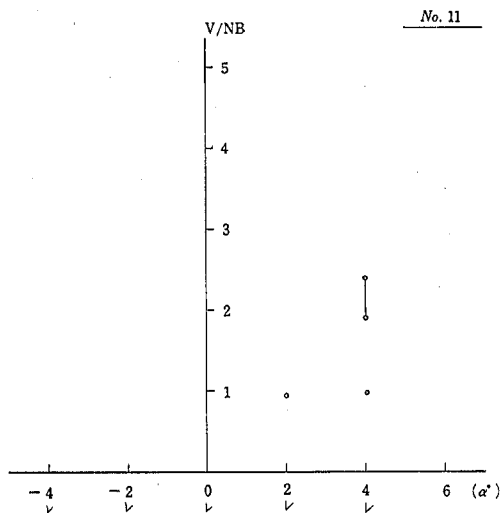
第9-11 VC~ α 曲線

形状	端整流板 ($\alpha = 0^\circ$) + 地覆		
	所要値	実測値	
	W	5.730	
Ⓣ			(kg/model)

	Ver.M	
N _η	2.57	
N _α		

	- 4°	- 2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	0.023	0.022	0.0215	0.021	0.0225	0.030

第9-12 VC~ α 曲線



形状	高欄のみ 中央分離帯、地覆なし		
	所要値	実測値	
W	5.730	5.854	(kg/model)
⊕			

	Ver.M	Tor.M	
N _η	2.61		(Hz)
N _α	5.29		(Hz)

	-4°	-2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	0.020	0.0155	0.017	0.017	0.019	

第9-13 VC~α曲線

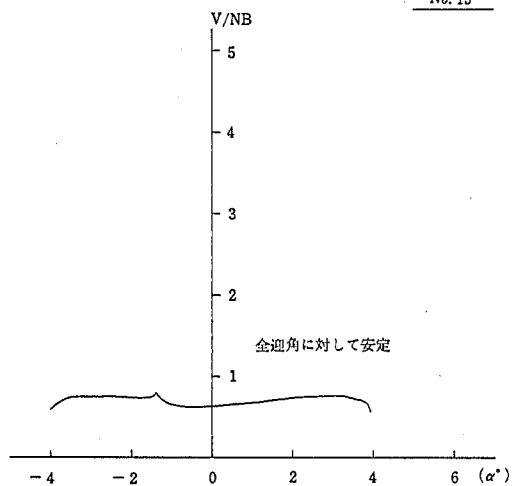
形状	高欄+端整流板 (α=10°) 中央分離帯・地覆なし		
	所要値	実測値	
W	5.730	5.944	(kg/model)
⊕			

	Ver.M		
N _η	2.59		(Hz)
N _α			

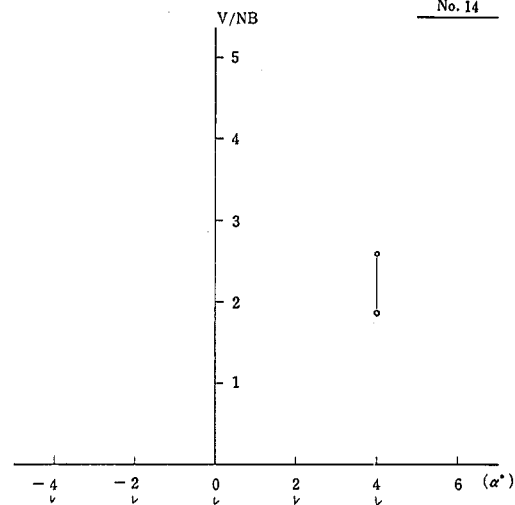
	-4°	-2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	0.024	0.024	0.026	0.024	0.0265	

第9-14 VC~α曲線

No. 13



No. 14



形状	高欄+端整流板 ($\alpha=10^\circ$)		

	所要値	実測値	
W	5.730	6.037	(kg/model)
④			

	Ver.M	
N _η	2.57	(Hz)
N _σ		

	-4°	-2°	0°	2°	4°	6°
δ_η	0.022	0.026	0.025		0.025	

第9-15 VC~ α 曲線

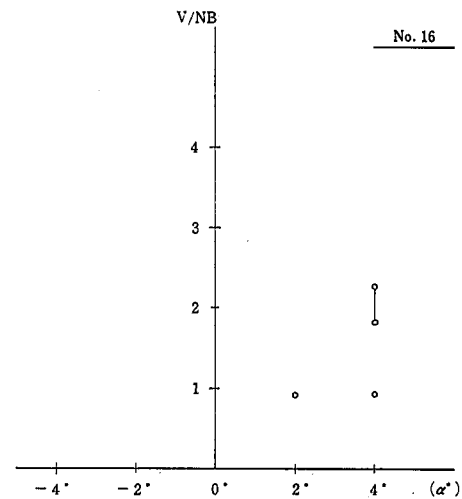
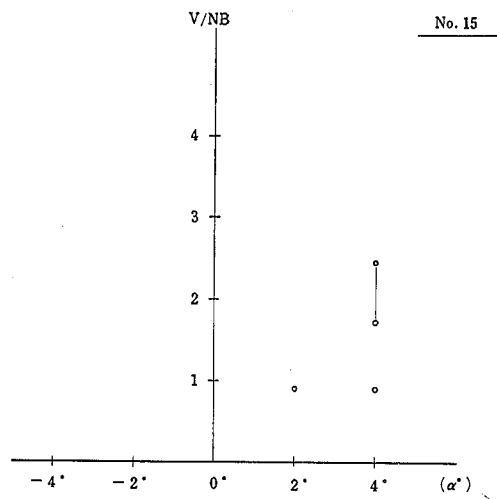
形状	高欄+地覆 中央分離帯なし		

	所要値	実測値	
W	5.730	5.854	(kg/model)
④			

	Ver.M	
N _η	2.61	(Hz)

	-4°	-2°	0°	2°	4°	6°
δ_η	0.014	0.0165	0.020	0.016	0.016	

第9-16 VC~ α 曲線



形状	中央分離帯あり 高欄 (A)			h-支持
----	-------------------	--	---	------

	所要値	実測値	
W	5.730	5.899	(kg/model)
⊕	0.437	0.474	(kgcm sec ² /model)

	Ver. M	
N _n	2.60	
N _a		

(Hz)

	-4°	-2°	0°	2°	4°	
ϕ_n	0.0123	0.013	0.0118	0.015	0.025	

第9-17 VC~ α 曲線

形状	中央分離帯あり 高欄 (B) 地覆なし			h-支持
----	------------------------	--	---	------

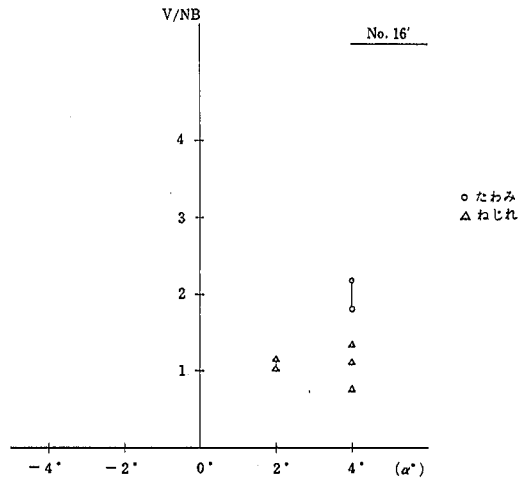
	所要値	実測値	
W	5.730	5.809	(kg/model)
⊕	0.473	0.467	(kg cm sec ² /model)

	Ves. M	
N _n	2.62	
N _a		

(Hz)

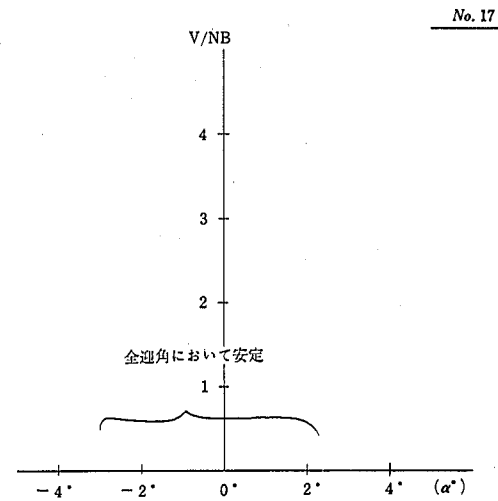
	-4°	-2°	0°	2°	4°	1°
ϕ_n	0.016	0.0125	0.014	0.012	0.0145	0.0115

第9-18 VC~ α 曲線



形状	中央分離帯なし 他は、16のh支持と同じ				hα-支持
	所要値	実測値			
W	5.730	5.809	(kg/model)		
Ⓔ	0.473	0.467	(kg cm sec ² /model)		
	Ver. M	Tor. M			
N _η	5.30	—	(Hz)		
N _α	—	2.62	(Hz)		
	-4°	-2°	0°	2°	4°
δ _η	0.016	0.011	0.015	0.015	0.012
δ _α	0.022	0.022	0.022	0.024	0.022

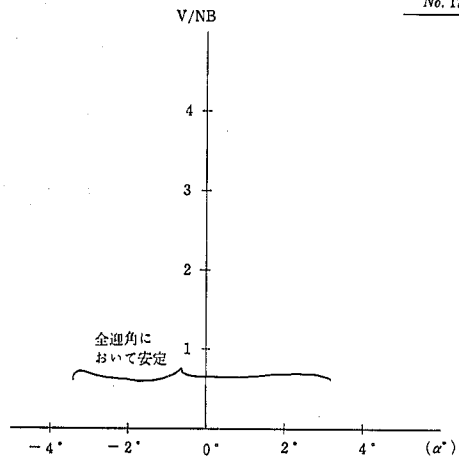
第9-19 VC~α曲線



形状	中央分離帯あり 地覆あり 高欄(C)				θ=10° hα-支持
	所要値	実測値			
W	5.730	5.854	(kg/model)		
Ⓔ	0.473	0.470	(kg cm sec ² /model)		
	Ver. M				
N _η	2.61		(Hz)		
N _α					
	-4°	-2°	0°	2°	4°
δ _η	0.021	0.016	0.015	0.016	0.0175

第9-20 VC~α曲線

No. 17'

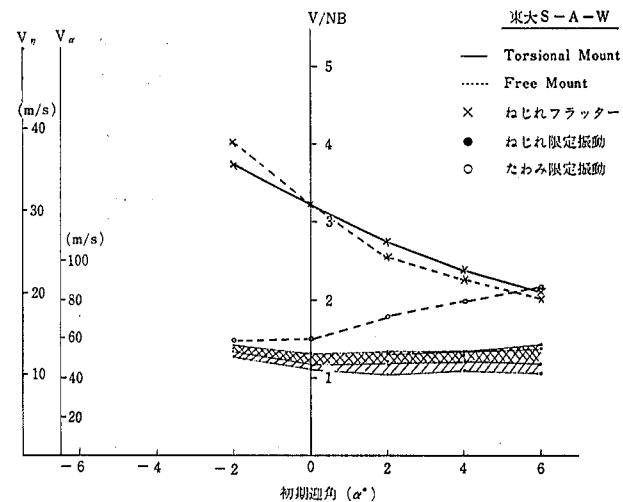


形状	中央分離帯なし 他は、17のh支持と同じ		hα-支持	
	所要値	実測値		
W	5.730	5.354	(kg/model)	
⊕	0.473	0.470	(kg cm sec ² /model)	

	Ver. M	Tor. M	
N _η	2.61	—	(Hz)
N _α	—	5.20	(Hz)

	-4°	-2°	0°	2°	4°
δ _η	0.0175	0.0165	0.0145	0.015	0.0175
δ _α	0.0255	0.0255	0.025	0.0255	0.029

第9-21 VC~α曲線

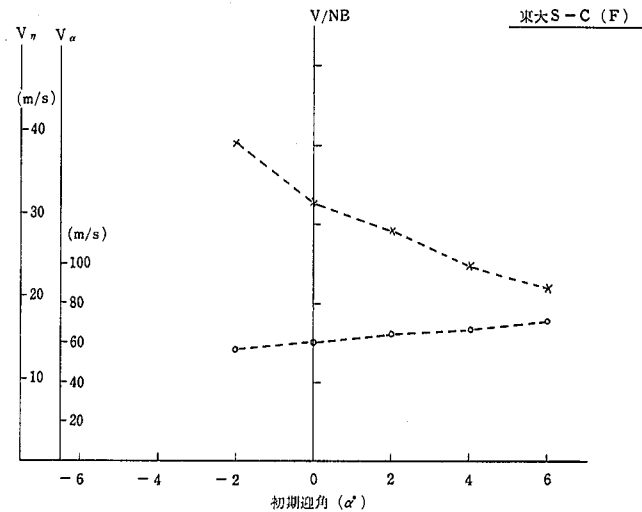
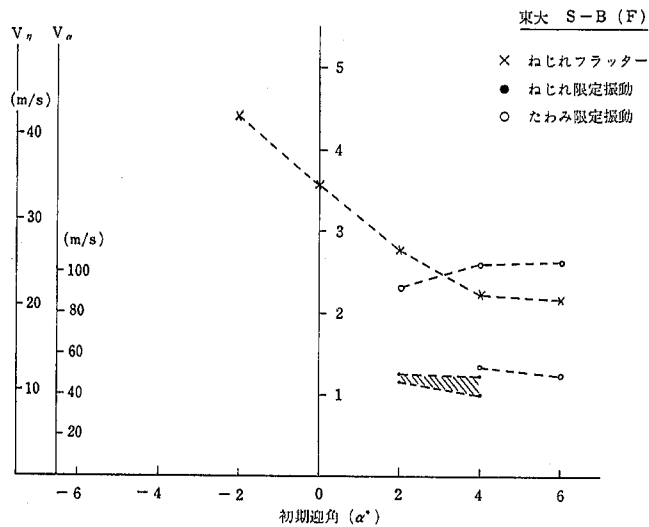


形状	原形、支持具は木製、耳ゲタに円孔あり		
	所要値	実測値	
W	56.3	40.2	(kg/model)
⊕	5.05	6.67	(kg cm sec ² /model)

支持	Tor. M	Free. M	
N _η	—	2.99	(Hz)
N _α	5.49	5.56	(Hz)

	α	-2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	Tor. M	0.011	0.011	0.011	0.015	0.012
	Free. M	0.015	0.011	0.019	0.011	0.019
δ _α	Free. M	0.018	0.023	0.016	0.015	0.013

第9-22 VC~α曲線



形状	原形の耳ゲタの円孔を閉塞		
	所要値	実測値	
W	56.3	53.6	(kg/model)
Ⓢ	5.05	9.11	(kg cm sec ² /model)

支持	Free.M	
N _η	2.58	(Hz)
N _α	5.20	(Hz)

	α	-2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	Free.M	0.029	0.007	0.008	0.019	0.024
δ _α		0.017	0.015	0.014	0.017	0.013

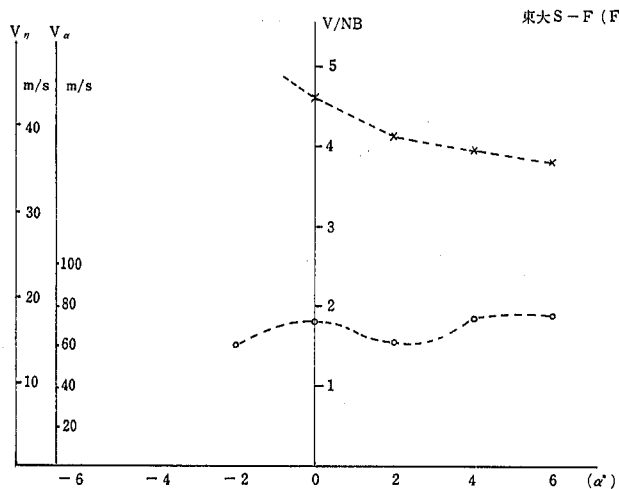
第9-23 VC~α曲線

形状	原型の耳ゲタの円孔を閉塞 高欄の空隙を交互に閉塞 		
	所要値	実測値	
W	56.3	53.6	(kg/model)
Ⓢ	5.05	9.11	(kg cm sec ² /model)

支持	Free.M	
N _η	2.62	(Hz)
N _α	5.20	(Hz)

	α	-2°	0°	2°	4°	6°
δ _η	Free.M	0.007	0.011	0.009	0.010	0.010
δ _α		0.013	0.013	0.013	0.014	0.015

第9-24 VC~α曲線



形状	原型の耳ゲタの円孔を閉塞 高欄にフラップ取りつけ	

	所要値	実測値	
W	56.3	58.7	(kg/model)
①	5.05	9.48	(kg·cm·sec ² /model)

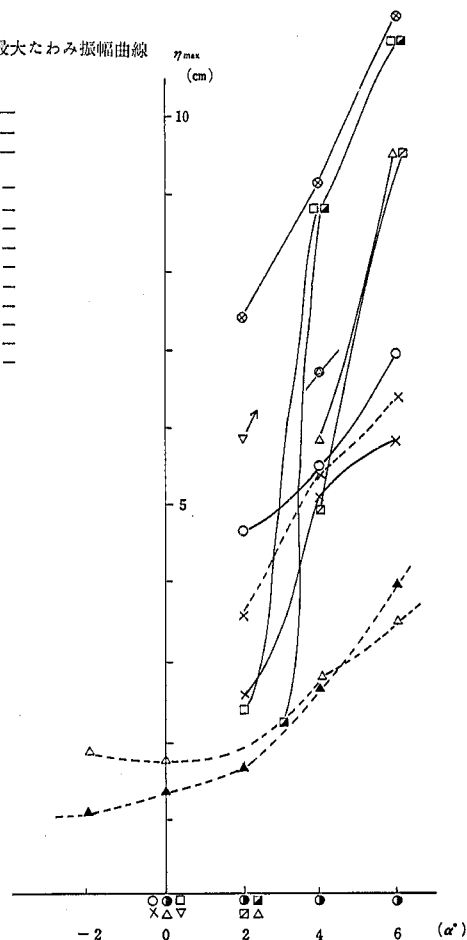
支持	Free.M.	
N_n	2.60	(Hz)
N_a	5.10	(Hz)

		-2°			4°		6°
δ_a	Free M.	0.016	0.019	0.026	0.016	0.018	
δ_n		0.017	0.016	0.016	0.016	0.020	

第9-25 VC~ α 曲線

図10-1 迎角~最大たわみ振幅曲線

東大S-B (F) —×—
 S-C (F) —▲—
 S-F (F) —△—
 土研 No. 1 —○—
 No. 2 —×—
 No. 3 —△—
 No. 4 —□—
 No. 5 —◇—
 No. 6 —▽—
 No. 7 —■—
 No. 8 —●—
 No. 10 —◎—
 No. 14 —⊙—



No. 15 ⊙
 No. 16 h ⊙
 No. 16' h α Δ

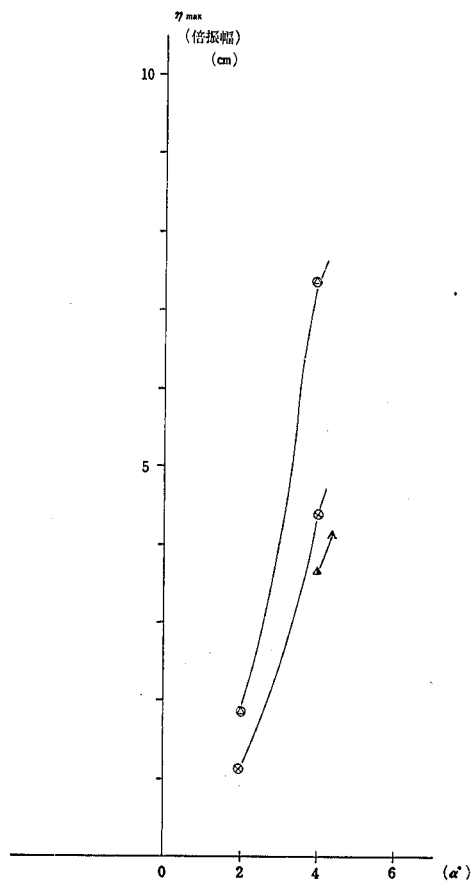


図10-2 迎角—最大たわみ振幅曲線

No. 16 h α -----X
 No. 17 h α

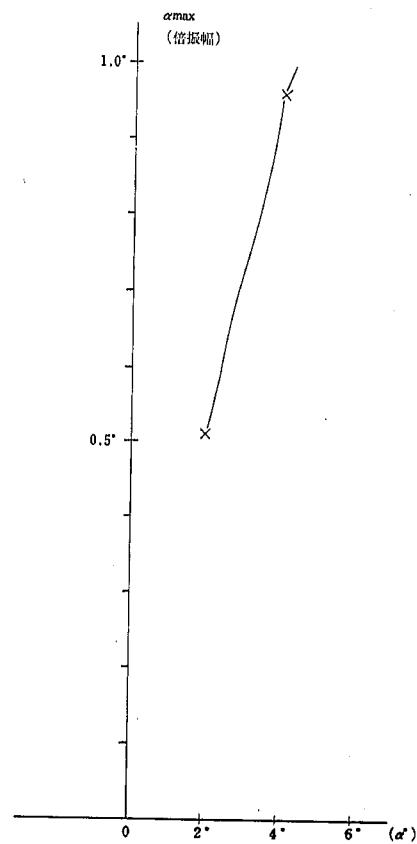


図10-3 迎角—最大ねじれ振幅曲線

図-11 たわみ振幅・構造減衰

(実験番号 1
(高欄、地覆あり、中央分離帯なし))

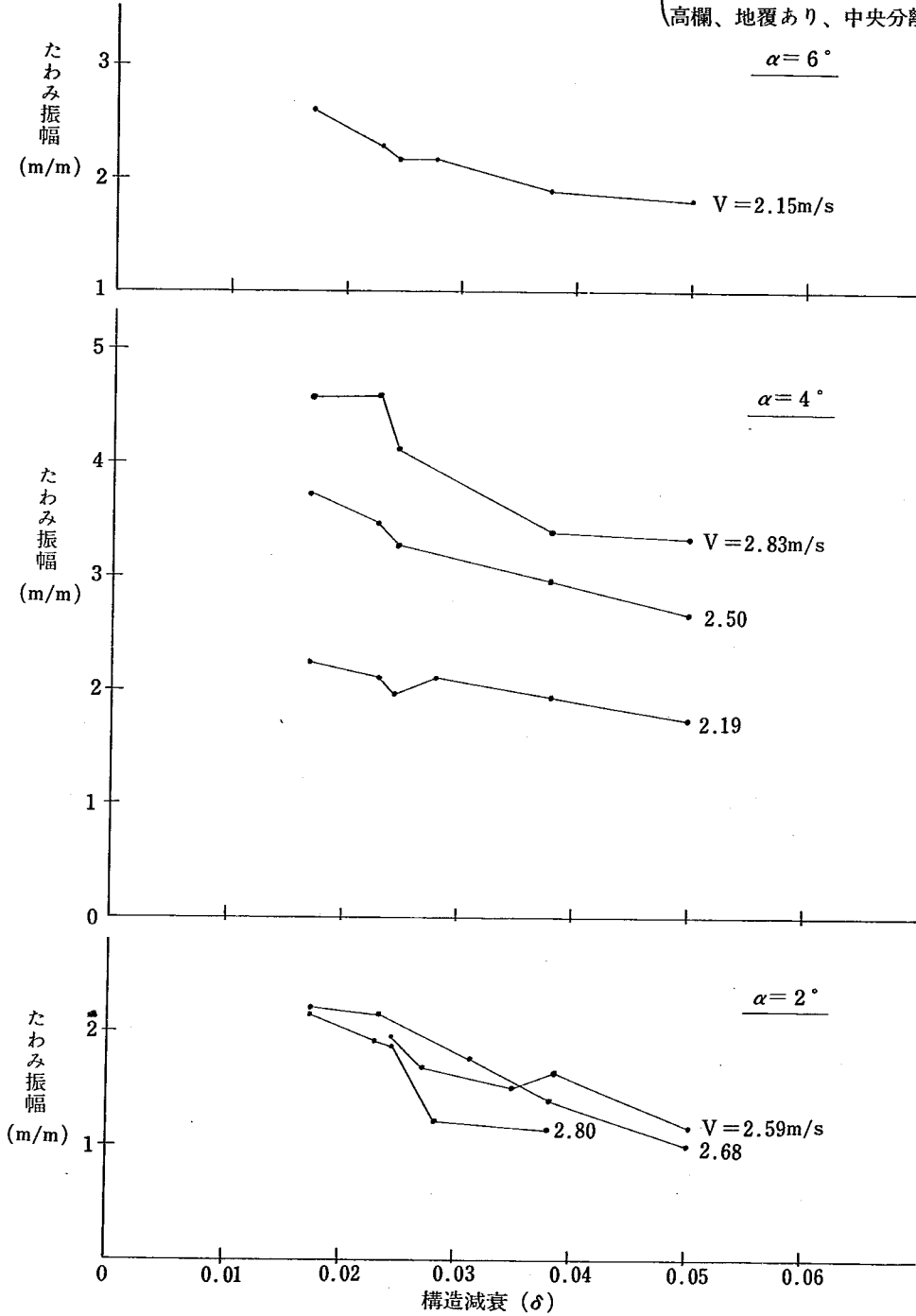


图12-1 $V \sim \delta$ 曲线

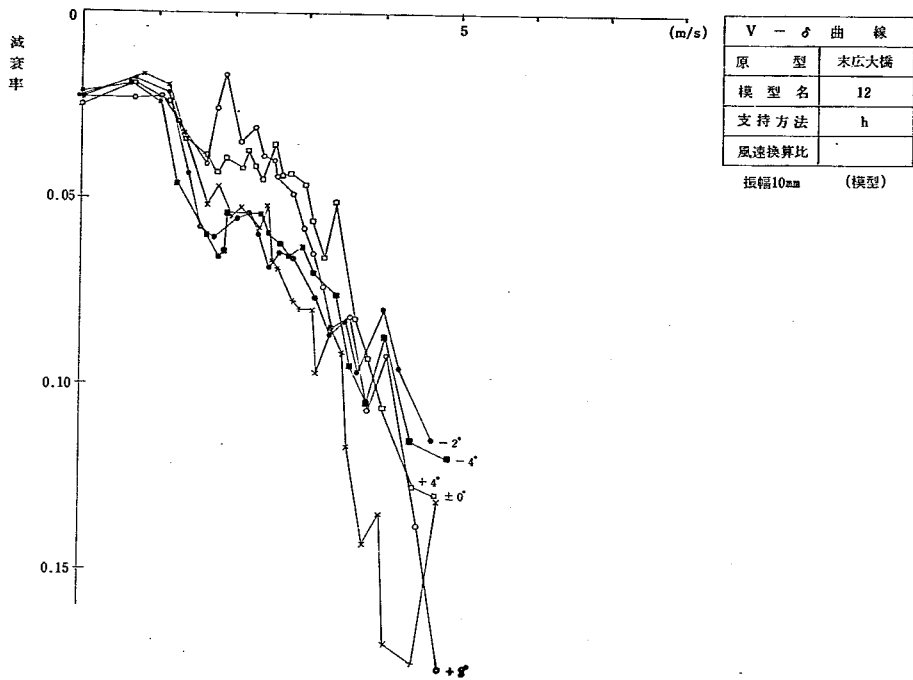
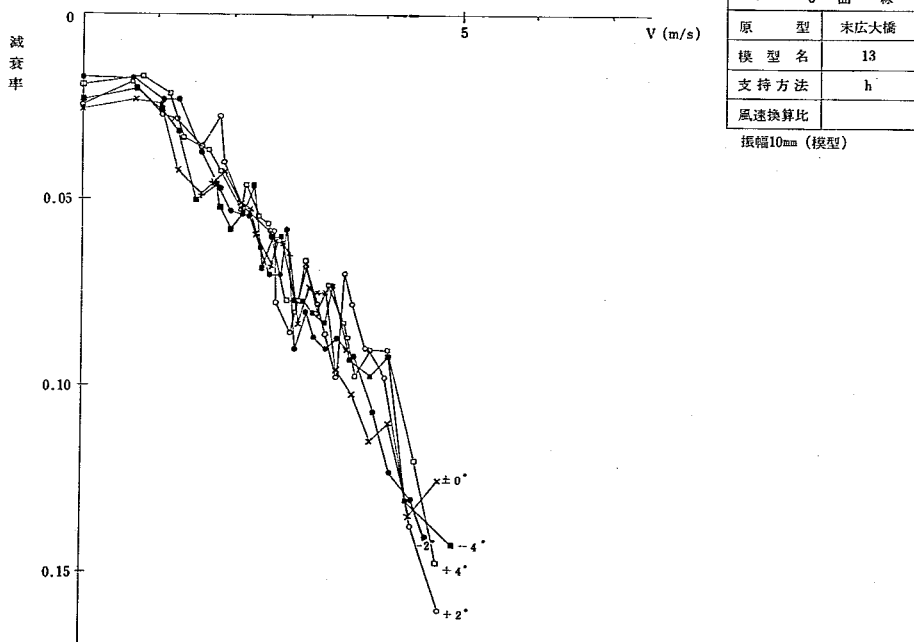
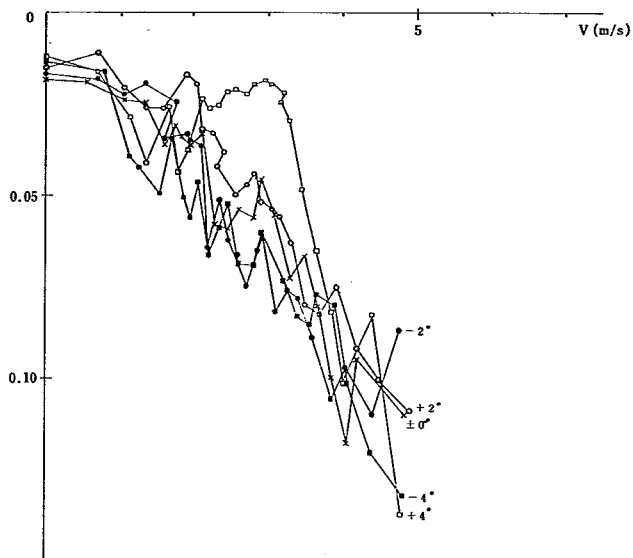


图12-2 $V \sim \delta$ 曲线



減衰率

図12-3 V- δ 曲線

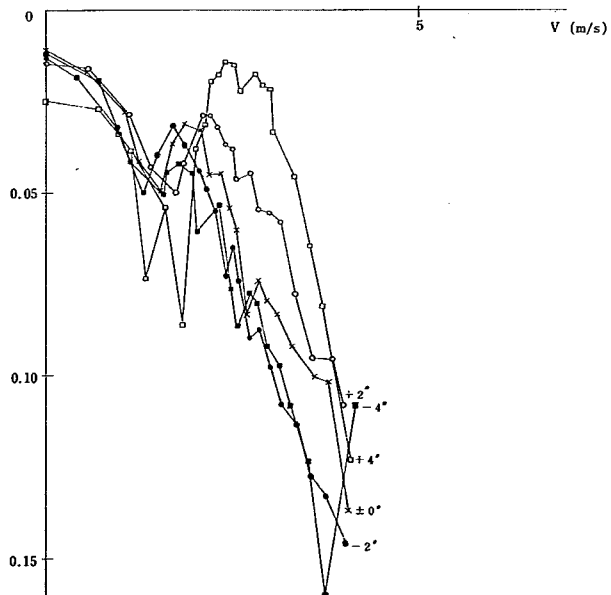


V - δ 曲線	
原 型	末広大橋
模 型 名	14
支持方法	h
風速換算比	

振幅10mm (模型)

減衰率

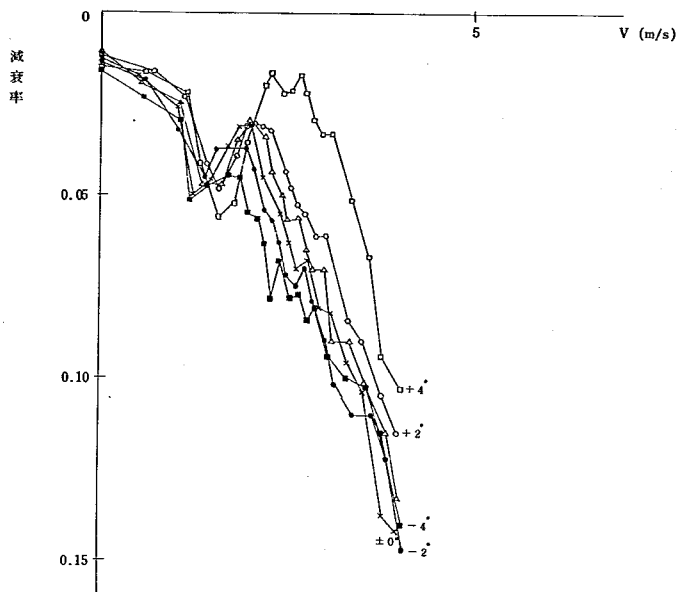
図12-4 V- δ 曲線



V - δ 曲線	
原 型	末広大橋
模 型 名	15
支持方法	h
風速換算比	

振幅10mm (模型)

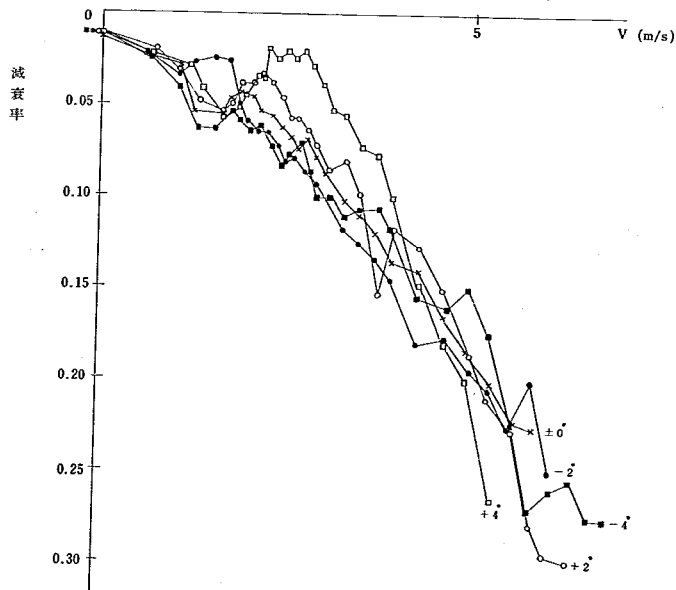
圖12-5 V~ δ 曲線



V - δ 曲線	
原 型	末広大橋
模 型 名	16
支持方法	h
風速換算比	

振幅10mm (模型)

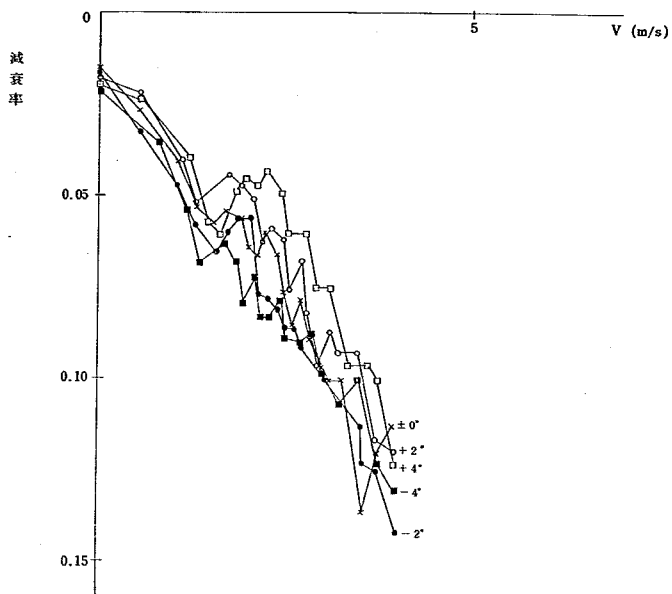
圖12-6 V~ δ 曲線



V - δ 曲線	
原 型	末広大橋
模 型 名	16
支持方法	h α
風速換算比	

振幅10mm (模型)

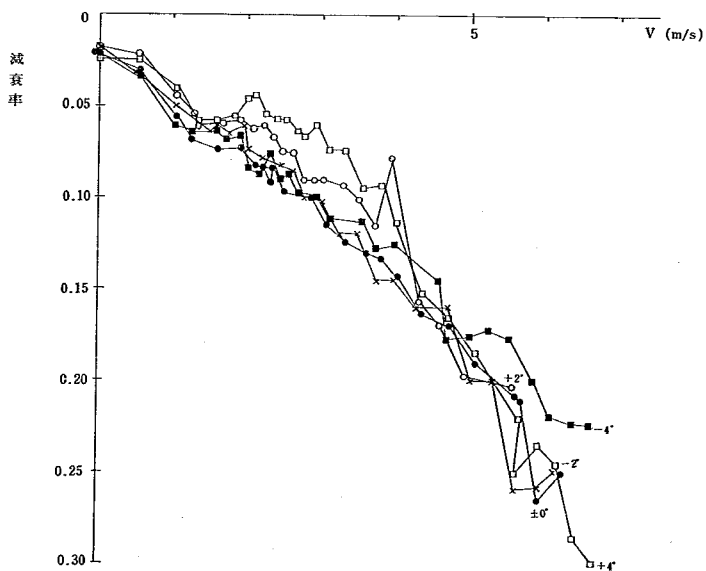
图12-7 V- δ 曲线



V - δ 曲 線	
原 型	未広大橋
模 型 名	17
支 持 方 法	h
風速換算比	

振幅10mm (模型)

图12-8 V- δ 曲线



V - δ 曲 線	
原 型	未広大橋
模 型 名	17'
支 持 方 法	h α
風速換算比	

振幅10mm (模型)

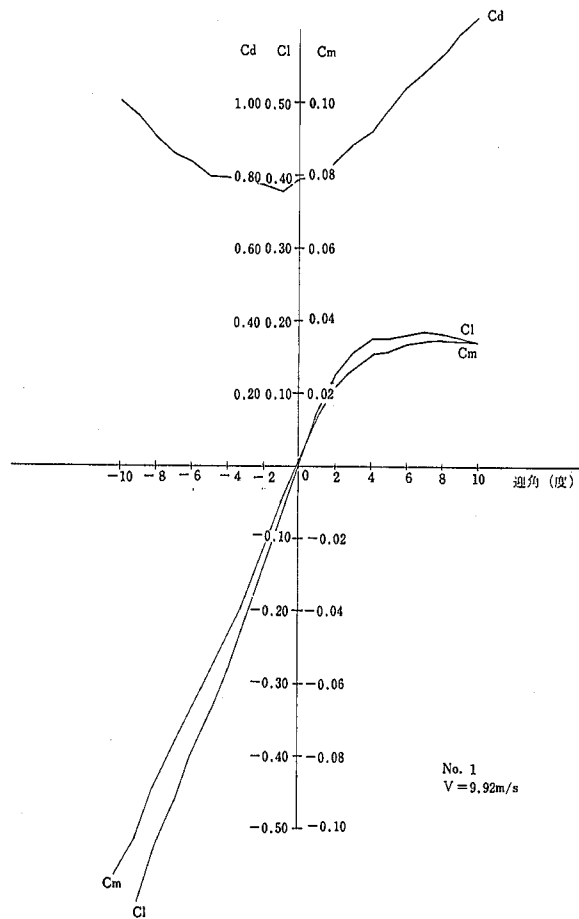


図-13 (その1) 3分力係数

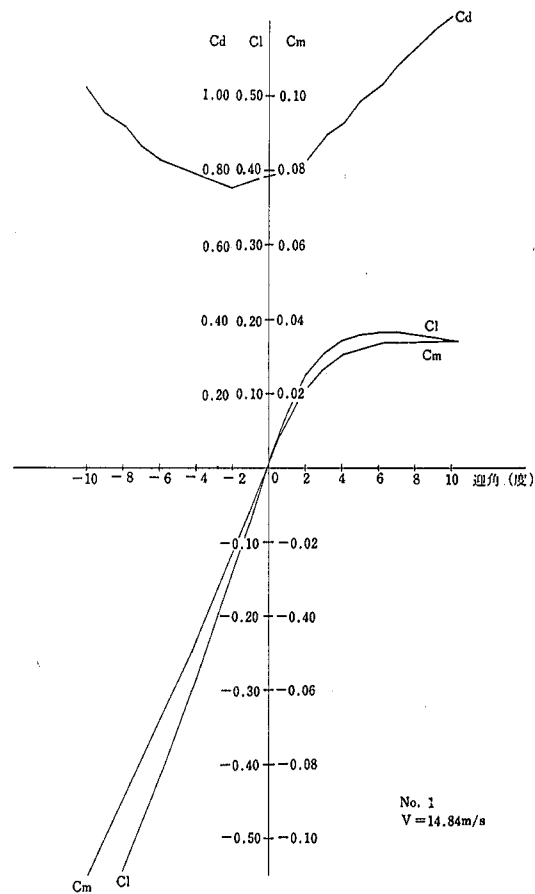


図-13 (その2) 3分力係数

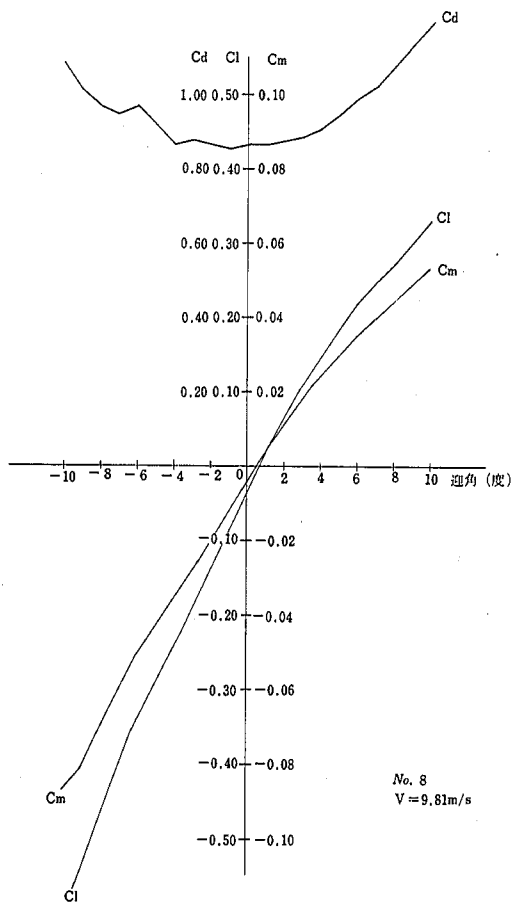


図-13 (その3) 3分力係数

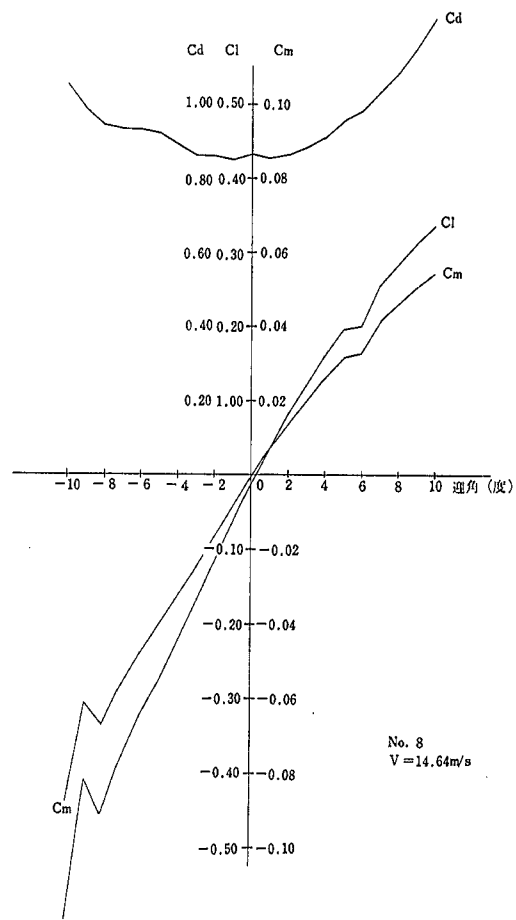


図-13 (その4) 3分力係数

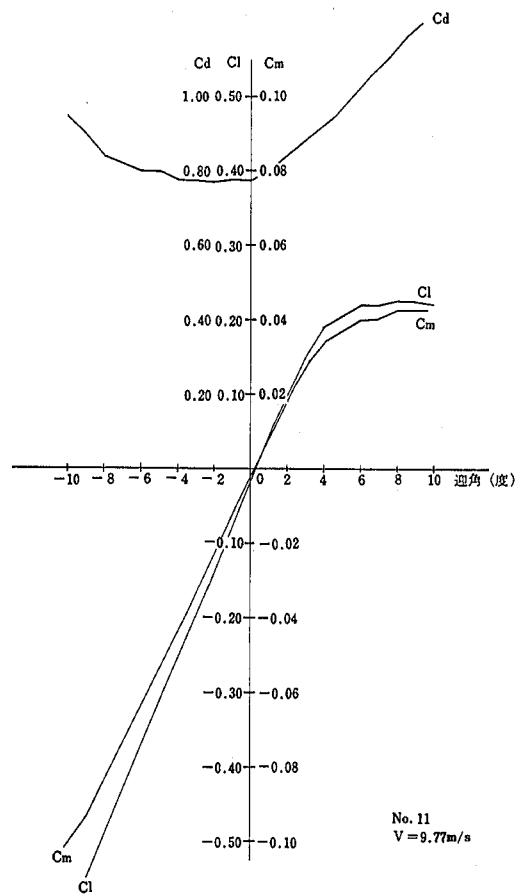


図-13 (その5) 3分力係数

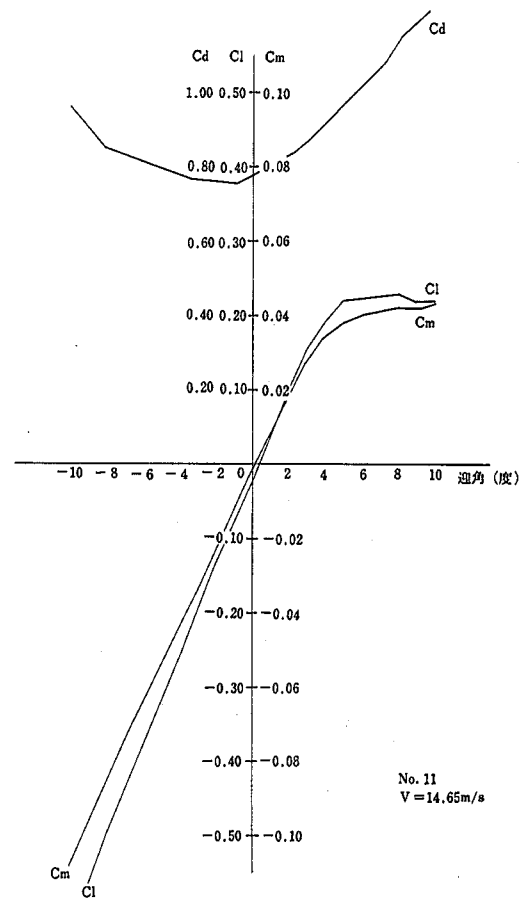


図-13 (その6) 3分力係数

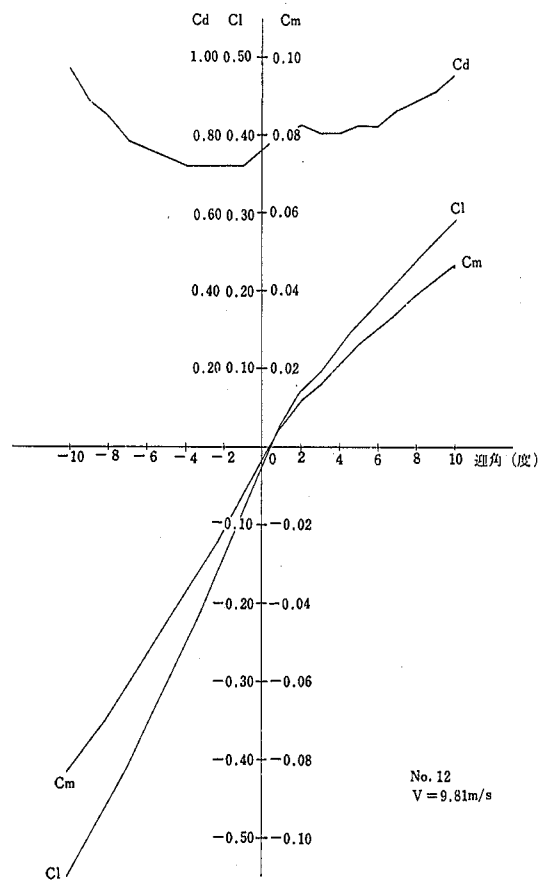


図-13 (その7) 3分力係数

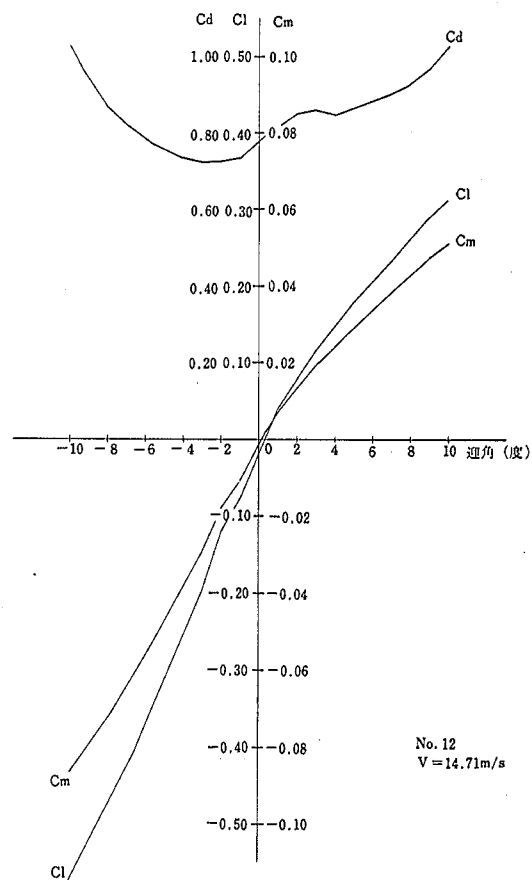


図-13 (その8) 3分力係数

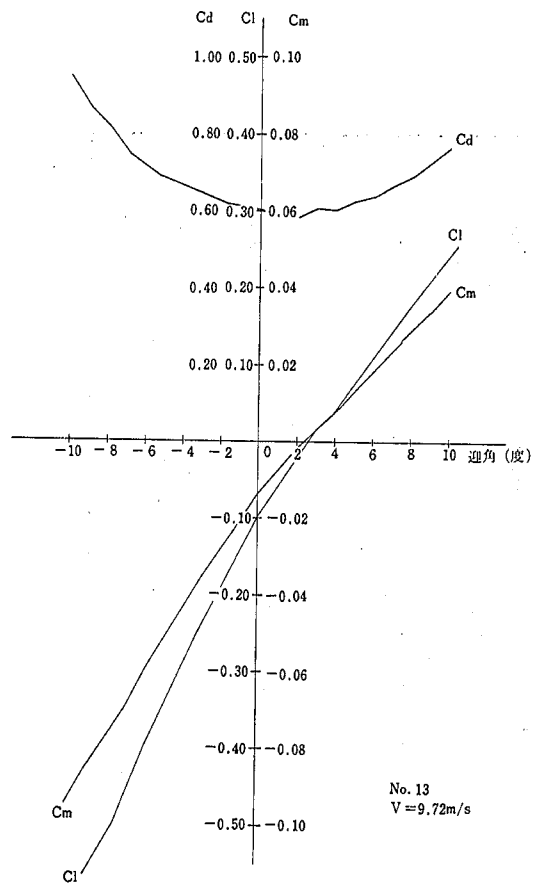


図-13 (その9) 3分力係数

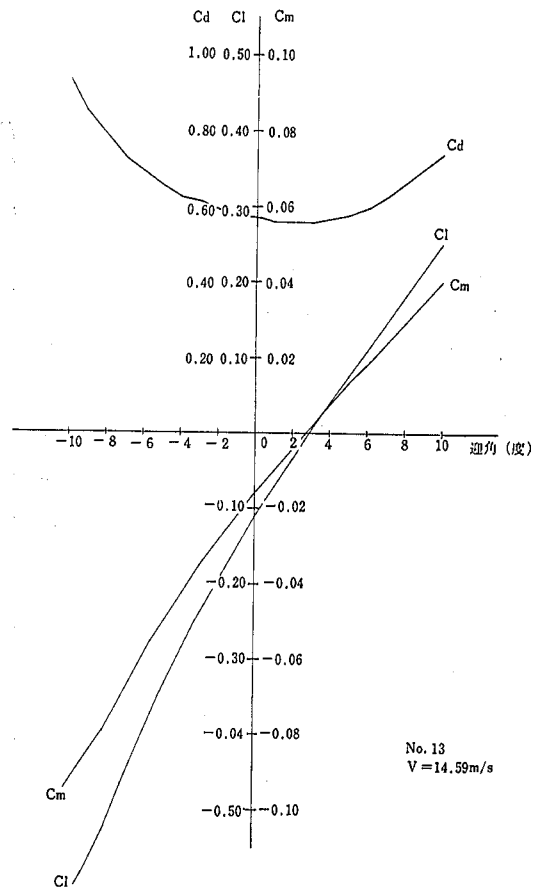


図-13 (その10) 3分力係数

表-1 末広大橋設計諸元

橋 格
 型 式 三径間連続鋼床版斜張橋
 橋 長 109.25+250+109.25m
 橋 幅 18.5m
 道路規格 第3種第2級(自動車専用道路)
 航路限界高 T.P.1.148^M+21.0^M

表-4 実験条件

		原 型	模 型 所 要 値
縮 尺 率		—	1 : 40
重 量		t / m / br 9.261	kg / model 5.730
回 転 慣 性		t · m ² / m / br 12.237	kg · cm · sec ² / model 0.4732
振 動 数	対称1次 鉛直たわみ	0.483c/s	2.638c/s
	対称1次 ねじれ	2.145c/s	5.276c/s
振 動 数 比		4.44	2.00
構 造 減 衰		0.025	0.025
風 速 換 算 比		—	$\left\{ \begin{array}{l} \eta : 7.32 \\ \alpha : 16.26 \end{array} \right.$
スプリング間隔		—	39.4cm

表-2 (その1) 昭和35年~昭和44年(10年間) 風向別風速ひん度表 (1日最大風速による)

観測地区 徳島気象台

風向 風速	5 m/s 以下	5~10m/s	10~15m/s	15~20m/s	20m/s 以上	合 計
NNE	30	161	5	--	--	196
NE	19	76	--	--	--	95
ENE	34	50	1	--	1	85
E	28	34	1	--	--	64
ESE	46	146	5	--	--	197
SE	33	290	89	12	4	428
SSE	13	259	152	9	6	439
S	7	92	64	5	1	169
SSW	2	20	8	2	--	32
SW	4	7	--	--	--	11
WSW	--	5	7	--	--	12
W	18	168	111	11	--	308
WNW	81	389	175	6	--	651
NW	44	247	55	2	--	348
NNW	29	253	33	--	--	315
N	17	261	22	2	--	302
合 計	405	2,458	728	49	12	3,652
10 年 間 全 体						
風向 風速	5 m/s 以下	5~10m/s	10~15m/s	15~20m/s	20m/s 以上	合 計
NNE	13	43	2	--	--	58
NE	10	27	--	--	--	37
ENE	18	15	1	--	--	44
E	12	13	--	--	1	26
ESE	26	88	2	--	--	116
SE	20	170	39	7	4	240
SSE	5	136	51	5	3	200
S	4	43	17	--	1	65
SSW	--	11	2	--	--	13
SW	1	2	--	--	--	3
WSW	--	2	2	--	--	4
W	8	40	9	2	1	60
WNW	29	92	4	2	--	127
NW	7	47	3	1	--	58
NNW	12	64	3	--	--	79
N	9	90	10	1	--	110
合 計	174	883	145	18	10	1,230
10 年 間 の 内 7 ~ 10 月						

表-2 (その2) 昭和35~昭和44年(10年間) 風向別一風速ひん度表 (10m/s 以上回数)

観測地区 徳島气象台

1日最大風速による

年別 風向	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	合 計	摘 要
1 NNE	3	1	1	—	1	—	—	—	1	+	7	
2 NE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3 ENE	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	
4 E	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	2	
5 ESE	—	—	—	1	—	1	1	—	1	—	4	
6 SE	1	4	3	12	19	16	16	6	18	10	105	
7 SSE	13	22	24	17	21	11	18	19	13	16	174	
8 S	11	11	26	10	—	2	2	1	1	8	70	
9 SSW	3	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10 SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11 WSW	—	—	—	1	4	—	—	—	1	—	6	
12 W	4	5	3	8	11	28	19	11	20	17	121	
13 WNW	13	19	22	9	13	27	22	22	7	24	178	
14 NW	3	1	1	11	7	7	8	8	5	7	58	
15 NNW	8	8	5	2	2	4	—	—	1	1	31	
16 N	7	6	4	2	4	—	—	—	1	—	24	
合 計	67	82	89	74	82	92	86	67	69	81	789	
最高風速 m/sec	SSE 25.6	SE 62.5	SSE 21.0	SSE 20.3	SSE 29.8	SE 35.8	SE 18.0	NW 16.8	S 20.0	S 17.0	W, SE	SE 35.8m/sec
最多風向	SSE WNW	SSE	S	SSE	SSE	WNW	WNW	WNW	W	WNW		

表-3 風向別風速出現回数率

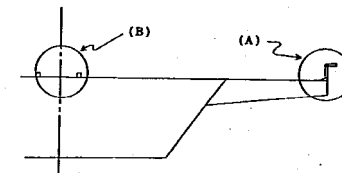
統計期間昭和44.1~44.12 (1日24回)

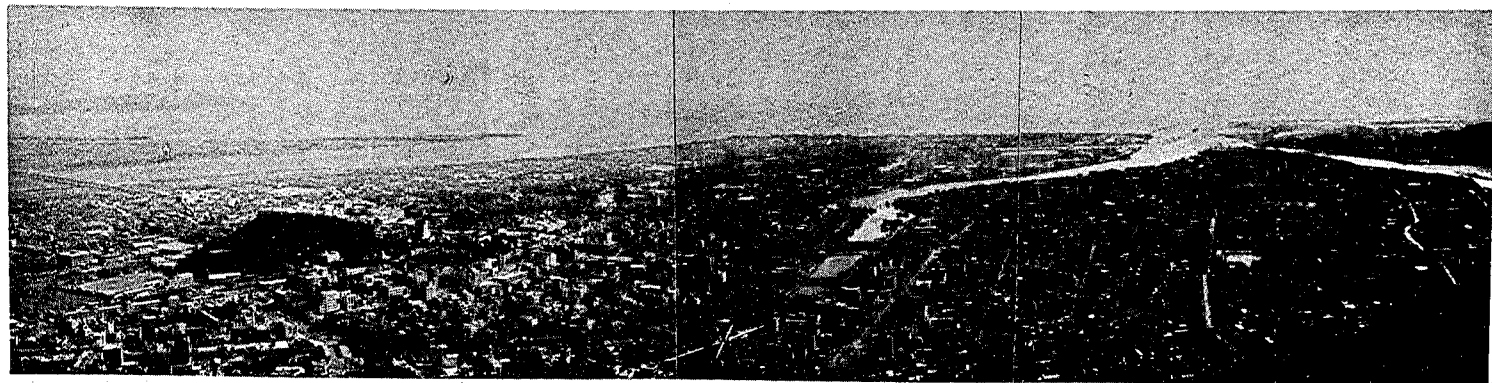
風速 風向	10m / s 未 満		10~20m / s 未 満		20m / s 以 上		計	
	回 数	%	回 数	%	回 数	%	回 数	%
N	407	4.65	406	4.63	15	0.17	828	9.45
NNE	307	3.50	473	5.40	15	0.17	795	9.07
NE	295	3.37	331	3.78	18	0.20	644	7.35
ENE	100	1.14	42	0.48	—	—	142	1.62
E	130	1.48	6	0.07	—	—	136	1.55
ESE	181	2.07	30	0.34	—	—	211	2.41
SE	235	2.68	69	0.79	12	0.14	316	3.61
SSE	250	2.85	174	1.99	12	0.14	436	4.98
S	449	5.13	670	7.65	90	1.04	1,209	13.82
SSW	79	0.90	54	0.62	—	—	133	1.52
SW	48	0.55	10	0.11	—	—	58	0.66
WSW	81	0.92	21	0.24	—	—	102	1.16
W	533	6.08	241	2.75	18	0.20	792	9.03
WNW	731	8.34	268	3.06	48	0.55	1,047	11.95
NW	280	3.20	355	4.05	72	0.82	707	8.07
NNW	217	2.48	349	3.98	75	0.86	641	7.32
不 定	316	3.61	—	—	—	—	316	3.61
風速ゼロ	247	2.82	—	—	—	—	247	2.82
計	4,886	55.78	3,499	39.94	375	4.29	8,760	100

資料：徳島地方気象台徳島空港出張所

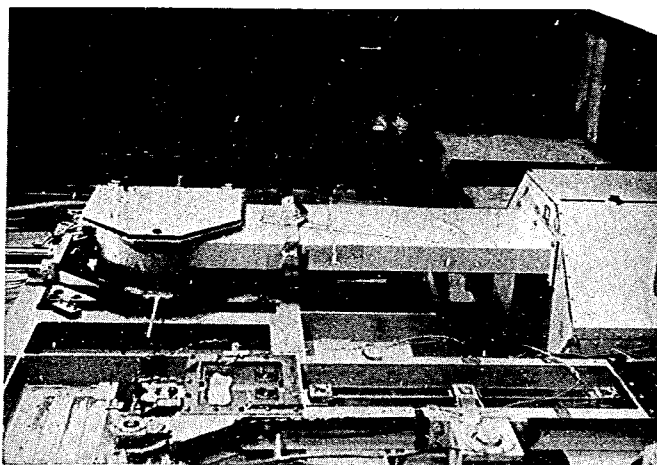
表-5 実験ケース一覧表

実験 番号	模 型 の 説 明	支 持 方 法	固有振動数(Hz)		構 造 減 衰 (対数減衰率)							高欄・地覆部詳細 (A)	中央分離帯部詳細 (B)	結 果 の 概 略
			N ₀	N ₁	-6	-4	-2	0	2	4	6			
1	原設計案 高欄・地覆とりつけ	h	—	2.60	—	0.017	0.016	0.0155	0.019	0.0275	0.0215			$\alpha = 0 \sim 6^\circ$ でたわみ、ねじれの限定振動
		α	5.29	—	—	—	—	0.022	—	—	—			
2	No.1と同じ、中央分離帯付加	h	—	2.60	—	0.016	0.0145	0.0175	0.0155	0.016	0.0175			$\alpha = 2 \sim 6^\circ$ で限定振動
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
3	No.2と同じ、高欄一部閉塞	h	—	2.59	—	0.0145	0.017	0.0175	0.0157	0.0185	0.018			$\alpha = 4 \sim 6^\circ$ で限定振動
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4	No.2と同じ、高欄一部閉塞	h	—	2.59	—	—	—	0.016	0.0173	0.0165	0.0205			$\alpha = 2 \sim 6^\circ$ で限定振動
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
5	No.2と同じ、高欄一部閉塞	h	—	2.59	—	—	—	0.0165	0.0173	0.017	0.0189			$\alpha = 4 \sim 6^\circ$ で限定振動
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
6	No.1と同じ、中央部フラップ付加	h	—	2.58	—	—	—	0.0175	0.017	—	—			$\alpha \approx 2^\circ$ で限定振動
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
7	No.1と同じ高欄一部閉塞、	h	—	2.60	—	0.0175	0.0152	0.0145	0.0158	0.0195	0.0165			$\alpha = 3 \sim 6^\circ$ で限定振動 $\alpha = 7^\circ$ で限定振動、以降中止
		$h-\alpha$	5.22	2.60	—	0.017	0.0185	0.019	0.018	0.021	—			
8	端部流板 (10°) 付加 調整流板 (0°) 付加	h	(5.05)	2.58	—	0.027	0.028	0.0225	0.0262	0.027	0.026			$\alpha = -6 \sim 6^\circ$ にて安定
		$h-\alpha$	5.20	2.59	—	0.025	0.025	0.024	0.027	0.025	—			
9	端部流板 (10°) 付加 地覆なし、高欄なし	h	—	2.60	—	—	—	0.022	—	—	—			$\alpha = 0 \sim 6^\circ$ にて安定
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
10	端部流板 (0°) 付加	h	—	2.57	—	0.023	0.022	0.0215	0.021	0.0225	0.030			$\alpha = 2 \sim 6^\circ$ にて限定振動
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
11	No.1と同じ、地覆なし	h	—	—	—	—	—	—	—	—	—			$\alpha = 2 \sim 4^\circ$ にて限定振動、以降中止
		$h-\alpha$	5.29	2.61	—	0.020	0.0155	0.017	0.017	0.019	—			
12	端部流板 (-20°) 付加 地覆なし	h	—	2.59	—	0.024	0.024	0.026	0.024	0.0255	—			$\alpha = -4 \sim +4^\circ$ にて安定
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
13	No.12と同じ 張り出し部下側覆板付	h	—	2.57	—	0.022	0.026	0.025	?	0.025	—			同 上
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
14	No.1と同じ、地覆高2mm	h	—	2.61	—	0.014	0.0165	0.020	0.016	0.016	—			$\alpha = 4^\circ$ にて限定振動
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
15	新規高欄(開門型)、地覆 (2mm) 中央分離帯 (8mm)	h	—	2.60	—	0.0123	0.013	0.012	0.015	0.025	—			$\alpha = 2 \sim 4^\circ$ にて限定振動
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
16	No.15と同じ、地覆 (0.5mm)	h	—	2.62	—	0.016	0.0125	0.014	0.012	0.0145	(+1°) 0.0115			同 上
		$h-\alpha$	5.30	2.62	$-\delta_1$ 0.022	0.016	0.011	0.015	0.015	0.012	—			
17	No.15と同じ 端部流板 (幅25mm) 付加	h	—	2.61	—	0.021	0.016	0.015	0.016	0.0175	—			$\alpha = -4 \sim 4^\circ$ にて安定
		$h-\alpha$	5.20	2.61	$-\delta_2$ 0.0255	0.0175	0.0165	0.0145	0.015	0.0175	—			
18		h	—	—	—	—	—	—	—	—	—			同 上
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
19		h	—	—	—	—	—	—	—	—	—			同 上
		$h-\alpha$	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

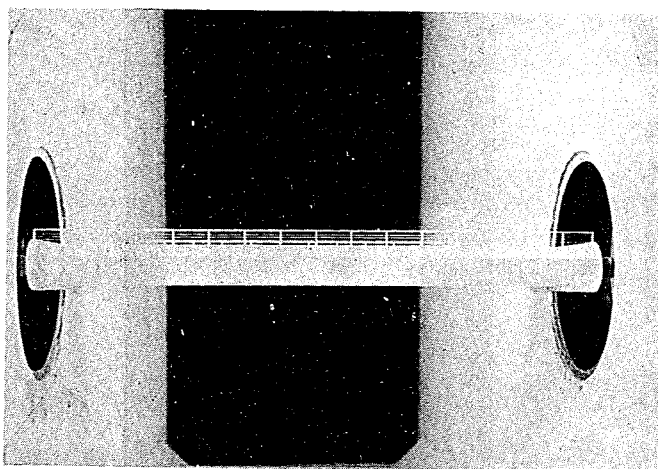




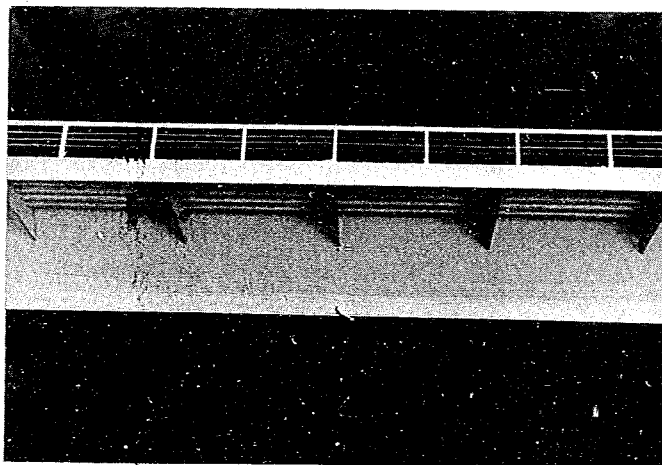
写真一 架橋予定地点



写真一 2 三分力天秤



写真一 3 風洞模型 (全景)



写真一 4 風洞模型 (高欄 A)

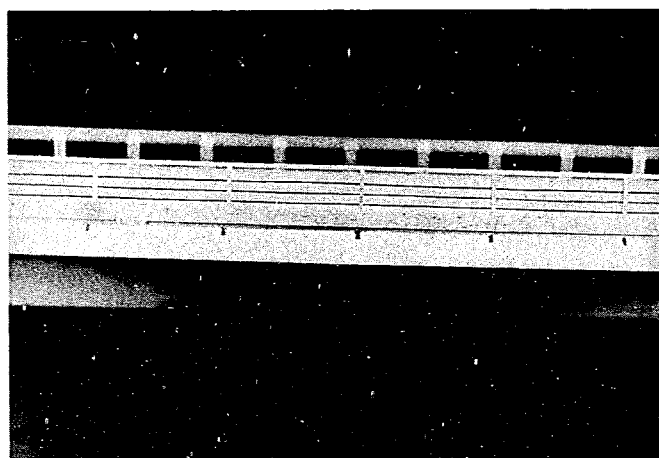


写真-5 風洞模型 (高欄A+地覆A)

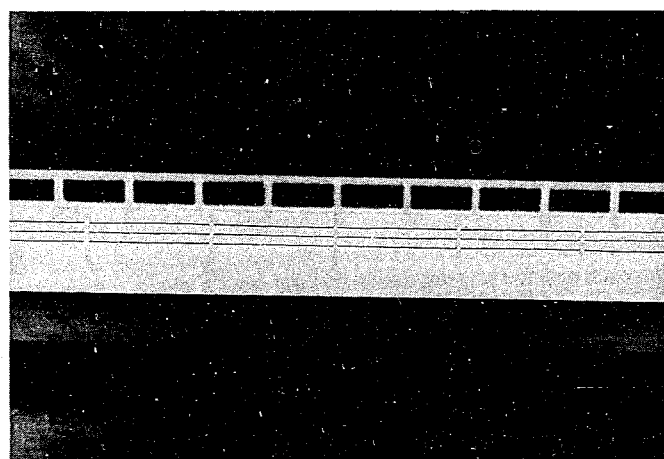


写真-6 風洞模型 (高欄A+端整流板(-20°))

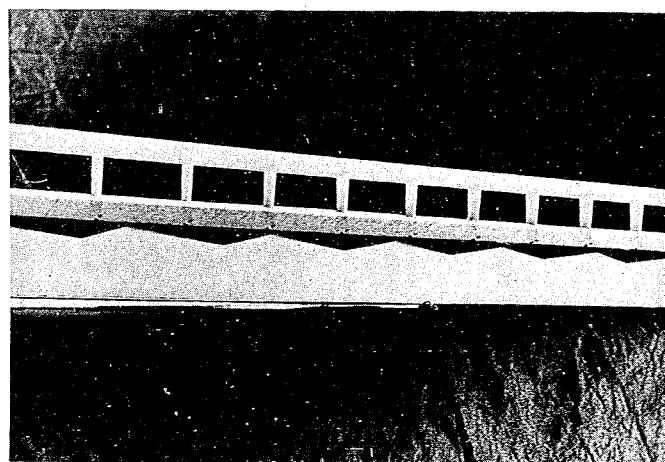
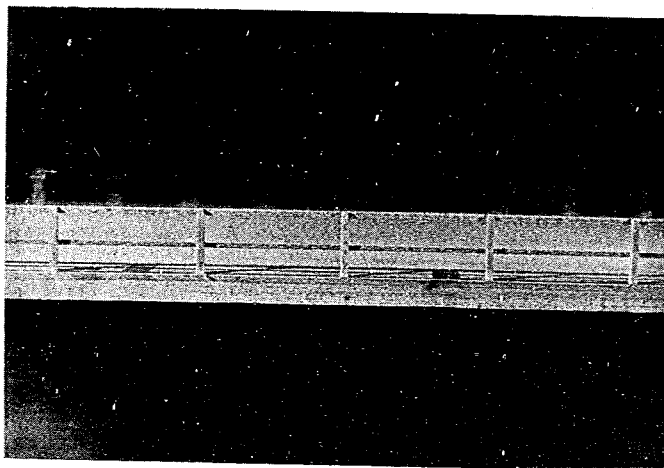
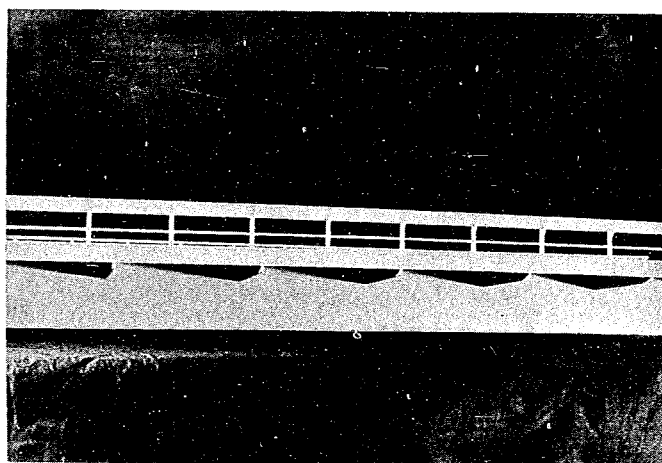


写真-7 風洞模型 (端抑流板A(+10°)+端整流板(0°))



写真—8 風洞模型（高欄B）



写真—9 風洞模型（端抑流板B(+10°)

参考文献

- 1) 長大橋設計センター; 末広大橋上部工風洞実験報告書、1972. 3.
- 2) 長大橋設計センター; 末広大橋実施設計案に対する耐風性について、1972. 3.
- 3) Y. Otsuki, K. Washizu, et al.; Measurements of Unsteady Aerodynamic Lift Acting on a Sinusoidally Oscillating Prismatic Bar of Square Section, 構造物の耐風性に関する第2回シンポジウム、1972.12.
- 4) 土木研究所構造研究室; 石狩川河口橋の耐風性に関する調査報告書、土木研究所資料453、1969. 3.
- 5) 土木学会; 本州四国連絡橋耐風設計指針、P157、1967. 7.
- 6) Wardlaw, R. L.; Some Approaches for Improving the Aerodynamic Stability of Bridge Road Decks, The 3rd Int. Conf. on Wind effects and Structures, Tokyo, 1971. 9.
- 7) 長大橋設計センター; 振動時の現断面の応力及び応力度、第2回末広大橋技術研究会資料 1972.10.
- 8) 気象庁; 日本各地の年最大風速、気象庁観測技術資料No.34, 1971. 1.
- 9) 日本港湾協会; 小松島港々湾計画調査委員会報告書 ——資料編—— 1971. 3.
- 10) 日本空港コンサルタンツ; 徳島飛行場と人工島計画との関係調査報告書、1971. 1.
- 11) 例えば、前出4)など

末広大橋耐風性調査報告書

土研資料第799号
昭48.3.(1973)

成田信之、横山功一、宮沢宏、野村一夫

斜張橋、フラッター、風琴振動、風琴振動抑込策

末広大橋の逆梯形断面案に対し、種々の補助部材を取りつけた風洞実験を行ない、その風琴振動抑制効果を調べた。更に、その中の数種に対し構造を再検討し風洞実験を行ない実施設計案として十分なものを得た。

郵便はがき

切手をは
て下さい

280-□□

千葉市穴川四十二―五二
建設省土木研究所
構造研究室
御中

№.

№.

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第799号

上記のとおり受領しました。

所属（住所）

氏 名

印