

土木研究所資料

耐風調査報告書 (X—1981)

昭和 57 年 3 月

建設省土木研究所
構造橋梁部構造研究室

Copyright © 1982 by P.W.R.I.

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

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

序

現在、東京湾、伊勢湾、大阪湾の各湾岸道路において数多くの長大橋梁の建設が実施および計画されている。吊橋、斜張橋などの比較的たわみやすい橋梁の建設にあたっては耐風性の検討が不可欠であるが、解析によりその検討を行うことは現在のところ極めて困難であるため、個々の設計案について乱れのほとんどない一様気流中で2次元剛体模型を用いた風洞実験を実施し、耐風性の良好な断面を選定している。設計案の耐風安定性が充分でない場合は、既往の実験結果を参考にし経験的に断面変更を施し、その効果を実験的に調べながら耐風安定性の良好な断面を見出すという方法をとっている。しかしながら現在のところ断面形状と空力特性の関係を示すデータは必ずしも充分でないため、これらのデータの蓄積が望まれている。また実際の長大橋梁は3次元構造物であり、これに作用する風は時間的にも空間的にも変動する乱流であるが、現在のところこれらの影響の評価方法も定まっていない。したがって自然風の乱れや構造物の3次元性が、構造物の耐風安定性におよぼす影響についても明らかにする必要がある。このため、当研究室では、より合理的な耐風設計法を確立すること、および長大橋梁建設の可能性を耐風設計の面から明らかにすることを目的として、「耐風調査」を昭和47年度から実施している。

本報告書は昨年度および今年度の「耐風調査」の結果をとりまとめたものであり、以下の項目により構成される。

- (1) 鶴見航路横断橋の耐風性調査
- (2) 名港東大橋の耐風性調査
- (3) 名港中央大橋の耐風性調査
- (4) 平戸大橋における自然風および対風応答の長期観測データ解析
- (5) 末广大橋における自然風および対風応答の長期観測データ解析
- (6) 水郷大橋における自然風の長期観測データ解析
- (7) スパイアーにより発生させた乱流の特性調査
- (8) 幾何学的非線形性を考慮した斜張橋の応力解析プログラムの収束性に関する調査

これらのうち、(1)と(2)は昭和55年度に実施したものであり、他の項目は本年度調査したものである。

構造研究室	室長	山本邦夫	
	研究員	佐藤弘史	
		野村一夫	※
		湯沢聡	
		神嵩一夫	

目 次

1. 鶴見航路横断橋の耐風性調査	1
1.1 ま え が き	1
1.2 調 査 方 法	1
1.3 調 査 結 果	2
1.4 結果の考察	2
1.5 ま と め	3
参考文献	4
付録 バネ支持実験と非定常空気力との関係	5
表	8
図	9
2. 名港東大橋の耐風性調査	26
2.1 ま え が き	26
2.2 調 査 方 法	26
2.3 調 査 結 果	26
2.4 結果の考察	26
2.5 ま と め	27
表	28
図	29
3. 名港中央大橋の耐風性調査	39
3.1 ま え が き	39
3.2 調 査 方 法	39
3.3 調 査 結 果	39
3.4 結果の考察	39
3.5 ま と め	41
参考文献	41
表	42
図	45
4. 平戸大橋における自然風および対風応答の長期観測データ解析	59
4.1 ま え が き	59
4.2 観 測 記 録	59
4.3 自然風の特徴	60
4.4 補剛桁応答の特徴	60

4.5 ま と め	60
参考文献	61
表	62
図	68
5. 末広大橋における自然風および対風応答の長期観測データ解析	77
5.1 ま え が き	77
5.2 収録されたデータ	77
5.3 自然風の特徴および橋桁対風応答の特徴	77
5.4 鉛直たわみガスト応答の簡単な推定式の検証	77
5.5 ま と め	79
参考文献	80
表	81
図	122
6. 水郷大橋における自然風の長期観測データ解析	132
6.1 ま え が き	132
6.2 調 査 方 法	132
6.3 調 査 結 果	133
6.4 考 察	133
6.5 ま と め	135
参考文献	135
表	136
図	147
7. スパイアーにより発生させた乱流の特性調査	162
7.1 ま え が き	162
7.2 実 験 方 法	162
7.3 実 験 結 果	163
7.4 考 察	163
7.5 ま と め	164
参考文献	165
表	166
図	168
8. 幾何学的非線形性を考慮した斜張橋応力解析プログラムの収束性に関する調査	184
8.1 ま え が き	184
8.2 調査の方法	184

8.3	調 査 結 果	184
8.4	収束計算方法の改良	184
8.5	ま と め	187
	参考文献	187
	表	188
	図	189
9.	謝 辞	191

1. 鶴見航路横断橋の耐風性調査

1.1 まえがき

鶴見航路横断橋は、東京湾岸道路の鶴見航路横断部に計画されている橋梁であり、構造形式としてゲルバートラス橋および斜張橋が考えられている。本調査は、計画案のうちダブルデッキのトラス橋桁を有する三径間（ $230\text{ m} + 510\text{ m} + 230\text{ m}$ ）斜張橋案の耐風性を調べるために実施したものである。本案の一般図を図-1-1に示す。

一般に吊橋や斜張橋は他の構造形式に比べたわみやすいため、風に対する安全性に関しては十分に注意を払う必要がある。橋梁の耐風性調査は、概略設計時に橋桁断面の基本形を選定するために実施するもの、実施設計時に橋桁断面が所要の耐風性を有するかどうか評価するために実施するもの、および架設時の構造系が所要の耐風性を有するかどうか評価するために実施するものの3種類に大別されるが、今回の調査は第1番目の目的で実施した。

風が橋梁に及ぼす影響のうち今回の調査の対象としたのは、自励振動（発生が構造物の破壊につながる振動）および渦励振（振幅は比較的小さいが、低風速で発生するため疲労および使用性の面で問題となる振動）である。今回は、東京湾岸道路調査事務所より提示された本橋概略設計案について、自励振動および渦励振に対する基本的な耐風性を明らかにするとともに、上路橋床および下路橋床の位置および幅が耐風性に及ぼす影響を明らかにすることを目的として調査した。

1.2 調査方法

1.2.1 実験方法

橋梁の耐風性を調べるためには、幾何学的形状、および質量、極慣性モーメント、剛性、振動数などの力学的特性を相似させた模型を風洞内に設置し、この対風応答特性を求めるといふパネ支持模型実験を実施することが多いが、現在のところ、本橋の力学的特性についてはまだ変更の余地があるため、力学的特性が得られたあとで耐風性の評価ができるように非定常空気力（振動中の構造物に作用する変動空気力）の測定を実施した。

非定常空気力は主として強制振動法により求めたが、一部のケースでは実験機器の不調のため自由振動法により求めた。

強制振動法¹⁾は、通風時に模型を強制的に振動させて、非定常空気力を測定する方法である。この方法による場合には、空気力の他に慣性力が振動時の模型に作用するため、模型および空気力検出器の外側に付加重錘をのせ、その大きさおよび位置を無風時に調整することにより慣性力を機械的に差し引き、模型に作用する空気力のみを検出するようにする必要がある。得られた空気力は、同時に計測した模型振動変位を用いて模型の変位と同位相の成分および速度と同位相の成分に分解し、非定常空気力係数を求める。

自由振動法は、模型をバネで支持し、通風し、加振させ、定常振幅で振動した段階で加振力を除き、その後の振動性状を測定し、このときの振動数および対数減衰率より非定常空気力係数を求める方法である。振動数および対数減衰率と非定常空気力係数との関係は付録を参照されたい。

1.2.2 使用風洞および使用模型

使用した風洞は土木研究所の非定常空気力風洞であり、高さ2 m、幅1 m、長さ3 mの測定部を有するグッチングン型の風洞である。気流としては、乱れのほとんどない一様気流を用いた。

模型は本橋橋桁の2次元剛体模型（縮尺1/81.6）を用いた。模型図を図-1-2に、とくに上路床版および下路床版の部分を図-1-3にそれぞれ示す。

1.2.3 実験条件および実験ケース

振動モード、振幅、迎角および模型形状等の実験条件を表-1-1に示す。事務所より提示された基本断面については 0° 、 $\pm 3^\circ$ 、 $\pm 5^\circ$ 、 $\pm 7^\circ$ の広い迎角範囲で実験を行ったが、床版の影響を調べる場合には、迎角は1つの角度に定めた。ねじれモードの1部のケースでは自由振動法で測定を行ったが、強制振動法と自由振動法の整合性を調べるために、基本断面の迎角 0° のケースは両方の手法で実験した。

1.3 調査結果

実験より求めた非定常空気力係数と無次元風速（ V/NB 、 V ；風速、 N ；振動数、 B ；橋桁幅員）の関係を図-1-4に示す。非定常空気力係数 C の添字の意味は次のとおりである。

L ；揚力、 M ；空力モーメント、 H ；鉛直たわみ振動、 T ；ねじれ振動、 I ；振動速度と同位相の成分、 R ；振動変位と同位相の成分。

例えば、 C_{LH}^I は、鉛直たわみ振動時に橋桁に作用する非定常揚力の、速度と同位相成分の係数を示す。図中の模型の記号（例えば、BASIC、LD-Uなど）の意味を表-1-1に示す。

自由振動法で実験したケースについては、その振幅と風速の関係を図-1-5に示した。自由振動時のデータより非定常空気力係数を求める場合は、付録の(6)式と(7)式を用いた。

1.4 結果の考察

1.4.1 自由振動法と強制振動法の比較

基本断面の迎角 0° におけるねじれ加振時の非定常空気力係数については、比較のため自由振動法と強制振動法とで求めた。図-1-4-10と図-1-4-7とにそれぞれ結果を示す。両者は非常によく一致しており、ねじれフラッターの発現と密接な関係をもつ、 C_{MT}^I が0となる無次元風速は、両者とも約3.6である。したがって、以下では両方の非定常空気力係数を同等に扱い、本橋の耐風安定性を考察する。

1.4.2 鶴見航路横断橋の耐風安定性

付録の(9)式、(9')式に示されているように、非定常空気力係数 C_{LH}^1 あるいは C_{MH}^1 が正の値をとるとき、加振振幅における通風時の対数減衰率 δ は小さくなり、自励振動あるいは渦励振が発生しやすくなる。このため、 C_{LH}^1 、 C_{MH}^1 に着目して、本橋の耐風安定性を述べる。なお、非定常空気力係数は対応する振幅における空力特性を表わすものであり、空力特性が振幅によって異なる場合には各振幅における非定常空気力係数を求める必要があるが、今回は、1つの振幅における係数により、本橋の耐風安定性を検討した。

基本断面は、迎角 3° と 5° で V/NB がおよそ 1.5 付近において、鉛直たわみモードの渦励振が発現するおそれがある。また、迎角 $-3^\circ \sim 7^\circ$ の高風速においてねじれフラッターが発現するおそれがある。鉛直たわみモードの渦励振を抑制するために種々の対策を施し、迎角 3° においてその効果を調べたが、効果の大きいものとして、下路床版を下げる (LD-D)、上路床版を下げる (UD-D)、あるいは上路床版幅を広げる (UD-W2) ことが挙げられる。また、ねじれフラッターの発現風速を高めるために、迎角 0° において種々の対策の効果を調べたが、効果の大きいものとして、上路床版幅を広げる (UD-W2) ことが挙げられる。

渦励振やねじれフラッターがどの程度の実橋風速で発現するかについては、今回得られた非定常空気力係数、本橋の固有振動数、および本橋の構造減衰率を付録の(9)式あるいは(9')式に代入し、 δ が 0 以上となる V/NB を求め、これより実橋風速に換算すればよい。現時点では本橋の固有振動数が明らかとなっていないため、厳密な推定は困難であるが、本橋の固有振動数を横浜港横断橋第2案²⁾のそれ (鉛直たわみモード; 0.3 Hz、ねじれモード; 0.7 Hz) と同じと仮定し、さらに本橋の構造減衰は 0 であるという安全側の仮定をおけば、粗い推定であるが渦励振やねじれフラッターの発現風速が次のように求まる。

基本断面の迎角 3° 、 5° における鉛直たわみモードの渦励振……約 15 m/s

基本断面の迎角 -3° 、 0° 、 3° 、 5° 、 7° におけるねじれフラッター (開始風速) ……それぞれ約 140 m/s、100 m/s、80 m/s、100 m/s、200 m/s

したがって、本橋の固有振動数が横浜港横断橋第2案のそれと同じかそれより高ければ、本橋基本断面は自励振動について充分に安定であるといえる。渦励振については、さらに検討する必要があると考えられる。

1.5 ま と め

鶴見航路横断橋の耐風性を調べるために、非定常空気力を測定した。その結果、本橋基本断面は迎角 3° と 5° の低風速で鉛直たわみモードの渦励振が、また迎角 $-3^\circ \sim 7^\circ$ の高風速でねじれフラッターがそれぞれ発現するおそれのあることが明らかとなった。このうち、ねじれフラッターについては、本橋のねじれモードの最低次の固有振動数が 0.7 Hz 以上であれば、実橋換

算発現風速は充分に高く、基本断面は安定であると考えられるが、鉛直たわみモードの渦励振については、実験した振幅より小さい振幅での発現の有無、振動が橋梁に与える影響などについてさらに検討が必要であり、渦励振を抑制するためには、下路床版を下げる、上路床版を下げる、あるいは上路床版を広げるなどの対策が有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 成田信之；充腹断面橋桁を有する斜張橋の耐風設計に関する基礎的研究、昭和53年2月
- 2) 建設省土木研究所構造研究室；横浜港横断橋の耐風性調査報告書（1980）、土木研究所資料第1639号、昭和56年3月

付録 バネ支持実験と非定常空気力との関係

ここでは、鉛直たわみモードの振動とねじれモードの振動との連成かはほぼ無視できる空力現象(ギャロッピング、ねじれフラッター、渦励振)について、非定常空気力係数と通風中自由振動時の振動特性(振動数、対数減衰率)の関係を考える。鉛直たわみ振動もねじれ振動も考え方は同じであるため、ねじれ振動について関係式の導き方を示し、鉛直たわみ振動については結果のみを示す。

強制振動法により非定常空気力を求める場合には、振幅は一定であるため、非定常空気力係数は次のように定義される。

$$\theta = \theta_0 e^{i\omega t} \quad (\theta_0 \text{ は一定}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

のとき

$$M = \frac{1}{2} \rho U^2 B^2 (C_{MT}^R + i C_{MT}^I) e^{i\omega t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 θ ; ねじれ振動変位、 θ_0 ; ねじれ振動振幅、 ω ; 円振動数、 t ; 時間、 M ; 非定常空力モーメント、 ρ ; 空気密度、 U ; 風速、 B ; 橋桁幅員、 C_{MT}^R ; 振動変位と同位相のねじれ加振時空力モーメント係数、 C_{MT}^I ; 振動速度と同位相のねじれ加振時空力モーメント係数。

一方、通風中のねじれ 1 自由度自由振動時の運動方程式は次のようになる。

$$I \ddot{\theta} + K (1 + i \frac{\delta_0}{\pi}) \theta = M \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 I ; 単位長さあたり極慣性モーメント、 K ; ねじれ剛性、 δ_0 ; 無風時の対数減衰率。自由振動時には振幅は時間とともに変化するため、

$$\theta = \theta_0 e^{-\frac{\delta}{2\pi} \omega t} e^{i\omega t} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 δ ; 通風時の対数減衰率。

となる。一般に δ は振幅の関数であるため、強制振動時に作用する非定常空気力と自由振動時に作用する空気力とは、厳密には異なるが、振幅変化 $\Delta \theta_0$ が十分小さい次式の範囲では、

$$\theta_0 - \Delta \theta_0 < \theta_0 e^{-\frac{\delta}{2\pi} \omega t} < \theta_0 + \Delta \theta_0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

自由振動時の空気力は振幅 θ_0 における強制振動時の空気力で近似されと考えられる。さらに、(5)式の振幅範囲で δ を時間に関して一定とみなし、(2)式を(3)式に代入すると、 δ 、 ω と C_{MT}^R 、 C_{MT}^I の関係が求まる。すなわち、

$$C_{MT}^R = \frac{I \theta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B^2} \left(\frac{\delta^2 \omega^2}{4 \pi^2} + \omega_0^2 - \omega^2 \right) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$C_{MT}^I = \frac{I \theta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B^2} \left(\frac{\omega_0^2 \delta_0}{\pi} - \frac{\omega^2 \delta}{\pi} \right) \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 ω_0 ; 無風時の円振動数、 ω 、 δ ; それぞれ振幅が θ_0 における通風時の円振動数、対数減衰率。

逆に、非定常空気力係数より ω 、 δ を推定する場合には、

$$\omega^2 = \frac{1}{2} \left\{ \omega_0^2 - X + \sqrt{(X - \omega_0^2)^2 + \left(-Y + \frac{\omega_0^2 \delta_0}{\pi}\right)^2} \right\} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\delta = \left(-Y + \frac{\omega_0^2 \delta_0}{\pi}\right) \frac{\pi}{\omega^2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここに、

$$X = \frac{\frac{1}{2} \rho U^2 B^2}{I \theta_0} C_{MT}^R \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$Y = \frac{\frac{1}{2} \rho U^2 B^2}{I \theta_0} C_{MT}^I \quad \dots\dots\dots (11)$$

振動数が無風時と通風時で同じと考えられる場合、すなわち、

$$\omega = \omega_0 \quad \dots\dots\dots (12)$$

のときは、

$$C_{MT}^R = \frac{I \theta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B^2} \cdot \frac{\delta^2}{4 \pi^2} \omega_0^2 \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$C_{MT}^I = \frac{I \theta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B^2} \cdot \omega_0^2 \cdot \frac{\delta_0 - \delta}{\pi} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\delta = \delta_0 - \frac{\frac{1}{2} \rho U^2 B^2 \pi C_{MT}^I}{\omega_0^2 I \theta_0} \quad \dots\dots\dots (15)$$

定常振動を続ける場合、すなわち

$$\delta = 0 \quad \dots\dots\dots (16)$$

のときは、

$$C_{MT}^R = \frac{I \theta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B^2} (\omega_0^2 - \omega^2) \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$C_{MT}^I = \frac{I \theta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B^2} \cdot \omega_0^2 \frac{\delta_0}{\pi} \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \frac{\frac{1}{2} \rho U^2 B^2}{I \theta_0} C_{MT}^R \quad \dots\dots\dots (19)$$

(12)式、(16)式が同時に仮定されるときは、

$$C_{MT}^R = 0 \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$C_{MT}^I = \frac{I \theta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B^2} \cdot \omega_0^2 \cdot \frac{\delta_0}{\pi} \quad \dots\dots\dots (21)$$

鉛直たわみ振動の場合の関係式を以下に示す。なお、ねじれ振動との対応を明らかにするため、

仮定が同じ式は、ねじれ振動の場合の式番号に ' を付けて、その式番号とする。

$$C_{LH}^R = \frac{m \eta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B} \left(\frac{\delta^2 \omega^2}{4 \pi^2} + \omega_0^2 - \omega^2 \right) \dots\dots\dots (6')$$

$$C_{LH}^I = \frac{m \eta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B} \left(\frac{\omega_0^2 \delta_0}{\pi} - \frac{\omega^2 \delta}{\pi} \right) \dots\dots\dots (7')$$

ここに、 C_{LH}^R ; 振動変位と同位相のたわみ加振時の非定常揚力係数、 C_{LH}^I ; 振動速度と同位相のたわみ加振時の非定常揚力係数、 m ; 単位長さあたりの質量、 η_0 ; 鉛直たわみ振動振幅。

$$\omega^2 = \frac{1}{2} \left\{ \omega_0^2 - Q + \sqrt{(Q - \omega_0^2)^2 + \left(-R + \frac{\omega_0^2 \delta_0}{\pi}\right)^2} \right\} \dots\dots\dots (8')$$

$$\delta = \left(-R + \frac{\omega_0^2 \delta_0}{\pi}\right) \frac{\pi}{\omega^2} \dots\dots\dots (9')$$

ここに

$$Q = \frac{\frac{1}{2} \rho U^2 B}{m \eta_0} C_{LH}^R \dots\dots\dots (10')$$

$$R = \frac{\frac{1}{2} \rho U^2 B}{m \eta_0} C_{LH}^I \dots\dots\dots (11')$$

また、

$$C_{LH}^R = \frac{m \eta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B} \cdot \frac{\delta^2}{4 \pi^2} \omega_0^2 \dots\dots\dots (13')$$

$$C_{LH}^I = \frac{m \eta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B} \cdot \omega_0^2 \cdot \frac{\delta_0 - \delta}{\pi} \dots\dots\dots (14')$$

$$\delta = \delta_0 - \frac{\frac{1}{2} \rho U^2 B \pi C_{LH}^I}{\omega_0^2 m \eta_0} \dots\dots\dots (15')$$

$$C_{LH}^R = \frac{m \eta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B} (\omega_0^2 - \omega^2) \dots\dots\dots (17')$$

$$C_{LH}^I = \frac{m \eta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B} \cdot \omega_0^2 \cdot \frac{\delta_0}{\pi} \dots\dots\dots (18')$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \frac{\frac{1}{2} \rho U^2 B}{m \eta_0} C_{LH}^R \dots\dots\dots (19')$$

$$C_{LH}^R = 0 \dots\dots\dots (20')$$

$$C_{LH}^I = \frac{m \eta_0}{\frac{1}{2} \rho U^2 B} \cdot \omega_0^2 \cdot \frac{\delta_0}{\pi} \dots\dots\dots (21')$$

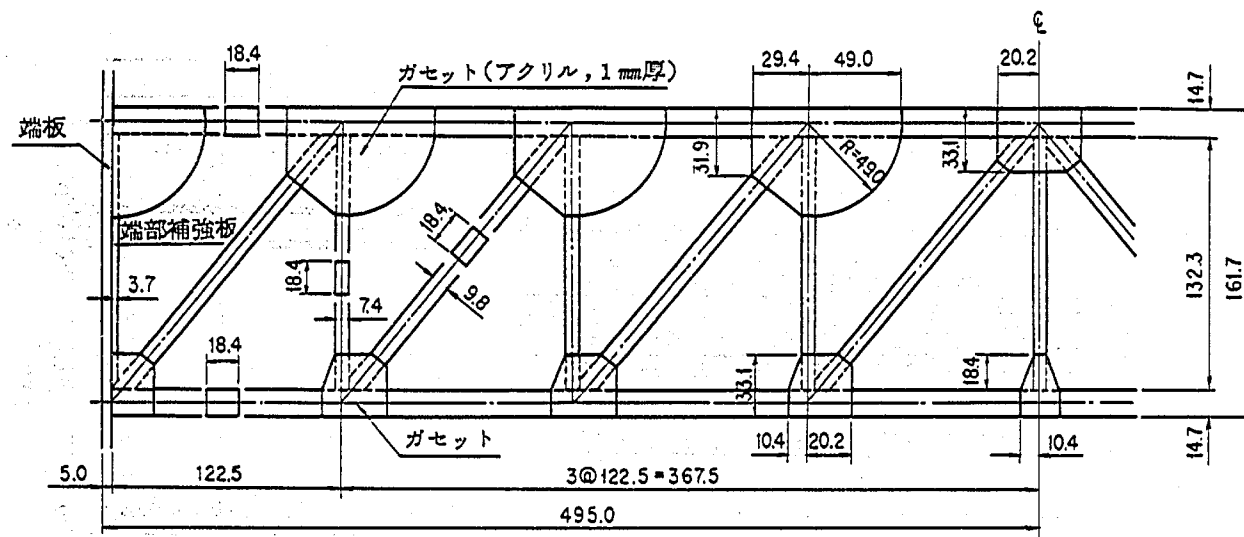
表-1-1 鶴見航路横断橋実験ケース

実験番号	振動モード		振 幅	迎 角 (°)	模 型 ・ 形 状			記 号
					上 路 *	下 路 **	特 徴	
1	強 制 振 動	鉛 直 た わ み モ ー ド	橋桁幅員 の1/100	7	a	f	基本断面	Basic
2				5				
3				3				
4				0				
5				- 3				
6				- 5				
7				- 7				
8				3		g	下路上げる	LD-U
9						h	下路下げる	LD-D
10						i	下路幅広げる(1)	LD-W 1
11						j	下路幅広げる(2)	LD-W 2
12				b		上路上げる	UD-U	
13				c		上路上げる	UD-D	
14				d		上路幅広げる(1)	UD-W 1	
15				e		上路幅広げる(2)	UD-W 2	
16	自 由 振 動	ね じ れ モ ー ド	1°	7	a	f	基本断面	Basic
17				5				
18				3				
19				0				
20				- 3				
21				- 5				
22				- 7				
23				0		g	下路上げる	LD-U
24						h	下路下げる	LD-D
25						f	基本断面	Basic
26						i	下路幅広げる(1)	LD-W 1
27						j	下路幅広げる(2)	LD-W 2
28				b	f	上路上げる	UD-U	
29				c		上路下げる	UD-D	
30				d		上路幅広げる(1)	UD-W 1	
31				e		上路幅広げる(2)	UD-W 2	

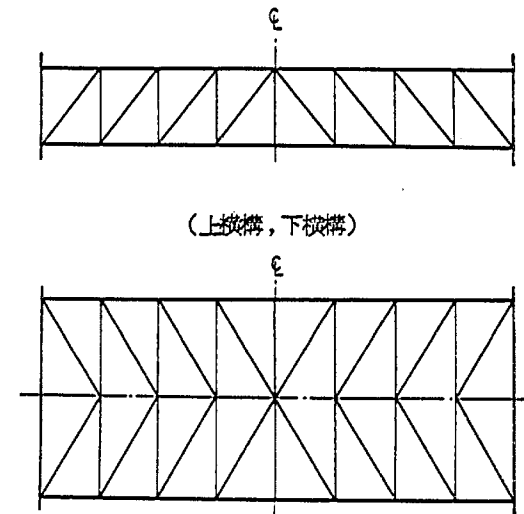
* 図-1-3-1「上路床版模型図」参照のこと。

** 図-1-3-2「下路 " 」 "

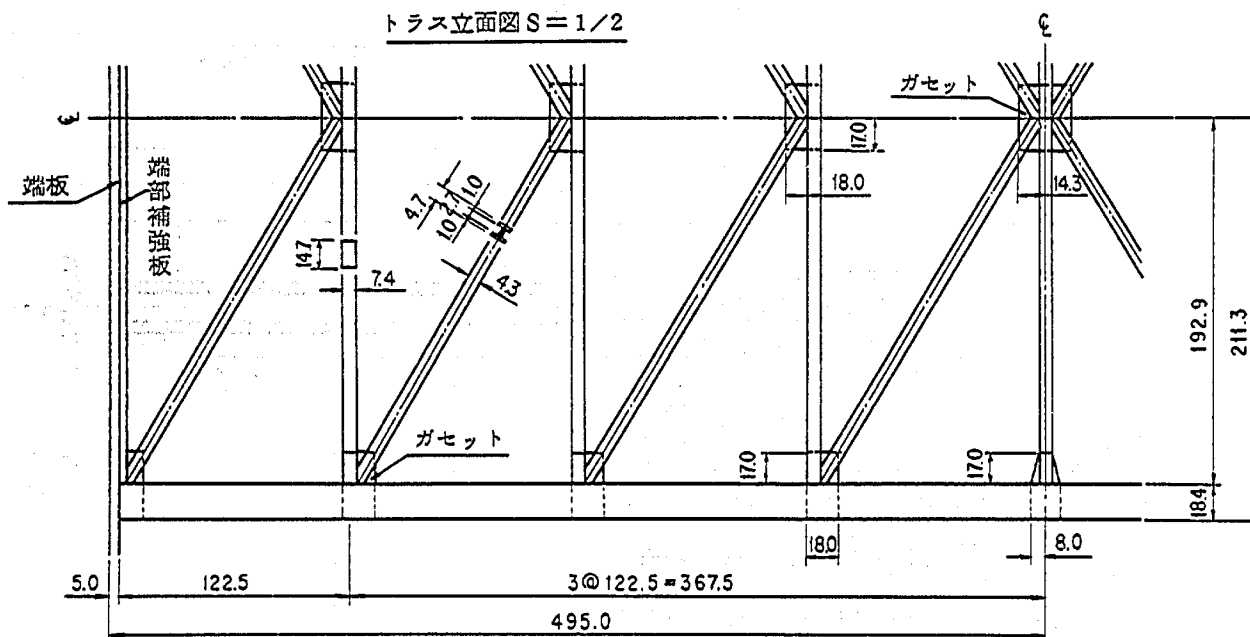
トラス側面図 S=1/2



マーク図



トラス立面図 S=1/2



トラス断面端部 S=1/1

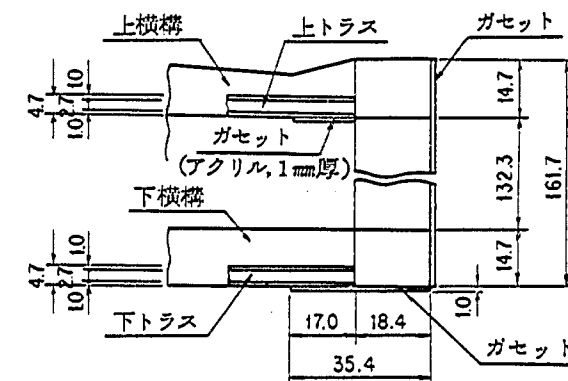
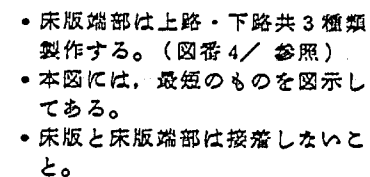
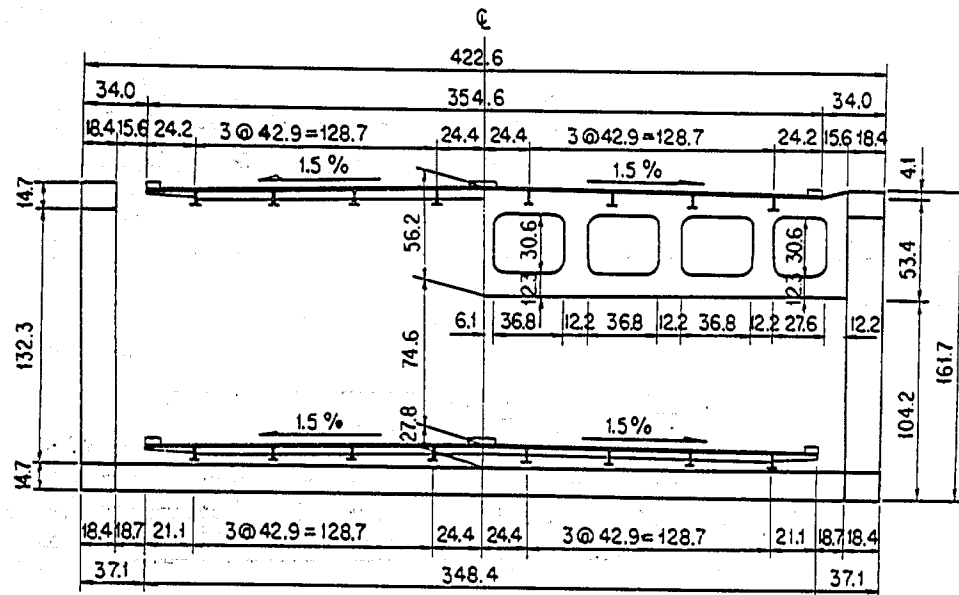


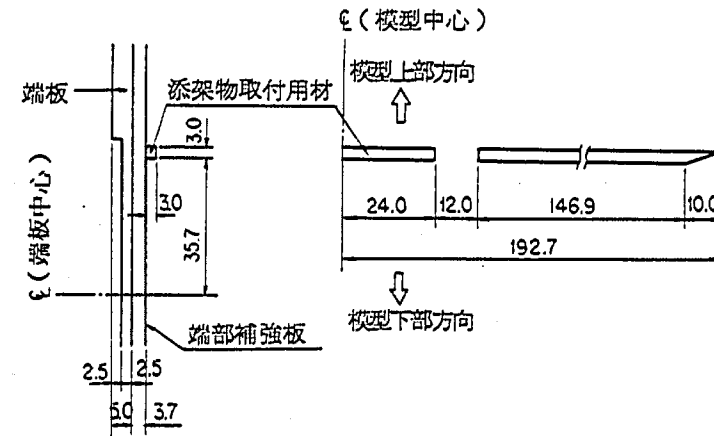
図-1-2-1 鶴見航路横断橋模型図 (その1)



横断面図 S=1/2

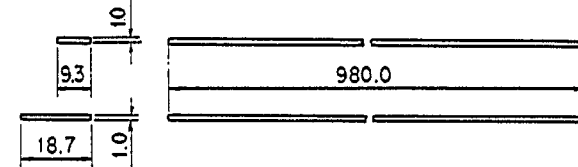


トラス端部(添架物取り付け台) S=1/1



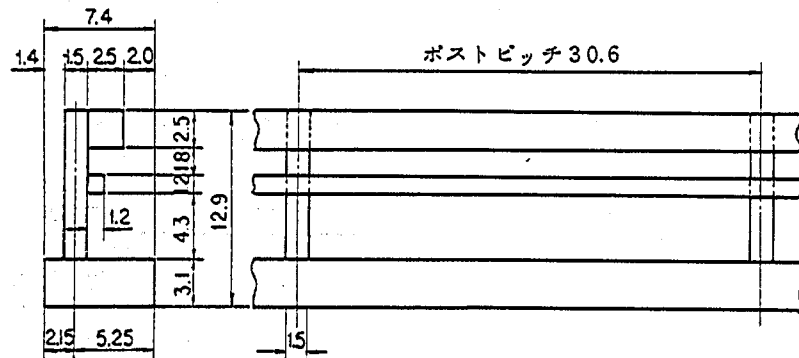
補助床版(下路) S=1/1

※ 各2枚製作する

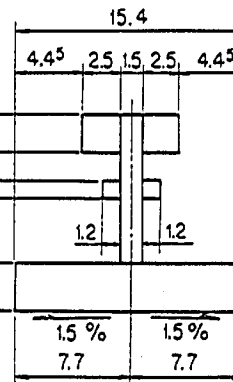


高欄 S=4/1

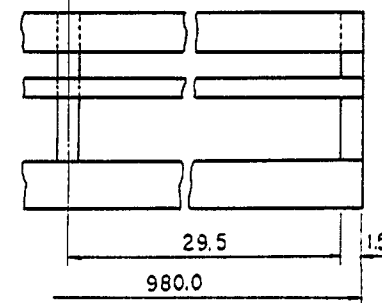
(高欄・中央分離帯)



中央分離帯 S=4/1



高欄・中央分離帯端部 S=4/1



※ 高欄は4本製作し、下路床版にのみ接着し、上路床版には接着しないこと。

※ 中央分離帯は2本製作し、上路床版・下路床版に接着する。

図-1-2-3 鶴見航路横断橋模型図(その3)

図-1-2-4 鶴見航路横断橋模型図(その4)

Technical drawing of a rectangular box (likely a case or enclosure) showing dimensions and internal components. The drawing includes a top view and a side view. The top view shows a rectangular box with a width of 24.7 and a height of 24.3. The side view shows a height of 47. The drawing includes dimensions for the box walls, internal components, and mounting holes. The text "三角コーナー" (Triangle Corner) is written in the top right corner. The drawing is labeled with dimensions in millimeters (mm).

Dimensions (mm):

- Top View:
 - Width: 24.7
 - Height: 24.3
 - Internal Width: 24.0
 - Internal Height: 24.0
 - Wall Thickness: 3.8 (top), 3.4 (right), 3.4 (bottom)
 - Mounting Hole Diameter: $\phi 2.4$
 - Mounting Hole Position: 11.6 (left), 13.1 (right)
- Side View:
 - Height: 47
 - Internal Height: 45
 - Wall Thickness: 1.6 (top), 0.4 (bottom)

Labels:

- 三角コーナー (Triangle Corner)
- $\phi 2.4$ (Mounting Hole Diameter)
- 24.0 (Internal Width/Height)
- 24.7 (Total Width)
- 24.3 (Total Height)
- 3.8 (Top Wall Thickness)
- 3.4 (Right Wall Thickness)
- 3.4 (Bottom Wall Thickness)
- 11.6 (Mounting Hole Position)
- 13.1 (Mounting Hole Position)
- 47 (Total Height)
- 45 (Internal Height)
- 1.6 (Top Wall Thickness)
- 0.4 (Bottom Wall Thickness)

Technical drawing of a rectangular structure, likely a frame or enclosure, showing dimensions and material specifications.

Material Specification: 金網 (φ0.2 #32) - Wire mesh (φ0.2 #32)

Dimensions (mm):

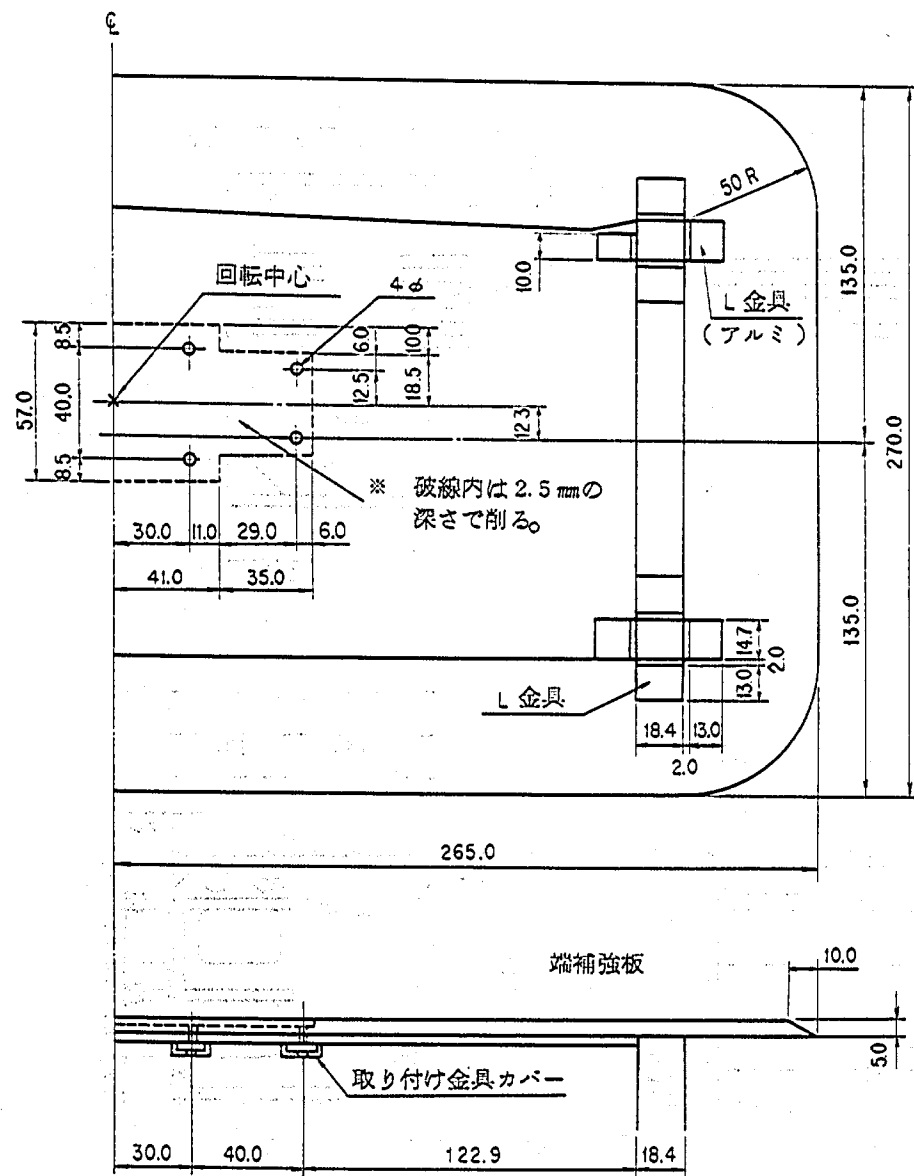
- Overall Width:** 14.7 + 18.4 + 14.7 = 47.8
- Overall Height:** 2.4 + 4.9 + 20.35 + 4.7 + 4.9 + 2.4 = 42.64
- Internal Width Segments:** 1.0, 18.4, 1.0, 1.0
- Internal Height Segments:** 2.4, 4.9, 2.4, 4.9, 2.4
- Bottom Segment:** 4 @ 18.4 = 73.6
- Right Side Segment:** 24.3

Figure 1: Technical drawing of a cabinet (Figure 1) showing dimensions and internal layout. The cabinet has a total width of 25.0 and a total height of 30.6. The top section is 1.0 high. The main body is 13.8 high. The bottom section is 6.4 high. The cabinet is divided into four vertical sections with widths of 2.4, 6.4, 7.4, and 6.4. The top section contains a '三角ローナー' (triangular roller) with a 30-degree angle and a 3.0 offset. The main body contains two sets of horizontal rollers, each 7.0 high and 8.4 wide. The bottom section contains two sets of horizontal rollers, each 6.4 high and 8.4 wide. The total height of the main body is 30.6.

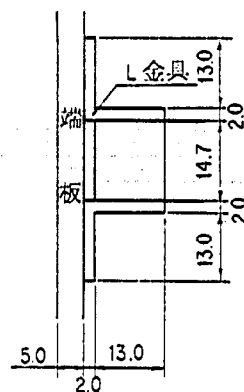
※ $l=121.5$ を6個 $l=117.8$ を2個製作する。

図-1-2-5 鶴見航路横断橋模型図(その5)

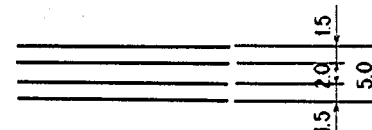
トラス端板取り付け図 S=1/2



L金具 S=1/1
(アルミ)

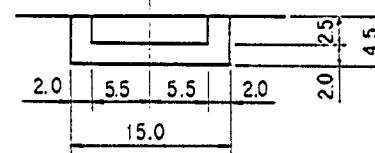


端板断面 S=2/1

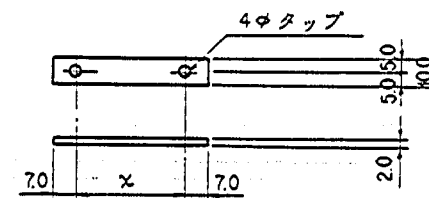


※ 3枚の板を木目を直交させて張り合わせる。

取り付け金具カバー S=2/1



取り付け金具 S=1/2
(アルミ)



※ x = 25.0, 40.0 の2種類

図-1-2-6 鶴見航路横断橋模型図 (その6)

単位 (mm)

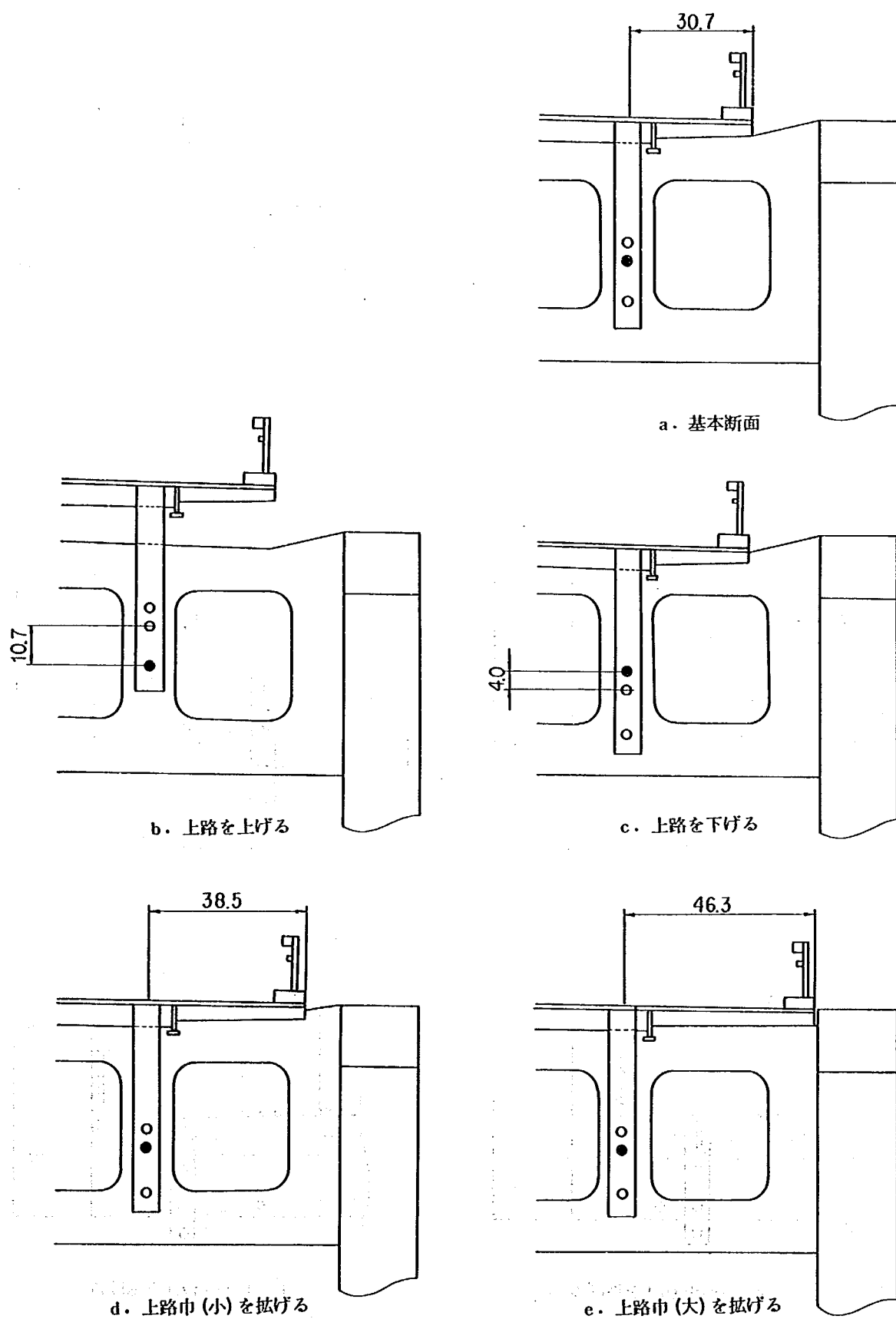
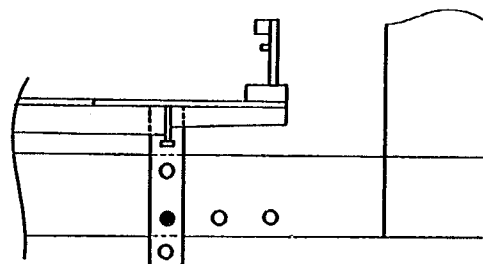
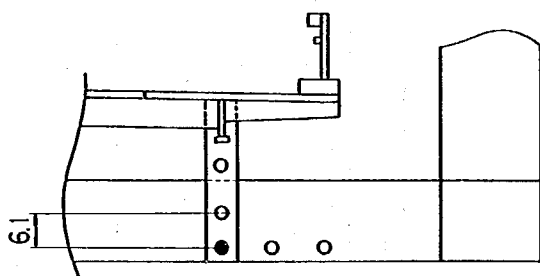


図-1-3-1 上路床版模型図

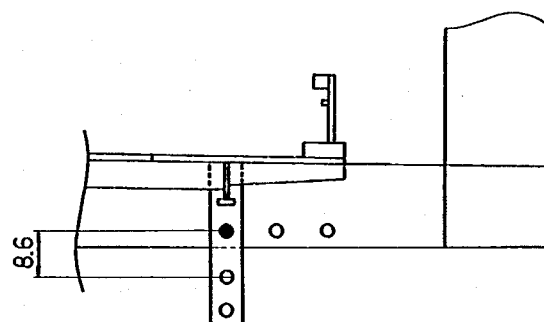
単位 (mm)



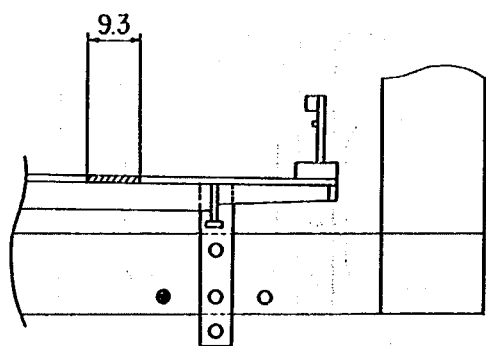
f. 基本断面



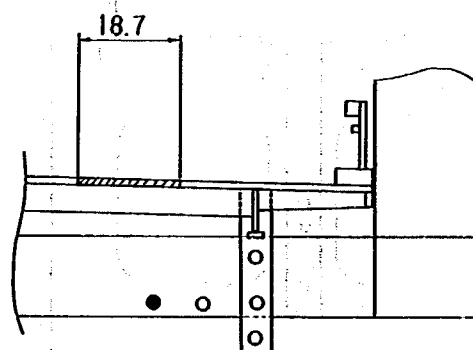
g. 下路を上げる



h. 下路を下げる



i. 下路巾(小)を拡げる



j. 下路巾(大)を拡げる

図-1-3-2 下路床版模型図

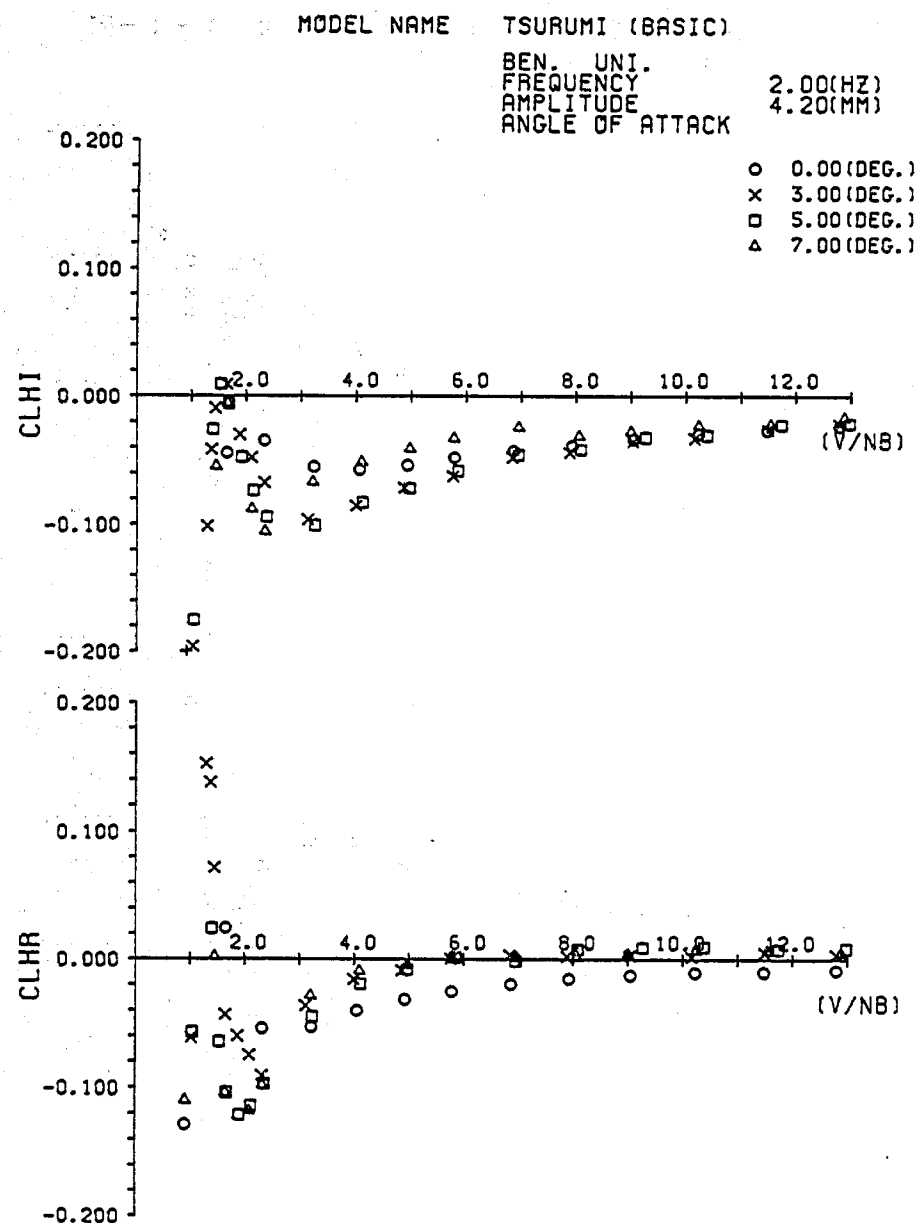


图-1-4-1 非定常空气力系数 (CL_H^I , CL_H^R)

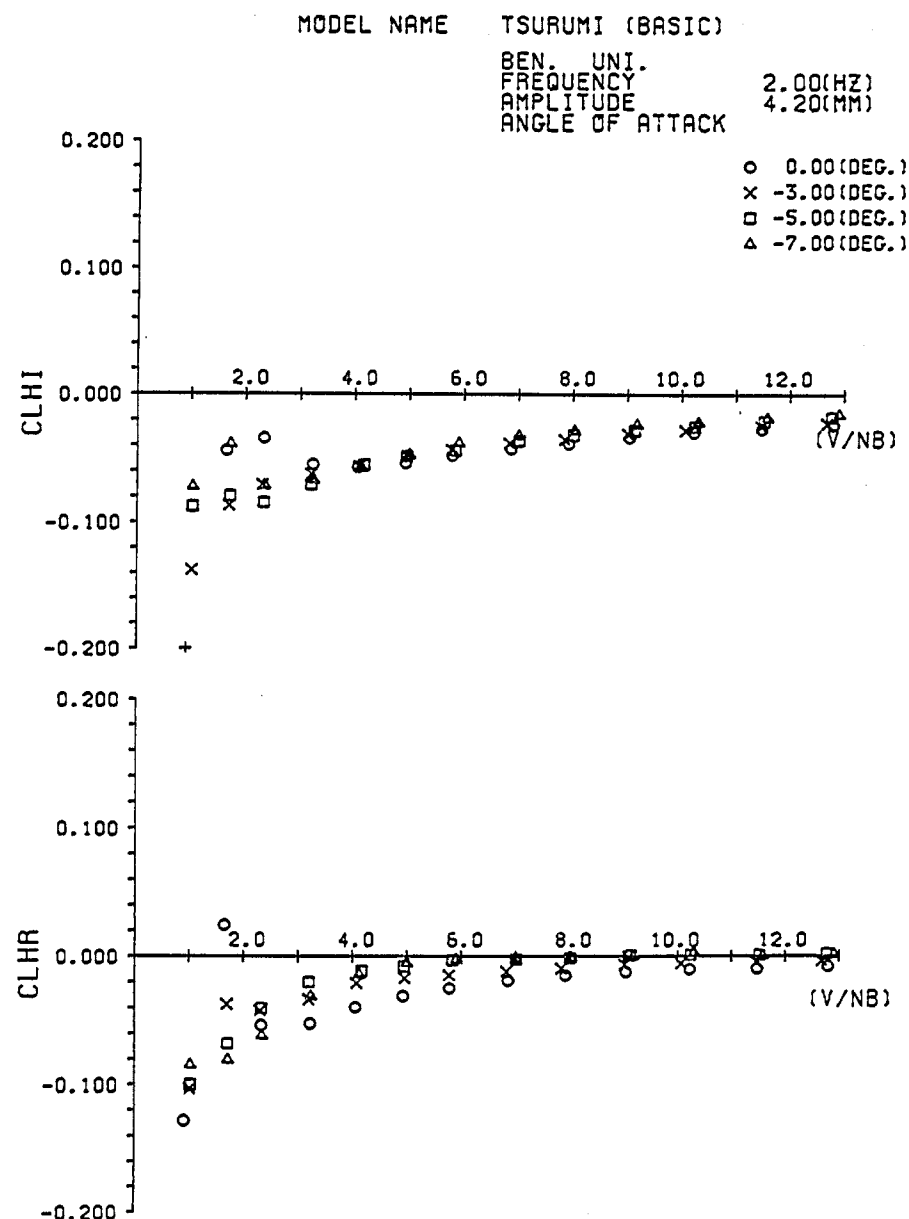


图-1-4-2 非定常空气力系数 (CL_H^I , CL_H^R)

MODEL NAME TSURUMI
 BEN. UNI.
 FREQUENCY 2.00(HZ)
 AMPLITUDE 4.20(MM)
 ANGLE OF ATTACK 3.00(DEG.)
 SECTION
 ○ BASIC
 × LD-U
 □ LD-D

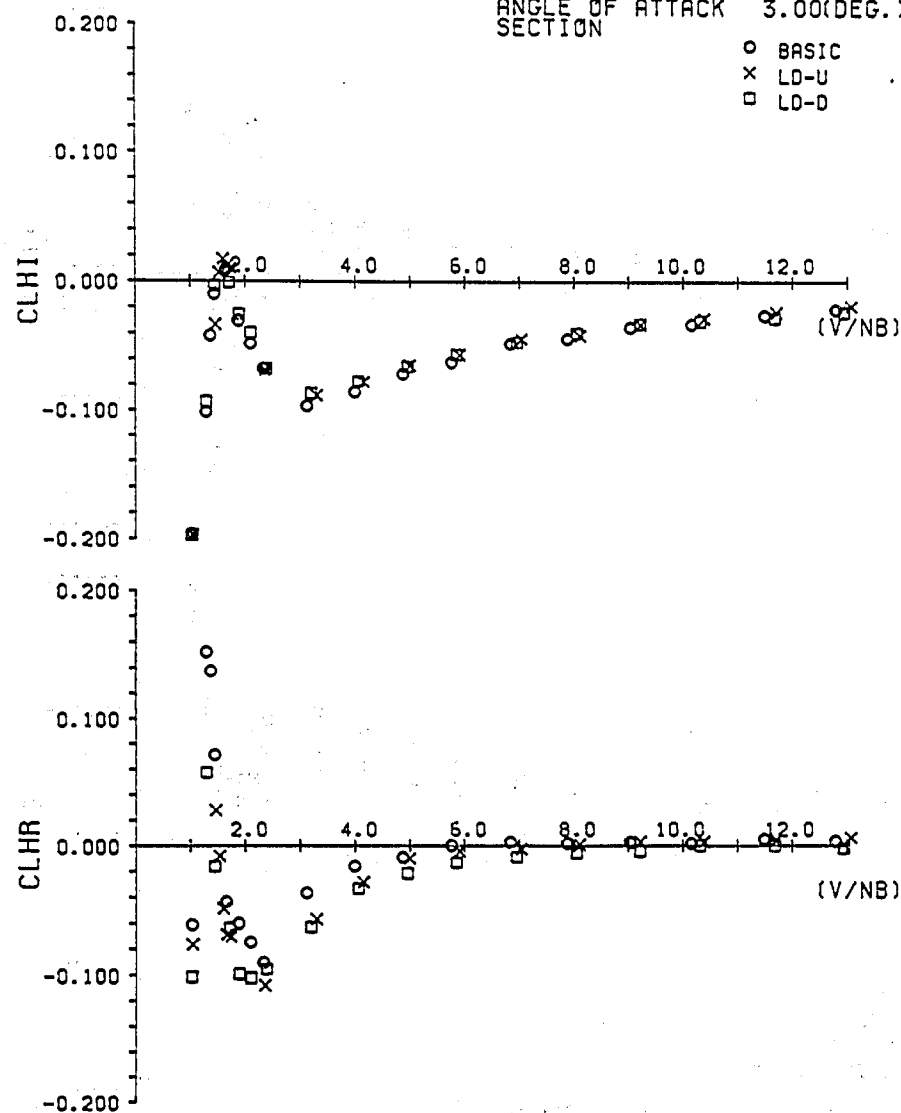


图-1-4-3 非定常空气力系数 (CLH^I , CLH^R)

MODEL NAME TSURUMI
 BEN. UNI.
 FREQUENCY 2.00(HZ)
 AMPLITUDE 4.20(MM)
 ANGLE OF ATTACK 3.00(DEG.)
 SECTION
 ○ BASIC
 × LD-W1
 □ LD-W2

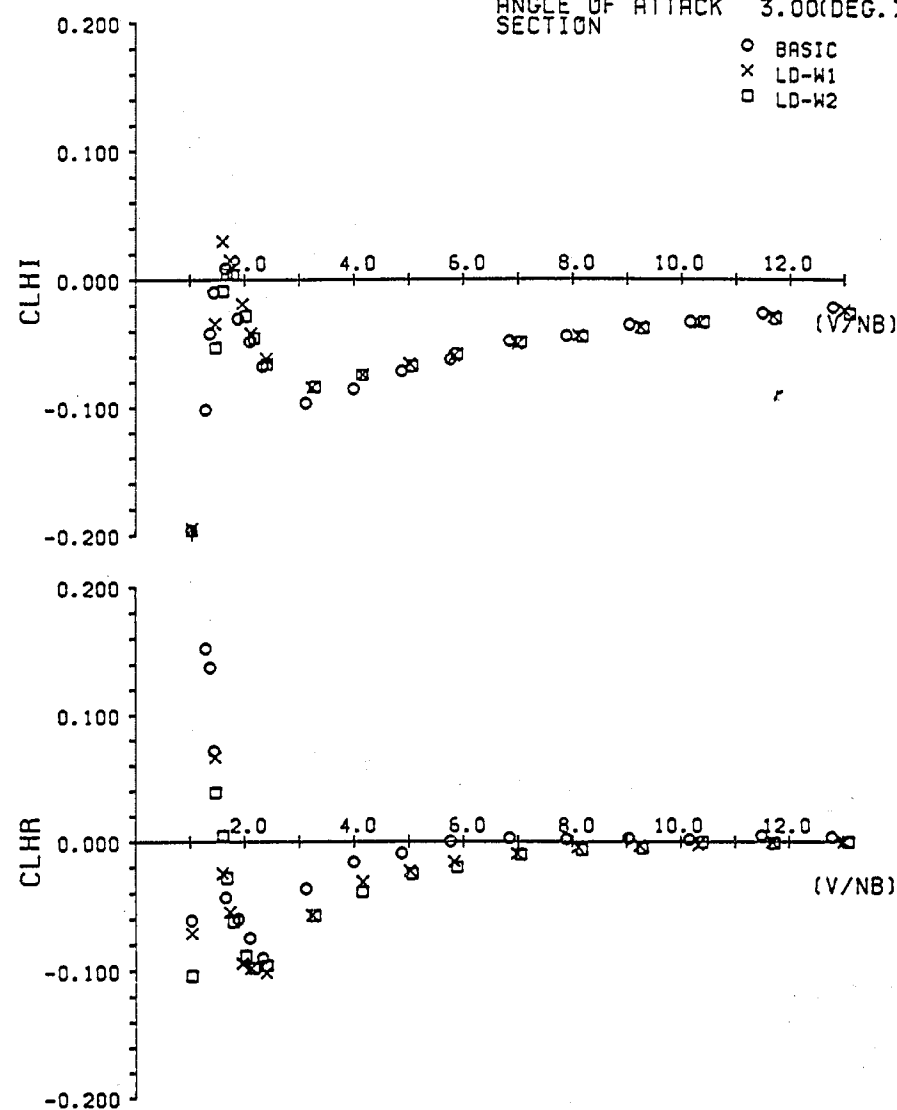


图-1-4-4 非定常空气力系数 (CLH^I , CLH^R)

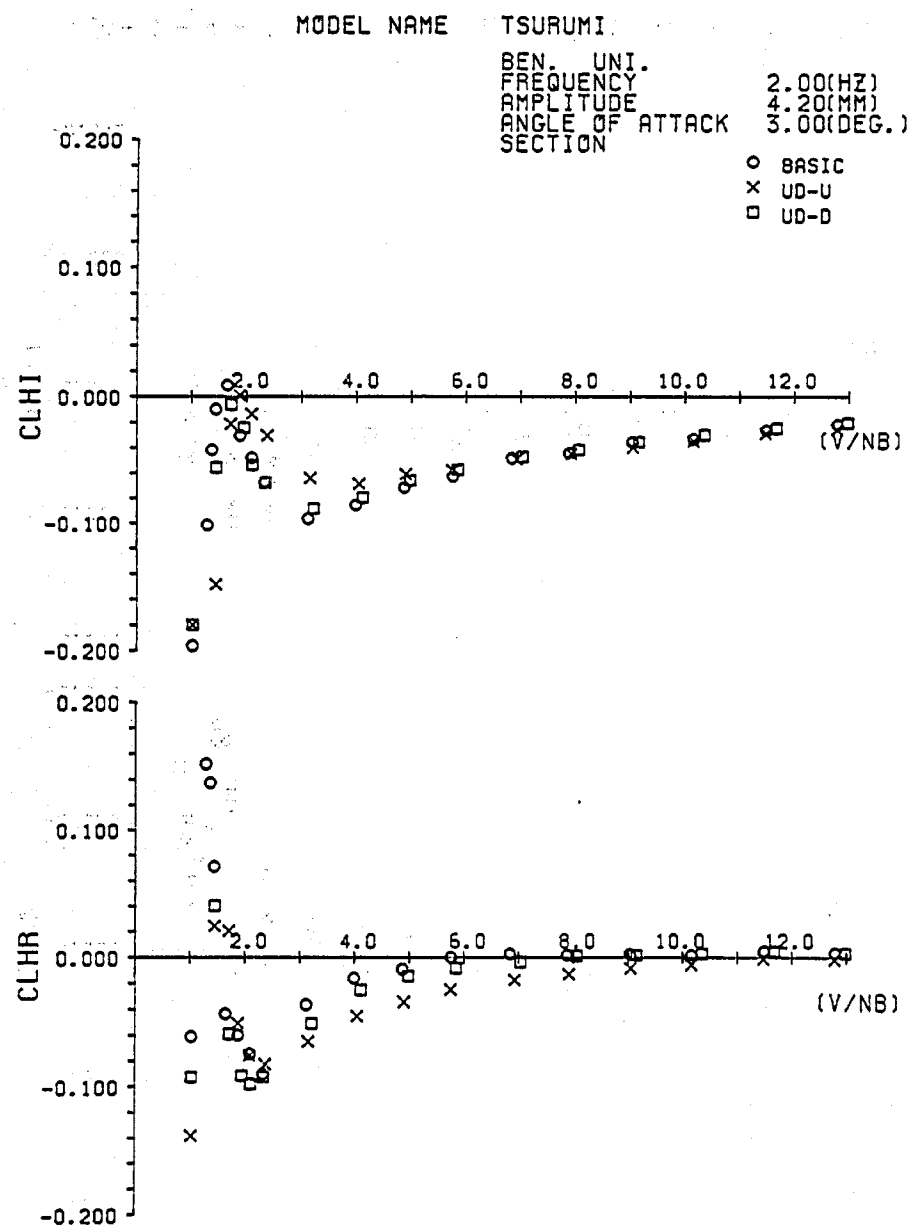


图-1-4-5 非定常空气力系数 (CL_H^I , CL_H^R)

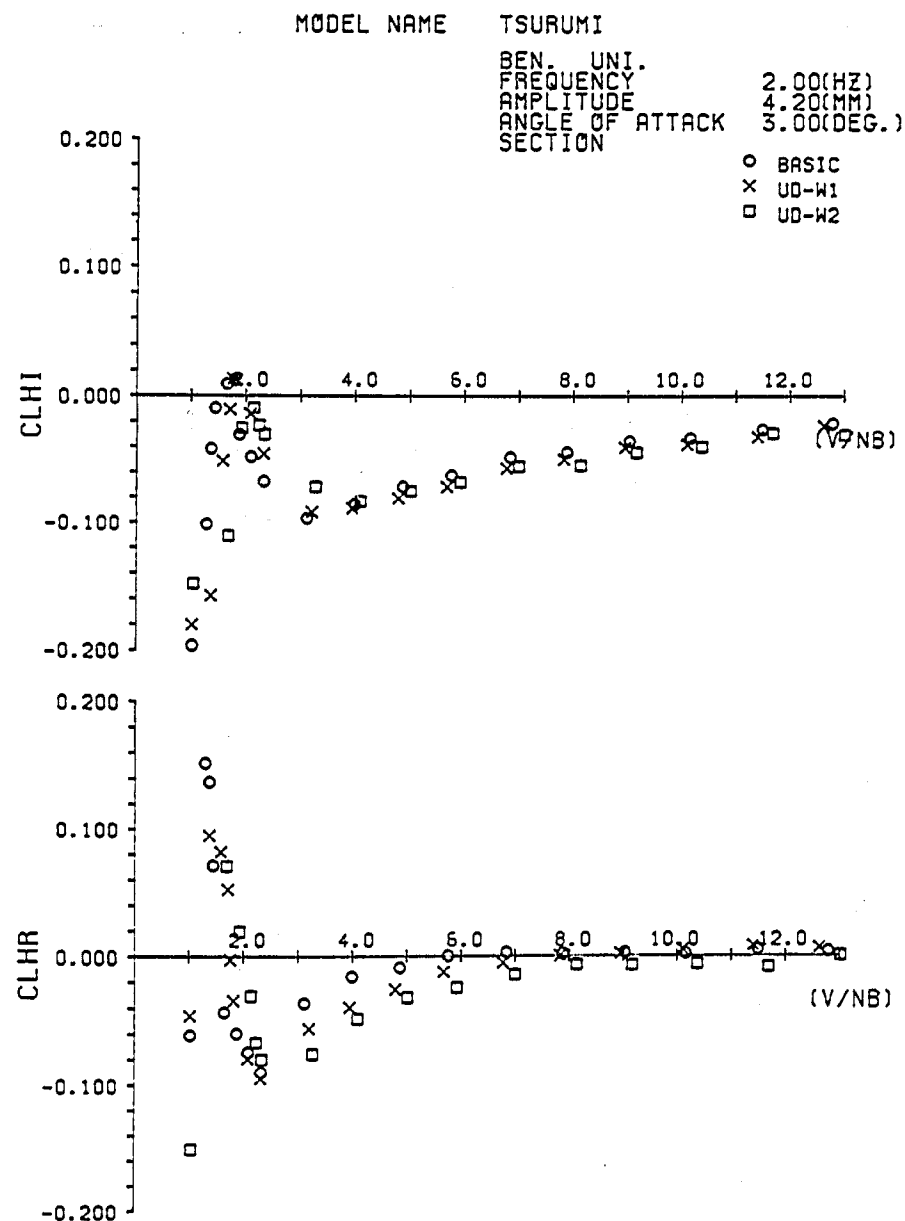


图-1-4-6 非定常空气力系数 (CL_H^I , CL_H^R)

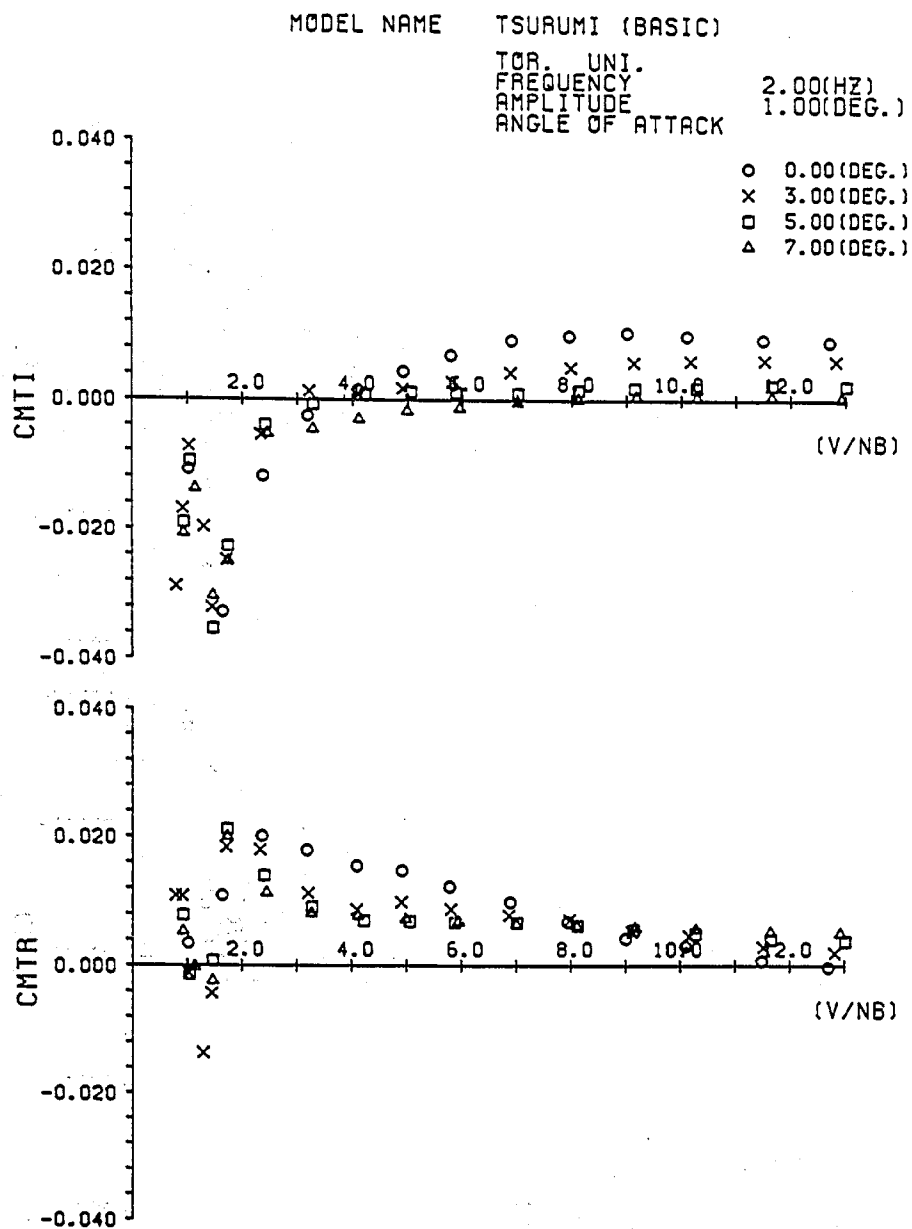


图-1-4-7 非定常空气力系数 (CMT^I , CMT^R)

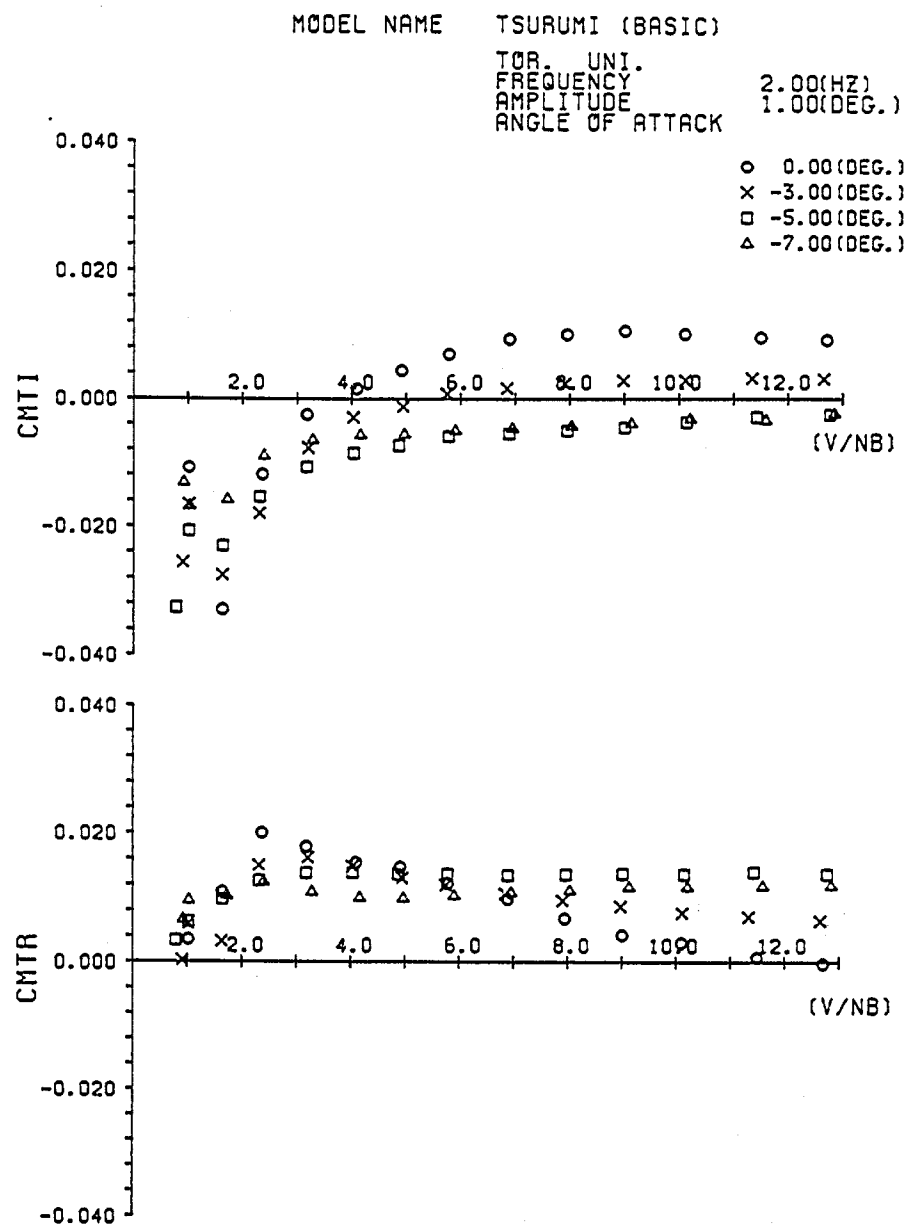


图-1-4-8 非定常空气力系数 (CMT^I , CMT^R)

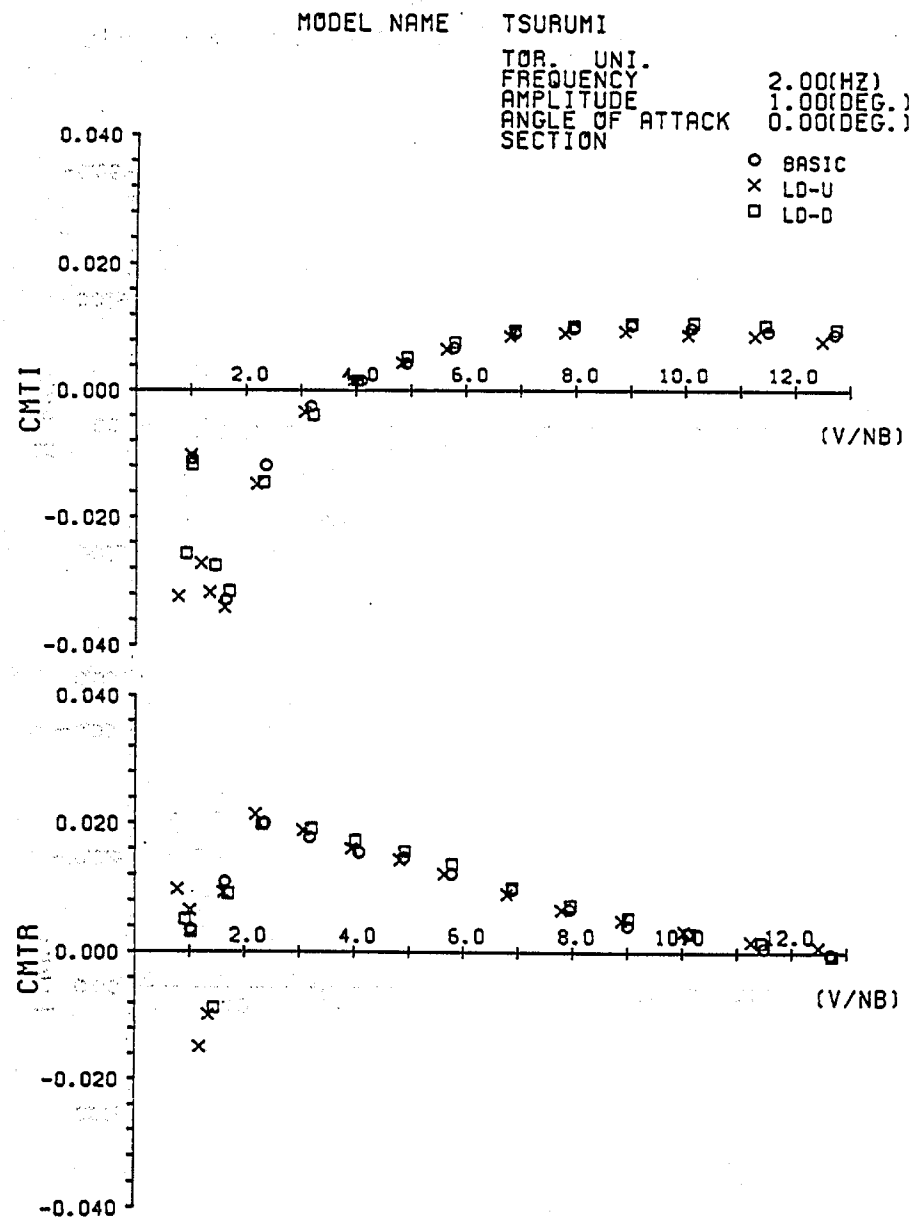


图 - 1 - 4 - 9 非定常空气力系数 (CMT^I , CMT^R)

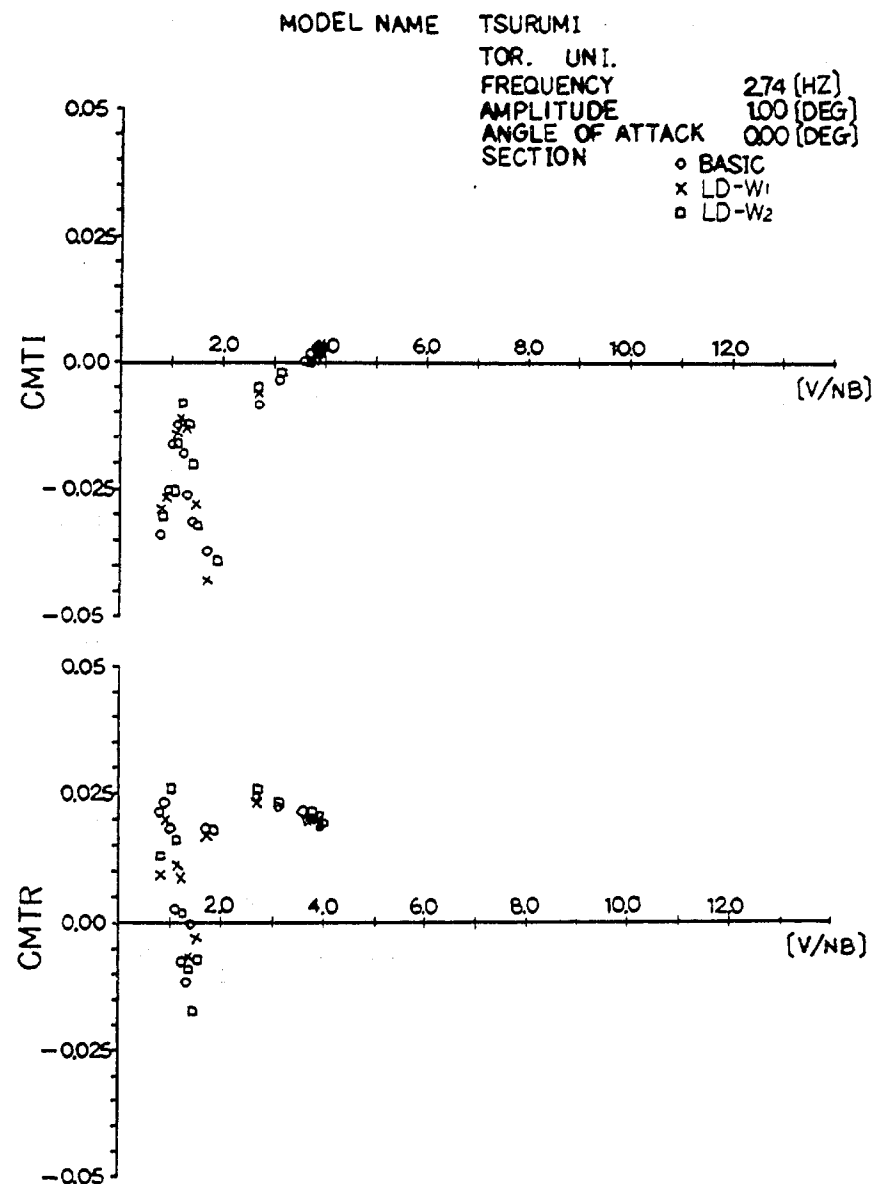


图 - 1 - 4 - 10 非定常空气力系数 (CMT^I , CMT^R)

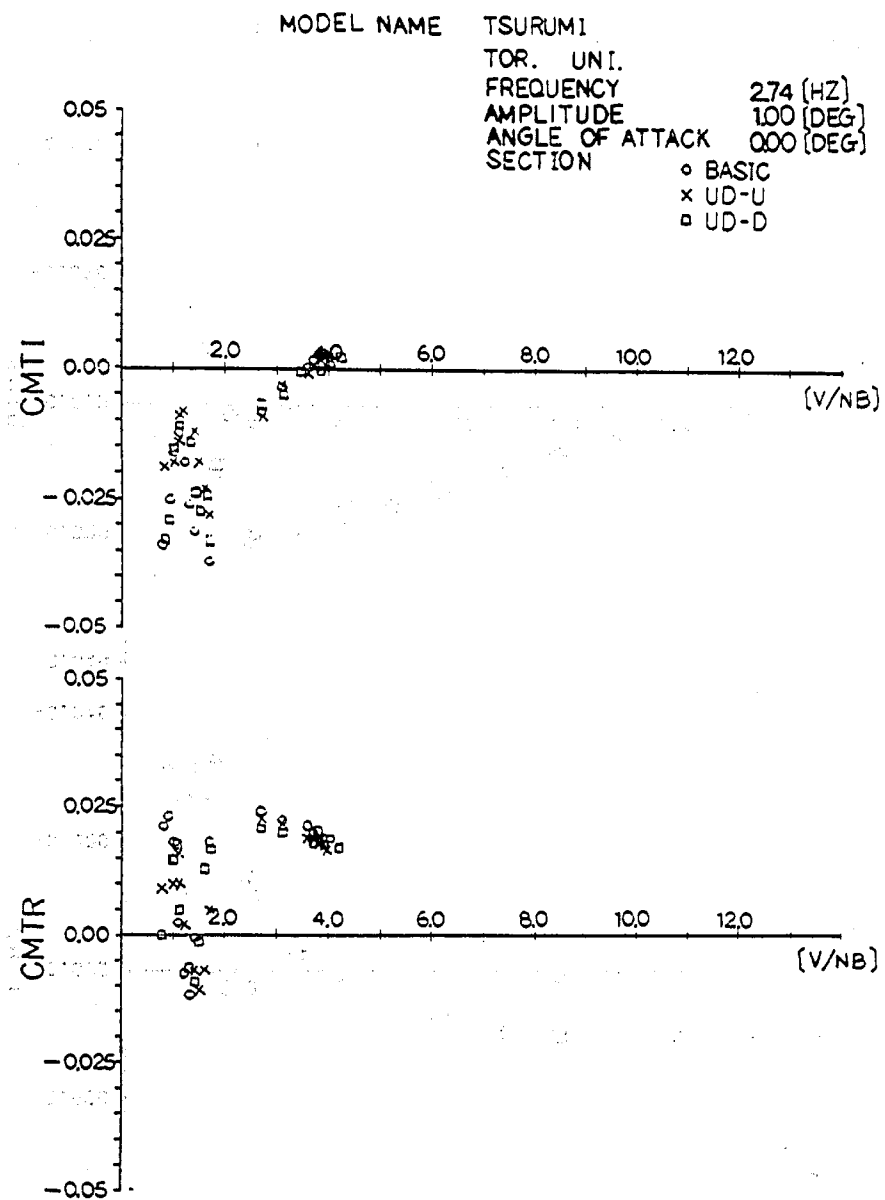


图 - 1 - 4 - 11 非定常空气力系数 ($CMTI$, $CMTR$)

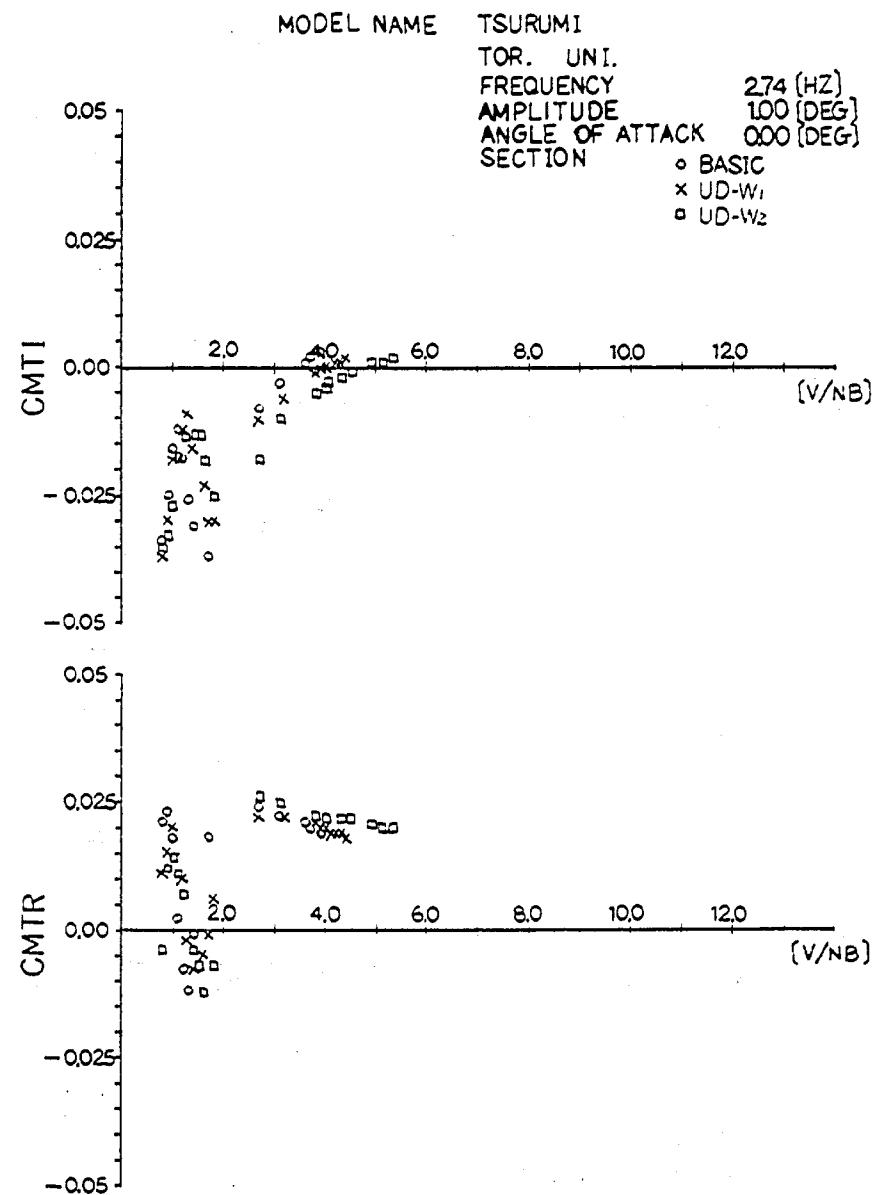
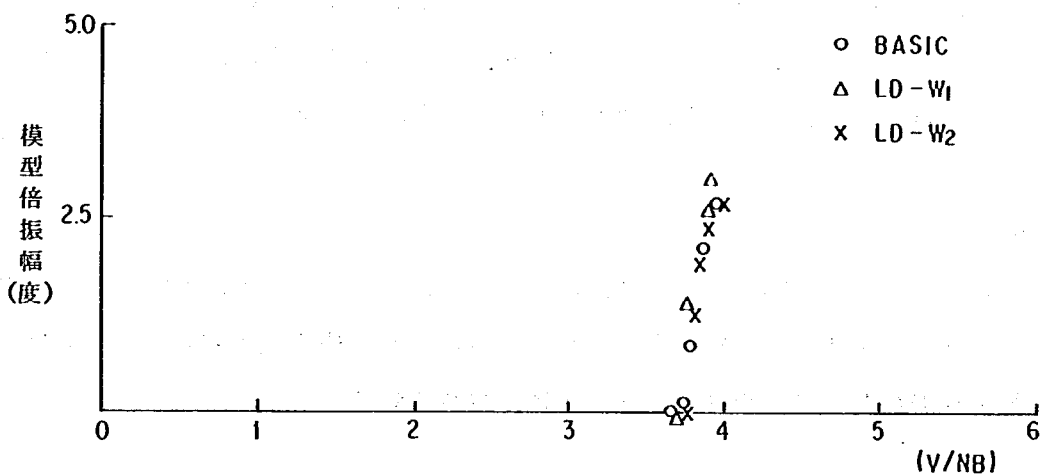
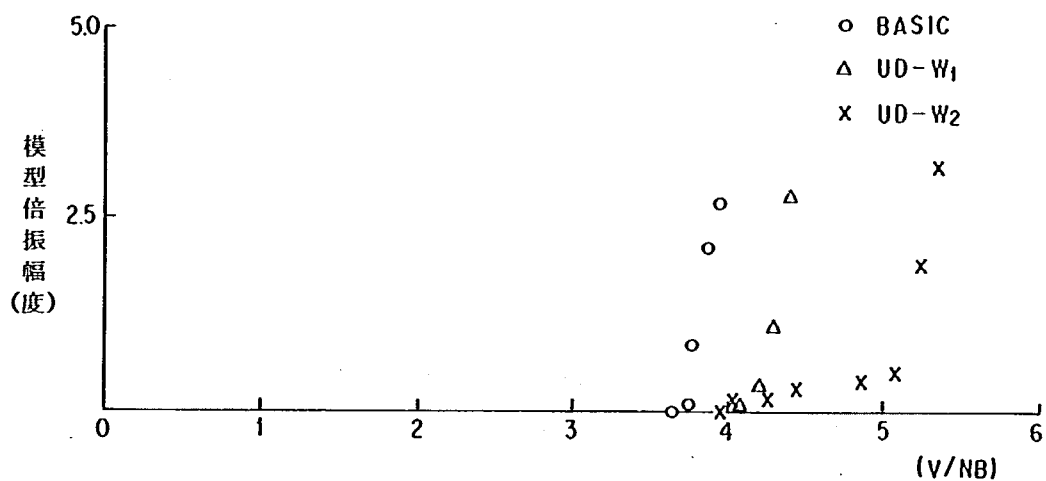
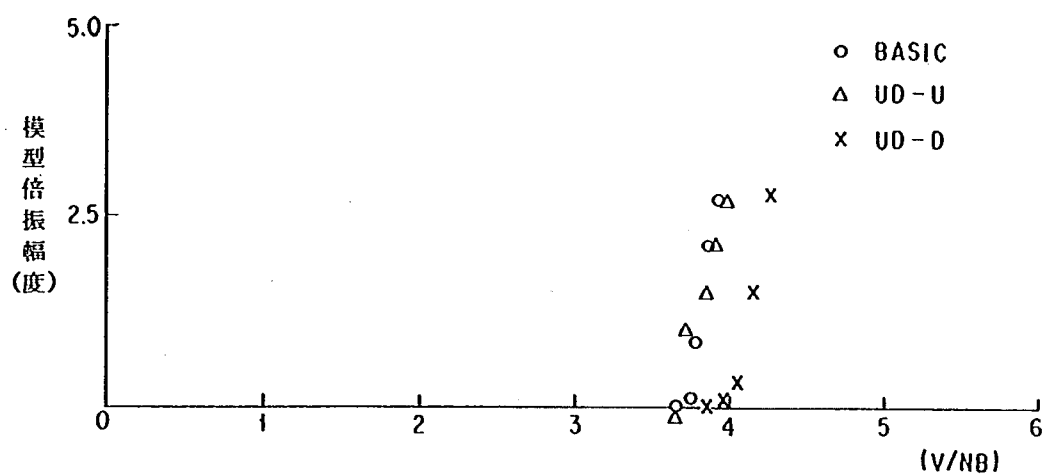


图 - 1 - 4 - 12 非定常空气力系数 ($CMTI$, $CMTR$)



図一 1 — 5 鶴見航路横断橋 橋桁振幅—風速曲線
(迎角=0度)

2. 名港東大橋の耐風性調査

2.1 まえがき

名港東大橋は名古屋環状2号線（一般国道302号）海上部の一環として建設省が計画している橋梁であり、橋梁形式としては3径間連続斜張橋（ $145\text{ m} + 410\text{ m} + 145\text{ m}$ ）が考えられている。本橋の一般図を図-2-1に示す。

本調査の主旨は、第1章で述べた鶴見航路横断橋の耐風性調査と同様であり、名四国道工事事務所より提示された本橋概略設計案について、自励振動および渦励振に対する耐風安定性を明らかにするとともに、高欄および地覆の形状が本案の耐風性におよぼす影響を明らかにすることを目的として調査を実施した。

2.2 調査方法

調査方法も第1章の鶴見航路横断橋の耐風性調査と同様のため、ここでは簡単に記述する。詳細は第1章を参照されたい。

2.2.1 実験方法

強制振動法により、非定常空気力の測定を行った。

2.2.2 使用風洞および使用模型

使用した風洞は土木研究所の非定常空気力風洞であり、乱れのほとんどない一様気流を用いた。模型は、縮尺 $1/70$ の2次元剛体橋桁模型を用いた。模型図を図-2-2に示す。

2.2.3 実験条件および実験ケース

加振モード、加振振動数、加振振幅、迎角および模型形状等の実験条件を表-2-1に示す。事務所より提示された基本断面については 0° 、 $\pm 5^\circ$ 、 $\pm 7^\circ$ の迎角範囲で実験を行ったが、高欄および地覆の影響を調べる場合は迎角を1つの角度に定めた。

2.3 調査結果

実験より求めた非定常空気力係数と無次元風速の関係を図-2-3に示す。非定常空気力係数0の添字の意味は1.3で述べたものと同じであり、また図中の模型の記号（例えば、BASIC、KERB(1)など）の意味は表-2-1に示されている。

2.4 結果の考察

1.4.2で述べたように、非定常空気力係数 C_{LH}^1 あるいは C_{MT}^1 が正の値をとると、自励振動あるいは渦励振が発生しやすくなる。このため、 C_{LH}^1 、 C_{MT}^1 に着目して本橋の耐風性の検討を行った。なお、非定常空気力係数は対応する振幅における空力特性を表わすものであり、空力特性が振幅によって異なる場合には各振幅における非定常空気力係数を求める必要があるが、今回

は、1つの振幅における係数により、本橋の耐風安定性を検討した。

2.4.1 基本断面の耐風性

本橋基本断面は、迎角 5° と 7° において、無次元風速 V/NB が約2のとき鉛直たわみモードの渦励振が発現するおそれがある。また、これらの迎角では、 V/NB が約1.3のときねじれモードの渦励振も発現するおそれがある。迎角 7° では V/NB がおよそ3のときねじれフラッターが発現するおそれがある。ただし、ねじれフラッターについては、本橋の最低次のねじれの固有振動数が 0.3 Hz 以上であるならば、フラッター開始風速は実橋換算風速で 25 m/s 以上となるため本橋は充分に安全であると考えられる。

2.4.2 渦励振の抑制

迎角 5° における鉛直たわみモードの渦励振を抑制するために効果があるのはフラップであり、実橋寸法 50 cm の長さのフラップを取付けると C_{LH} の値は著しく減少し、実橋寸法 100 cm の長さのフラップを取付ければ C_{LH} の値は負のままとなり渦励振の発現するおそれはなくなる。

迎角 5° におけるねじれモードの渦励振を抑制するために効果があるのもやはりフラップであり、実橋寸法 50 cm の長さのフラップを取付けることにより $C_{M\theta}$ は負のままとなる。一方地覆を取付けると、 V/NB が約2.5以上のときにも不安定な振動が発現するおそれが生じてくる。

なお、高欄ハンドレールの断面形状が本橋の耐風性におよぼす影響は、今図の実験の限りでは非常に小さいといえる。

2.5 ま と め

名港東大橋の耐風性を調べるために非定常空気力を測定した。その結果、本橋基本断面は迎角 5° と 7° の低風速において鉛直たわみモードおよびねじれモードの渦励振が、また迎角 7° の高風速でねじれフラッターがそれぞれ発現するおそれのあることが明らかとなった。このうちねじれフラッターについては、本橋のねじれモードの最低次の固有振動数が 0.3 Hz 以上であれば、基本断面は安全であると考えられるが、渦励振については、実験した振幅より小さい振幅での発現の有無、振動が橋梁に与える影響などについてさらに検討が必要であり、抑制する対策としてはフラップが有効であると考えられる。

表-2-1 名港東大橋実験ケース

実験番号	加振モード	加振振動数	加振振幅	迎 角	模 型 形 状 *	記 号
1	鉛 直 た わ み	2.0 Hz	橋桁幅員 の1/100	0°	地覆なし	BASIC
2				3°	高欄 ϕ 1** (端部)	
3				5°	高欄 ϕ 2** (中央部)	
4				7°		
5				-3°		
6				-5°		
7				-7°		
8				5°	地覆高1.8 mm取付け	KERB(1)
9					" 3.6 "	KERB(2)
10					フラップ長7.1 mm取付け	H.R. FLAP(1)
11					" 14.3 "	H.R. FLAP(2)
12					高欄 ϕ 3** (端部)	H.R.CIR
13					高欄 ϕ 4** (")	H.R.REG
14	ね じ れ	4.0 Hz	1°	0°	地覆なし	BASIC
15				3°	高欄 ϕ 1** (端部)	
16				5°	高欄 ϕ 2** (中央部)	
17				7°		
18				-3°		
19				-5°		
20				-7°		
21				5°	地覆高1.8 mm取付け	KERB(1)
22					" 3.6 "	KERB(2)
23					フラップ長7.1 mm取付け	H.R. FLAP(1)
24					" 14.3 "	H.R. FLAP(2)
25					高欄 ϕ 3** (端部)	H.R.CIR
26					高欄 ϕ 4** (")	H.R.REG

* 寸法は模型の大きさで表示してある。

** 図-2-2-3を参照のこと

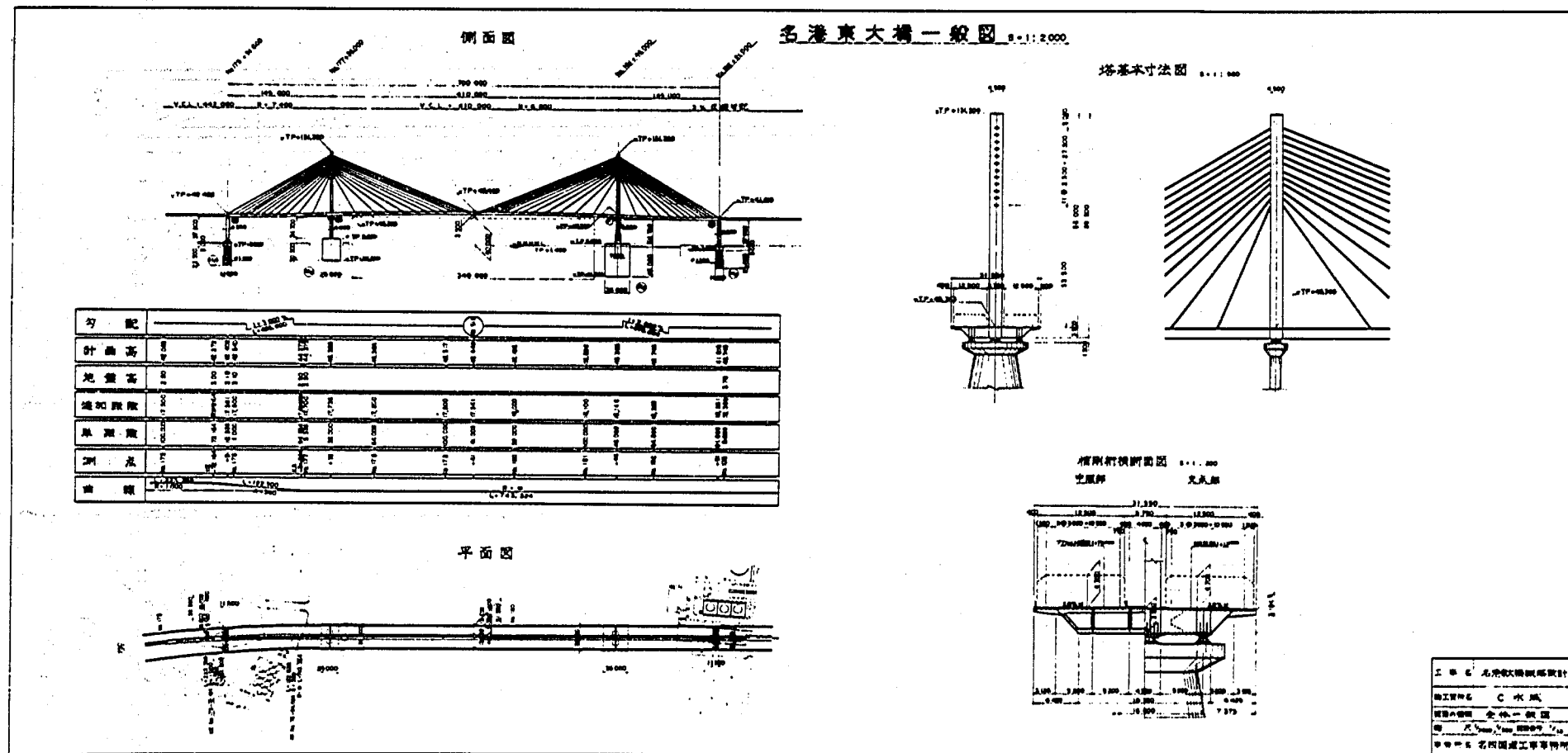
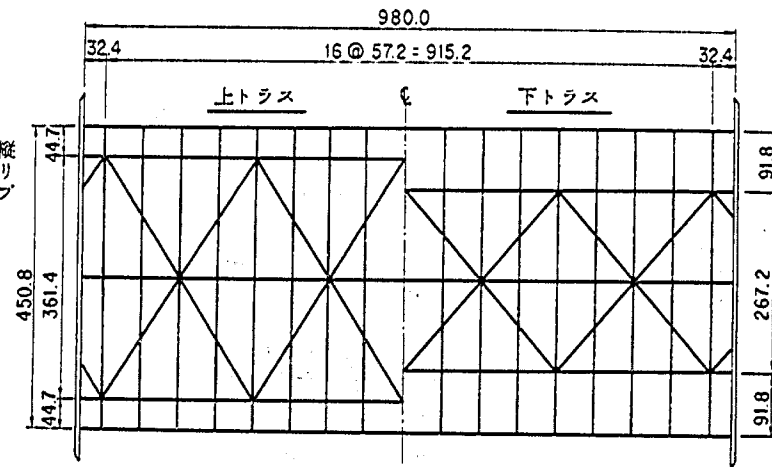
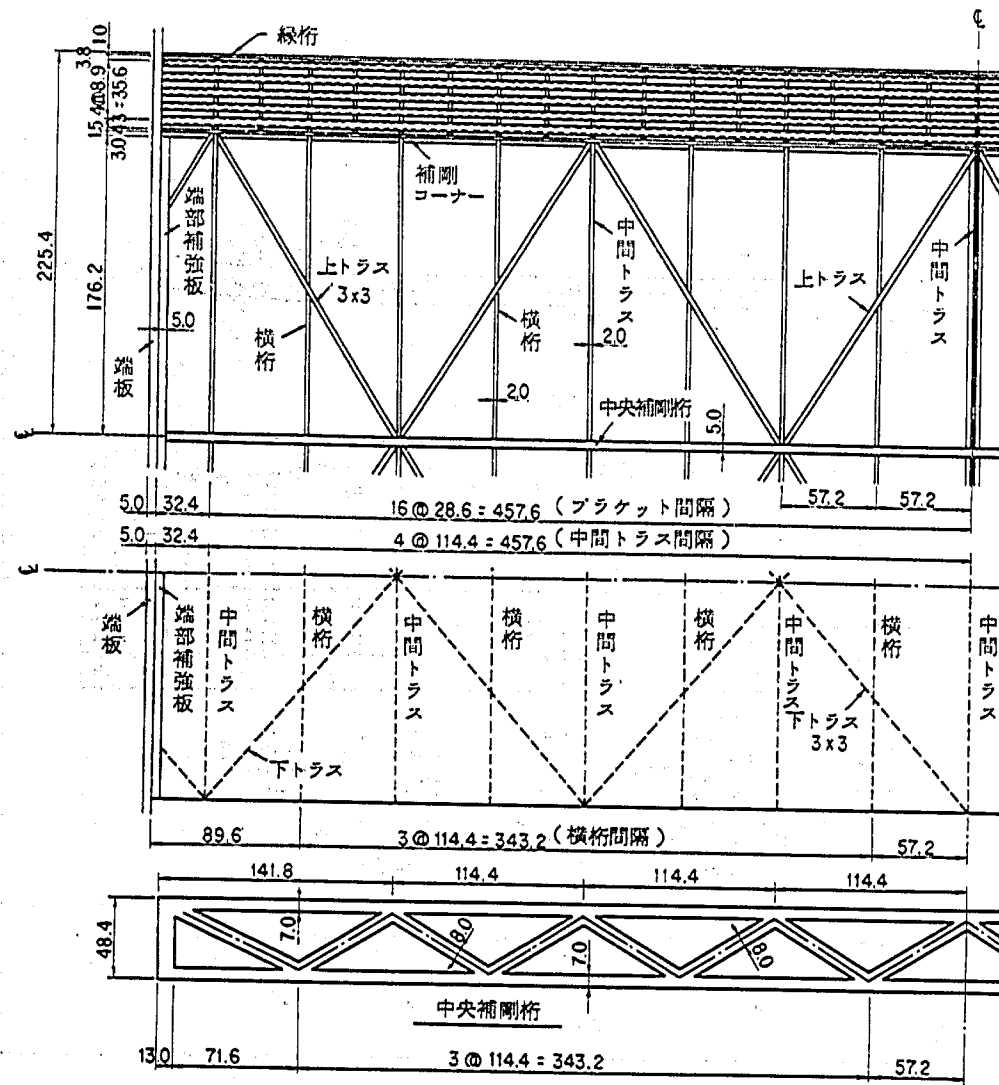
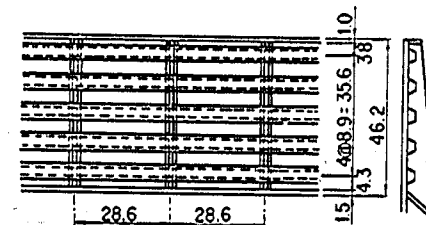


圖-2-1 名港東大橋一般圖

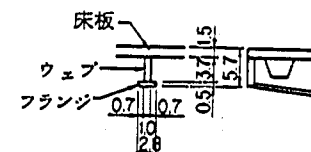
名港東大橋橋桁(1) 縮尺 2/1



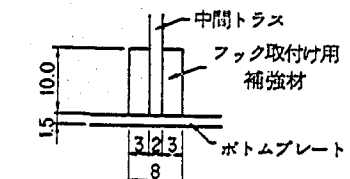
マーク図 縮尺 1/5



張り出し部詳細 縮尺 1/1



ブラケット 縮尺 2/1



フック取り付け用部材 縮尺 2/1

図-2-2-1 名港東大橋 模型図 (その1)

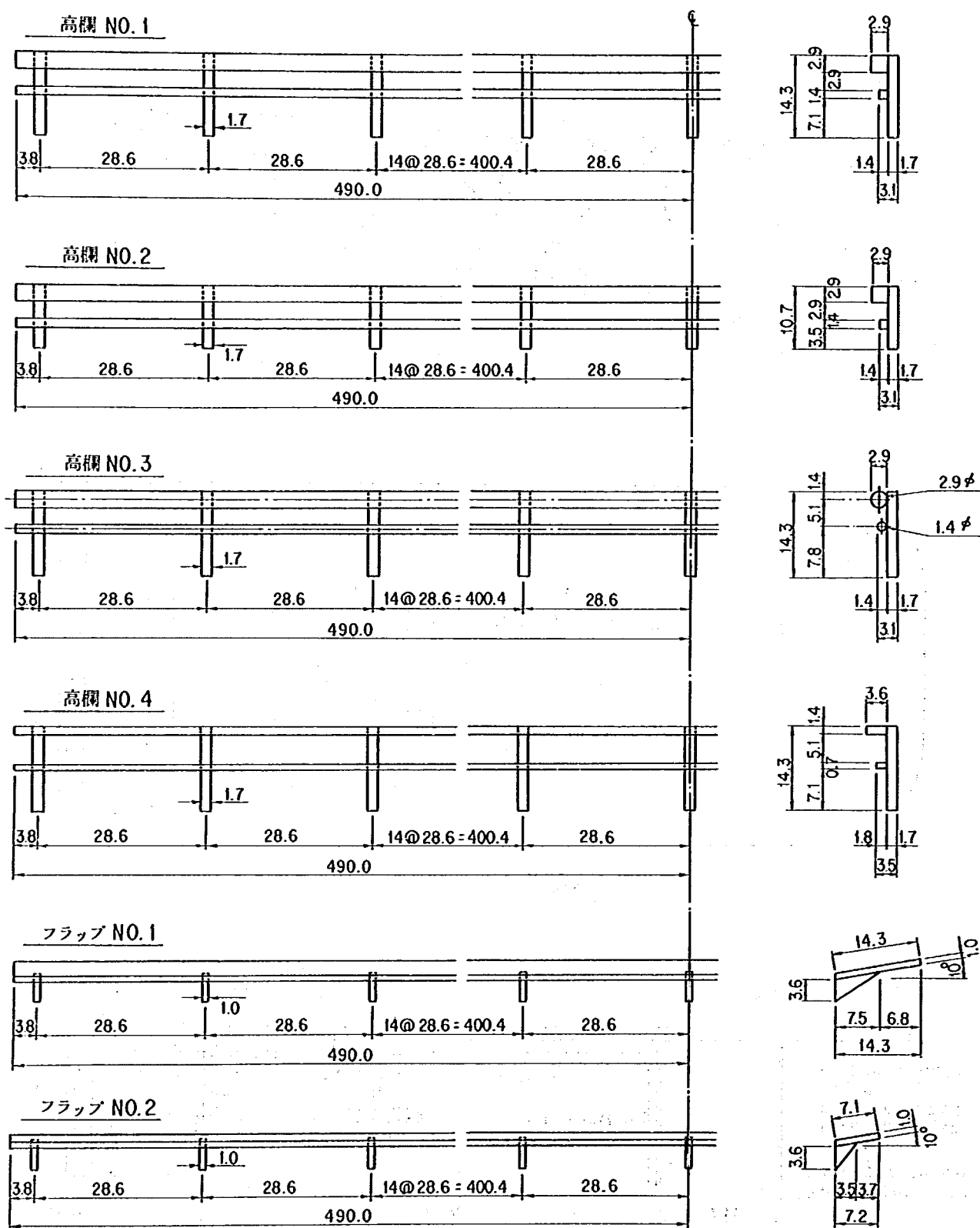


図-2-2-3 名港東大橋 模型図 (その3)

名港東大橋地覆 縮尺 2/1

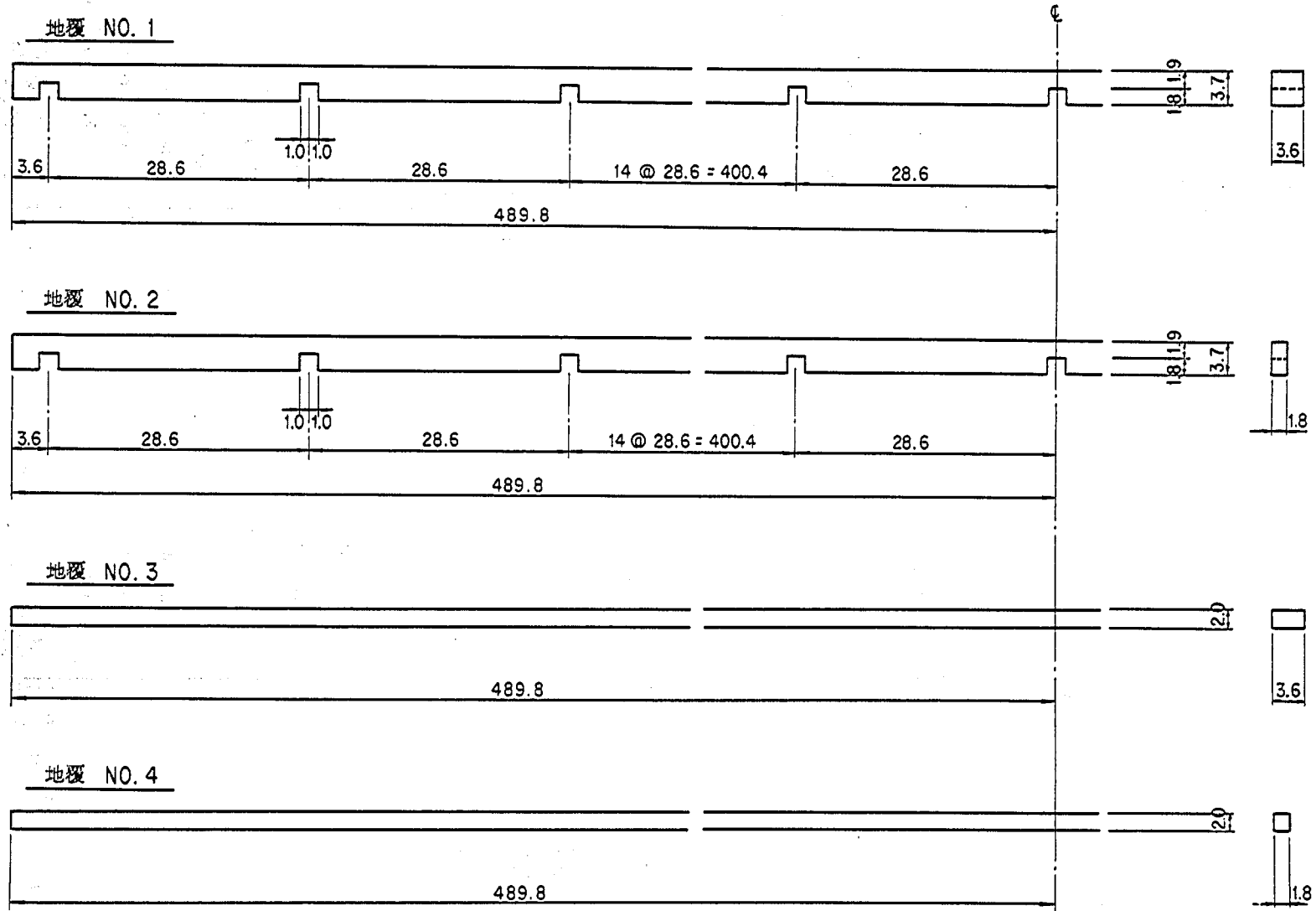


図-2-2-4 名港東大橋 模型図 (その4)

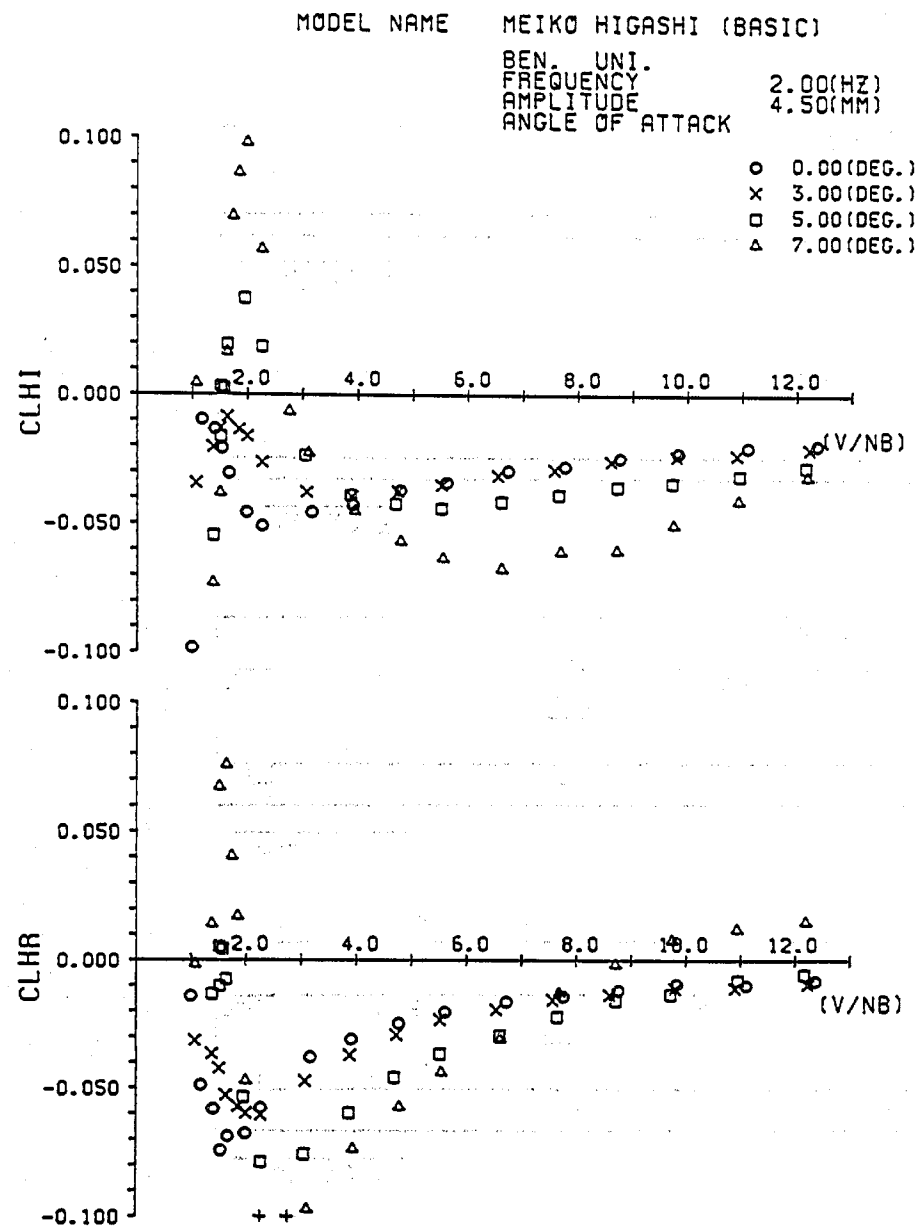


图-2-3-1 非定常空气力系数 (CL_H^I , CL_H^R)

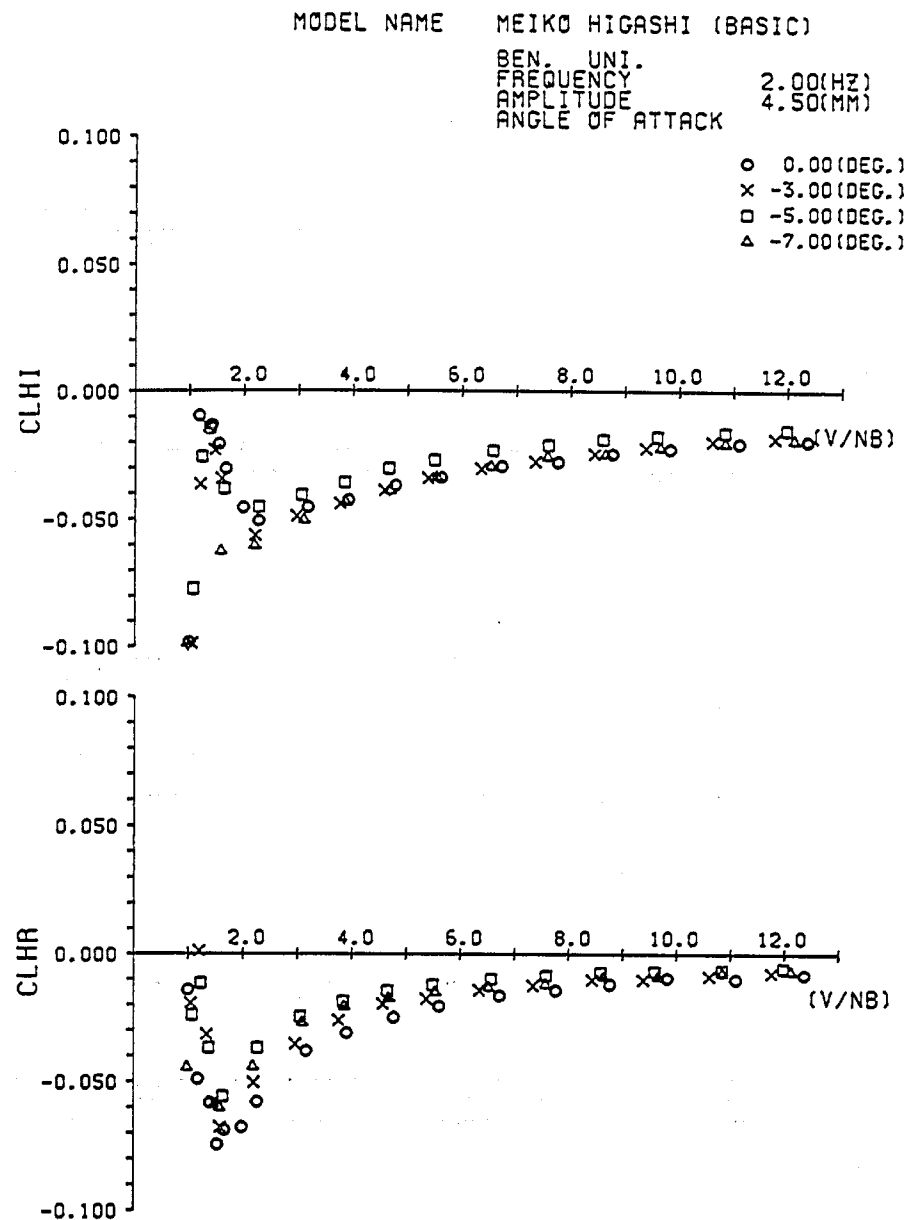


图-2-3-2 非定常空气力系数 (CL_H^I , CL_H^R)

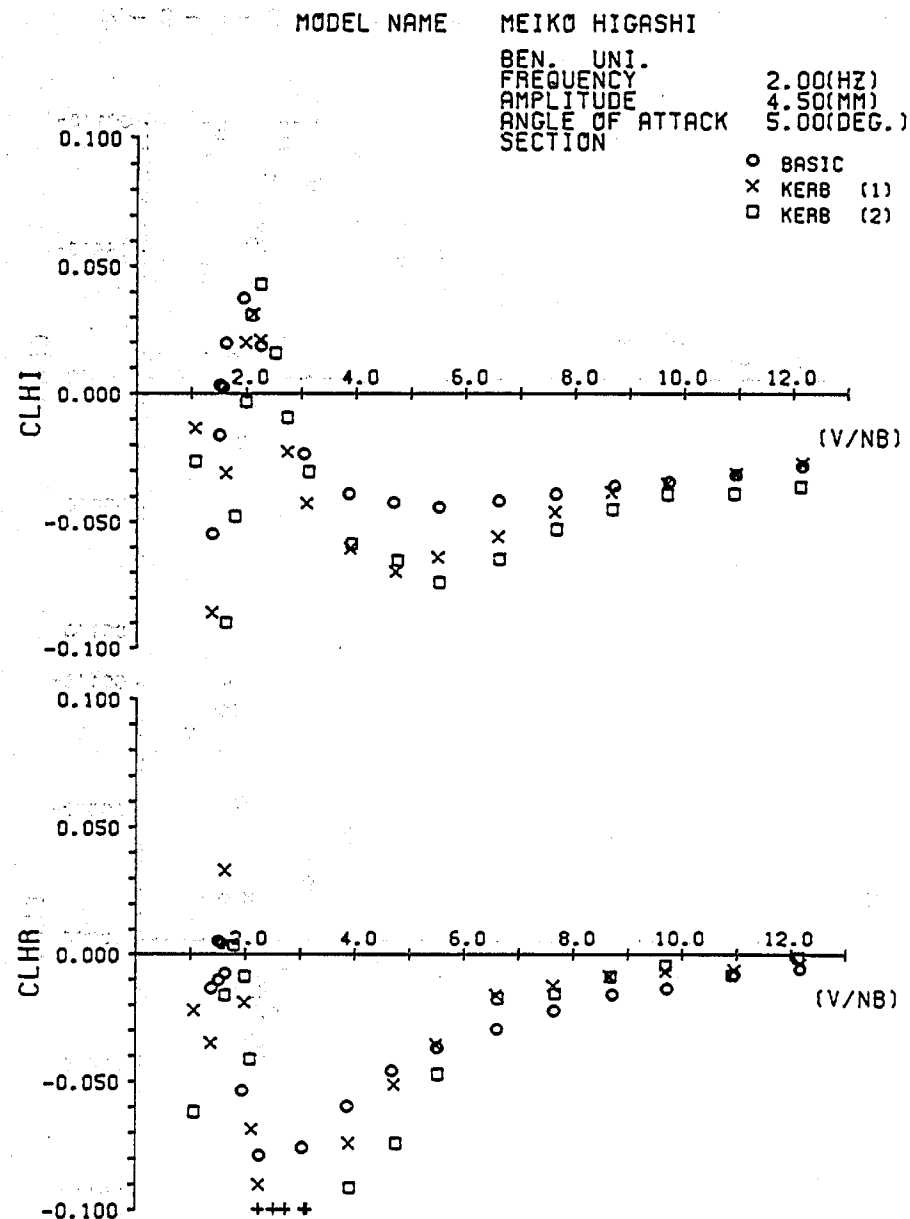


图-2-3-3 非定常空気力係数 (CL_H^I , CL_H^R)

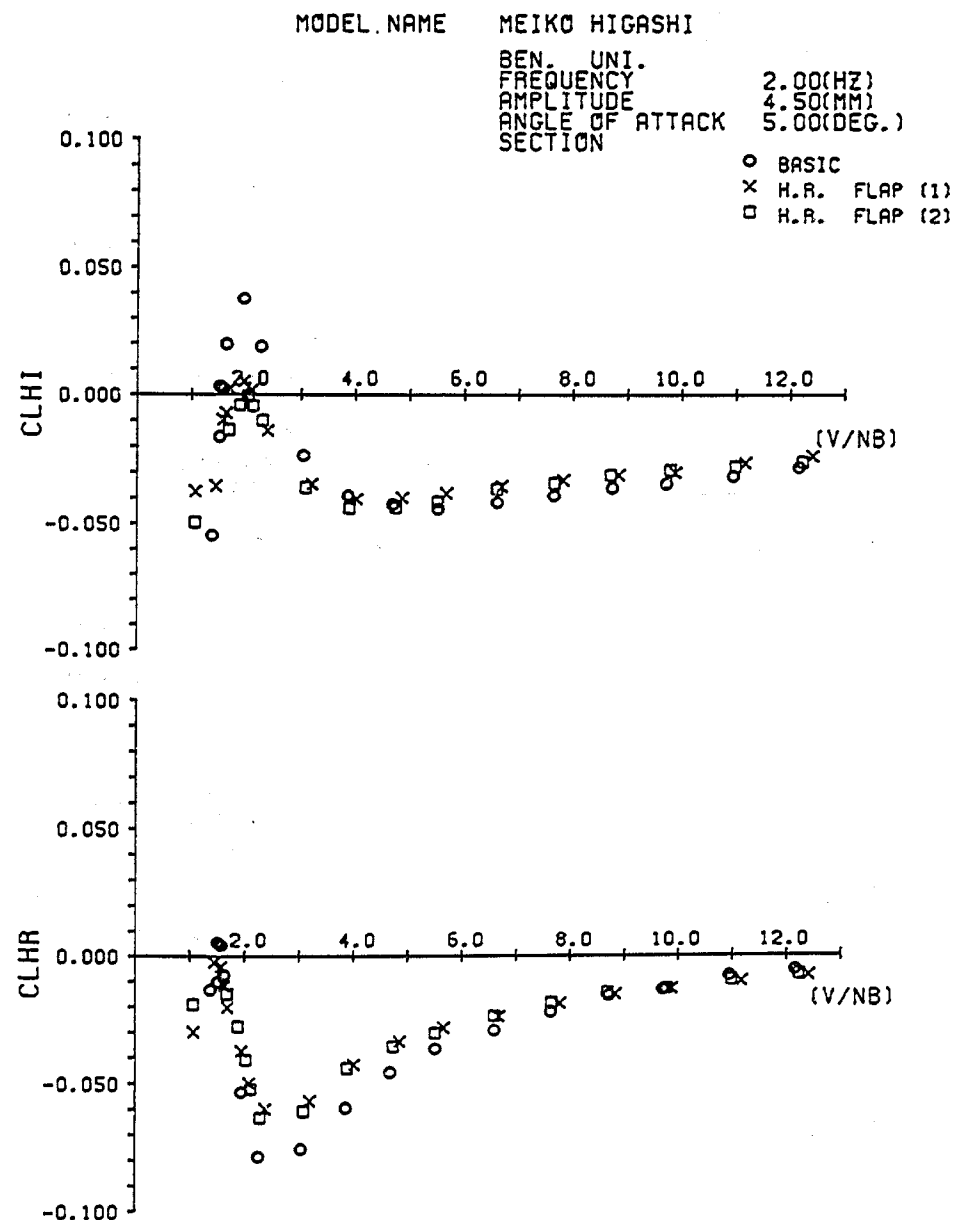


图-2-3-4 非定常空気力係数 (CL_H^I , CL_H^R)

MODEL NAME MEIKO HIGASHI

BEN. UNI.
FREQUENCY 2.00(HZ)
AMPLITUDE 4.50(MM)
ANGLE OF ATTACK 5.00(DEG.)
SECTION

○ BASIC
× H.R. CIR.
□ H.R. REC.

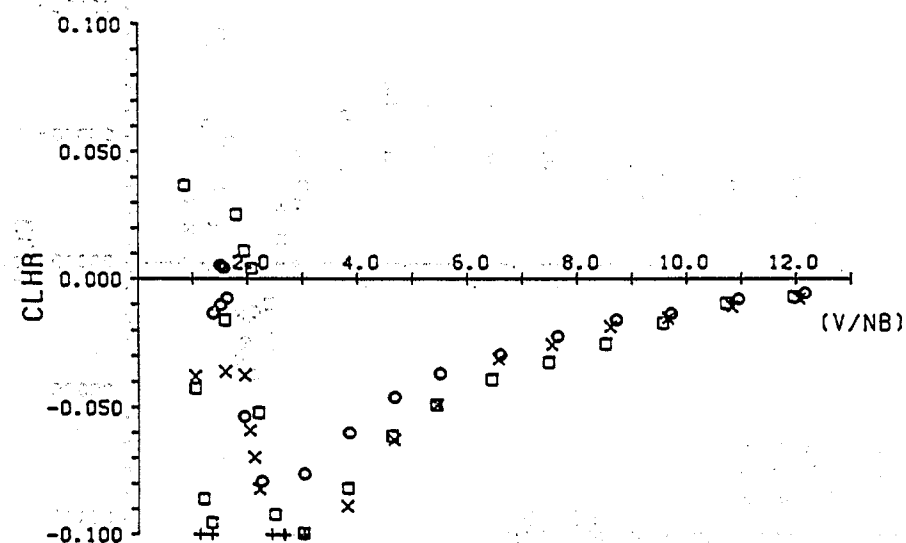
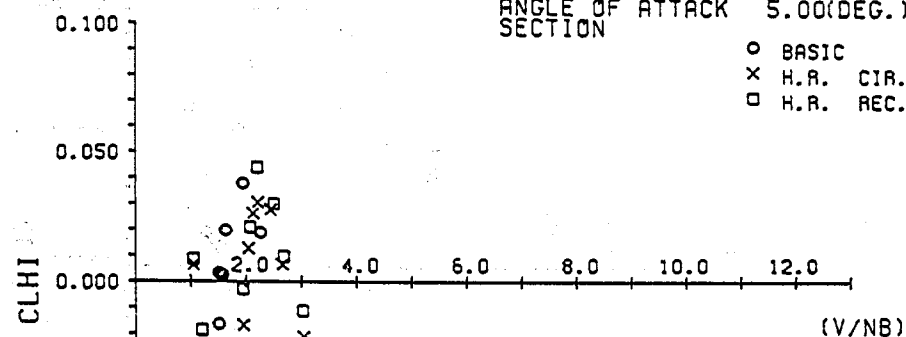


图-2-3-5 非定常空気力係数 (CLH^I , CLH^R)

MODEL NAME MEIKO HIGASHI (BASIC)

TOR. UNI.
FREQUENCY 4.00(HZ)
AMPLITUDE 1.00(DEG.)
ANGLE OF ATTACK

○ 0.00(DEG.)
× 3.00(DEG.)
□ 5.00(DEG.)
△ 7.00(DEG.)

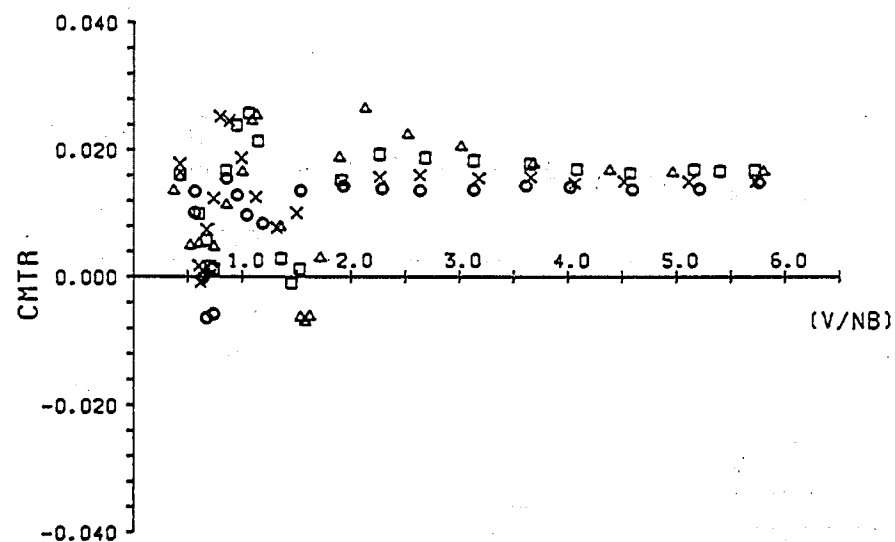
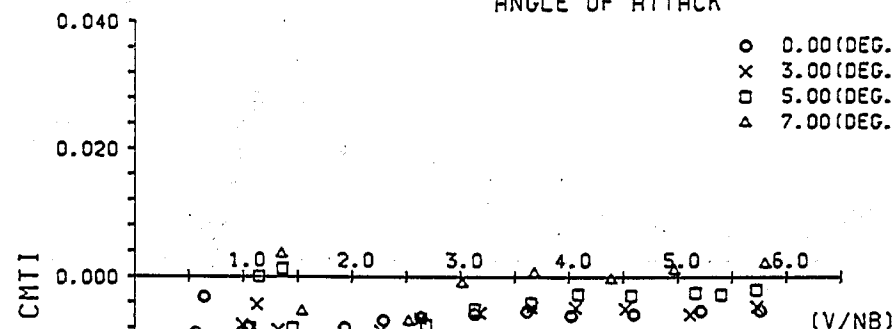


图-2-3-6 非定常空気力係数 (CMT^I , CMT^R)

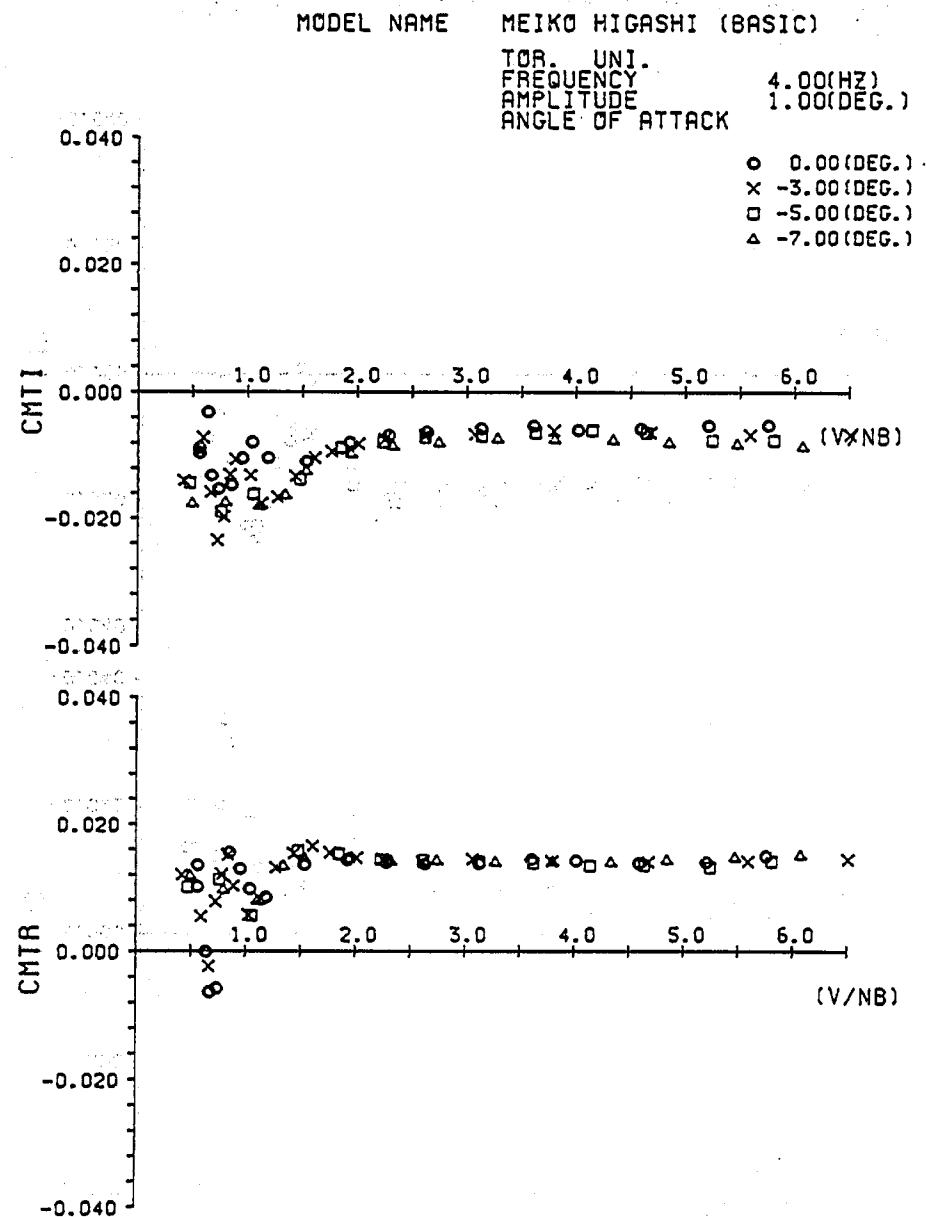


図-2-3-7 非定常空気力係数 (CMT^I , CMT^R)

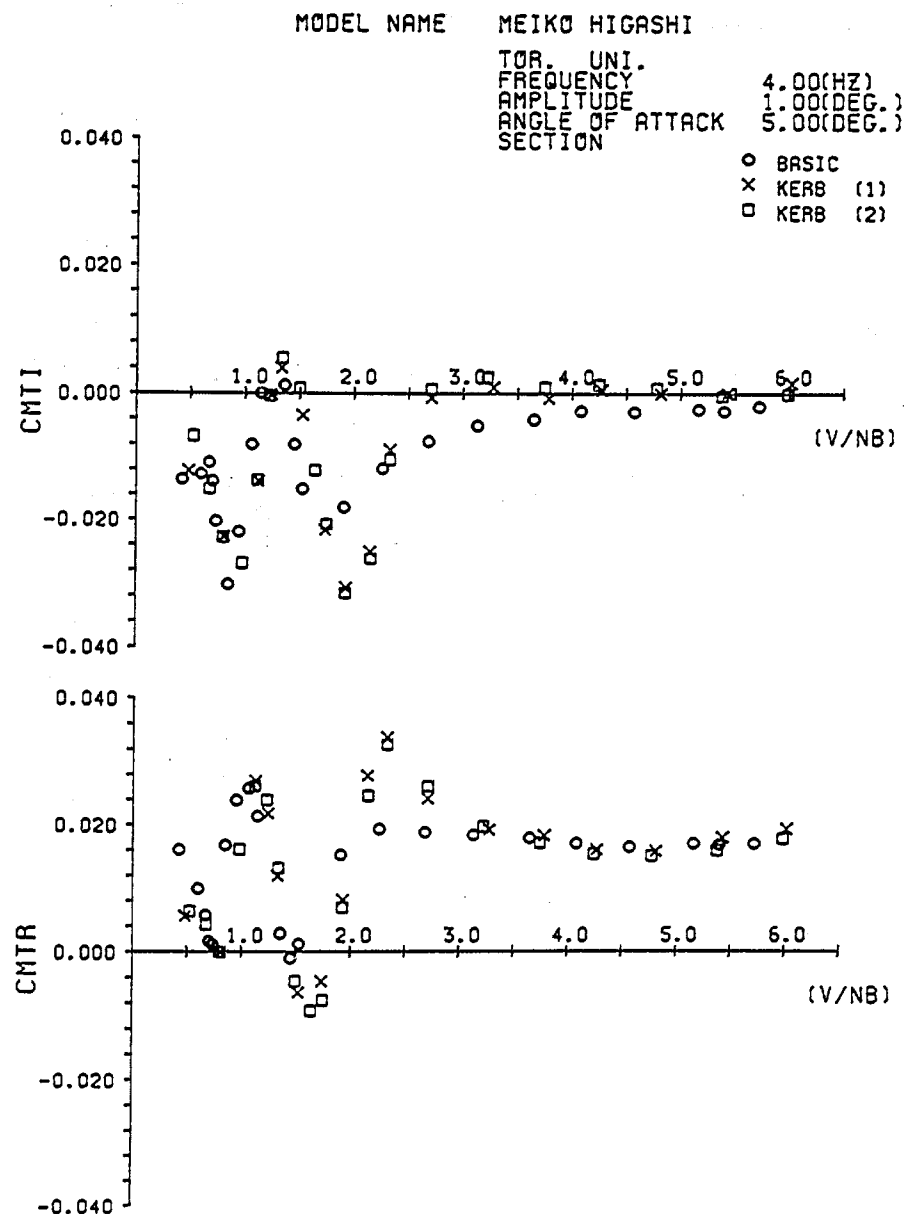


図-2-3-8 非定常空気力係数 (CMT^I , CMT^R)

MODEL NAME MEIKO HIGASHI

TOR. UNI.
FREQUENCY 4.00(HZ)
AMPLITUDE 1.00(DEG.)
ANGLE OF ATTACK 5.00(DEG.)
SECTION

○ BASIC
× H.R. FLAP (1)
□ H.R. FLAP (2)

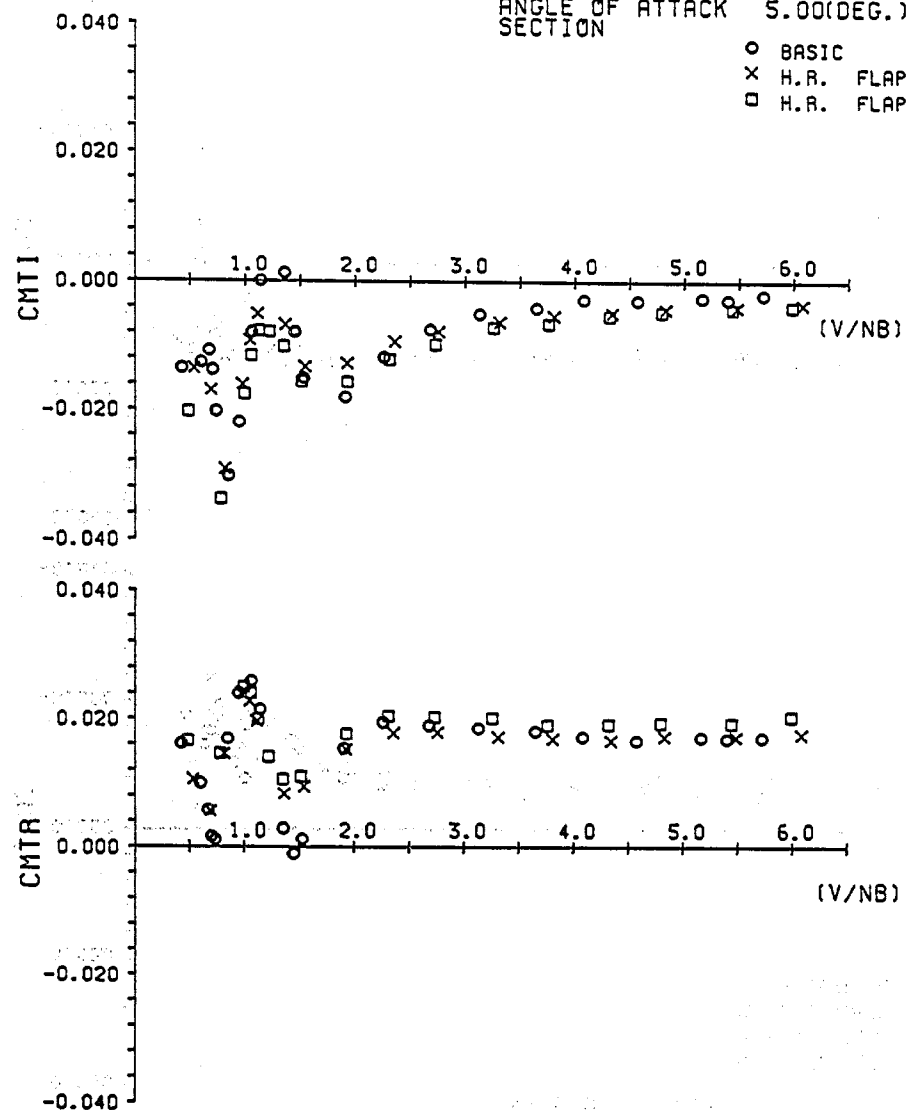


図-2-3-9 非定常空気力係数 (CMT^I , CMT^R)

MODEL NAME MEIKO HIGASHI

TOR. UNI.
FREQUENCY 4.00(HZ)
AMPLITUDE 1.00(DEG.)
ANGLE OF ATTACK 5.00(DEG.)
SECTION

○ BASIC
× H.R. CIR.
□ H.R. REC.

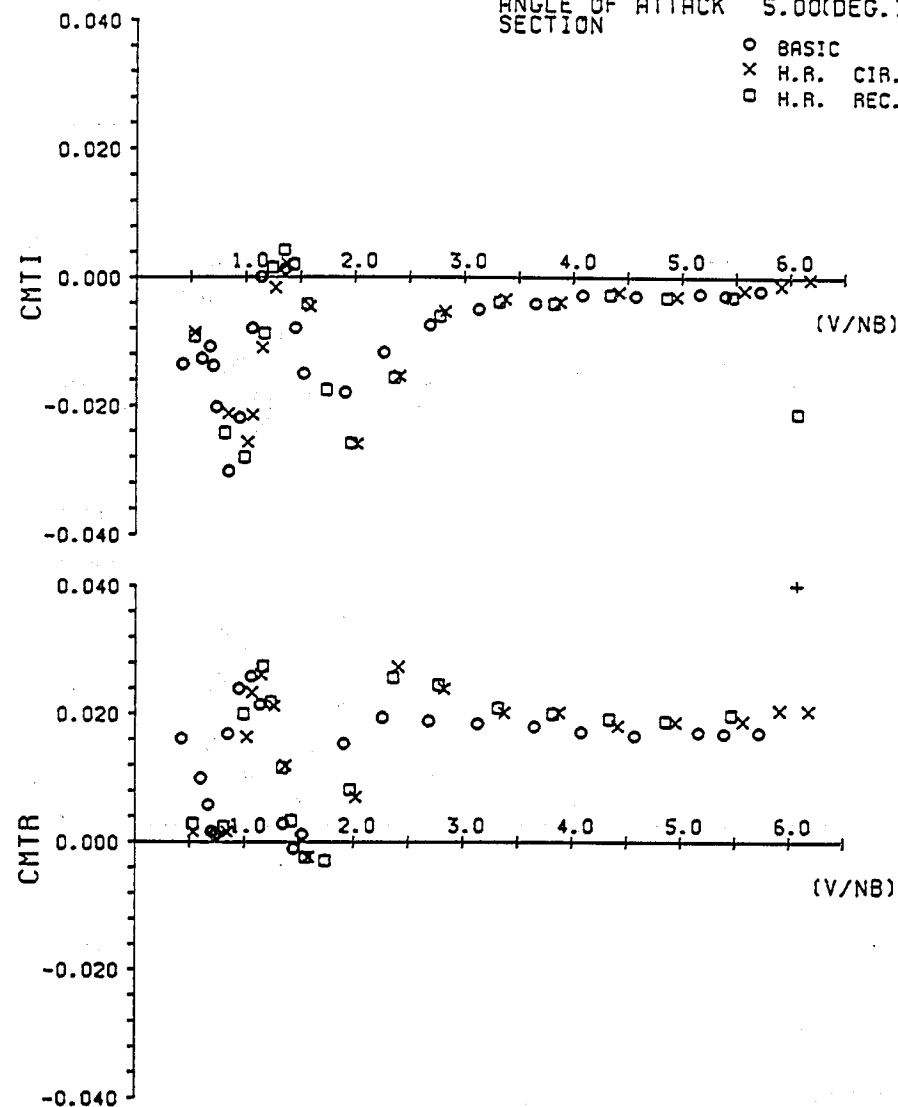


図-2-3-10 非定常空気力係数 (CMT^I , CMT^R)

3. 名港中央大橋の耐風性調査

3.1 まえがき

名港中央大橋は名古屋環状2号線(一般国道302号)海上部の一環として建設省が計画している橋梁であり、橋梁形式案の1つとして3径間吊橋($390m + 780m + 390m$)が考えられている。本橋の一般図を図-3-1に示す。

本橋の補剛桁としては、トラス案と箱桁案が考えられており、補剛トラス吊橋としての耐風性の検討は当研究室において昭和51年度に実施された。¹⁾今年度は箱桁案について調査を実施した。当初名四国道工事事務所より提示された箱桁断面案は3種類であり、これらを図-3-2に、またその主要諸元を表-3-1にそれぞれ示す。このうちB-type, C-typeの形状は第2章で報告した名港東大橋の形状にかなり近いので、この結果を用いれば空力特性の概略が推定できると考えられた。したがって、今回はA-typeの断面について、自励振動および渦励振に対する耐風安定性を明らかにするとともに、高欄、地覆、およびウェブ角度が本橋の耐風性におよぼす影響を明らかにすることを目的として調査を実施した。

3.2 調査方法

調査方法は第1章の鶴見航路横断橋の耐風性調査と同様のため、ここでは簡単に記述する。

3.2.1 実験方法

強制振動法により非定常空気力の測定を行った。

3.2.2 使用風洞および使用模型

使用した風洞は土木研究所の非定常空気力風洞であり、乱れのほとんどない一様気流を用いた。模型は、縮尺1/70の2次元剛体橋桁模型を用いた。模型図を図-3-3および図-3-4に示す。

3.2.3 実験条件および実験ケース

実験における加振モード、加振振動数等の条件を表-3-2に示す。

3.3 調査結果

実験より求めた非定常空気力係数と無次元風速の関係を図-3-5に示す。非定常空気力係数Cの添字の意味は1.3で述べたものと同じであり、また、図中の記号(例えば、BASIC、KERB(1)など)の意味は表-3-2に示されている。

非定常空気力係数 C_{LH} あるいは C_{MT} が正になる領域での特性をまとめて、表-3-3に示す。

3.4 結果の考察

1.4.2で述べたように、非定常空気力係数 C_{LH} あるいは C_{MT} が正の値をとると、自励振動ある

いは渦励振が発生しやすくなる。このため、 C_{LH}^I 、 C_{MT}^I に着目して本橋の耐風性を述べる。なお、非定常空気力係数は対応する振幅における空力特性を表わすものであり、空力特性が振幅によって異なる場合には各振幅における非定常空気力係数を求める必要があるが、今回は1つの振幅における係数により本橋の耐風安定性を検討した。

3.4.1 基本断面の耐風性

本橋基本断面は、迎角 7° と -7° において鉛直たわみモードの渦励振が発現するおそれがあり、迎角 $3^\circ \sim 7^\circ$ においてねじれモードの渦励振が発現するおそれがある。ただし、3.4.3で述べるように、本橋の構造減衰率が少なくとも0.02程度あれば、迎角 7° の鉛直たわみモードの渦励振を除きこれらの渦励振がそれぞれ幅員の $1/100$ の振幅にまであるいは 1° の振幅にまで達することはないと考えられる。

一方、自励振動については本橋基本断面はきわめて安定であることがわかる。

3.4.2 渦励振の抑制

空気力係数が比較的大きい、迎角 7° の鉛直たわみモードの渦励振について、種々の抑制対策を施しその効果を調べた。その結果、地覆はほとんど影響がないこと、フラップは C_{LH}^I の値を大きくし、かえって渦励振を促進すること、フェアリングは V/NB が2における渦励振を抑制するが、 V/NB が1における渦励振を促進すること、ウェブ角度を変化させると 15° のとき抑制効果が大きいこと、などが明らかとなった。

3.4.3 構造減衰率の影響

渦励振時には、振動数は固有振動数とほとんど変わらないと仮定し、第1章付録の(14)式および(14')式を用いて構造減衰率の影響を評価する。構造減衰率が0の場合は、 C_{LH}^I あるいは C_{MT}^I が0または正であれば係数に対応する振幅の振動が持続あるいは発達する。しかし、実際には構造減衰率は0でないため、振動が持続あるいは発達するためには、 C_{LH}^I あるいは C_{MT}^I がある正の値以上であることが必要である。その値を求める式が(14)式あるいは(14')式である。

表-3-1に示した本橋の諸元をこれらの式に代入し、 δ_0 として0.02、 δ として0をそれぞれ代入すれば、構造減衰率が0.02のとき対応する風速および振幅で定常振動を続けるために必要な C_{LH}^I あるいは C_{MT}^I の値($\overline{C_{LH}^I}$ あるいは $\overline{C_{MT}^I}$)が求まる。式より明らかなように、実験より求めた係数値がその値以下であれば、その振幅では振動が減衰することを意味し、以上であれば発達することを意味する。計算の結果、無次元風速0.8および2.6における $\overline{C_{LH}^I}$ は、振幅が幅員の $1/100$ のとき、それぞれ0.15、0.015である。一方、無次元風速0.7における $\overline{C_{MT}^I}$ は、振幅が 1° のとき0.031である。この結果を表-3-3と比較すれば、構造減衰率が0.02のとき加振振幅まで振動が発達する渦励振は、基本断面では迎角 7° の鉛直たわみモードのものだけであることがわかる。

3.5 ま と め

名港中央大橋の耐風性を調べるために非定常空気力を測定した。その結果、本橋基本断面は自励振動に対してはきわめて安定であること、渦励振については迎角 7° および -7° で鉛直たわみモードの振動が、迎角 $3^\circ \sim 7^\circ$ でねじれモードの振動が発現するおそれのあることが明らかとなった。ただし、構造減衰表率が少なくとも 0.02 程度あるならば、これらの渦励振のうち振幅が比較的大きくなる振動は迎角 7° の鉛直たわみモードのものだけと考えられる。これを抑制するためにはウェブ角度を 15° にすることが効果的であることが明らかとなった。なお、渦励振については、実験した振幅より小さい振幅での発現の有無、振動が橋梁に与える影響などについてさらに検討が必要である。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所構造研究室；耐風調査報告書（V-1976）、土木研究所資料第 1222 号、昭和52年3月

表-3-1-1 主要諸元(構造寸法)

	A-TYPE	B-TYPE	C-TYPE
総幅員	3 1,000		
桁高	3,500	3,500	3,000
張出し長	7,375	3,875	3,875
下フランジ幅	12,500	19,580	20,154

表-3-1-2 主要諸元(断面性能) (1橋当り)

	A	B	C
単位長さあたり重量	2 1.98 t/m	2 3.32 t/m	2 2.64 t/m
断面2次モーメント	1.962 m ⁴	2.226 m ⁴	1.743 m ⁴
換れ剛性	2.312 × 10 ⁷ tm ²	3.641 × 10 ⁷ tm ²	2.909 × 10 ⁷ tm ²
極慣性モーメント (重心)	1.962 tm ²	2.161 tm ²	2.149 tm ²
鉛直たわみ振動数*	0.101 1/sec	0.102 1/sec	0.102 1/sec
ねじれ振動数*	0.331 1/sec	0.370 1/sec	0.340 1/sec

(注) * : 対称一次モードに対する振動数

表-3-2 名港中央大橋実験ケース

実験番号	加振モード	加振振動数	加振振幅	迎 角	模 型 形 状 *	記 号
1	鉛 直 た わ み	1 Hz および 2 Hz	橋桁幅員 の1/100	7°	基 本 断 面	B A S I C
2				5°		
3				3°		
4				0°		
5				-3°		
6				-5°		
7				-7°		
8				7°	地 覆 (1)	K E R B (1)
9					地 覆 (2)	K E R B (2)
10					フ ラ ッ プ (1)	F L A P (1)
11					フ ラ ッ プ (2)	F L A P (2)
12					フ ェ ア リ ン グ	F A I R I N G
13					ウ ェ ブ 15°	W E B 15
14					ウ ェ ブ 30°	W E B 30
15					ウ ェ ブ 45°	W E B 45
16					ウ ェ ブ 75°	W E B 75
17					ウ ェ ブ 90°	W E B 90
18	ね じ れ	4 Hz	1°	7°	基 本 断 面	B A S I C
19				5°		
20				3°		
21				0°		
22				-3°		
23				-5°		
24				-7°		

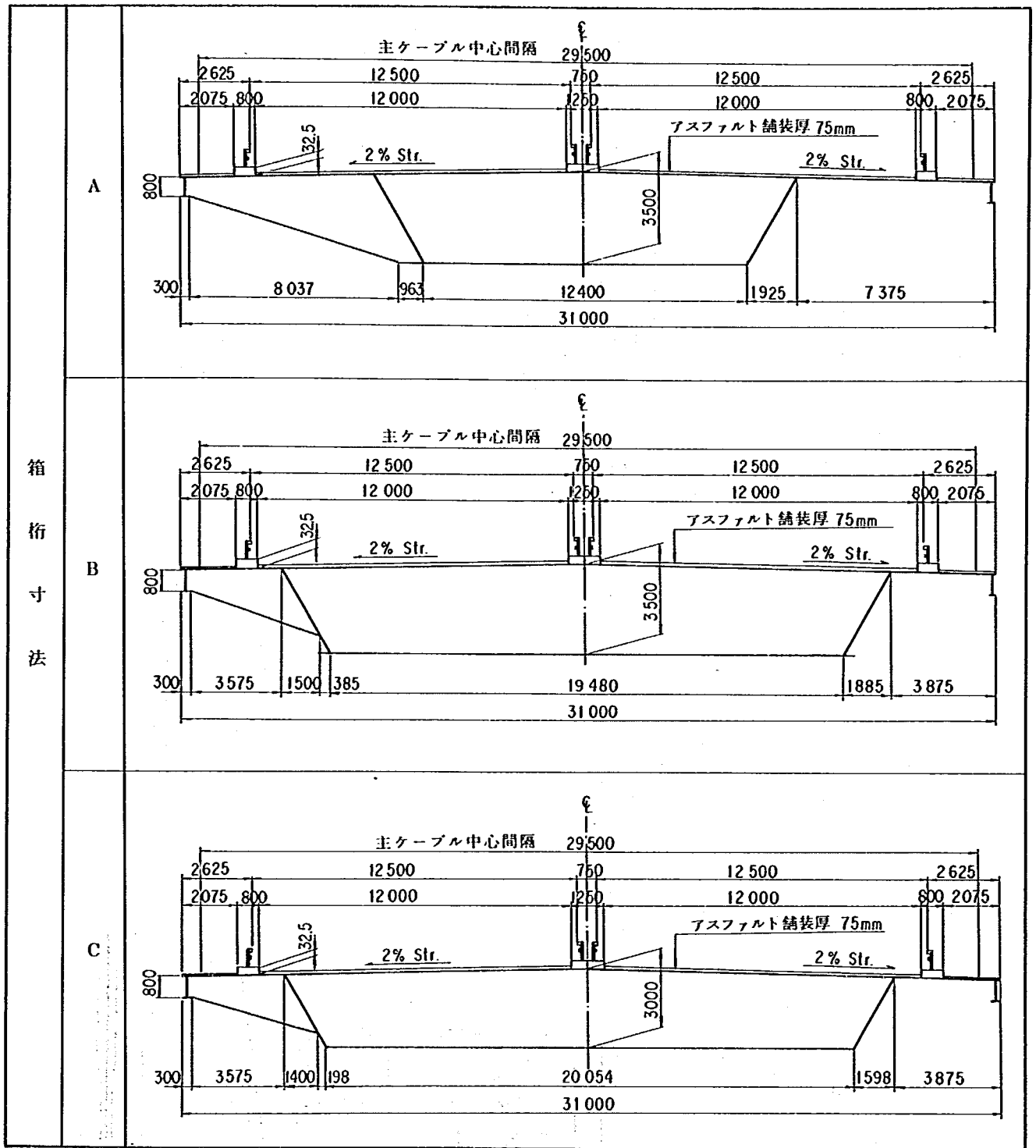
* 形状の詳細は図-3-4を参照のこと。

表 - 3 - 3 名港中央大橋 C_{LH}^I 、 C_{MT}^I 特性

模型形状	迎角	C_{LH} が正となる V/NB	C_{LH} が正となる 実橋風速* (m/s)	C_{LH} が正となる 区間での極 大値	C_{MT} が正となる V/NB	C_{MT} が正となる 実橋風速* (m/s)	C_{MT} が正となる 区間での極 大値
基本断面	7°	2.2~2.6	6.8~8.1	0.022	0.7	7.1	0.0001
	5°	—	—	—	0.7	7.0	0.0013
	3°	—	—	—	0.7	7.7	0.0006
	0°	—	—	—	—	—	—
	-3°	—	—	—	—	—	—
	-5°	—	—	—	—	—	—
	-7°	0.8	2.4	0.007	—	—	—
地覆(1)	7°	2.1~2.8	6.5~8.6	0.025			
地覆(2)		2.1~2.9	6.5~9.0	0.027			
フラップ(1)		1.8~2.5	5.5~7.8	0.042			
フラップ(2)		1.9~2.7	5.9~8.5	0.046			
フェアリング		0.8~1.0	2.4~3.1	0.103			
		1.9~2.4	5.8~7.5	0.018			
ウェブ15°		2.2~2.3	7.0~7.3	0.004			
ウェブ30°		2.1~2.7	6.7~8.6	0.028			
ウェブ45°		2.2~2.8	6.8~8.7	0.022			
ウェブ75°		2.0~2.7	6.3~8.4	0.029			
ウェブ90°		2.0~2.7	6.4~8.3	0.028			

* 鉛直たわみモードおよびねじれモードの実橋振動数をそれぞれ0.10Hz, 0.33Hzと仮定して求めた。

— 印は C_{LH}^I あるいは C_{MT}^I が正の値をとらなかったことを示す。



図— 3 — 2 名港中央大橋の箱桁断面

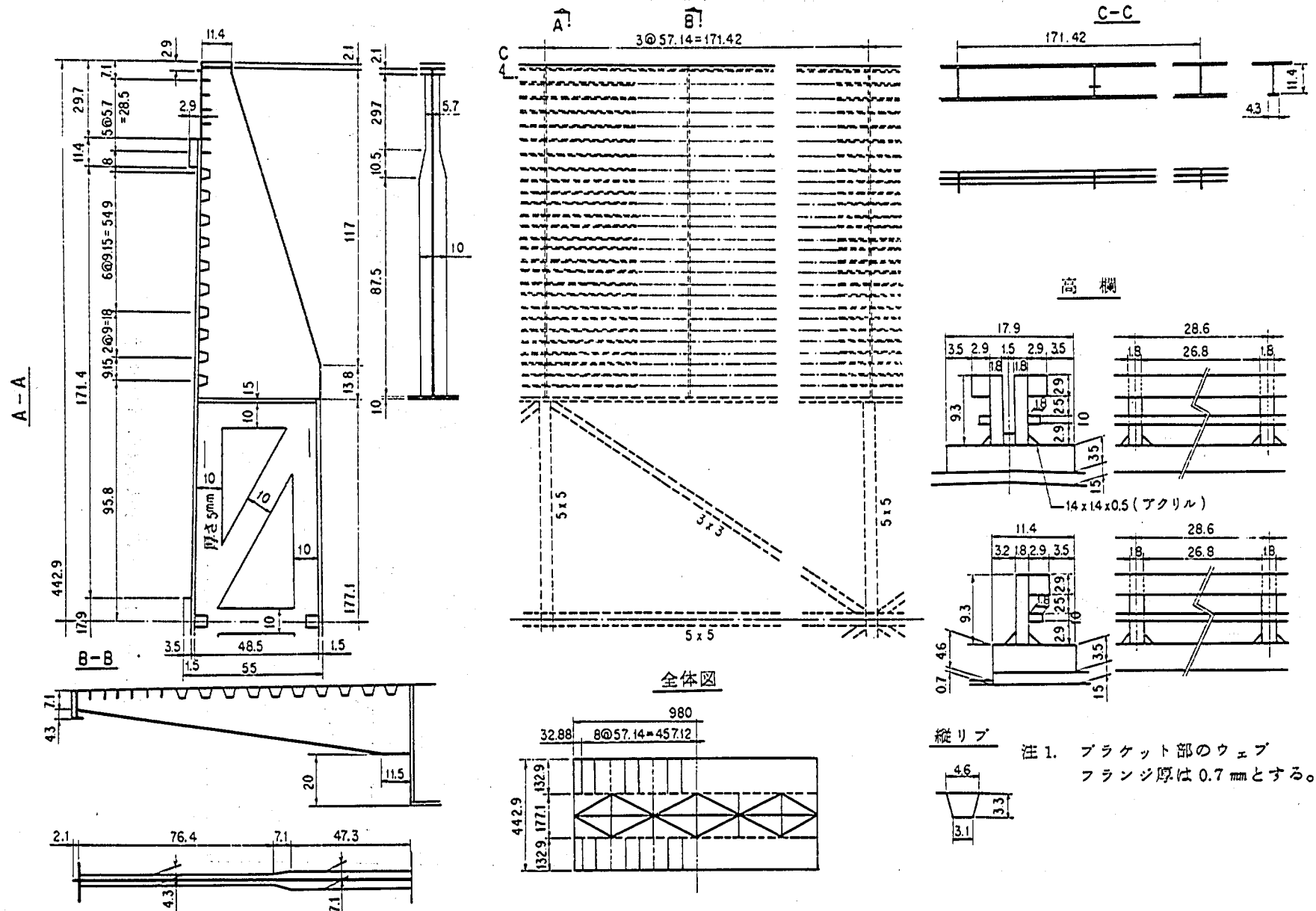


図-3-3-1 名港中央大橋模型図(その1)

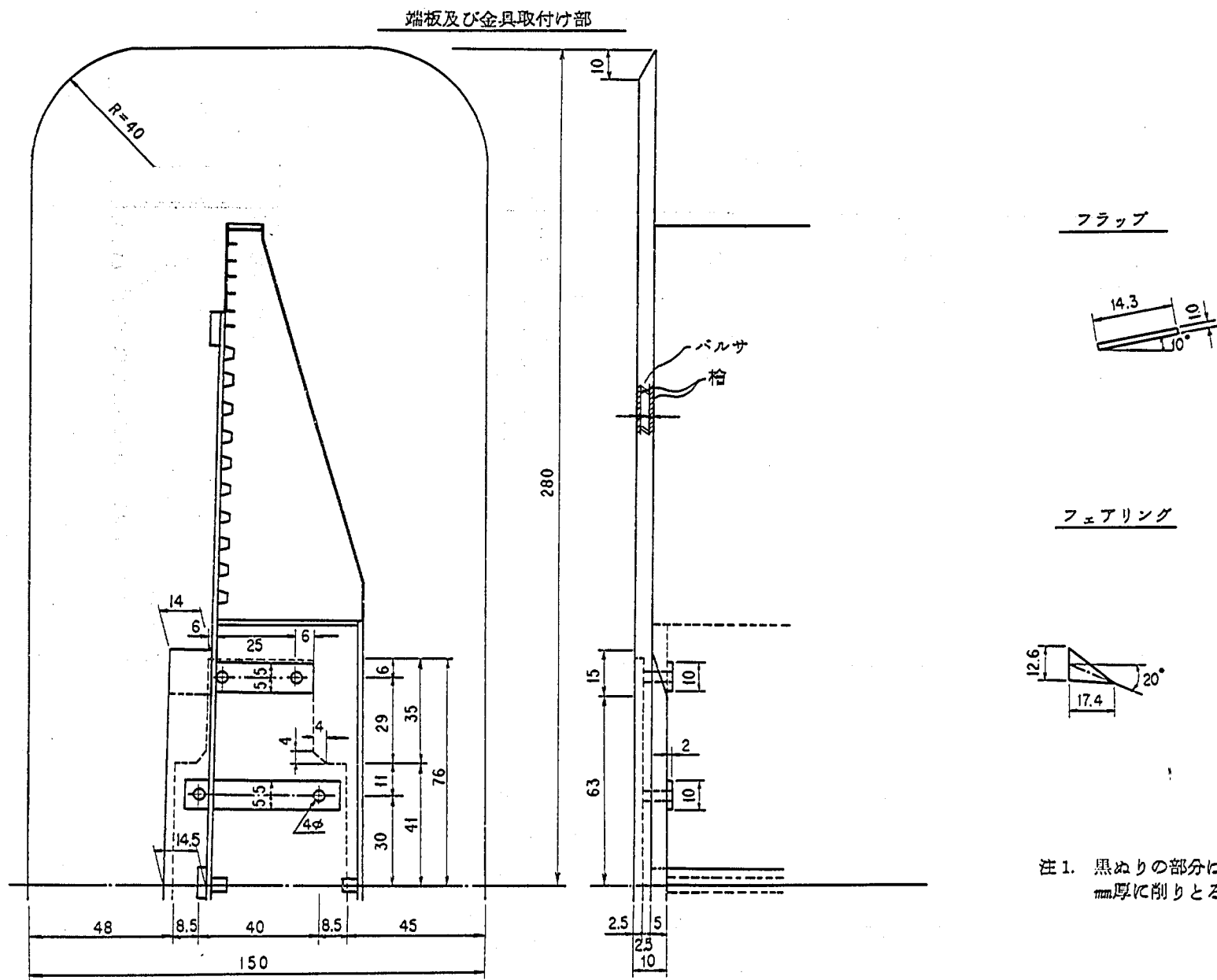


図-3-3-2 名港中央大橋模型図(その2)

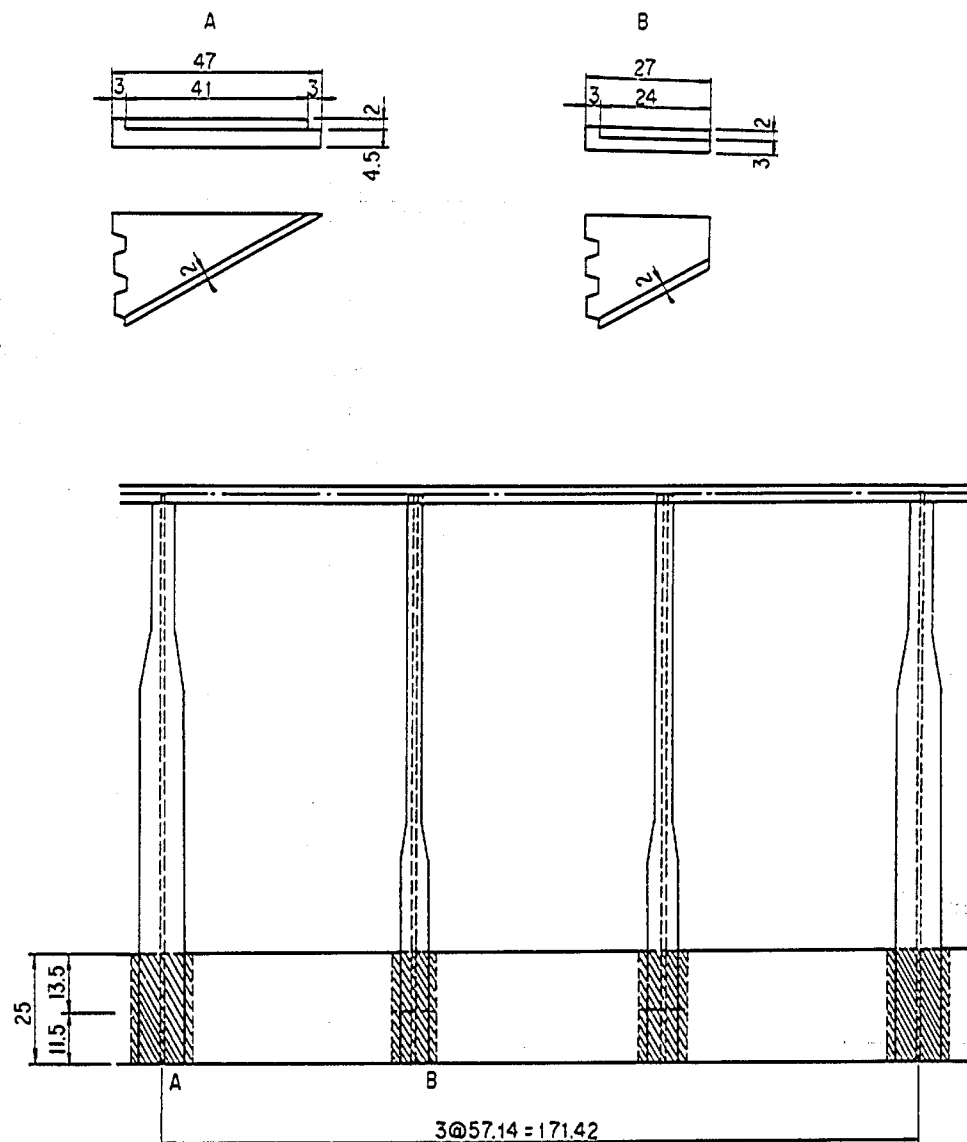
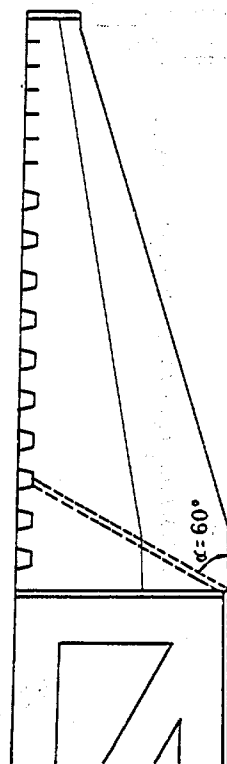


図-3-3-3 名港中央大橋模型図（その3）

縮尺：1/1

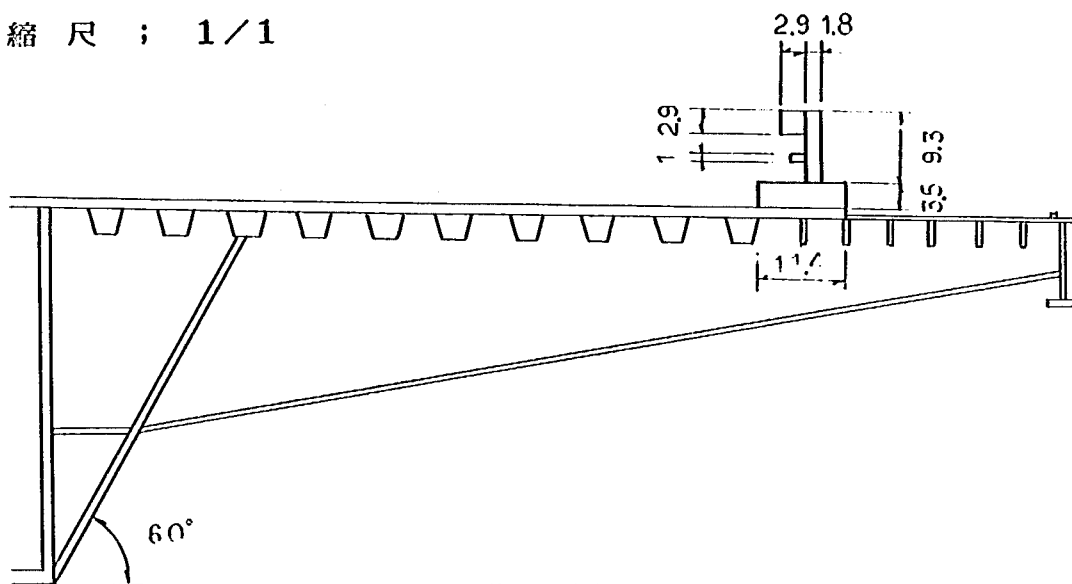


圖-3-4-1 基本断面

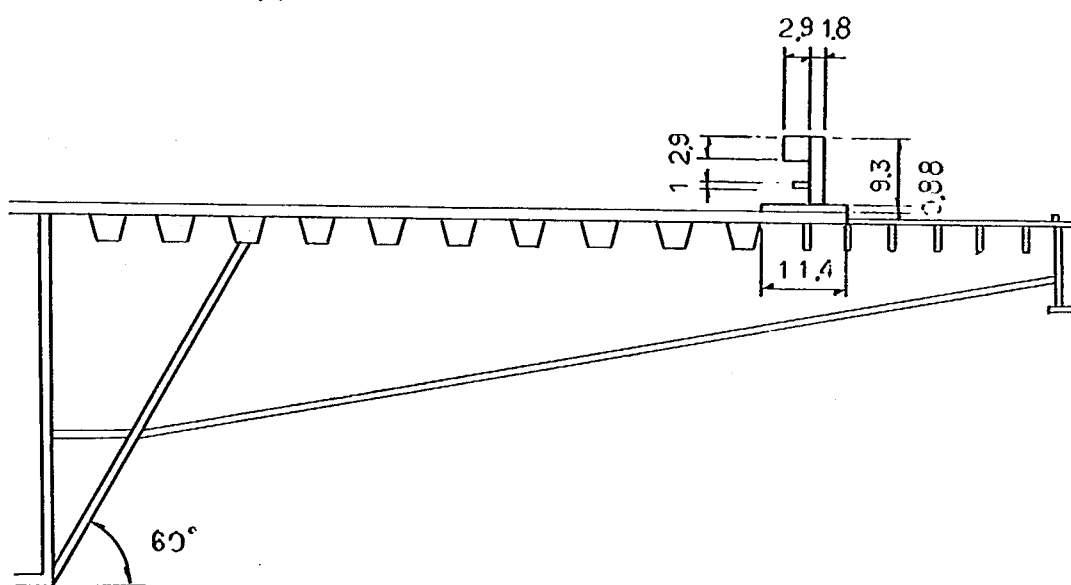


圖-3-4-2 地覆 (1)

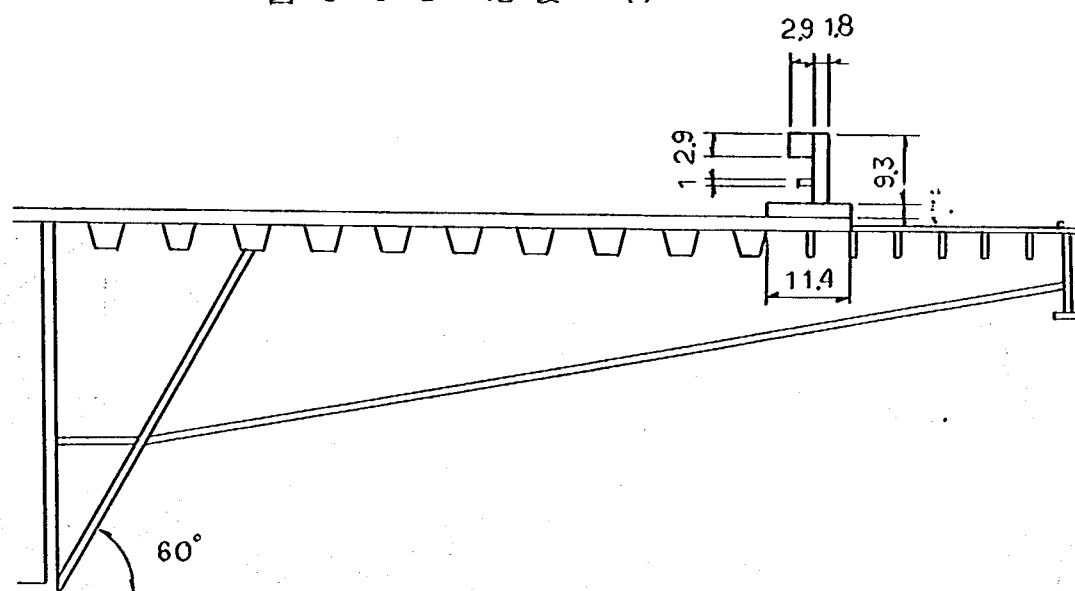


圖-3-4-3 地覆 (2)

縮尺 ; 1/1

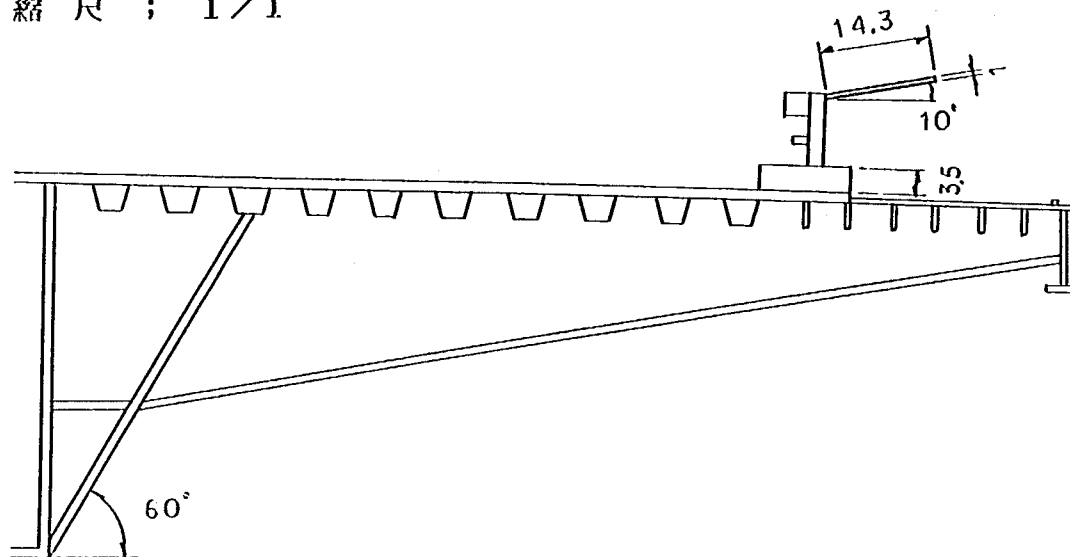


図-3-4-4 フラップ (1)

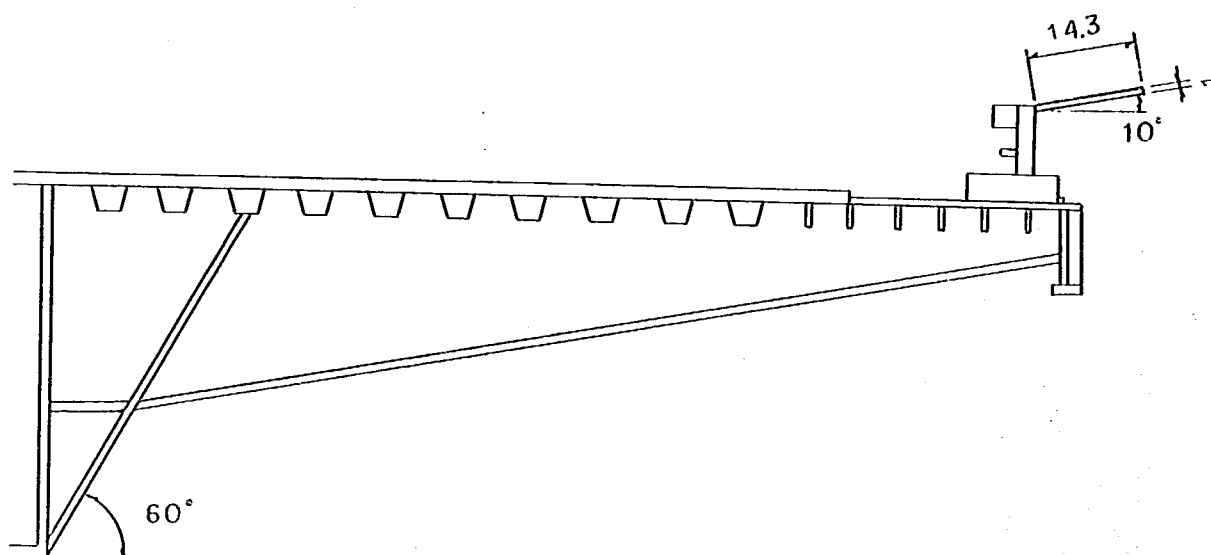


図-3-4-5 フラップ (2)

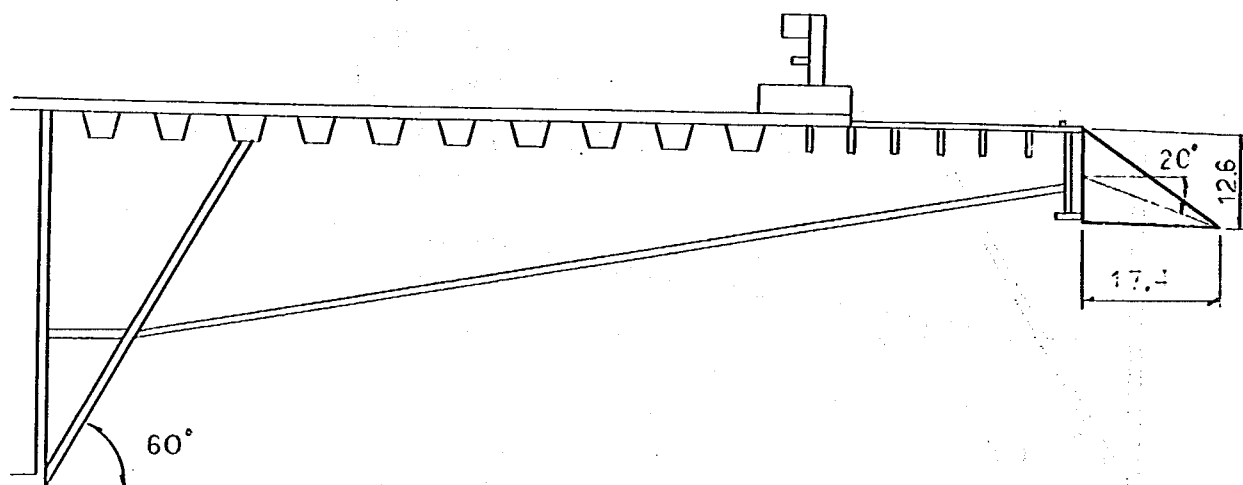


図-3-4-6 フェアリング

縮 尺 : 1/1

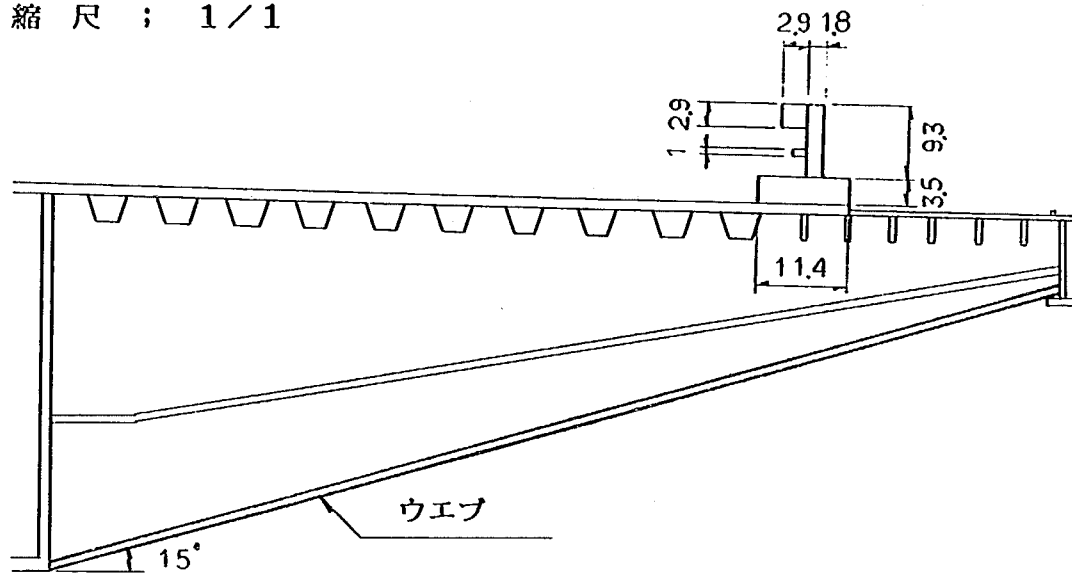


図-3-4-7 ウェブ (15°)

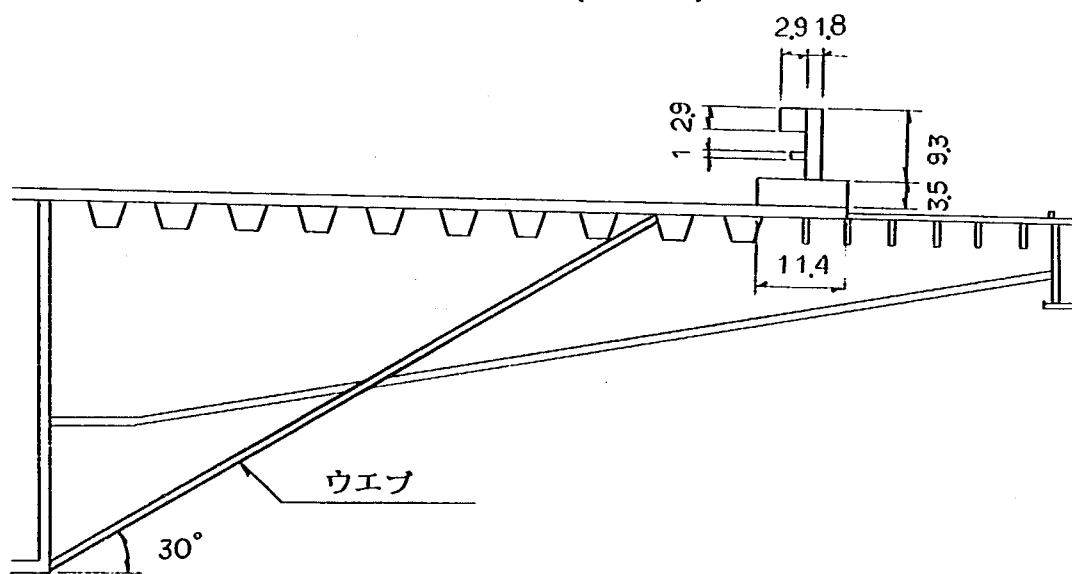


図-3-4-8 ウェブ (30°)

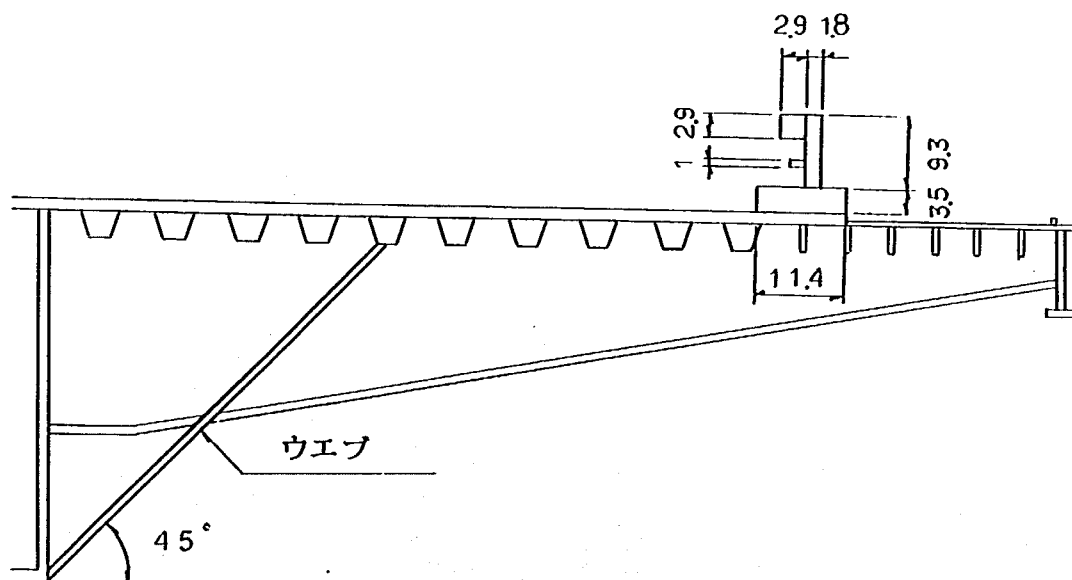


図-3-4-9 ウェブ (45°)

縮 尺 ; 1/1

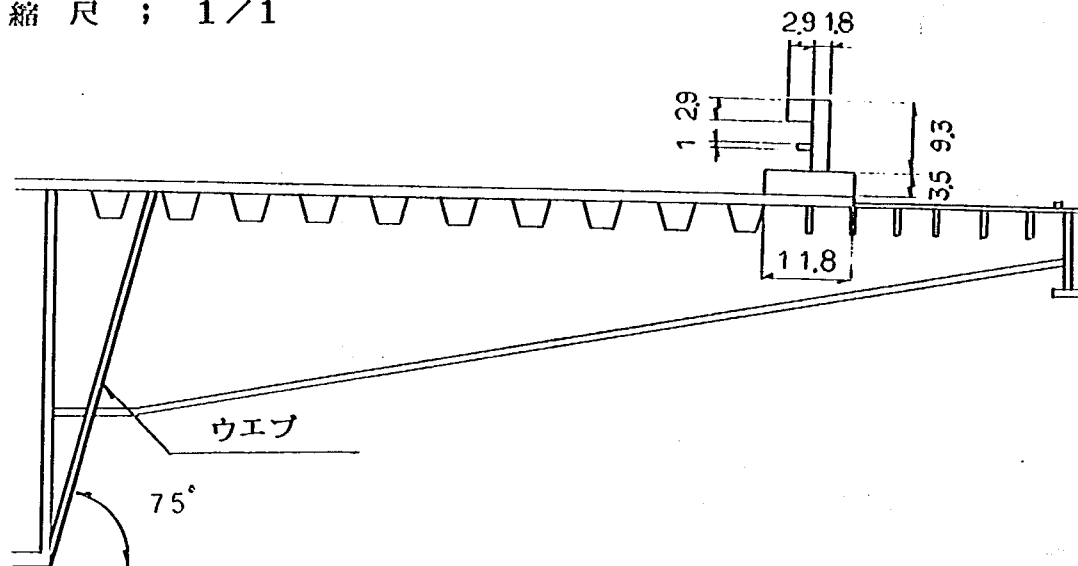


図-3-4-10 ウエブ (75°)

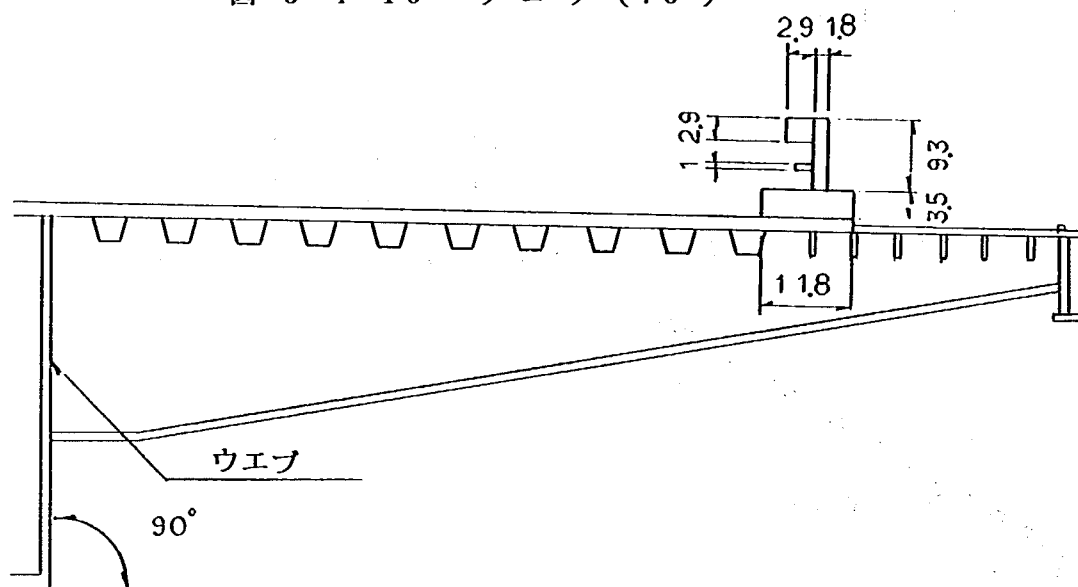


図-3-4-11 ウエブ (90°)

MODEL NAME MEIKO-CHUO OHASI (BASIC)

BEN. UNI.
FREQUENCY 2.0, 1.0 (HZ)
AMPLITUDE 4.43(MM)
ANGLE OF ATTACK

○ 0.00(DEG.)
× 3.00(DEG.)
□ 5.00(DEG.)
△ 7.00(DEG.)

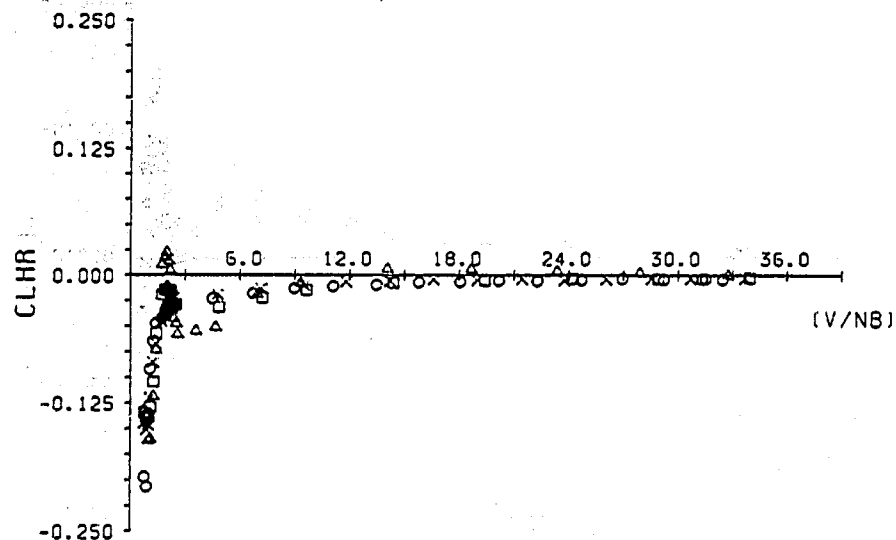
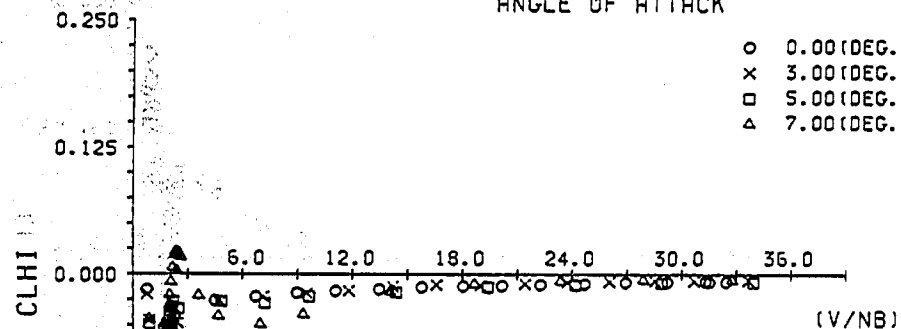


図-3-5-1 非定常空気力係数 (CLH^I , CLH^R)

MODEL NAME MEIKO-CHUO OHASI (BASIC)

BEN. UNI.
FREQUENCY 2.0, 1.0 (HZ)
AMPLITUDE 4.43(MM)
ANGLE OF ATTACK

○ 0.00(DEG.)
× -3.00(DEG.)
□ -5.00(DEG.)
△ -7.00(DEG.)

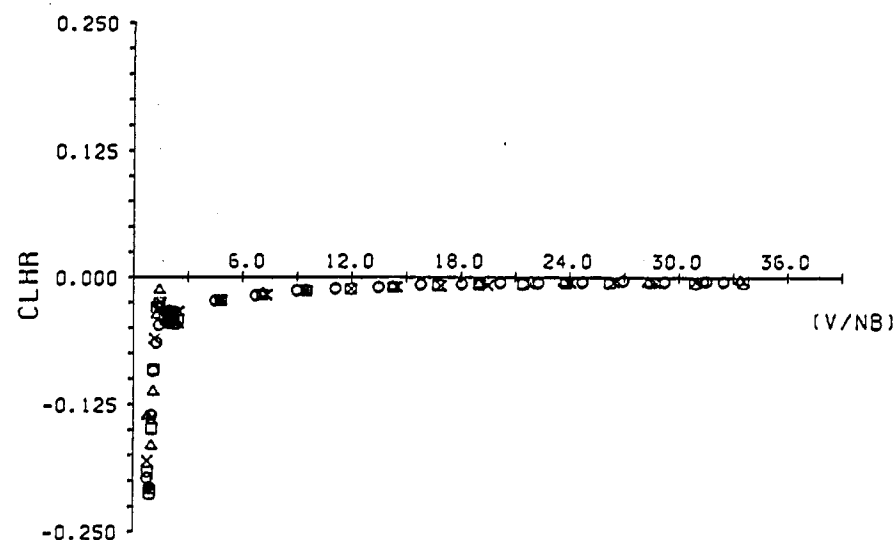
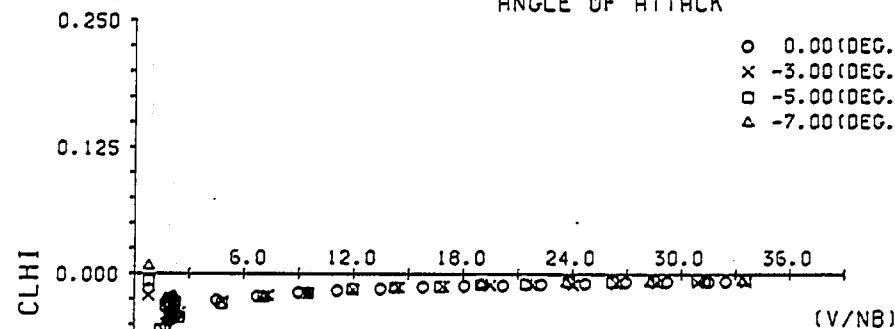


図-3-5-2 非定常空気力係数 (CLH^I , CLH^R)

MODEL NAME MEIKO-CHUO OHASHI

BEN. UNI.
FREQUENCY 2.0.1.0 (HZ)
AMPLITUDE 4.43(MM)
ANGLE OF ATTACK 7.00(DEC.)
SECTION

○ BASIC
× FAIRING
□ KERS (1)
△ KERS (2)

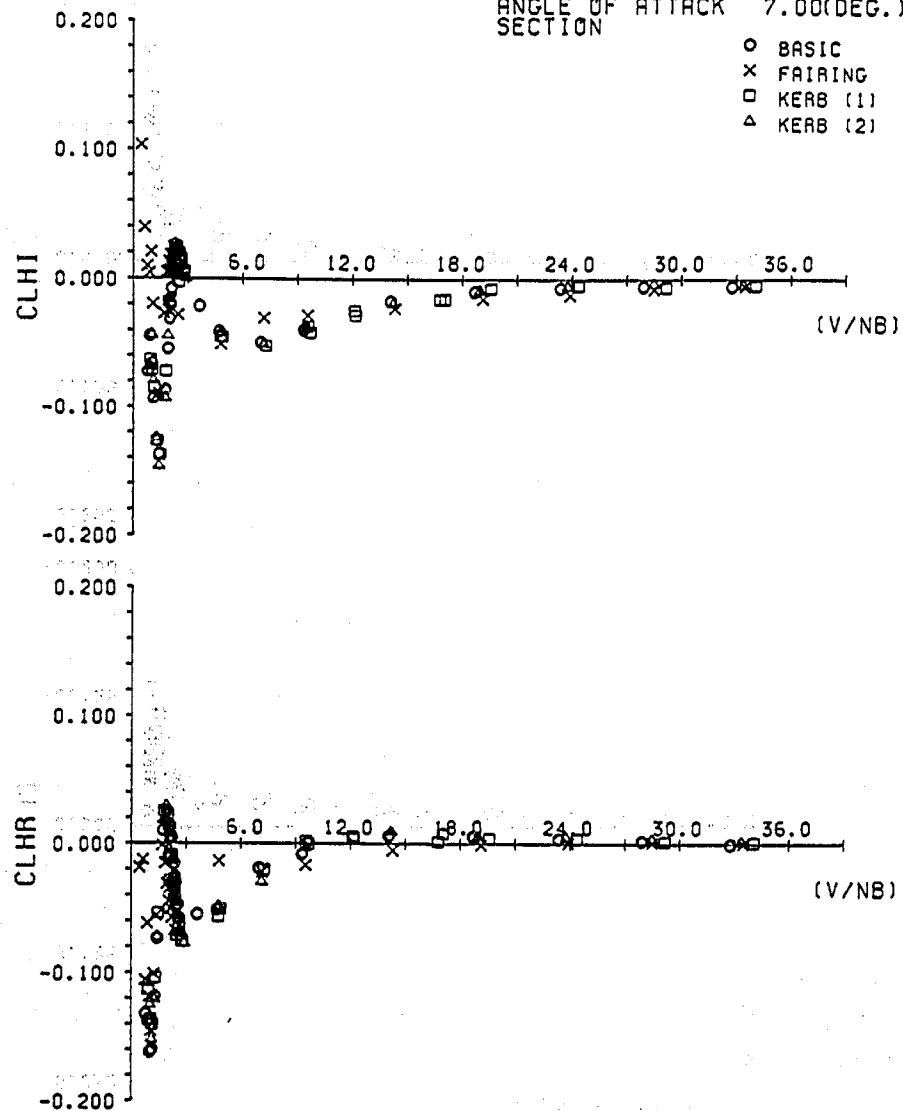


図-3-5-3 非定常空気力係数 (CLH^I , CLH^R)

MODEL NAME MEIKO-CHUO OHASHI

BEN. UNI.
FREQUENCY 2.0.1.0 (HZ)
AMPLITUDE 4.43(MM)
ANGLE OF ATTACK 7.00(DEC.)
SECTION

○ BASIC
× FLAP (1)
□ FLAP (2)

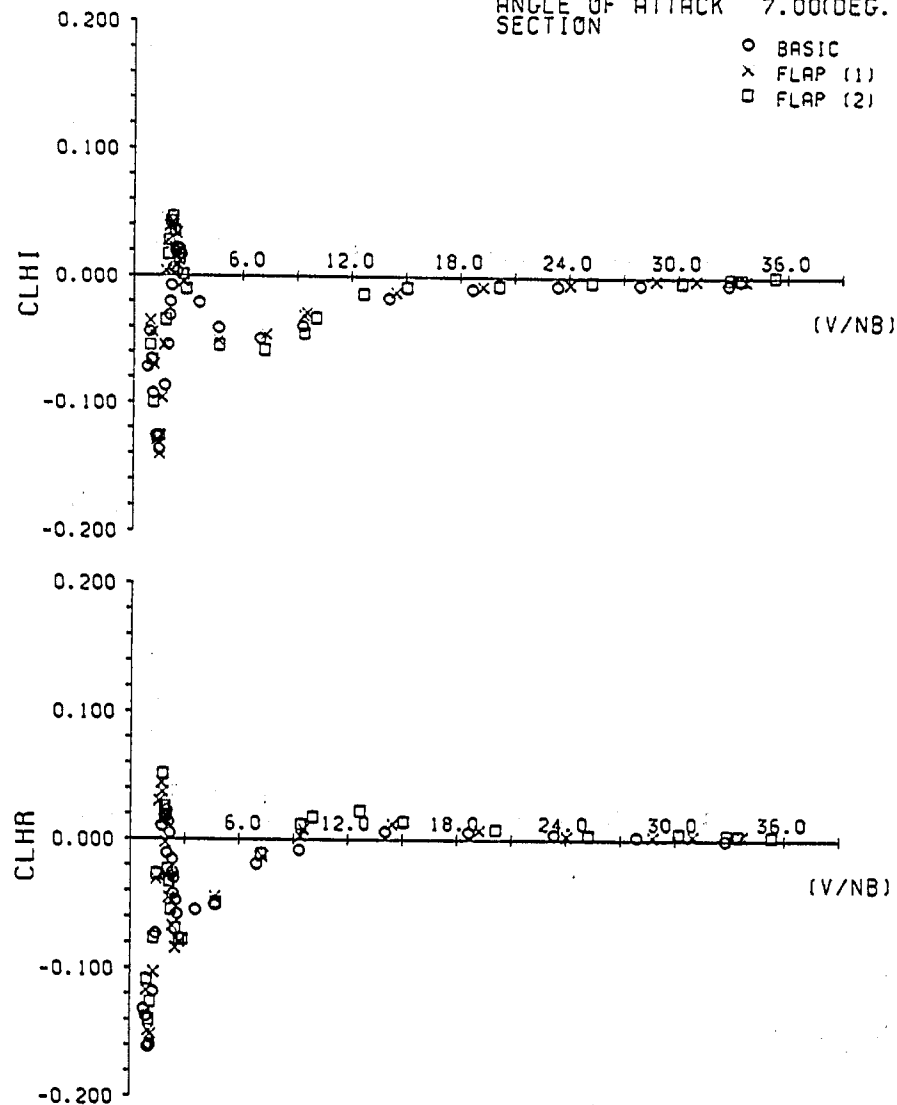


図-3-5-4 非定常空気力係数 (CLH^I , CLH^R)

MODEL NAME MEIKO-CHUO OHASHI
 BEN. UNI.
 FREQUENCY 2.0, 1.0 (HZ)
 AMPLITUDE 4.43(MM)
 ANGLE OF ATTACK 7.00(DEG.)
 SECTION
 ○ BASIC
 × WEB 15
 □ WEB 30
 △ WEB 45

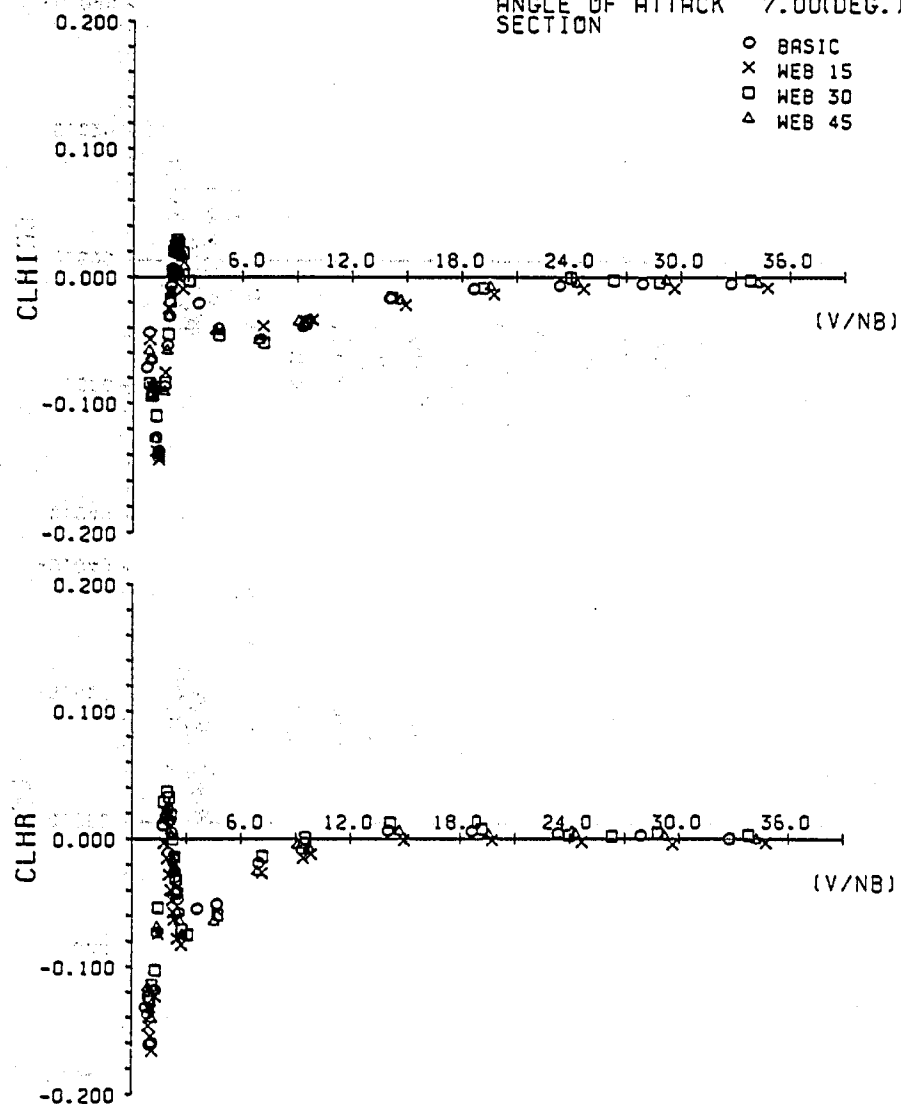


図-3-5-5 非定常空気力係数 (CLH^I , CLH^R)

MODEL NAME MEIKO-CHUO OHASHI
 BEN. UNI.
 FREQUENCY 2.0, 1.0 (HZ)
 AMPLITUDE 4.43(MM)
 ANGLE OF ATTACK 7.00(DEG.)
 SECTION
 ○ BASIC
 × WEB 75
 □ WEB 90

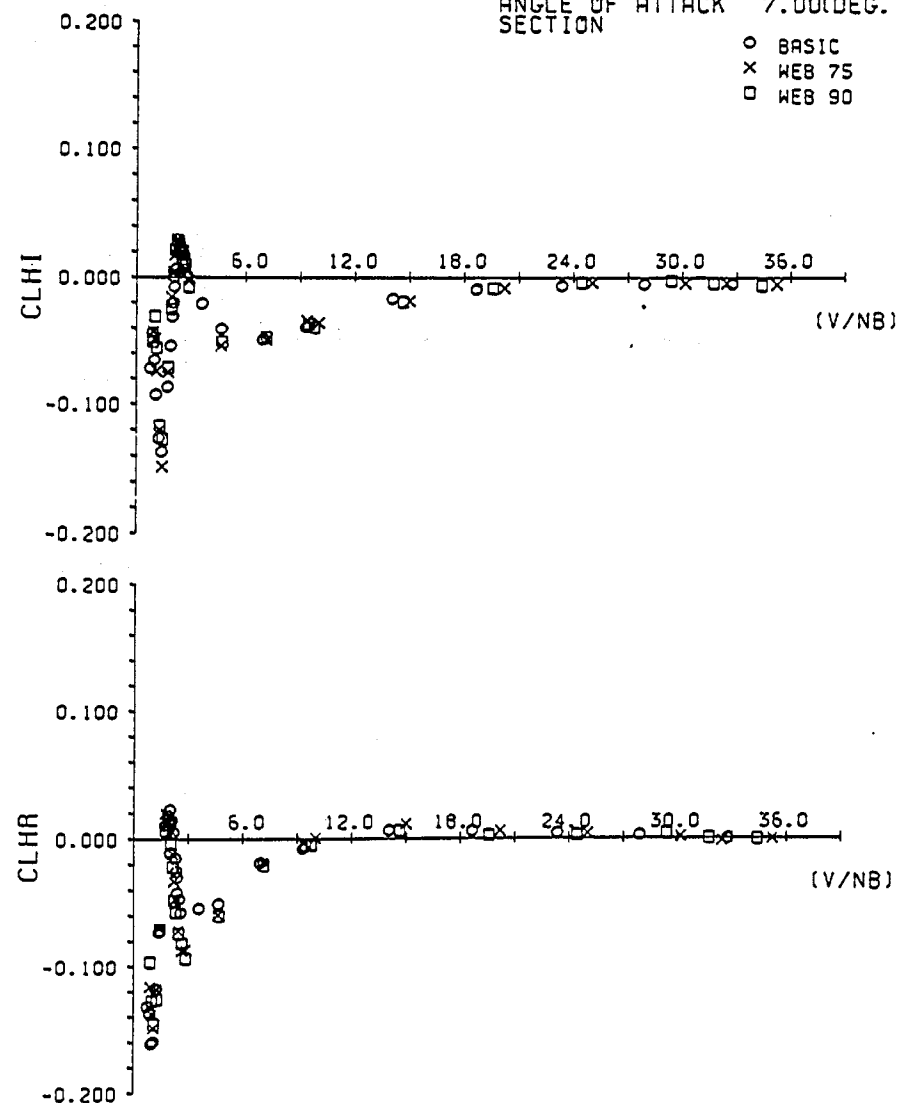


図-3-5-6 非定常空気力係数 (CLH^I , CLH^R)

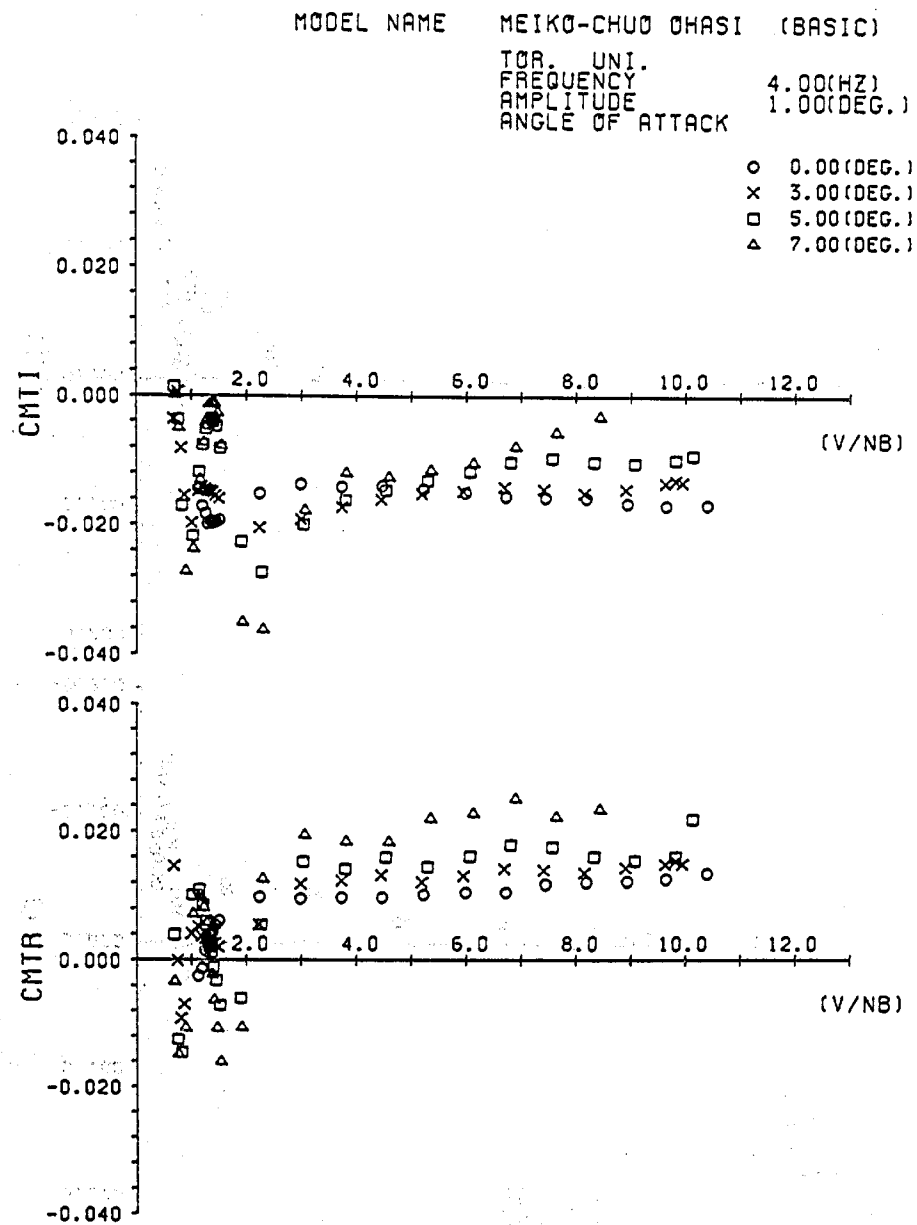


图-3-5-7 非定常空气力系数 (CMT^I, CMT^R)

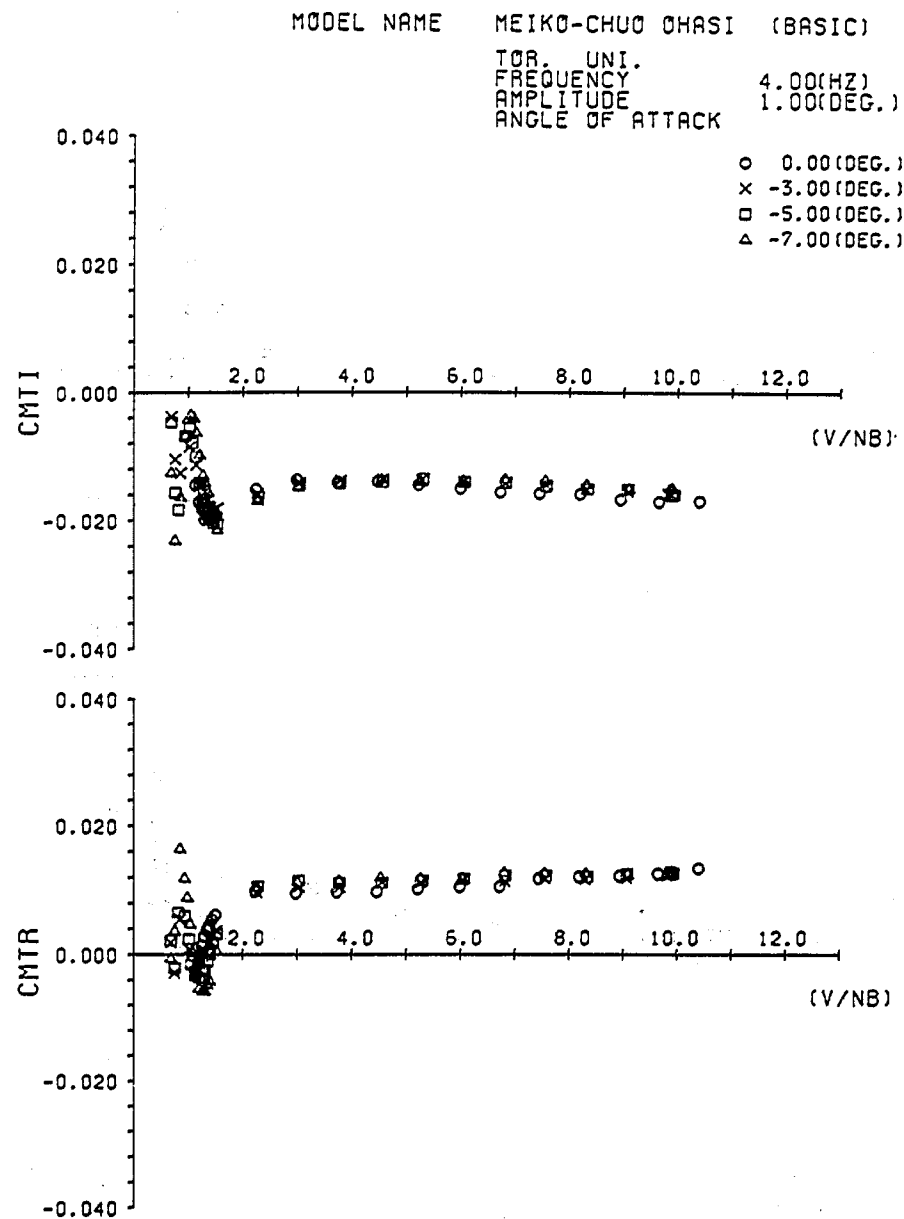


图-3-5-8 非定常空气力系数 (CMT^I, CMT^R)

4. 平戸大橋における自然風および対風応答の長期観測データ解析

4.1 まえがき

構造物は自然風の中ではその乱れに起因する不規則な空気力を受け、これにより一種の強制振動が引き起こされる。この現象はガスト応答と呼ばれ、とくに水平方向のガスト応答については、設計風速および設計風荷重を算定する際にその影響を考慮するように定められている。一方、鉛直たわみモードおよびねじれモードのガスト応答については、水平方向のガスト応答に対する規定ほど詳細なものは定められていないが、その理由の1つにはこれらのガスト応答の大きさを推定する方法がまだ確立されていないことが挙げられよう。ガスト応答を推定する手法としては、自然風を相似した乱流のもとで三次元模型を用いた風洞実験を実施する方法、統計的手法を用いて数値計算により推定する方法および実際に建設された長大橋梁において自然風および対風応答を観測する方法などが挙げられるが、風洞実験においては種々の相似条件をすべて満足させることが困難なこと、数値計算においては適切なパラメータを設定することが困難なこと、現地観測においては平均風速 20 m/s を超える強風時のデータを観測する機会が少ないこと、などの問題があり、ガスト応答推定方法確立のためには、これらの手法を互いの欠点を補うよう総合させることが必要と考えられる。

以上の考えに従い、当研究室では関門橋、末広大橋、および平戸大橋において自然風と橋梁の対風応答の観測データの解析を実施しており、またガスト応答を周波数領域あるいは時間領域で推定計算するプログラムの開発につとめている。ここでは平戸大橋において観測された自然風と橋梁の対風応答の特性について報告する。

平戸大橋は長崎県北部にある平戸島を九州本島と結ぶため長崎県営有料道路として建設された単径間補剛トラス吊橋である。その架設位置を図-4-1に、一般図を図-4-2に示す。平戸大橋に設置された長期観測システムについては別の報告書¹⁾に述べられており、今年度も変更はないのでここでは観測機器の構成を表-4-1に、総合系統図を図-4-3に、計測器の配置を図-4-4に示すにとどめる。同様に解析方法も昨年度と変更ないのでその記述は省略する。

4.2 観測記録

昭和52年度より現時点までに得られた記録を表-4-2に示す。今年度は、1台の加速度計(上下方向)のデータが記録されていないテープが1巻あったが、5巻のテープが正常に稼動し、51RUNのデータを取得することができた。なお、昭和56年6月22日10時32分～13時28分、昭和56年9月3日18時35分～22時31分のデータには、風速の校正信号の値が変動しているものが入力され、昭和56年7月31日6時42分～昭和56年9月3日17時31分のデータには風速の校正信号の値が所定の値(1V)以上の大きな値が入力さ

れていた。

4.3 自然風の特徴

今年度は昭和55年11月22日から昭和56年9月3日までに得られたデータの解析を行ったが、その結果得られた平均風速および平均風向を表-4-3に、平均風速風向図を図-4-5-1~2に示す。なお、表-4-3には、データレコーダより得られた記録の他に、データレコーダに記録されたタイムコードに対応する風向風速記録器より読み取った平均風速、平均風向の値も併記した。

TAP E 30より得られたデータは平均風速30 m/s以上の異常に大きい値であったため、表-4-3に*印で示した。また、TAP E 33より得られたデータは、平均風速が負の値という異常データのためTAP E 30と同様に*印で示した。また、昭和56年6月22日10時32分~13時28分、昭和56年9月3日18時35分~22時31分および昭和56年7月31日6時42分~昭和56年9月3日17時31分のデータレコーダより得られた風速データは、不良な校正信号を用いて求めたため取扱いに充分注意する必要がある。

本年度は少ないデータ数であったが、平均風速20 m/s以上の強風のデータを得ることができた。ただし、平均風速について、データレコーダに記録された値と風向風速記録器に記録された値との間に計算誤差以上の違いがしばしば見られる。この原因の1つとして、風速データが入力されているチャンネルの故障が考えられるので、2月に行った機器点検の際に風速が入力されているチャンネルを他のチャンネルに移し、校正信号の入力レベルも前までよりも低めに調整した。

4.4 補剛桁応答の特性

補剛桁中央における鉛直たわみ応答、ねじれ応答、水平たわみ応答の加速度値とそれに対応する平均風速、平均風向とをあわせ表-4-3に示す。また、加速度応答の標準偏差とデータレコーダから計算した平均風速との関係を図-4-6-1~3に示し、加速度応答の標準偏差と風向風速記録器より読み取った平均風速との関係を図-4-6-4~6に示す。今年度も耐風設計の結果として当然ながら振幅の大きな自励振動は起こっておらず、図に示した振動はガスト応答と考えられる。ガスト応答振幅は風速の上昇に伴って大きくなる傾向を示し、振幅値は昨年度までに収録された同程度の風速範囲における値とほぼ一致している。

4.5 ま と め

今年度は少ないデータではあったが、平均風速が20 m/s以上の強風のデータを蓄積することができた。また、風による補剛桁の振動としてガスト応答のデータを蓄積することができた。なお現在のデータ収録システムでは風速、風向の平均的特性しか知ることができないため、瞬時値のデータが収録できるようシステムを改造することが望まれる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所構造研究室；耐風調査報告書（Ⅱ-1977）、土研資料第1215号、昭和53年3月
- 2) 建設省土木研究所構造研究室；耐風調査報告書（Ⅱ-1980）、土研資料第1656号、昭和56年3月

表 - 4 - 1 平戸大橋長期観測用機器の構成

	名 称	数 量
1.	セ ン サ 部 V F B 加 速 度 計 (上 下) " (水 平) 風 向 、 風 速 発 信 部	2 台 1 台 1 台
2.	受 信 部 時 計 盤 増 幅 盤 監 視 盤 記 録 制 制 盤 電 源 盤 端 子 盤	1 架 1 台 1 台 1 台 1 台 1 台 1 台
3.	記 録 部 電 磁 オ シ ロ グ ラ フ 平 均 風 向 、 風 速 記 録 器 デ ー タ レ コ ー ダ R 9 1 2 風 向 風 速 記 録 器 (瞬 時 値 用) 風 速 警 報 装 置	1 台 1 台 1 台 1 台 1 台
4.	パ ッ ケ ー ジ 型 発 電 機 予 備 品 、 付 属 品	1 台 1 式

表-4-2 平戸大橋長期観測で得られたデータ

T A P E 号	記 録 期 間	備 考
1	5 2. 3. 3 ~ 5 2. 4. 2 7	解析せず
2	5 2. 6. 2 9 ~ 5 2. 6. 3 0	5 2 年度解析
3	5 2. 6. 3 0 ~ 5 2. 8. 2 2	"
4	5 2. 1 1. 1 6 ~ 5 2. 1 2. 1 6	解析せず
5	5 2. 1 2. 1 6	"
6	5 2. 1 2. 2 9 ~ 5 2. 1 2. 3 0	5 2 年度解析
7	5 3. 2. 8 ~ 5 3. 2. 9	5 3 年度解析
8	5 3. 2. 1 3 ~ 5 3. 2. 1 8	"
9	5 3. 2. 1 9 ~ 5 3. 3. 9	"
10	5 3. 3. 2 1 ~ 5 3. 4. 1 5	"
11	5 3. 5. 3 0 ~ 5 3. 6. 9	"
12	5 3. 6. 2 4 ~ 5 3. 9. 1	"
13	5 3. 9. 1 5 ~ 5 3. 1 0. 1 3	"
14	5 4. 8. 2 6 ~ 5 4. 9. 6	5 4 年度解析
15	5 4. 9. 2 7	"
16	5 4. 1 1. 1 8 ~ 5 4. 1 2. 1 1	"
17	5 4. 1 2. 2 3 ~ 5 5. 4. 5	解析せず
18	5 5. 4. 5	5 5 年度解析
19	5 5. 4. 9 ~ 5 5. 4. 1 0	"
20	5 5. 4. 1 4 ~ 5 5. 4. 1 9	"
21	5 5. 4. 1 9 ~ 5 5. 4. 2 4	"
22	5 5. 4. 2 7 ~ 5 5. 5. 2 5	"
23	5 5. 6. 1 7 ~ 5 5. 6. 3 1	"
24	5 5. 7. 1 6 ~ 5 5. 9. 1 0	"
25	5 5. 9. 1 0 ~ 5 5. 9. 1 1	"
26	5 5. 9. 1 1 ~ 5 5. 1 0. 1 3	"
27	5 5. 1 0. 1 3	解析せず
28	5 5. 1 1. 2 1 ~ 5 5. 1 1. 2 1	5 5 年度解析
29	5 5. 1 1. 2 2 ~ 5 6. 2. 1 6	5 6 年度解析
30	5 6. 6. 2 2	"
31	5 6. 7. 3 1	"
32	5 6. 9. 3	"
33	5 6. 9. 3	"
34	5 6. 9. 2 8 ~ 5 6. 1 0. 5	解析せず

表-4-3 平戸大橋における風速、風向と応答の関係

記録開始日時 (記録時間は15分)	中央径間1/2での平均風速 (m/s)		中央径間1/2での平均風向 (deg)		中央径間 1/2 加速度		
	データ レコーダ	風向風速 記録器	データ レコーダ	風向風速 記録器	鉛直なわみ ($\times 10^{-1} m/s^2$)	水平なわみ ($\times 10^{-1} m/s^2$)	ねじれ ($\times 10^{-1} m/s^2$)
55-11-22 12:19	14.1	12.9 (12:30)	368.0	357.8 (12:30)	0.48	0.48	0.47
	16.3		376.9		1.7	1.9	2.8
	12.4		357.7		-1.7	-2.9	-1.5
55-11-28 14:35	15.8	14.8 (14:40)	366.9	353.3 (14:40)	0.42	0.67	0.60
	17.0		375.9		1.5	2.8	2.2
	14.7		357.2		-1.4	-3.0	-2.1
55-12-03 15:28	16.9	13.9 (15:40)	205.1	195.0 (15:40)	0.41	0.95	0.66
	18.1		214.9		1.5	4.0	2.7
	15.7		194.2		-1.7	-4.2	-3.1
55-12-03 15:58	17.4	17.5 (16:10)	208.1	186.0 (16:10)	0.45	1.03	0.69
	18.3		215.9		1.7	4.8	2.6
	16.4		199.7		-2.1	-4.2	-2.7
55-12-03 18:23	16.2	13.7 (18:30)	255.9	240.0 (18:30)	0.30	0.43	0.45
	18.5		266.9		1.5	3.7	3.3
	14.1		244.7		-2.2	-4.2	-2.4
55-12-09 5:58	15.8	13.0 (6:10)	190.1	185.3 (6:10)	0.33	0.62	0.41
	17.0		198.7		1.3	2.7	2.0
	14.1		181.6		-1.2	-3.5	-1.4
55-12-12 0:47	18.3	16.2 (1:00)	225.8	210.8 (1:00)	0.32	0.39	0.43
	19.7		237.1		1.0	2.5	1.5
	17.5		214.9		-1.7	-2.0	-1.7
56-01-11 16:53	16.1	15.5 (17:00)	214.4	236.3 (17:00)	0.31	0.74	0.43
	18.1		222.5		2.7	5.0	1.8
	14.3		207.3		-1.0	-4.2	-1.8
56-01-11 3:53	11.3	11.5 (4:00)	317.6	322.5 (4:00)	0.23	1.23	0.30
	16.1		326.4		1.1	1.1	1.8
	8.3		306.7		-1.1	-1.7	-1.5
56-01-15 8:23	16.5	13.4 (8:30)	174.5	169.5 (8:30)	0.42	0.80	0.53
	17.9		183.6		1.7	5.1	2.4
	14.4		164.9		-1.5	-4.5	-2.6
56-01-15 9:37	16.3	16.2 (9:50)	173.5	168.0 (9:50)	0.48	0.80	0.55
	17.4		185.1		2.9	3.7	2.9
	15.2		162.4		-1.1	-4.5	-2.2
56-01-15 10:07	16.5	11.8 (10:20)	172.1	161.3 (10:20)	0.59	0.82	0.64
	17.4		181.1		2.7	3.5	3.2
	15.2		163.4		-2.5	-3.7	-3.5
56-02-16 15:07	16.1	15.6 (15:20)	404.8	382.5 (15:20)	0.33	0.27	0.35
	18.1		414.7		1.2	1.5	1.7
	13.7		396.1		-1.4	-1.1	-1.4

データレコーダからの平均風速及び平均風向は、それぞれ上から平均、最大、最小の値であり、加速度は上から標準偏差、最大、最小である。

* 正常な記録のとれなかったもの。

記録開始日時 (記録時間は15分)	中央径間1/2での平均風速 (m/s)		中央径間1/2での平均風向 (deg)		中央径間1/2 加速度		
	データ レコーダ	風向風速 記録器	データ レコーダ	風向風速 記録器	鉛直たわみ ($\times 10^{-1} m/s^2$)	水平たわみ ($\times 10^{-1} m/s^2$)	ねじれ ($\times 10^{-2} m/s^2$)
56-02-16 16:40	16.9	15.0 (16:50)	409.0	384.7 (16:50)	0.40	0.43	0.34
	19.4		417.3		1.5	4.5	2.1
	12.8		400.1		-1.6	-4.5	-1.5
56-02-16 17:20	16.4	13.9 (17:30)	404.0	382.5 (17:30)	0.42	0.41	0.47
	18.1		415.8		1.9	3.1	1.8
	11.9		374.9		-1.9	-2.2	-3.2
56-06-22 10:32	*	15.7 (10:40)	171.1	165.8 (10:40)	0.64	0.46	0.62
			177.8		2.5	2.2	2.0
			166.2		-3.0	-1.8	-2.5
56-06-22 11:00	*	15.6 (11:10)	174.8	163.5 (11:10)	0.54	0.46	0.59
			182.3		1.7	2.0	2.1
			168.2		-2.4	-2.5	-2.4
56-06-22 11:30	*	14.9 (11:40)	172.1	163.5 (11:40)	0.55	0.43	0.54
			177.8		2.1	2.1	2.7
			165.7		-2.9	-2.3	-2.0
56-06-22 12:10	*	15.1 (12:20)	175.9	160.5 (12:20)	0.61	0.39	0.51
			182.3		1.7	1.7	1.9
			170.2		-1.9	-1.5	-2.3
56-06-22 12:58	*	12.3 (13:10)	179.0	161.3 (13:10)	1.57	0.39	0.48
			186.3		1.7	1.4	2.0
			172.8		-2.1	-1.5	-1.9
56-06-22 13:18	*	16.0 (13:40)	175.9	161.3 (13:40)	0.63	0.45	0.57
			183.3		2.5	1.7	1.9
			169.7		-2.3	-1.8	-2.5
56-07-31 6:42	19.4	14.9 (6:50)	421.5	378.8 (6:50)	0.66	0.49	0.59
	20.7		430.8		2.3	1.7	1.8
	18.3		411.9		-2.4	-1.9	-2.2
56-07-31 7:12	21.7	17.2 (7:20)	426.3	382.5 (7:20)	0.76	0.55	0.80
	22.7		434.4		2.3	2.5	3.4
	20.7		448.0		-2.5	-2.1	-3.1
56-07-31 7:44	20.7	17.4 (7:50)	426.8	382.5 (7:50)	0.59	0.56	0.66
	22.3		435.9		2.3	2.7	2.5
	17.4		418.5		-2.8	-3.6	-2.6
56-07-31 8:14	23.9	18.5 (8:20)	423.6	377.3 (8:20)	1.03	0.87	1.09
	26.1		431.8		4.2	4.0	4.0
	20.9		415.0		-4.0	-4.0	-4.1
56-07-31 8:24	25.5	24.2 (8:50)	433.2	380.3 (8:50)	0.85	0.76	0.89
	28.0		443.0		3.5	3.5	4.0
	23.8		424.1		-3.3	-2.9	-3.4

データレコーダからの平均風速及び平均風向は、それぞれ上から平均、最大、最小の値であり、加速度は上から標準偏差、最大、最小である。

* 正常な記録のとれなかったもの。

記録開始日時 (記録時間は15分)	中央径間1/2での平均風速 (m/s)		中央径間1/2での平均風向 (deg)		中央径間1/2 加速度		
	データ レコーダ	風向風速 記録器	データ レコーダ	風向風速 記録器	鉛直たわみ ($\times 10^1 m/s^2$)	水平たわみ ($\times 10^1 m/s^2$)	ねじれ ($\times 10^2 m/s^2$)
56-09-03 10:00	15.4	12.7 (10:10)	149.8	147.8 (10:10)	0.54	0.49	0.52
	17.2		157.6		2.3	2.7	2.6
	13.6		140.2		-2.1	-2.7	-2.4
56-09-03 10:30	18.9	16.5 (10:40)	162.8	165.0 (10:40)	0.76	0.57	0.79
	21.1		171.6		3.5	2.5	3.8
	17.1		154.6		-3.3	-2.9	-2.9
56-09-03 11:00	18.8	16.0 (11:10)	162.6	161.3 (11:10)	0.69	0.58	0.76
	20.1		169.6		2.2	2.4	2.6
	17.7		156.6		-2.1	-2.6	-2.6
56-09-03 11:30	18.6	17.7 (11:40)	170.2	163.5 (11:40)	0.57	0.50	0.63
	20.0		177.6		2.3	1.9	2.2
	17.3		162.6		-2.0	-2.1	-2.8
56-09-03 12:00	16.4	14.3 (12:10)	171.7	157.5 (12:10)	0.44	0.36	0.43
	19.0		179.1		1.4	3.3	2.3
	14.9		165.1		-1.6	-2.2	-1.9
56-09-03 12:30	18.9	16.3 (12:40)	174.0	166.5 (12:40)	0.75	0.50	0.65
	20.3		181.6		3.4	2.1	2.4
	17.3		165.1		-2.6	-2.4	-2.9
56-09-03 13:00	18.4	15.2 (13:10)	174.8	166.5 (13:10)	0.67	0.43	0.55
	19.7		181.6		3.1	1.7	2.9
	16.9		167.6		-2.6	-1.6	-2.2
56-09-03 13:30	19.0	15.8 (13:40)	176.9	168.8 (13:40)	0.51	0.47	0.63
	21.5		184.5		1.6	2.1	3.1
	17.1		169.6		-1.7	-1.6	-2.7
56-09-03 14:01	18.7	17.0 (14:10)	174.9	163.5 (14:10)	0.63	0.55	0.67
	21.7		183.6		2.1	3.6	2.7
	16.2		167.6		-3.9	-3.3	-2.9
56-09-03 14:31	17.8	16.6 (14:40)	176.0	167.3 (14:40)	0.76	0.51	0.65
	19.7		183.1		2.6	1.9	2.3
	15.5		169.1		-2.9	-2.2	-3.7
56-09-03 15:01	20.1	15.4 (15:10)	191.3	179.5 (15:10)	0.64	0.55	0.65
	21.6		199.5		2.2	3.7	3.1
	18.7		182.1		-2.0	-2.2	-2.4
56-09-03 15:31	20.4	17.5 (15:40)	186.6	173.6 (15:40)	0.76	0.61	0.82
	22.8		194.5		2.8	3.0	3.2
	18.8		176.1		-4.0	-2.5	-3.8
56-09-03 16:01	22.5	18.5 (16:10)	188.9	174.0 (16:10)	0.77	0.67	0.92
	24.3		198.0		2.7	2.7	3.4
	20.5		180.6		-2.6	-2.6	-3.4

データレコーダからの平均風速及び平均風向は、それぞれ上から平均、最大、最小の値であり、加速度は上から標準偏差、最大、最小である。

* 正常な記録のとれなかったもの。

記録開始日時 (記録時間は15分)	中央径間1/2での平均風速 (m/s)		中央径間1/2での平均風向 (deg)		中央径間1/2 加速度		
	データ レコーダ	風向風速 記録器	データ レコーダ	風向風速 記録器	鉛直たわみ ($\times 10^1 m/s^2$)	水平たわみ ($\times 10^1 m/s^2$)	ねじれ ($\times 10^2 m/s^2$)
56-09-03 16:31	19.8	17.9 (16:40)	184.4	175.5 (16:40)	0.72	0.61	0.80
	21.6		191.5		2.7	2.2	2.6
	18.3		178.1		-2.1	-2.9	-3.0
56-09-03 17:01	20.1	16.6 (17:40)	184.9	172.9 (17:10)	0.74	0.63	0.80
	21.7		191.5		2.7	3.0	2.7
	18.8		179.1		-3.2	-3.8	-4.2
56-09-03 17:31	21.0	18.0 (17:40)	187.7	180.0 (17:40)	0.86	0.68	0.87
	23.1		194.5		3.0	2.6	2.9
	19.9		181.6		-3.0	-3.5	-4.5
56-09-03 18:35	*	16.4 (18:40)	182.3	175.5 (18:40)	0.69	0.58	0.74
			190.1		2.8	2.4	3.2
			176.1		-2.7	-2.0	-3.3
56-09-03 19:01	*	17.7 (19:10)	187.9	180.0 (19:10)	0.65	0.53	0.70
			195.6		2.3	2.6	2.7
			181.1		-2.3	-2.2	-2.4
56-09-03 19:31	*	16.5 (19:40)	187.0	180.0 (19:40)	0.58	0.51	0.64
			193.1		2.1	3.3	2.3
			179.6		-2.3	-2.0	-2.1
56-09-03 20:01	*	18.2 (20:10)	183.9	176.3 (20:10)	0.69	0.59	0.78
			192.6		2.4	2.4	2.5
			178.1		-2.8	-2.7	-2.2
56-09-03 20:31	*	15.3 (20:40)	185.2	172.5 (20:40)	0.47	0.39	0.47
			193.6		1.6	1.3	1.6
			178.1		-1.7	-1.6	-1.8
56-09-03 21:01	*	13.2 (21:10)	189.9	178.5 (21:10)	0.47	0.33	0.40
			197.1		1.8	1.2	1.3
			182.6		-1.4	-1.5	-1.7
56-09-03 21:31	*	14.8 (21:40)	191.3	177.8 (21:40)	0.41	0.37	0.47
			197.6		1.5	1.5	2.3
			184.6		-1.2	-1.5	-1.7
56-09-03 22:01	*	14.1 (22:10)	197.1	183.8 (22:10)	0.46	0.36	0.47
			204.6		1.6	1.4	2.2
			189.1		-2.2	-1.5	-1.7
56-09-03 22:31	*	14.5 (22:40)	197.3	186.0 (22:40)	0.37	0.32	0.43
			204.1		1.2	1.1	1.5
			191.6		-1.2	-1.3	-1.7

データレコーダからの平均風速及び平均風向は、それぞれ上から平均、最大、最小の値であり、加速度は上から標準偏差、最大、最小である。

* 正常な記録のとれなかったもの。

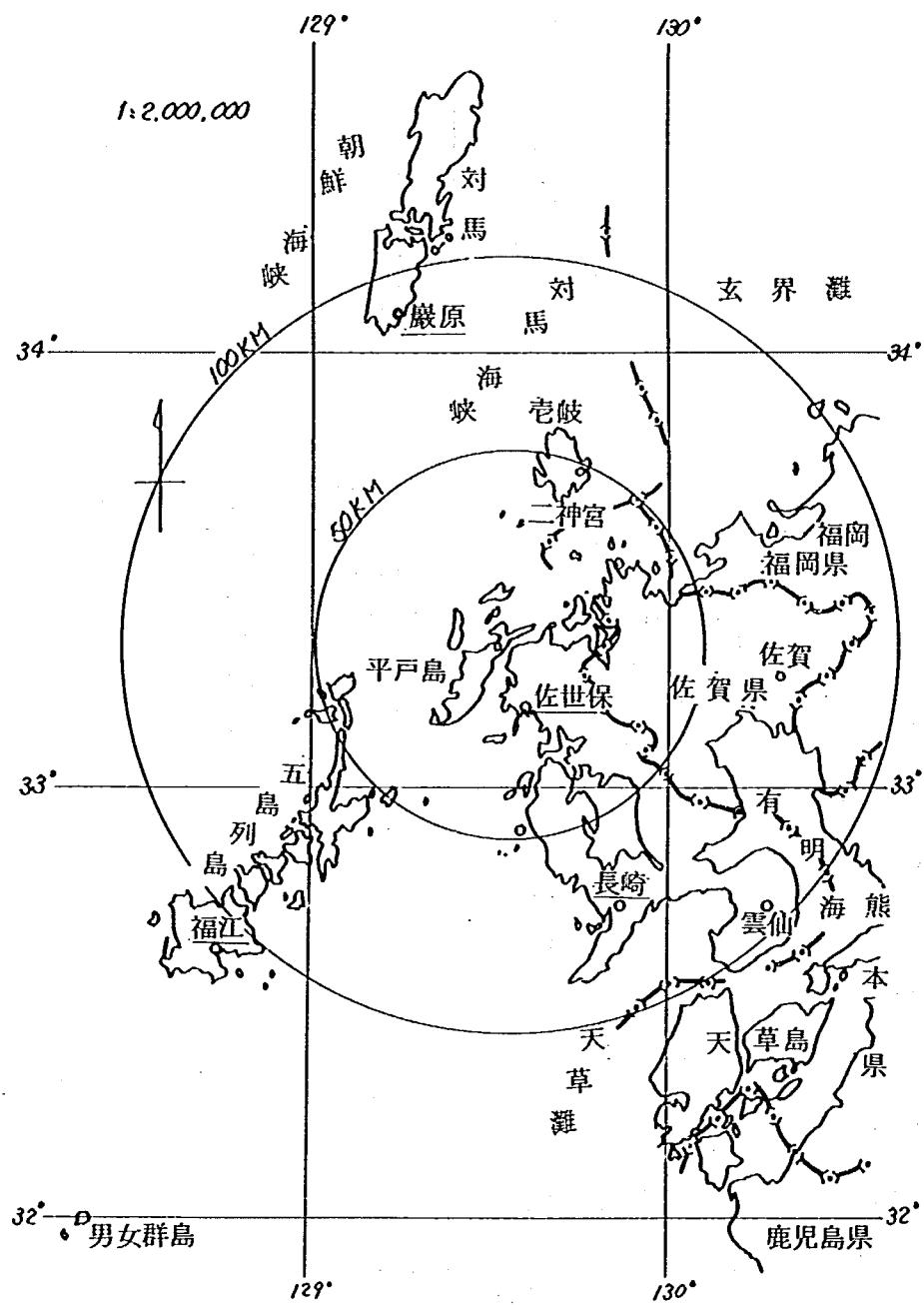


図-4-1 平戸大橋架設位置

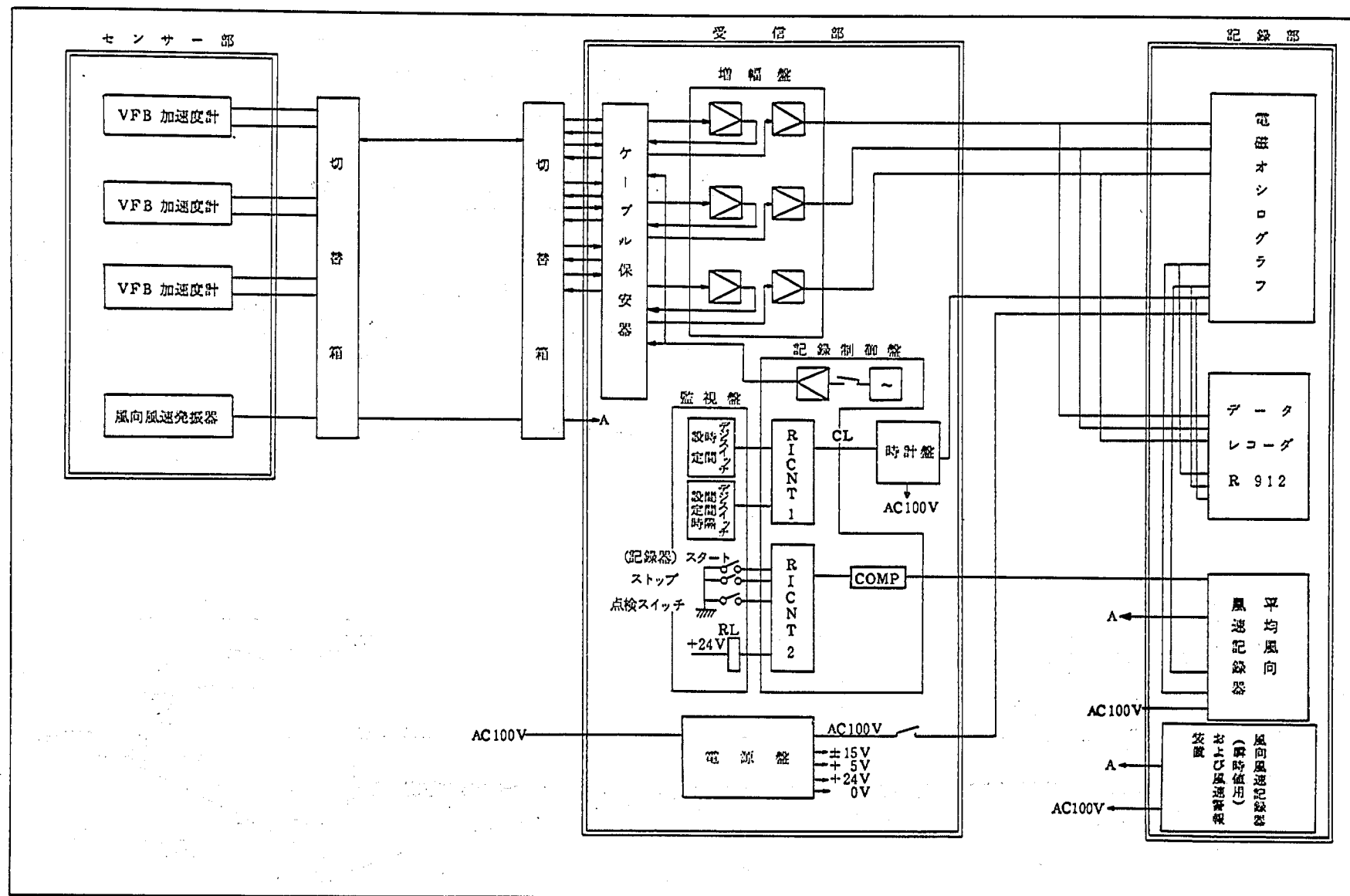


図 - 4 - 3 平戸大橋長期観測総合系統図

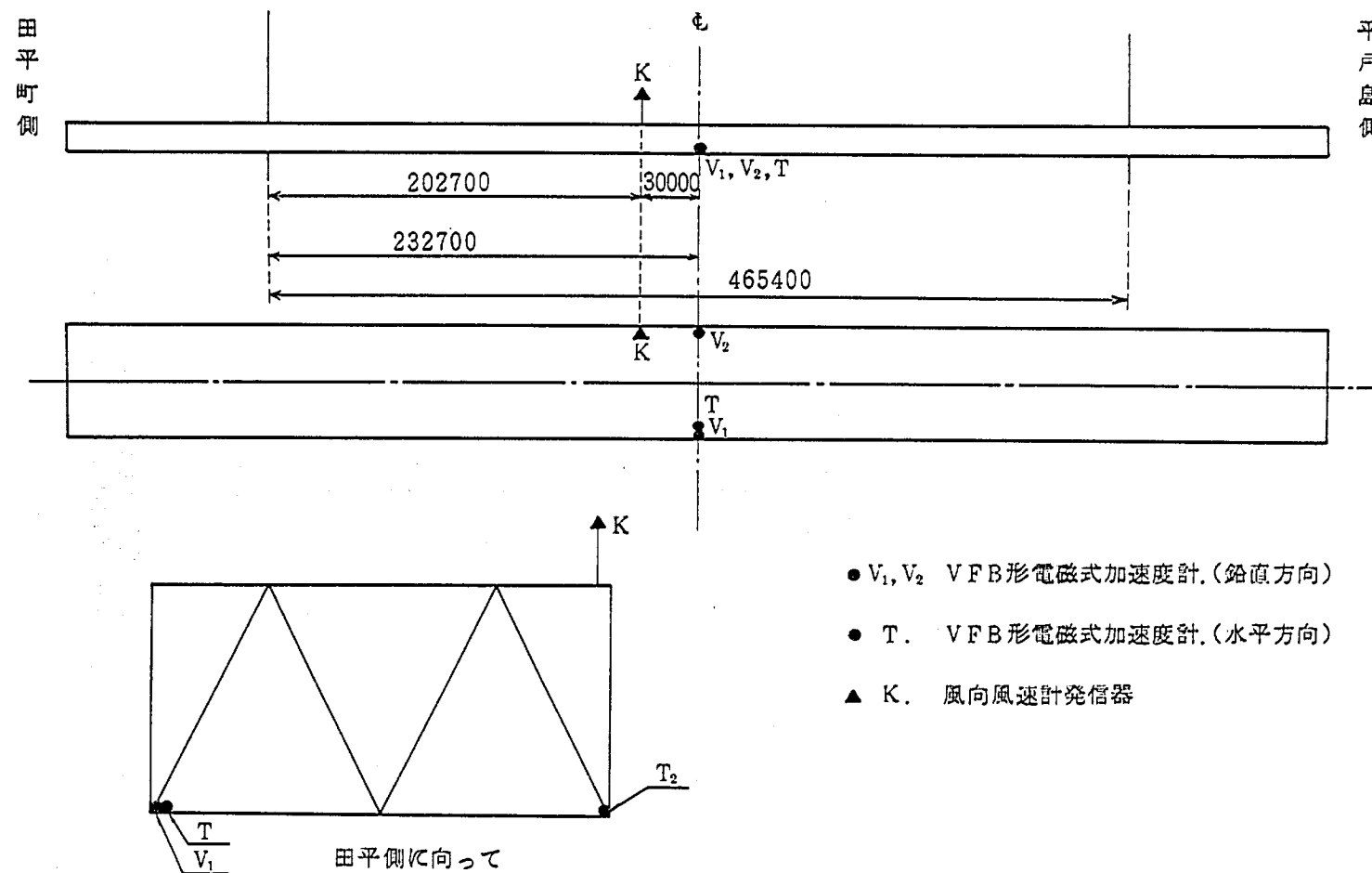
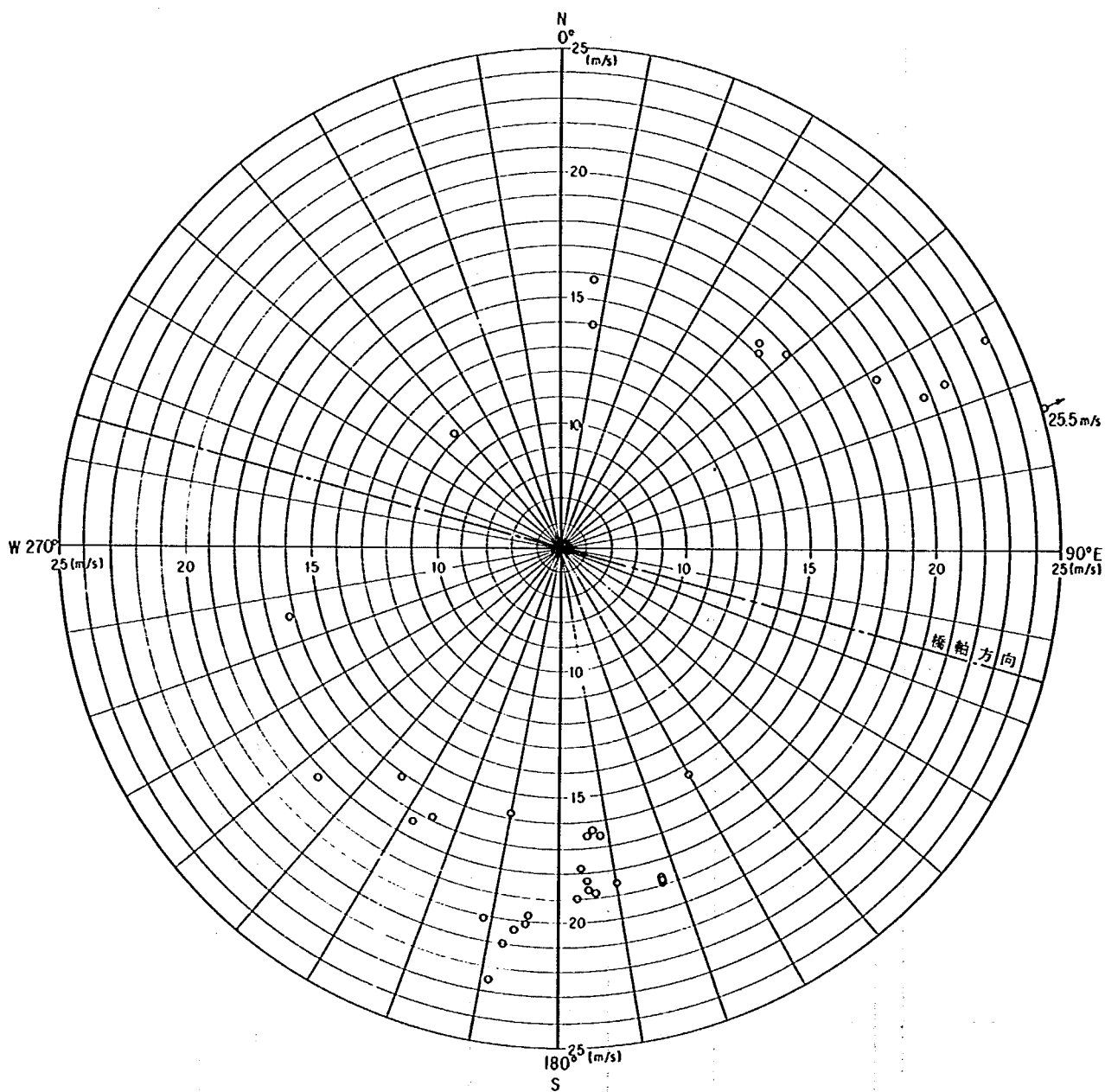


図-4-4 平戸大橋長期観測用計測器配置図



図—4—5—1 平均風速風向図（データレコーダより）
 （ただし、常識的な値から大きくはずれているものを除く）

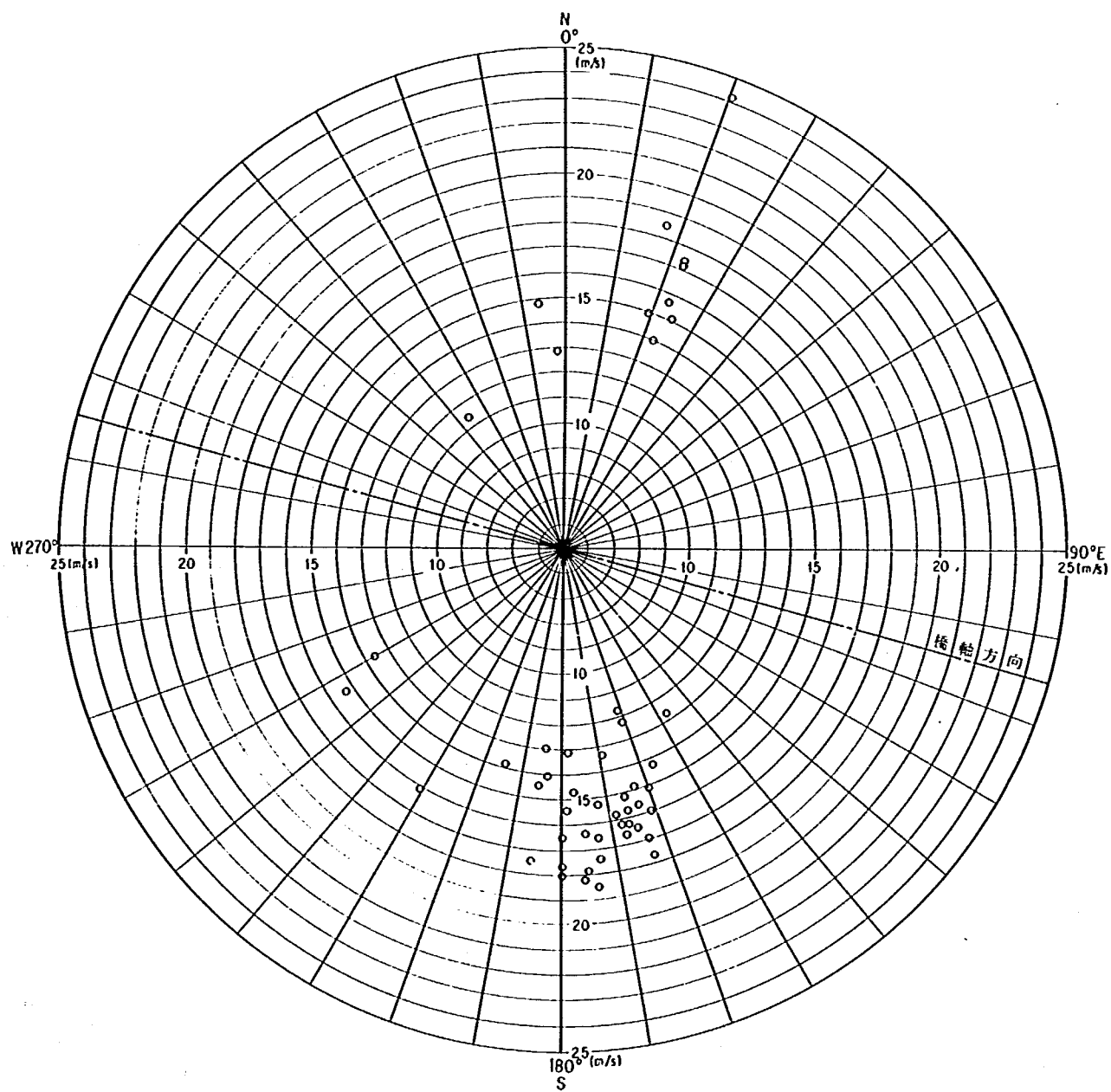


図-4-5-2 平均風速風向図 (風向風速記録器より)

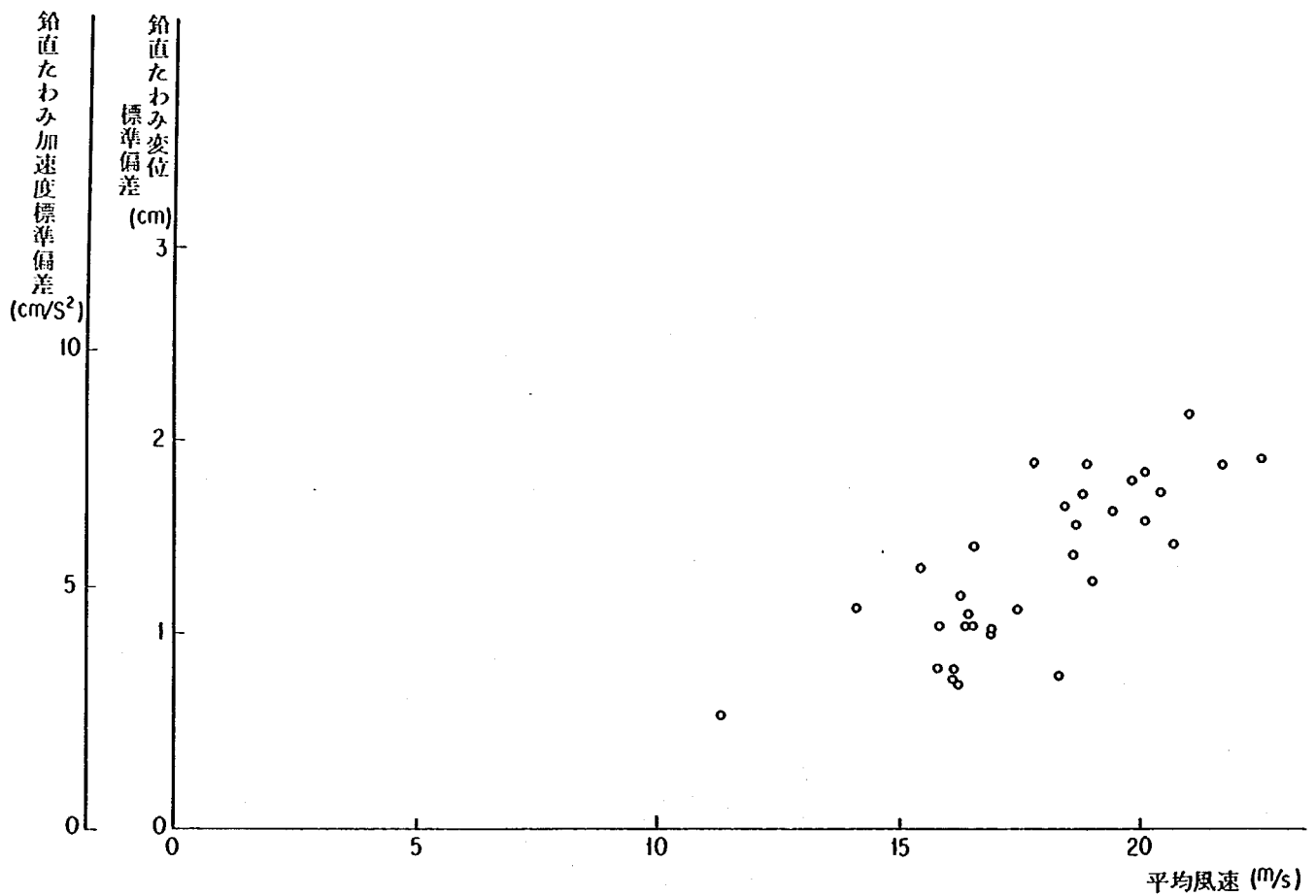


図-4-6-1 鉛直たわみ応答と平均風速 (平均風速はデータレコーダより)

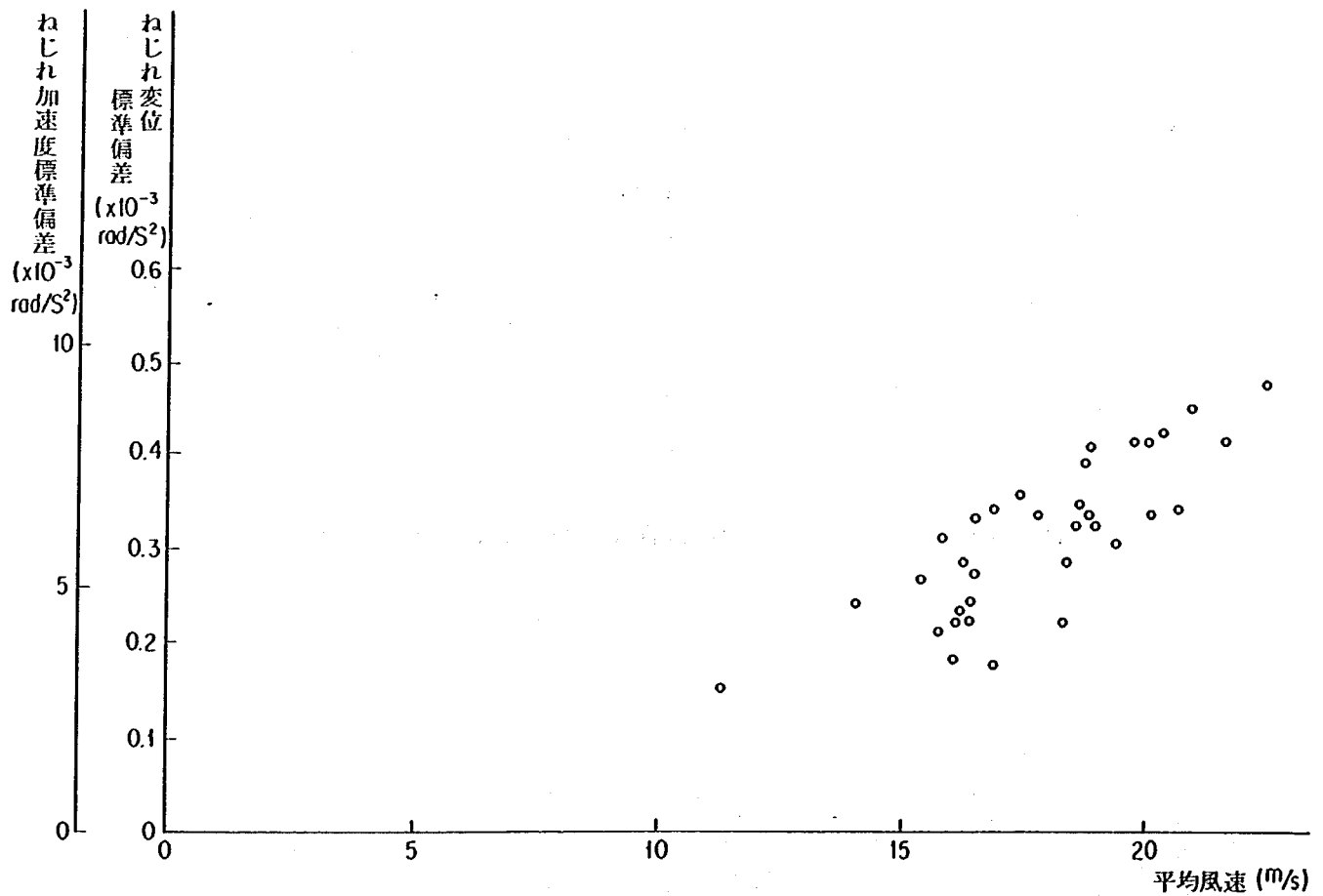


図-4-6-2 ねじれ応答と平均風速 (平均風速はデータレコーダより)

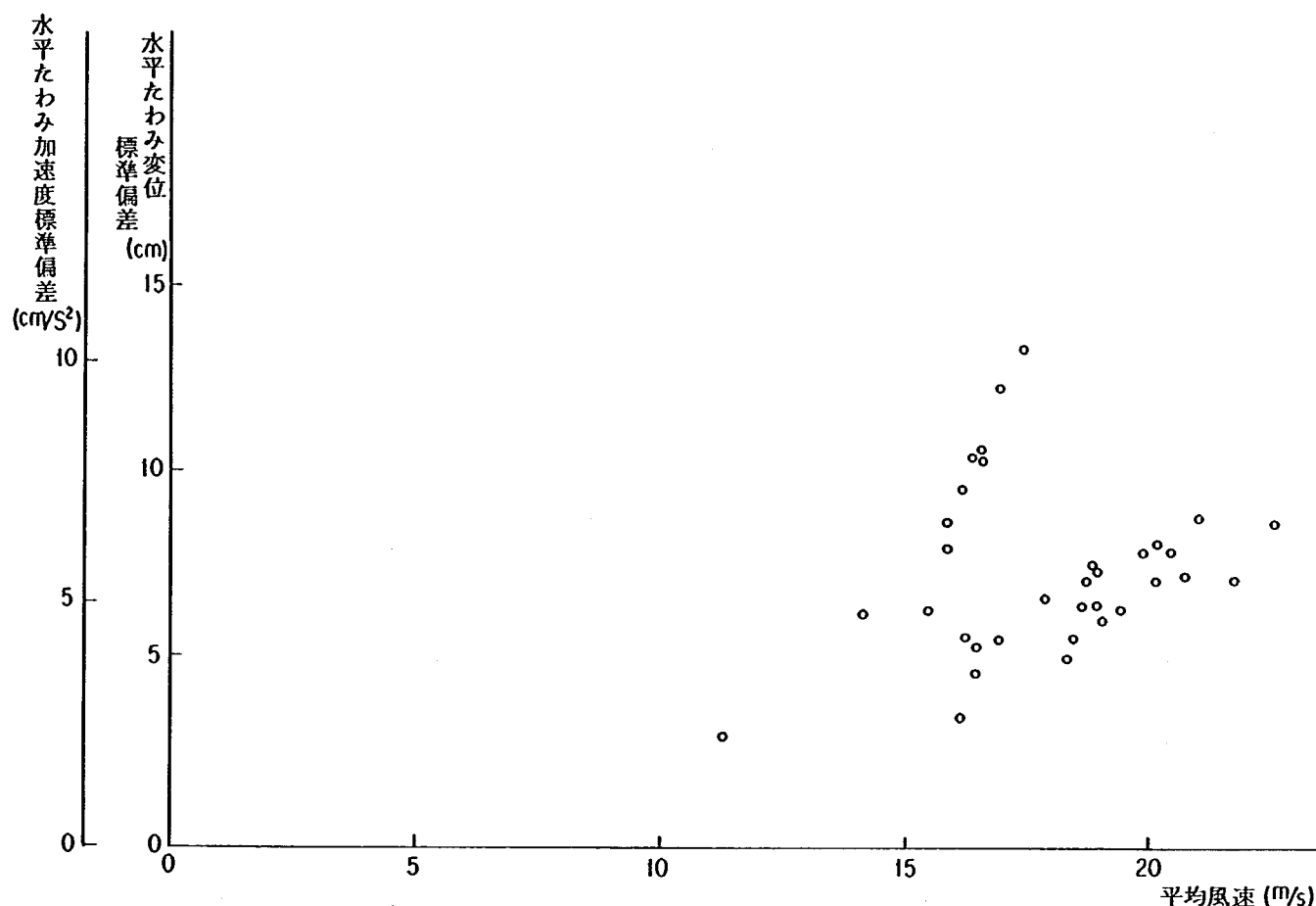


図-4-6-3 水平たわみ応答と平均風速 (平均風速はデータレコーダより)

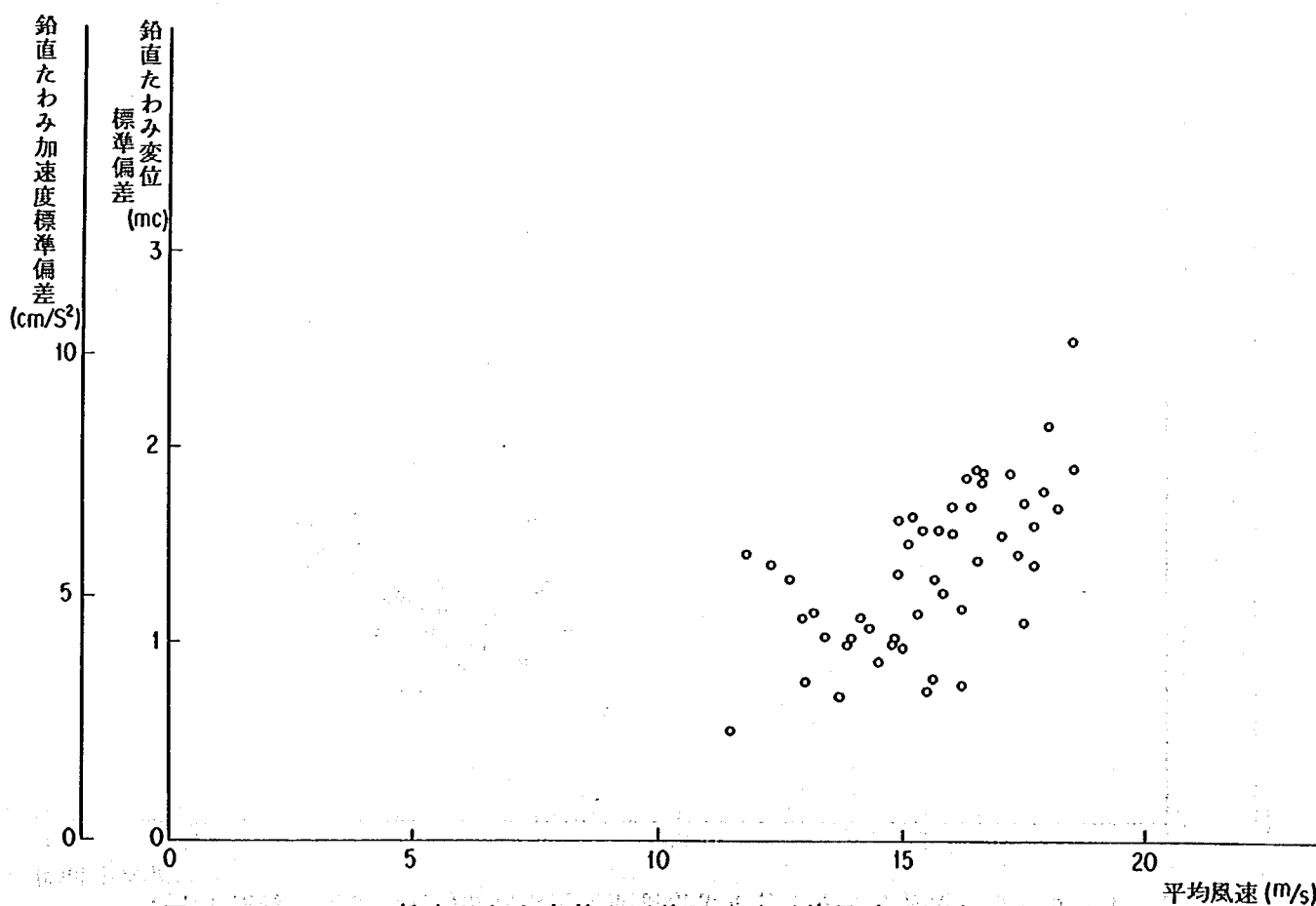


図-4-6-4 鉛直たわみ応答と平均風速 (平均風速は風向風速記録器より)

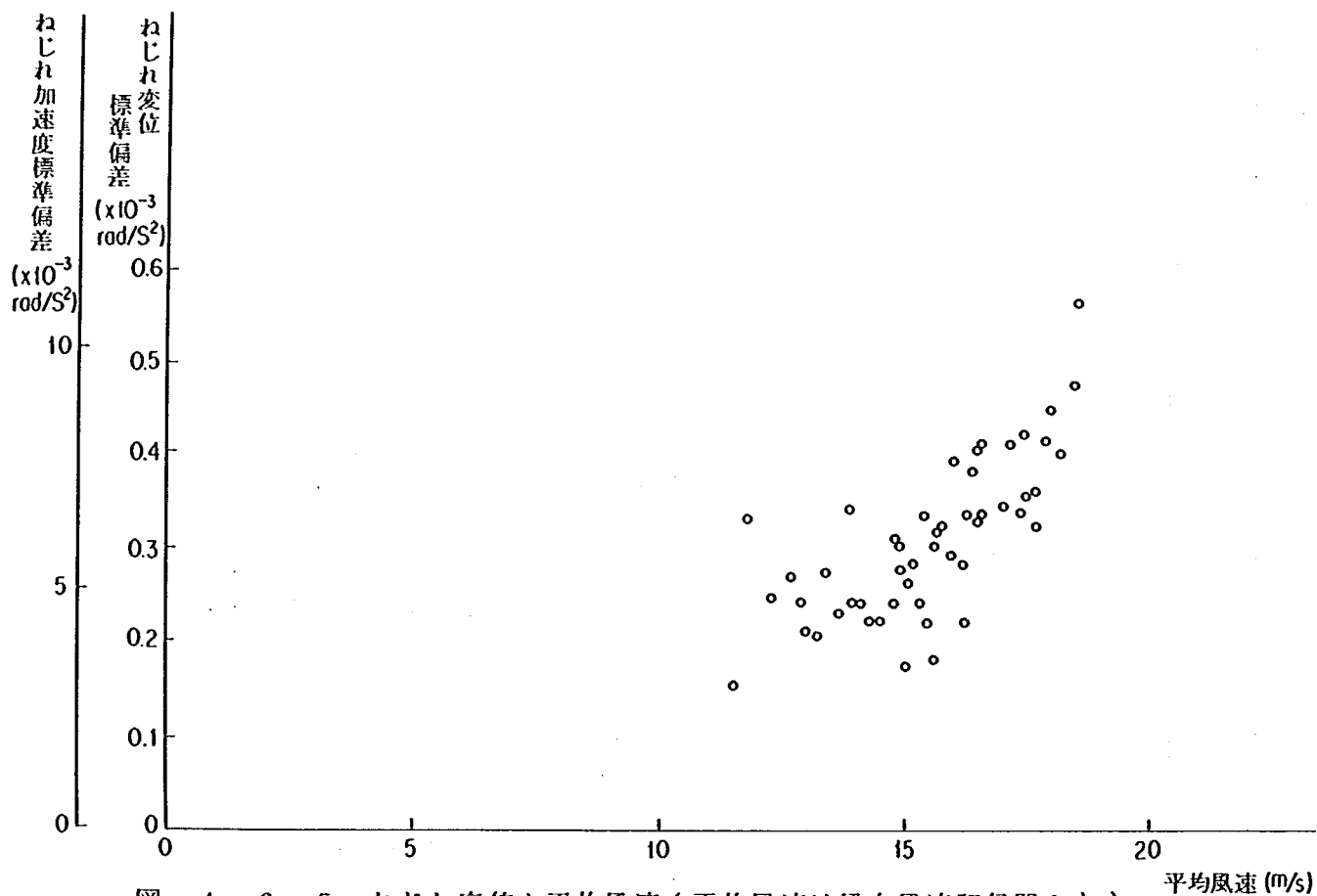


図-4-6-5 ねじれ応答と平均風速 (平均風速は風向風速記録器より)

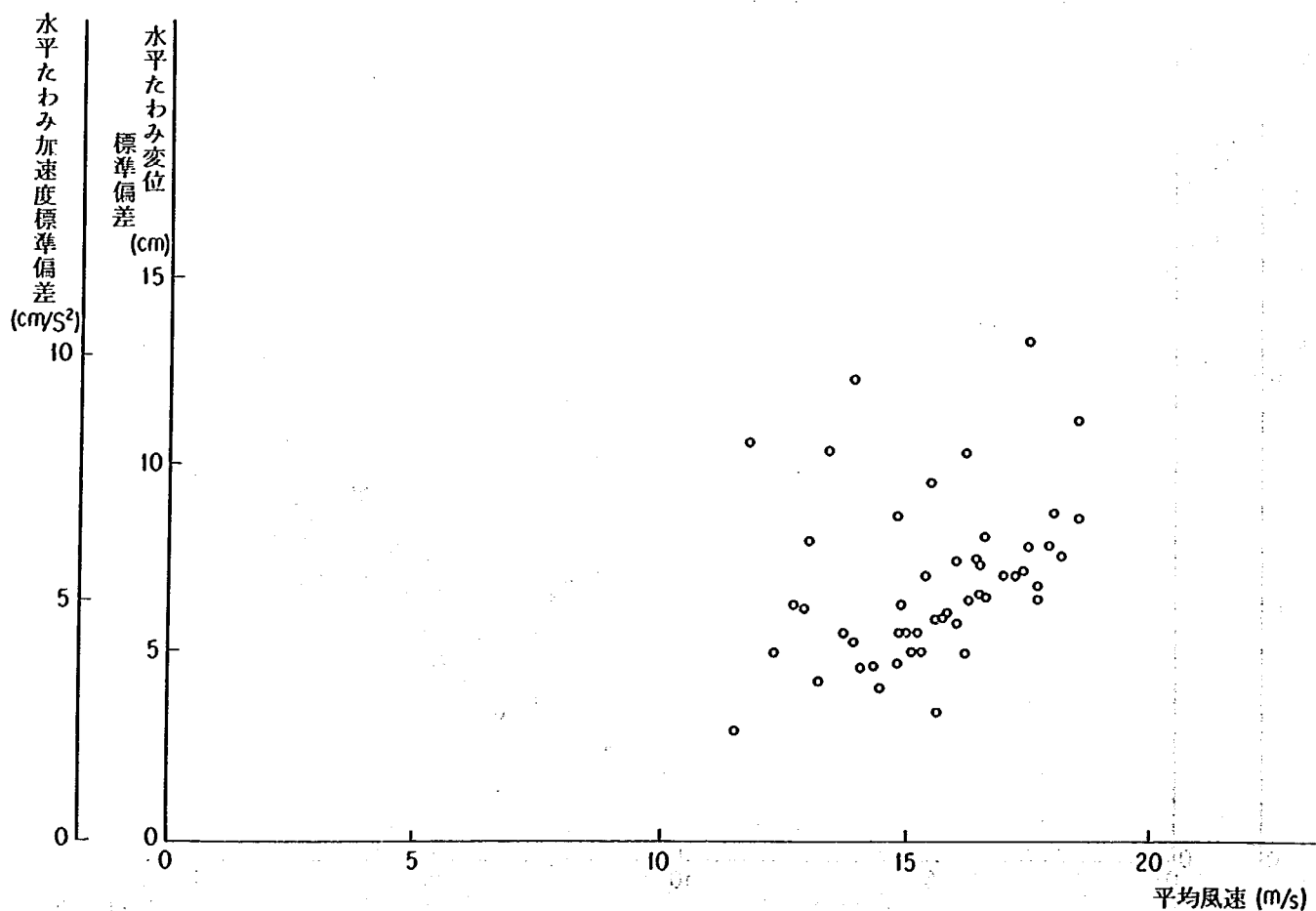


図-4-6-6 水平たわみ応答と平均風速 (平均風速は風向風速記録器より)

5. 末広大橋における自然風および対風応答の長期観測データ解析

5.1 まえがき

末広大橋は、一般国道 55 号の徳島市内部に対するバイパスの機能を有する徳島県営末広有料道路の一環として新町川河口部に架設された三径間連続鋼床版箱桁斜張橋である。その架設位置を図-5-1に、一般図などを図-5-2および図-5-3に、また本橋の固有振動数を表-5-1に示す。末広大橋に設置された長期観測システムについては昭和51年度の本橋に関する報告書¹⁾に詳細を述べてあるのでここでは観測機器の構成、総合系統図、計測器の配置をそれぞれ表-5-2、図-5-4および図-5-5に示すにとどめる。また解析方法および昨年度までの調査の内容については別の報告書¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾を参照されたい。

今年度は新たに収録されたデータを用いて、自然風およびそれに起因する橋桁の応答について、基礎的統計量の計算を行った。また、過去5ケ年間に得られたデータより鉛直たわみガスト応答の簡単な推定式の妥当性の検証を行った。

5.2 収録されたデータ

今年度は強風が吹いた時間が短かったため得られたテープは2巻にとどまった。なお、昭和56年10月8日の3ケースのデータは、観測機器のチェックのため設定風速をさげて収録したものである。

5.3 自然風の特徴および橋桁対風応答の特徴

今年度得られたデータの自然風の特徴および橋桁対風応答の特徴をまとめて表-5-3、表-5-4に示す。中央径間1/2点における鉛直たわみ振動変位の標準偏差は、平均風速15 m/s前後で0.5 cm程度であり前回までの解析結果とほぼ一致していた。

5.4 鉛直たわみガスト応答の簡単な推定式の検証

自然風中におかれた構造物は、風の乱れにより不規則な振動(ガスト応答)をするが、このガスト応答の大きさを推定するには、自然風と相似した乱流のもとで三次元模型を用いた風洞実験を実施するか、あるいは数値計算により推定する、といった方法がとられる。しかしながらいずれの方法も、相似条件を満足させるのが困難なこと、あるいは適切なパラメータを設定することが困難なことなどの問題があり、ガスト応答の推定手法は未だ確立されたとは言い難い状況である。

当研究室では設計初期の段階で鉛直たわみガスト応答の概略の大きさを推定するための、簡単な算定式(1)式を提案した。

$$\sigma_y (L/2) = \text{const} \cdot \frac{dC_F}{d\alpha} \cdot \sigma_w \cdot V \cdot B^{1/2} \cdot f_1^{-2} \cdot L^{-1/3} \cdot (mq)^{-1} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 σ : 標準偏差

η : 鉛直たわみ振動

L : 橋桁スパン長(m)

C_F : 構造軸に関する揚力係数

α : 迎 角

w : 鉛直方向風速 (m/s)

V : 水平方向の平均風速 (m/s)

B : 橋桁幅員(m)

f_1 : 鉛直たわみ振動の対称 1 次モードに対応する固有振動数 (Hz)

mq : 単位長さあたりの橋桁重量 (ton/m)

なお、(1)式は、対称 1 次モードが卓越するような鉛直たわみモードのガスト応答のスパン中央における変位の標準偏差を推定するものである。

今年度は、(1)式の妥当性を検証するために、本橋において昭和 55 年 11 月までに得られた 1079 ケースのデータを用いて、(1)式の const の値を計算した。

5.4.1 計算条件

const の値の計算に必要な各変数の値は、それぞれ次のようにして求めた。

$\sigma_y (L/2)$: 中央径間 1 / 2 점에設置した 2 台のサーボ型加速度計により得られた 2 つの鉛直方向加速度を平均して鉛直たわみ加速度を求め、この標準偏差を計算する。次に、鉛直たわみ振動を、対称 1 次の固有振動数をもつ単弦振動と仮定し、加速度の標準偏差より変位の標準偏差を求める。

$\frac{dC_F}{d\alpha}$: 中央径間 1 / 2 점에設置した超音波風速計より自然風の平均迎角を求め、一様気流中の風洞実験より得られた迎角と三分力係数の関数よりこの平均迎角における構造軸に関する揚力傾斜を求める。

σ_w : 中央径間 1 / 2 점에設置した超音波風速計より鉛直方向成分風速の標準偏差を求める。

V : 中央径間 1 / 2 점에設置した超音波風速計より水平方向成分風速の平均値 V を求める。なお V としては、橋軸直角方向の水平成分のみを用いたもの V_1 および橋軸方向水平成分と橋軸直角方向水平成分をベクトル合成して用いたもの V_2 の両者について const を計算した。

B : 18.5 m

f_1 : 0.472 Hz

L : 250 m

$mq : 9.261 \text{ ton/m}$

5.4.2 計算結果

計算結果を表-5-5に示す。同表中の θ は風の平均水平偏角であり、橋軸方向左岸側（方位角 4.2° ）を 0° とし時計まわりを正とした。constの値としては、橋軸直角方向水平成分の平均風速 V_1 より求めたconst 1および水平成分合成風速の平均風速 V_2 より求めたconst 2の両者を示した。

なお、使用したケースの $V_1 - \theta$ 、 $V_2 - \theta$ の関係を図-5-6～13に、風向別に計算したconst 1およびconst 2について図-5-14～19に示した。

5.4.3 結果の考察

表-5-5より明らかなように、constの値はconst 1、const 2とも若干のバラツキがある。このバラツキの状態を調べるために、1079ケースのconst 1およびconst 2についてその平均値および標準偏差を計算し、結果を表-5-6に示した。

また、自然風の風向を次のように3つに分け、対応する水平偏角のケースごとにそれぞれconst 1およびconst 2の平均値、標準偏差、最大、最小を求め、表-5-6にあわせて示した。

ほぼ橋軸方向の風向…………… $0^\circ < \theta < 30^\circ$ 、 $150^\circ < \theta < 210^\circ$ 、 $330^\circ < \theta < 360^\circ$

斜めの風向…………… $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ 、 $120^\circ \leq \theta \leq 150^\circ$ 、 $210^\circ \leq \theta \leq 240^\circ$
 $300^\circ \leq \theta \leq 330^\circ$

ほぼ橋軸直角方向の風向… $60^\circ < \theta < 120^\circ$ 、 $240^\circ < \theta < 300^\circ$

この結果によれば、橋軸直角方向水平成分平均風速 V_1 で評価したconst 1は、橋軸直角方向および斜め方向の風向に対して平均値が0.03前後であり、標準偏差も平均値の約 $1/4$ 、 $1/2$ であるが、橋軸方向の風向に対しては、標準偏差が平均値とほぼ同じであり、非常に変動が大きい。

一方、橋軸方向成分と橋軸直角方向成分の風速をベクトル合成した水平風速 V_2 で評価したconst 2は、橋軸方向の風向に対しての平均値、標準偏差は、その他の風向と比べ、ともに大きな値を示しているが、全体としての平均値は0.02程度であり、標準偏差は平均値の約 $1/2$ である。

5.5 まとめ

今年度実施した調査結果をとりまとめると以下のとおりである。

- (1) 今年度はテープ2巻分の強風データを収録したが、平均風速としては、いずれも 20 m/s 以下であった。
- (2) 過去5ケ年にわたり得られたデータを用い鉛直たわみガスト応答推定式の検証を実施した。その結果、耐風設計において重要な橋軸直角方向の風向については、定数の値を0.03とし

橋軸直角方向の平均風速を用いて本式を適用すれば、実用上十分な精度でガスト応答が推定できることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所構造研究室；末廣大橋長期観測データの解析報告書、土研資料第 1215 号、昭和 52 年 3 月
- 2) 建設省土木研究所構造研究室；末廣大橋長期観測データの解析報告書（Ⅱ－1977）、土研資料 1348 号、昭和 53 年 3 月
- 3) 建設省土木研究所構造研究室；末廣大橋長期観測データの解析報告書（Ⅲ－1978）、土研資料 1471 号、昭和 54 年 1 月
- 4) 建設省土木研究所構造研究室；耐風調査報告書（Ⅷ－1979）、土研資料 1561 号、昭和 55 年 3 月
- 5) 建設省土木研究所構造研究室；耐風調査報告書（Ⅸ－1980）、土研資料 1656 号、昭和 56 年 3 月

表 - 5 - 1 末広大橋固有振動数

振動モード	対称性	次数	計算値 (C/S) A	実測値 (C/S)		$\frac{B}{A}$
				B	C	
鉛直たわみ	対称	1	0.468	0.472	0.48	1.009
		2	1.116	1.069	1.09	0.958
		3	1.722	1.616	1.64	0.938
	逆対称	1	0.746	0.712	0.72	0.954
		2	1.334	1.264	1.27	0.948
		3	2.150	2.094	—	0.974
ねじれ	対称	1	1.537	1.446	1.46	0.941
		2	4.482	4.444	—	0.992
		3	6.983	6.712	—	0.961
	逆対称	1	3.020	2.888	2.91	0.956

注 B：起振機実験による実測値

C：風による応答スペクトルより求めた値

表 - 5 - 2 末広大橋長期観測システム構成表

品名	数量	備考
風向風速発信器	1	光進電機株式会社製 KE-111型
" 変換器	1	
" 記録器	1	
風速警報器	1	光進電機株式会社製
自動記録装置	1	"
超音波風速計発信器	1	海上電機株式会社製 PA-314-2型
" 変換器	1	
サーボ型加速度計発信器	4	株式会社 明石製作所製 V-401BR, AVN-24S
" 変換器	1	
データレコーダ	1	TEAC株式会社製 R-280
タイム・スタンプ	1	アマノ株式会社製

表-5-3 風の測定記録

RUN NO.	DATE	V (M/S)														θ (°)		α (°)			
		KE-111							PA-314-2							KE	PA				
		MIN	MEAN	MAX	乱れ強さ	G.F.	S.D.		MIN	MEAN	MAX	乱れ強さ	G.F.	S.D.				MAX	MEAN	MIN	S.D.
81-001	66D-02	56.10.8	14:30	1.29	5.53	10.62	0.27	1.92	1.51	3.22	7.45	12.08	0.20	1.73	1.53	172.7	187.1	25.4	0.5	-23.3	5.4
81-002	66D-03	56.10.8	14:45	0.73	4.40	8.91	0.28	2.02	1.23	2.76	6.14	11.11	0.19	1.81	1.20	180.8	184.1	23.2	-0.6	-23.0	5.2
81-003	66D-04	56.10.8	15:00	0.81	4.04	9.05	0.37	2.24	1.48	1.83	6.05	11.49	0.28	1.90	1.70	172.7	173.9	21.9	-0.2	-31.2	6.0
81-004	67-01	56.10.9	10:12	3.82	11.91	18.26	0.21	1.53	2.53	1.91	15.19	22.07	0.17	1.45	2.51	280.6	277.4	28.3	1.1	-28.9	5.6
81-005	67-02	56.10.9	11:04	4.35	12.44	20.63	0.20	1.66	2.53	6.69	16.80	25.09	0.15	1.49	2.54	290.9	284.8	27.0	0.8	-18.5	5.1
81-006	67-03	56.10.9	11:45	5.12	11.98	19.30	0.19	1.61	2.33	3.13	15.11	23.57	0.18	1.56	2.66	286.7	281.5	26.7	0.7	-18.6	5.1
81-007	67-04	56.10.9	12:01	4.45	10.33	17.28	0.21	1.67	2.13	6.92	13.81	20.90	0.18	1.51	2.49	288.7	280.6	29.4	1.5	-17.0	5.4
81-008	67-05	56.10.9	12:57	7.10	14.18	20.30	0.15	1.43	2.10	8.45	17.75	24.79	0.15	1.40	2.64	293.1	285.7	23.9	1.1	-15.8	5.0
81-009	67-06	56.10.22	22:20	3.32	13.71	21.42	0.19	1.56	2.61	4.15	16.92	26.73	0.18	1.58	2.99	297.6	292.0	31.7	1.6	-22.4	6.1
81-010	67-07	56.10.22	22:35	6.76	14.49	22.27	0.18	1.54	2.54	8.76	18.13	28.13	0.19	1.55	3.46	300.6	295.3	28.1	1.7	-23.4	5.7
81-011	67-08	56.10.22	22:52	5.64	12.05	18.64	0.16	1.55	1.89	4.72	15.82	23.62	0.13	1.49	2.13	307.5	300.7	20.8	1.1	-24.1	4.6
81-012	67-09	56.10.23	4:59	5.67	12.27	18.87	0.19	1.54	2.29	4.21	15.76	25.82	0.18	1.64	2.88	301.3	292.8	25.2	1.0	-23.3	5.2

記号 V : 風速 MIN : 最小値
 θ : 水平偏角 (真北が0°) MEAN : 平均値
 α : 迎角 (吹き上げが正) MAX : 最大値
KE-111 : プロベラ型風向風速計 G.F. : ガスト・ファクター
PA-314-2 : 超音波風速計 S.D. : 標準偏差

表-5-4 風および応答記録

RUN NO.	DATE	V (M/S)								ACC. (GAL)							
		$\langle A \rangle$		$\langle B \rangle$		$\langle N:0. \rangle$		$\langle UP: + \rangle$		S.D.				MAX.			
		V	U	U-SD	B/A	THEATA	ALPHA			A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
81-001	66D-02	56.10.8	14:30	7.45	-0.46	1.44	3.11	187.1	0.55	3.63	3.37	3.12	3.29	51.70	45.10	39.49	38.29
81-002	66D-03	56.10.8	14:45	6.14	-0.01	1.15	105.70	184.1	-0.62	3.52	2.81	2.51	2.63	35.89	22.68	17.17	14.60
81-003	66D-04	56.10.8	15:00	6.05	1.21	1.42	1.17	173.9	-0.22	3.14	2.81	2.23	2.78	52.80	40.74	21.15	50.66
81-004	67-01	56.10.9	10:12	15.19	-15.01	2.52	0.17	277.4	1.11	4.00	4.18	2.38	4.62	52.66	37.43	8.78	20.23
81-005	67-02	56.10.9	11:04	16.80	-16.34	2.49	0.15	284.8	0.84	4.47	4.75	5.24	5.71	52.36	30.95	35.85	37.33
81-006	67-03	56.10.9	11:45	15.11	-14.86	2.66	0.18	281.5	0.73	3.28	3.83	2.80	4.77	29.58	17.54	13.88	20.79
81-007	67-04	56.10.9	12:01	13.81	-13.57	2.44	0.18	280.6	1.49	2.42	2.82	2.16	3.50	14.48	13.57	11.01	14.08
81-008	67-05	56.10.9	12:57	17.75	-17.21	2.60	0.15	285.7	1.09	4.69	5.95	6.45	6.82	42.05	47.68	50.68	51.05
81-009	67-06	56.10.22	22:20	16.92	-15.89	2.98	0.19	292.0	1.55	4.58	4.72	5.38	5.79	52.06	46.23	22.21	35.95
81-010	67-07	56.10.22	22:35	18.13	-16.68	3.27	0.20	295.3	1.68	3.52	4.77	5.68	5.90	14.52	22.74	22.49	25.71
81-011	67-08	56.10.22	22:52	15.82	-13.98	1.86	0.13	300.7	1.08	2.05	2.57	3.49	3.66	8.58	9.55	15.13	14.04
81-012	67-09	56.10.23	4:59	15.76	-14.78	2.78	0.19	292.8	1.00	2.26	2.99	3.53	3.67	8.88	14.05	18.68	21.20

記号 V : 超音波風速計による10分間平均風速 S.D. : 各加速度計による加速度値の標準偏差
U : 橋軸直角方向の風速の平均値 MAX. : 各加速度計による加速度値の最大値
U-SD : 橋軸直角方向の風速の標準偏差 A1 : サイド・スパン/点
THEATA : 水平偏角 (真北を0°) A2 : メインスパン/点
ALPHA : 迎角 (吹き上げを正) A3 : メインスパン/点上流側
ACC : 加速度 A4 : メインスパン/点下流側

表-5-5 Const 1 および Const 2 の計算結果

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
76-001	6.66	-6.16	7.50	0.538	0.17	-1.52	231.8	0.0517	0.0425
76-002	6.66	1.78	7.79	0.766	0.28	-3.41	163.2	0.2058	0.0470
76-004	7.24	-7.45	7.81	0.903	0.21	-0.18	280.3	0.0300	0.0286
76-005	12.10	-9.92	13.46	1.083	0.29	-0.78	307.4	0.0262	0.0193
76-006	7.26	5.55	8.35	0.809	0.37	-1.71	133.8	0.0831	0.0552
76-007	6.71	4.62	8.12	0.830	0.28	-3.79	141.9	0.0744	0.0423
76-008	6.97	4.48	8.07	0.953	0.17	-1.77	141.5	0.0401	0.0223
76-009	6.50	3.55	7.25	0.861	0.14	-0.94	146.4	0.0445	0.0218
76-010	6.53	2.63	7.77	0.976	0.20	-1.86	154.0	0.0730	0.0266
76-011	6.46	2.17	7.37	0.779	0.22	-3.99	158.6	0.1326	0.0391
76-013	5.30	1.20	5.91	0.694	0.42	-3.60	164.4	0.5140	0.1044
76-014	7.47	-5.91	3.53	0.610	0.10	-0.95	311.1	0.0269	0.0187
76-015	4.57	2.47	5.41	0.639	0.21	-4.13	148.2	0.1356	0.0619
76-016	5.06	2.27	6.29	0.831	0.10	-3.28	155.3	0.0531	0.0192
76-017	7.88	-6.04	8.22	0.754	0.07	-0.18	275.2	0.0111	0.0109
76-018	7.13	-7.66	7.98	0.841	0.07	-0.68	279.4	0.0105	0.0101
76-019	7.55	-8.36	3.93	0.841	0.07	-1.17	285.1	0.0097	0.0090
76-020	7.13	-7.09	7.60	0.779	0.06	-1.07	285.8	0.0105	0.0098
76-021	7.44	-8.02	3.48	0.831	0.08	-0.56	282.8	0.0117	0.0110
76-022	7.28	-8.04	3.35	0.859	0.09	-1.35	278.9	0.0126	0.0122
76-023	5.76	-6.54	6.95	0.931	0.11	-0.75	282.4	0.0175	0.0165
76-024	7.75	-6.82	9.19	0.886	0.14	-0.19	280.3	0.0172	0.0165
76-025	7.90	-6.85	9.27	0.820	0.16	-0.51	280.7	0.0240	0.0230
76-026	7.19	-7.69	8.48	0.833	0.14	-0.68	268.9	0.0212	0.0192
76-027	7.71	4.67	3.35	0.766	0.27	-2.66	139.7	0.0725	0.0423
76-028	8.24	5.52	9.51	0.853	0.21	-2.33	139.9	0.0450	0.0261
76-029	7.66	5.32	3.19	0.739	0.34	-2.09	137.2	0.0924	0.0566
76-030	5.64	4.99	6.66	0.567	0.26	-0.98	125.9	0.0892	0.0668
76-031	5.39	5.64	8.86	0.913	0.19	-1.33	140.6	0.0401	0.0228
76-032	7.55	3.31	7.71	0.896	0.10	-1.76	149.1	0.0340	0.0146

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
76-033	7.66	6.66	8.82	0.711	0.24	-1.47	126.3	0.0492	0.0372
76-034	7.63	-5.40	7.99	0.736	0.14	-2.33	218.0	0.0355	0.0240
76-035	9.60	5.66	10.11	1.060	0.11	-1.66	139.9	0.0185	0.0103
76-036	6.99	3.53	7.77	0.958	0.07	-3.25	148.9	0.0207	0.0094
76-037	9.24	5.55	9.63	0.955	0.10	-1.51	140.0	0.0190	0.0110
76-038	8.45	5.93	9.06	0.845	0.10	-1.18	134.3	0.0194	0.0127
76-039	8.18	4.86	8.59	0.951	0.17	-2.83	140.2	0.0367	0.0209
76-040	7.92	5.12	8.86	0.887	0.30	-1.00	140.1	0.0641	0.0370
76-041	9.46	5.64	9.50	0.997	0.28	-1.47	138.6	0.0483	0.0287
76-042	6.70	3.65	7.40	0.642	0.11	-3.05	146.1	0.0359	0.0177
76-043	7.51	4.66	8.17	0.922	0.17	-2.06	140.2	0.0399	0.0227
76-044	7.64	4.19	8.14	0.990	0.09	-2.04	144.6	0.0219	0.0113
76-045	5.74	1.29	6.33	0.895	0.24	-4.03	162.6	0.2119	0.0432
76-046	4.51	2.18	5.38	0.736	0.10	-3.01	152.1	0.0625	0.0253
76-047	6.94	4.16	8.27	0.954	0.14	-1.99	145.3	0.0354	0.0179
76-048	7.30	4.70	7.59	0.756	0.16	-1.45	136.9	0.0437	0.0271
76-049	5.96	3.93	6.28	0.725	0.14	-2.62	136.5	0.0492	0.0308
76-050	8.28	7.78	8.32	0.660	0.11	-1.91	102.7	0.0216	0.0202
76-051	9.09	9.87	9.28	0.964	0.16	-2.29	76.4	0.0184	0.0180
76-052	9.84	10.02	10.11	0.978	0.24	-1.67	83.2	0.0247	0.0245
76-053	9.26	8.66	9.96	0.696	0.16	-1.35	121.4	0.0277	0.0224
76-054	10.48	8.54	11.84	1.041	0.20	-0.79	128.4	0.0218	0.0158
76-055	9.51	7.66	10.82	0.953	0.14	-1.32	130.2	0.0186	0.0132
76-056	5.42	5.75	9.44	0.946	0.11	-1.36	137.7	0.0196	0.0120
76-057	7.38	5.36	7.84	0.775	0.06	-2.51	131.3	0.0144	0.0099
76-058	9.16	5.79	9.89	0.940	0.11	-2.02	137.7	0.0204	0.0119
76-059	5.21	1.27	6.90	0.860	0.04	-1.52	164.7	0.0369	0.0068
76-060	5.13	2.66	5.44	1.034	0.04	-5.78	141.7	0.0134	0.0070
76-061	7.06	5.36	8.26	0.883	0.10	-1.22	129.8	0.0187	0.0133
76-062	7.77	6.46	8.84	0.774	0.10	-1.10	128.4	0.0194	0.0142

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
76-063	6.94	6.17	8.36	0.816	0.11	-1.40	127.8	0.0212	0.0157
76-064	8.56	6.53	9.35	0.958	0.12	-2.07	131.2	0.0193	0.0135
76-065	7.22	5.20	7.95	0.739	0.07	-3.32	134.4	0.0183	0.0119
76-066	7.85	6.65	9.00	0.737	0.09	-2.82	127.8	0.0184	0.0136
76-067	9.44	7.61	10.57	0.930	0.16	-0.97	129.3	0.0219	0.0158
76-068	9.37	6.69	9.83	0.948	0.17	-0.99	132.3	0.0260	0.0177
76-069	9.13	6.36	9.45	0.926	0.16	-1.05	132.7	0.0263	0.0177
76-070	9.27	6.87	9.64	0.940	0.14	-1.26	129.8	0.0210	0.0150
76-071	8.40	5.31	8.47	0.846	0.13	-1.75	136.2	0.0292	0.0183
76-072	8.89	5.73	8.96	0.958	0.19	-1.04	135.3	0.0336	0.0215
76-073	7.93	5.40	8.38	0.884	0.16	-1.86	135.0	0.0338	0.0218
76-074	8.40	6.28	9.12	0.848	0.14	-1.06	132.0	0.0255	0.0176
76-075	8.26	6.52	9.21	0.779	0.16	-1.48	130.3	0.0306	0.0216
76-076	7.64	5.07	8.16	0.824	0.22	-2.03	136.6	0.0531	0.0330
76-077	7.86	5.32	8.38	0.881	0.41	-1.41	135.6	0.0849	0.0539
76-078	8.25	5.55	8.79	0.838	0.12	-2.06	136.0	0.0260	0.0164
76-079	8.25	5.75	8.62	0.924	0.15	-1.50	133.0	0.0283	0.0190
76-080	7.50	6.70	8.64	0.741	0.18	-1.52	124.5	0.0365	0.0283
76-081	6.90	6.02	8.08	0.664	0.13	-2.15	126.8	0.0328	0.0244
76-082	7.37	6.53	8.53	0.725	0.11	-0.11	125.3	0.0223	0.0171
76-083	10.26	9.80	11.70	0.760	0.20	-0.22	118.7	0.0258	0.0216
76-084	10.23	9.35	10.93	0.757	0.24	0.04	115.9	0.0326	0.0279
76-085	10.92	9.90	11.62	0.812	0.21	-0.61	117.1	0.0254	0.0216
76-086	10.41	9.52	11.53	0.822	0.23	-0.79	119.8	0.0285	0.0236
76-087	10.21	9.16	11.30	0.816	0.19	-0.56	121.1	0.0246	0.0200
76-088	11.34	10.67	12.58	0.788	0.23	-0.43	117.4	0.0263	0.0223
76-089	10.17	9.11	11.25	0.784	0.24	-0.02	121.4	0.0323	0.0262
76-090	9.45	8.80	11.06	0.771	0.17	-0.92	122.7	0.0243	0.0194
76-091	9.38	8.93	10.81	0.743	0.17	-0.68	119.8	0.0249	0.0205
76-092	9.30	8.51	10.54	0.777	0.18	-1.03	121.6	0.0264	0.0213

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
76-093	8.34	7.52	9.65	0.780	0.22	-1.66	124.1	0.0378	0.0295
76-094	7.82	7.04	8.95	0.649	0.12	-1.51	123.6	0.0265	0.0208
76-095	9.06	8.59	10.21	0.667	0.20	-1.28	117.4	0.0339	0.0285
76-096	8.29	8.96	9.00	0.951	0.15	-2.01	120.3	0.0228	0.0177
76-097	8.81	8.02	9.11	0.659	0.15	-2.04	108.8	0.0286	0.0252
76-098	10.18	10.30	11.48	0.713	0.22	-0.96	110.7	0.0289	0.0261
76-099	8.54	8.53	9.28	0.531	0.11	-4.90	110.5	0.0252	0.0226
76-100	10.33	9.27	11.72	0.845	0.21	-1.41	123.1	0.0260	0.0206
76-101	9.23	8.28	10.99	0.887	0.17	-1.03	126.6	0.0225	0.0169
76-102	8.85	8.06	10.38	0.792	0.14	-1.32	124.4	0.0212	0.0165
76-103	9.64	8.51	11.42	0.929	0.17	-1.22	127.2	0.0209	0.0156
76-104	9.94	8.13	11.28	0.997	0.17	-1.15	129.2	0.0204	0.0147
76-105	10.69	8.85	12.06	1.044	0.21	-0.95	128.0	0.0221	0.0162
76-106	10.32	8.69	11.79	0.994	0.22	-0.77	127.9	0.0247	0.0182
76-107	11.00	9.04	12.30	1.116	0.24	-0.81	128.0	0.0231	0.0170
76-108	10.64	9.02	12.14	1.045	0.21	-0.94	127.4	0.0216	0.0161
76-109	11.46	10.16	13.31	1.092	0.25	-0.76	125.7	0.0219	0.0167
76-110	11.07	9.59	12.70	1.043	0.26	-0.87	126.3	0.0252	0.0191
76-111	11.95	11.09	13.98	0.999	0.37	-0.87	123.0	0.0324	0.0257
76-112	11.63	9.72	13.01	1.095	0.27	-0.90	127.0	0.0246	0.0184
76-113	11.95	11.13	14.65	0.947	0.30	-0.19	126.1	0.0274	0.0208
76-114	12.94	11.97	14.49	0.968	0.40	0.10	119.8	0.0332	0.0274
76-115	12.47	11.60	14.39	1.028	0.36	-0.18	121.8	0.0290	0.0234
76-116	13.65	12.65	15.60	1.039	0.40	-0.13	121.2	0.0293	0.0237
76-117	13.40	12.67	16.09	1.142	0.44	-0.31	122.3	0.0288	0.0230
76-118	15.30	12.55	16.29	1.295	0.55	-0.27	125.0	0.0325	0.0251
76-119	16.13	12.28	16.67	1.425	0.55	0.01	127.9	0.0302	0.0223
76-120	15.80	9.94	15.56	1.553	0.40	-0.67	135.2	0.0252	0.0161
76-121	14.60	11.39	16.09	1.466	0.54	-0.09	130.1	0.0311	0.0220
76-122	17.38	11.90	17.19	1.698	0.56	-0.05	131.2	0.0266	0.0184

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
76-123	17.14	11.07	17.83	1.811	0.55	-0.25	136.5	0.0264	0.0164
76-124	15.30	11.84	17.02	1.626	0.59	0.20	131.1	0.0295	0.0205
76-125	14.98	11.20	16.79	1.704	0.52	-0.29	133.3	0.0262	0.0175
76-126	15.85	13.08	17.61	1.535	0.60	0.0	127.5	0.0287	0.0213
76-127	17.64	14.61	19.00	1.592	0.69	-0.25	124.9	0.0285	0.0219
76-128	15.91	11.57	16.43	1.638	0.55	0.18	130.5	0.0279	0.0196
76-129	17.04	10.01	18.07	2.009	0.57	-0.49	141.7	0.0273	0.0151
76-130	15.85	8.61	15.24	1.877	0.44	0.63	140.1	0.0277	0.0156
76-131	12.64	5.96	13.78	2.012	0.31	-1.05	150.6	0.0251	0.0109
76-132	13.36	7.17	14.20	1.631	0.61	-0.52	145.6	0.0506	0.0256
76-133	14.36	8.32	14.10	1.379	0.30	-0.92	139.1	0.0254	0.0150
76-134	15.59	8.60	16.78	1.986	0.44	-0.63	144.3	0.0250	0.0128
76-135	15.44	9.33	17.19	1.802	0.44	-0.73	142.8	0.0254	0.0138
76-136	13.73	6.91	14.70	1.784	0.32	-0.28	147.3	0.0250	0.0117
76-137	14.81	7.65	16.24	1.814	0.35	-1.71	147.6	0.0254	0.0120
76-138	13.70	7.20	14.97	1.613	0.29	-1.84	146.3	0.0252	0.0121
76-139	16.56	9.37	18.04	1.963	0.50	-0.87	143.9	0.0264	0.0137
76-140	15.88	8.98	17.22	1.766	0.48	-0.60	144.1	0.0294	0.0153
76-141	14.85	8.22	15.17	1.788	0.38	-0.43	142.2	0.0249	0.0135
76-142	12.80	5.51	12.77	1.718	0.22	-1.09	150.0	0.0226	0.0097
76-143	8.03	4.33	8.56	1.160	0.09	-1.57	145.2	0.0181	0.0091
76-144	9.66	3.36	9.55	1.312	0.15	-2.00	154.8	0.0343	0.0121
76-145	8.58	3.63	8.89	1.286	0.11	-1.35	150.0	0.0217	0.0093
76-146	9.77	2.29	8.59	1.781	0.11	0.03	161.9	0.0259	0.0069
76-147	11.78	-7.81	12.86	1.065	0.14	-1.31	318.0	0.0163	0.0099
76-148	10.56	-8.07	11.64	0.938	0.10	-0.34	311.3	0.0127	0.0088
76-149	8.76	-4.86	9.44	0.886	0.22	-2.69	324.9	0.0512	0.0264
76-150	5.63	2.75	8.77	0.635	0.18	-6.41	13.7	0.1018	0.0319
76-151	7.34	1.96	7.53	0.639	0.12	-4.24	10.5	0.0976	0.0254
76-152	8.26	-6.34	9.03	0.703	0.30	-1.85	310.5	0.0678	0.0476

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
76-153	6.53	-4.14	7.28	0.589	0.09	-3.22	320.3	0.0370	0.0210
76-154	5.98	-4.99	6.51	0.632	0.20	-2.28	304.6	0.0639	0.0490
76-155	6.03	-8.45	9.47	0.953	0.41	-1.25	291.2	0.0494	0.0441
76-156	8.51	-8.13	8.61	0.982	0.26	2.04	281.6	0.0351	0.0332
76-157	9.48	-9.70	10.60	0.935	0.34	-0.68	287.9	0.0364	0.0333
76-158	9.22	-9.28	10.26	1.103	0.26	-0.21	289.8	0.0244	0.0221
76-159	6.92	-6.93	7.94	0.761	0.24	-1.08	293.9	0.0442	0.0386
76-160	6.84	-7.49	8.21	0.813	0.11	-0.61	288.5	0.0175	0.0160
76-161	6.93	-7.22	7.89	0.826	0.09	-0.71	288.3	0.0146	0.0134
76-162	8.36	-8.50	9.26	0.873	0.12	-0.57	288.1	0.0157	0.0144
76-163	3.87	-5.03	7.39	0.724	0.27	-4.52	312.6	0.0751	0.0511
76-164	7.75	-7.68	8.74	0.843	0.13	-0.46	293.0	0.0193	0.0170
76-165	7.23	-7.12	8.43	0.772	0.17	-0.38	297.5	0.0297	0.0251
76-166	7.42	-7.75	9.43	0.833	0.18	-1.61	299.8	0.0281	0.0231
76-167	8.29	-4.66	8.73	0.774	0.17	-2.11	322.8	0.0475	0.0254
76-168	9.76	-5.84	10.31	0.839	0.26	-2.24	321.0	0.0535	0.0303
76-169	8.16	-4.94	9.13	0.799	0.29	-1.88	323.3	0.0741	0.0401
76-170	8.73	-4.77	9.53	0.713	0.28	-3.02	325.7	0.0825	0.0413
76-171	8.68	-4.31	9.44	0.777	0.38	-3.28	329.0	0.1137	0.0519
76-172	9.35	-5.95	10.16	0.797	0.27	-2.30	320.1	0.0574	0.0336
76-173	9.65	-4.59	10.82	0.779	0.20	-3.70	331.0	0.0570	0.0242
76-174	10.23	-6.66	11.13	0.893	0.21	-1.43	319.3	0.0343	0.0205
76-175	8.75	-4.84	9.69	0.802	0.23	-2.65	325.7	0.0594	0.0297
76-176	8.29	-2.23	8.78	0.746	0.36	-4.31	340.8	0.2205	0.0560
76-177	8.40	-1.35	8.89	0.870	0.59	-5.32	347.8	0.5089	0.0773
76-178	7.31	-1.31	7.74	0.805	0.34	-5.93	347.0	0.3184	0.0539
76-179	8.49	-2.55	9.66	0.709	0.39	-4.19	340.5	0.2198	0.0580
76-180	6.64	-2.48	7.36	0.847	0.23	-4.52	336.0	0.1109	0.0374
76-181	7.28	6.67	7.49	0.904	0.17	-1.22	59.6	0.0274	0.0244
76-182	7.98	-6.01	8.95	0.667	0.15	-1.29	313.2	0.0363	0.0244

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
76-183	7.91	-6.06	9.09	0.671	0.13	-2.08	313.7	0.0322	0.0215
76-184	7.54	-6.44	9.15	0.641	0.15	-2.44	310.4	0.0366	0.0258
76-185	7.89	-5.44	8.95	0.714	0.12	-1.39	317.1	0.0300	0.0182
76-186	7.63	-6.65	8.50	0.675	0.15	-1.30	303.9	0.0324	0.0254
76-187	7.10	-2.91	7.66	0.793	0.06	-3.89	333.8	0.0265	0.0101
76-188	7.91	-3.80	8.90	0.827	0.08	-3.45	330.6	0.0255	0.0109
76-189	8.68	-4.37	9.64	0.849	0.07	-2.66	328.5	0.0189	0.0086
76-190	7.99	-4.28	8.91	0.732	0.06	-3.35	327.1	0.0192	0.0092
76-191	7.70	-5.10	9.14	0.787	0.07	-2.99	321.5	0.0175	0.0098
76-192	7.11	-7.19	7.94	0.696	0.13	0.20	289.8	0.0250	0.0226
76-193	7.32	-4.10	8.31	0.649	0.24	-3.93	325.8	0.0919	0.0454
76-194	8.73	-6.19	10.10	0.715	0.15	-1.86	318.0	0.0342	0.0209
76-195	8.11	-5.62	9.37	0.733	0.18	-1.80	317.9	0.0440	0.0264
76-196	8.10	-6.69	9.08	0.769	0.21	-0.62	307.4	0.0396	0.0292
76-197	8.15	-5.95	9.29	0.791	0.27	-1.87	315.9	0.0578	0.0370
76-198	11.31	10.72	12.31	0.725	0.25	-1.02	114.8	0.0312	0.0272
76-199	13.94	13.57	14.77	0.626	0.40	-0.36	108.7	0.0453	0.0416
76-200	13.30	13.11	13.95	0.670	0.39	-0.36	105.4	0.0427	0.0401
76-201	12.75	12.46	13.01	0.772	0.35	-0.45	101.8	0.0350	0.0335
76-202	11.85	11.67	11.82	1.073	0.34	-0.98	89.9	0.0264	0.0260
76-203	11.02	10.55	10.69	1.106	0.30	-1.19	91.8	0.0250	0.0246
76-204	13.43	13.15	13.64	0.978	0.41	-0.54	99.8	0.0309	0.0298
76-205	13.79	14.00	15.10	0.813	0.33	0.05	106.9	0.0279	0.0258
76-206	10.69	9.62	12.61	1.010	0.40	-1.12	125.4	0.0400	0.0305
76-207	10.56	8.96	11.91	1.016	0.28	-0.45	126.4	0.0296	0.0222
76-208	7.36	6.09	9.21	1.386	1.46	-1.06	129.9	0.1679	0.1110
76-209	10.61	6.79	11.26	1.056	0.20	-1.06	138.0	0.0271	0.0163
76-210	8.96	5.20	10.22	1.059	0.22	-1.77	144.5	0.0403	0.0205
76-211	8.40	5.96	9.39	0.882	0.32	-1.59	135.3	0.0612	0.0389
76-212	6.10	3.49	6.90	1.417	0.10	0.01	145.7	0.0194	0.0098

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
76-213	7.27	-7.47	8.09	0.820	0.19	-0.08	284.2	0.0298	0.0275
76-214	7.04	-7.37	8.20	0.853	0.31	-1.11	290.5	0.0479	0.0430
76-215	8.36	-8.81	9.45	1.049	0.18	0.17	284.5	0.0187	0.0175
76-216	7.75	-8.50	9.05	0.967	0.20	-0.29	283.8	0.0234	0.0220
76-217	7.30	-7.77	8.14	0.769	0.12	-0.55	280.9	0.0195	0.0186
76-218	5.90	-6.65	7.58	0.907	0.25	-0.38	291.0	0.0399	0.0350
76-219	9.42	-9.61	10.68	1.253	0.27	-0.65	289.2	0.0218	0.0196
76-220	11.23	-12.38	13.30	1.300	0.40	0.40	284.7	0.0239	0.0222
76-221	10.77	-10.78	11.33	1.357	0.41	0.51	280.2	0.0285	0.0271
76-222	12.89	-13.37	14.00	1.455	0.44	1.53	279.6	0.0244	0.0233
76-223	12.92	-13.64	14.29	1.442	0.54	0.28	280.2	0.0264	0.0252
76-224	12.54	-13.00	13.77	1.172	0.43	-0.56	283.4	0.0274	0.0259
76-225	10.71	-11.44	12.36	1.141	0.35	0.24	286.8	0.0258	0.0239
76-226	7.57	-8.69	9.38	1.090	0.25	-0.35	286.3	0.0254	0.0235
76-227	6.41	-8.46	8.66	0.981	0.20	-0.66	269.4	0.0233	0.0229
76-228	6.07	-9.09	9.37	1.048	0.26	-0.79	267.3	0.0265	0.0257
76-229	9.14	-9.26	9.43	1.073	0.28	-1.26	261.1	0.0274	0.0269
76-230	8.82	-10.02	10.33	1.122	0.34	-0.24	272.3	0.0291	0.0282
76-231	7.07	-8.01	8.36	0.896	0.22	-0.93	278.4	0.0298	0.0285
76-232	7.71	-8.99	9.33	1.074	0.26	-1.21	276.9	0.0261	0.0252
76-233	7.53	-7.93	8.12	0.971	0.23	-1.25	273.8	0.0290	0.0283
76-234	7.08	-8.34	8.64	0.987	0.27	-1.08	272.8	0.0318	0.0307
76-235	8.03	-8.97	9.31	0.909	0.23	-0.46	277.2	0.0271	0.0261
76-236	6.68	-7.63	7.89	0.868	0.15	-0.10	275.7	0.0218	0.0211
76-237	7.14	-6.79	8.35	0.803	0.26	-4.17	299.4	0.0486	0.0395
76-238	7.78	-7.12	9.34	0.841	0.28	-3.25	304.8	0.0469	0.0357
76-239	8.27	-7.43	10.11	0.876	0.31	-2.26	307.7	0.0480	0.0353
76-240	7.18	-6.61	8.14	1.038	0.17	0.52	297.7	0.0244	0.0205
76-241	8.18	-7.88	10.36	0.961	0.20	-2.53	305.4	0.0265	0.0201
76-242	8.35	-7.51	10.05	0.823	0.39	-2.70	307.0	0.0632	0.0473

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
76-243	7.79	-7.11	9.35	0.865	0.15	-2.03	305.5	0.0246	0.0187
76-244	8.21	-8.93	9.47	1.049	0.39	-0.19	282.5	0.0400	0.0377
76-245	8.82	-8.59	10.21	0.952	0.26	-0.38	296.2	0.0306	0.0257
76-246	10.36	-5.41	11.59	0.865	0.16	-3.01	327.7	0.0343	0.0160
76-247	10.37	-7.74	11.60	0.917	0.18	-0.88	313.6	0.0246	0.0164
76-248	11.33	-9.49	12.85	0.812	0.23	-0.69	307.9	0.0290	0.0214
76-249	11.61	-10.07	13.76	0.747	0.31	-0.62	308.5	0.0400	0.0293
76-250	11.73	-9.52	13.28	0.778	0.23	-0.76	309.8	0.0301	0.0216
76-251	10.13	-8.45	11.83	0.763	0.30	-0.40	309.9	0.0447	0.0320
76-252	7.93	-7.71	9.73	0.814	0.30	-1.38	302.7	0.0464	0.0368
76-253	8.50	-8.70	9.94	0.852	0.22	-1.27	293.4	0.0288	0.0252
76-254	7.61	-6.35	8.66	0.879	0.12	-1.00	306.3	0.0209	0.0150
76-255	8.24	-7.32	9.80	0.922	0.16	0.05	306.6	0.0228	0.0170
76-256	9.37	-8.84	11.23	1.037	0.20	-0.92	302.8	0.0212	0.0167
76-257	8.92	-9.56	11.15	0.984	0.22	-1.07	295.5	0.0227	0.0195
76-258	9.28	-10.17	11.49	1.191	0.22	-0.44	292.0	0.0175	0.0155
76-259	10.55	-11.30	13.03	1.069	0.24	-0.60	294.8	0.0193	0.0167
76-260	7.31	-7.98	8.90	0.978	0.19	-0.98	290.4	0.0236	0.0212
76-261	8.08	-7.63	9.37	0.939	0.19	0.47	300.3	0.0255	0.0208
76-262	9.80	-10.50	11.79	0.993	0.31	-1.13	292.2	0.0289	0.0257
76-263	8.68	-8.81	10.03	1.006	0.17	-1.24	293.4	0.0186	0.0163
76-264	8.59	-9.56	10.74	0.981	0.21	-1.14	292.1	0.0217	0.0193
76-265	8.62	-9.61	10.71	0.901	0.20	-1.67	290.3	0.0233	0.0209
76-266	7.61	-8.12	9.30	0.983	0.23	-1.83	294.1	0.0290	0.0254
77-001	6.24	-1.01	6.50	0.818	0.35	-7.02	347.5	0.3585	0.0557
77-003	7.22	-1.38	7.44	0.856	0.24	-5.70	345.9	0.2006	0.0372
77-004	7.30	-1.00	7.77	0.806	0.24	-4.96	343.2	0.1676	0.0388
77-005	6.70	-1.75	6.83	0.708	0.31	-4.53	341.6	0.2535	0.0649
77-006	5.93	-0.54	6.14	0.711	0.26	-7.67	349.9	0.5030	0.0442
77-011	5.59	-1.10	6.05	0.684	0.43	-7.29	346.4	0.4836	0.0879

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-012	5.70	-0.72	5.95	0.671	0.12	-8.02	349.1	0.1845	0.0223
77-013	7.12	-1.16	7.40	0.793	0.19	-6.04	347.6	0.2040	0.0320
77-014	7.78	-1.05	7.79	0.813	0.31	-6.30	346.5	0.3586	0.0483
77-028	7.10	-2.37	7.80	0.763	0.13	-4.72	337.7	0.0728	0.0221
77-030	7.91	-0.93	8.19	0.845	0.14	-6.18	349.7	0.1759	0.0200
77-031	7.37	-3.56	8.67	0.806	0.11	-4.10	331.4	0.0391	0.0160
77-032	7.79	-1.14	8.06	0.851	0.23	-6.28	348.3	0.2341	0.0330
77-033	6.94	-0.66	7.26	0.798	0.37	-6.49	349.8	0.5324	0.0631
77-034	8.47	-1.26	8.52	0.841	0.08	-6.06	348.0	0.0746	0.0110
77-036	6.46	-1.07	6.91	0.696	0.17	-6.33	347.6	0.2254	0.0349
77-042	5.77	-1.49	6.19	0.593	0.15	-8.15	341.6	0.1261	0.0304
77-043	5.62	3.46	6.57	0.922	0.18	-2.85	142.8	0.0566	0.0298
77-044	5.66	3.63	6.80	0.881	0.21	-3.22	142.9	0.0658	0.0351
77-045	5.30	2.46	5.98	0.786	0.12	-3.86	150.6	0.0631	0.0260
77-046	6.56	3.69	7.11	0.644	0.28	-3.86	143.4	0.1201	0.0623
77-047	6.18	4.00	7.40	0.924	0.20	-1.00	142.7	0.0525	0.0284
77-048	7.85	4.48	8.29	1.043	0.12	-1.76	142.3	0.0259	0.0140
77-049	7.92	5.55	8.80	0.826	0.26	-2.57	135.9	0.0612	0.0386
77-050	8.56	6.16	9.97	0.999	0.11	-2.89	136.5	0.0179	0.0111
77-051	9.72	6.09	10.55	1.082	0.13	-1.85	140.0	0.0199	0.0115
77-052	9.21	6.41	9.69	0.966	0.24	-2.06	133.2	0.0391	0.0258
77-053	8.56	6.60	9.55	0.900	0.15	-2.05	131.1	0.0255	0.0176
77-054	9.36	6.30	10.05	1.058	0.12	-2.13	135.9	0.0181	0.0114
77-055	8.56	5.69	8.99	0.972	0.17	-1.32	136.2	0.0298	0.0189
77-056	9.81	7.20	12.34	1.025	0.17	-1.04	139.5	0.0222	0.0130
77-057	10.73	6.61	11.22	1.145	0.15	-1.59	137.9	0.0194	0.0118
77-058	9.07	6.35	9.65	1.084	0.14	-1.11	136.1	0.0207	0.0130
77-059	12.08	7.60	12.18	1.263	0.18	-0.96	134.9	0.0173	0.0112
77-060	9.82	5.69	10.47	1.198	0.13	-2.11	140.5	0.0186	0.0104
77-061	9.88	7.15	11.43	1.265	0.29	-1.83	136.0	0.0323	0.0202

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-062	10.92	6.66	12.33	1.224	0.39	-1.95	143.0	0.0482	0.0260
77-063	7.51	2.76	8.66	1.311	0.06	-1.85	157.7	0.0166	0.0053
77-064	8.08	-8.97	9.54	1.124	0.20	0.13	282.9	0.0191	0.0179
77-065	10.32	-11.56	12.18	1.237	0.35	0.73	281.0	0.0248	0.0236
77-066	11.17	-12.64	13.21	1.270	0.37	0.73	280.2	0.0234	0.0224
77-067	12.01	-13.27	13.66	1.318	0.39	0.95	276.5	0.0227	0.0220
77-068	10.95	-12.50	12.76	1.244	0.40	0.54	272.2	0.0261	0.0256
77-069	9.92	-11.68	12.06	1.243	0.31	0.49	277.0	0.0205	0.0199
77-070	10.73	-11.52	12.01	1.275	0.34	0.50	279.7	0.0235	0.0226
77-071	9.26	-10.69	11.20	1.017	0.27	0.41	281.1	0.0239	0.0228
77-072	10.17	-11.99	12.32	1.052	0.30	0.27	277.0	0.0229	0.0223
77-073	8.72	-9.37	9.98	0.982	0.24	0.13	284.5	0.0251	0.0235
77-074	8.34	-7.51	8.09	0.835	0.26	-0.74	276.4	0.0387	0.0374
77-075	8.66	-9.27	10.21	1.066	0.42	-0.89	288.7	0.0413	0.0375
77-076	10.71	-9.56	12.74	0.940	0.32	-0.83	306.4	0.0346	0.0259
77-077	9.35	-8.43	10.95	0.954	0.46	-1.23	304.9	0.0579	0.0446
77-078	10.36	-10.69	12.02	1.060	0.32	-0.54	292.1	0.0274	0.0244
77-079	9.43	-9.60	11.14	0.900	0.30	-0.40	295.5	0.0334	0.0288
77-080	9.86	-9.21	11.88	0.827	0.29	-1.19	303.9	0.0370	0.0287
77-081	9.10	-9.59	10.57	0.823	0.29	-0.39	288.7	0.0353	0.0321
77-082	8.03	-9.03	10.24	1.038	0.33	-0.88	278.8	0.0314	0.0301
77-083	8.83	-9.86	10.23	0.980	0.23	0.04	277.6	0.0228	0.0221
77-084	8.86	-8.25	8.66	0.987	0.18	1.47	278.1	0.0225	0.0214
77-085	8.70	-8.59	8.84	0.901	0.32	-0.87	276.1	0.0401	0.0390
77-086	9.40	-10.27	10.63	0.948	0.28	-0.47	276.2	0.0277	0.0267
77-087	9.66	-10.71	11.09	1.194	0.44	-0.39	275.4	0.0331	0.0319
77-088	10.55	-11.67	12.12	1.161	0.47	-0.53	278.1	0.0337	0.0324
77-089	10.31	-11.47	12.12	1.186	0.46	-0.33	281.6	0.0325	0.0308
77-090	11.07	-12.43	13.43	1.276	0.39	0.10	286.7	0.0236	0.0218
77-091	10.37	-11.95	12.66	1.136	0.40	0.48	284.4	0.0272	0.0256

タイトル	CV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-092	8.39	-10.33	10.57	0.954	0.32	-0.30	281.6	0.0312	0.0297
77-093	8.46	-10.28	10.50	0.854	0.36	-0.47	275.6	0.0381	0.0373
77-094	8.78	-9.24	9.65	1.016	0.37	-0.95	280.3	0.0383	0.0366
77-095	8.88	-9.99	10.68	1.112	0.23	-0.51	283.7	0.0201	0.0188
77-096	7.38	-8.85	9.09	0.937	0.18	0.65	279.1	0.0226	0.0215
77-097	7.87	-9.19	10.31	1.295	0.43	-0.26	289.7	0.0347	0.0310
77-098	9.43	-9.80	10.94	1.382	0.32	-0.62	290.7	0.0229	0.0205
77-099	9.45	-10.53	11.81	1.302	0.48	-0.49	290.1	0.0333	0.0300
77-100	8.92	-9.43	10.55	1.333	0.30	-0.26	289.9	0.0229	0.0205
77-101	8.30	-9.20	10.25	1.221	0.36	-0.93	289.1	0.0311	0.0279
77-102	11.47	-12.13	13.59	1.375	0.40	-1.43	291.2	0.0232	0.0208
77-103	9.45	-10.53	11.81	1.302	0.48	-0.49	290.1	0.0333	0.0300
77-104	8.92	-9.43	10.55	1.333	0.30	-0.26	289.9	0.0229	0.0205
77-105	8.30	-9.20	10.25	1.221	0.36	-0.93	289.1	0.0311	0.0279
77-106	8.69	-8.78	10.29	1.306	0.19	-2.13	294.4	0.0167	0.0143
77-107	8.14	-8.93	9.13	1.137	0.14	6.41	275.0	0.0219	0.0214
77-108	9.22	-10.30	10.70	0.898	0.19	3.44	277.9	0.0253	0.0246
77-109	9.71	-10.52	10.90	1.025	0.25	3.18	278.4	0.0288	0.0278
77-110	8.63	-9.92	10.26	1.277	0.35	-1.24	276.0	0.0268	0.0259
77-113	8.09	-8.87	9.67	1.144	0.29	-0.09	284.6	0.0275	0.0252
77-114	10.01	-10.16	10.61	1.074	0.25	-1.17	280.0	0.0222	0.0213
77-115	9.40	-10.16	10.63	1.161	0.39	-2.04	284.1	0.0328	0.0307
77-116	10.01	-10.69	11.83	1.040	0.27	-0.35	290.2	0.0233	0.0211
77-117	8.35	-9.05	9.83	0.992	0.20	-0.54	286.9	0.0216	0.0199
77-118	9.71	-10.92	11.30	1.019	0.32	0.13	277.9	0.0276	0.0267
77-119	9.28	-10.49	11.07	0.954	0.39	-0.49	283.0	0.0375	0.0355
77-120	11.68	-12.76	13.26	1.376	0.38	-1.11	279.5	0.0210	0.0202
77-121	9.77	-10.20	11.36	1.277	0.33	-3.31	289.9	0.0252	0.0228
77-122	9.41	-9.70	10.17	1.260	0.40	-4.76	281.5	0.0332	0.0316
77-123	9.65	-10.51	11.71	1.294	0.23	-2.60	285.7	0.0163	0.0152

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-124	9.13	-9.76	10.46	1.282	0.26	-3.14	284.4	0.0208	0.0194
77-125	9.62	-10.60	11.39	1.033	0.23	-0.02	286.2	0.0202	0.0188
77-126	10.80	-11.98	12.69	1.038	0.43	0.52	282.6	0.0351	0.0332
77-127	10.60	-11.11	11.76	1.101	0.22	0.63	282.2	0.0183	0.0173
77-128	9.64	-11.03	11.54	1.168	0.38	-0.06	280.7	0.0284	0.0271
77-129	9.01	-10.84	11.08	1.084	0.27	-0.12	273.2	0.0221	0.0216
77-130	10.05	-11.98	12.34	1.305	0.34	1.22	276.7	0.0221	0.0215
77-131	12.78	-9.11	9.49	1.139	0.52	-3.90	279.7	0.0511	0.0490
77-132	9.91	-10.94	11.37	1.225	0.29	-1.47	278.7	0.0210	0.0202
77-133	8.48	-9.65	10.49	1.329	0.23	-2.27	285.5	0.0181	0.0166
77-134	9.16	-10.76	11.08	1.275	0.26	-1.47	276.5	0.0184	0.0179
77-135	8.69	-10.40	10.62	1.127	0.29	-2.49	273.9	0.0249	0.0244
77-136	9.84	-10.62	11.02	1.058	0.23	0.28	279.2	0.0197	0.0190
77-137	8.52	-9.99	10.25	0.978	0.17	-0.81	274.1	0.0169	0.0165
77-138	8.17	-10.19	10.43	1.038	0.22	-1.03	270.7	0.0202	0.0197
77-139	11.34	-11.09	12.15	1.318	0.33	-0.19	278.4	0.0206	0.0198
77-140	11.21	-11.48	12.02	1.276	0.33	1.26	279.9	0.0229	0.0219
77-141	9.32	-10.56	11.02	1.295	0.33	0.83	279.7	0.0245	0.0235
77-142	8.56	-9.03	9.50	1.100	0.20	-1.08	280.8	0.0195	0.0186
77-143	7.84	-8.45	8.75	0.976	0.17	-0.73	276.9	0.0200	0.0193
77-144	8.90	-10.87	11.10	1.122	0.27	-0.36	273.1	0.0213	0.0208
77-145	7.60	-8.60	9.25	0.998	0.51	2.69	284.2	0.0734	0.0687
77-146	8.01	-8.62	9.42	1.172	0.21	1.62	286.4	0.0224	0.0205
77-147	10.01	-9.84	11.50	1.064	0.42	-0.79	296.4	0.0389	0.0333
77-148	11.05	-12.73	14.60	1.104	0.35	-0.56	294.6	0.0242	0.0211
77-149	12.02	-11.45	12.96	1.302	0.36	0.70	292.5	0.0245	0.0217
77-150	8.26	-8.72	10.04	1.186	0.29	-0.38	293.8	0.0269	0.0234
77-151	7.02	-7.41	8.45	1.102	0.28	0.29	292.0	0.0330	0.0289
77-152	8.10	-9.65	10.11	1.081	0.31	-1.82	279.9	0.0300	0.0286
77-153	9.07	-9.02	10.53	1.038	0.19	0.55	288.5	0.0193	0.0177

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-154	10.06	-9.99	12.31	1.070	0.23	0.07	300.0	0.0207	0.0168
77-155	11.02	-9.71	13.48	0.867	0.18	-0.62	309.0	0.0208	0.0150
77-156	10.41	-9.70	12.86	1.039	0.28	-0.43	305.9	0.0267	0.0201
77-157	9.80	-8.97	11.58	1.123	0.22	-0.12	303.7	0.0210	0.0163
77-158	8.90	-8.27	10.87	1.024	0.37	-0.49	305.4	0.0420	0.0320
77-159	8.24	-8.65	10.57	1.099	0.32	-0.90	299.8	0.0327	0.0267
77-160	10.35	-10.79	12.22	1.281	0.30	0.28	292.8	0.0209	0.0184
77-161	8.48	-9.98	10.87	1.145	0.26	0.23	287.7	0.0236	0.0216
77-162	11.09	-9.37	13.18	0.821	0.13	-1.24	310.4	0.0164	0.0117
77-163	7.29	-7.59	8.96	0.848	0.26	-0.69	296.4	0.0387	0.0332
77-164	7.76	-8.26	8.78	1.100	0.28	3.23	279.0	0.0383	0.0360
77-165	6.49	-8.49	8.70	1.037	0.21	-0.68	270.7	0.0232	0.0226
77-166	8.63	-10.22	10.43	1.084	0.27	-0.27	262.5	0.0234	0.0230
77-167	5.11	-6.31	6.50	0.879	0.22	0.13	269.3	0.0381	0.0370
77-168	7.08	-8.25	8.72	0.827	0.10	-1.13	283.1	0.0142	0.0135
77-169	9.49	-10.72	11.13	1.018	0.35	-1.22	279.2	0.0311	0.0300
77-170	9.30	-9.53	11.97	0.917	0.17	-0.52	302.3	0.0189	0.0150
77-171	8.92	-10.03	11.33	0.999	0.23	0.31	292.4	0.0221	0.0195
77-172	10.73	-11.34	12.44	1.045	0.26	-0.24	288.9	0.0211	0.0192
77-173	10.28	-11.14	12.39	1.124	0.34	-0.23	290.6	0.0261	0.0235
77-174	9.81	-9.51	11.14	1.015	0.22	-0.27	296.4	0.0219	0.0187
77-175	10.39	-11.10	12.51	1.258	0.28	-0.47	291.5	0.0193	0.0171
77-176	10.57	-9.16	12.73	0.998	0.23	-0.68	309.2	0.0244	0.0176
77-177	9.86	-9.65	11.33	1.063	0.19	-0.05	299.7	0.0178	0.0145
77-178	9.80	-9.80	11.29	1.145	0.26	-0.07	294.5	0.0223	0.0193
77-179	9.91	-9.77	12.19	0.836	0.22	-0.80	301.6	0.0261	0.0210
77-180	9.17	-10.15	10.52	1.155	0.25	0.29	276.6	0.0205	0.0198
77-181	8.97	-10.59	11.00	1.239	0.25	0.61	276.8	0.0194	0.0186
77-182	10.05	-10.95	11.31	1.159	0.33	-0.26	275.6	0.0250	0.0242
77-183	10.09	-12.41	12.74	1.186	0.32	0.42	275.5	0.0209	0.0204

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-184	7.12	-8.39	9.22	1.150	0.18	0.63	286.5	0.0190	0.0173
77-185	9.59	-10.07	11.56	1.187	0.29	0.24	282.8	0.0220	0.0203
77-186	9.09	-10.77	11.34	1.159	0.29	-0.17	280.6	0.0223	0.0212
77-187	10.13	-11.90	12.38	1.283	0.34	-0.86	278.1	0.0216	0.0208
77-188	9.34	-9.56	10.85	1.088	0.28	-0.38	293.2	0.0259	0.0228
77-189	9.38	-10.04	11.37	0.975	0.40	0.42	291.8	0.0393	0.0347
77-190	10.24	-10.56	12.37	1.106	0.47	0.02	296.2	0.0386	0.0330
77-191	9.42	-10.36	11.39	1.172	0.30	-0.26	288.7	0.0238	0.0216
77-192	9.27	-9.13	11.16	1.138	0.29	0.83	298.4	0.0282	0.0232
77-193	9.30	-10.25	11.09	1.076	0.25	-1.11	286.6	0.0220	0.0203
77-194	8.55	-9.82	10.72	1.214	0.24	0.50	285.6	0.0205	0.0187
77-195	8.60	-9.49	10.40	1.346	0.25	2.23	284.8	0.0211	0.0193
77-196	10.11	-10.63	12.25	1.110	0.32	-0.15	293.7	0.0260	0.0226
77-197	10.16	-10.16	11.66	0.955	0.25	-0.97	294.0	0.0250	0.0218
77-198	9.80	-10.43	11.66	1.271	0.29	-0.47	290.8	0.0210	0.0188
77-199	10.29	-9.82	12.00	1.175	0.24	0.37	298.7	0.0199	0.0164
77-200	10.96	-10.39	12.94	1.143	0.23	-0.63	301.7	0.0188	0.0151
77-201	10.16	-10.20	12.29	1.136	0.36	-0.43	298.4	0.0299	0.0248
77-202	10.13	-10.94	12.20	1.241	0.38	0.53	288.6	0.0284	0.0255
77-203	8.86	-10.38	11.35	1.200	0.59	-0.36	286.0	0.0455	0.0416
77-204	8.77	-9.66	10.53	1.126	0.24	-0.52	287.2	0.0214	0.0195
77-205	10.93	-11.59	13.10	1.242	0.43	-0.18	292.5	0.0287	0.0254
77-206	10.88	-11.71	13.12	1.456	0.39	1.45	290.4	0.0232	0.0208
77-207	9.16	-8.00	10.17	0.922	0.26	-0.19	297.5	0.0315	0.0267
77-208	9.92	-10.04	11.35	1.115	0.29	0.83	292.4	0.0263	0.0233
77-209	7.82	-8.40	9.83	0.849	0.23	-0.80	295.4	0.0310	0.0268
77-210	7.87	-8.42	10.60	0.930	0.14	-0.59	301.9	0.0174	0.0138
77-211	8.17	-8.66	11.24	0.942	0.18	0.41	302.8	0.0207	0.0163
77-212	8.87	-9.53	10.57	1.067	0.33	0.55	288.7	0.0320	0.0292
77-213	9.67	-12.07	12.29	1.197	0.62	1.16	271.4	0.0436	0.0428

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-214	9.65	-12.31	12.64	1.099	0.44	-0.13	274.7	0.0313	0.0305
77-215	9.94	-10.72	11.15	1.184	0.31	0.62	277.6	0.0247	0.0239
77-216	7.96	-8.62	9.17	1.219	0.55	0.42	282.0	0.0503	0.0473
77-217	9.65	-9.94	10.41	1.235	0.33	0.49	280.1	0.0258	0.0247
77-218	8.73	-11.02	11.49	0.980	0.32	-0.07	280.5	0.0285	0.0273
77-219	8.36	-12.01	12.92	1.050	0.33	0.29	275.9	0.0240	0.0234
77-220	8.92	-11.15	11.43	1.090	0.26	-0.47	275.2	0.0206	0.0201
77-221	10.36	-12.02	12.54	1.345	0.33	0.60	280.1	0.0207	0.0199
77-222	10.03	-12.59	13.11	1.246	0.34	0.03	279.1	0.0208	0.0200
77-223	9.43	-11.82	12.15	1.158	0.29	0.54	276.7	0.0215	0.0210
77-224	5.22	-11.13	11.44	1.114	0.24	-0.24	276.2	0.0186	0.0181
77-225	8.39	-9.93	10.31	1.000	0.28	-0.24	279.2	0.0271	0.0261
77-226	9.89	-11.01	11.96	1.115	0.23	-0.58	277.1	0.0172	0.0167
77-227	8.83	-10.30	10.86	1.004	0.20	-0.27	281.1	0.0186	0.0176
77-228	8.0	-9.37	10.45	1.262	0.22	1.15	282.7	0.0177	0.0167
77-229	8.25	-9.01	9.68	1.141	0.15	1.67	284.4	0.0157	0.0147
77-230	7.68	-9.35	9.76	0.986	0.28	-1.06	279.7	0.0295	0.0282
77-231	8.0	-9.67	10.05	1.155	0.31	0.25	276.3	0.0267	0.0257
77-232	9.94	-11.89	12.04	1.225	0.32	0.0	276.8	0.0215	0.0209
77-233	9.62	-11.02	11.40	1.258	0.26	1.35	275.3	0.0205	0.0198
77-234	8.08	-9.48	9.89	1.085	0.27	0.79	278.7	0.0267	0.0256
77-235	7.79	-9.10	9.29	0.970	0.28	-1.04	269.5	0.0308	0.0302
77-236	8.75	-9.69	10.23	1.174	0.24	0.54	281.8	0.0214	0.0203
77-237	10.07	-10.76	11.42	1.142	0.26	0.49	283.2	0.0203	0.0192
77-238	7.61	-10.69	11.37	1.215	0.26	0.64	283.3	0.0203	0.0191
77-239	8.89	-10.46	11.01	1.221	0.25	0.32	280.9	0.0188	0.0179
77-240	10.60	-11.47	13.01	1.275	0.34	-0.78	292.5	0.0226	0.0199
77-241	7.51	-8.48	9.17	1.191	0.26	-0.43	284.3	0.0248	0.0229
77-242	8.66	-10.09	11.11	1.247	0.45	0.74	288.1	0.0364	0.0330
77-243	10.80	-9.26	12.60	0.799	0.33	-0.74	308.3	0.0433	0.0318

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-244	8.95	-9.26	11.01	1.044	0.21	-0.07	297.4	0.0208	0.0176
77-245	10.43	-10.94	12.09	1.142	0.34	0.45	289.3	0.0262	0.0237
77-246	0.0	-10.37	12.89	1.083	0.28	0.0	300.4	0.0240	0.0193
77-247	0.0	-10.99	14.35	1.170	0.24	-0.73	305.0	0.0181	0.0139
77-248	11.97	-10.15	13.68	1.148	0.21	0.53	307.6	0.0183	0.0136
77-249	9.78	-9.63	11.55	1.114	0.18	0.34	297.8	0.0161	0.0135
77-250	9.79	-9.42	12.07	1.183	0.26	0.62	303.0	0.0237	0.0185
77-251	-5.07	-10.64	12.75	1.178	0.26	-0.43	298.2	0.0199	0.0166
77-252	10.50	-9.71	12.94	1.074	0.18	-0.47	306.6	0.0166	0.0125
77-253	8.91	-10.65	11.21	0.988	0.31	-0.25	279.3	0.0283	0.0269
77-254	9.54	-8.48	11.42	0.850	0.16	-0.46	307.1	0.0213	0.0158
77-255	9.65	-8.12	11.05	0.803	0.20	0.07	308.1	0.0295	0.0217
77-256	10.39	-8.86	12.14	0.826	0.15	-0.77	308.7	0.0199	0.0145
77-257	9.56	-8.09	10.67	0.894	0.18	-0.01	301.1	0.0223	0.0181
77-258	0.0	-9.64	12.93	0.876	0.19	-0.31	307.3	0.0216	0.0161
77-259	19.34	-8.13	11.43	0.867	0.21	-0.84	310.1	0.0289	0.0206
77-260	11.03	-9.64	13.16	0.859	0.15	-0.73	308.4	0.0176	0.0129
77-261	9.57	-8.70	11.71	0.837	0.11	-0.85	307.1	0.0145	0.0109
77-262	9.63	-7.78	10.97	0.842	0.12	-0.52	310.3	0.0178	0.0126
77-263	10.43	-8.84	12.20	0.892	0.15	-0.74	309.2	0.0185	0.0134
77-264	10.70	-8.84	11.93	0.962	0.19	-0.66	307.7	0.0217	0.0161
77-265	10.23	-8.27	11.62	0.867	0.15	-0.31	309.9	0.0201	0.0143
77-266	13.06	-7.77	10.86	1.043	0.17	-0.11	309.6	0.0202	0.0144
77-267	8.16	-5.77	12.14	1.019	0.46	-2.85	327.6	0.0784	0.0373
77-268	2.52	-3.06	9.07	0.972	0.41	-3.31	336.1	0.1382	0.0466
77-269	10.89	-7.10	12.24	0.941	0.36	-1.18	320.0	0.0523	0.0303
77-270	9.76	-3.55	10.54	1.026	0.26	-2.44	336.3	0.0720	0.0242
77-271	10.45	-7.39	12.03	0.990	0.33	-0.89	317.4	0.0438	0.0269
77-272	0.0	-10.16	10.49	1.173	0.40	0.35	260.0	0.0323	0.0313
77-273	8.19	-9.31	9.92	1.190	0.21	-0.62	281.7	0.0184	0.0173

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-274	8.76	-11.14	11.53	1.369	0.29	0.16	277.3	0.0183	0.0176
77-275	0.0	-10.94	11.36	1.330	0.25	1.52	273.8	0.0185	0.0179
77-276	0.0	-12.39	12.70	1.338	0.35	-0.91	268.5	0.0205	0.0200
77-277	12.23	-13.07	13.99	1.529	0.43	0.14	262.2	0.0198	0.0193
77-278	6.16	-12.61	12.88	1.299	0.38	0.26	269.1	0.0223	0.0218
77-279	5.32	-11.63	11.89	1.456	0.44	1.77	269.6	0.0280	0.0274
77-280	0.58	-12.70	13.19	1.442	0.54	0.34	274.6	0.0283	0.0273
77-281	10.71	-12.47	12.73	1.544	0.61	0.12	268.4	0.0305	0.0298
77-282	11.22	-13.43	13.67	1.534	0.54	0.49	270.8	0.0252	0.0248
77-283	0.0	-11.67	12.13	1.355	0.41	1.33	272.0	0.0259	0.0254
77-284	11.71	-12.67	12.87	1.395	0.47	0.90	264.6	0.0270	0.0266
77-285	0.0	-10.54	10.72	1.203	0.44	1.02	268.0	0.0353	0.0347
77-286	6.88	-12.97	13.34	1.269	0.41	0.63	276.0	0.0253	0.0246
77-287	-0.86	-12.41	12.78	1.184	0.42	0.84	275.0	0.0291	0.0282
77-288	-0.76	-11.07	11.48	1.047	0.32	-0.93	278.5	0.0268	0.0258
77-289	9.58	-11.09	11.36	1.227	0.46	0.81	274.0	0.0344	0.0335
77-290	7.51	-9.57	9.93	1.163	0.31	1.44	277.8	0.0283	0.0273
77-291	0.0	-10.47	10.90	1.213	0.25	2.11	278.6	0.0212	0.0204
77-292	0.0	-10.35	10.95	1.253	0.27	-0.51	282.5	0.0202	0.0191
77-293	10.29	-11.07	11.46	1.141	0.36	0.73	278.8	0.0306	0.0295
77-294	0.0	-10.24	10.80	1.099	0.27	-0.29	278.5	0.0231	0.0219
77-295	8.59	-9.96	10.24	1.227	0.29	0.83	264.0	0.0241	0.0235
77-296	8.29	-9.82	10.21	1.090	0.32	-1.13	278.4	0.0290	0.0279
77-297	8.63	-10.14	10.50	0.964	0.30	-0.01	276.0	0.0295	0.0285
77-298	6.61	1.56	7.73	0.938	0.20	-3.25	164.7	0.1370	0.0276
77-299	8.94	2.62	10.55	0.973	0.05	-1.55	161.7	0.0198	0.0049
77-300	8.62	5.54	10.06	1.066	0.31	-0.37	141.7	0.0505	0.0278
77-301	7.49	4.86	9.38	1.354	0.32	-0.46	144.4	0.0468	0.0242
77-302	9.25	5.59	10.62	1.301	0.41	-1.92	144.3	0.0568	0.0299
77-303	8.20	4.26	8.44	1.174	0.54	2.74	144.6	0.1336	0.0677

ポイント	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-304	9.31	5.96	10.26	1.089	0.18	-2.11	139.2	0.0280	0.0162
77-305	9.89	6.77	11.10	1.158	0.19	-1.89	137.2	0.0244	0.0149
77-306	8.51	6.43	9.76	0.971	0.17	-2.26	133.5	0.0274	0.0181
77-307	10.36	6.77	11.44	1.236	0.14	-1.08	138.8	0.0162	0.0096
77-308	8.03	5.30	9.69	1.079	0.17	-2.77	142.4	0.0298	0.0163
77-309	7.45	4.08	8.75	1.211	0.10	-2.96	148.1	0.0203	0.0095
77-310	9.58	5.84	11.11	1.292	0.19	-2.50	143.9	0.0252	0.0133
77-311	9.98	6.23	11.03	1.111	0.21	-1.59	140.7	0.0306	0.0173
77-312	10.64	6.31	11.93	1.307	0.20	-2.47	143.5	0.0244	0.0129
77-313	9.32	5.75	10.72	1.159	0.10	-2.31	143.0	0.0151	0.0081
77-314	10.36	6.08	11.37	1.111	0.16	-2.51	143.1	0.0237	0.0127
77-315	9.47	6.64	10.72	1.270	0.22	-1.47	136.9	0.0253	0.0157
77-316	9.60	5.94	10.17	1.045	0.12	-1.32	139.4	0.0188	0.0110
77-317	9.49	6.55	10.19	1.159	0.13	-1.02	135.3	0.0166	0.0107
77-318	10.67	6.68	11.64	1.219	0.10	-1.87	140.1	0.0124	0.0071
77-319	10.41	6.51	12.07	1.020	0.13	-1.28	142.9	0.0190	0.0103
77-320	8.09	5.17	10.19	1.128	0.08	-2.14	145.2	0.0138	0.0070
77-321	11.56	-10.04	10.46	0.876	0.27	-0.71	280.9	0.0298	0.0286
77-322	8.50	-10.22	10.54	0.915	0.20	-0.01	278.0	0.0206	0.0199
77-323	6.30	-8.32	8.63	0.981	0.26	1.66	274.7	0.0344	0.0331
77-324	8.93	-10.20	10.55	0.978	0.30	-0.61	275.9	0.0292	0.0282
77-325	8.69	-9.79	10.05	1.182	0.38	-0.33	261.8	0.0316	0.0308
77-326	7.32	-8.44	8.66	1.036	0.19	0.35	270.6	0.0209	0.0204
77-327	10.14	-11.09	11.47	1.281	0.31	0.22	268.5	0.0210	0.0203
77-328	10.08	-10.59	11.17	1.286	0.34	0.52	266.7	0.0247	0.0241
77-329	10.26	-10.47	10.69	1.309	0.32	0.85	265.1	0.0237	0.0232
77-330	8.97	-9.90	10.18	1.329	0.29	0.72	261.6	0.0224	0.0218
77-331	10.10	-12.56	12.74	1.414	0.30	0.29	264.5	0.0162	0.0160
77-332	0.0	-10.67	11.04	1.209	0.33	0.69	274.4	0.0260	0.0251
77-333	0.0	-10.19	10.67	1.318	0.28	0.18	276.9	0.0200	0.0191

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-334	7.51	-8.19	6.65	1.114	0.31	1.24	277.6	0.0345	0.0327
77-335	8.0	-11.63	12.07	1.168	0.32	-1.27	275.7	0.0225	0.0217
77-336	10.02	-10.90	11.26	1.197	0.32	0.75	275.1	0.0249	0.0241
77-337	12.56	-13.35	14.22	1.233	0.45	-0.21	283.3	0.0263	0.0247
77-338	10.07	-11.90	12.32	1.354	0.35	-0.01	273.9	0.0209	0.0202
77-339	11.79	-12.60	13.09	1.316	0.44	-0.35	254.6	0.0254	0.0245
77-340	10.09	-10.29	11.41	1.159	0.35	0.17	287.6	0.0282	0.0254
77-341	9.50	-9.59	11.06	1.237	0.25	0.11	292.9	0.0203	0.0176
77-342	10.33	-10.33	11.48	1.218	0.32	-0.39	293.7	0.0252	0.0220
77-343	10.34	-10.91	12.77	1.194	0.29	-0.65	296.1	0.0216	0.0185
77-344	12.09	-11.70	13.59	1.252	0.30	-0.08	294.8	0.0196	0.0170
77-345	10.30	-10.86	12.08	1.204	0.32	-1.09	269.3	0.0238	0.0214
77-346	10.34	-10.35	12.17	1.151	0.31	-0.26	295.7	0.0250	0.0213
77-347	10.43	-9.21	11.27	1.171	0.24	0.55	299.9	0.0226	0.0185
77-348	11.94	-12.53	13.03	1.358	0.45	0.80	277.4	0.0268	0.0258
77-349	10.91	-12.42	12.96	1.463	0.46	1.18	277.9	0.0257	0.0247
77-350	10.61	-13.10	13.79	1.396	0.58	0.95	279.6	0.0322	0.0306
77-351	13.41	-14.90	15.42	1.490	0.61	0.99	276.2	0.0279	0.0270
77-352	10.65	-11.46	11.90	1.277	0.41	1.20	276.2	0.0285	0.0274
77-353	9.69	-11.43	11.64	1.200	0.42	0.77	268.0	0.0311	0.0306
77-354	11.63	-12.29	12.52	1.387	0.51	1.39	269.0	0.0304	0.0299
77-355	10.13	-11.50	11.96	1.269	0.38	0.46	276.4	0.0249	0.0241
77-356	11.19	-13.35	13.74	1.432	0.50	0.45	273.5	0.0251	0.0244
77-357	12.03	-13.63	14.33	1.406	0.56	1.22	272.1	0.0308	0.0299
77-358	10.41	-11.53	12.42	1.320	0.56	0.56	281.5	0.0365	0.0347
77-359	11.99	-13.06	14.69	1.565	0.45	0.28	291.6	0.0212	0.0188
77-360	9.92	-10.40	11.06	1.370	0.51	1.85	281.1	0.0386	0.0363
77-361	14.29	-14.31	15.19	1.415	0.55	0.64	276.1	0.0267	0.0260
77-362	10.85	-11.42	12.27	1.079	0.38	1.46	285.3	0.0313	0.0292
77-363	12.17	-11.50	14.72	1.437	0.34	0.81	303.3	0.0208	0.0163

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
77-364	12.01	-10.87	14.14	1.162	0.29	-0.26	304.9	0.0221	0.0170
77-365	13.49	-13.76	14.59	1.707	0.49	1.90	282.9	0.0225	0.0212
77-366	0.0	-12.31	13.75	1.555	0.39	1.36	290.9	0.0207	0.0185
77-367	12.62	-13.54	15.17	1.524	0.48	0.57	291.3	0.0236	0.0211
77-368	13.65	-13.15	14.12	1.576	0.49	2.22	285.5	0.0255	0.0238
77-369	12.95	-13.78	14.98	1.522	0.42	1.45	287.5	0.0204	0.0187
77-370	13.21	-14.92	16.37	1.403	0.50	-0.05	289.0	0.0230	0.0209
77-371	13.54	-14.17	15.23	1.506	0.40	0.67	285.9	0.0191	0.0177
77-372	13.40	-14.30	15.28	1.511	0.55	0.65	285.0	0.0259	0.0242
77-373	13.55	-12.69	13.51	1.819	0.44	2.54	284.1	0.0237	0.0223
77-374	10.15	-10.92	11.29	1.402	0.39	1.12	275.0	0.0259	0.0250
77-375	10.06	-9.91	11.11	1.415	0.35	1.99	290.9	0.0269	0.0240
77-376	10.25	-10.71	11.13	1.495	0.34	1.81	273.0	0.0229	0.0221
77-377	10.35	-10.53	12.02	1.479	0.47	1.25	291.7	0.0307	0.0269
77-378	9.26	-9.78	10.43	1.434	0.32	0.10	283.1	0.0219	0.0206
78-001	8.82	-10.03	10.22	1.101	0.19	0.10	269.7	0.0165	0.0162
78-002	8.37	-9.81	10.00	1.131	0.19	-1.05	277.1	0.0170	0.0163
78-003	8.80	-10.71	11.57	1.152	0.21	-0.90	285.0	0.0165	0.0153
78-004	9.60	-10.26	10.84	1.047	0.25	-0.57	282.2	0.0226	0.0214
78-005	8.72	-9.28	10.49	1.077	0.19	-0.03	291.3	0.0183	0.0162
78-006	9.79	-9.97	12.64	1.039	0.33	-0.94	303.0	0.0309	0.0244
78-007	10.75	-10.91	12.97	1.214	0.28	-0.05	297.6	0.0203	0.0171
78-008	12.26	-12.75	15.27	1.270	0.33	-0.40	298.6	0.0196	0.0164
78-009	11.09	-11.27	13.15	1.153	0.29	-0.44	296.3	0.0215	0.0184
78-010	9.92	-10.09	11.99	1.177	0.32	0.10	297.0	0.0259	0.0218
78-011	9.82	-11.21	12.93	1.010	0.37	-1.08	294.9	0.0317	0.0275
78-012	11.25	-12.46	14.10	1.156	0.35	-0.93	292.9	0.0236	0.0208
78-013	10.73	-9.99	13.78	1.133	0.20	-0.17	308.6	0.0170	0.0123
78-014	10.09	-12.05	13.81	1.262	0.25	-0.55	293.5	0.0160	0.0139
78-015	10.59	-11.62	13.40	1.082	0.20	-1.19	295.0	0.0154	0.0134

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
78-016	12.75	-14.02	15.85	1.126	0.33	-0.39	292.7	0.0201	0.0178
78-017	8.26	-9.45	10.67	1.253	0.23	0.88	269.0	0.0197	0.0175
78-018	9.21	-10.31	11.69	1.290	0.33	0.77	292.6	0.0252	0.0222
78-019	9.92	-10.59	11.77	1.230	0.33	-0.24	288.5	0.0241	0.0219
78-020	6.36	-7.56	8.52	0.872	0.23	-0.64	289.9	0.0339	0.0301
78-021	7.41	-8.43	8.87	1.109	0.18	0.54	278.0	0.0196	0.0186
78-022	9.30	-11.50	11.71	1.233	0.23	-0.05	266.2	0.0156	0.0153
78-023	6.71	-10.11	11.47	1.152	0.37	-1.10	290.9	0.0308	0.0272
78-024	7.84	-9.73	10.54	0.888	0.18	-0.87	286.9	0.0202	0.0187
78-025	8.78	-10.29	11.35	1.136	0.57	-0.05	287.4	0.0469	0.0425
78-026	9.74	-10.95	11.46	1.333	0.32	0.98	279.6	0.0223	0.0213
78-027	9.28	-11.48	12.69	1.313	0.44	0.46	289.1	0.0281	0.0254
78-028	10.62	-12.57	13.47	1.327	0.49	0.30	284.0	0.0282	0.0264
78-029	9.28	-10.53	11.79	1.273	0.37	0.40	289.2	0.0263	0.0237
78-030	10.25	-13.29	14.42	1.212	0.28	-0.40	287.7	0.0167	0.0154
78-031	9.12	-4.01	10.22	1.132	0.29	-2.38	333.2	0.0644	0.0253
78-032	11.23	-10.43	14.16	1.009	0.30	-0.88	308.0	0.0277	0.0204
78-033	8.68	-10.26	10.63	1.224	0.32	0.55	273.5	0.0259	0.0250
78-034	10.26	-11.45	12.84	1.081	0.48	-0.63	291.7	0.0376	0.0336
78-035	11.13	-12.89	13.56	1.332	0.45	0.19	281.0	0.0252	0.0240
78-036	11.28	-13.11	13.97	1.446	0.37	-0.51	283.5	0.0189	0.0178
78-037	10.64	-12.45	13.32	1.342	0.36	-0.42	284.2	0.0207	0.0194
78-038	11.66	-12.92	13.44	1.380	0.43	0.63	279.4	0.0245	0.0236
78-039	10.20	-11.41	12.74	1.341	0.27	-0.21	290.5	0.0170	0.0152
78-040	12.02	-12.29	13.75	1.548	0.36	1.56	290.4	0.0204	0.0183
78-041	12.42	-14.01	15.19	1.348	0.44	-0.18	286.3	0.0224	0.0207
78-042	12.92	-14.67	15.59	1.402	0.49	-0.39	283.9	0.0229	0.0216
78-043	11.61	-14.70	15.65	1.388	0.45	0.19	283.6	0.0211	0.0199
78-044	10.55	-12.58	13.33	1.250	0.36	-0.17	276.5	0.0227	0.0219
78-045	9.61	-10.79	11.61	1.154	0.42	-0.21	285.4	0.0324	0.0301

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
78-046	7.87	-8.51	9.72	1.056	0.24	-1.02	293.1	0.0259	0.0227
78-047	8.67	-11.50	12.03	1.184	0.25	0.76	280.2	0.0187	0.0178
78-048	7.72	-8.50	9.77	0.903	0.34	-1.41	293.9	0.0430	0.0374
78-049	9.75	-10.70	12.51	1.103	0.31	-0.71	296.0	0.0255	0.0218
78-050	9.75	-9.56	10.84	1.049	0.37	0.33	292.5	0.0355	0.0313
78-051	8.97	-7.91	11.35	0.847	0.25	-0.75	311.1	0.0362	0.0252
78-052	10.18	-8.15	12.48	0.914	0.39	-1.30	314.9	0.0508	0.0332
78-054	7.02	-4.46	8.75	0.795	0.21	-2.23	206.4	0.0605	0.0304
78-055	8.69	-3.00	10.34	0.936	0.48	-1.48	192.3	0.1659	0.0481
78-056	12.96	-15.32	15.82	1.305	0.54	0.60	277.2	0.0275	0.0266
78-057	13.80	-15.63	16.36	1.721	0.55	1.13	277.8	0.0208	0.0199
78-058	12.05	-15.70	16.33	1.804	0.56	0.79	278.3	0.0201	0.0193
78-059	13.06	-15.35	16.04	1.474	0.54	0.13	279.7	0.0229	0.0220
78-060	15.02	-17.56	18.42	2.058	0.70	1.14	280.0	0.0197	0.0188
78-061	15.57	-18.42	19.36	2.175	0.86	1.20	280.7	0.0218	0.0208
78-062	14.71	-18.26	18.93	1.826	0.85	-0.35	278.3	0.0245	0.0236
78-063	13.85	-16.66	17.33	1.922	0.67	0.69	277.7	0.0212	0.0204
78-064	14.19	-16.42	17.05	1.859	0.68	2.07	277.4	0.0240	0.0232
78-065	13.99	-16.63	17.78	1.550	0.63	-0.05	282.1	0.0232	0.0220
78-066	10.09	-12.57	13.54	1.506	0.35	0.85	283.5	0.0188	0.0174
78-067	10.62	-11.69	12.32	1.226	0.31	-0.37	281.6	0.0208	0.0197
78-068	10.44	-11.29	13.14	1.154	0.30	-0.38	295.8	0.0221	0.0190
78-069	10.95	-11.53	12.90	1.416	0.30	1.05	287.7	0.0187	0.0167
78-070	10.91	-13.33	13.73	1.341	0.37	-0.76	276.5	0.0201	0.0195
78-071	8.53	-9.45	10.99	1.137	0.30	0.07	294.2	0.0268	0.0231
78-072	9.12	-8.12	11.51	0.930	0.28	-0.46	310.7	0.0356	0.0251
78-073	10.37	7.54	12.55	1.069	0.31	-0.16	138.2	0.0363	0.0218
78-074	11.51	8.16	13.75	1.289	0.36	-0.36	138.8	0.0328	0.0195
78-075	11.04	8.05	14.08	1.224	0.34	-0.80	140.6	0.0335	0.0192
78-076	11.03	7.60	13.53	1.241	0.21	-0.30	140.1	0.0209	0.0120

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
78-077	10.53	7.27	12.17	1.123	0.43	-0.27	138.6	0.0506	0.0302
78-078	10.35	7.69	13.00	1.300	0.47	-0.19	137.9	0.0441	0.0267
78-079	11.49	11.07	14.75	1.257	0.23	0.08	126.3	0.0159	0.0119
78-080	12.74	12.49	16.75	1.454	0.34	0.62	126.8	0.0190	0.0142
78-081	11.12	9.75	14.36	1.253	0.17	-0.13	132.5	0.0134	0.0091
78-082	14.05	10.79	16.58	1.723	0.32	0.27	134.4	0.0165	0.0108
78-083	12.84	11.01	15.74	1.460	0.27	0.90	130.9	0.0171	0.0119
78-084	11.03	8.02	13.97	1.234	0.16	-0.88	140.1	0.0157	0.0090
78-085	13.27	8.67	16.27	1.610	0.33	-0.42	143.4	0.0227	0.0121
78-086	12.24	8.10	15.66	1.537	0.23	-0.49	144.1	0.0176	0.0092
78-087	12.09	8.76	15.32	1.321	0.18	-0.29	140.4	0.0150	0.0086
78-088	11.07	8.69	14.05	1.271	0.15	-0.59	136.8	0.0132	0.0082
78-089	14.90	10.60	16.83	1.415	0.20	-0.75	136.0	0.0128	0.0082
78-090	12.79	10.23	15.18	1.485	0.33	0.30	132.9	0.0209	0.0141
78-091	13.73	12.71	17.27	1.515	0.44	1.24	128.0	0.0232	0.0171
78-092	10.56	10.33	13.52	1.210	0.31	0.19	125.6	0.0238	0.0182
78-093	10.61	8.20	13.76	1.290	0.14	-1.12	138.4	0.0128	0.0077
78-094	12.57	9.11	15.94	1.458	0.20	-0.21	140.7	0.0145	0.0083
78-095	10.70	7.72	12.84	1.311	0.14	-0.37	138.4	0.0133	0.0080
78-096	9.29	6.78	12.05	1.335	0.16	-1.06	141.0	0.0172	0.0097
78-097	10.81	8.44	14.12	1.224	0.16	-0.71	138.6	0.0150	0.0090
78-098	8.02	6.32	11.94	1.262	0.09	-0.80	143.6	0.0110	0.0058
78-099	11.63	8.16	13.57	1.364	0.17	-0.19	138.5	0.0147	0.0088
78-100	9.49	-11.34	11.59	1.193	0.34	0.59	273.3	0.0255	0.0250
78-101	10.68	-13.00	13.51	1.361	0.39	0.48	278.5	0.0212	0.0204
78-102	9.53	-11.79	12.16	1.425	0.35	1.37	274.9	0.0212	0.0205
78-103	12.02	-14.12	14.57	1.274	0.44	0.78	277.6	0.0249	0.0241
78-104	11.51	-12.90	13.34	1.288	0.55	0.12	276.3	0.0318	0.0308
78-105	11.17	-13.38	14.05	1.315	0.40	0.30	281.5	0.0219	0.0208
78-106	10.71	-11.75	12.25	1.265	0.34	0.40	278.3	0.0217	0.0208

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
78-107	4.06	5.16	5.99	0.435	0.17	-2.67	115.6	0.0759	0.0654
78-109	10.94	-10.00	12.77	1.228	0.25	0.35	300.3	0.0196	0.0153
78-110	9.86	-11.53	11.92	1.182	0.30	-0.23	277.0	0.0212	0.0205
78-111	8.42	-10.09	10.38	0.998	0.23	-0.22	260.0	0.0220	0.0213
78-112	10.52	-6.46	12.50	0.905	0.46	-2.39	325.6	0.0793	0.0410
78-113	10.09	-6.33	12.03	0.964	0.21	-1.81	323.7	0.0347	0.0183
78-114	9.43	-10.99	11.55	1.260	0.30	0.27	278.9	0.0208	0.0198
78-115	10.62	-13.02	13.52	1.330	0.40	0.75	275.4	0.0235	0.0226
78-116	10.90	-10.33	12.40	1.219	0.44	0.25	292.9	0.0336	0.0280
78-117	10.37	-10.81	12.41	1.172	0.41	-0.05	294.4	0.0311	0.0271
78-118	11.66	-12.34	14.18	1.133	0.39	0.32	294.1	0.0268	0.0233
78-119	9.68	-12.18	12.75	1.437	0.37	0.03	279.5	0.0203	0.0194
78-120	8.11	-10.24	10.75	1.133	0.27	1.29	280.5	0.0237	0.0225
78-121	9.14	-10.84	11.18	0.944	0.31	-0.81	276.2	0.0294	0.0285
78-122	10.40	-11.37	12.24	1.424	0.45	0.23	283.2	0.0267	0.0248
78-123	8.55	-9.49	10.00	0.912	0.24	-0.11	277.6	0.0267	0.0253
78-124	7.17	-8.90	9.37	1.186	0.26	2.92	273.2	0.0306	0.0291
78-125	7.68	-10.26	10.49	1.116	0.36	-0.95	270.1	0.0305	0.0299
78-126	9.85	-11.57	12.08	1.262	0.44	1.08	276.7	0.0306	0.0293
78-127	11.29	-13.58	14.17	1.446	0.42	-0.31	277.9	0.0206	0.0197
78-128	10.41	-12.35	12.80	1.427	0.37	1.49	278.0	0.0213	0.0206
78-129	9.93	-10.77	14.37	1.315	0.50	-0.72	296.4	0.0343	0.0257
78-130	9.37	-11.03	11.24	1.165	0.36	0.59	267.3	0.0285	0.0279
78-131	11.21	-13.30	13.78	1.389	0.42	-0.14	277.0	0.0219	0.0211
78-132	10.30	-12.71	12.97	1.255	0.40	0.15	269.1	0.0241	0.0236
78-133	11.58	-13.30	14.35	1.468	0.53	0.46	282.7	0.0261	0.0242
78-134	11.85	-12.41	13.19	1.421	0.38	0.24	282.2	0.0207	0.0195
78-135	9.29	-10.25	11.73	1.191	0.29	0.71	293.3	0.0241	0.0211
78-136	10.72	-11.36	11.83	1.215	0.41	0.69	279.4	0.0302	0.0290
78-137	8.51	-8.89	9.61	1.185	0.25	-0.07	284.5	0.0228	0.0211

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
78-138	9.38	-10.32	11.42	1.161	0.38	0.03	289.3	0.0305	0.0276
78-139	9.32	-9.82	10.61	1.053	0.27	1.06	285.2	0.0265	0.0246
78-140	11.26	-12.35	12.87	1.227	0.40	-0.23	280.2	0.0254	0.0244
78-141	9.92	-10.16	10.72	1.198	0.35	-0.13	281.0	0.0276	0.0262
78-142	10.26	-12.22	12.97	1.179	0.31	0.56	283.8	0.0219	0.0206
78-143	11.29	-13.30	13.95	1.276	0.42	-0.37	281.4	0.0238	0.0227
78-144	11.34	-13.33	14.25	1.236	0.38	0.10	284.7	0.0222	0.0207
78-145	11.18	-11.56	12.49	1.276	0.39	1.30	286.2	0.0269	0.0249
78-146	8.92	-9.79	10.34	1.057	0.35	1.01	281.1	0.0344	0.0325
78-147	9.26	-10.58	11.34	1.142	0.31	0.73	285.4	0.0261	0.0243
78-148	10.22	-12.52	13.28	1.059	0.36	-0.48	284.1	0.0261	0.0246
78-149	10.81	-12.00	12.87	1.110	0.29	0.72	285.6	0.0221	0.0206
78-150	9.34	-10.69	11.85	1.385	0.32	0.56	287.9	0.0220	0.0198
78-151	11.65	-12.98	14.75	1.213	0.28	-0.14	293.0	0.0171	0.0150
78-152	11.02	-11.37	13.10	1.128	0.27	0.58	294.4	0.0214	0.0186
78-153	10.07	-8.77	12.07	0.996	0.13	-0.97	309.0	0.0144	0.0105
78-154	10.73	-9.63	12.68	1.036	0.18	-0.51	304.2	0.0175	0.0133
78-155	11.29	-10.91	13.24	1.112	0.30	-1.01	299.0	0.0240	0.0198
78-156	9.47	-9.29	11.12	1.056	0.31	-0.36	297.0	0.0304	0.0254
78-157	-0.21	-8.69	11.25	0.788	0.18	-1.01	303.6	0.0255	0.0197
78-158	9.15	-9.82	11.54	1.104	0.31	-0.76	295.8	0.0278	0.0236
78-159	10.48	-8.31	13.18	1.049	0.31	-0.77	316.2	0.0345	0.0218
78-160	7.85	-5.71	9.37	0.860	0.33	-2.00	317.4	0.0677	0.0413
78-161	11.06	-6.87	12.73	1.110	0.32	-1.80	322.7	0.0423	0.0228
78-162	10.89	-5.46	12.30	0.984	0.19	-2.47	329.7	0.0356	0.0158
78-163	10.95	-5.21	12.29	1.038	0.19	-2.60	330.5	0.0352	0.0149
78-164	10.21	-5.49	11.60	1.004	0.32	-1.87	327.5	0.0585	0.0277
78-165	6.70	1.01	8.71	1.075	0.08	-2.28	168.9	0.0743	0.0086
78-166	7.86	2.84	10.18	1.096	0.24	-1.26	160.4	0.0748	0.0209
78-169	6.66	2.70	9.02	1.029	0.15	-0.03	158.3	0.0504	0.0155

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
78-170	7.62	2.47	9.61	1.080	0.15	-1.24	160.6	0.0546	0.0140
78-171	7.14	2.15	9.14	0.973	0.20	-2.12	162.4	0.0964	0.0227
78-172	7.66	5.60	10.15	1.261	0.16	0.07	142.0	0.0218	0.0120
78-173	11.01	8.69	14.46	1.178	0.26	0.51	138.6	0.0258	0.0155
78-174	10.19	7.32	12.58	1.218	0.18	-0.05	139.7	0.0194	0.0113
78-175	10.46	7.78	12.92	1.246	0.15	-1.15	138.3	0.0150	0.0090
78-176	9.58	7.00	12.00	1.164	0.15	0.46	139.7	0.0174	0.0102
78-177	10.14	7.60	12.90	1.068	0.14	-0.80	138.0	0.0162	0.0099
78-178	9.73	-9.23	11.17	1.019	0.35	0.15	299.4	0.0358	0.0296
78-179	9.50	-9.30	11.41	0.929	0.34	-0.61	300.4	0.0380	0.0311
78-180	11.84	-11.69	13.99	1.048	0.41	-0.61	298.1	0.0325	0.0271
78-181	10.85	-9.99	13.43	0.995	0.27	-0.86	307.0	0.0264	0.0196
78-182	11.16	-11.83	13.66	1.045	0.45	0.15	294.6	0.0350	0.0303
78-183	9.37	-4.86	10.69	1.040	0.09	-2.35	328.7	0.0179	0.0082
78-184	9.63	7.87	11.73	1.058	0.23	0.93	133.0	0.0281	0.0188
78-185	9.32	6.53	11.33	1.060	0.18	-0.71	140.3	0.0248	0.0143
78-187	9.69	6.04	11.64	1.086	0.26	-0.11	131.1	0.0286	0.0198
78-188	8.65	7.91	10.83	0.887	0.42	1.23	128.2	0.0608	0.0444
78-189	8.11	6.13	10.41	1.022	0.20	-0.30	139.6	0.0307	0.0181
78-190	9.23	6.54	11.25	1.019	0.23	-0.32	140.0	0.0332	0.0193
78-191	9.74	6.55	12.09	1.302	0.26	-0.71	142.3	0.0296	0.0160
78-192	9.68	6.05	12.37	1.221	0.21	-1.30	146.1	0.0276	0.0135
78-193	9.65	6.07	12.36	1.222	0.20	-1.35	146.0	0.0262	0.0129
78-194	9.68	3.92	12.12	1.205	0.17	-1.07	156.7	0.0349	0.0113
78-195	9.61	4.93	12.10	1.259	0.06	-1.98	151.4	0.0097	0.0040
78-196	8.23	3.55	10.17	1.305	0.06	-2.19	155.1	0.0131	0.0046
78-197	7.43	3.00	9.41	1.036	0.07	-2.19	157.7	0.0227	0.0072
78-198	8.30	1.56	7.96	0.956	0.05	-2.47	164.1	0.0338	0.0066
78-199	10.89	-12.13	12.65	1.595	0.41	3.90	277.7	0.0283	0.0271
78-200	12.22	-13.90	15.50	1.576	0.51	1.63	290.6	0.0251	0.0225

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
78-201	12.63	-13.05	14.45	1.424	0.51	1.26	282.6	0.0267	0.0252
78-202	11.35	-12.72	13.40	1.397	0.50	1.73	279.7	0.0304	0.0288
78-203	10.27	-11.30	11.70	1.446	0.44	2.40	270.5	0.0289	0.0281
78-204	11.05	-13.67	13.93	1.361	0.46	0.03	266.1	0.0238	0.0233
78-205	9.64	-10.92	11.16	1.278	0.42	1.64	260.5	0.0325	0.0318
78-206	7.39	-9.27	9.74	1.443	0.20	2.19	276.5	0.0161	0.0154
78-207	8.91	-11.79	11.99	1.443	0.30	0.07	272.1	0.0170	0.0167
78-208	7.89	-10.63	11.17	1.313	0.24	0.09	277.9	0.0165	0.0157
78-209	8.66	-10.42	10.82	1.152	0.26	-0.19	279.0	0.0208	0.0201
78-210	8.50	-9.31	10.23	1.237	0.34	0.12	287.2	0.0284	0.0258
78-211	9.44	-10.69	11.45	1.241	0.38	1.17	279.4	0.0286	0.0272
78-212	8.92	-9.82	10.77	1.257	0.24	0.92	288.6	0.0198	0.0180
78-213	8.28	-9.99	10.44	1.136	0.22	0.51	279.3	0.0197	0.0189
78-214	9.91	-11.54	12.01	1.253	0.23	-0.05	277.5	0.0153	0.0147
78-215	10.08	-10.38	10.85	1.203	0.26	0.36	280.7	0.0200	0.0192
78-216	10.50	-11.88	12.36	1.248	0.27	0.58	277.7	0.0185	0.0178
78-217	11.04	-13.13	13.52	1.252	0.41	0.54	276.9	0.0254	0.0246
78-218	11.07	-12.79	13.22	1.258	0.41	0.07	277.6	0.0245	0.0237
78-219	10.01	-12.10	12.54	1.195	0.33	0.52	278.7	0.0232	0.0224
78-220	10.19	-11.46	12.98	1.355	0.38	0.40	292.1	0.0235	0.0208
79-001	7.63	-9.49	10.57	1.159	0.20	0.03	289.4	0.0175	0.0157
79-002	11.39	-13.67	13.61	1.598	0.39	2.33	279.5	0.0202	0.0194
79-003	11.27	-14.22	14.89	1.458	0.45	0.64	279.9	0.0221	0.0211
79-004	9.64	-12.10	12.49	1.392	0.36	1.33	274.4	0.0217	0.0210
79-005	12.00	-15.14	15.74	1.707	0.56	0.78	277.4	0.0220	0.0212
79-006	13.06	-16.04	16.80	1.743	0.67	0.62	279.9	0.0244	0.0233
79-007	12.48	-14.56	15.31	1.533	0.48	0.55	279.1	0.0218	0.0208
79-008	12.30	-14.76	15.79	1.521	0.54	1.15	282.7	0.0244	0.0229
79-009	12.02	-13.42	15.13	1.397	0.41	0.31	291.9	0.0210	0.0186
79-010	11.33	-11.51	12.17	1.226	0.18	1.63	282.1	0.0138	0.0130

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
79-011	9.96	-11.67	12.92	1.347	0.15	-0.85	289.2	0.0093	0.0084
79-012	8.25	-9.21	9.66	1.194	0.32	-0.12	280.6	0.0280	0.0267
79-013	9.63	-11.20	12.32	1.144	0.28	0.83	288.9	0.0222	0.0202
79-014	10.99	-12.84	14.12	1.355	0.51	-0.28	288.5	0.0282	0.0256
79-015	11.86	-13.96	15.38	1.370	0.53	-0.19	293.0	0.0266	0.0234
79-016	9.54	-11.31	12.29	1.176	0.22	-0.49	290.9	0.0163	0.0146
79-017	9.63	-10.61	11.94	1.270	0.38	-0.23	291.6	0.0271	0.0241
79-018	11.60	-12.44	14.14	1.309	0.19	-0.21	293.2	0.0112	0.0099
79-019	11.56	-11.76	15.32	1.205	0.17	0.34	305.0	0.0115	0.0089
79-020	12.15	-12.62	15.48	1.564	0.23	0.92	299.3	0.0118	0.0097
79-021	10.32	-11.40	13.96	1.312	0.14	-0.39	300.1	0.0090	0.0073
79-022	9.41	-10.57	11.92	1.017	0.11	0.54	292.6	0.0104	0.0092
79-023	11.73	-13.32	14.52	1.331	0.19	0.95	288.0	0.0109	0.0100
79-024	9.26	-11.28	12.22	1.275	0.22	0.34	285.5	0.0147	0.0136
79-025	10.97	-13.05	14.38	1.329	0.18	-0.03	288.2	0.0100	0.0091
79-026	10.14	-12.55	13.75	1.380	0.18	0.50	286.5	0.0106	0.0096
79-027	9.67	-12.08	12.72	1.146	0.32	-1.05	282.5	0.0224	0.0213
79-028	10.59	-11.79	12.39	1.292	0.33	0.67	281.7	0.0220	0.0210
79-029	10.46	-12.84	13.27	1.255	0.31	0.76	277.8	0.0196	0.0189
79-030	11.50	-14.64	15.17	1.363	0.36	-0.26	278.6	0.0171	0.0165
79-031	12.61	-14.81	15.40	1.509	0.48	0.44	279.5	0.0207	0.0199
79-032	12.42	-14.53	14.96	1.512	0.55	1.39	276.4	0.0254	0.0247
79-033	12.13	-14.02	14.40	1.420	0.35	1.23	275.6	0.0179	0.0174
79-034	11.03	-13.12	13.69	1.464	0.46	0.44	279.0	0.0230	0.0221
79-035	9.24	-11.36	11.91	1.371	0.42	2.06	279.6	0.0291	0.0278
79-036	11.99	-16.01	16.60	1.433	0.57	-0.03	278.9	0.0239	0.0230
79-037	11.62	-15.04	15.60	1.413	0.60	0.32	279.3	0.0271	0.0262
79-038	11.75	-10.34	11.37	1.609	0.64	1.29	286.0	0.0391	0.0356
79-039	12.40	-15.09	16.55	1.576	0.57	0.71	279.7	0.0231	0.0222
79-040	13.15	-16.33	16.31	1.555	0.65	1.02	276.7	0.0260	0.0253

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
79-041	12.45	-15.33	15.96	1.720	0.64	-0.24	278.7	0.0233	0.0224
79-042	12.67	-15.40	15.87	1.605	0.54	0.89	276.6	0.0222	0.0215
79-043	12.89	-15.26	15.82	1.593	0.54	1.04	277.9	0.0226	0.0218
79-044	15.26	-16.50	17.03	1.470	0.52	0.87	277.5	0.0218	0.0211
79-045	11.57	-14.13	14.65	1.601	0.49	1.47	277.9	0.0220	0.0212
79-046	13.90	-16.74	17.21	1.507	0.52	0.58	275.9	0.0210	0.0204
79-047	13.66	-16.23	17.31	1.656	0.65	0.83	275.9	0.0237	0.0230
79-048	13.94	-17.16	17.77	1.708	0.65	0.43	278.0	0.0213	0.0206
79-049	14.12	-17.18	17.80	1.604	0.73	0.53	278.3	0.0269	0.0260
79-050	13.64	-17.11	17.72	1.582	0.57	0.63	277.7	0.0214	0.0207
79-051	14.61	-17.60	18.06	1.759	0.70	0.66	275.4	0.0230	0.0224
79-052	14.34	-17.80	18.27	1.546	0.68	0.52	275.6	0.0251	0.0245
79-053	14.95	-18.67	19.10	1.673	0.71	0.28	274.5	0.0219	0.0214
79-054	9.66	-11.59	12.91	1.291	0.36	1.11	290.4	0.0245	0.0220
79-055	10.78	-11.84	12.40	1.176	0.41	0.13	281.0	0.0283	0.0270
79-056	11.13	-12.69	13.29	1.218	0.43	0.31	280.7	0.0267	0.0255
79-057	9.70	-12.26	12.84	1.156	0.39	0.12	280.9	0.0265	0.0253
79-058	9.92	-12.30	13.27	1.223	0.40	-1.19	286.0	0.0258	0.0239
79-059	10.84	-13.02	13.32	1.193	0.34	-0.74	282.0	0.0212	0.0200
79-060	10.93	-12.66	13.48	1.075	0.32	-0.11	284.2	0.0226	0.0212
79-061	12.00	-13.91	14.73	1.296	0.40	0.37	281.4	0.0213	0.0201
79-062	12.53	-14.02	14.62	1.359	0.52	1.45	279.6	0.0277	0.0266
79-063	10.28	-13.11	13.39	1.273	0.36	-0.20	280.9	0.0207	0.0196
79-064	9.48	-11.63	12.10	1.270	0.49	0.83	272.2	0.0336	0.0324
79-065	11.57	-13.48	14.08	1.302	0.46	0.84	279.5	0.0266	0.0255
79-066	11.58	-13.28	14.05	1.345	0.44	-1.26	282.3	0.0239	0.0226
79-067	12.02	-14.02	14.78	1.302	0.47	-0.39	282.4	0.0248	0.0235
79-068	11.93	-14.20	14.66	1.483	0.64	1.42	274.9	0.0309	0.0299
79-069	10.34	-12.12	12.37	1.211	0.47	0.36	264.8	0.0308	0.0302
79-070	6.48	-10.96	11.32	1.189	0.28	1.52	271.3	0.0232	0.0225

タイド	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
79-071	9.67	-10.72	11.72	1.131	0.35	-0.14	288.7	0.0278	0.0254
79-072	9.37	-11.97	12.34	1.273	0.41	-0.50	276.0	0.0261	0.0253
79-073	9.23	-12.43	12.66	1.276	0.35	0.86	267.0	0.0224	0.0220
79-074	8.49	-10.92	11.29	1.153	0.27	1.86	276.0	0.0231	0.0224
79-075	8.83	-10.37	10.92	1.246	0.27	1.35	271.0	0.0206	0.0202
79-076	10.53	-13.40	13.75	1.408	0.34	1.18	270.6	0.0183	0.0179
79-077	10.00	-12.96	13.28	1.383	0.33	0.37	272.3	0.0177	0.0173
79-078	14.29	-18.03	18.53	1.728	0.72	0.76	275.4	0.0235	0.0229
79-079	13.78	-16.03	16.63	1.596	0.50	0.10	277.6	0.0188	0.0181
79-080	11.93	-15.10	15.69	1.602	0.49	1.59	277.9	0.0219	0.0210
79-081	11.68	-7.00	13.68	1.167	0.35	0.78	144.5	0.0435	0.0223
79-082	10.78	-12.78	13.47	1.258	0.35	0.86	282.6	0.0221	0.0210
79-083	11.47	-11.75	13.66	1.366	0.44	0.19	297.0	0.0264	0.0223
79-084	10.90	-11.79	14.11	1.220	0.45	-1.12	297.8	0.0304	0.0254
79-085	10.36	-11.33	13.60	1.087	0.40	-0.45	298.2	0.0312	0.0260
79-086	12.22	-13.52	15.35	1.244	0.48	-0.51	293.5	0.0277	0.0244
79-087	12.25	-14.01	15.77	1.183	0.53	0.29	291.8	0.0307	0.0273
79-088	13.18	-14.92	16.23	1.585	0.48	-0.40	287.9	0.0195	0.0179
79-089	11.03	-13.10	14.52	1.477	0.52	1.14	289.4	0.0273	0.0246
79-090	12.71	-14.06	15.31	1.317	0.50	-0.55	286.9	0.0262	0.0241
79-091	11.51	-11.67	14.12	1.281	0.41	1.09	297.6	0.0274	0.0230
79-092	13.06	-13.94	15.02	1.391	0.44	0.79	294.1	0.0231	0.0201
79-093	12.97	-13.74	16.66	1.489	0.49	0.72	299.1	0.0243	0.0201
79-094	12.00	-13.05	15.55	1.343	0.46	-0.20	297.5	0.0252	0.0212
79-095	13.31	-13.66	15.46	1.366	0.43	0.73	292.8	0.0234	0.0207
79-096	12.48	-13.21	15.21	1.434	0.54	0.65	294.8	0.0290	0.0252
79-097	13.67	-14.90	16.72	1.421	0.48	0.62	292.2	0.0230	0.0205
79-098	13.13	-14.14	15.13	1.397	0.46	0.23	293.9	0.0224	0.0196
79-099	13.74	-15.31	16.30	1.386	0.56	0.42	288.9	0.0254	0.0231
79-100	13.32	-14.52	16.93	1.421	0.48	0.36	293.8	0.0219	0.0192

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
79-101	13.14	-14.46	16.45	1.293	0.46	0.12	293.5	0.0237	0.0208
79-102	13.78	-13.92	16.65	1.271	0.53	0.12	298.2	0.0288	0.0241
79-103	12.89	-12.15	16.22	1.136	0.61	-0.16	306.5	0.0425	0.0318
79-104	13.31	-12.72	16.80	1.200	0.49	-0.03	306.0	0.0309	0.0234
79-105	12.92	-15.63	16.14	1.517	0.53	1.38	274.5	0.0227	0.0220
79-106	10.38	-12.89	13.39	1.342	0.55	0.56	273.1	0.0323	0.0311
79-107	11.47	-7.13	13.36	1.131	0.23	-1.43	323.2	0.0277	0.0148
79-108	11.60	-7.27	13.78	1.193	0.32	-1.78	323.5	0.0372	0.0196
79-109	10.96	-6.22	12.84	1.172	0.24	-1.96	326.9	0.0332	0.0161
79-110	10.90	-8.97	13.53	1.033	0.31	-0.96	313.9	0.0325	0.0215
79-111	10.78	8.22	12.60	1.242	0.31	1.35	135.3	0.0309	0.0198
79-112	11.58	8.89	13.45	1.113	0.30	1.63	134.1	0.0327	0.0216
79-113	10.47	8.77	12.89	1.092	0.30	1.97	132.2	0.0338	0.0230
79-114	10.39	8.72	12.67	1.214	0.60	1.95	131.4	0.0612	0.0421
79-115	9.77	6.53	12.68	1.201	0.32	1.59	144.4	0.0438	0.0227
79-116	11.85	-13.01	14.48	1.338	0.40	0.45	290.7	0.0221	0.0199
79-117	10.80	-10.96	13.27	1.107	0.19	0.35	299.2	0.0151	0.0124
79-118	11.86	-14.31	15.15	1.356	0.40	-0.18	282.9	0.0198	0.0187
79-119	12.00	-14.74	15.62	1.667	0.50	0.08	281.6	0.0196	0.0185
79-120	15.25	-16.39	19.20	1.663	0.85	0.38	279.6	0.0267	0.0256
79-121	13.29	-16.14	17.02	2.052	0.81	-0.47	278.3	0.0235	0.0223
79-122	14.71	-18.22	19.03	1.945	0.83	-0.48	278.9	0.0225	0.0216
79-123	13.96	-16.47	17.23	1.997	0.78	0.01	277.5	0.0228	0.0218
79-124	10.92	-13.17	13.96	1.587	0.43	0.90	281.7	0.0209	0.0197
79-125	9.17	-12.27	12.73	1.340	0.37	-0.96	276.0	0.0218	0.0211
79-126	10.21	-12.82	13.21	1.425	0.38	-0.04	273.7	0.0200	0.0194
79-127	11.68	-13.43	13.80	1.461	0.41	0.21	274.6	0.0201	0.0196
79-128	10.26	4.68	12.59	1.359	0.11	0.95	153.9	0.0176	0.0065
79-129	11.24	7.44	13.00	1.122	0.13	0.59	140.6	0.0158	0.0091
79-130	12.87	8.53	14.99	1.136	0.31	0.0	140.8	0.0308	0.0175

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
79-131	12.00	7.84	13.93	1.070	0.12	0.13	141.1	0.0138	0.0077
79-132	11.07	7.28	13.27	1.189	0.16	0.26	142.3	0.0178	0.0097
79-133	11.35	7.07	14.16	1.252	0.18	0.31	145.8	0.0196	0.0098
79-134	12.19	8.13	14.98	1.323	0.19	0.66	142.8	0.0180	0.0097
79-135	10.36	7.72	12.11	1.095	0.15	0.92	135.5	0.0180	0.0115
79-136	9.13	7.05	10.91	1.106	0.17	1.50	135.2	0.0235	0.0152
79-137	11.47	9.49	13.38	1.047	0.18	1.84	130.0	0.0196	0.0139
79-138	11.34	10.91	14.01	0.940	0.22	2.23	124.4	0.0232	0.0180
79-139	12.30	7.68	13.97	1.131	0.16	1.16	141.8	0.0187	0.0103
79-140	13.45	8.79	15.63	1.236	0.21	1.34	141.0	0.0196	0.0110
79-141	12.92	9.04	15.43	1.273	0.25	0.99	139.3	0.0221	0.0129
79-142	10.75	8.48	13.14	1.142	0.26	2.15	135.1	0.0290	0.0187
79-143	13.04	9.99	15.00	1.201	0.25	1.63	133.5	0.0225	0.0150
79-144	12.56	10.05	15.01	1.162	0.33	2.00	133.2	0.0305	0.0204
79-145	12.04	9.99	15.06	1.262	0.30	1.47	133.7	0.0242	0.0160
79-146	13.52	9.21	15.87	1.337	0.40	1.82	139.9	0.0351	0.0203
79-147	11.79	8.67	13.97	1.104	0.27	1.62	136.8	0.0304	0.0189
79-148	12.52	9.73	15.64	1.205	0.26	1.42	137.0	0.0225	0.0140
79-149	13.02	9.48	15.47	1.205	0.32	1.48	137.5	0.0285	0.0174
79-150	11.04	8.58	13.04	0.975	0.17	1.77	134.2	0.0219	0.0144
79-151	9.21	5.24	11.93	1.238	0.27	1.50	148.9	0.0449	0.0197
79-152	10.19	6.86	12.64	1.251	0.24	2.52	148.3	0.0394	0.0189
79-153	10.43	-11.02	12.21	1.290	0.33	0.28	289.7	0.0223	0.0201
79-154	9.32	5.73	11.50	1.270	0.32	0.46	145.3	0.0423	0.0211
79-155	9.54	-10.19	11.45	1.515	0.30	1.73	289.9	0.0210	0.0187
79-156	11.04	-11.97	13.39	1.607	0.40	1.85	289.0	0.0224	0.0201
79-157	11.72	-13.70	14.40	1.602	0.66	0.70	280.2	0.0306	0.0291
79-158	11.15	-12.92	13.39	1.517	0.63	1.62	277.1	0.0347	0.0335
79-159	12.82	-14.25	14.75	1.521	0.67	0.66	277.7	0.0314	0.0304
79-160	13.85	-15.43	16.12	1.717	0.73	1.57	279.5	0.0297	0.0285

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
79-161	14.74	-16.30	16.97	1.694	0.84	0.56	279.4	0.0309	0.0297
79-162	13.27	-14.89	15.69	1.647	0.66	0.25	281.1	0.0259	0.0246
79-163	12.34	-13.40	14.64	1.600	0.57	1.09	286.5	0.0270	0.0247
79-164	12.52	-13.89	14.79	1.478	0.55	0.82	283.9	0.0272	0.0256
79-165	11.13	-11.62	12.95	1.430	0.70	0.19	290.6	0.0405	0.0363
79-166	9.21	-10.67	11.77	1.102	0.35	-0.72	289.3	0.0289	0.0262
79-167	11.48	-11.42	14.64	0.989	0.45	-0.65	304.0	0.0387	0.0302
79-168	11.29	8.23	14.01	1.169	0.22	-0.31	139.4	0.0220	0.0129
79-169	10.88	7.60	12.88	1.061	0.19	0.63	139.1	0.0239	0.0141
79-170	10.42	6.64	12.93	1.214	0.41	-0.02	144.8	0.0489	0.0251
79-171	9.30	6.29	11.44	0.998	0.14	-0.28	142.2	0.0214	0.0118
79-172	10.51	7.81	12.50	1.102	0.14	0.18	136.3	0.0156	0.0098
79-173	9.69	7.22	11.86	1.054	0.13	0.47	137.7	0.0164	0.0100
79-174	10.53	6.97	12.43	1.075	0.12	0.42	141.4	0.0154	0.0086
79-175	13.00	12.57	15.33	0.946	0.31	1.64	120.6	0.0281	0.0231
79-176	10.65	-12.35	12.61	1.232	0.31	0.86	272.0	0.0207	0.0203
79-177	10.22	-11.73	12.11	1.313	0.25	0.38	275.9	0.0156	0.0151
79-188	20.17	21.23	21.46	1.981	1.40	2.05	87.6	0.0359	0.0355
79-189	22.27	24.72	25.18	1.854	1.64	1.57	94.5	0.0386	0.0379
79-190	23.41	25.14	26.31	1.646	1.45	2.16	101.7	0.0378	0.0361
79-191	23.34	24.75	25.59	1.717	1.55	1.41	98.9	0.0371	0.0359
79-192	24.44	25.85	26.55	1.862	1.62	1.87	96.9	0.0363	0.0354
79-193	25.99	27.15	27.66	2.277	2.03	1.47	93.6	0.0334	0.0328
79-194	26.16	26.69	27.06	2.265	1.96	1.87	90.1	0.0350	0.0345
79-195	27.33	28.18	28.91	2.052	1.95	1.79	95.6	0.0364	0.0355
79-196	28.76	27.99	28.80	2.354	1.99	1.77	96.8	0.0326	0.0317
79-197	29.99	29.06	30.17	2.148	2.25	2.44	98.6	0.0389	0.0375
79-198	30.94	29.98	31.13	2.060	2.16	1.76	99.4	0.0377	0.0364
79-199	22.52	23.62	24.51	1.573	1.30	2.10	99.8	0.0378	0.0364
79-200	16.53	16.14	19.32	1.216	0.53	1.84	118.2	0.0291	0.0243

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
79-214	14.58	-6.31	15.88	1.518	0.33	0.86	200.3	0.0350	0.0139
79-229	15.55	-5.41	8.81	1.826	0.81	1.76	334.6	0.0885	0.0543
80-001	10.30	8.12	24.20	1.216	0.29	0.38	95.2	0.0282	0.0095
80-002	10.83	9.98	13.49	1.104	0.39	0.13	127.6	0.0340	0.0252
80-003	9.63	7.48	12.39	1.108	0.37	0.01	138.2	0.0429	0.0259
80-004	11.74	7.84	14.90	1.248	0.28	-0.33	144.2	0.0275	0.0145
80-005	10.31	8.37	13.34	0.621	0.19	-1.29	136.2	0.0355	0.0223
80-006	11.46	8.03	14.18	0.729	0.23	-0.46	140.5	0.0378	0.0214
80-007	12.15	8.15	14.87	1.470	0.26	0.72	142.1	0.0221	0.0121
80-008	12.00	8.64	15.06	1.515	0.32	0.34	140.5	0.0235	0.0135
80-009	13.66	9.17	16.14	1.427	0.38	0.37	140.9	0.0279	0.0159
80-010	12.55	8.14	15.50	0.869	0.25	-0.38	143.8	0.0340	0.0178
80-011	13.56	9.63	16.65	1.447	0.29	0.02	140.1	0.0200	0.0116
80-012	11.83	8.38	14.54	1.465	0.29	0.07	140.4	0.0227	0.0131
80-013	13.11	8.89	16.06	1.480	0.28	0.28	141.5	0.0205	0.0113
80-014	12.66	9.59	15.46	0.667	0.35	-0.15	137.1	0.0526	0.0326
80-015	12.00	9.11	15.83	1.454	0.27	0.14	140.1	0.0196	0.0113
80-016	12.67	10.20	16.24	0.817	0.30	1.60	136.7	0.0389	0.0244
80-017	12.26	8.26	14.39	1.233	0.22	1.82	140.4	0.0233	0.0134
80-018	11.23	9.92	14.70	1.232	0.25	0.68	132.9	0.0208	0.0140
80-019	11.81	11.11	16.16	1.338	0.38	0.39	132.0	0.0246	0.0169
80-020	11.54	10.01	14.53	1.208	0.31	-0.11	131.7	0.0246	0.0170
80-021	12.06	10.53	13.71	1.145	0.26	0.25	124.6	0.0207	0.0159
80-022	13.24	12.20	15.20	1.298	0.42	0.34	121.5	0.0255	0.0205
80-023	14.05	8.01	16.64	1.881	0.49	0.41	147.1	0.0313	0.0151
80-024	14.66	8.56	18.49	2.080	0.56	0.35	147.9	0.0302	0.0140
80-025	15.91	9.33	19.52	1.942	0.64	-0.08	146.8	0.0340	0.0162
80-026	12.40	6.82	15.86	1.920	0.37	0.11	150.6	0.0272	0.0117
80-027	12.45	6.41	16.29	2.117	0.41	0.02	152.4	0.0290	0.0114
80-028	15.24	9.33	19.46	2.082	0.51	-0.95	147.1	0.0255	0.0122

タイトル	UV	V1	V2	σ_w	σ_η	α	θ	CONST1	CONST2
80-029	15.55	9.54	19.10	2.147	0.50	-0.05	145.4	0.0235	0.0117
80-030	14.54	8.80	18.13	1.829	0.45	-0.26	146.5	0.0269	0.0130
80-031	14.49	13.05	20.72	1.876	0.55	-0.28	136.2	0.0216	0.0136
80-032	15.95	8.55	20.07	2.172	0.61	0.07	150.1	0.0316	0.0135
80-033	15.44	8.27	19.33	2.046	0.40	-0.74	150.0	0.0229	0.0098
80-034	11.60	4.70	15.51	1.648	0.31	-0.82	157.8	0.0342	0.0105
80-035	6.06	2.18	11.48	1.384	0.22	-2.31	166.2	0.0735	0.0140
80-037	9.62	2.00	12.51	1.592	0.14	-2.15	166.6	0.0430	0.0071
80-038	10.29	-15.15	15.62	1.290	0.38	-0.30	276.0	0.0187	0.0181
80-039	10.23	-14.97	15.46	1.295	0.40	-0.08	276.9	0.0198	0.0192
80-040	10.92	-15.55	15.96	1.358	0.35	-0.76	276.7	0.0161	0.0157
80-041	12.18	-17.02	17.86	1.616	0.56	-0.22	281.1	0.0196	0.0187
80-042	12.79	-17.31	18.06	1.697	0.54	-0.09	279.8	0.0177	0.0169
80-043	13.72	-18.27	19.09	1.691	0.73	0.26	280.3	0.0227	0.0217
80-044	14.16	-18.19	19.01	1.464	0.69	0.05	281.1	0.0249	0.0238
80-045	9.79	-9.47	13.81	1.245	0.23	-0.18	311.9	0.0188	0.0129
80-046	12.41	-12.97	17.46	1.211	0.39	-1.20	307.4	0.0241	0.0179
80-047	12.56	-14.32	17.76	1.266	0.37	0.24	301.2	0.0196	0.0158
80-048	12.94	-16.67	17.61	1.544	0.52	-0.23	282.4	0.0194	0.0184
80-049	11.24	-14.65	15.50	1.457	0.48	0.91	278.7	0.0225	0.0216
80-050	11.62	-16.12	16.85	1.538	0.61	0.43	280.0	0.0237	0.0226
80-051	11.27	-15.59	16.11	1.591	0.61	0.29	277.6	0.0236	0.0229
80-052	13.56	-15.12	18.77	1.553	0.63	0.26	278.7	0.0215	0.0208
80-053	10.97	-15.69	16.24	1.479	0.45	0.78	278.2	0.0197	0.0190
80-054	9.92	-13.98	14.58	1.368	0.53	-0.65	277.9	0.0269	0.0258
80-055	11.13	-14.95	16.28	1.353	0.38	-0.29	287.5	0.0181	0.0166
80-056	12.26	-16.00	17.43	1.482	0.48	-0.10	287.8	0.0195	0.0179
80-057	10.94	-14.08	15.90	1.333	0.29	-0.24	292.7	0.0149	0.0132
80-058	12.22	-15.46	17.38	1.418	0.35	0.33	292.1	0.0153	0.0137

表-5-6 Const 1 および Const 2 の特性

	Const 1				Const 2			
	平 均	標準偏差	最 大	最 小	平 均	標準偏差	最 大	最 小
全 ケ ー ス [*] 1079 ケース	0.034	0.044	0.532	0.009	0.023	0.010	0.111	0.004
ほぼ橋軸方向 [*] $0^{\circ} < \theta < 30^{\circ}$ $150^{\circ} < \theta < 210^{\circ}$ $330^{\circ} < \theta < 360^{\circ}$ 67 ケース	0.132	0.136	0.532	0.010	0.028	0.021	0.104	0.004
ほぼ橋軸直角方向 $60^{\circ} < \theta < 120^{\circ}$ $240^{\circ} < \theta < 300^{\circ}$ 631 ケース	0.025	0.007	0.076	0.009	0.023	0.007	0.069	0.008
橋軸斜め方向 $30^{\circ} \leq \theta \leq 60^{\circ}$ $120^{\circ} \leq \theta \leq 150^{\circ}$ $210^{\circ} \leq \theta \leq 240^{\circ}$ $300^{\circ} \leq \theta \leq 330^{\circ}$ 831 ケース	0.032	0.019	0.168	0.009	0.020	0.011	0.111	0.006

* 橋軸方向士 10° の範囲の風向のデータを除いて計算。

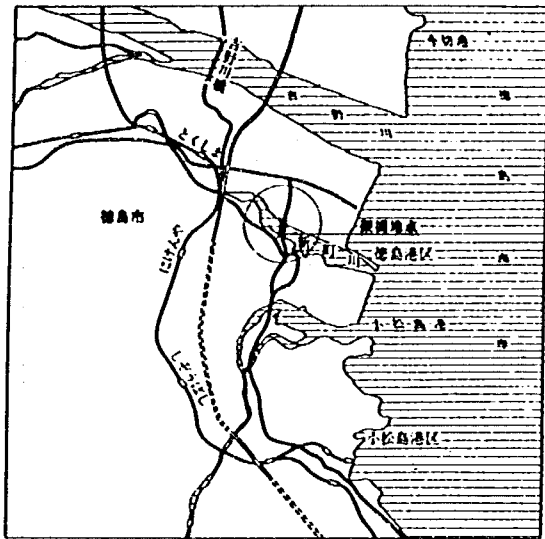


図-5-1 末広大橋架設位置

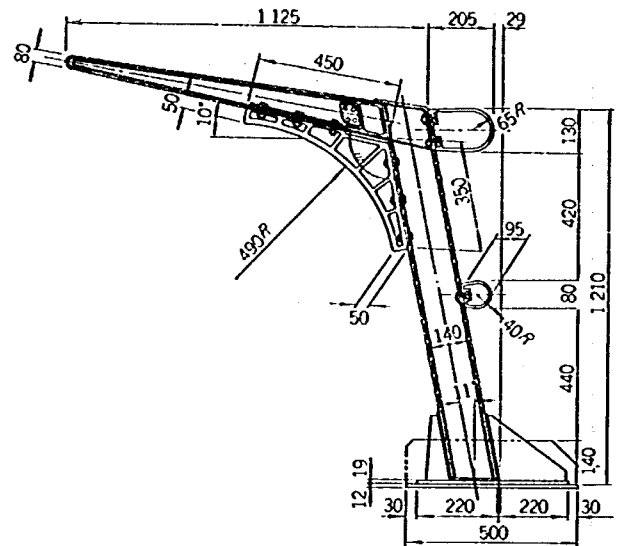


図-5-2 端抑流板付高欄

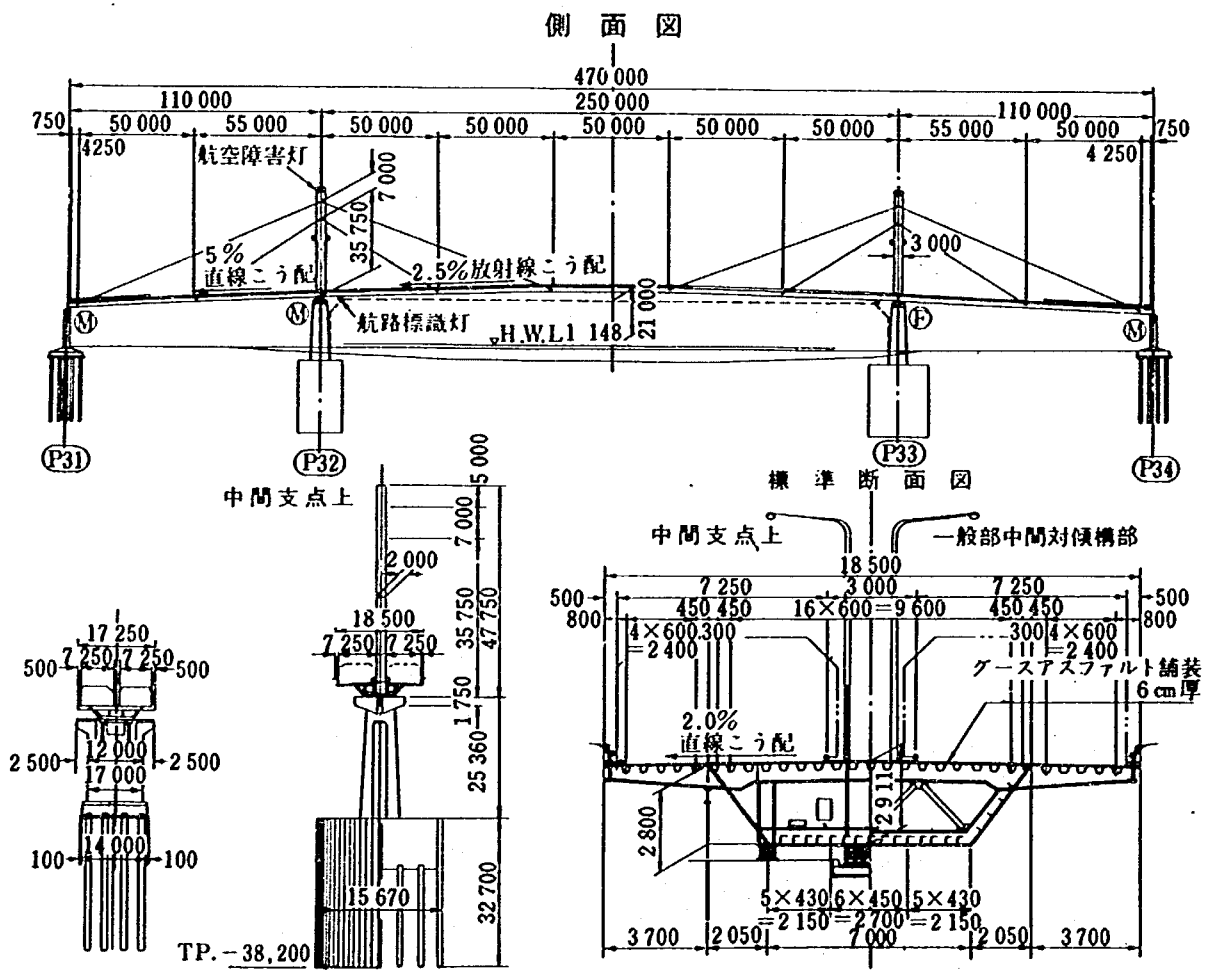


図-5-3 末広大橋一般図

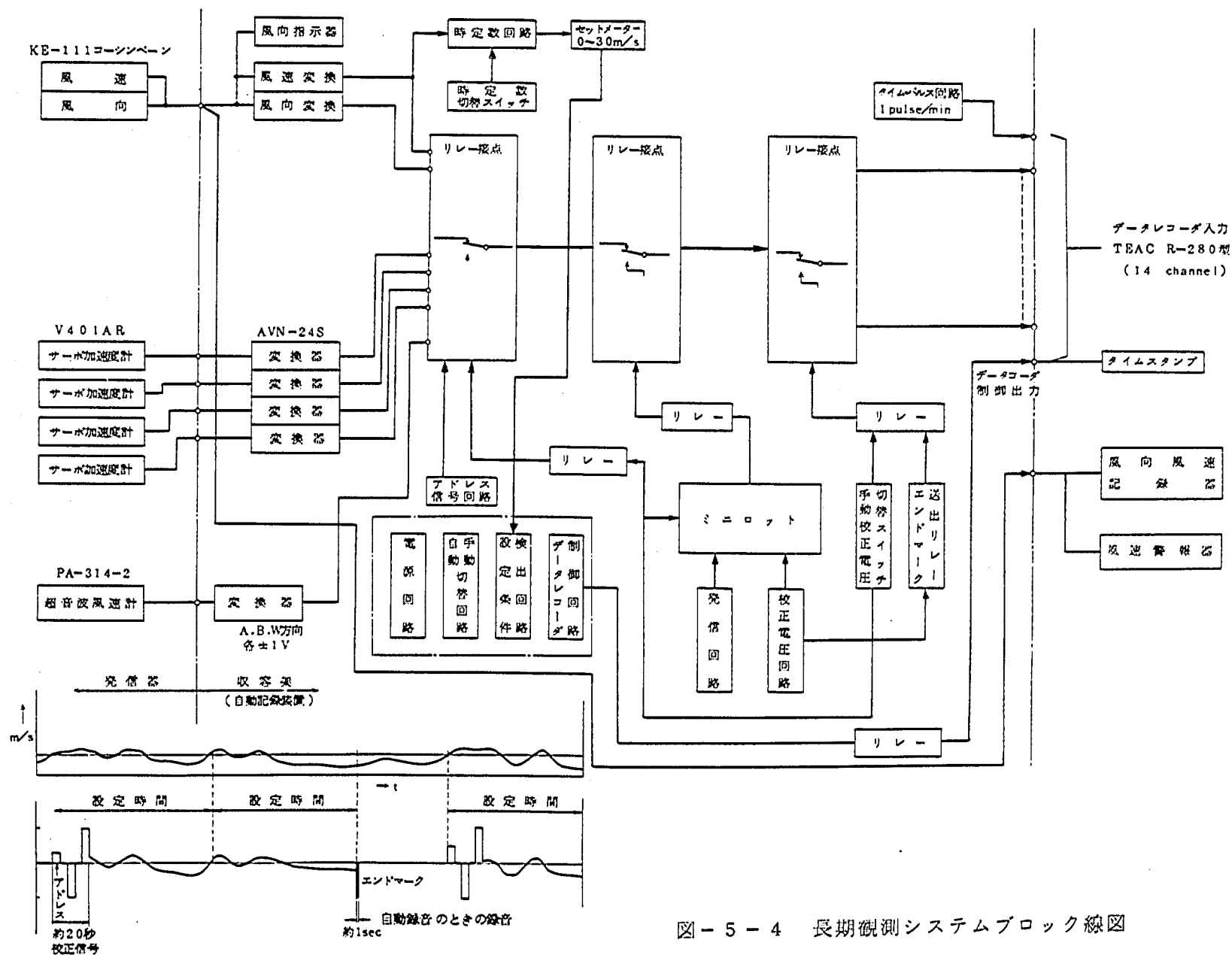


図-5-4 長期観測システムブロック線図

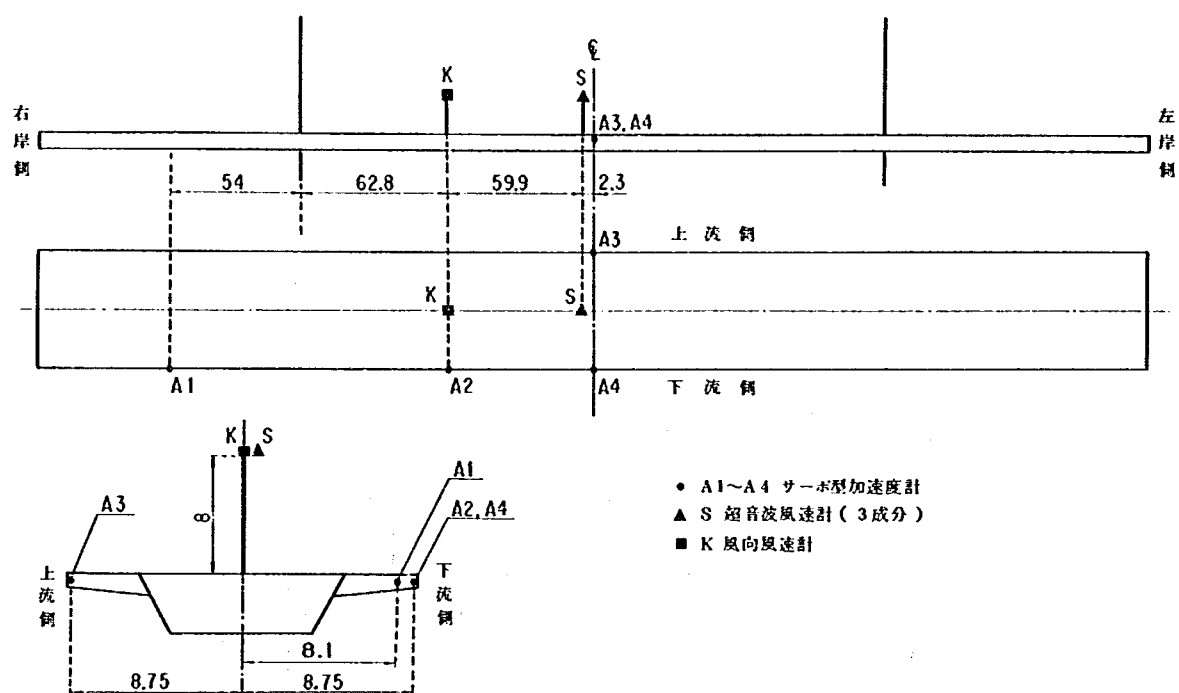


図-5-5 長期観測システム配置図

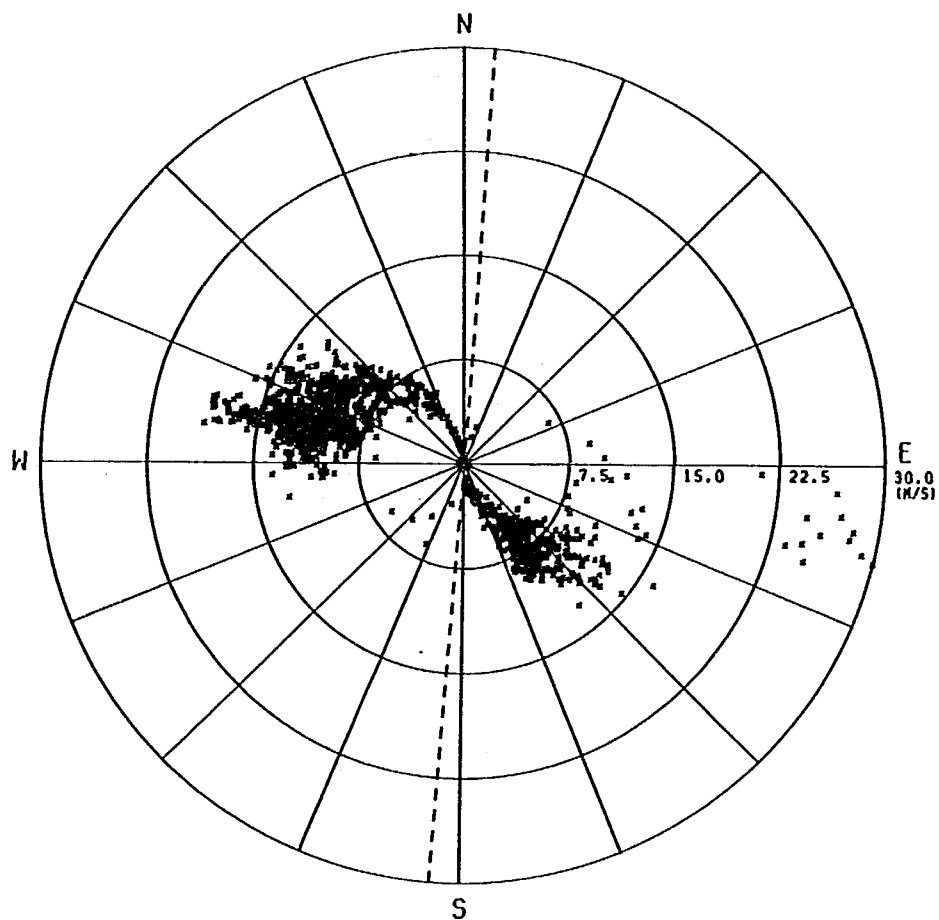


図-5-6 V1-0 (全データ)

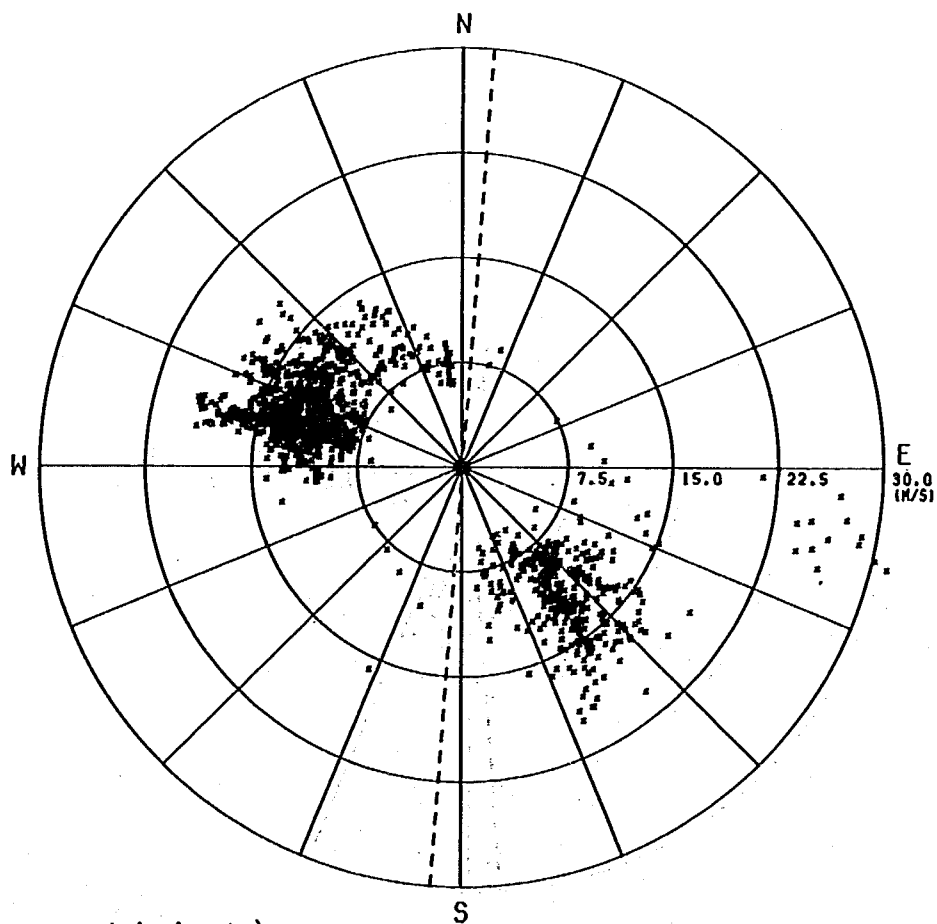


図-5-7 V2-0 (全データ)

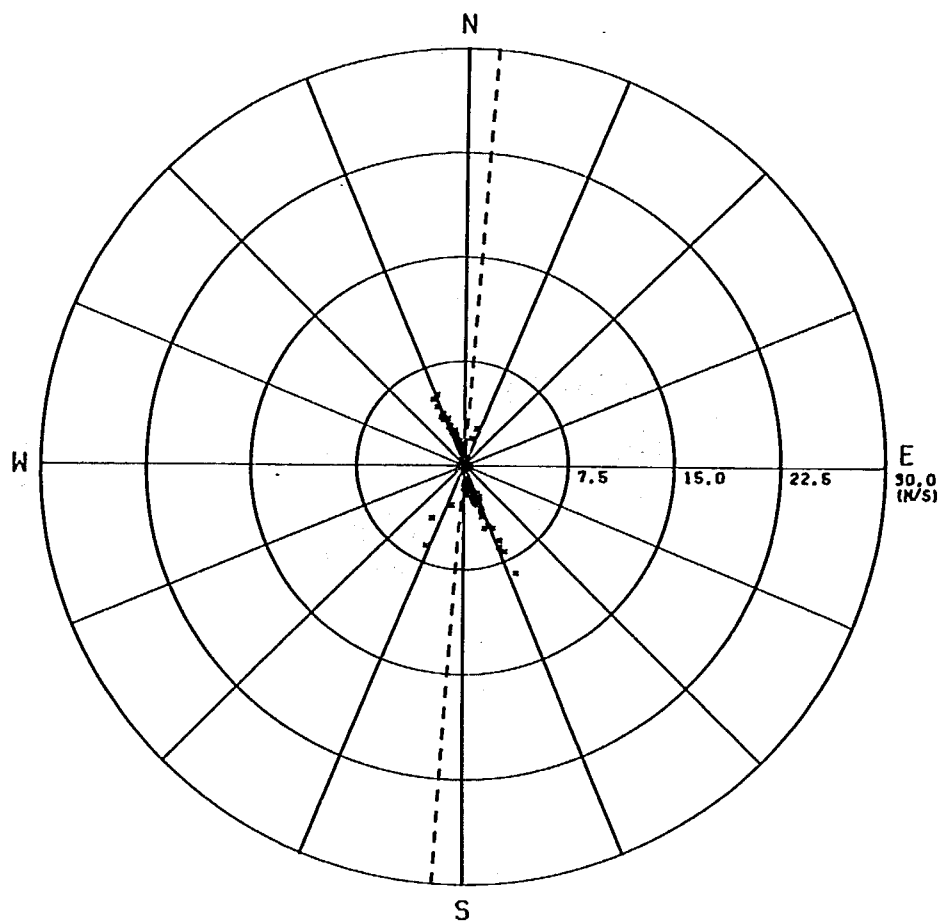


図-5-8 V1-0 (ほぼ橋軸方向)

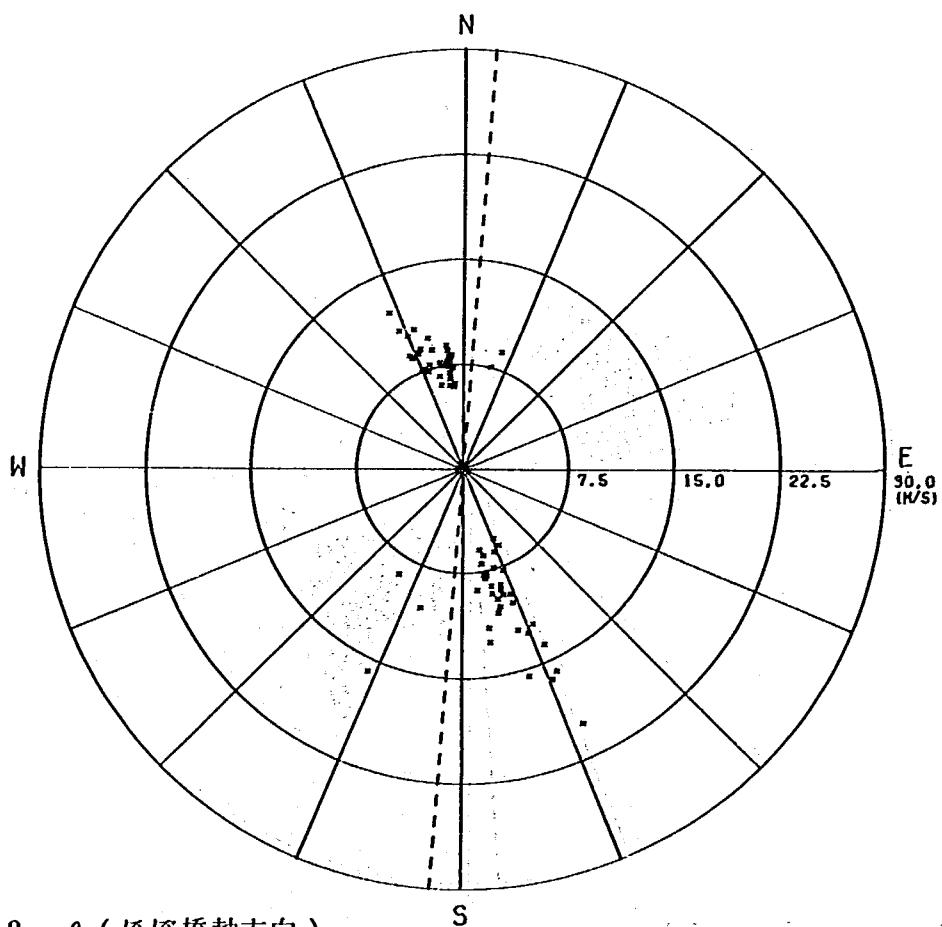


図-5-9 V2-0 (ほぼ橋軸方向)

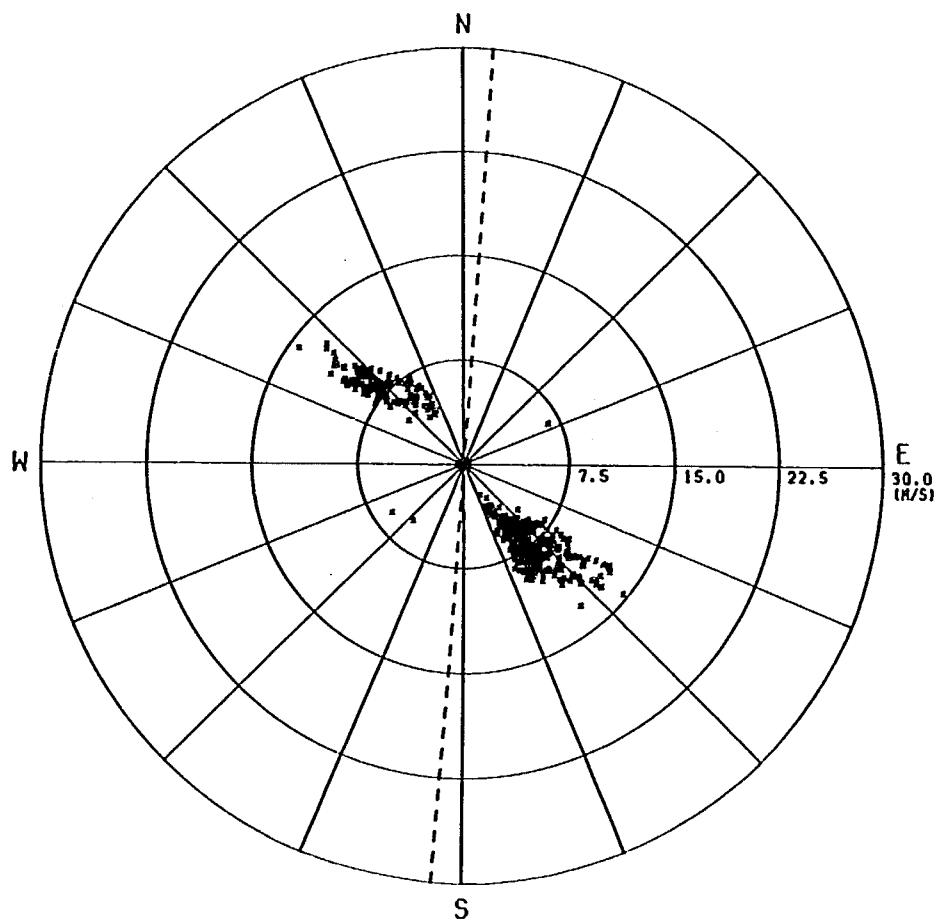


図-5-10 V1-θ (斜め方向)

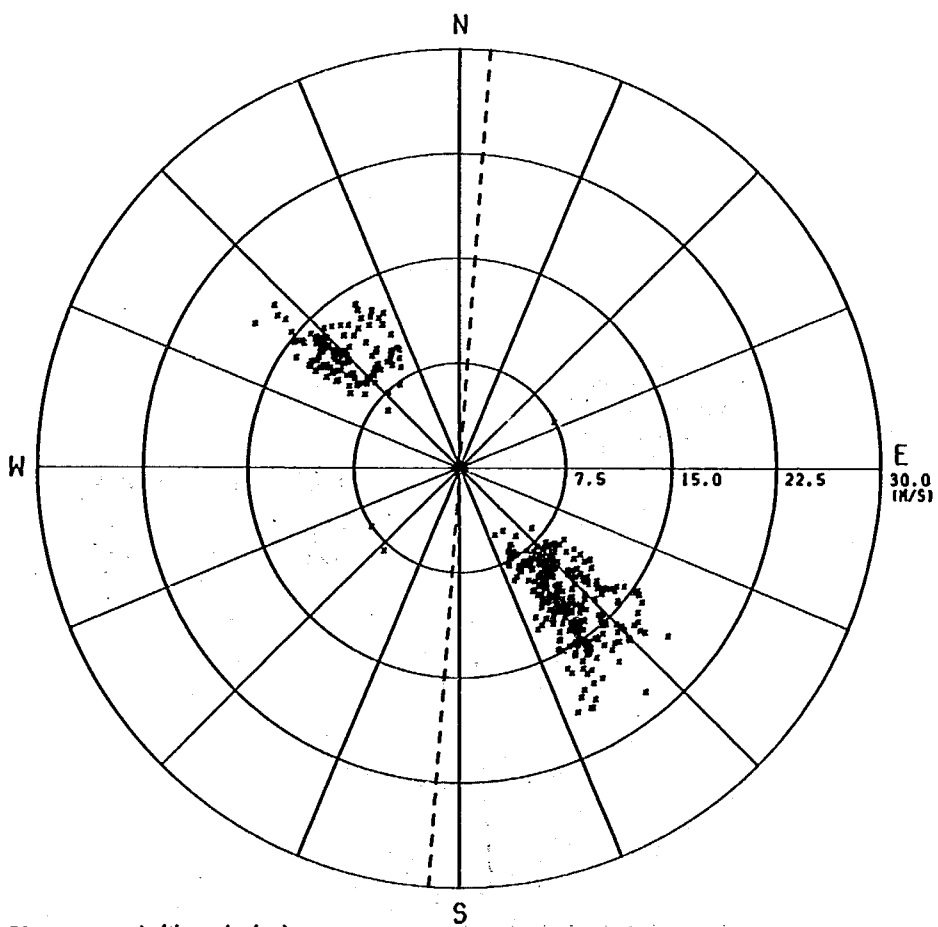


図-5-11 V2-θ (斜め方向)

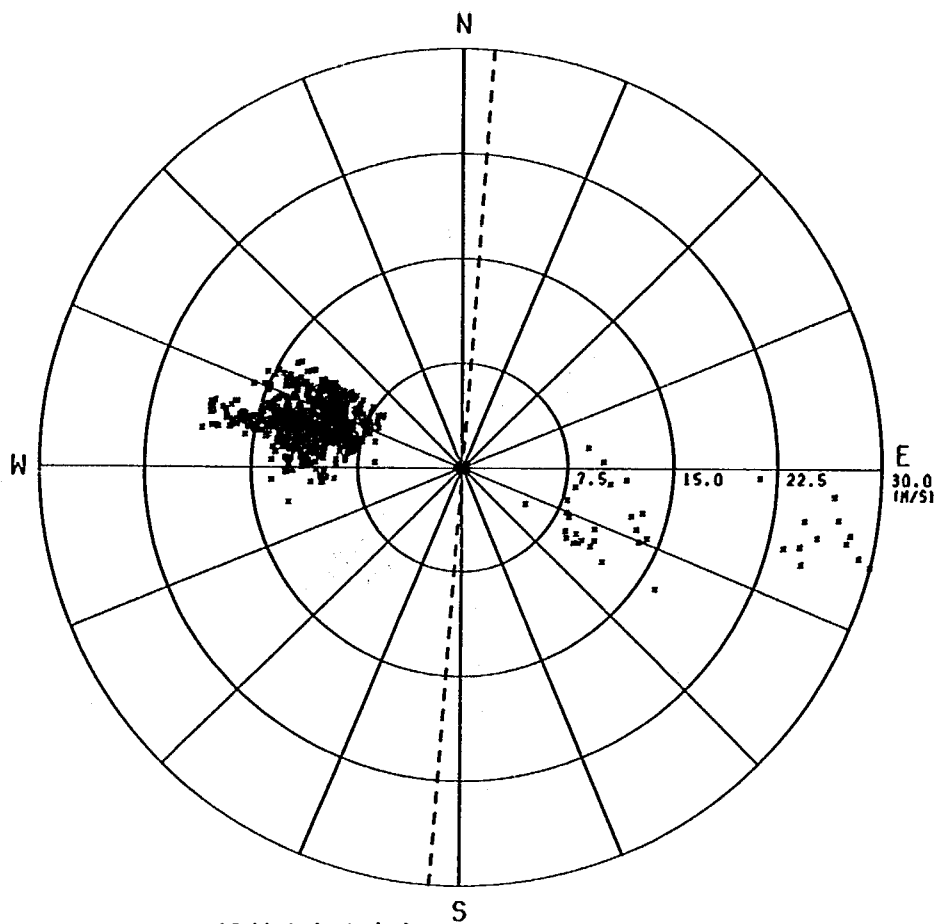


図-5-12 V1-0 (ほぼ橋軸直角方向)

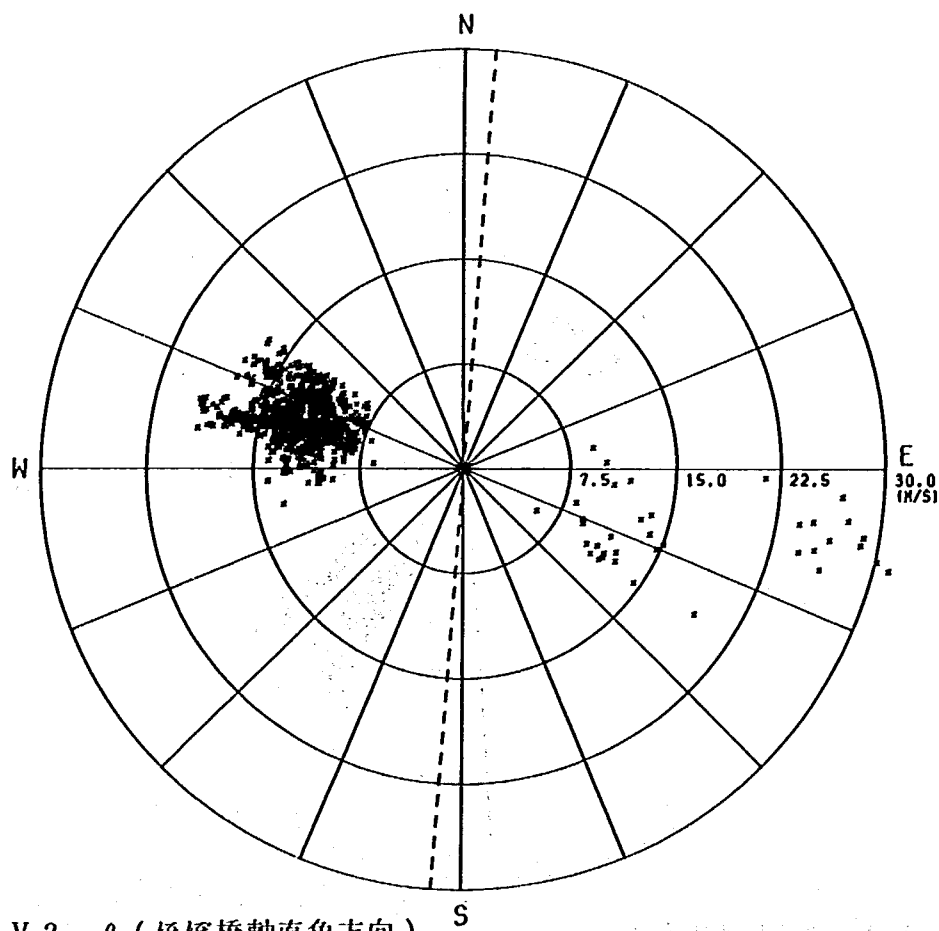


図-5-13 V2-0 (ほぼ橋軸直角方向)

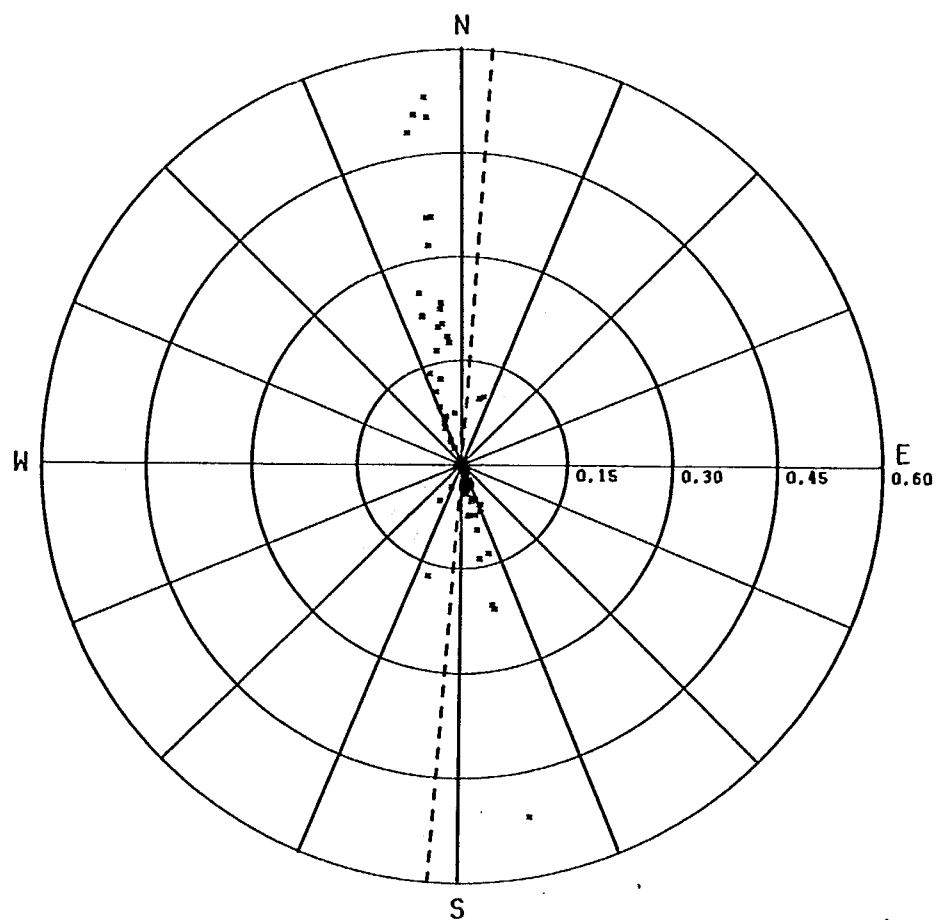


図-5-14 Const 1- θ (ほぼ橋軸方向)

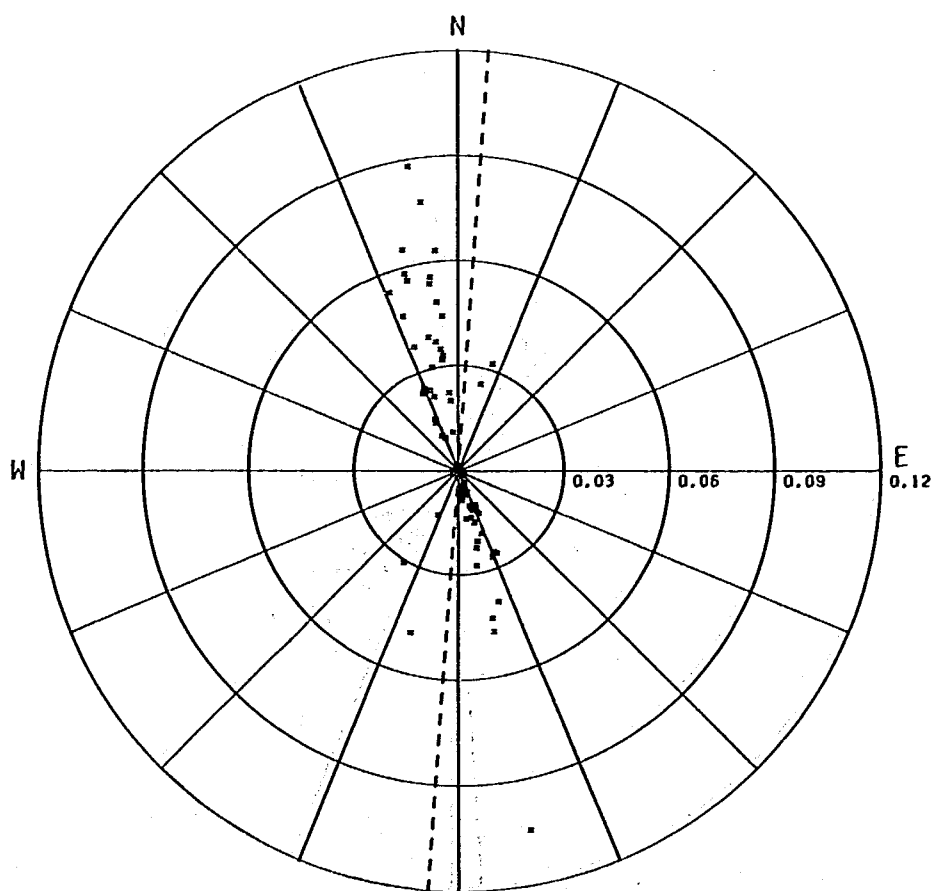


図-5-15 Const 2- θ (ほぼ橋軸方向)

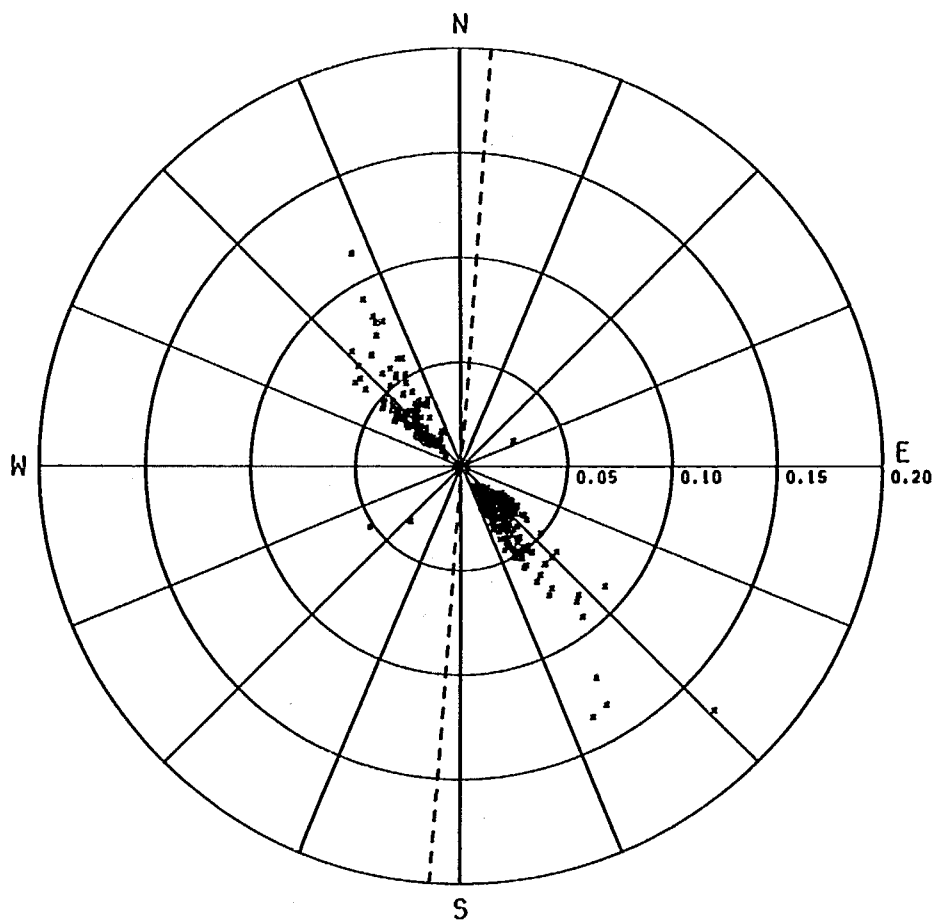


図-5-16 Const 1 - θ (斜め方向)

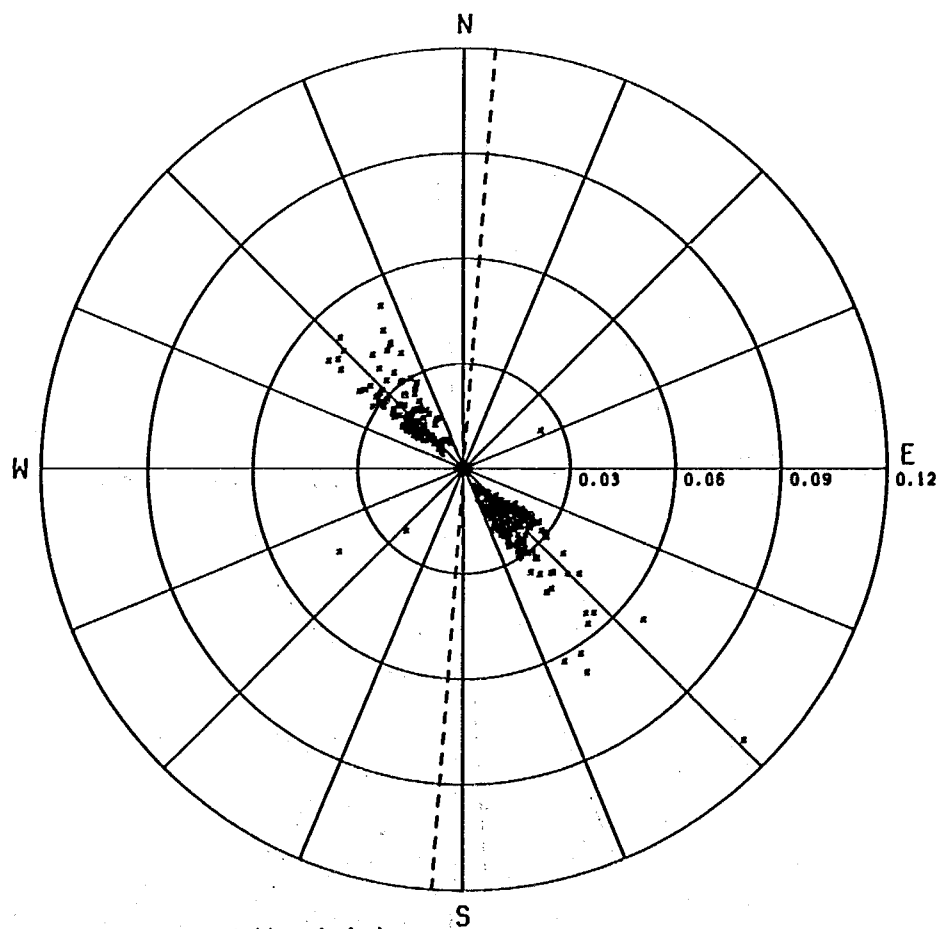


図-5-17 Const 2 - θ (斜め方向)

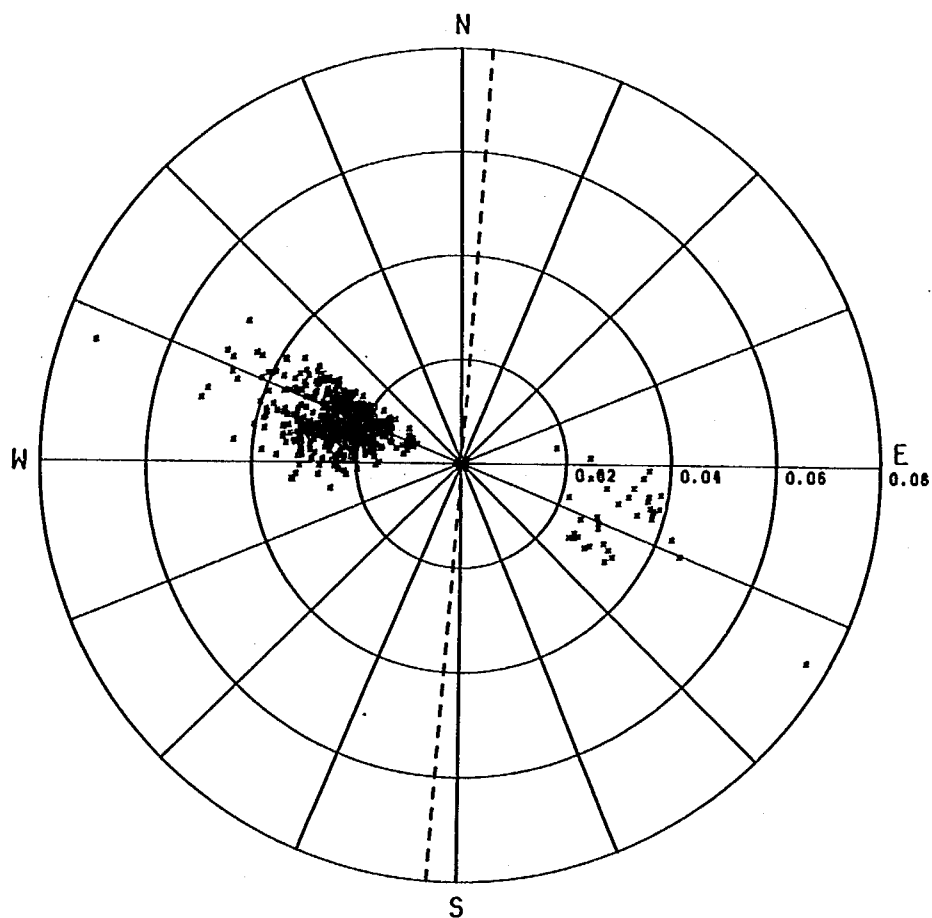


図-5-18 Const 1-0 (橋軸直角方向)

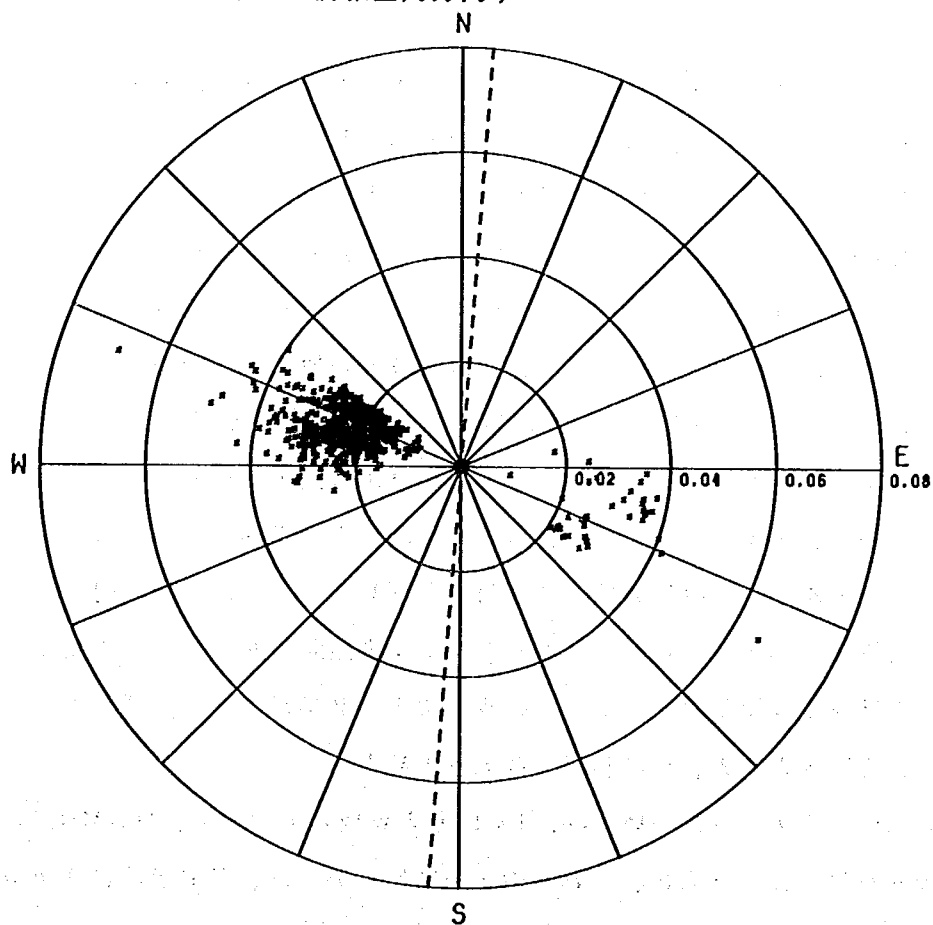


図-5-19 Const 2-0 (橋軸直角方向)

6. 水郷大橋における自然風の長期観測データ解析

6.1 まえがき

風速変動に起因する変動空気力により橋桁は不規則振動を起こすが、この不規則振動（ガスト応答）の大きさは、風の平均的特性の空間的分布のみならず、風の時間的変動特性が空間的にどのように変化するかにも依存する。風の空間的変動特性を明らかにするためには、異なる地点で同時に風速を測定することが必要であるが、このような観測は関門橋¹⁾および多良間島²⁾などにおいて実施されているにすぎない。しかもこれらの観測システムの多くは鉛直成分風速の空間変動特性を把握できるような観測機器を有していない。

このため、自然風の空間的変動特性を把握することを目的として、昨年度水郷大橋に超音波風速計4台を増設した³⁾。今年度は、本観測システムを用いて風速データを収集し、基礎的統計量の計算および空間的変動特性の解析を実施した。結果をとりまとめて以下に報告する。

6.2 調査方法

6.2.1 観測システムの概要

観測システムについては昨年度の報告書に詳細が述べられているので³⁾、ここでは超音波風速計の位置を図-6-1に、観測機器構成を表-6-1に示すに止める。

6.2.2 データの解析方法

得られたアナログデータは、サンプリングタイム100ms、1チャンネルあたりのデータ数6000個でA/D変換し、大型電算機で処理した。

基礎的統計量として、平均風速、最大風速、最小風速、ガストファクター、変動風速の標準偏差、乱れ強さ、水平偏角の平均値、傾斜角、主流方向の乱れのスケールを考え、計算した。風速は、橋軸直角方向水平成分 u 、橋軸方向水平成分 v 、鉛直方向成分 w に分解されるが、平均風速、最大風速、最小風速は、この3成分の他に、水平の2成分を合成した風速 h_v 、3成分を合成した風速 u_g についても計算を行った。乱れの強さは、各変動風速の標準偏差を合成風速 u_g の平均値で除したものと、橋軸直角方向水平成分 u の平均値で除したものと2通りの計算により求めた。傾斜角としては、主流風向を含む鉛直面内における傾斜角と、橋軸に直角な鉛直面内における傾斜角とを求めた。とくに主流風向を含む鉛直面内の傾斜角の平均値については、各時刻の風速データより傾斜角を求めて平均化するという方法と、平均化した風速より傾斜角を求めるという方法とで2種類求めた。乱れのスケールは、Taylorの仮説にもとづき、自己相関関数より求めた⁴⁾。

比較的高風速のデータについては、 h_v 成分と w 成分について、MEM法⁵⁾によりパワースペクトルを計算した。さらに、これらのデータについては、FFT法によりコヒーレンスを計算した⁶⁾。

6.3 調査結果

6.3.1 得られたデータ

今年度収録されたテープは8巻で129ケース(1ケースあたり15分間)であった。しかし、観測日時の記録不良および超音波風速計の異常等により、解析できないケースも少なくなかった。

6.3.2 解析結果

自然風の基礎的統計量に関する計算結果のうち、比較的強風のデータ10ケースについて表-6-2に示す。また、このうち2ケース(昭和56年5月24日14時28分、昭和56年10月2日17時47分)についてのコヒーレンスを図-6-2~25に示した。

図中の破線はクロススペクトル等により求めたコヒーレンス $\text{coh}^2(f)$ であり、指数関数による近似式で求めた計算値も実線で示した。なお、図中の数値は $2k$ (k はディケイファクター) の値である。

図中の記号

HV ; 水平成分風速	CH=1 CH=2 ; 超音波風速計 S1 と S2 の相関
W ; 鉛直成分風速	1 CH (95) ; 超音波風速計 S1 のデータについて
NH ; Hanning ウィンドー	95 個スタート時刻を遅らせる。

の平滑回数

この2ケースについては超音波風速計 S2 より得られた水平成分風速および鉛直成分風速のパワースペクトルを図-6-26~29に示した。

6.4 考 察

6.4.1 基礎的統計量について

今年度得られた風速データのうち、平均風速が 10 m/s を超えたのは数ケースにとどまり、平均風速 12.7 m/s が最大であり、 $8 \text{ m/s} \sim 10 \text{ m/s}$ のデータが全データの7割程度を占め、高風速の記録は収録できなかった。また、平均風速 8 m/s 以上のデータについてみると、北東、北西および南東の風向が多い。なお、表-6-2において超音波風速計 S_1, S_2 の鉛直成分(w)および迎角に異常と思われるデータが多いので、本データを使用する場合にはその取扱いに充分注意する必要がある。

6.4.2 パワースペクトルについて

平均流方向の変動風速のパワースペクトルの計算値を Davenport の経験式

$$S_w(f) = 4K \frac{f L^2}{\left\{ 1 + \left(\frac{f L}{U_{10}} \right)^2 \right\}^{4/3}} \quad (0 < f < \infty)$$

ここに、 $S_w(f)$ ：平均流方向のパワースペクトル ($m^2/s^2 \cdot s$)、 K ：基準高さ $10m$ で定義した表面摩擦係数、 U_{10} ：高さ $10m$ における基準風速 (m/s)、 f ：周波数 (Hz)、 L ：スケールを表わす量 (Davenport は $L = 1200m$ としている)。

と比較すると、 K は 2 ケースともほぼ $0.002 \sim 0.003$ となり Davenport の推奨する、開けた水上における K ($0.001 \sim 0.002$) と開けた草原における K ($0.003 \sim 0.005$) との中間的な値となった。また上式は $S_w(f) \propto f \left(\frac{fL}{U_{10}} \ll 1 \right)$ 、 $S_w(f) \propto f^{-5/3} \left(\frac{fL}{U_{10}} \gg 1 \right)$ となっているが、計算値は 2 ケースとも $S_w(f) \propto f^{-6/3}$ となり、高周波数領域ではほぼ $-5/3$ 乗則に合致している。

鉛直方向の変動風速のパワースペクトルの計算値を Panofsky & McCormick の提案式

$$S_w(f) = \sigma_w^2 \frac{4Z/U}{\left(1 + 4 \frac{fZ}{U}\right)^2} \quad (0 < f < \infty)$$

ここに、 $S_w(f)$ ：鉛直方向の変動風速のパワースペクトル ($m^2/s^2 \cdot s$)、 σ_w ：鉛直方向の変動風速の標準偏差 (m/s)、 Z ：観測器の地上からの高さ (ここでは $Z = 1.4m$)、 U ：主流方向平均風速 (m/s)、 f ：周波数 (Hz)

と比較する。パワースペクトルの大きさについては昭和 56 年 10 月 2 日 17 時 47 分のケースの $f < 0.05 Hz$ の範囲を除いて上の提案式よりも大きめの値となった。また上式は、 $S_w(f) \propto f^0 \left(\frac{4fZ}{U} \ll 1 \right)$ 、 $S_w(f) \propto f^{-2} \left(\frac{4fZ}{U} \gg 1 \right)$ となるが昭和 56 年 10 月 2 日 17 時 47 分のケースでは、 $0.01 Hz < f < 0.05 Hz$ で $S_w(f) \propto f^0$ 、さらに 2 ケースとも $0.1 Hz < f < 5.0 Hz$ では $S_w(f) \propto f^{-1.6 \sim -1.7}$ となり、ほぼ提案式と一致した。

6.4.3 コヒーレンスについて

図 - 6 - 2 ~ 25 に示したコヒーレンス関数の計算値とその近似式である直線とを比較することにより、指数近似の妥当性が検討でき、また妥当な場合にはディケイファクターの値を評価することができる。

図より指数近似の成立する最大周波数を読みとり、 d_x 、 U で無次元化し、 $\frac{d_x \cdot f}{U}$ により指数近似の妥当性を検討した。

ここに、 d_x ；2 地点間の距離を主流方向に投影した長さ、 f ；指数近似できる最大周波数、 U ；2 地点の平均風速の平均

指数近似の成立する $\frac{d_x \cdot f}{U}$ はかなりのばらつきがあるが、平均的にはおよそ 1 であり、比較的よく近似しうるケースでも高々 2 であった。

指数近似の成立する範囲でディケイファクター k の値を評価すると、かなりのバラツキはあるが 3.5 ~ 7 をとるケースが多いことがわかる。

6.5 ま と め

本章における調査内容をまとめると以下の通りである。

- a. 昨年度増設した超音波風速計4台から、今年度得られたテープは8巻(129ケース)であり、平均風速12.7 m/s が最大で、ほとんどが8 m/s ~ 10 m/s の平均風速であった。
- b. 平均流方向の変動風速のパワースペクトルについてDavenportの経験式と、鉛直方向の変動風速のパワースペクトルについてはPanofsky & McCormickの提案式とそれぞれ比較した結果、両者はほぼ一致していた。
- c. 自然風の空間相関特性を示すコヒーレンスの計算を行った。その結果指数関数に近似できる無次元周波数領域はおよそ1以下であった。また、ディケイファクター k の値は各ケースによりバラツキはあるが3.5 ~ 7の範囲が多かった。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所構造研究室；関門橋長期観測データ解析報告書(その1)、土研資料第1015号、昭和50年3月
- 2) 台風研究委員会；多良間島における台風観測研究総合報告書、昭和55年1月
- 3) 建設省土木研究所構造研究室；耐風調査報告書(K-1980)、土研資料第1656号、昭和56年3月
- 4) たとえば、岡内功、伊藤学、宮田利雄；耐風構造、丸善株式会社、昭和52年5月
- 5) 日野幹雄；スペクトル解析、朝倉書店、昭和52年10月
- 6) 建設省土木研究所構造研究室；関門橋長期観測データ解析報告書(その8)、土研資料第1781号

表 - 6 - 1 観測機器構成

観測機器	観測項目	最大測定範囲および出力	取 付 位 置	備 考
超 音 波 風 速 計	互いに直 角な3方 向の風速	各成分とも $0 \sim \pm 60 \text{ m/s}$ 出力1 $0 \sim \pm 60 \text{ m/s} \rightarrow 0 \sim \pm 6 \text{ V}$ 出力2 各レンジフルスケール $\rightarrow 0 \sim \pm 1 \text{ V}$	千葉側径間 約1/4点 約3/4点 茨城側径間 約1/3点 約2/3点	海上電機株式会社 (DA-300、 TR-61B)
傾 度 計	互いに直 角な2つ の軸まわ りの傾き	各成分とも $0 \sim \pm 5^\circ$ 出力 $0 \sim \pm 5^\circ$ $\rightarrow 0 \sim \pm 1 \text{ V}$	同 上	海上電機株式会社 (CM-100、 IC-05D)
自 動 記録装置			観測小屋内	
デ ー タ レコーダ			同 上	ソニーマグネスケール 株式会社 (UFR- 31400AL)

表-6-2-1 風の測定記録

RUN NO. 12 56- 5-24 5:35		超音波風速計 S 1	超音波風速計 S 2	超音波風速計 S 3	超音波風速計 S 4
MEAN VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	8.869 7.540 4.499 0.694 8.829	7.579 6.585 3.597 0.512 7.546	7.264 6.240 3.526 0.579 7.219	7.046 6.498 2.451 0.348 7.016
MAX VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	11.499 10.134 7.166 2.289 11.495	10.964 9.475 6.694 2.218 10.963	10.540 9.301 6.802 3.529 10.341	10.425 9.306 6.228 2.799 10.409
MIN VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	5.573 4.433 1.705 0.001 5.509	4.145 0.256 0.881 0.000 4.116	4.025 0.405 0.153 0.001 4.025	1.582 0.888 0.005 0.003 1.472
GUST FACTOR	UG U V W HV	1.297 1.344 1.593 3.297 1.302	1.447 1.439 1.861 4.333 1.453	1.451 1.491 1.929 6.091 1.433	1.480 1.432 2.541 8.041 1.484
STANDARD DEVIATION (M/SEC)	U V W HV	1.056 0.884 0.455 1.029	0.867 0.863 0.473 0.925	0.939 0.900 0.556 0.978	0.874 1.085 0.536 0.972
INTENSITY OF TURBULENCE (UG)	U V W HV	0.119 0.100 0.051 0.116	0.114 0.114 0.062 0.122	0.129 0.124 0.076 0.135	0.124 0.154 0.076 0.138
INTENSITY OF TURBULENCE (U)	U V W HV	0.140 0.117 0.060 0.137	0.132 0.131 0.072 0.140	0.151 0.144 0.089 0.157	0.134 0.167 0.082 0.150
MEAN W.D. (DEG)		30.8	28.6	29.5	20.7
INCL. (HV) MEAN ANGLE. (U) MEAN (DEG) MEAN MAX MIN		4.6 5.4 4.5 17.7 -6.2	4.0 4.5 3.9 17.8 -10.6	4.7 5.5 4.6 21.9 -12.8	-2.8 -3.0 -2.8 13.9 -22.9
SCALE OF TURBULENCE (M)	U V W	221.566 236.745 50.198	90.989 237.897 14.625	157.710 44.494 61.942	48.822 85.207 22.762

表-6-2-2 風の測定記録

RUN NO. 16 56- 5-24 14:28		超音波風速計 S 1	超音波風速計 S 2	超音波風速計 S 3	超音波風速計 S 4
MEAN	UG	8.778	8.330	8.686	8.226
VELOCITY	U	7.912	7.588	8.029	8.011
(M/SEC)	V	3.556	3.273	3.127	1.532
	W	0.782	0.533	0.574	0.245
	HV	8.726	8.300	8.651	8.206
MAX	UG	11.599	11.160	11.316	11.296
VELOCITY	U	10.598	10.141	10.620	11.155
(M/SEC)	V	6.305	6.056	5.697	5.993
	W	2.954	2.519	3.681	2.095
	HV	11.521	11.078	11.284	11.267
MIN	UG	5.382	5.486	5.170	4.812
VELOCITY	U	4.385	4.810	4.732	4.416
(M/SEC)	V	0.228	0.708	0.231	0.011
	W	0.002	0.003	0.000	0.001
	HV	5.381	5.485	5.106	4.812
GUST	UG	1.321	1.340	1.303	1.373
FACTOR	U	1.340	1.336	1.323	1.393
	V	1.773	1.850	1.822	3.912
	W	3.779	4.727	6.416	8.545
	HV	1.320	1.335	1.304	1.373
STANDARD	U	0.885	0.813	1.178	1.240
DEVIATION	V	1.002	0.878	0.862	0.895
(M/SEC)	W	0.513	0.442	0.501	0.519
	HV	0.946	0.916	1.247	1.236
INTENSITY	U	0.101	0.098	0.136	0.151
OF	V	0.114	0.105	0.099	0.109
TURBULENCE	W	0.058	0.053	0.058	0.063
(UG)	HV	0.108	0.110	0.144	0.150
INTENSITY	U	0.112	0.107	0.147	0.155
OF	V	0.127	0.116	0.107	0.112
TURBULENCE	W	0.065	0.058	0.062	0.065
(U)	HV	0.120	0.121	0.155	0.154
MEAN W.D.(DEG)		24.2	23.3	21.3	10.8
INCLI. (HV)MEAN		5.2	3.8	4.0	-1.7
ANGLE. (U)MEAN		5.7	4.1	4.3	-1.7
(DEG)	MEAN	5.1	3.7	3.8	-1.7
	MAX	19.8	20.1	21.5	15.1
	MIN	-12.0	-7.7	-12.5	-18.9
SCALE	U	204.050	189.713	199.636	176.751
OF	V	244.618	181.569	175.719	56.338
TURBULENCE	W	80.112	66.099	36.377	36.694
(M)					

表-6-2-3 風の測定記録

RUN NO. 23 56-6-2 14:14		超音波風速計 S 1	超音波風速計 S 2	超音波風速計 S 3	超音波風速計 S 4
MEAN	UG	6.591	7.945	8.210	8.607
VELOCITY	U	6.261	7.801	8.034	8.115
(M/SEC)	V	0.870	0.640	1.029	2.585
	W	1.409	0.489	0.528	0.312
	HV	6.419	7.921	8.183	8.588
MAX	UG	9.381	10.332	10.522	10.904
VELOCITY	U	9.285	10.268	10.441	10.397
(M/SEC)	V	3.534	3.258	3.762	5.417
	W	3.101	1.885	2.453	2.210
	HV	9.356	10.303	10.511	10.904
MIN	UG	3.865	5.605	6.375	6.193
VELOCITY	U	3.290	5.551	6.185	6.119
(M/SEC)	V	0.004	0.010	0.008	0.012
	W	0.006	0.003	0.002	0.003
	HV	3.455	5.582	6.327	6.192
GUST	UG	1.423	1.300	1.281	1.267
FACTOR	U	1.483	1.316	1.300	1.281
	V	4.064	5.089	3.657	2.096
	W	2.200	3.856	4.643	7.085
	HV	1.458	1.301	1.285	1.270
STANDARD	U	0.939	0.777	0.672	0.685
DEVIATION	V	1.091	1.207	1.170	1.169
(M/SEC)	W	0.419	0.359	0.403	0.458
	HV	0.904	0.764	0.681	0.784
INTENSITY	U	0.142	0.098	0.082	0.080
OF	V	0.166	0.152	0.143	0.136
TURBULENCE	W	0.064	0.045	0.049	0.053
(UG)	HV	0.137	0.096	0.083	0.091
INTENSITY	U	0.150	0.100	0.084	0.084
OF	V	0.174	0.155	0.146	0.144
TURBULENCE	W	0.067	0.046	0.050	0.056
(U)	HV	0.144	0.098	0.085	0.097
MEAN W.D.(DEG)		352.1	355.3	352.7	342.3
INCLI. (HV)MEAN		12.7	3.6	3.7	-2.1
ANGLE. (U)MEAN		13.0	3.6	3.8	-2.2
(DEG) MEAN		12.4	3.5	3.7	-2.1
MAX		34.1	15.8	17.8	9.3
MIN		-3.4	-6.3	-9.0	-15.6
SCALE	U	181.713	342.024	345.741	252.054
OF	V	220.366	240.485	240.075	213.483
TURBULENCE	W	111.455	20.900	38.367	185.587
(M)					

表-6-2-4 風の測定記録

RUN NO. 24 56- 6- 2 14:29		超音波風速計 S 1	超音波風速計 S 2	超音波風速計 S 3	超音波風速計 S 4
MEAN	UG	6.515	7.920	8.361	9.485
VELOCITY	U	6.127	7.710	8.125	8.360
(M/SEC)	V	1.064	0.645	0.820	2.300
	W	1.343	0.546	0.569	2.149
	HV	6.353	7.889	8.328	8.798
MAX	UG	9.502	10.405	11.147	14.081
VELOCITY	U	9.194	10.283	10.847	12.473
(M/SEC)	V	4.136	4.063	4.470	5.607
	W	3.252	2.026	3.148	5.818
	HV	9.485	10.405	10.957	12.823
MIN	UG	4.561	5.929	5.637	5.990
VELOCITY	U	3.994	5.911	5.632	4.079
(M/SEC)	V	0.010	0.009	0.009	0.002
	W	0.001	0.002	0.002	0.001
	HV	4.246	5.929	5.636	5.624
GUST	UG	1.459	1.314	1.333	1.485
FACTOR	U	1.501	1.334	1.335	1.492
	V	3.887	6.302	5.448	2.438
	W	2.422	3.709	5.530	2.708
	HV	1.493	1.319	1.316	1.458
STANDARD	U	0.759	0.656	0.778	0.913
DEVIATION	V	1.286	1.533	1.606	1.437
(M/SEC)	W	0.477	0.427	0.481	2.950
	HV	0.734	0.639	0.728	0.831
INTENSITY	U	0.116	0.083	0.093	0.096
OF	V	0.197	0.194	0.192	0.152
TURBULENCE	W	0.073	0.054	0.057	0.311
(UG)	HV	0.113	0.081	0.087	0.088
INTENSITY	U	0.124	0.085	0.096	0.109
OF	V	0.210	0.199	0.198	0.172
TURBULENCE	W	0.078	0.055	0.059	0.353
(U)	HV	0.120	0.083	0.090	0.099
MEAN W.O.D.(DEG)		350.1	355.2	354.2	344.6
INCLI. (HV)MEAN		12.1	4.0	3.9	12.3
ANGLE. (U)MEAN		12.6	4.1	4.0	12.3
(DEG)	MEAN	11.9	4.0	3.9	13.7
	MAX	29.0	16.0	20.7	44.4
	MIN	-3.8	-7.5	-10.6	-12.5
SCALE	U	133.736	144.761	167.195	115.192
OF	V	154.246	140.319	136.126	180.878
TURBULENCE	W	187.966	134.104	153.324	56.743
(M)					

表-6-2-5 風の測定記録

RUN NO. 64 56-10-2 17:15		超音波風速計 S 1	超音波風速計 S 2	超音波風速計 S 3	超音波風速計 S 4
MEAN VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	5.992 3.630 2.219 4.097 4.369	8.549 6.048 5.646 0.187 8.510	8.006 5.998 5.185 0.269 7.983	11.458 5.810 6.309 3.046 10.890
MAX VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	8.908 6.752 4.973 5.585 6.940	11.655 11.370 8.492 2.937 11.612	11.868 10.084 8.788 2.204 11.857	18.238 12.829 15.106 4.960 17.551
MIN VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	3.786 0.824 0.018 2.532 0.932	4.270 1.785 0.017 0.001 4.270	5.105 3.286 2.347 0.002 5.097	4.161 2.090 0.737 0.002 4.121
GUST FACTOR	UG U V W HV	1.487 1.860 2.241 1.363 1.588	1.363 1.880 1.504 15.703 1.364	1.482 1.681 1.695 8.203 1.485	1.592 2.208 2.394 1.629 1.612
STANDARD DEVIATION (M/SEC)	U V W HV	0.708 0.824 0.440 0.446	1.628 1.585 0.767 1.095	0.828 1.029 0.536 0.940	0.952 7.372 2.500 3.204
INTENSITY OF TURBULENCE (UG)	U V W HV	0.118 0.138 0.073 0.074	0.190 0.185 0.090 0.128	0.103 0.128 0.067 0.117	0.083 0.643 0.218 0.280
INTENSITY OF TURBULENCE (U)	U V W HV	-0.195 -0.227 -0.121 -0.123	-0.269 -0.262 -0.127 -0.181	-0.138 -0.171 -0.089 -0.157	-0.164 -1.269 -0.430 -0.551
MEAN W.D. (DEG)		148.6	137.0	139.2	227.4
INCL. (HV) MEAN ANGLE. (U) MEAN (DEG)	MEAN MAX MIN	43.1 131.1 43.2 78.8 31.7	-1.4 -19.3 -1.3 17.9 -20.1	2.1 72.4 1.9 18.9 -13.1	12.3 69.6 15.6 22.4 -17.7
SCALE OF TURBULENCE (M)	U V W	155.432 138.477 67.851	18.374 23.393 33.054	30.945 158.416 40.238	78.943 11.011 95.386

表-6-2-6 風の測定記録

RUN NO. 66 56-10-2 17:47		超音波風速計 S 1	超音波風速計 S 2	超音波風速計 S 3	超音波風速計 S 4
MEAN VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	7.663 5.701 0.515 5.035 5.770	10.860 9.685 4.789 0.322 10.846	10.081 9.063 4.287 0.477 10.057	9.496 8.952 3.009 0.006 9.482
MAX VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	10.028 8.150 3.153 5.591 8.325	14.524 13.592 7.814 2.463 14.517	13.951 13.200 7.275 2.531 13.946	13.212 12.248 6.818 2.270 13.212
MIN VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	5.411 3.691 0.003 3.659 3.986	7.756 7.042 0.147 0.000 7.736	6.800 6.007 1.319 0.003 6.778	5.529 5.204 0.162 0.001 5.515
GUST FACTOR	UG U V W HV	1.309 1.430 6.125 1.111 1.443	1.337 1.403 1.632 7.641 1.339	1.384 1.456 1.697 5.304 1.387	1.391 1.368 2.266 394.164 1.393
STANDARD DEVIATION (M/SEC)	U V W HV	0.608 0.702 0.375 0.577	0.989 1.032 0.450 1.072	1.089 0.845 0.495 1.129	1.201 0.927 0.505 1.259
INTENSITY OF TURBULENCE (UG)	U V W HV	0.079 0.092 0.049 0.075	0.091 0.095 0.041 0.099	0.108 0.084 0.049 0.112	0.127 0.098 0.053 0.133
INTENSITY OF TURBULENCE (U)	U V W HV	-0.107 -0.123 -0.066 -0.101	-0.102 -0.107 -0.046 -0.111	-0.120 -0.093 -0.055 -0.125	-0.134 -0.104 -0.056 -0.141
MEAN W.O. (DEG)		174.8	153.7	154.7	161.4
INCL. (HV) MEAN ANGLE. (U) MEAN (DEG)		41.1 138.4 41.1	1.7 105.3 1.7	2.8 118.0 2.7	0.0 8.0 0.0
MAX MIN		45.5 30.3	11.0 -10.0	15.1 -11.0	11.9 -14.2
SCALE OF TURBULENCE (M)	U V W	258.716 96.036 325.380	175.890 21.600 35.428	116.346 15.563 26.852	144.242 32.712 33.508

表-6-2-7 風の測定記録

RUN NO. 67 56-10-2 18:3		超音波風速計 S 1	超音波風速計 S 2	超音波風速計 S 3	超音波風速計 S 4
MEAN VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	7.568 5.763 0.213 4.827 5.822	10.189 9.235 4.131 0.304 10.176	9.827 8.900 4.035 0.429 9.805	9.047 8.609 2.626 0.057 9.034
MAX VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	9.701 7.888 3.434 5.547 7.959	15.547 13.791 8.326 1.774 15.541	13.068 12.132 7.913 2.343 13.045	12.577 12.002 6.524 2.214 12.568
MIN VELOCITY (M/SEC)	UG U V W HV	5.310 3.430 0.011 3.516 3.859	7.138 6.497 0.007 0.001 7.137	6.727 5.663 1.159 0.000 6.717	6.300 5.932 0.044 0.001 6.288
GUST FACTOR	UG U V W HV	1.282 1.369 16.119 1.149 1.367	1.526 1.493 2.016 5.843 1.527	1.330 1.363 1.961 5.458 1.331	1.390 1.394 2.485 38.604 1.391
STANDARD DEVIATION (M/SEC)	U V W HV	0.508 0.789 0.393 0.490	1.083 1.257 0.396 1.244	0.847 0.874 0.499 0.920	0.918 0.831 0.473 0.966
INTENSITY OF TURBULENCE (UG)	U V W HV	0.067 0.104 0.052 0.065	0.106 0.123 0.039 0.122	0.086 0.089 0.051 0.094	0.101 0.092 0.052 0.107
INTENSITY OF TURBULENCE (U)	U V W HV	-0.083 -0.137 -0.068 -0.035	-0.117 -0.136 -0.043 -0.135	-0.095 -0.098 -0.056 -0.103	-0.107 -0.097 -0.055 -0.112
MEAN W.D. (DEG)		177.9	155.9	155.6	163.0
INCLI. (HV) MEAN ANGLE. (U) MEAN (DEG)	MEAN MAX MIN	39.7 140.0 39.7 45.0 31.8	1.7 104.5 1.7 10.6 -9.1	2.6 112.2 2.5 12.4 -15.0	-0.3 -16.0 -0.4 11.1 -15.5
SCALE OF TURBULENCE (M)	U V W	84.271 126.320 556.204	178.090 118.069 76.616	32.304 47.782 24.659	76.208 85.155 27.176

表-6-2-8 風の測定記録

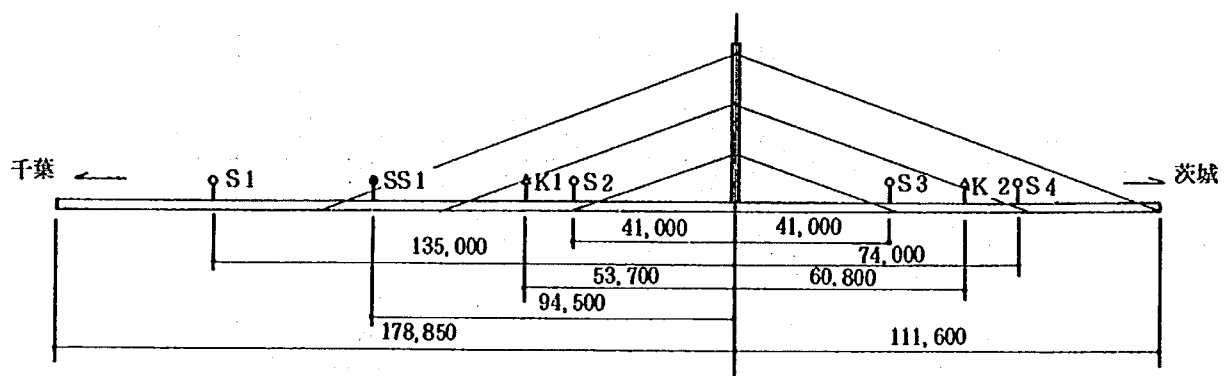
RUN NO. 68 56-10- 2 18:18		超音波風速計 S 1	超音波風速計 S 2	超音波風速計 S 3	超音波風速計 S 4
MEAN	UG	7.045	10.305	9.449	8.859
VELOCITY	U	4.978	8.774	7.999	7.959
(M/SEC)	V	1.262	5.245	4.870	3.731
	W	4.746	0.317	0.470	0.022
	HV	5.200	10.286	9.419	8.841
MAX	UG	17.280	13.913	13.561	13.722
VELOCITY	U	15.211	13.083	12.395	12.668
(M/SEC)	V	6.376	8.830	8.796	8.082
	W	5.571	2.758	2.586	2.910
	HV	16.357	13.875	13.495	13.680
MIN	UG	4.758	5.482	6.618	5.597
VELOCITY	U	2.484	2.126	4.765	4.930
(M/SEC)	V	0.003	0.110	1.272	0.434
	W	3.245	0.001	0.002	0.003
	HV	3.428	5.457	6.563	5.529
GUST	UG	2.453	1.350	1.435	1.549
FACTOR	U	3.056	1.491	1.549	1.592
	V	5.051	1.683	1.806	2.166
	W	1.174	8.700	5.507	135.297
	HV	3.146	1.349	1.433	1.547
STANDARD	U	0.608	0.939	1.022	1.100
DEVIATION	V	0.790	1.151	1.106	1.052
(M/SEC)	W	0.402	0.548	0.584	0.579
	HV	0.567	0.961	1.123	1.200
INTENSITY	U	0.086	0.091	0.108	0.124
OF	V	0.112	0.112	0.117	0.119
TURBULENCE	W	0.057	0.053	0.062	0.065
(UG)	HV	0.080	0.093	0.119	0.135
INTENSITY	U	-0.122	-0.107	-0.128	-0.138
OF	V	-0.159	-0.131	-0.138	-0.132
TURBULENCE	W	-0.081	-0.062	-0.073	-0.073
(U)	HV	-0.114	-0.110	-0.140	-0.151
MEAN W.D.(DEG)		165.8	149.1	148.7	154.9
INCLI. (HV)MEAN		42.4	1.8	2.9	0.2
ANGLE. (U)MEAN		136.2	83.3	105.1	6.2
(DEG)	MEAN	42.4	1.8	2.9	0.1
	MAX	51.5	15.6	15.5	15.3
	MIN	18.8	-13.2	-12.7	-18.3
SCALE	U	14.462	75.441	44.356	108.059
OF	V	22.308	28.630	32.640	60.889
TURBULENCE	W	178.216	24.007	18.379	32.516
(M)					

表-6-2-9 風の測定記録

RUN NO. 69 56-10-2 19:0		超音波風速計 S 1	超音波風速計 S 2	超音波風速計 S 3	超音波風速計 S 4
MEAN	UG	6.825	9.717	8.681	7.825
VELOCITY	U	4.571	7.989	7.229	6.983
(M/SEC)	V	1.767	5.344	4.609	3.270
	W	4.571	0.266	0.307	0.101
	HV	5.064	9.695	8.650	7.798
MAX	UG	9.184	13.949	12.659	12.662
VELOCITY	U	7.269	12.289	11.193	11.505
(M/SEC)	V	5.708	8.798	8.069	7.685
	W	5.536	2.764	2.843	2.950
	HV	7.328	13.949	12.642	12.653
MIN	UG	3.088	5.975	5.019	3.609
VELOCITY	U	1.349	1.997	3.303	2.404
(M/SEC)	V	0.012	2.022	0.881	0.021
	W	2.019	0.003	0.001	0.003
	HV	2.336	5.881	4.973	3.600
GUST	UG	1.346	1.435	1.458	1.618
FACTOR	U	1.590	1.538	1.548	1.648
	V	3.230	1.646	1.751	2.350
	W	1.211	10.398	9.274	29.100
	HV	1.447	1.439	1.461	1.623
STANDARD	U	0.907	1.288	1.522	1.379
DEVIATION	V	1.094	1.091	1.022	1.111
(M/SEC)	W	0.538	0.592	0.664	0.639
	HV	0.629	1.118	1.436	1.338
INTENSITY	U	0.133	0.133	0.175	0.176
OF	V	0.160	0.112	0.118	0.142
TURBULENCE	W	0.079	0.061	0.076	0.082
(UG)	HV	0.092	0.115	0.165	0.171
INTENSITY	U	-0.198	-0.161	-0.211	-0.197
OF	V	-0.239	-0.137	-0.141	-0.159
TURBULENCE	W	-0.118	-0.074	-0.092	-0.092
(U)	HV	-0.138	-0.140	-0.199	-0.192
MEAN W.D. (DEG)		158.9	146.2	147.5	154.9
INCLI. (HV) MEAN		42.1	1.6	2.1	-0.6
ANGLE. (U) MEAN		134.6	68.9	72.6	-19.8
(DEG) MEAN		42.1	1.6	2.0	-0.7
MAX		45.9	24.1	19.6	16.6
MIN		32.7	-15.2	-22.6	-21.1
SCALE	U	222.621	101.558	108.604	97.400
OF	V	129.260	114.057	62.660	103.574
TURBULENCE	W	299.194	36.949	57.290	21.815
(M)					

表-6-2-10 風の測定記録

RUN NO. 97 56-10- 5 8:28		超音波風速計 S 1	超音波風速計 S 2	超音波風速計 S 3	超音波風速計 S 4
MEAN	UG	6.133	6.700	12.731	8.483
VELOCITY	U	1.122	2.211	8.320	2.289
(M/SEC)	V	5.762	6.160	6.288	8.029
	W	0.819	0.208	0.199	0.533
	HV	6.024	6.663	12.711	8.444
MAX	UG	12.092	10.758	18.690	12.142
VELOCITY	U	5.897	6.869	16.019	7.935
(M/SEC)	V	12.055	10.742	11.012	11.906
	W	3.881	2.834	2.568	3.396
	HV	12.088	10.755	18.689	12.138
MIN	UG	1.572	2.116	3.129	3.918
VELOCITY	U	0.004	0.009	0.006	0.012
(M/SEC)	V	0.745	1.599	2.594	3.856
	W	0.001	0.001	0.001	0.001
	HV	1.565	2.032	2.995	3.856
GUST	UG	1.972	1.606	1.468	1.431
FACTOR	U	5.254	3.107	1.925	3.467
	V	2.092	1.744	1.751	1.483
	W	4.740	13.626	12.915	6.371
	HV	2.007	1.614	1.470	1.437
STANDARD	U	1.277	1.246	8.945	1.295
DEVIATION	V	1.462	1.453	1.304	1.241
(M/SEC)	W	0.771	0.650	0.594	0.614
	HV	1.395	1.452	5.371	1.271
INTENSITY	U	0.208	0.186	0.703	0.153
OF	V	0.238	0.217	0.102	0.146
TURBULENCE	W	0.126	0.097	0.047	0.072
(UG)	HV	0.227	0.217	0.422	0.150
INTENSITY	U	1.138	0.564	-1.075	0.566
OF	V	1.302	0.657	-0.157	0.542
TURBULENCE	W	0.687	0.294	-0.071	0.268
(U)	HV	1.243	0.657	-0.646	0.555
MEAN W.O.D.(DEG)		281.0	289.7	217.1	285.9
INCLI. (HV)MEAN		8.0	2.1	1.2	-3.6
ANGLE. (U)MEAN		43.9	7.6	32.2	-16.7
(DEG) MEAN		7.7	1.8	0.9	-3.6
MAX		50.9	35.2	31.2	33.0
MIN		-25.0	-17.9	-18.3	-21.8
SCALE	U	22.144	61.005	8.316	91.132
OF	V	28.725	33.644	75.711	52.157
TURBULENCE	W	0.534	25.047	12.353	11.110
(M)					



SS1: 既設の超音波風速計
 K1, K2: 既設の風向風速計
 S1~S4: 今年度新設の超音波風速計

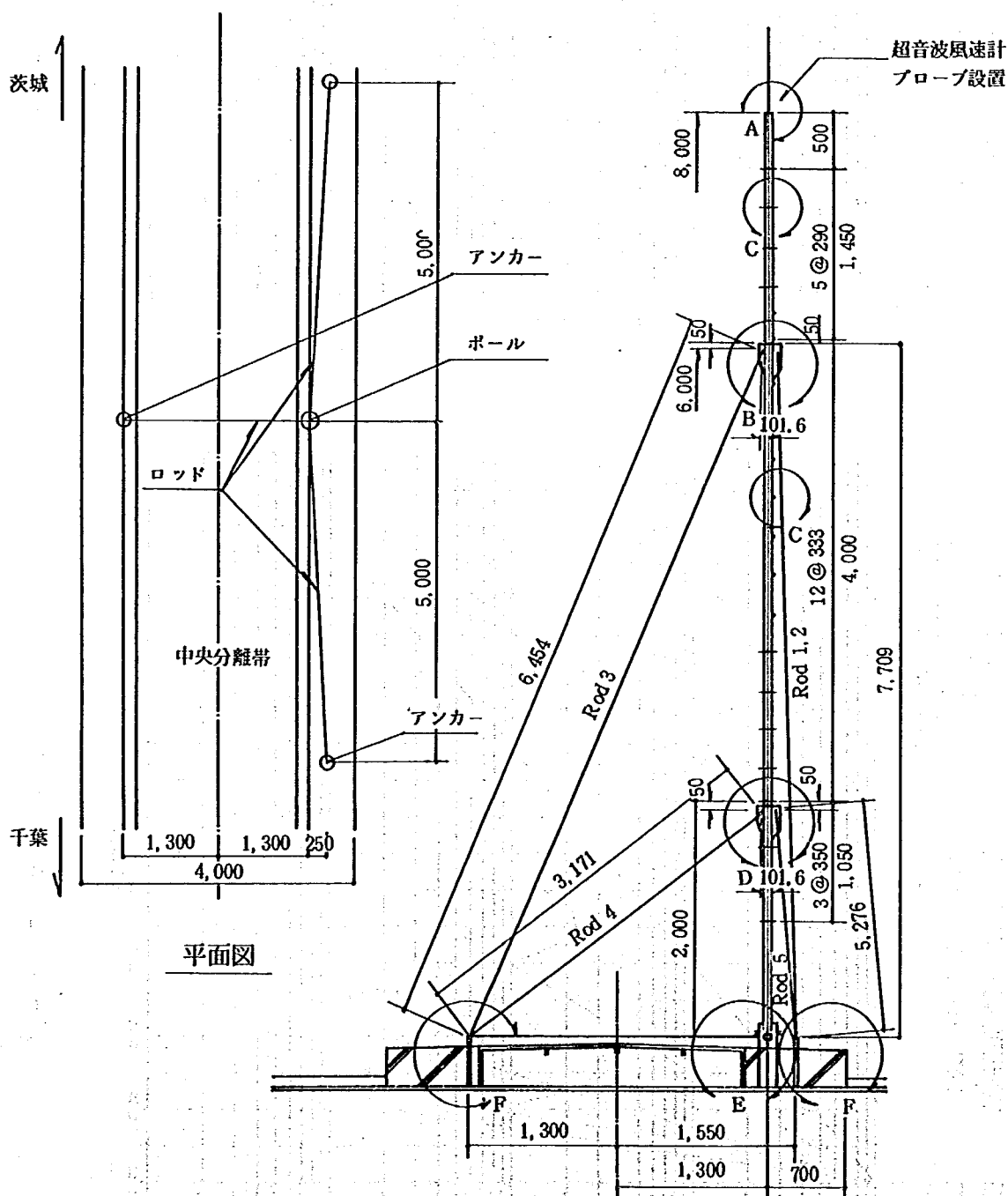


図-6-1 超音波風速計取付位置

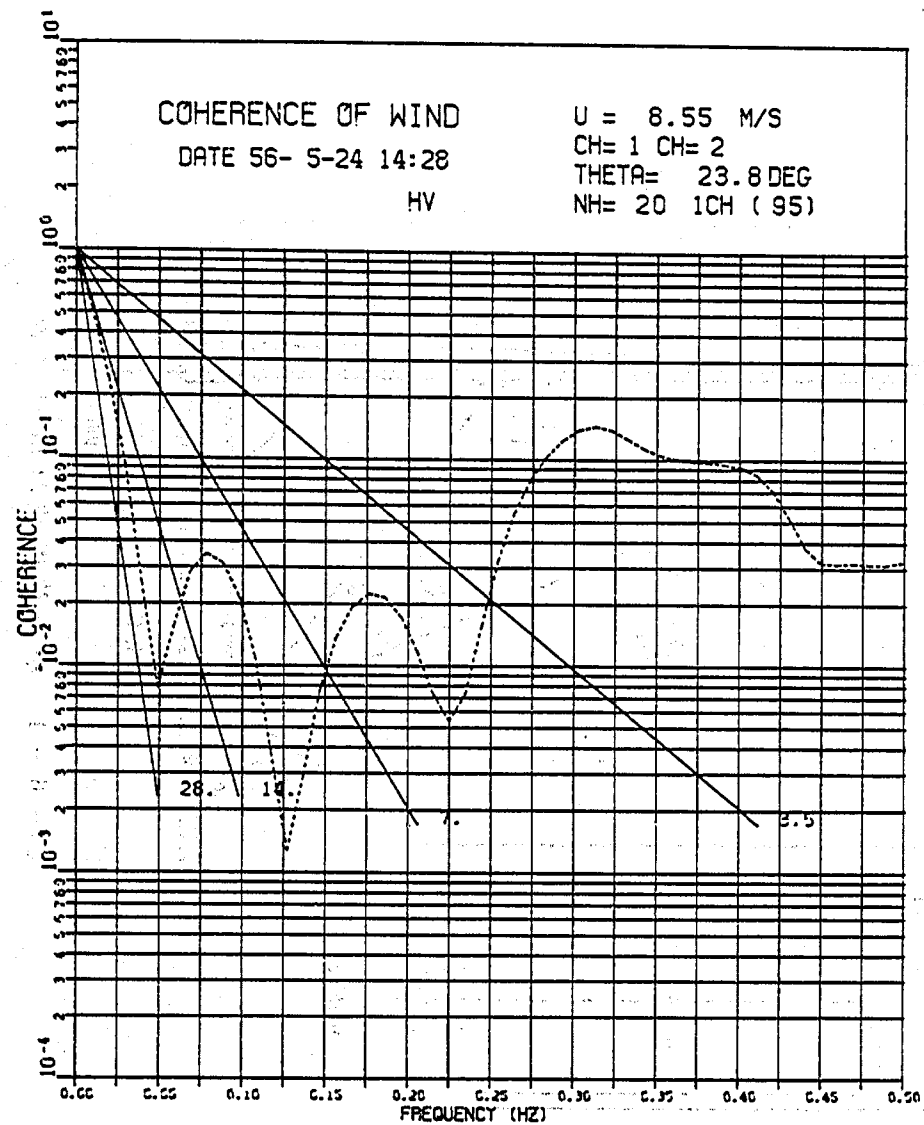


図-6-2 コヒーレンス

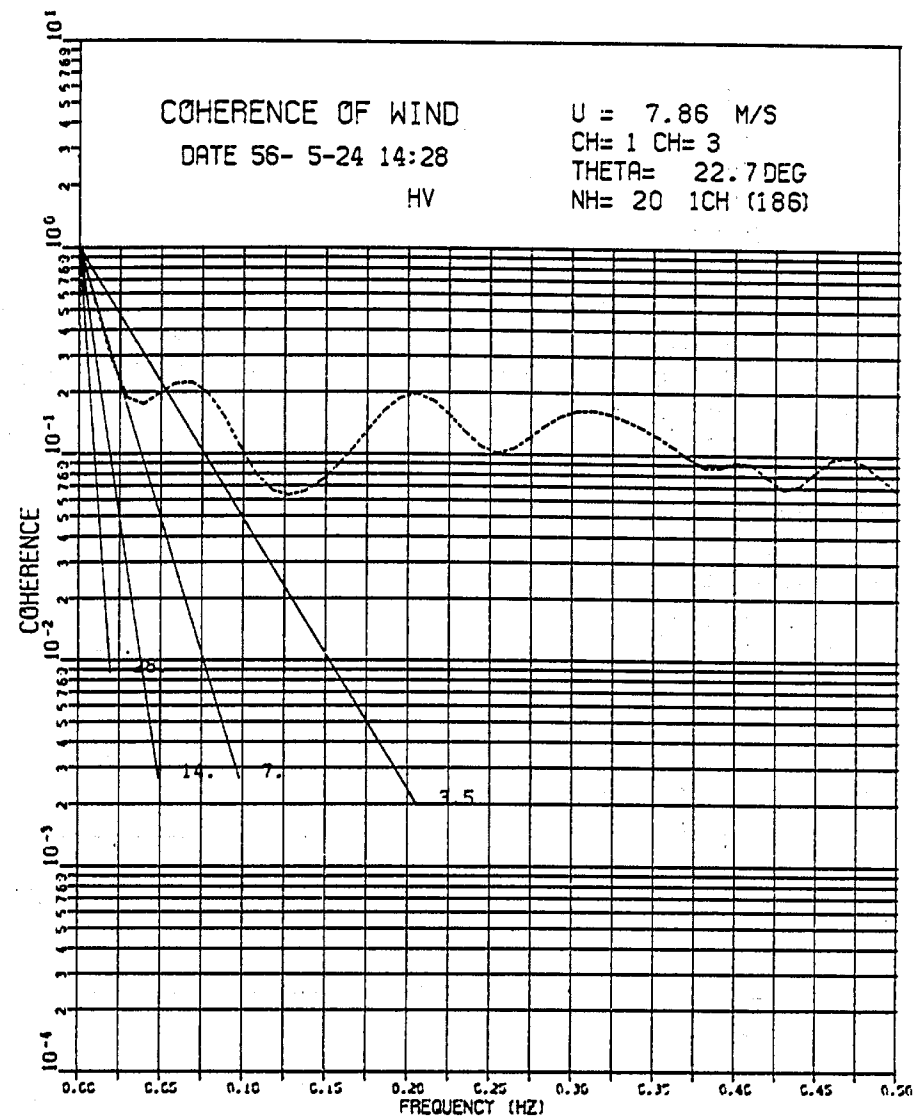
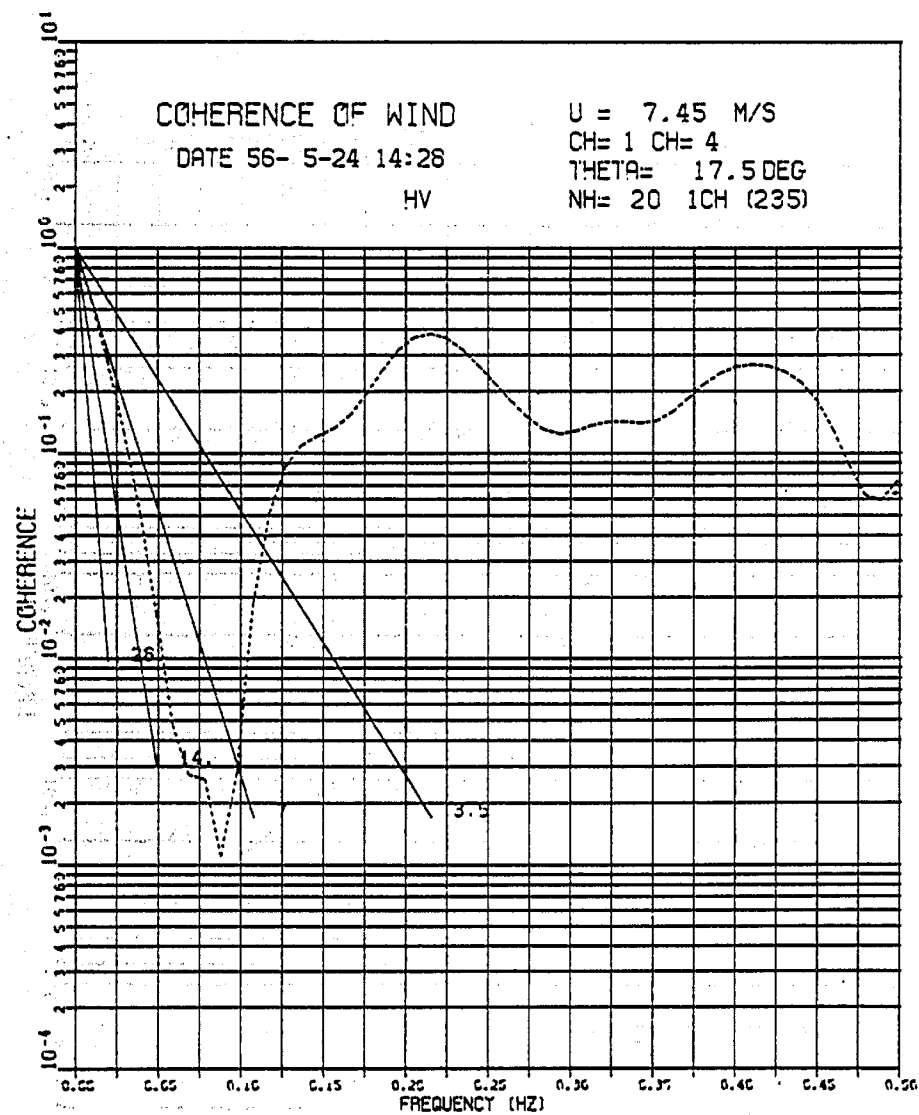
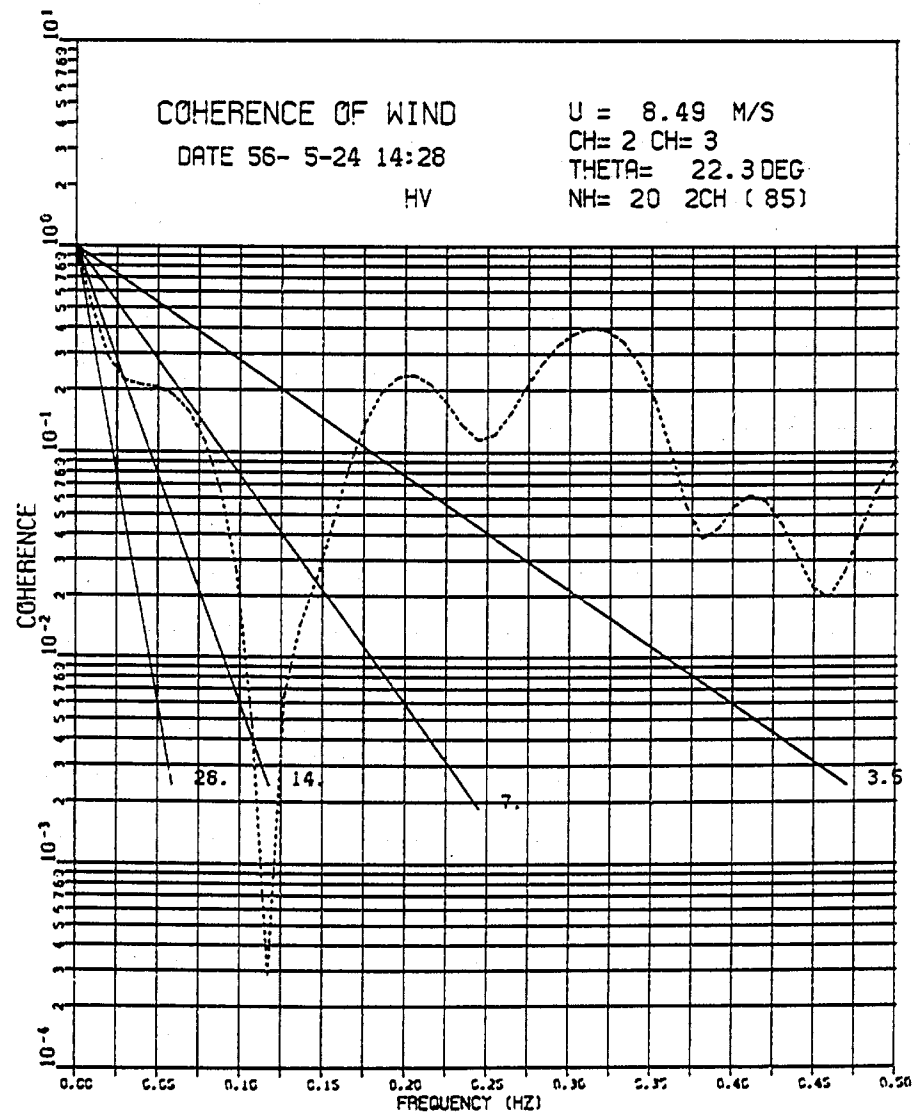


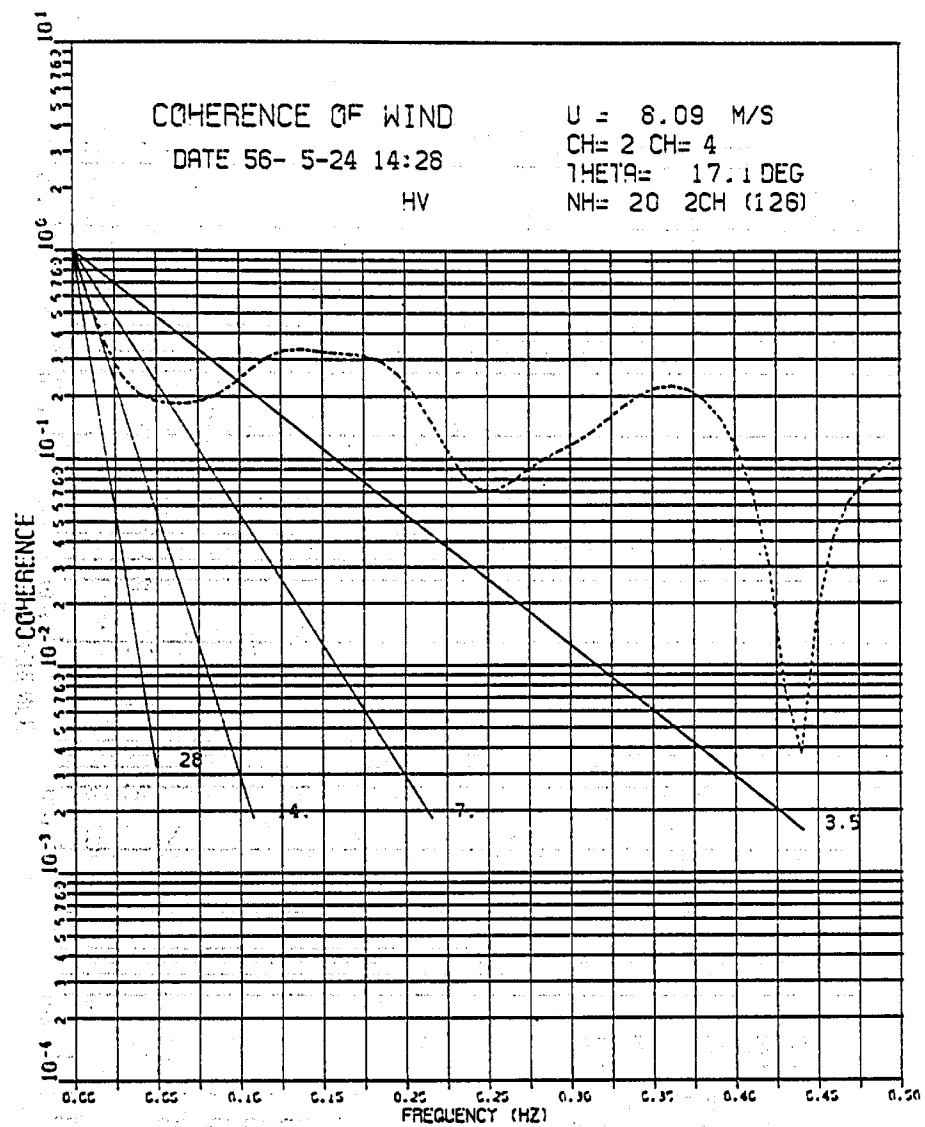
図-6-3 コヒーレンス



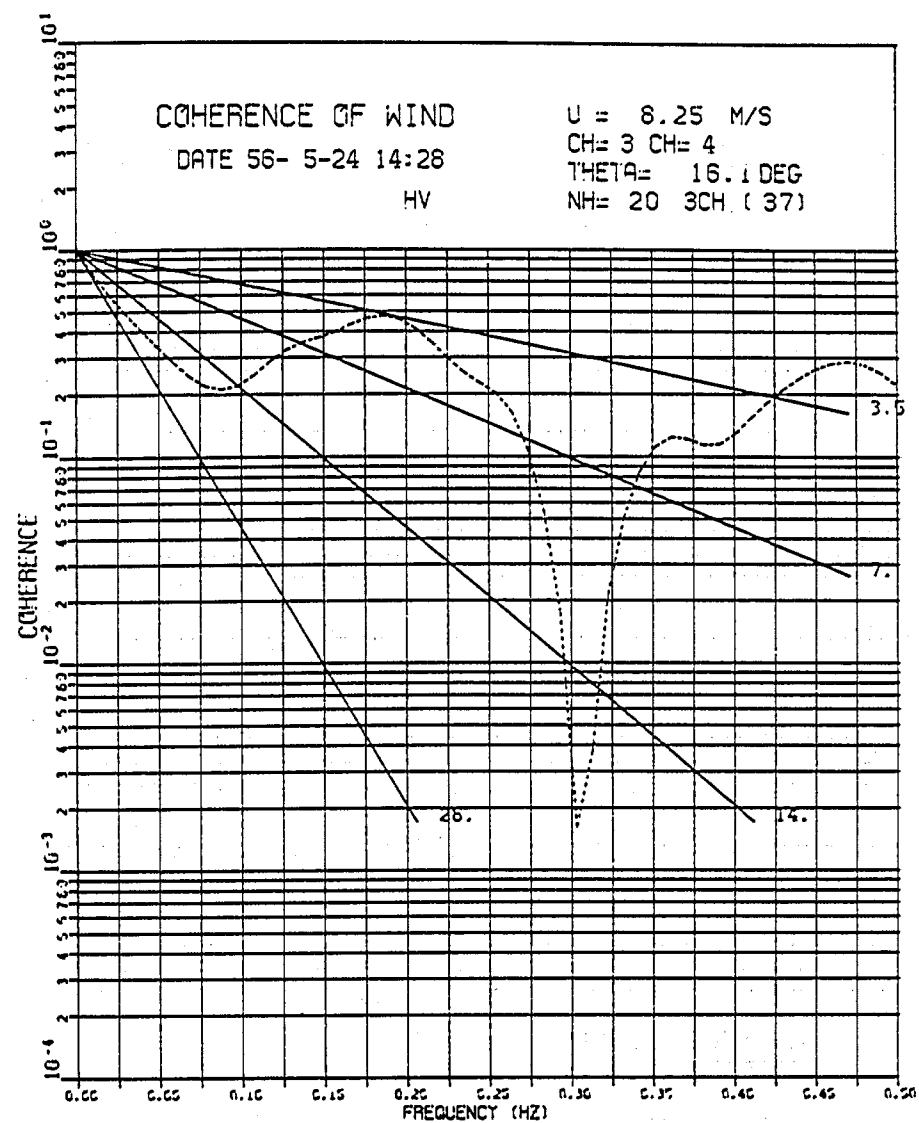
☒ - 6 - 4 コヒーレンス



☒ - 6 - 5 コヒーレンス



☒ - 6 - 6 コ ヒ ー レ ン ス



☒ - 6 - 7 コ ヒ ー レ ン ス

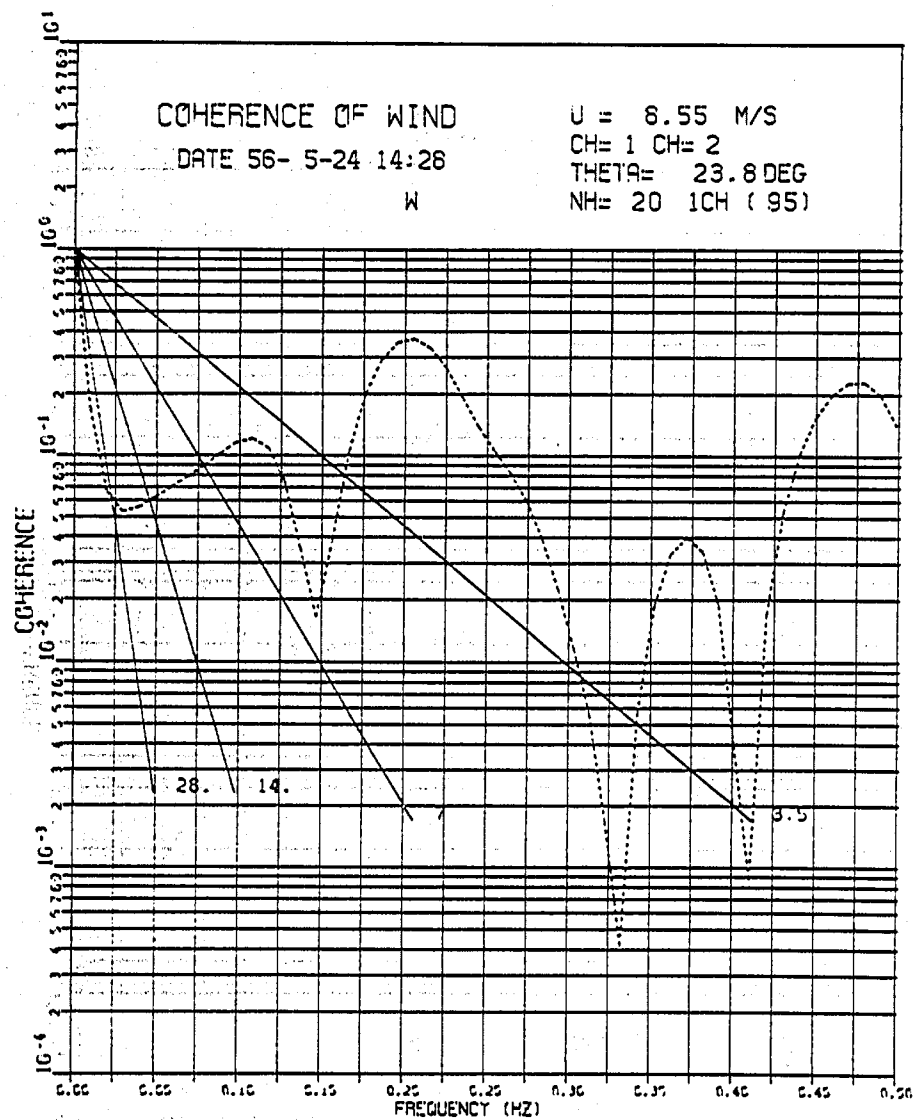


図-6-8 コヒーレンス

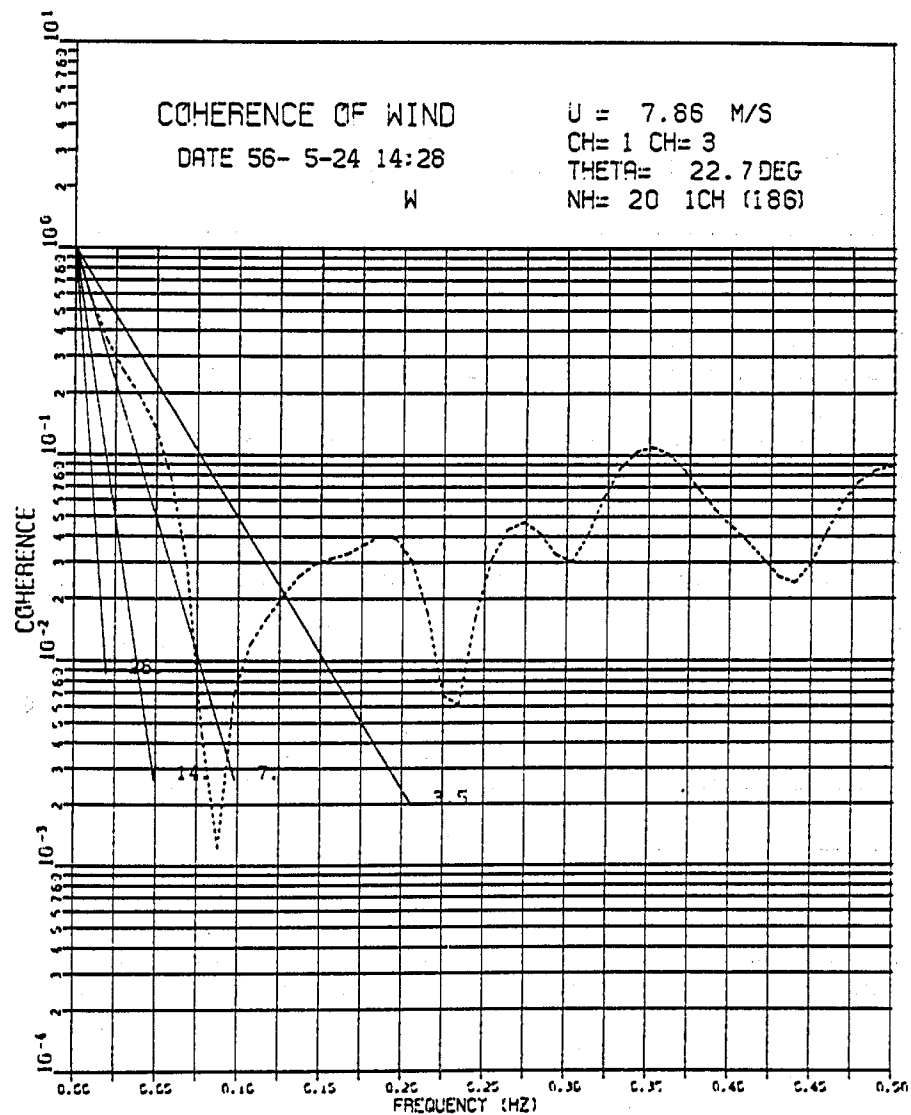


図-6-9 コヒーレンス

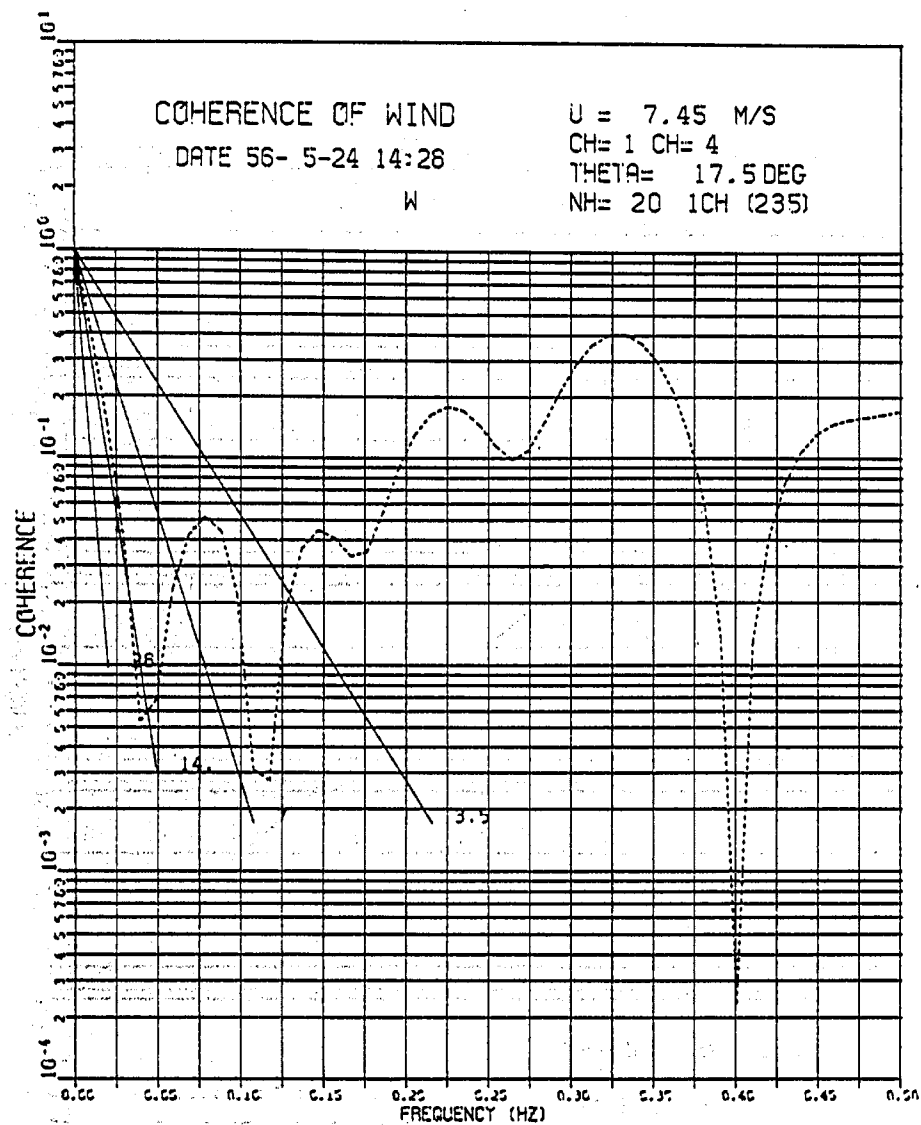


図-6-10 コヒーレンス

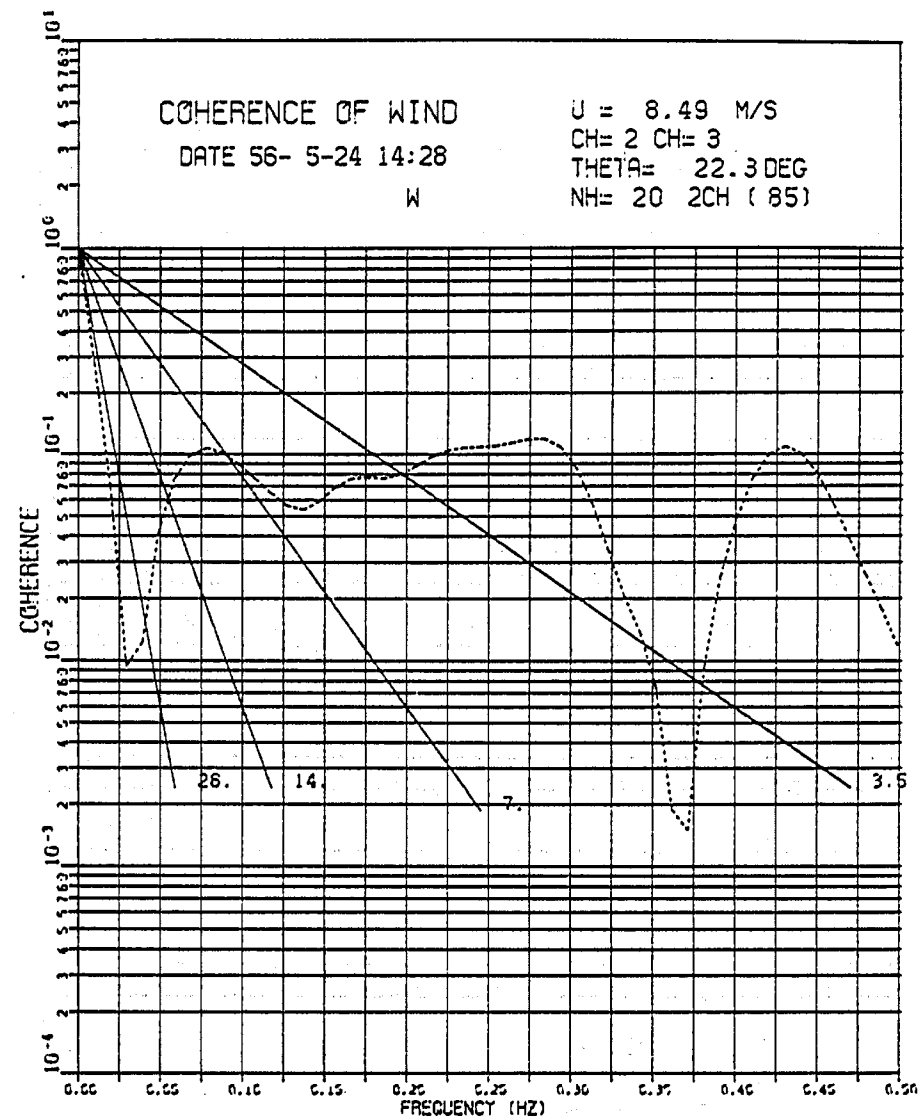


図-6-11 コヒーレンス

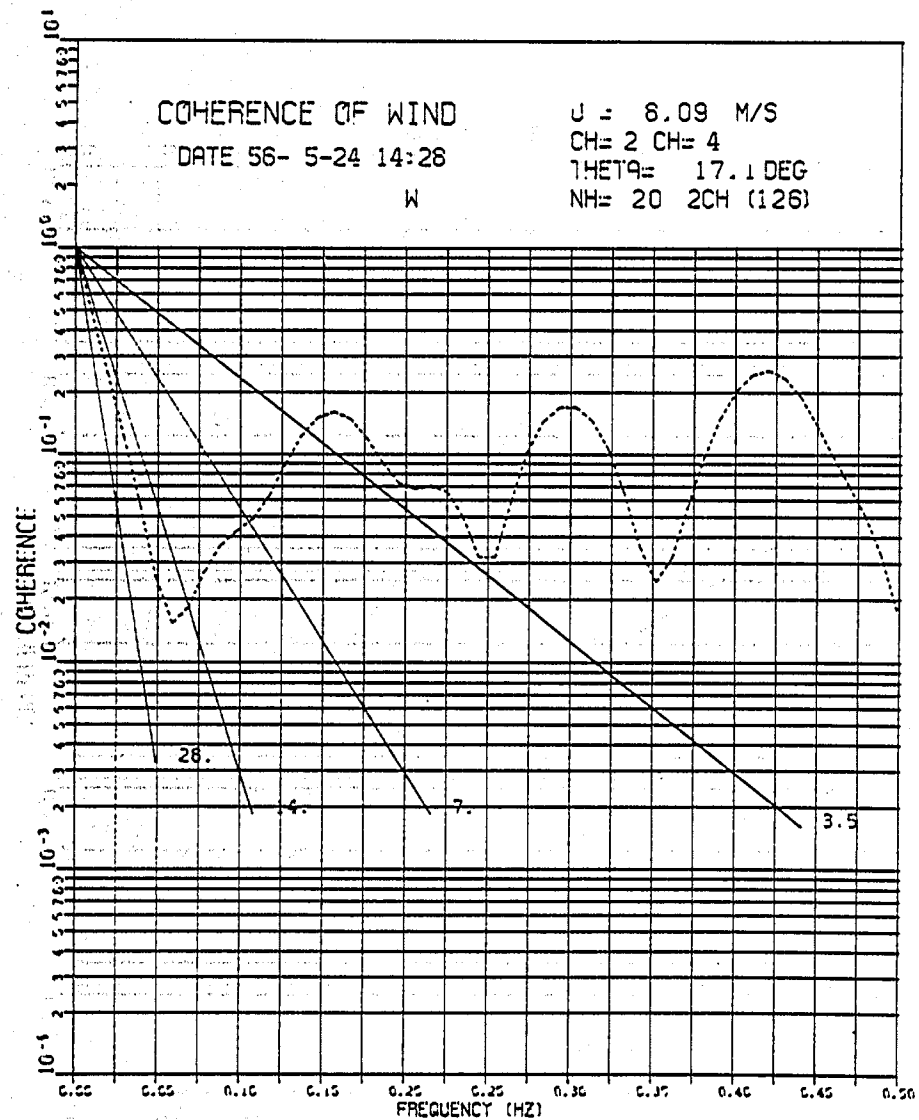


図-6-12 コヒーレンス

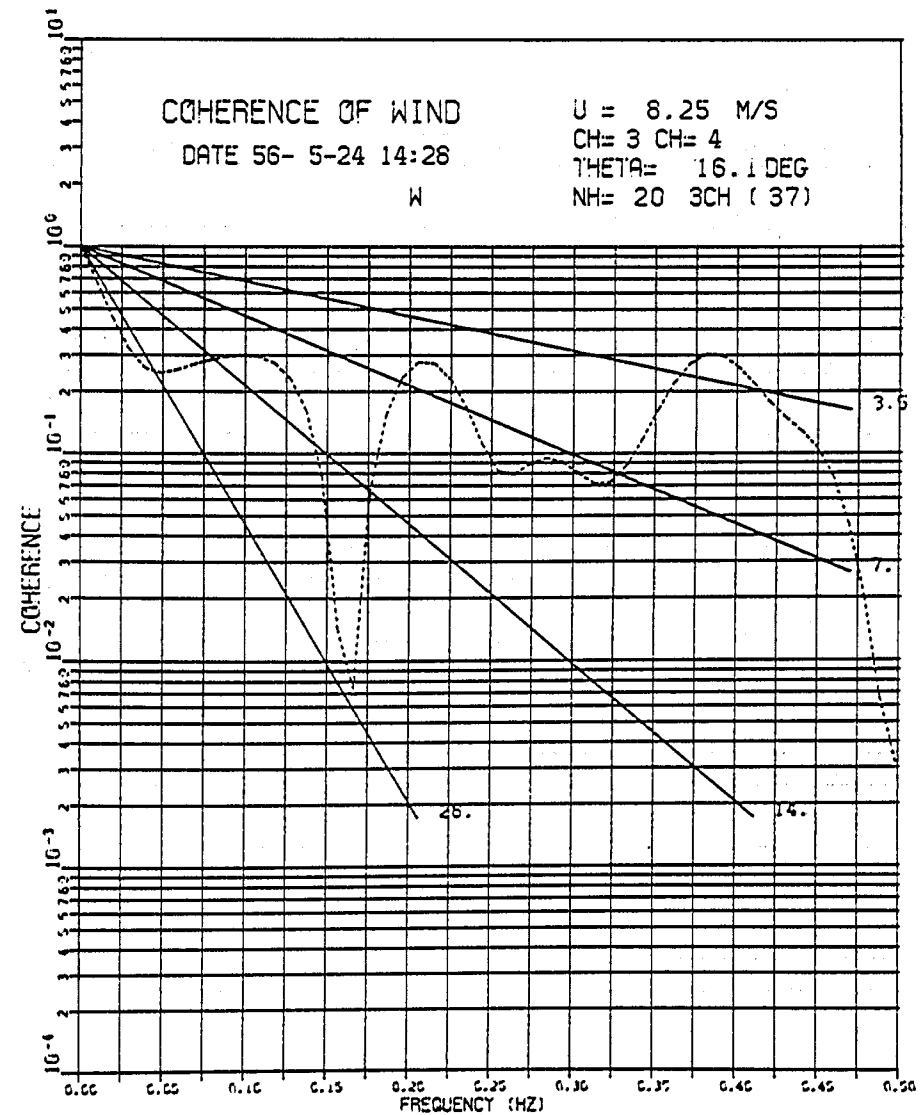


図-6-13 コヒーレンス

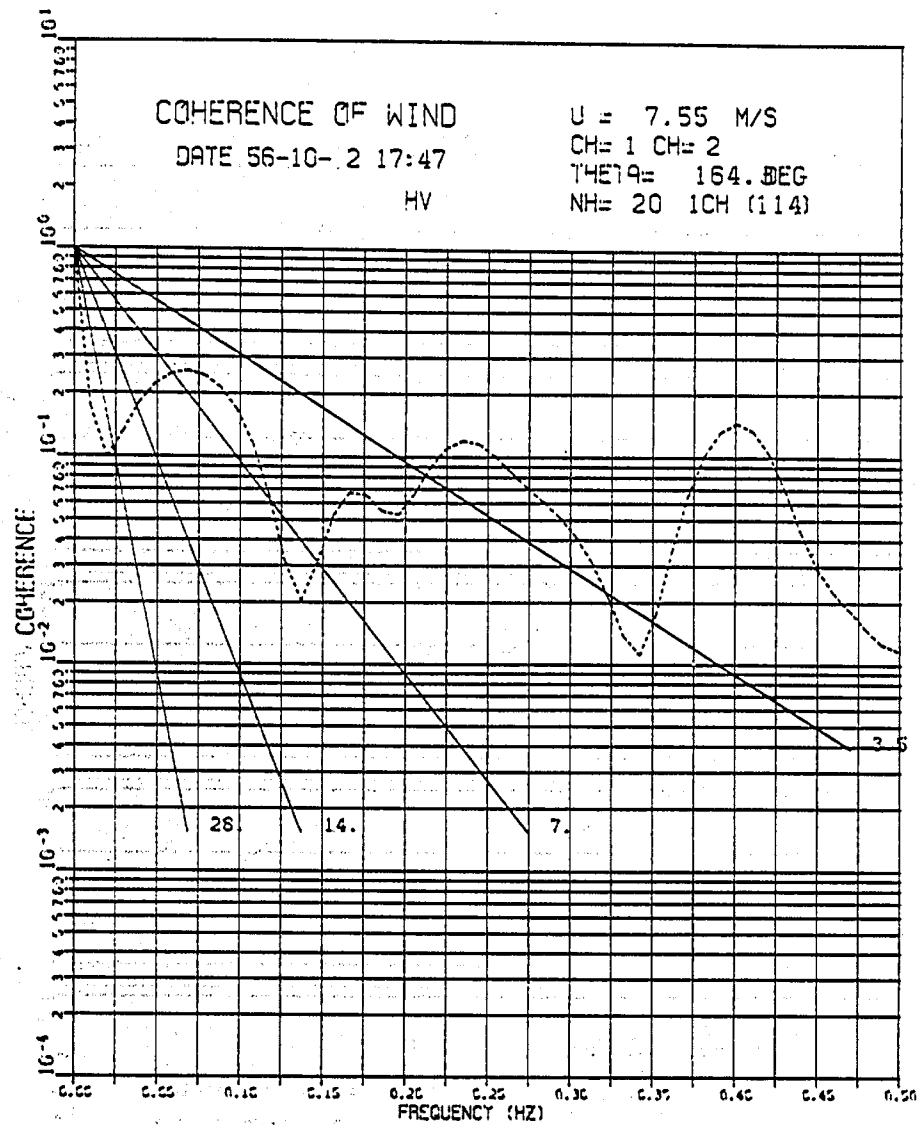


図 - 6 - 1 4 コ ヒ ー レ ン ス

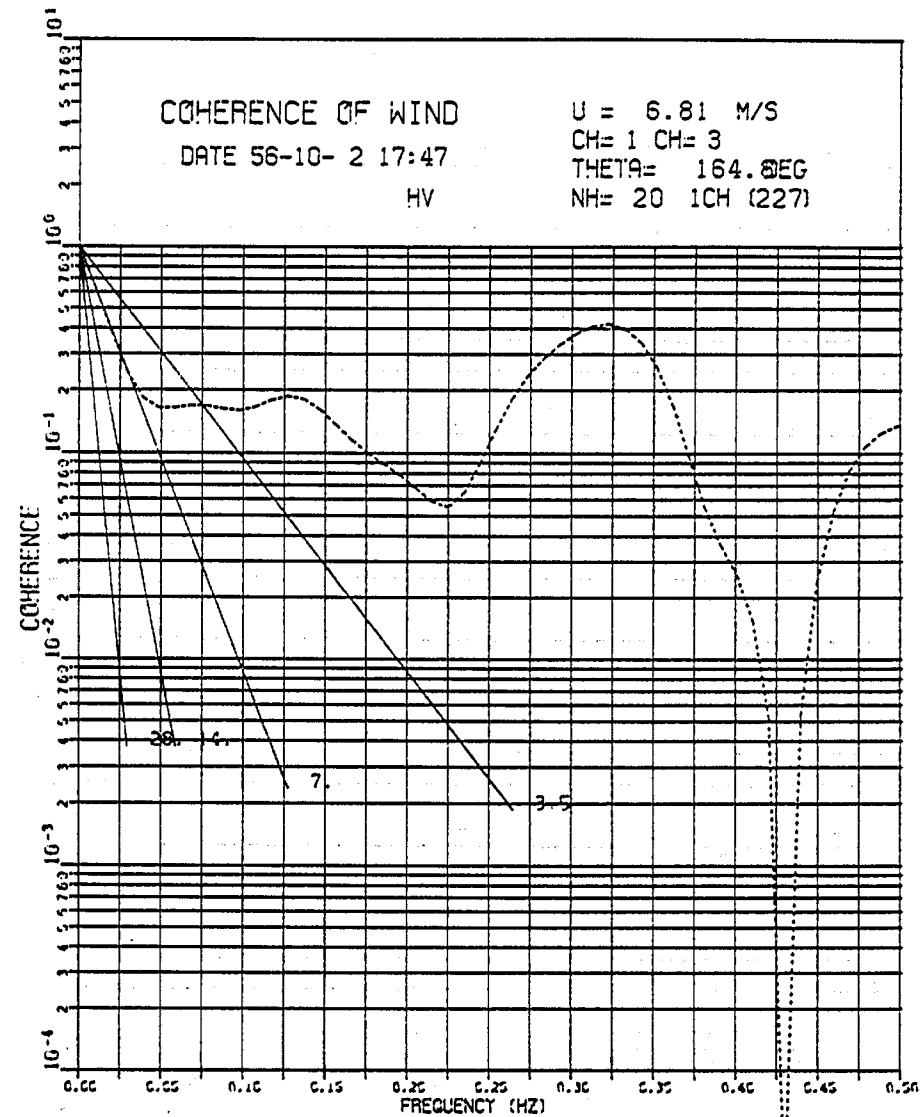


図 - 6 - 1 5 コ ヒ ー レ ン ス

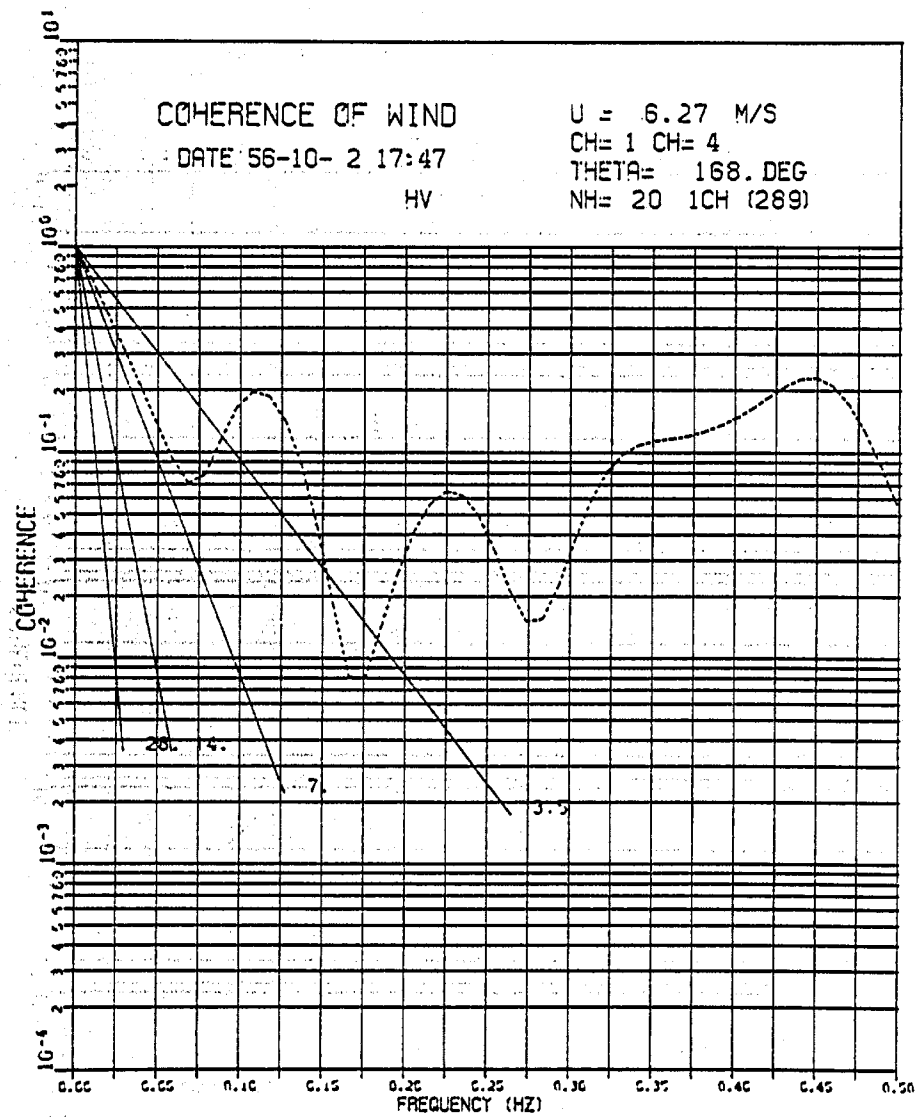


図-6-16 コヒーレンス

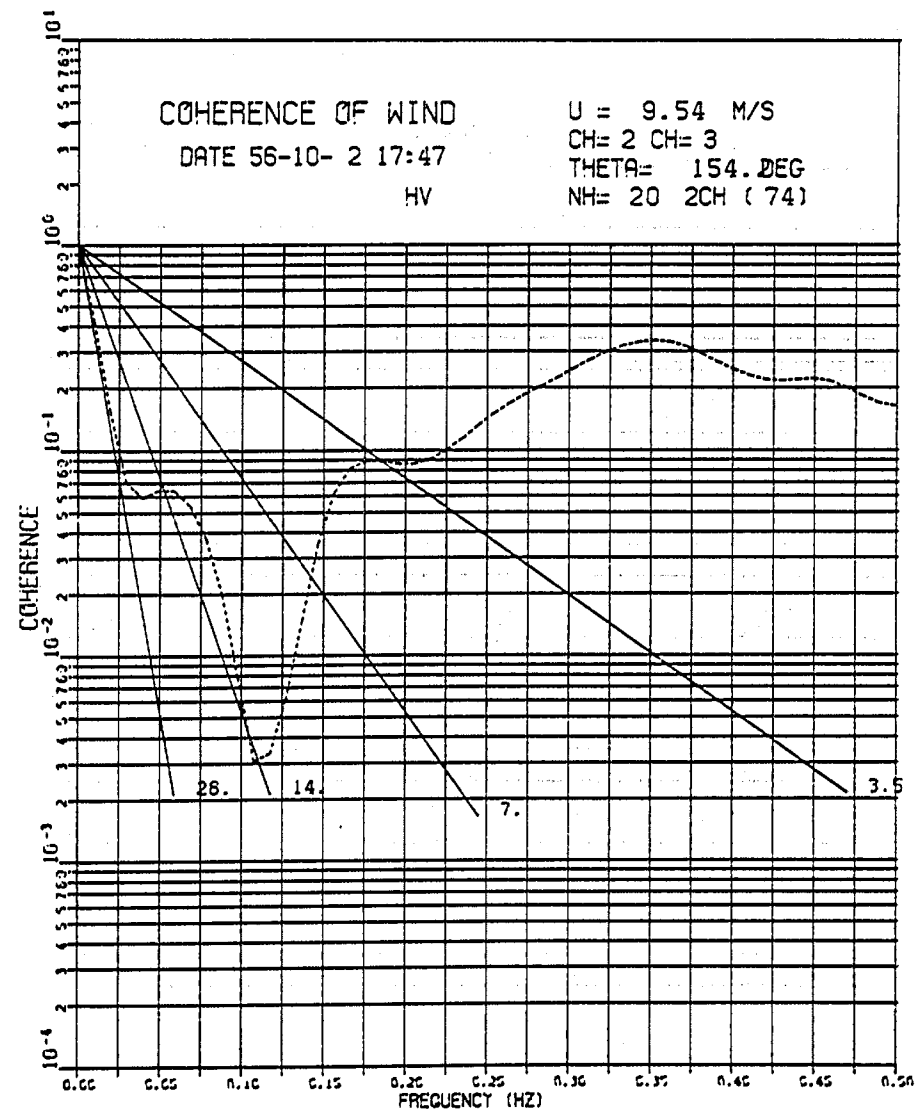


図-6-17 コヒーレンス

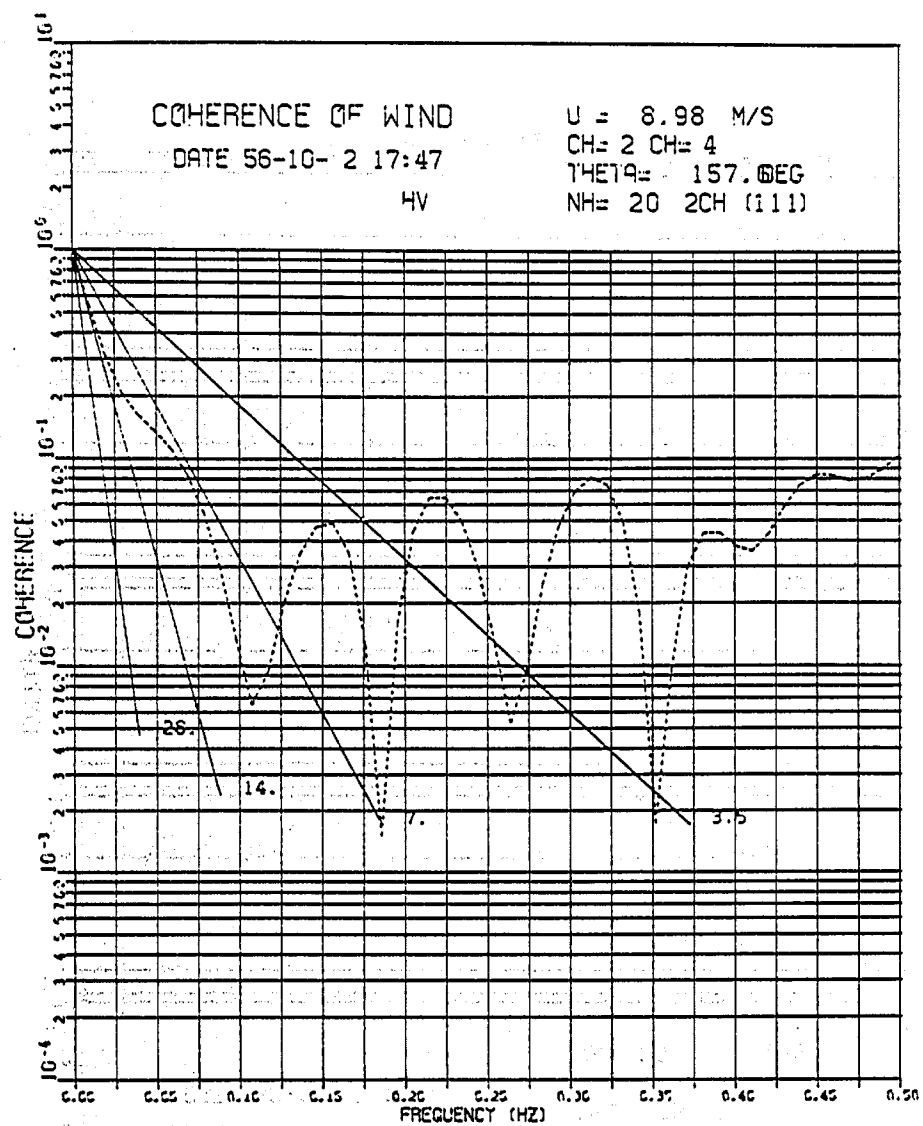


図-6-18 コヒーレンス

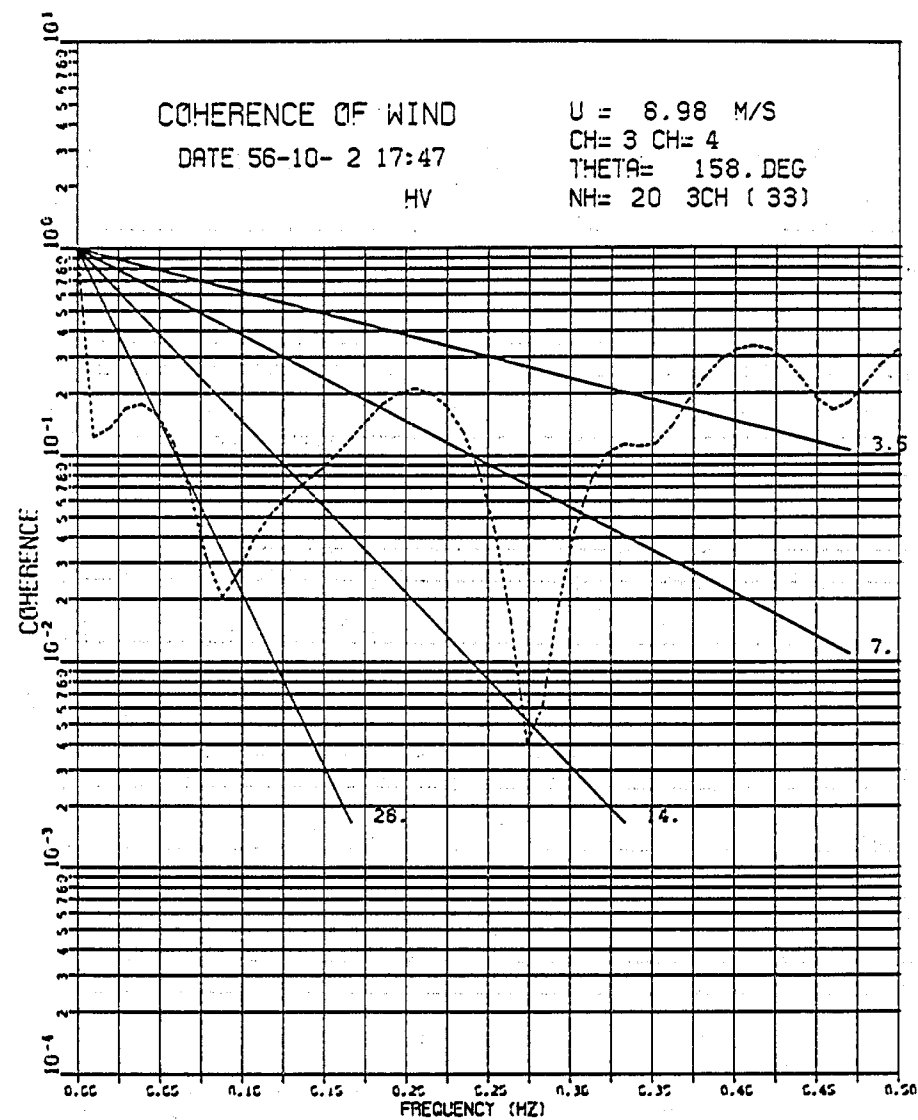


図-6-19 コヒーレンス

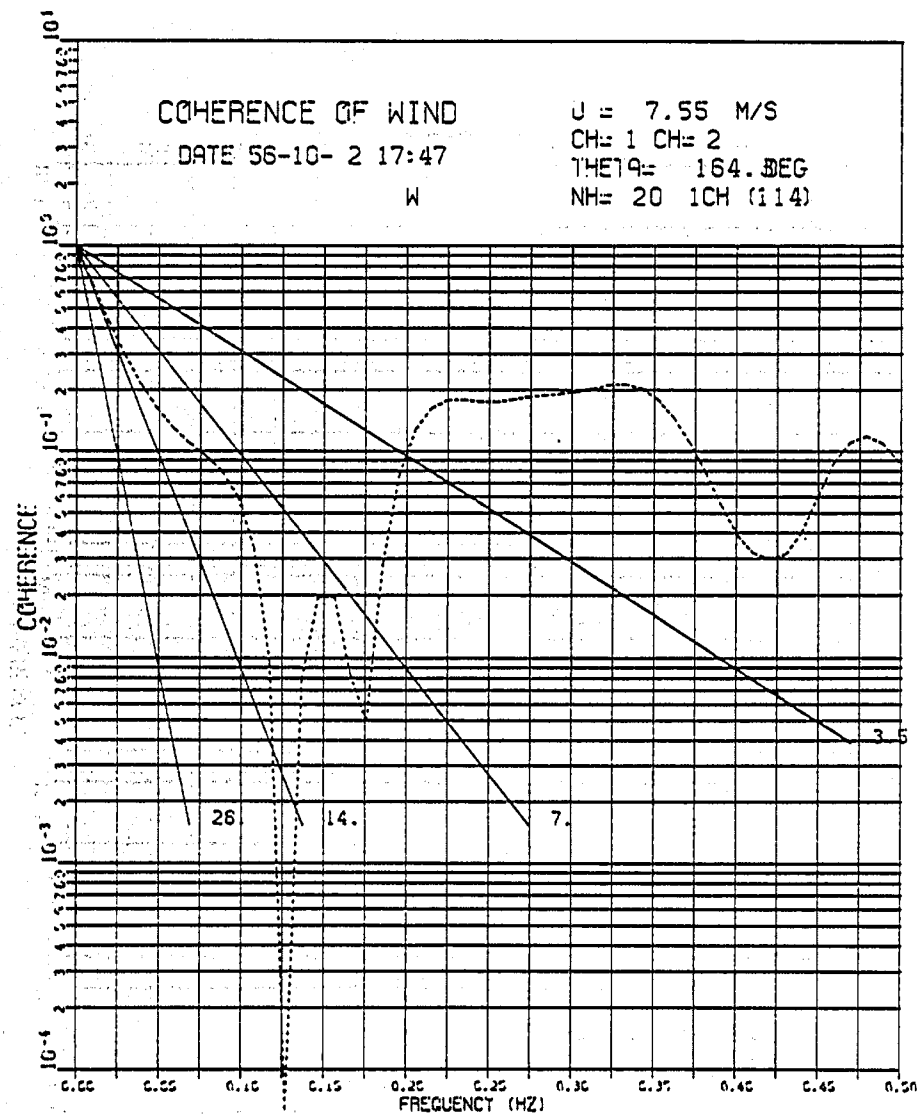


図-6-20 コヒーレンス

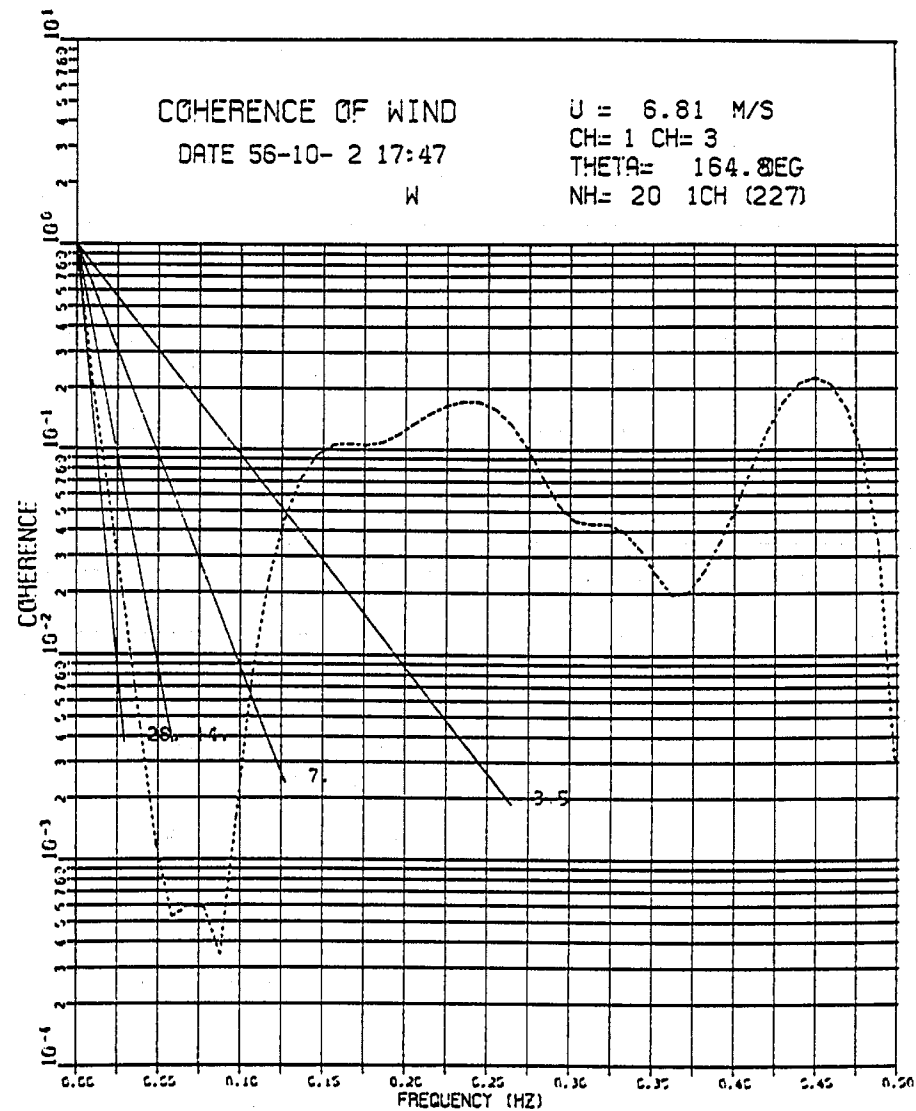
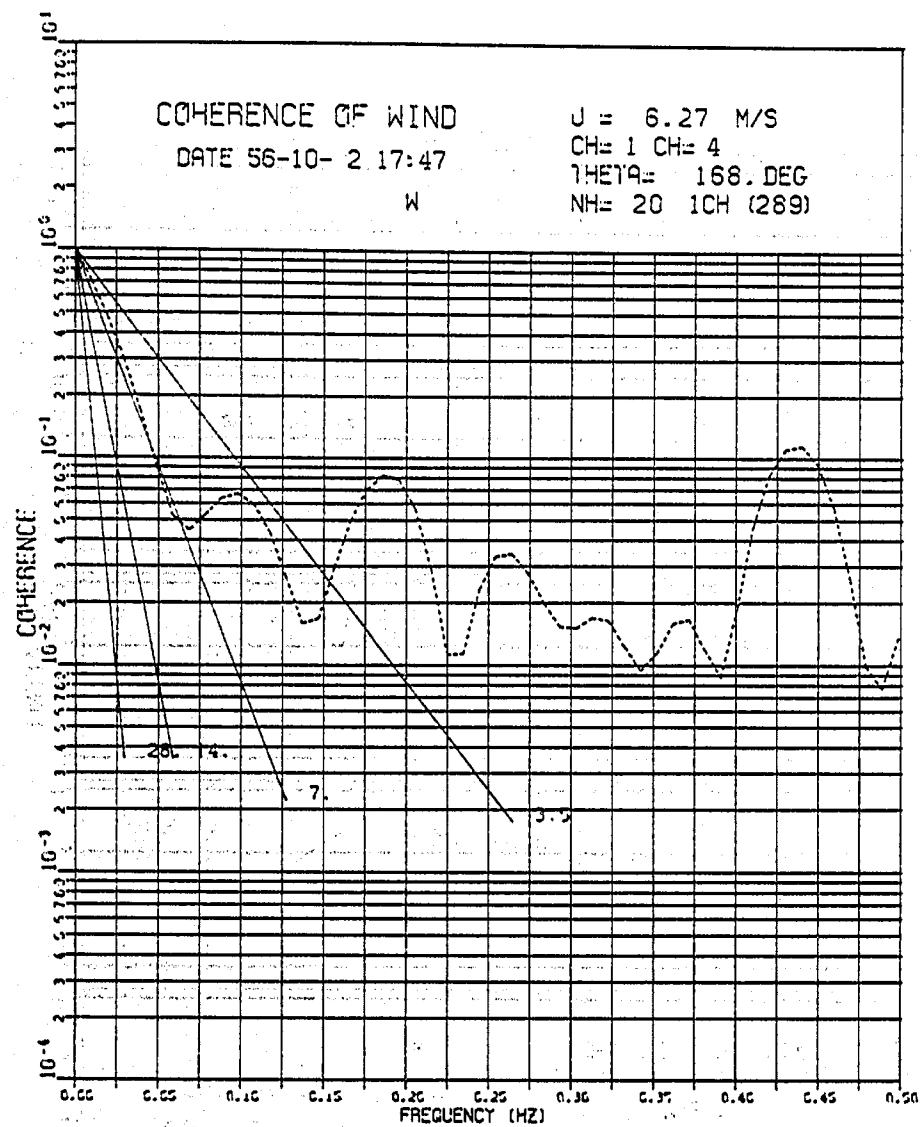
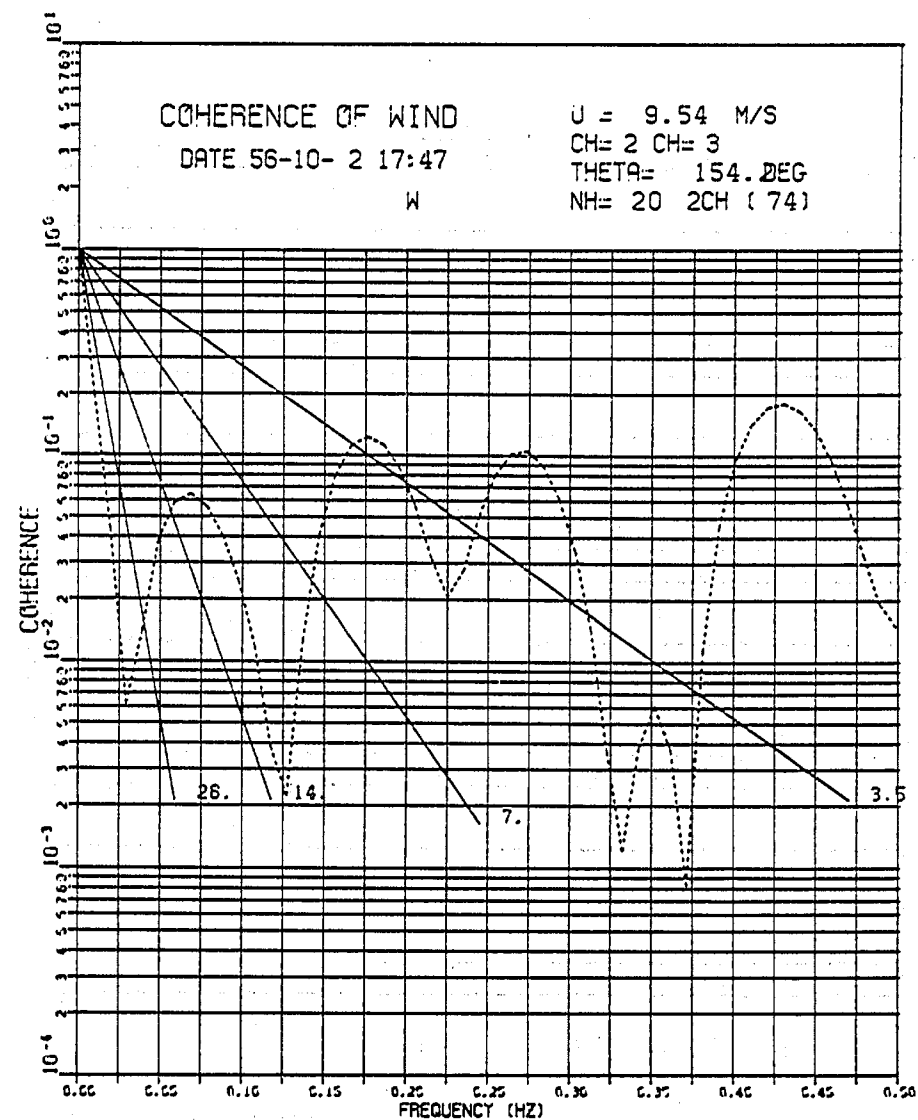


図-6-21 コヒーレンス



☒ - 6 - 2 2 コ ヒ ー レ ン ス



☒ - 6 - 2 3 コ ヒ ー レ ン ス

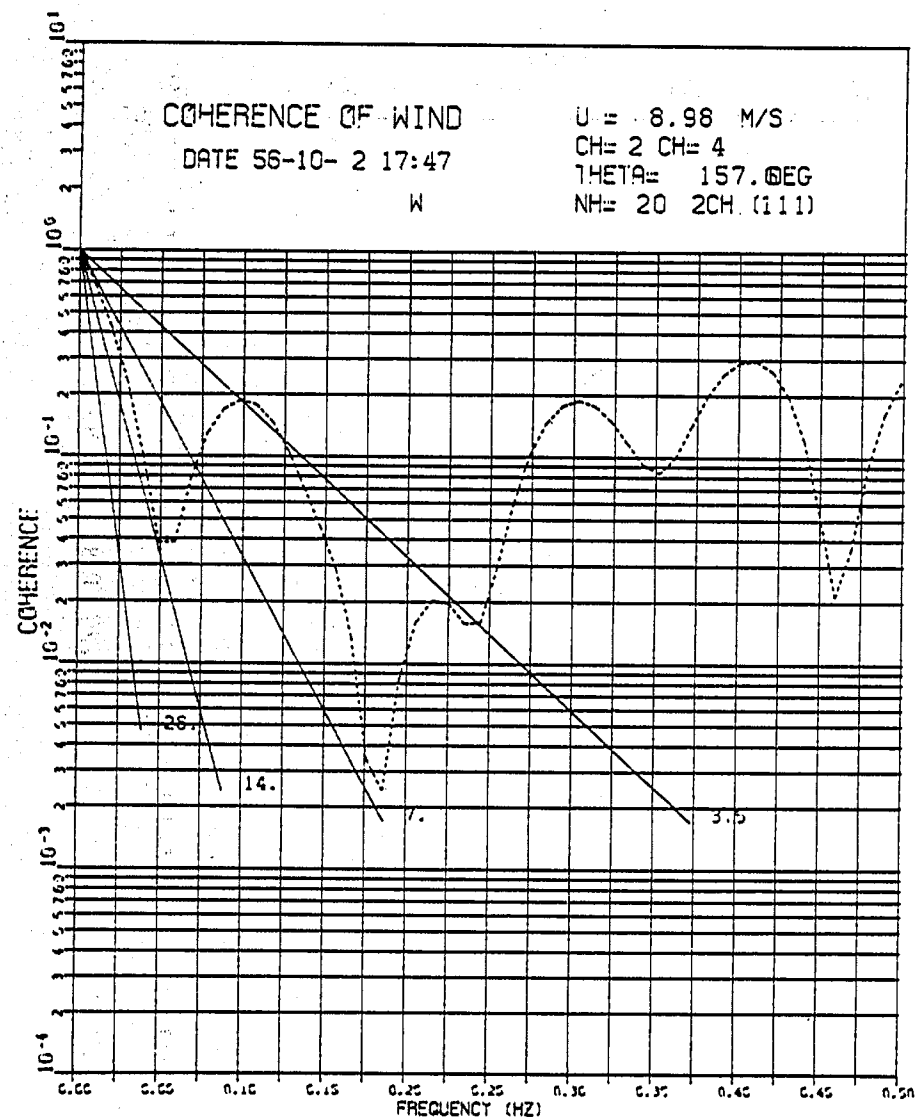


図-6-24 コヒーレンス

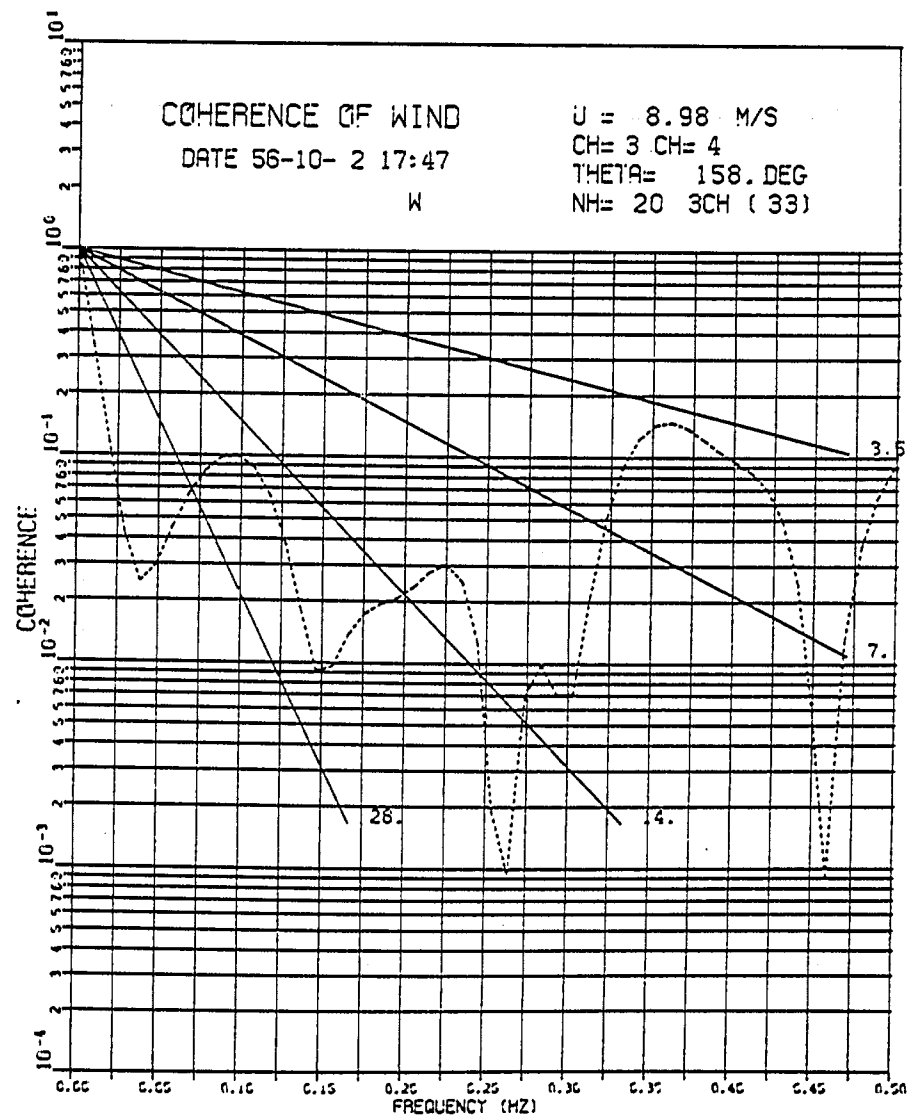


図-6-25 コヒーレンス

POWER SPECTRUM OF WIND

SUIGO OHASHI

P.S.D. BY MEM
56- 5-24 14:28
DT=100MS
N= 601
CH 2
HV

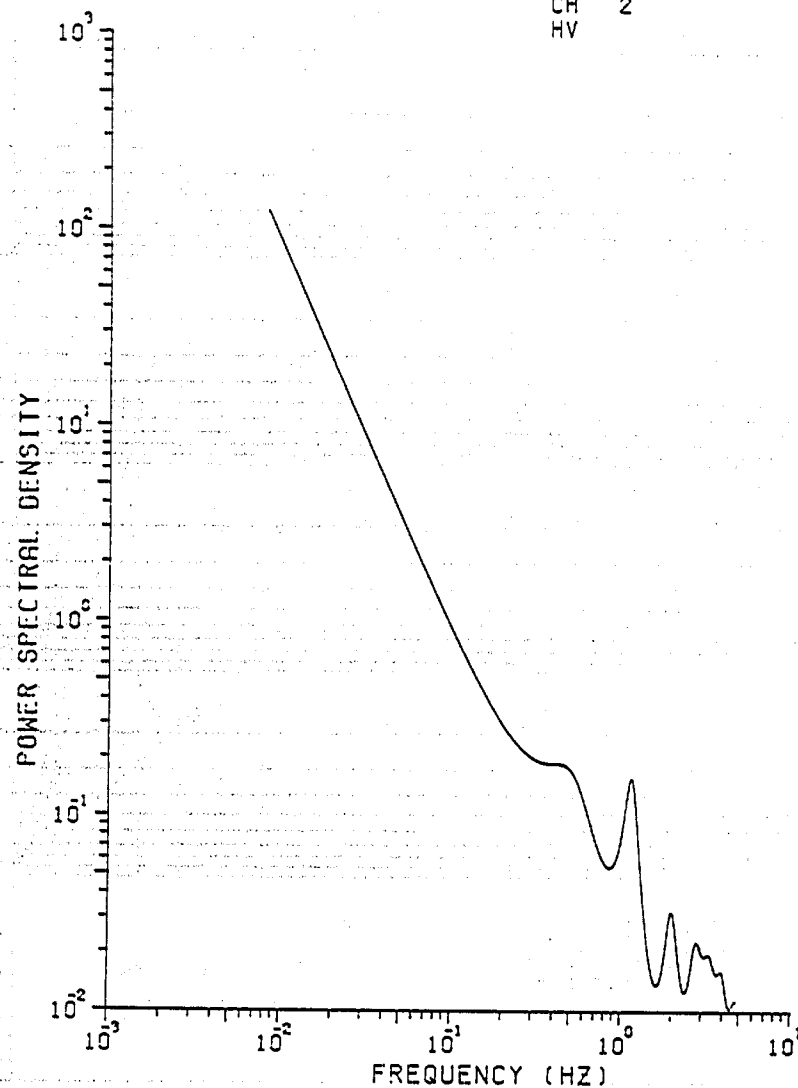


図-6-26 風のパワースペクトル (水平成分)

POWER SPECTRUM OF WIND

SUIGO OHASHI

P.S.D. BY MEM
56- 5-24 14:28
DT=100MS
N= 601
CH 2
W

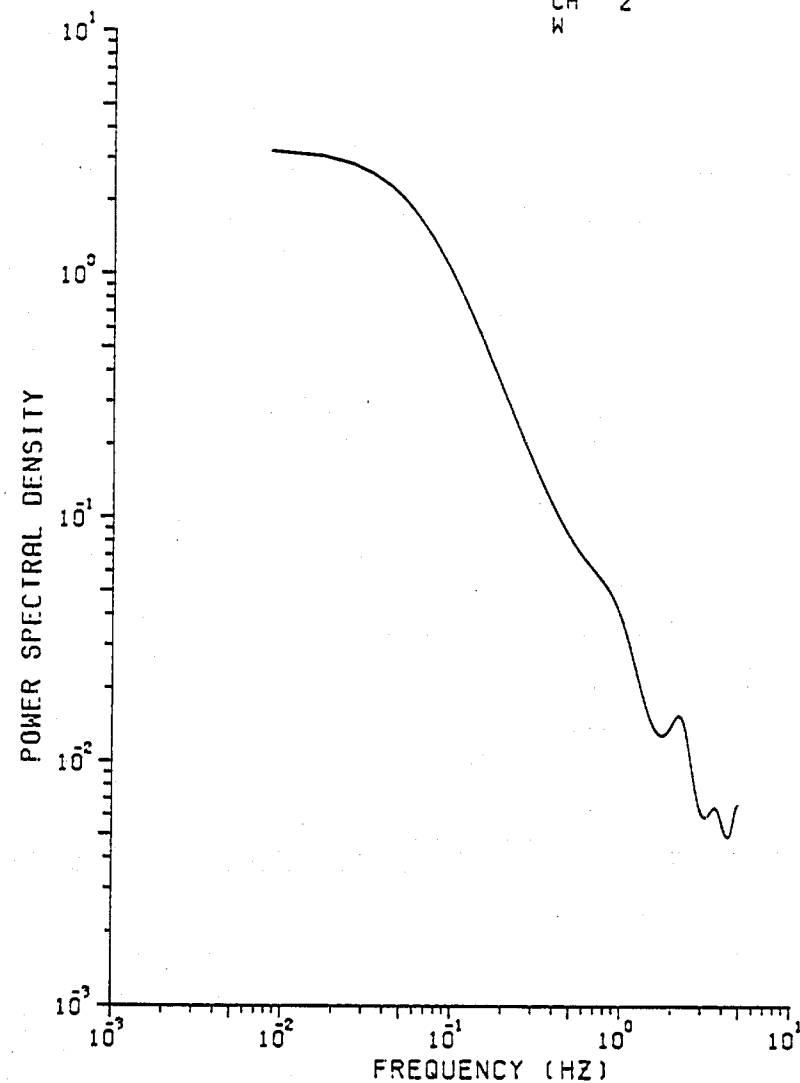


図-6-27 風のパワースペクトル (鉛直成分)

POWER SPECTRUM OF WIND

SUICO OHASHI

P.S.D. BY MEM
56-10- 2 17:47
DT=100MS
N= 601
CH 2
HV

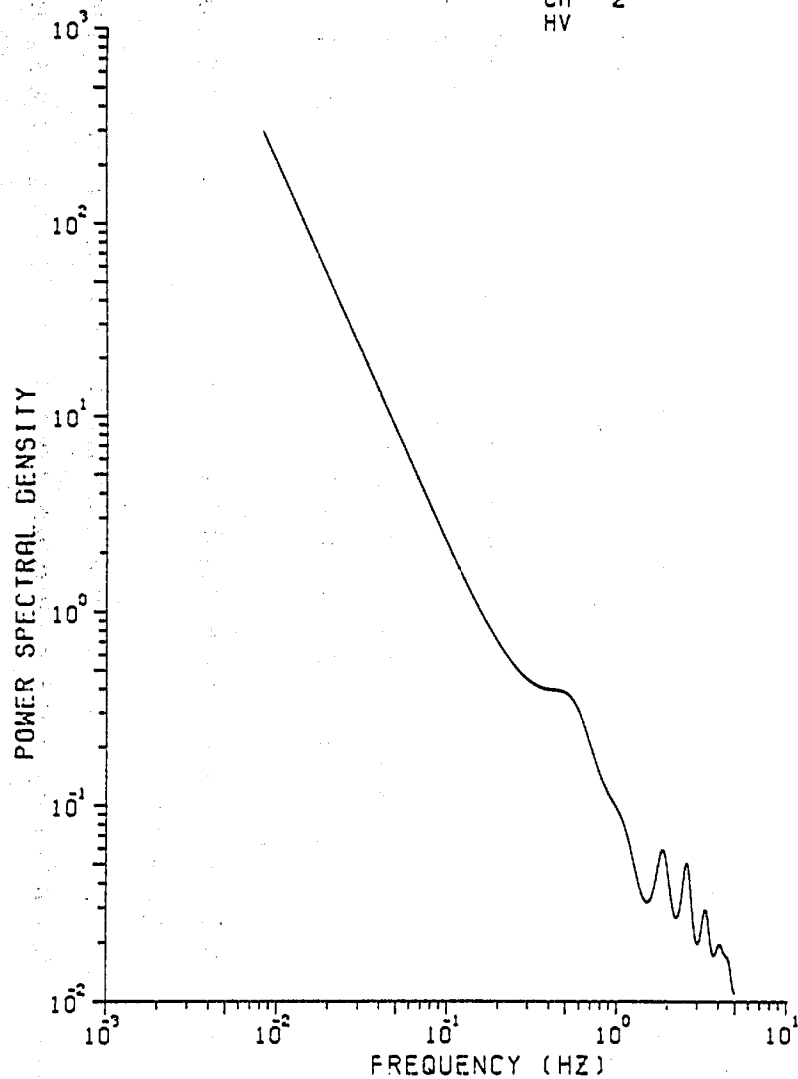


図-6-28 風のパワースペクトル (水平成分)

POWER SPECTRUM OF WIND

SUICO OHASHI

P.S.D. BY MEM
56-10- 2 17:47
DT=100MS
N= 601
CH 2
W

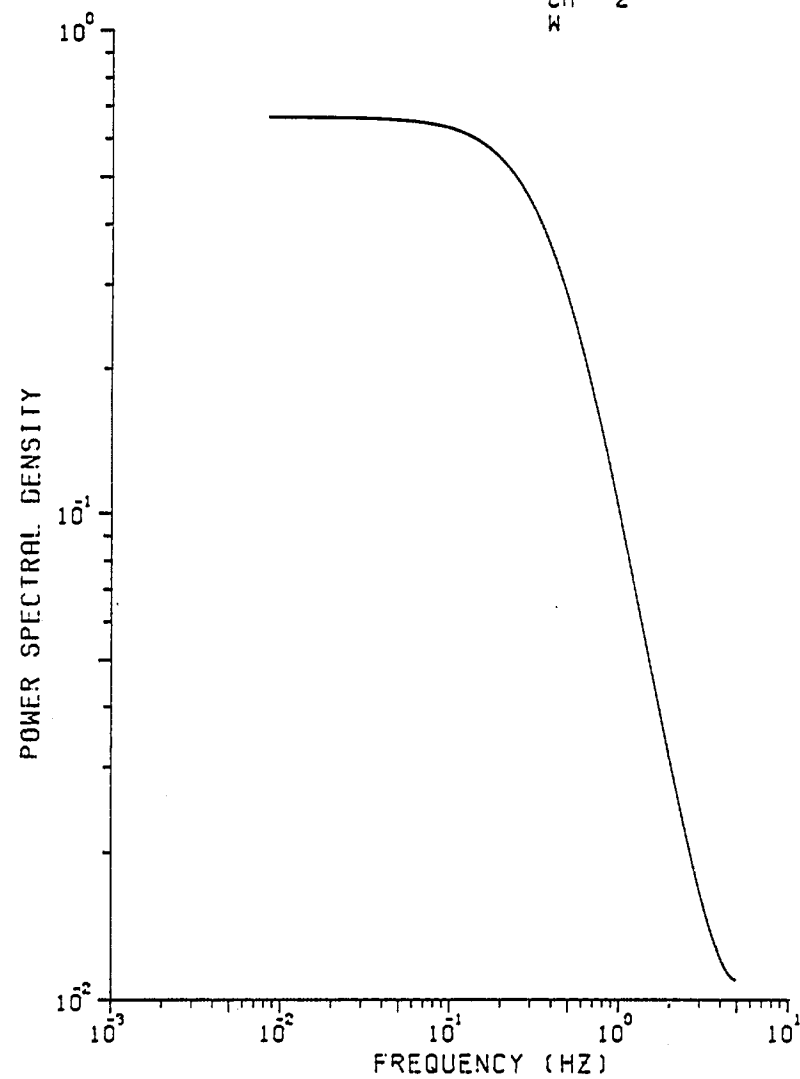


図-6-29 風のパワースペクトル (鉛直成分)

7. スパイアーにより発生させた乱流の特性調査

7.1 まえがき

自然風の乱れが構造物の耐風性におよぼす影響を実験的に調べるためには、その特性が自然風と相似な乱流を風洞内に発生させる必要がある。

気流の変動特性は、時間的な変動特性と空間的な変動特性に大別される。1つの地点におけるある時間長さ T の風速データは、鉛直方向を含む互いに直角な方向の3つの成分 u 、 v 、 w (u 、 v は水平成分、 w は鉛直成分)に分解され、各成分は時間 T により平均化した平均風速 U 、 V 、 W と変動風速 $d u$ 、 $d v$ 、 $d w$ にそれぞれ分けて考えられる。時間的な変動特性とはこの $d u$ 、 $d v$ 、 $d w$ の特性であり、平均風速に対するこれらの大きさは乱れ強さと呼ばれ、どの周波数成分のパワーが卓越しているかはパワースペクトルにより知ることができる。空間的な変動特性は、平均風速に関するものと変動風速に関するものがある。水平方向平均風速の鉛直方向の各地点における変化は鉛直プロフィールと呼ばれ、多くの場合高さのべき乗で近似される。2地点の風速の変動の関連を示すものが空間相関であり、相関の度合いが強い領域の大きさを示すものが乱れのスケールである。

今年度は、NRC (カナダ国立研究所)などで開発されているスパイアー¹⁾を用いて境界層乱流を発生させ、鉛直プロフィール、乱れ強さ、パワースペクトル、乱れのスケール等に着目し、その特性を調べた。

7.2 実験方法

7.2.1 乱流の発生方法

実験には建設省土木研究所のフラッター風洞を用いた。本風洞の主要諸元を表-7-1に示す。本風洞断面は4隅に隅切りがしてあるため、ベニア板により床を上げ下の隅の影響をなくした。

NRCの調査によれば、スパイアーの後方とスパイアー間の後方とで乱流の特性の差が無視できるほど小さくなるのは、スパイアー高さのおよそ6倍以上下流である¹⁾。表に示したように、本風洞の測定部の長さは10mであるため、測定部の中で主流直角水平方向に一樣な乱流を得るように、スパイアー高さは1.6mとした。スパイアーの形状を図-7-1に示す。

7.2.2 乱流の測定方法

乱流はX型プローブを用いて熱線風速計で測定した。測定した風速成分は主流方向水平成分 u と鉛直成分 w である。

測定箇所は、スパイアー設置点より下流4.8mおよび9.3m (それぞれスパイアー高さのおよそ3倍と6倍)で、スパイアーの後方およびスパイアー間隔の後方である。高さの範囲は床面からおよそ1mまでの範囲である。空間相関特性を求める場合には、2体のXブロー

ブを用い、一方をトラバースした。以下、便宜上主流水平方向の座標を x 、主流直角水平方向の座標を y 、鉛直方向の座標を z とし、その方向、零点を図-7-2に示す。測定点およびスパイアーの配置を図-7-3に示す。風速範囲はおよそ $0 \sim 10 \text{ m/s}$ である。

7.2.3 データの解析方法

アナログテープに記録されたデータはミニコンピュータを用いてA/D変換し、大型電算機により処理した。データのサンプリングタイムは 10 ms 、1チャンネルあたりのデータ数は 2001 である。

乱れ強さは、 $d u$ の標準偏差 σ_u あるいは $d w$ の標準偏差 σ_w を U で除することにより求めた。パワースペクトルはMEM法²⁾あるいはBT法により求めた。乱れのスケールは、パワースペクトルのピーク値の波長 (U/f 、 f は周波数) をもとにして求めたり³⁾、パワースペクトルの周波数 0 の値をもとにして求めたり³⁾、トラバースして得られた空間相関係数をもとにして求めたり³⁾ した。

7.3 実験結果

測定点 (x, y) が (9.3 m , 0.0 m)、(9.3 m , 0.4 m)、(4.8 m , 0.0 m)、(4.8 m , 0.4 m) における主流方向平均風速 U および乱れ強さ I_u , I_w と高さ z との関係を図-7-4に示す。(x, y, z) が (9.3 m , 0.0 m , 0.65 m) における $d u$ および $d w$ のパワースペクトルを図-7-5に示す。(x, y, z) が (9.3 m , 0.0 m , 0.65 m) におけるパワースペクトルより求めた乱れのスケールを表-7-2に示す。

7.4 考 察

7.4.1 U の鉛直プロフィール

図-7-4によれば、 U は、スパイアー後方の方がスパイアー間隔後方のものより若干大きい。その差は、スパイアー高さの6倍下流 (以下 $6H$ と略す) の方が $3H$ より小さく、 $6H$ では U の差がほぼ5%以内に対し、 $3H$ では10%程度となっている。また、 U は、 $6H$ の方が $3H$ より大きく、その差は高さが低くなるほど大きい。

U と z の関係を両対数用紙にプロットし、図-7-6に示す。これによれば、 z がおよそ 30.0 mm 以上となれば U の鉛直分布は z のべき指数で表わされることがわかる。指数の値は、 $6H$ では $1/3 \sim 1/4$ であるのに対し、 $3H$ ではおよそ $1/2$ と大きい。

スパイアー後方の U の方がスパイアー間隔後方の U より大きい結果が得られた原因の1つとして、スパイアー後方の方が主流直角水平成分の変動風速が大きいことが推定される。また、 $3H$ の方が $6H$ よりべき指数の値が大きく、低い位置で U が小さく、スパイアー後方とスパイアー間隔の U の差が大きい理由としては、 $6H$ に比べ $3H$ の方が気流の鉛直方向および主流直角水平方向の混合の程度が低く、スパイアーのブロック効果が強く残っていることが考えられる。

7.4.2 乱れ強さ

図-7-4によれば、乱れ強さは Z が大きくなるにつれ減少する。スパイアー後方とスパイアー間隔後方とでは乱れ強さはほとんどかわらないが、3Hと6Hとでは6Hの方が $1/2 \sim 2/3$ 程度にまで減少する。鉛直方向変動風速の乱れ強さは主流方向変動風速の乱れ強さのおよそ $2/3$ 程度である。

7.4.3 傾斜角

スパイアーの後方では下降流が生ずるため、傾斜角は負となる。傾斜角の絶対値は風速が高くなるほど小さくなる。高さが高くなるに従い傾斜角の絶対値は小さくなる傾向を示すが、その度合いはスパイアー間隔後方3Hにおいて顕著であり、他ではそれほど大きくない。6Hにおいては、スパイアー後方とスパイアー間隔後方とでは傾斜角の値に顕著な差はみられないが、3Hにおいてはスパイアー後方の方が傾斜角の絶対値が大きい。スパイアー後方においては、3Hの方が6Hより絶対値の大きな傾斜角を示すが、スパイアー間隔後方では、低い位置で6Hの方が、高い位置で3Hの方がそれぞれ大きな傾斜角を示す。なお、傾斜角の値は、スパイアー後方6Hで $-2^\circ \sim -8^\circ$ 、スパイアー後方3Hで $-5^\circ \sim -15^\circ$ 、スパイアー間隔後方6Hで $-3^\circ \sim -7^\circ$ 、スパイアー間隔後方3Hで $-1^\circ \sim -9^\circ$ であった。

7.4.4 パワースペクトル

図-7-5によれば、MEM法で求めたパワースペクトルも、BT法で求めたものも、 u 成分、 w 成分どちらも低風速では高周波数領域におけるパワーの低減は顕著であるが、高風速ではゆるやかに低減していることがわかる。無次元化したスペクトルのピーク値に対応する f/U （波長の逆数）は、風速が変化してもほとんど変化しない。

7.4.5 乱れのスケール

表-7-2によれば、主流方向変動風速の主流方向の乱れのスケール L_z^* は、およそ $0.3 \sim 0.5 m$ であり、鉛直方向変動風速の主流方向の乱れのスケール L_z^* はおよそ $0.1 \sim 0.3 m$ である。主流方向に熱線風速計をトラバースして求めた相関係数および乱れのスケールを図-7-7に示すが、パワースペクトルより求めた値とほぼ一致している。

7.5 まとめ

高さ $1.6 m$ のスパイアーを用いて、土木研究所のフラッター風洞内に乱流を発生させ、その特性を調べた。その結果、スパイアー高さの6倍程度下流では主流直角水平方向にほぼ一様の特性を有する乱流を発生できることが明らかとなった。この位置で、鉛直分布のべき指数は約 $1/4 \sim 1/3$ であり、乱れ強さ I_u は $8 \sim 18\%$ 、 I_w は $6 \sim 12\%$ 、乱れのスケール L_z^* は $0.3 \sim 0.5 m$ 、 L_z^* は $0.1 \sim 0.3 m$ である。今後は、負の傾斜角特性および高風速における高周波数領域でのパワースペクトル形状を改善し、自然風の特性に近い乱流を発生させるよう開発を進めるつもりである。

参考文献

- 1) N.M. Standen ; A spire array for generating thick turbulent shear layers for natural wind simulation in wind tunnels , LTR-LA-94 , National Research Council Canada , May 1972.
- 2) 日野幹雄 ; スペクトル解析、朝倉書店、昭和52年10月
- 3) たとえば、岡内功、伊藤学、宮田利雄 ; 耐風構造、丸善株式会社、昭和52年5月

表-7-1 フラッター風洞主要諸元

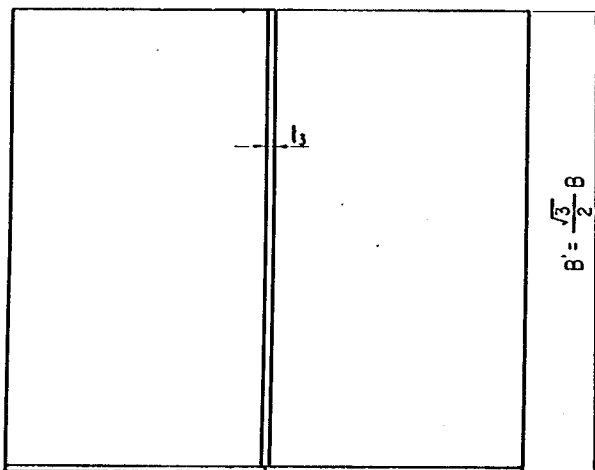
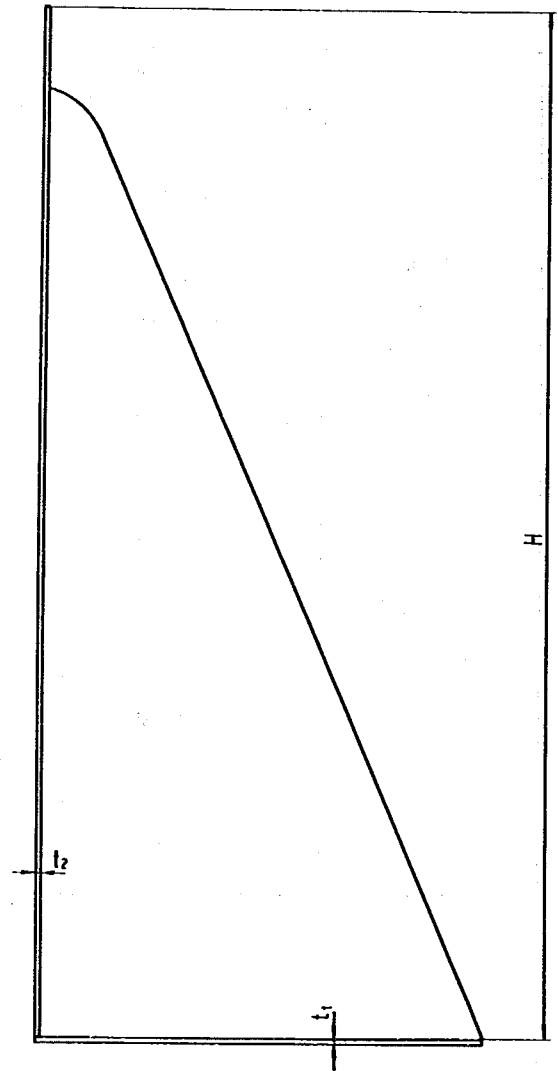
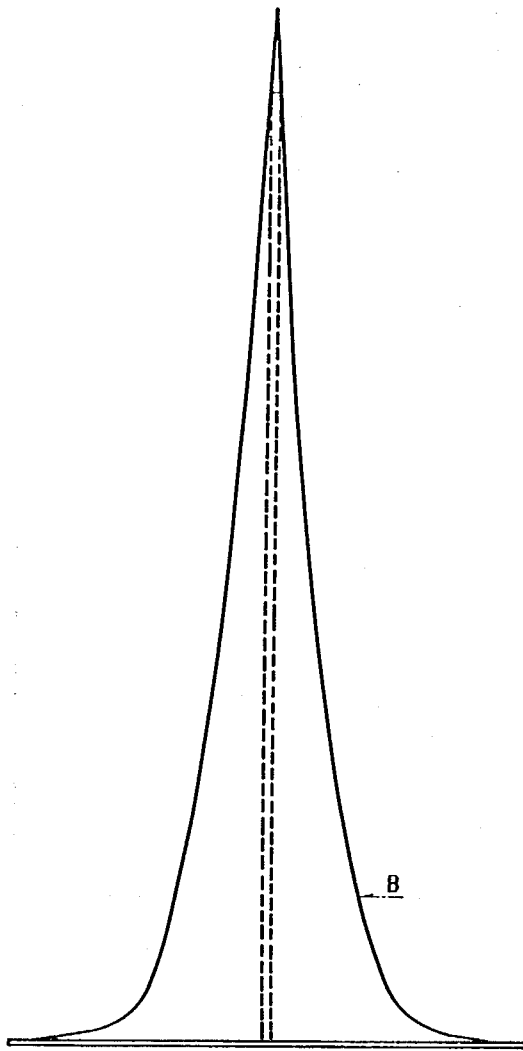
風 洞 形 式			単回路還流式
主 要 寸 法	測 定 胴	幅 (mm)	2500
		高 (mm)	4000
		長 (mm)	10000
	縮 流 胴	入口 (mm × mm) 出口 (mm × mm) 縮流比	7000 × 8500 2500 × 4000 5.95
	風路全長 (mm)		115000
送 風 機	形 式		固定ピッチ動翼軸流式
	動翼直径 (mm)		4000
	有効全圧 (mmAq)		40.0
	風 量 (m^3/s)		247.0
	回 転 数 (r.p.m)		400.0
	容 量 (KW)		250.0
気 流	最大風速 (m/s)		25.0
	乱 れ 率 (%)		0.5%以下

表-7-2 乱れのスケール
(6H下流、スパイアー後方、 $Z'=500mm$)

送風機回転数		25 rpm	50 rpm	75 rpm	100 rpm	125 rpm
主流方向 変動風速 の乱れの スケール L_z^*	スペクトルのピークより (B T 法)	0.54	0.35	0.22	0.29	0.51
	スペクトルのピークより (MEM 法)	0.51	0.43	0.45	0.50	0.48
	$f=0$ のスペクトルより (B T 法)	0.44	0.39	0.35	0.41	0.29
鉛直方向 変動風速 の乱れの スケール L_z^*	スペクトルのピークより (B T 法)	0.54	0.10	0.13	0.29	0.04
	スペクトルのピークより (MEM 法)	0.41	0.23	0.20	0.22	0.24
	$f=0$ のスペクトルより (B T 法)	0.22	0.11	0.23	0.28	0.09

(単位は m)

乱流発生装置（スパイヤー）



	TYPE 1		TYPE 2		TYPE 3		TYPE 4		単位mm
	H	B	H	B	H	B	H	B (CM)	
1	00	1250	00	800	00	600	00	400	
2	04	938	03	600	02	450	01	300	
3	28	775	18	496	13	372	09	248	
4	42	733	27	469	20	352	13	235	
5	62	683	40	437	30	328	20	219	
6	104	621	67	397	50	298	33	199	
7	208	525	133	336	100	252	67	168	
8	313	463	200	296	150	222	100	148	
9	417	413	267	264	200	198	133	132	
10	625	337	400	216	300	162	200	108	
11	833	279	533	179	400	134	267	89	
12	1042	229	667	147	500	110	333	73	
13	1250	187	800	120	600	90	400	60	
14	1458	150	933	96	700	72	467	48	
15	1667	113	1067	72	800	54	533	36	
16	1875	83	1200	53	900	40	600	27	
17	2083	54	1333	35	1000	26	667	17	
18	2292	29	1467	19	1100	14	733	09	
19	2500	00	1600	00	1200	00	800	00	

	l1	l2	l3	単位mm
TYPE 1	24	15	15	
TYPE 2	21	15	15	
TYPE 3	21	15	15	
TYPE 4	15	12	12	

注) 今回の実験ではTYPE 1 を用いた。

図-7-1 ス パ イ ア ー

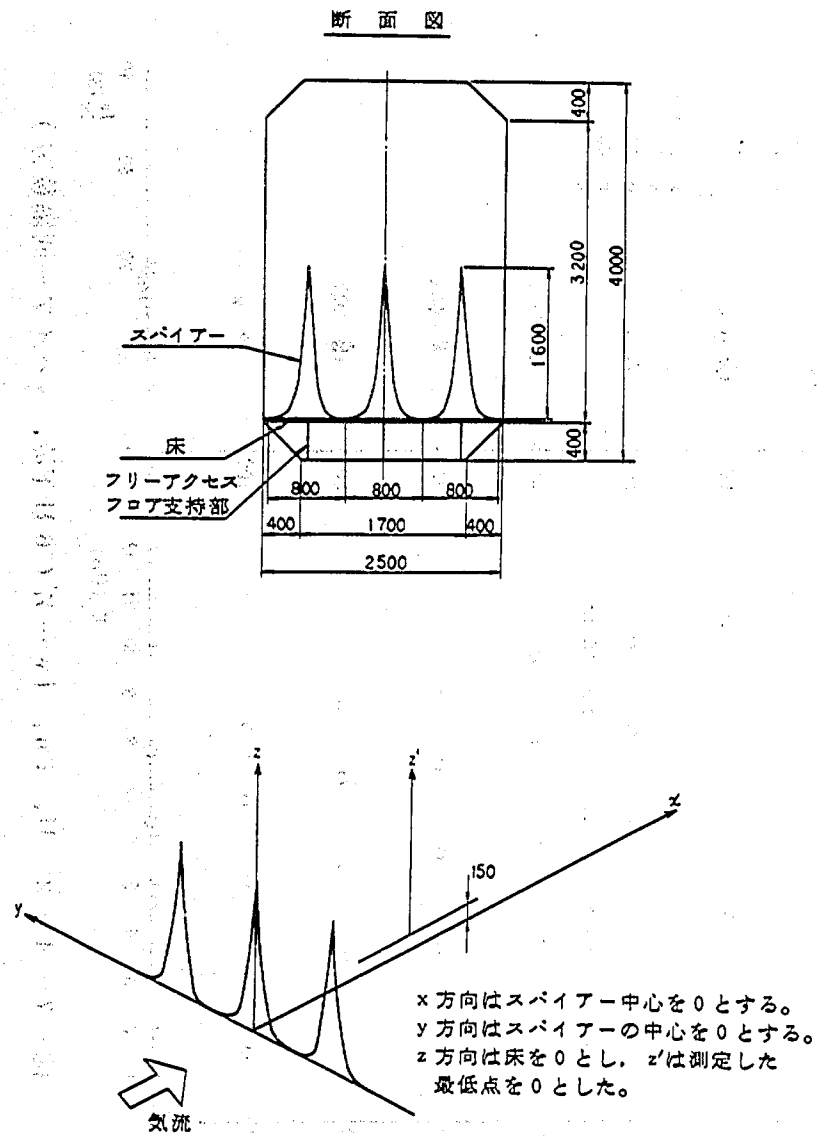


図-7-2 座標の定義

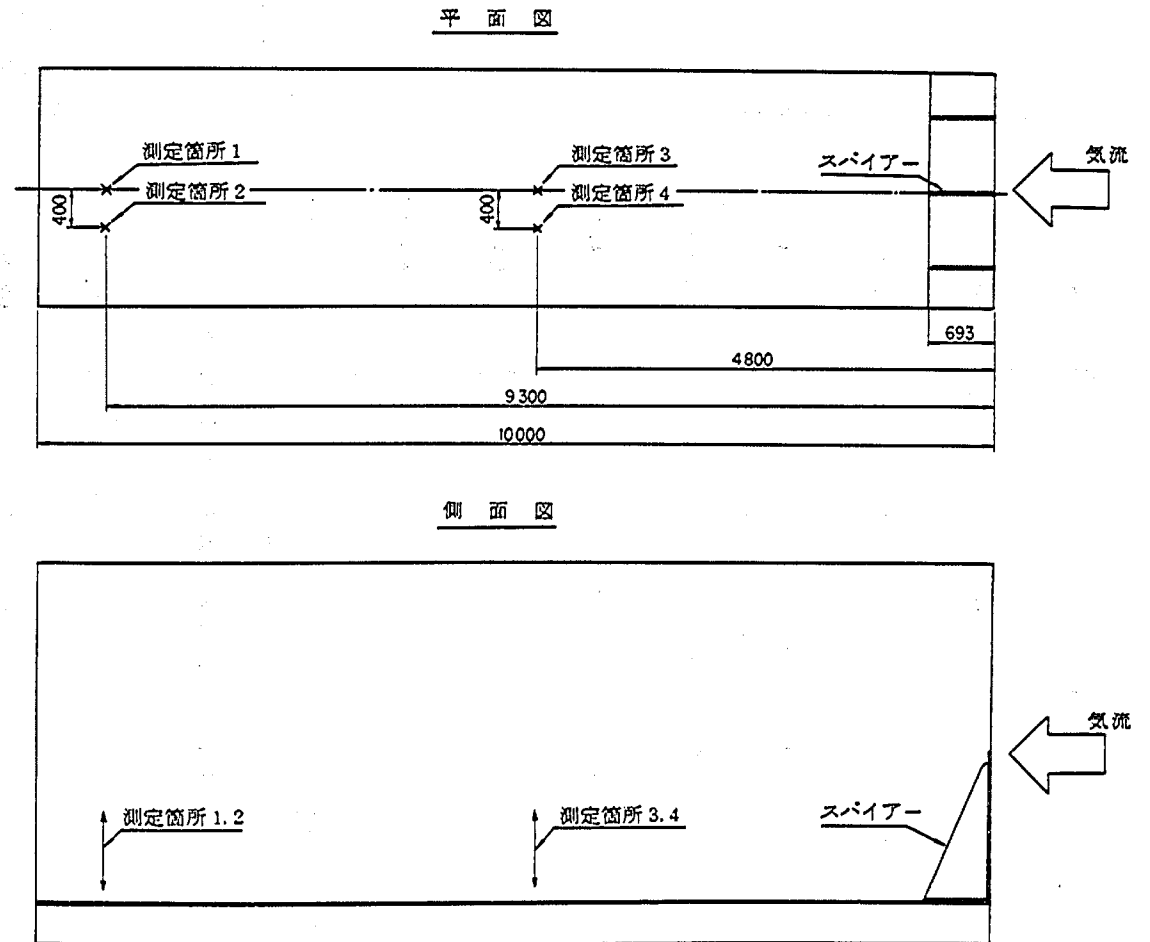


図-7-3 スパイアーおよび測定点の位置

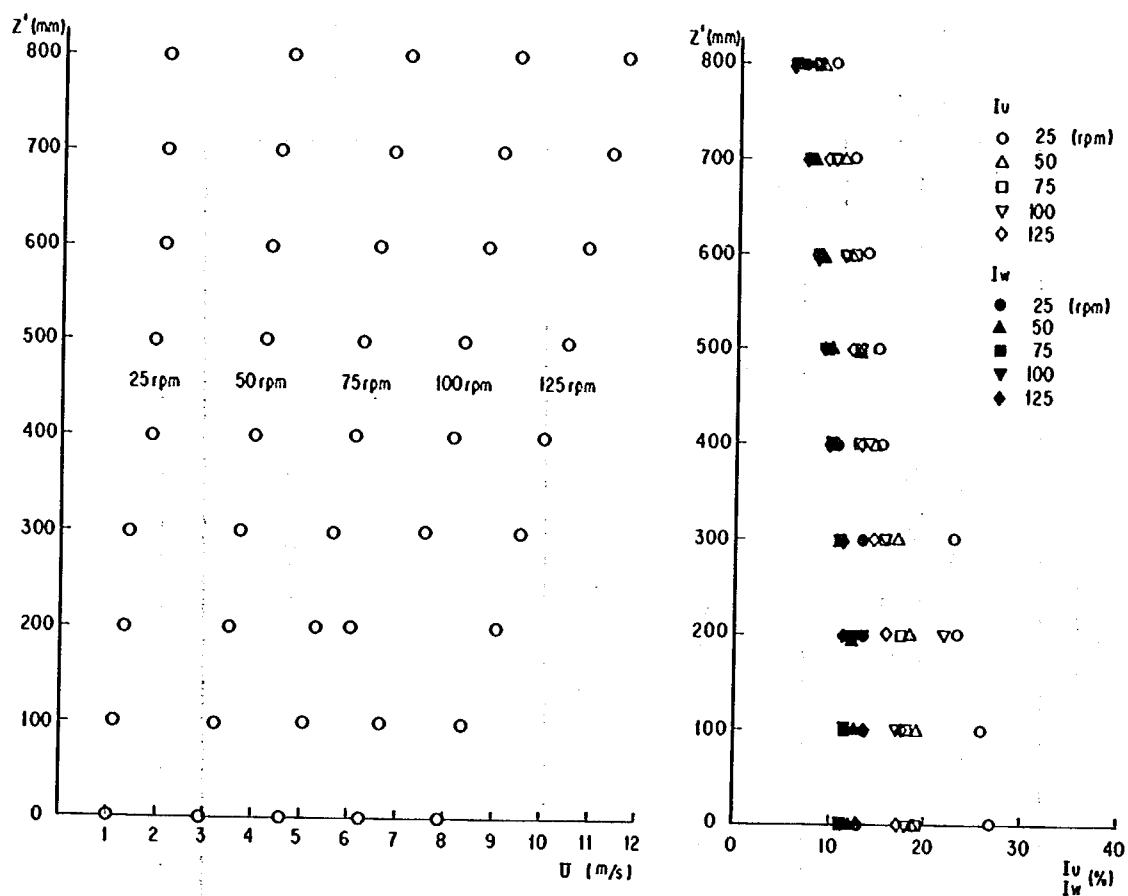


図-7-4-1 $U, I_u, I_w - Z'$ (6H下流, スパイアー後方)

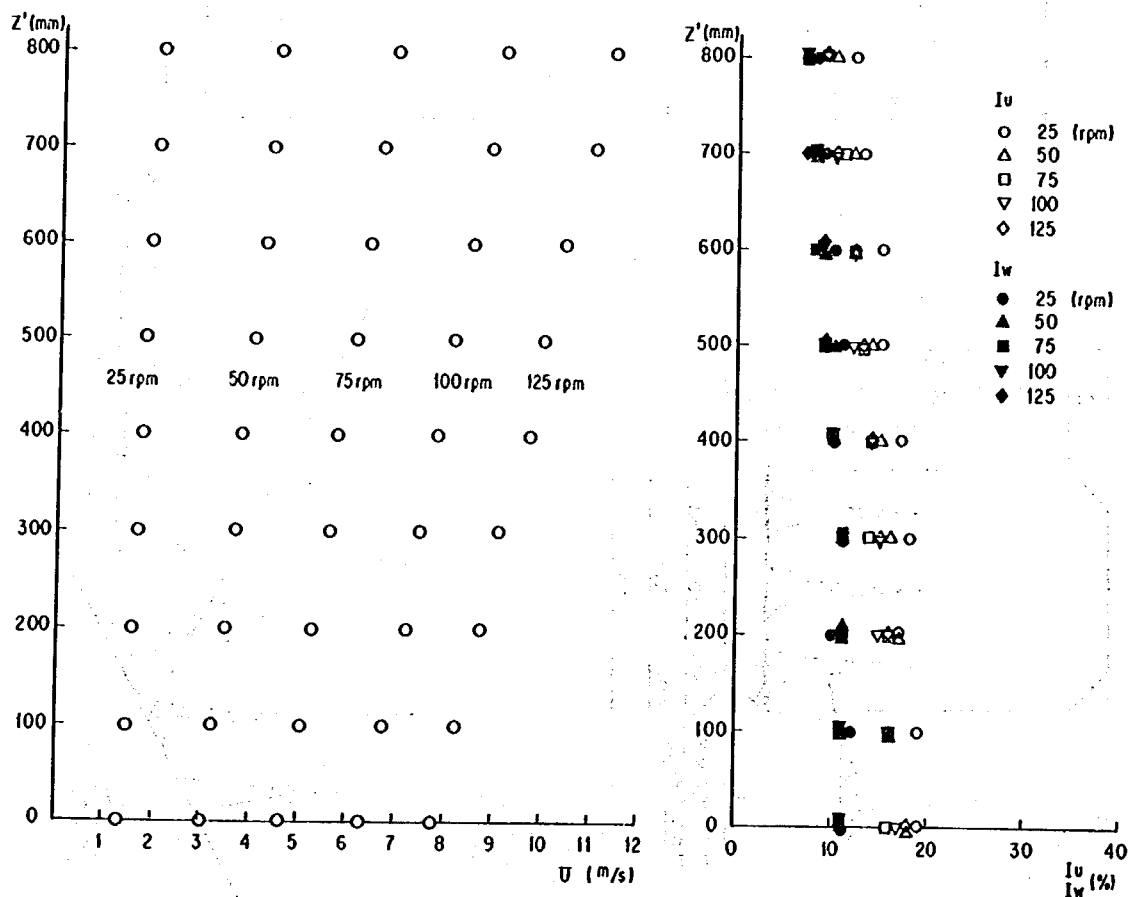


図-7-4-2 $U, I_u, I_w - Z'$ (6H下流, スパイアー間隔後方)

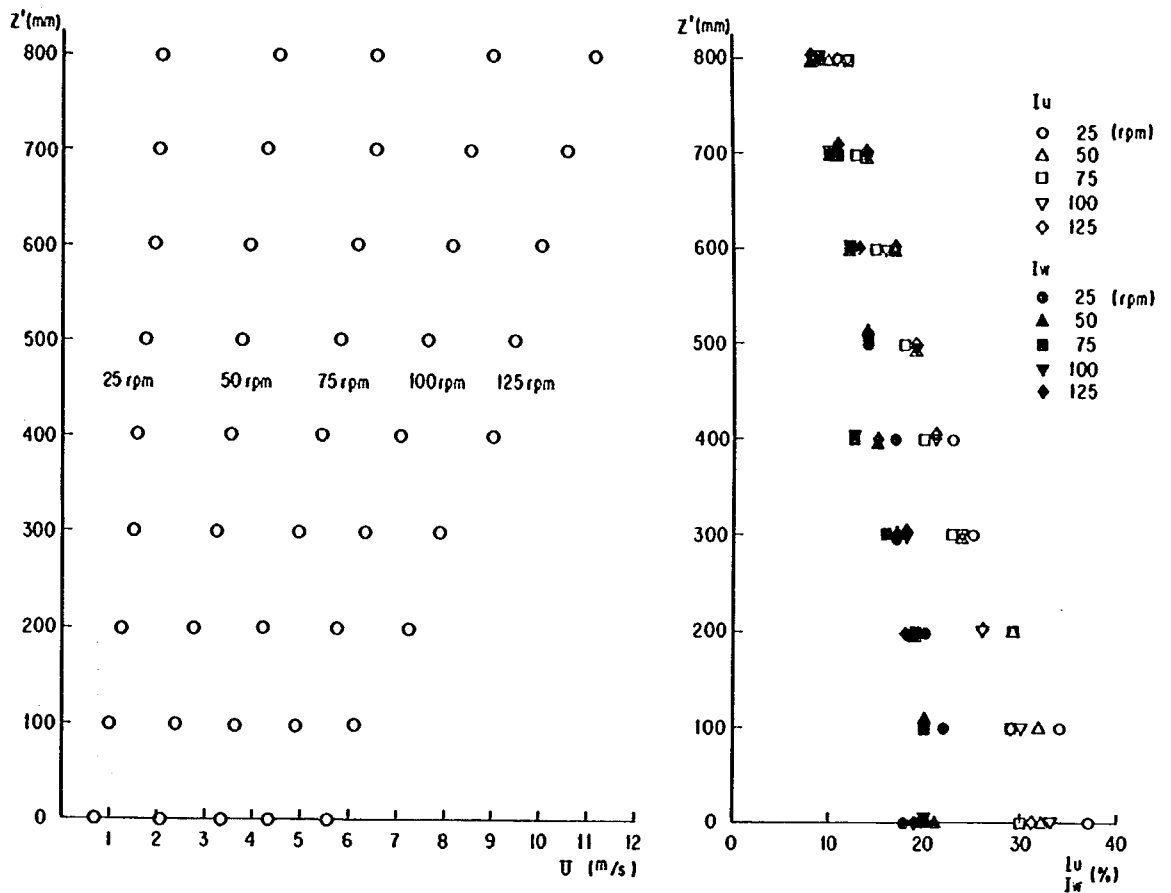


図-7-4-3 U, I_u, I_w-Z' (3H下流, スパイアー後方)

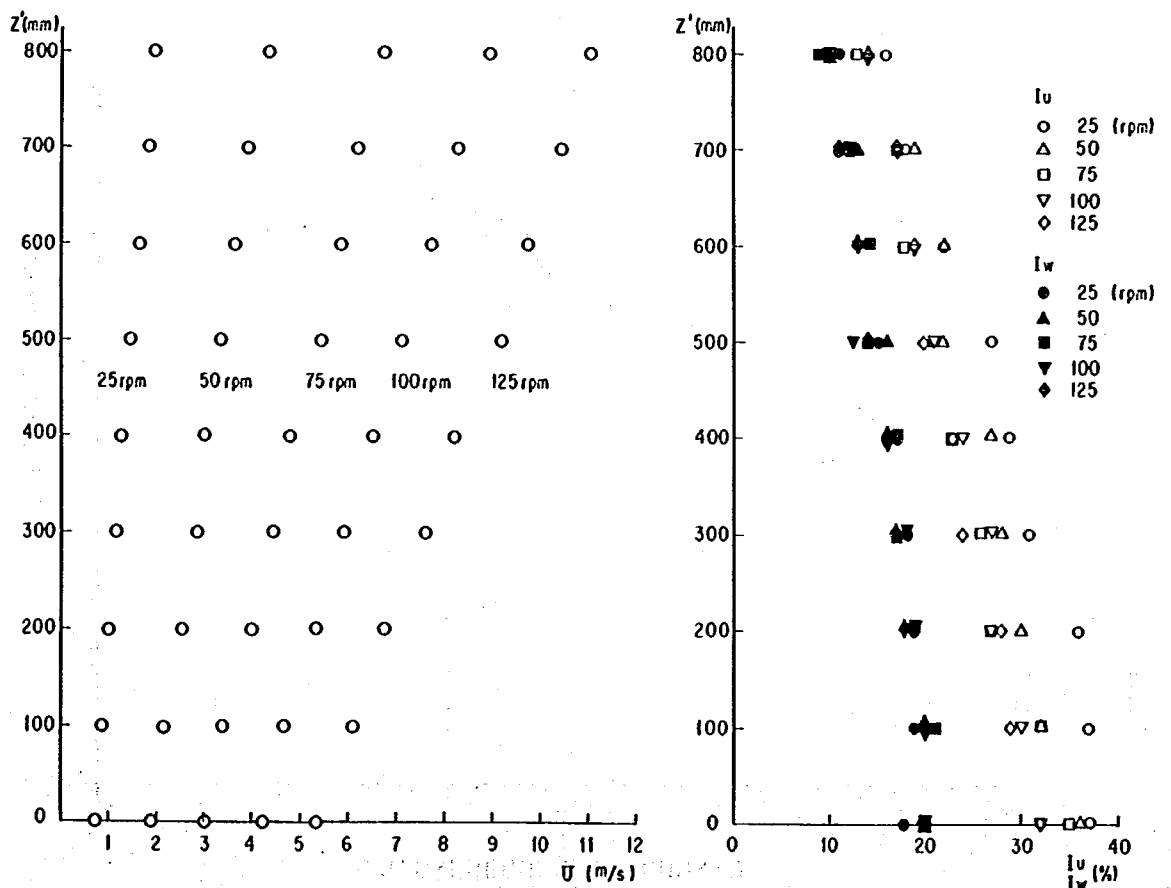


図-7-4-4 U, I_u, I_w-Z' (3H下流, スパイアー間隔後方)

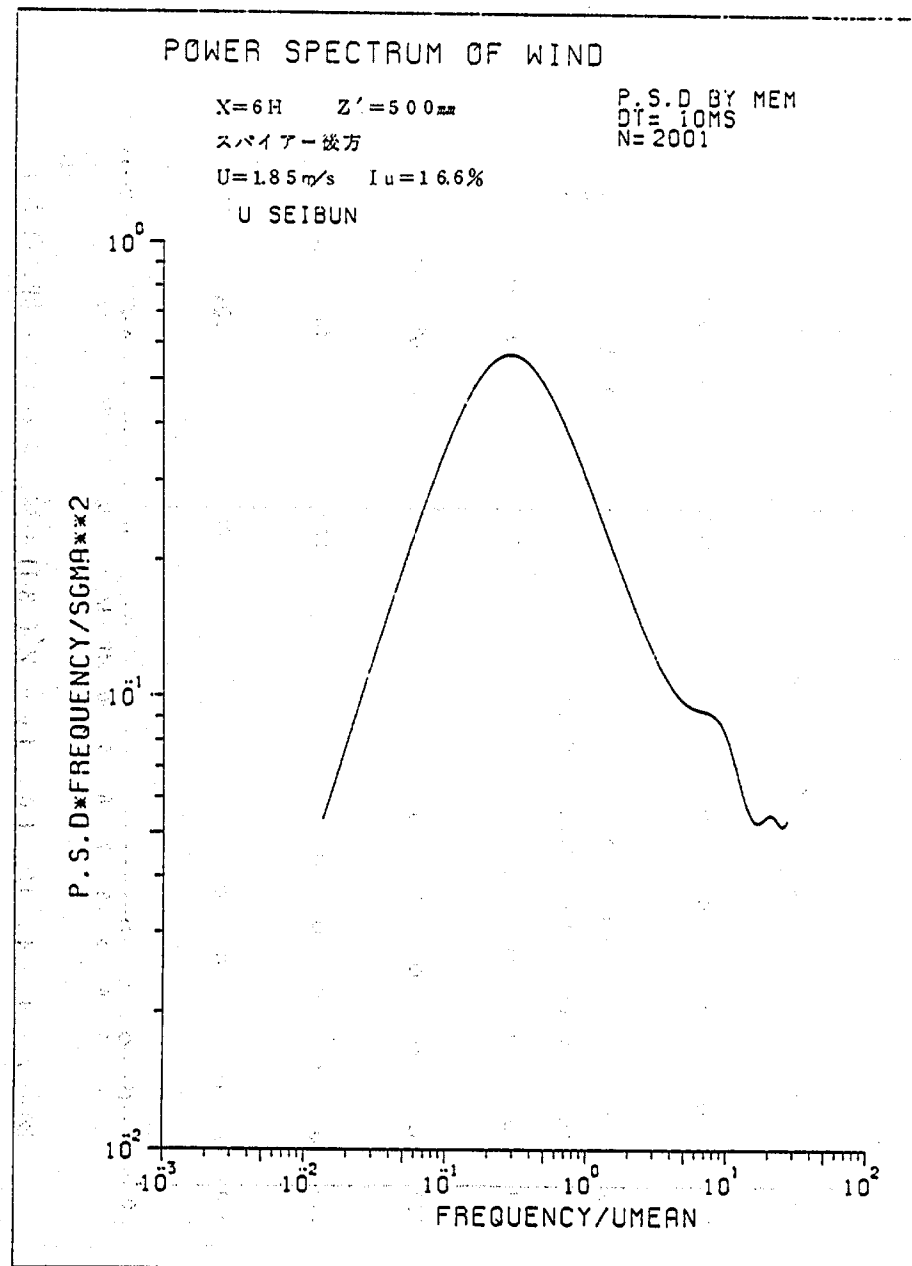


図-7-5-1 パワースペクトル (U成分, 25rpm, MEM法)

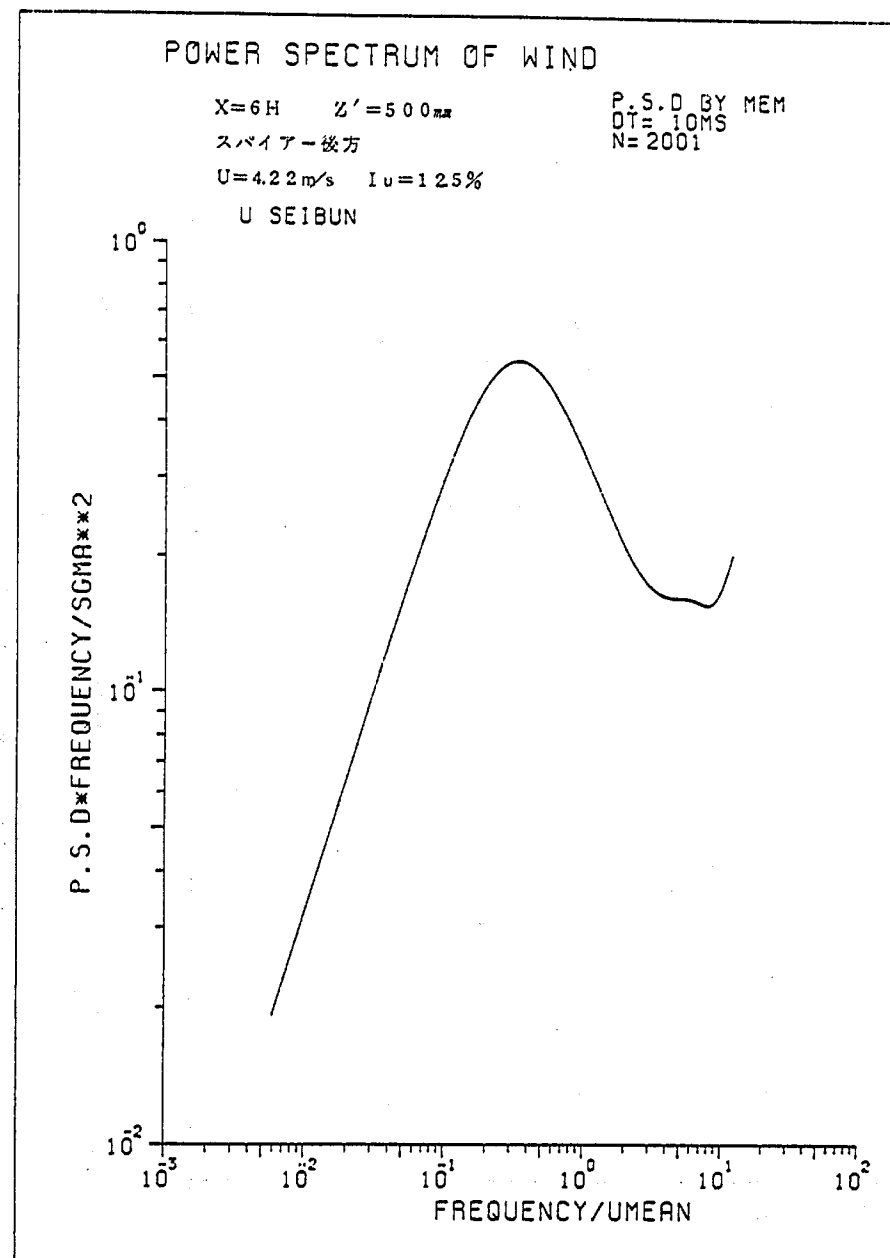


図-7-5-2 パワースペクトル (U成分, 50rpm, MEM法)

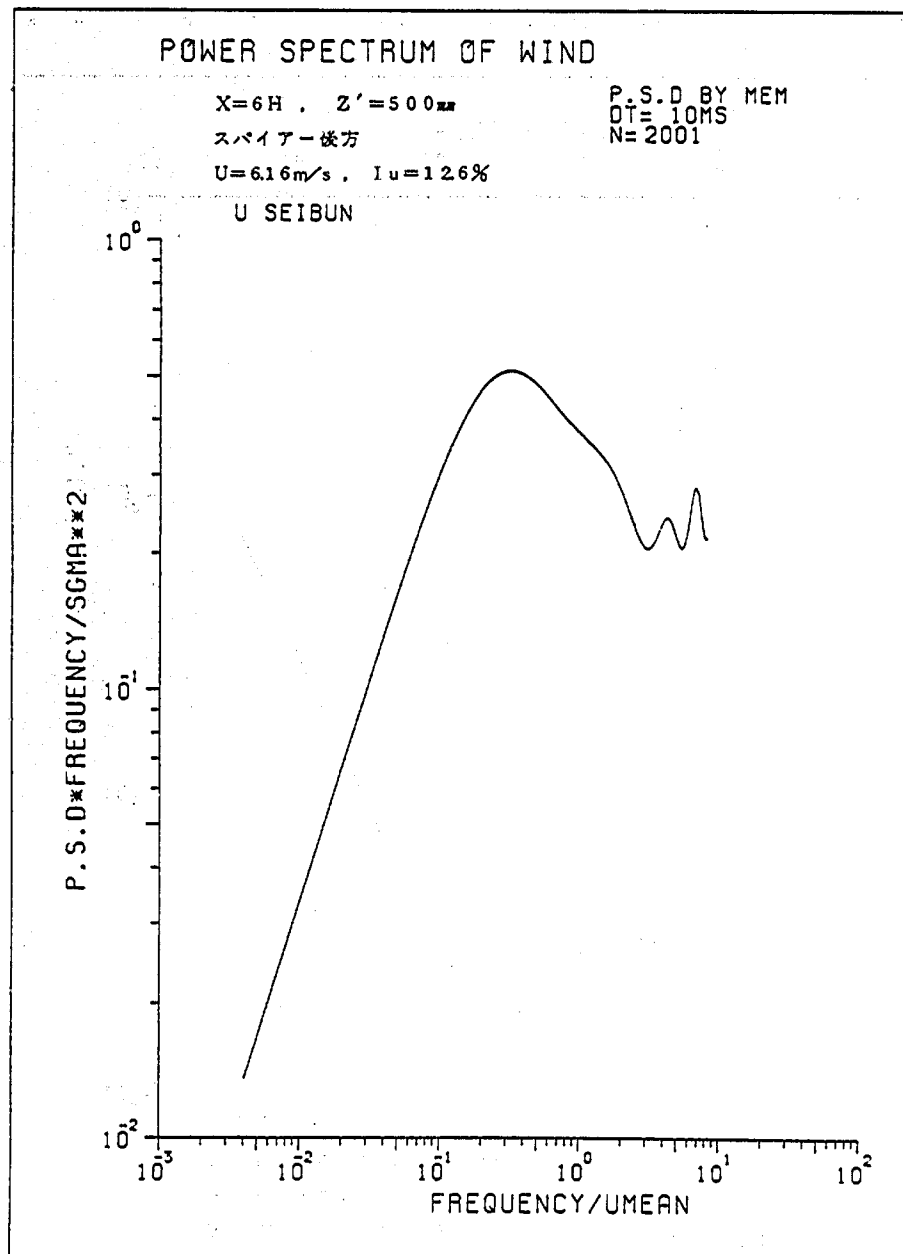


図-7-5-3 パワースペクトル (U成分, 75rpm, MEM法)

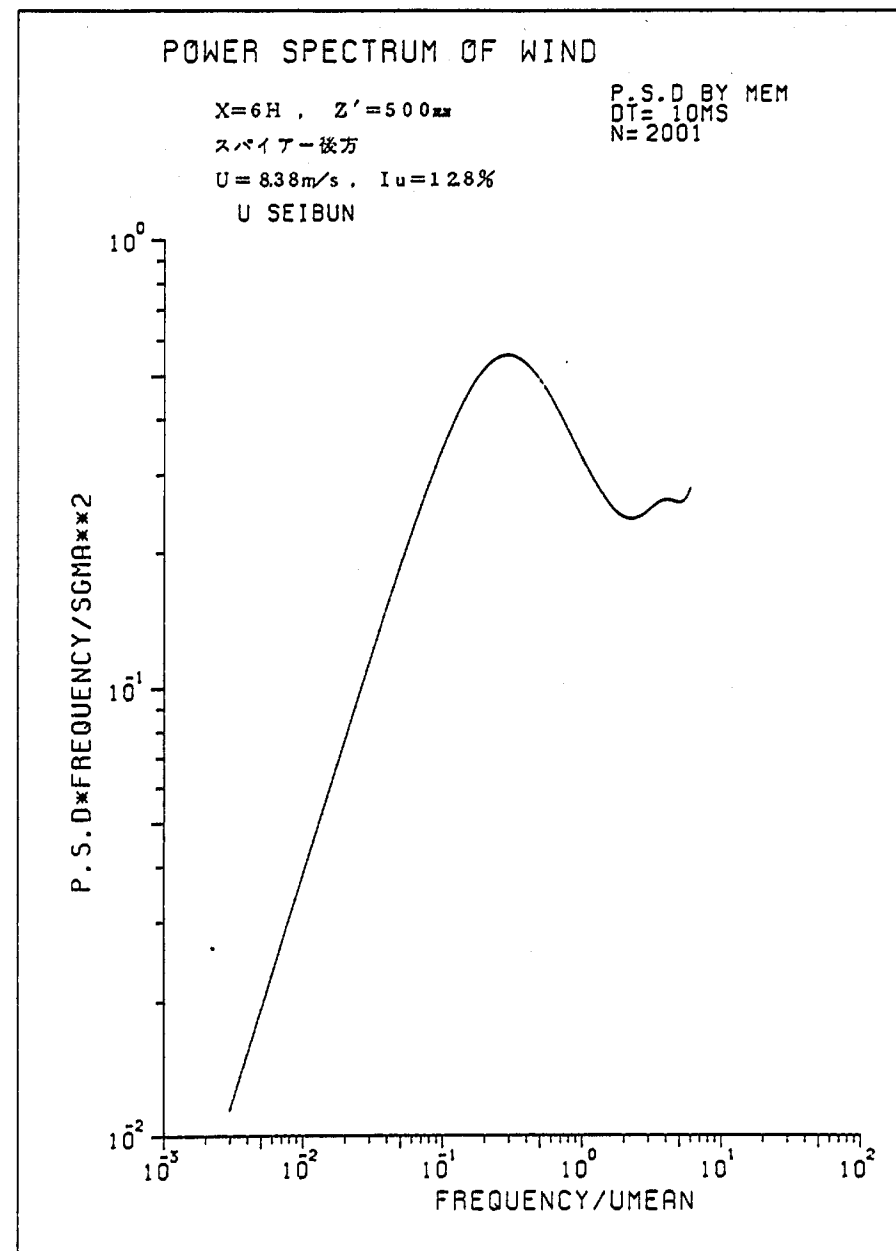


図-7-5-4 パワースペクトル (U成分, 100rpm, MEM法)

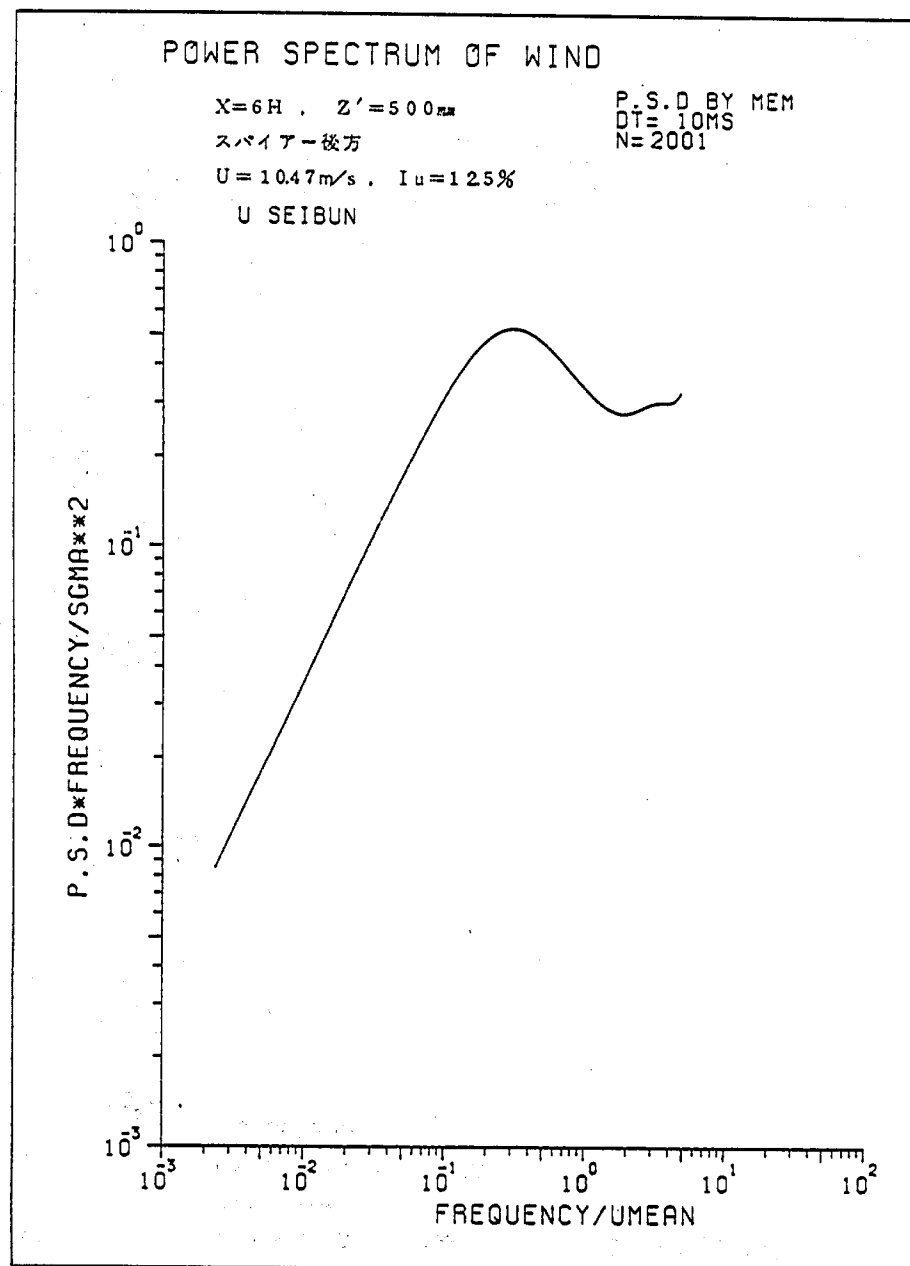


図-7-5-5 パワースペクトル (U成分, 125rpm, MEM法)

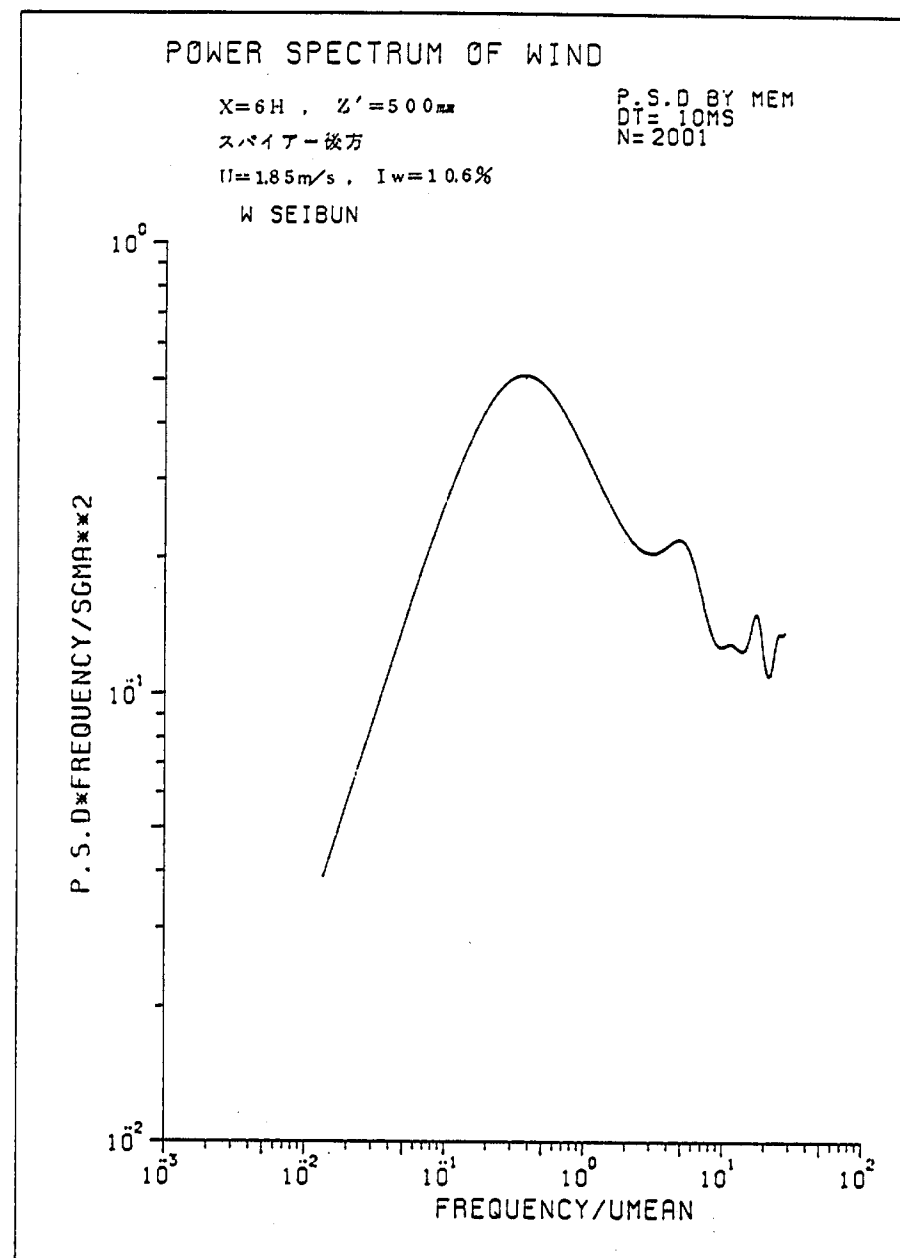


図-7-5-6 パワースペクトル (W成分, 25rpm, MEM法)

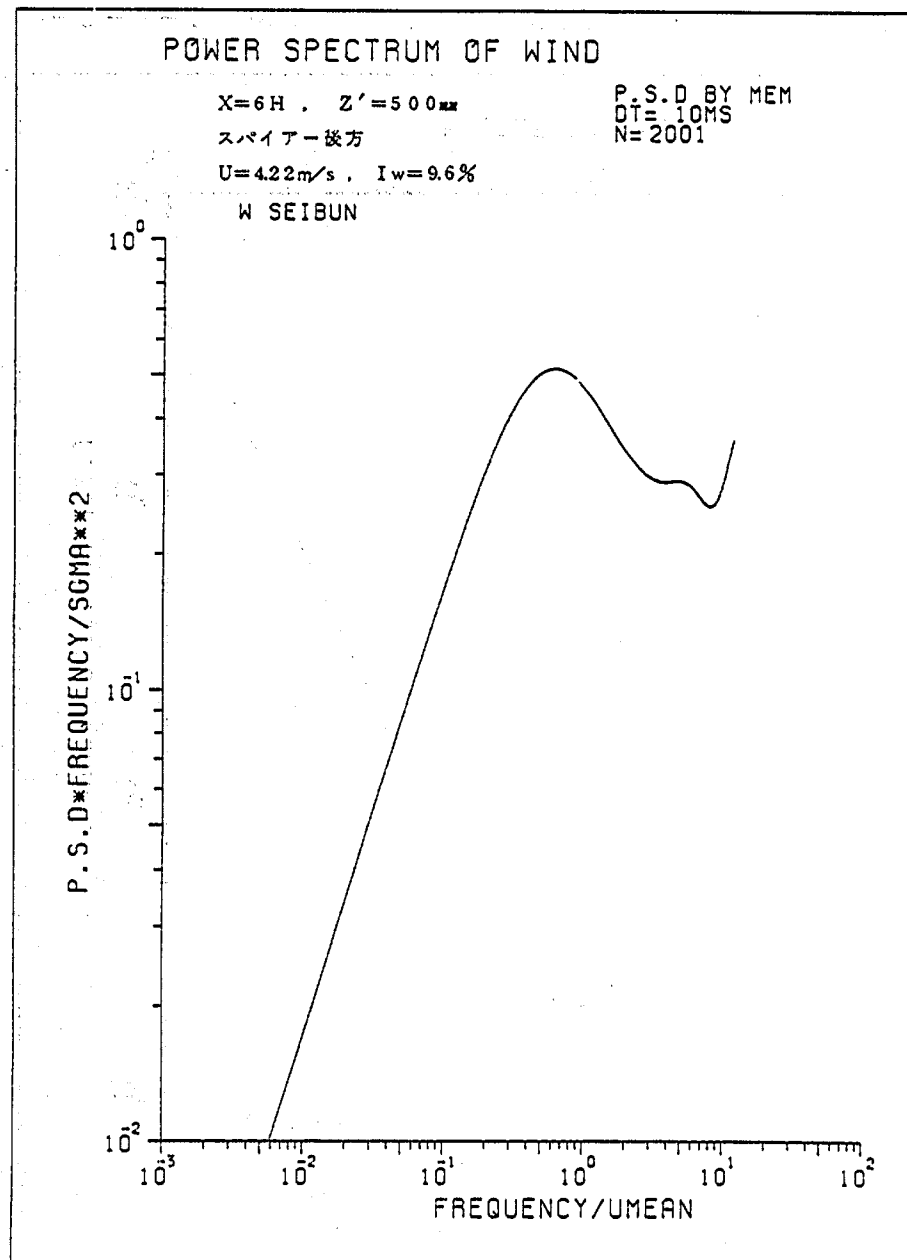


図-7-5-7 パワースペクトル (W成分, 50rpm, MEM法)

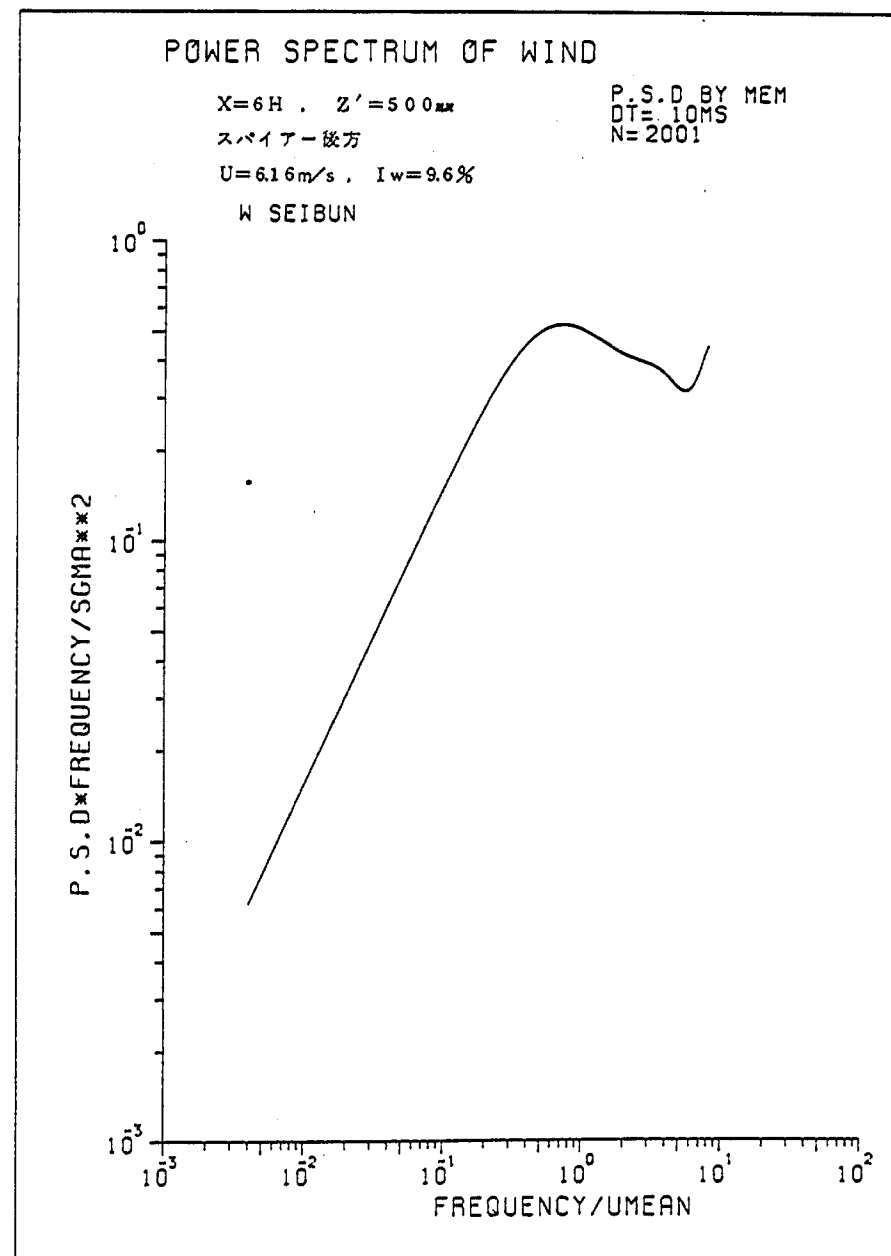


図-7-5-8 パワースペクトル (W成分, 75rpm, MEM法)

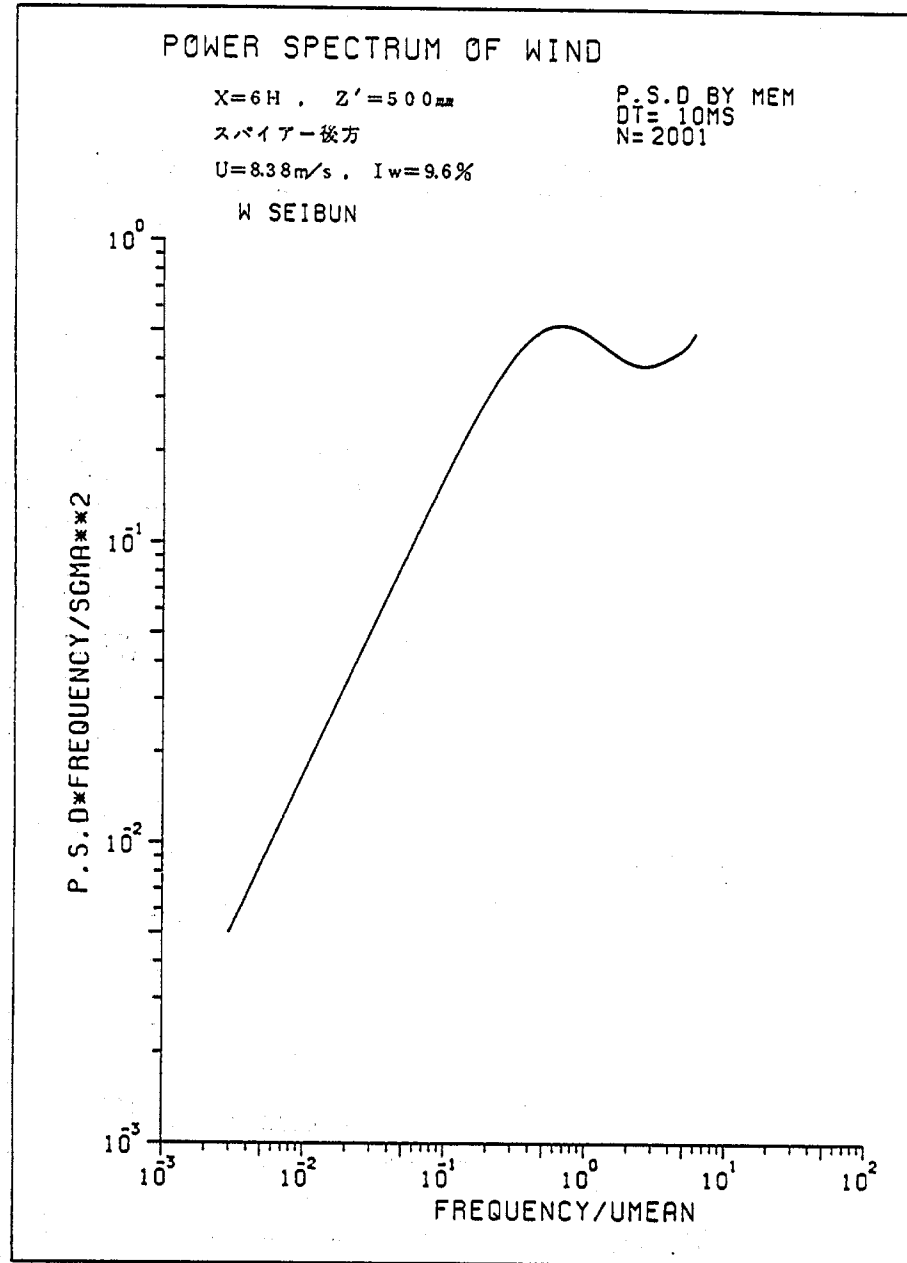


図-7-5-9 パワースペクトル (W成分, 100rpm, MEM法)

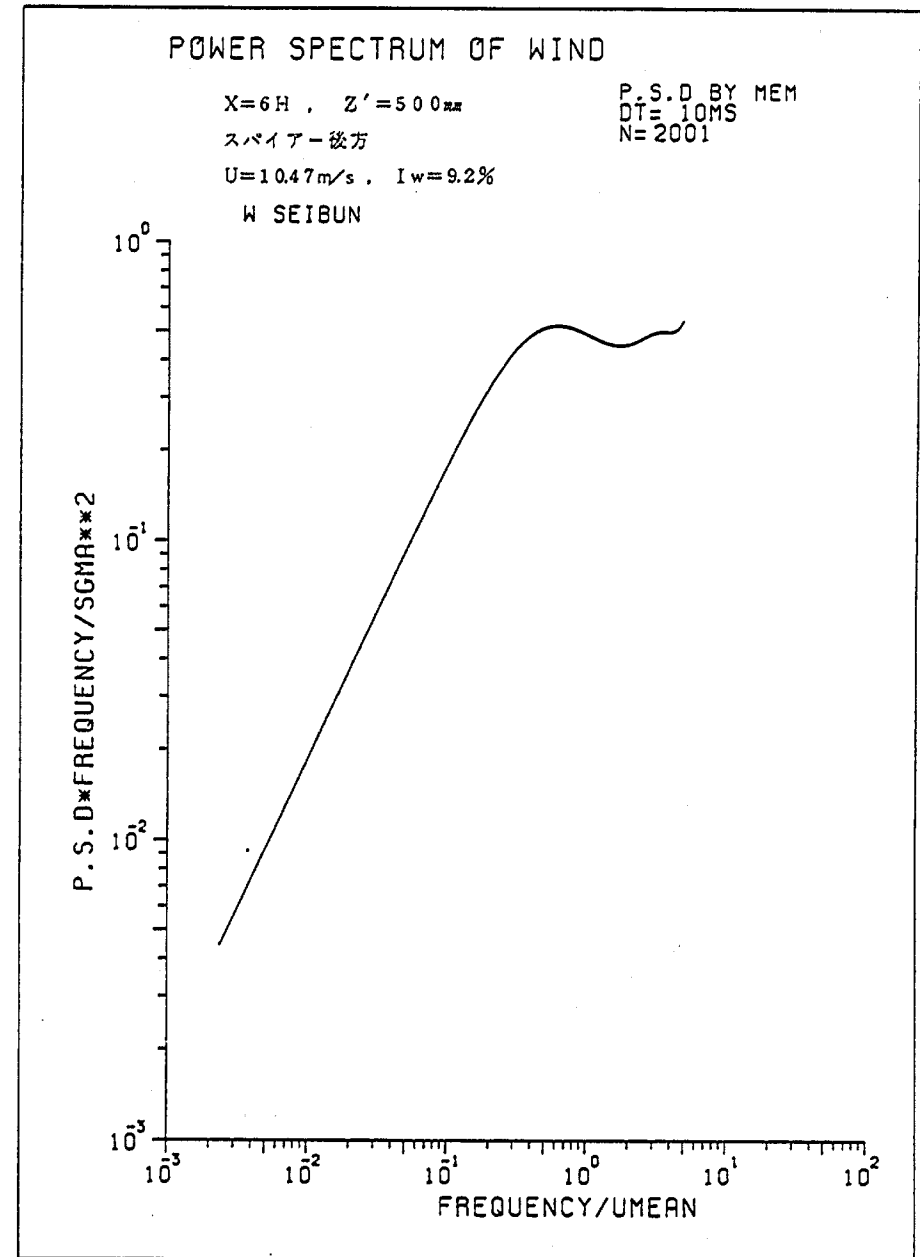


図-7-5-10 パワースペクトル (W成分, 125rpm, MEM法)

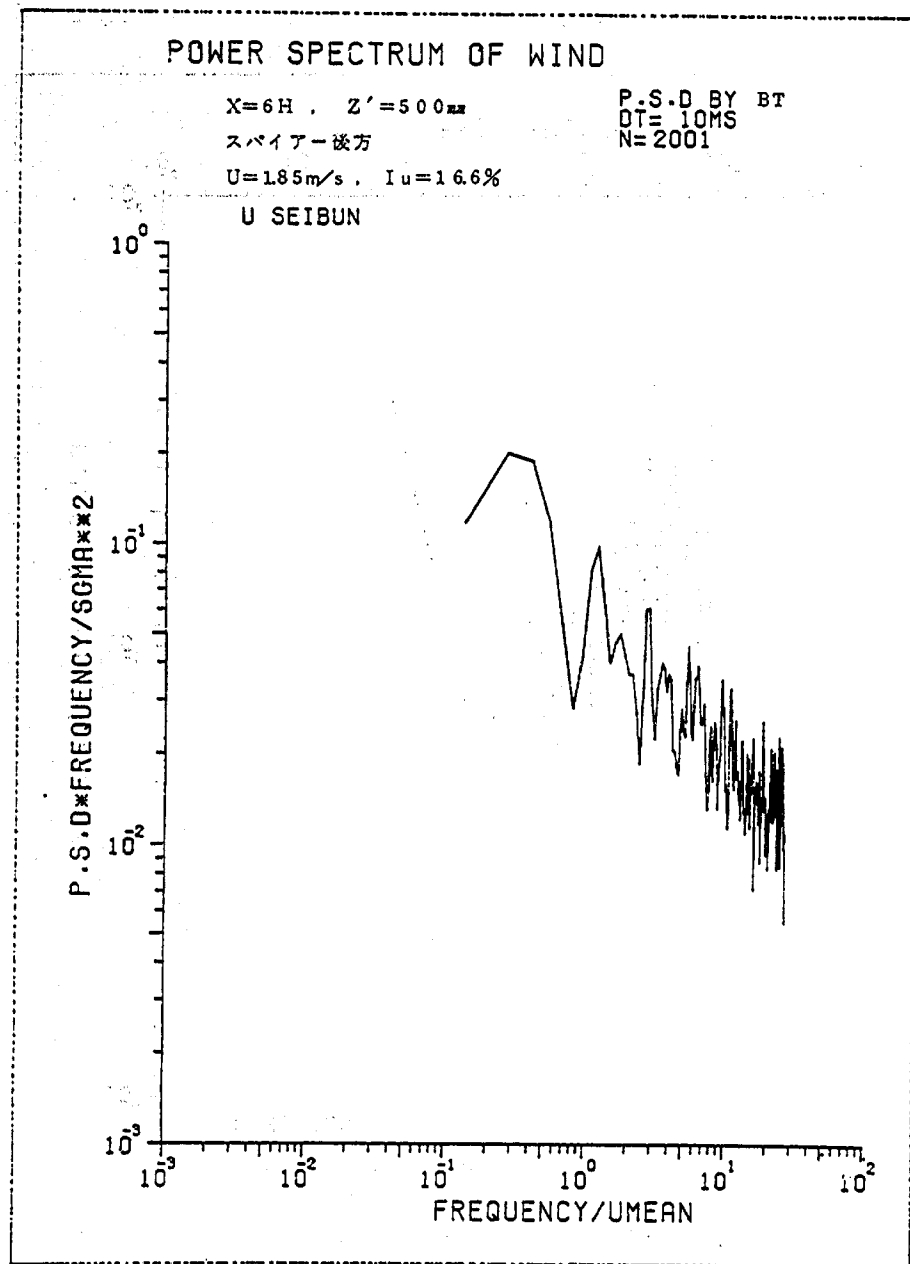


図-7-5-11 パワースペクトル (U成分, 25rpm, BT法)

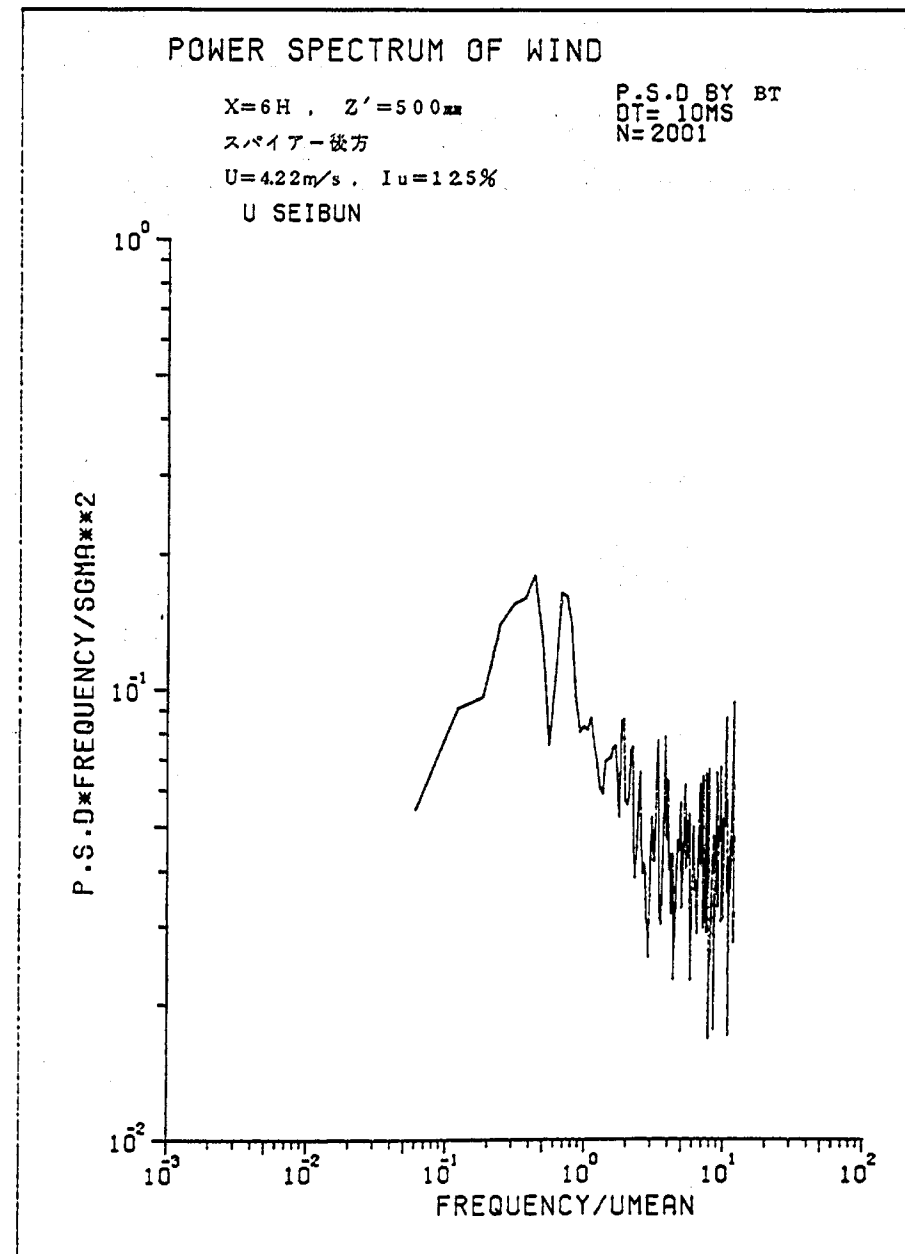


図-7-5-12 パワースペクトル (U成分, 50rpm, BT法)

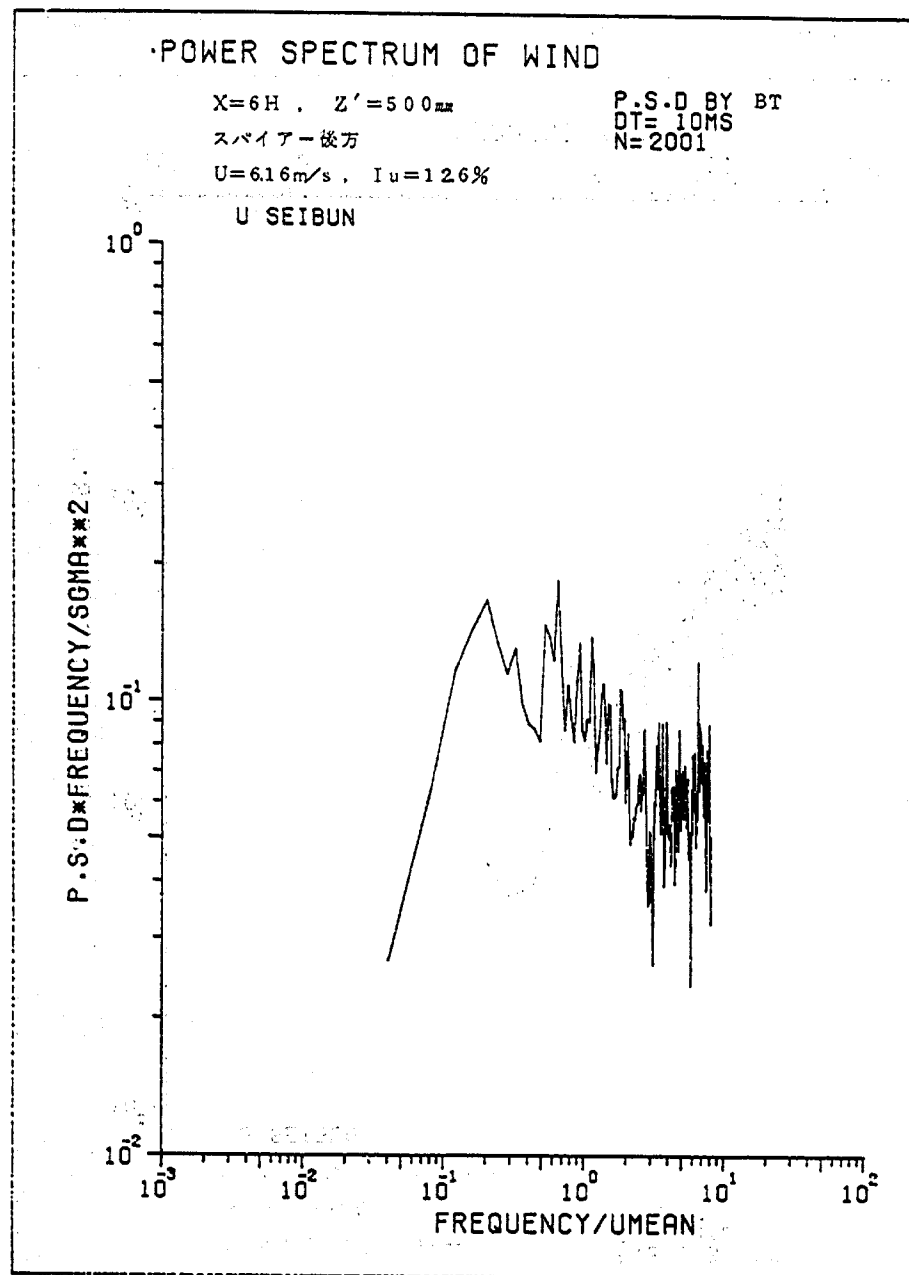


図-7-5-13 パワースペクトル (U成分, 75rpm, BT法)

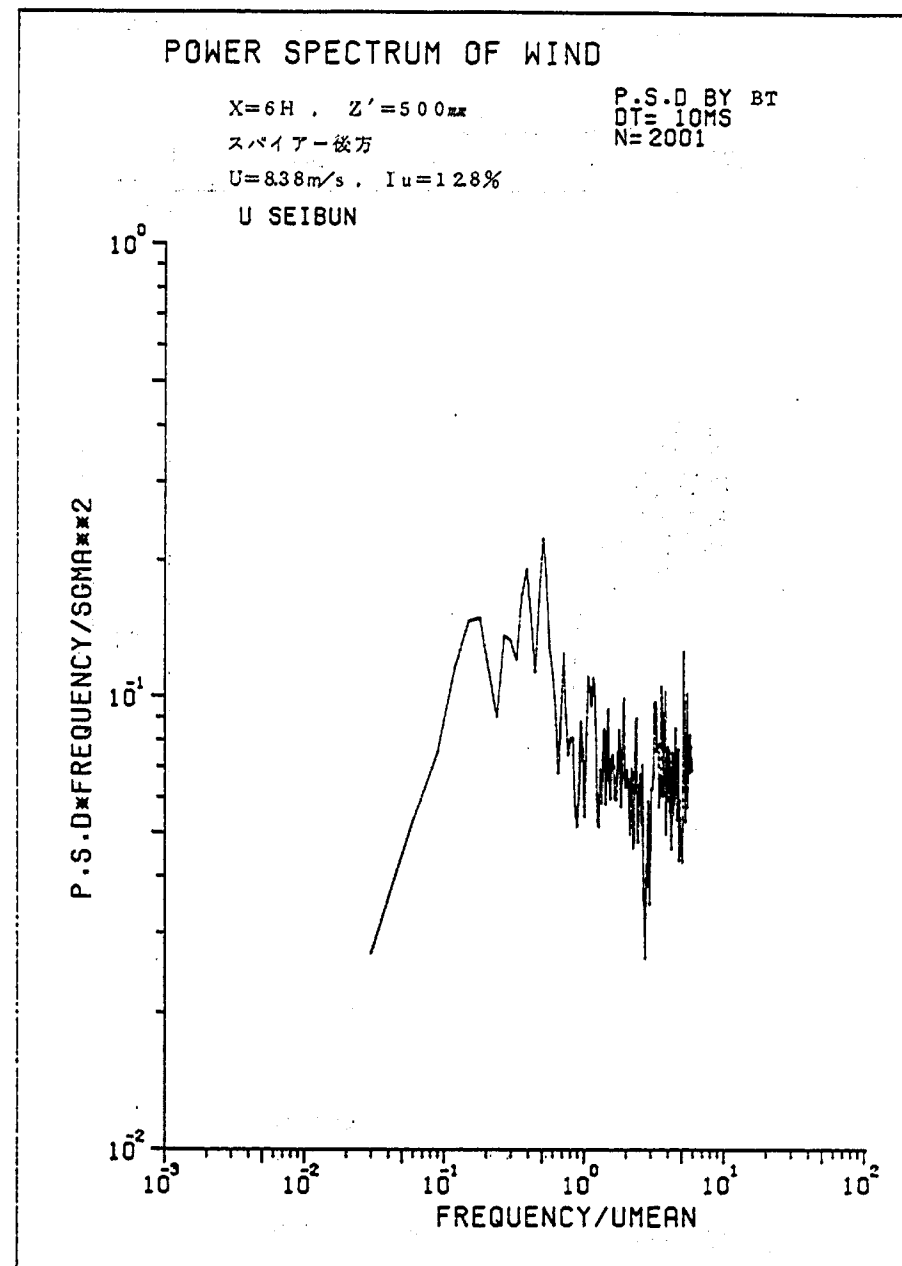


図-7-5-14 パワースペクトル (U成分, 100rpm, BT法)

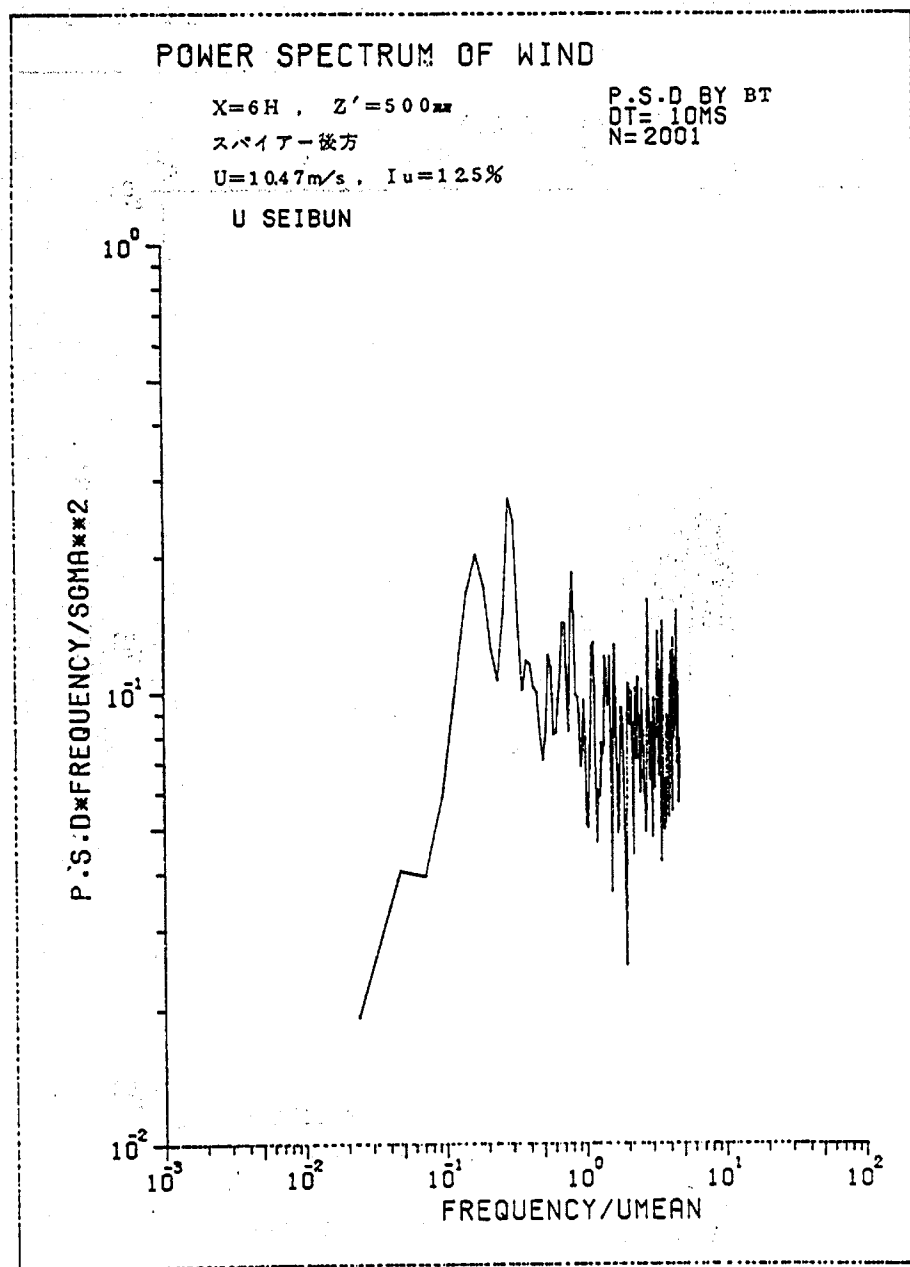


図-7-5-15 パワースペクトル (U成分, 125rpm, BT法)

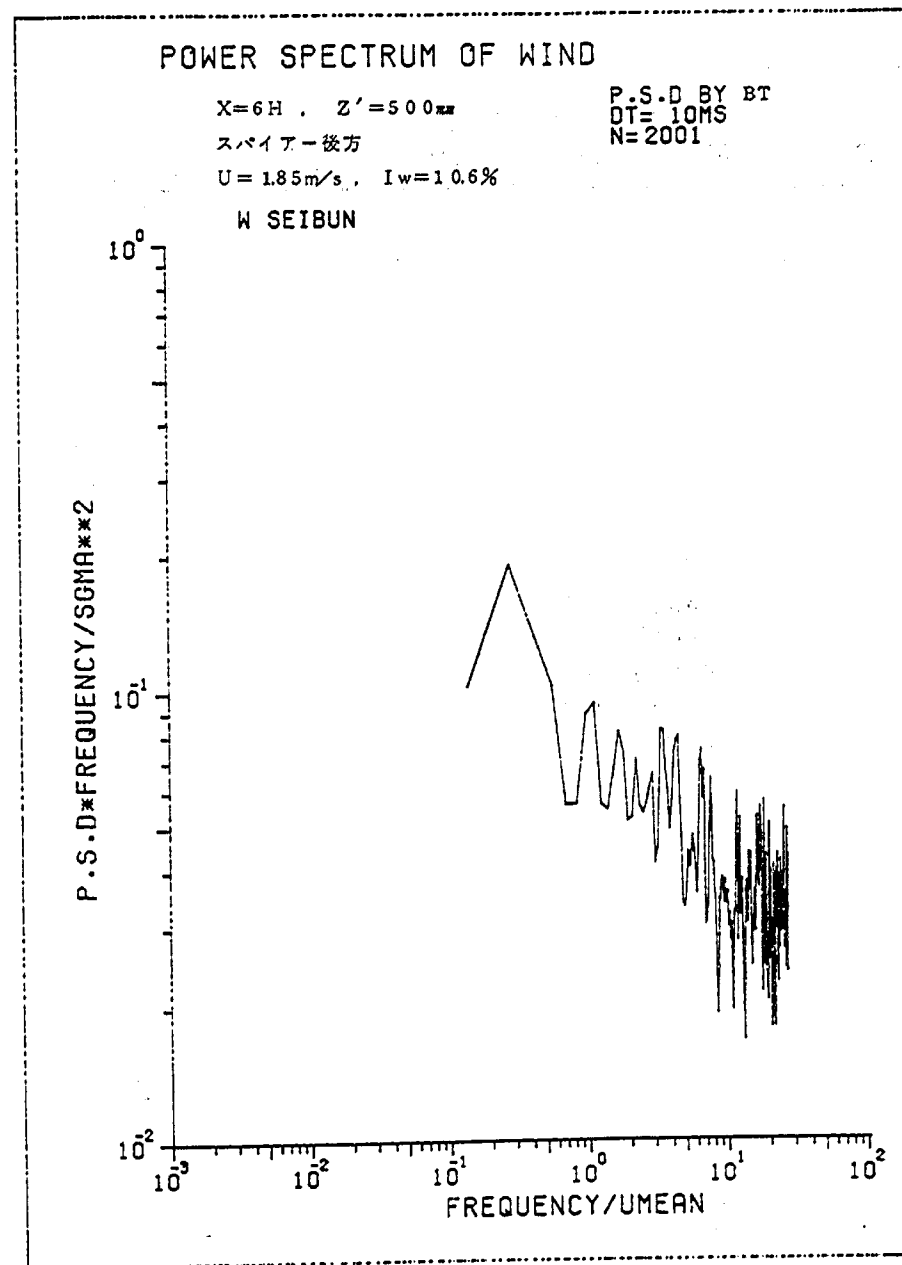


図-7-5-16 パワースペクトル (W成分, 25rpm, BT法)

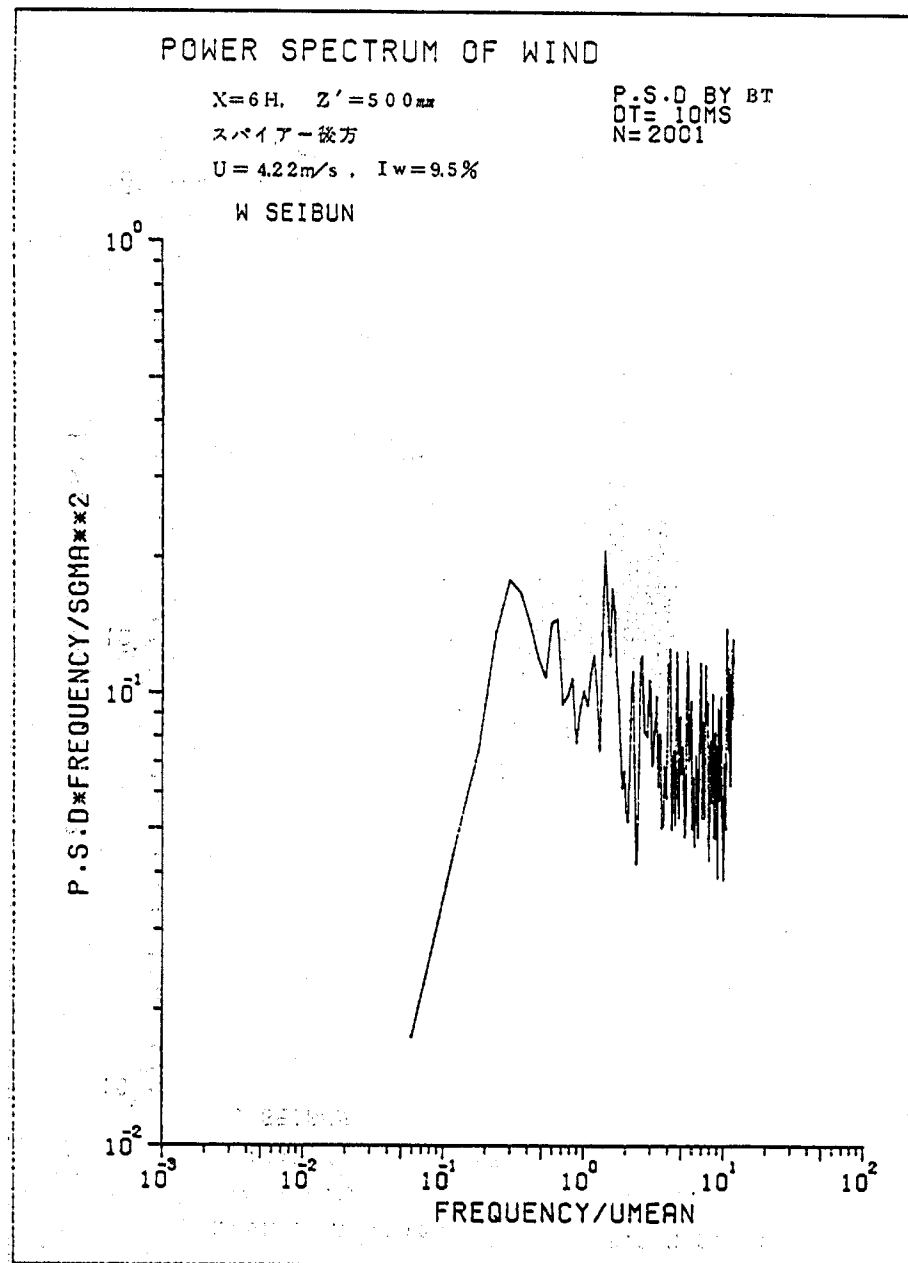


図-7-5-17 パワースペクトル (W成分, 50rpm, BT法)

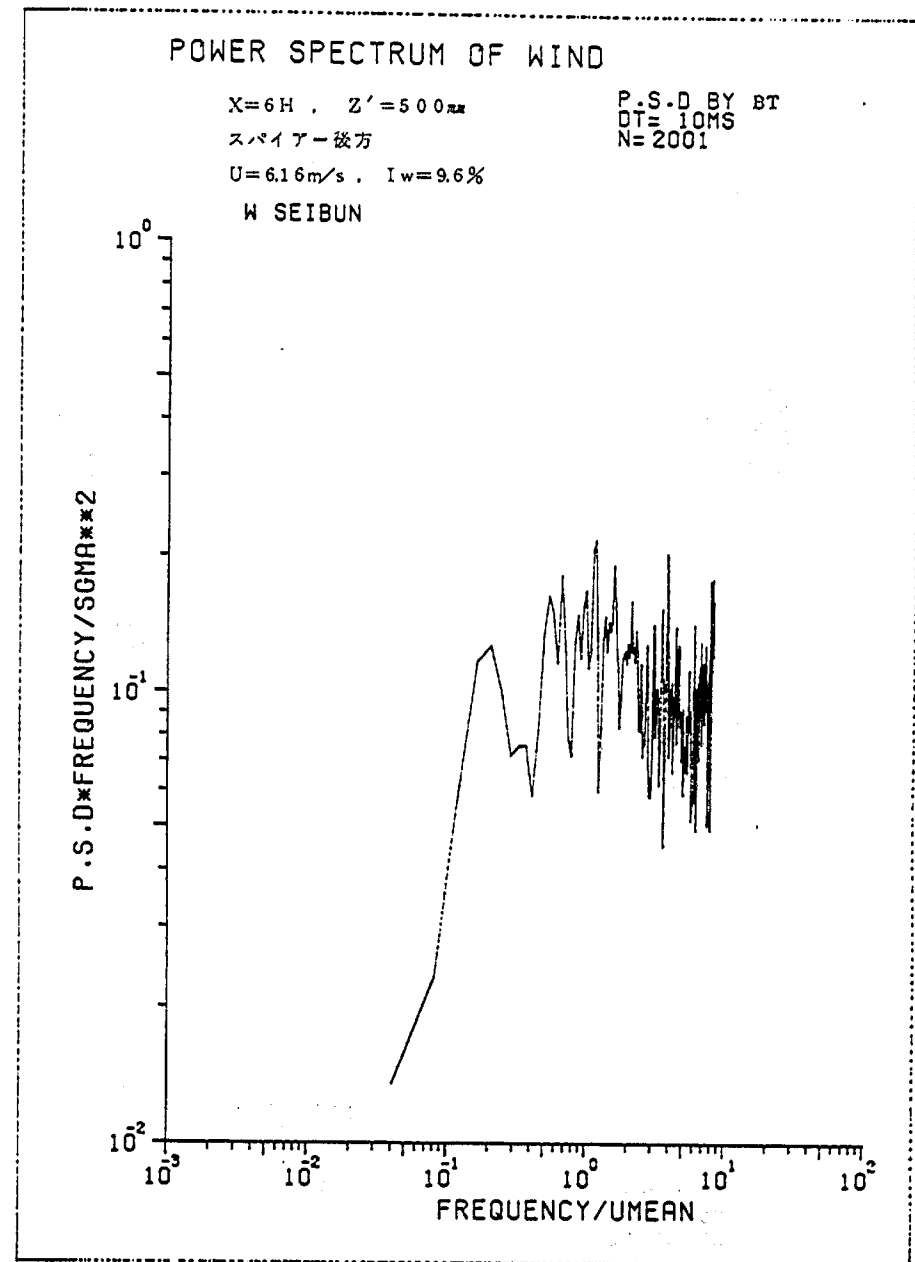


図-7-5-18 パワースペクトル (W成分, 75rpm, BT法)

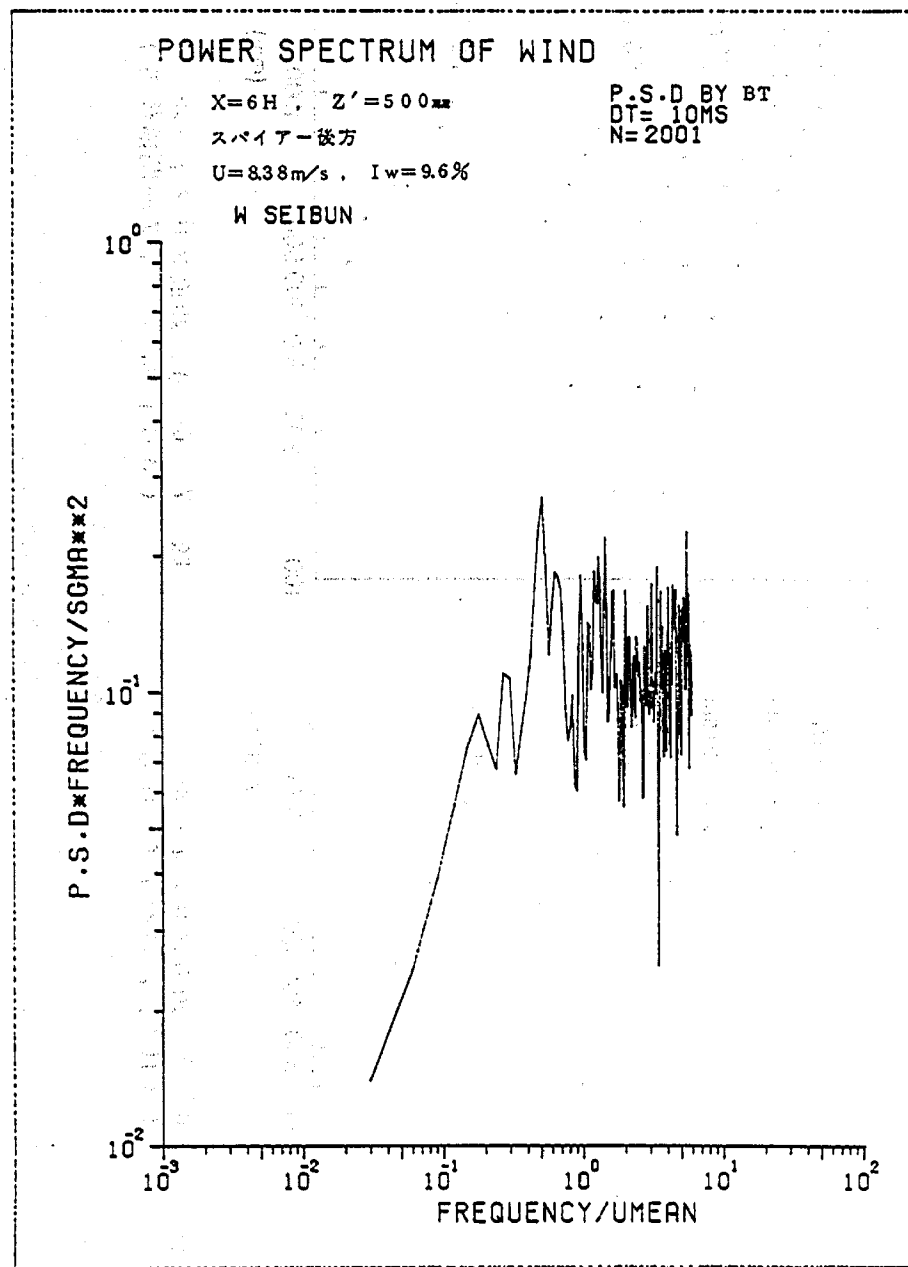


図-7-5-19 パワースペクトル (W成分, 100rpm, BT法)

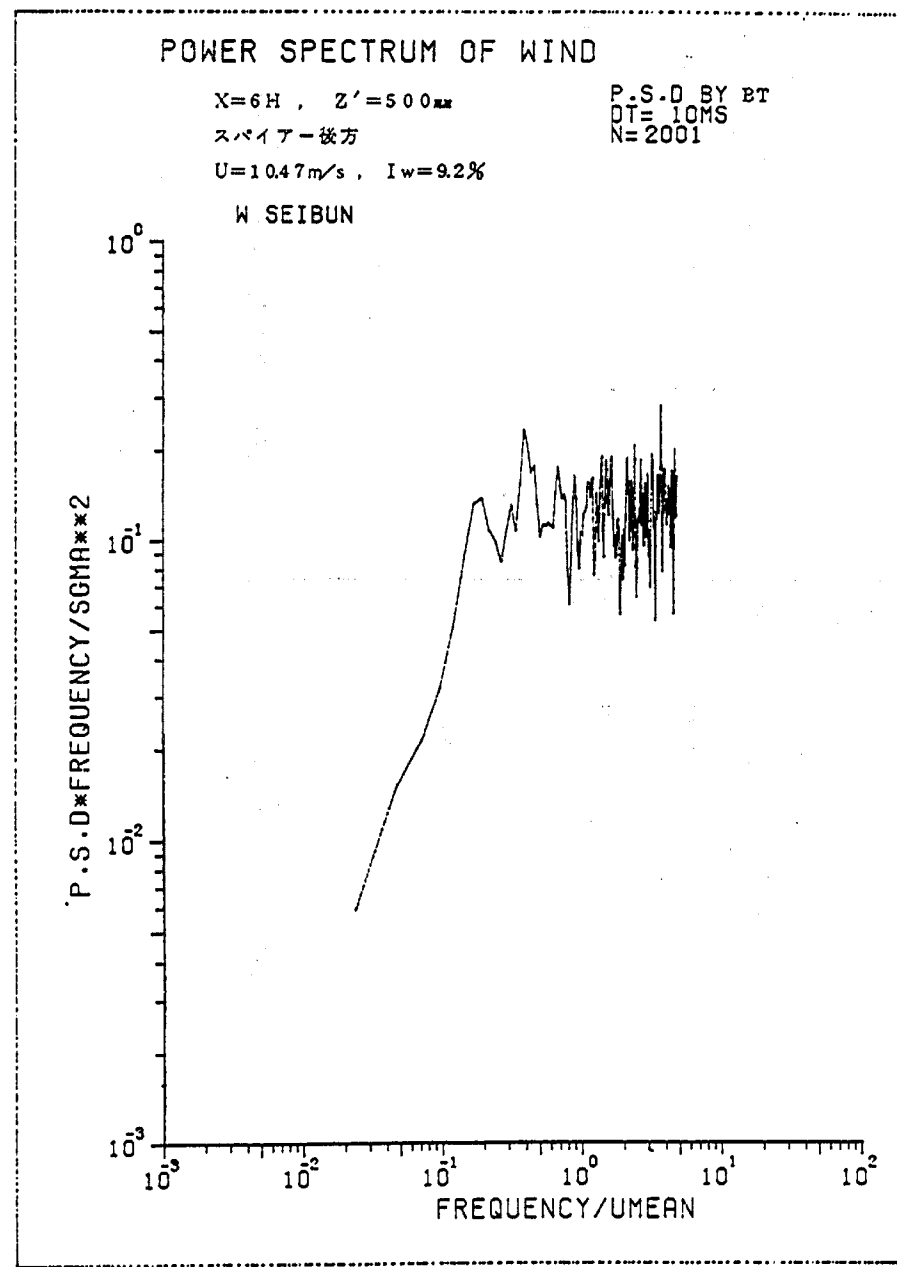


図-7-5-20 パワースペクトル (W成分, 125rpm, BT法)

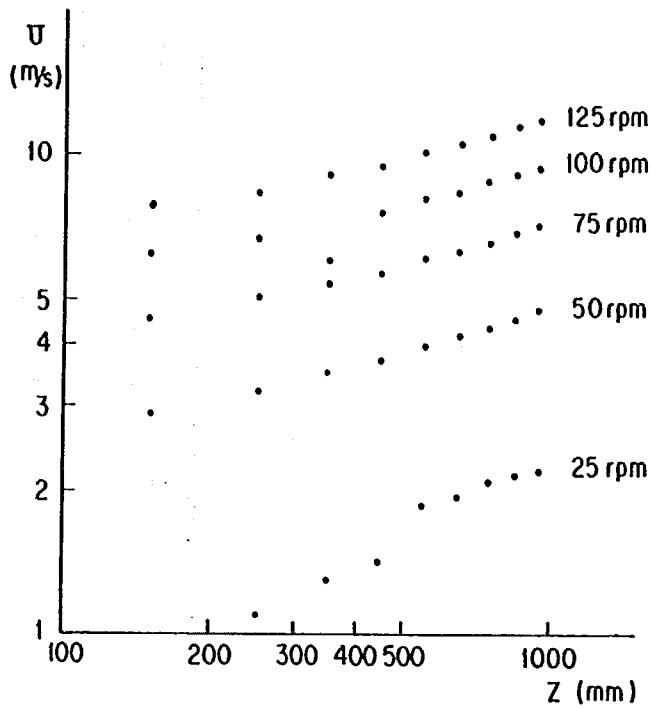


図-7-6-1 鉛直プロフィール
(6 H 下流, スパイアー後方)

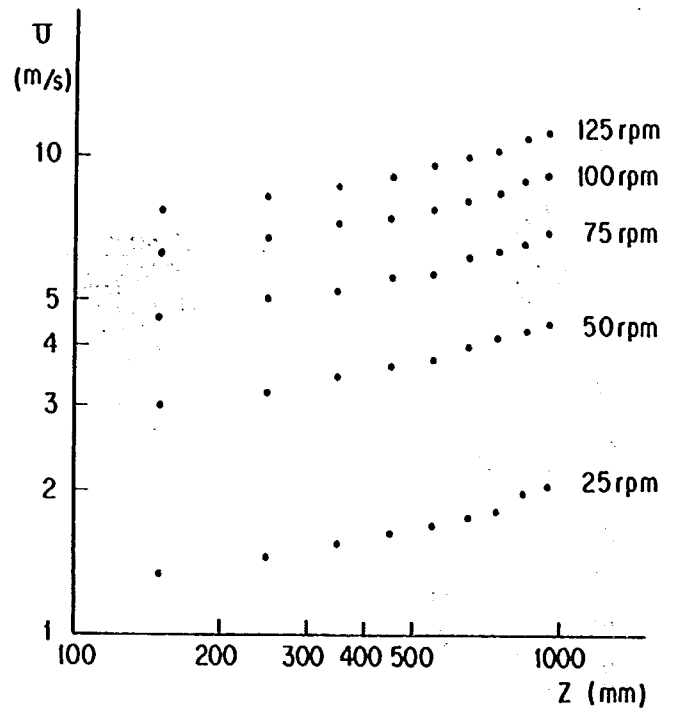


図-7-6-2 鉛直プロフィール
(6 H 下流, スパイアー間隔後方)

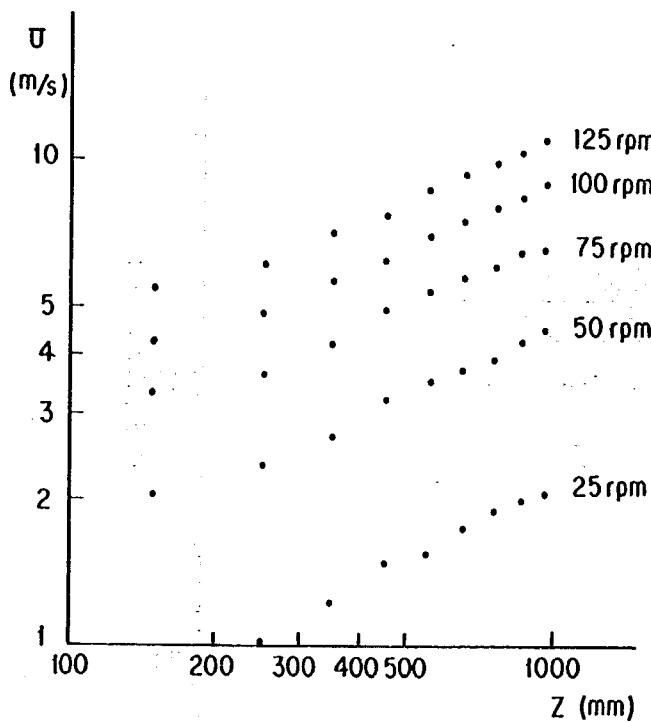


図-7-6-3 鉛直プロフィール
(3 H 下流, スパイアー後方)

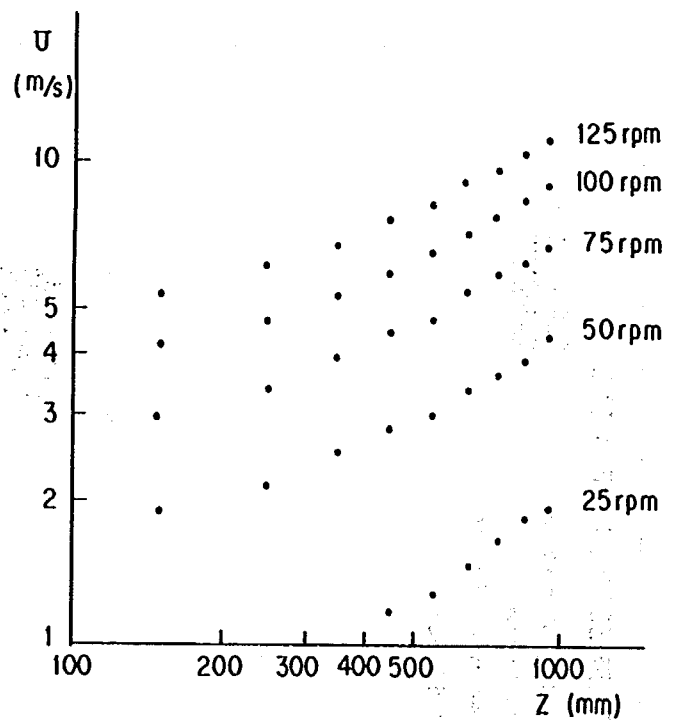


図-7-6-4 鉛直プロフィール
(3 H 下流, スパイアー間隔後方)

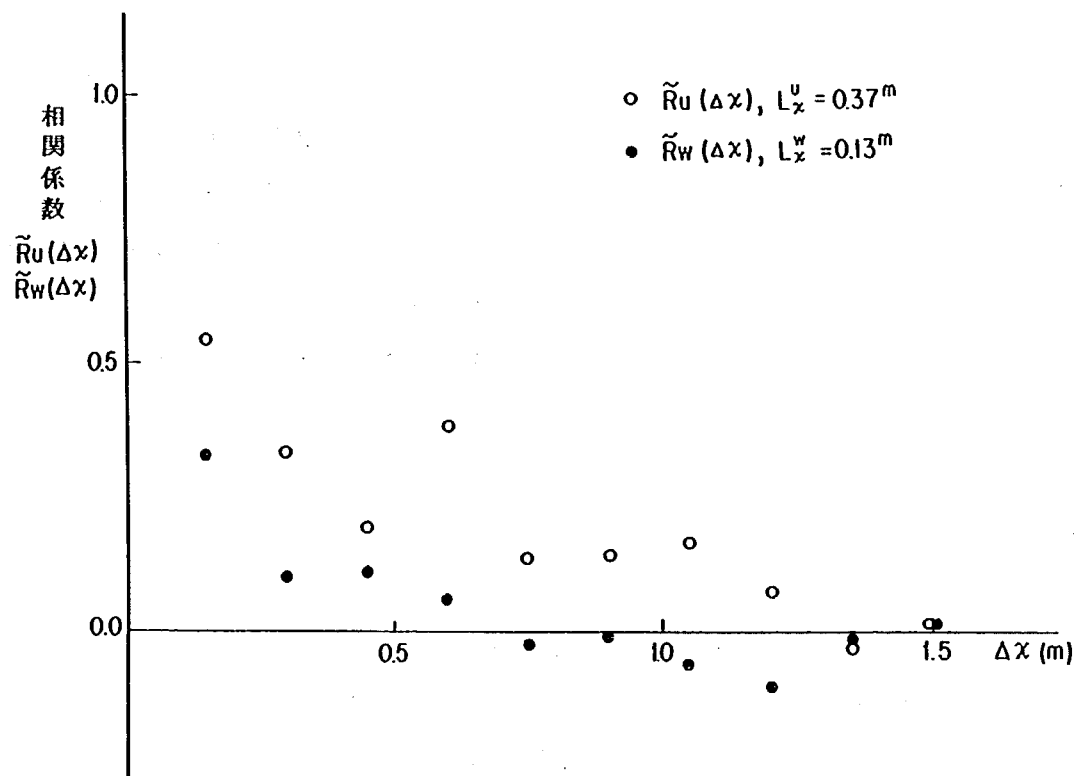


図-7-7 主流方向相関係数

(スパイアー後方, 6H下流固定, 5H~6Hトラバース, $Z' = 500mm$, 50 rpm)

8. 幾何学的非線形性を考慮した斜張橋の応力解析プログラムの収束性に関する調査

8.1 まえがき

当研究室では、昭和54年度に、幾何学的非線形性を考慮した斜張橋応力解析プログラムを作成した¹⁾。非線形問題の解を求めるためには繰り返し計算を実施する必要があるが、昨年度および本年度にわたり本プログラムを使用したところ、変位が比較的小さい場合には収束性が良好なもの、変位が比較的大きい場合には収束しないケースがあることが明らかとなった。このため、本年度は本プログラムの収束性について検討を加えた。現時点までに明らかになった点を報告する。

8.2 調査の方法

8.2.1 影響因子

収束性に関連する因子としては以下のものを考慮した。

a. 入力データに関するもの

構造諸元（断面2次モーメント I_x 、 I_y 、断面積 A ）

荷重条件

境界条件

b. 計算方法に関するもの

丸め誤差

荷重の載荷方法

収束計算方法

8.2.2 計算に用いたモデル

収束性の検討にあたっては、簡単のため単純支持の梁をモデルにした。本モデルの諸元を図-8-1に示す。

8.3 調査結果

計算条件および収束性を表-8-1に示す。表より明らかなように、本モデルでは、 y 軸まわりの断面2次モーメント I_y と荷重 P が収束性に大きな影響を与えており、 I_y が大きいほど、 P が小さいほど収束性がよくなる。線形計算においては P/I_y が変位に比例するため、変位が小さいほど収束がよい傾向を示していると考えられるが、表のケース2とケース7を比較してわかるように、 P/I_y が大きい方（ケース7）が収束して小さい方（ケース2）が収束しないこともある。

x 軸まわりの断面2次モーメント I_x 、断面積 A 、境界条件、丸め誤差、荷重の載荷方法など

が収束性におよぼす影響は、今回の計算の範囲では小さいといえる。

8.4 収束計算方法の改良

8.3に述べたように、本プログラムで用いた収束計算方法では、変位が比較的大きい場合には必ずしも収束性が良くないため、計算方法の改良が必要と考えられる。以下に述べる手法はG. Powell とJ. Simons²⁾により開発されたものであり、この手法を用いて現在当研究室のプログラムを改造している。

Powell らの手法を説明する前に、まず、本プログラムで用いている Newton-Raphson 法について概略説明する。はりの要素の剛性方程式¹⁾を変形すると次式のように書ける。

$$\begin{aligned}\bar{F}_i &= K_{ij} q_j + K_{ijk} q_j q_k + K_{ijkl} q_j q_k q_l \quad \dots\dots\dots (1) \\ &= K_1(q) q_j\end{aligned}$$

変位 q_j の増分 Δq_j と外力 $\bar{F}_i$ の増分 $\Delta \bar{F}_i$ の関係は、(1)式および K が指標について対称であることを考慮して次式のように書ける。

$$\begin{aligned}\Delta \bar{F}_i &= K_{ij} \Delta q_j + 2 K_{ijk} q_k \Delta q_j + 3 K_{ijkl} q_k q_l \Delta q_j \quad \dots\dots\dots (2) \\ &= K_2(q) \Delta q_j\end{aligned}$$

収束計算における各段階では必ずしも(1)式が成り立たず、不釣り合い力 ($-f_i$) が生じる。すなわち、

$$\bar{F}_i = K_1(q^n) q_j^n - f_i^n \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、上添字 n は n 回めの収束計算であることを示す。したがって、 $(n+1)$ 回めの収束計算では、 f_i^{n+1} が 0 となるように変位を変化させる。 q_j^{n+1} を

$$q_j^{n+1} = q_j^n + \Delta q_j^n \quad \dots\dots\dots (4)$$

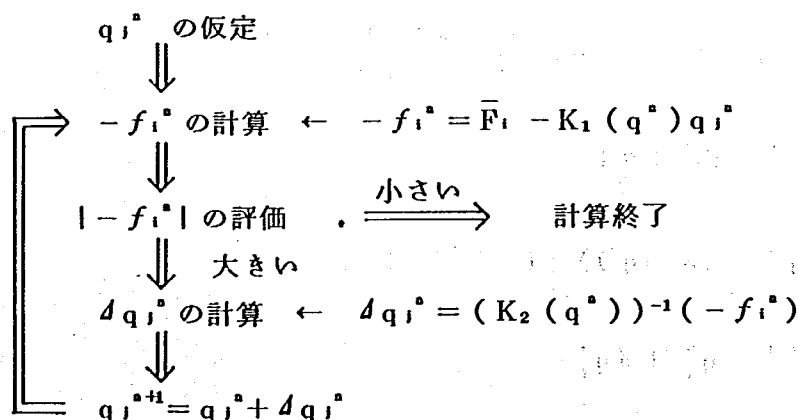
とおけば、次式

$$\bar{F}_i = K_1(q^{n+1}) q_j^{n+1} \quad \dots\dots\dots (5)$$

に代入し、(2)式、(3)式を用いて、 Δq_j^n が次のように求まる。

$$\Delta q_j^n = (K_2(q^n))^{-1} (-f_i^n) \quad \dots\dots\dots (6)$$

以上をまとめると次のとおりである。



この様子を模式的に表わしたのが、図-8-2 および図-8-3 である。図で示した上下方向に向う矢印が $-f_i^a$ の計算であり、斜めの矢印が $d q_i^a$ の計算であり、その傾きは $K_2(q^a)$ である。しかしながら、本手法では図-8-3 のような場合には収束性が悪い。

Newton-Raphson 法が、外力を一定にして収束計算を行う方法であるのに対し、Powell らの方法では変位にある制限を与え、外力を変化させながら収束計算を行う。その様子を模式的に図-8-4 に示す。Powell らの方法は主として2つの段階に分けられる。1つはある変位を一定にして外力を変化させながら外力と内力をつりあわせる段階であり、他の1つはある変位を定まった量だけ変化するように外力を変化させる段階である。図では前者を上下の矢印で、後者を斜めの矢印で示している。本方法は、ある変位を制御しているため、Newton-Raphson 法でみられる発散を防ぐことができる反面、所要の外力に対する解が直ちには得られない、Newton-Raphson 法で容易に収束する問題に対しては収束速度がおそい、などの難点もある。本手法の変位の制御のしかたは次のとおりである。

制御する変位成分を下添字 a で表わすと、不釣り合い力 $-f_i$ による変位増分 $d q_{a1}$ は次式で表わされる。

$$d q_{a1} = (K_2(q))^{-1} (-f_i) \quad \dots\dots\dots (7)$$

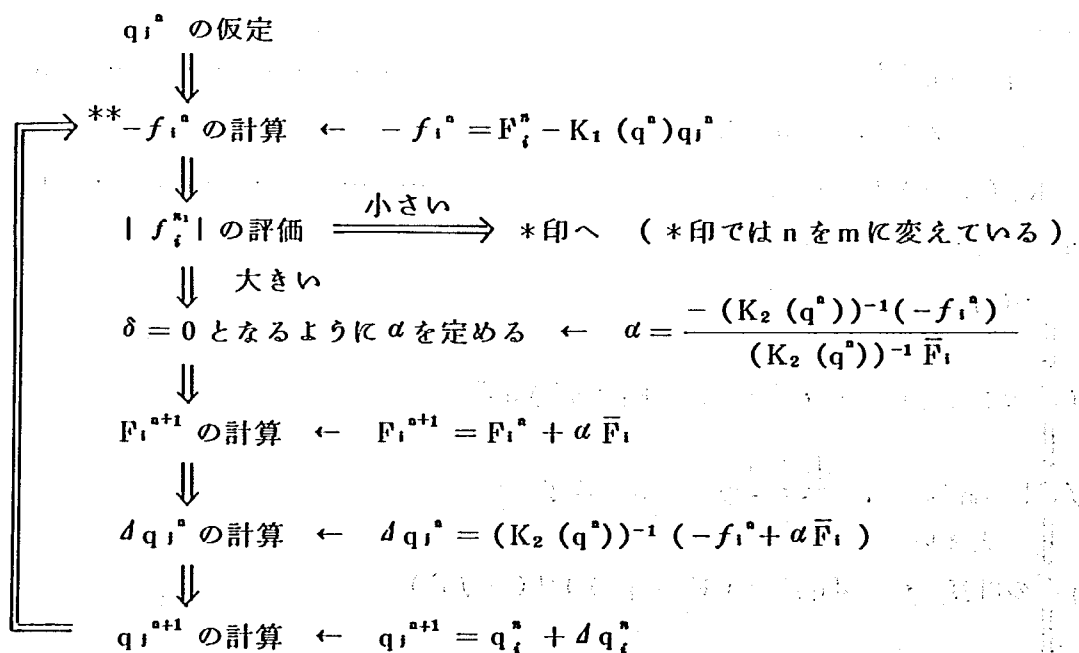
一方、外力の α 倍を作用させたときの変位増分 $d q_{a2}$ は次式で表わされる。

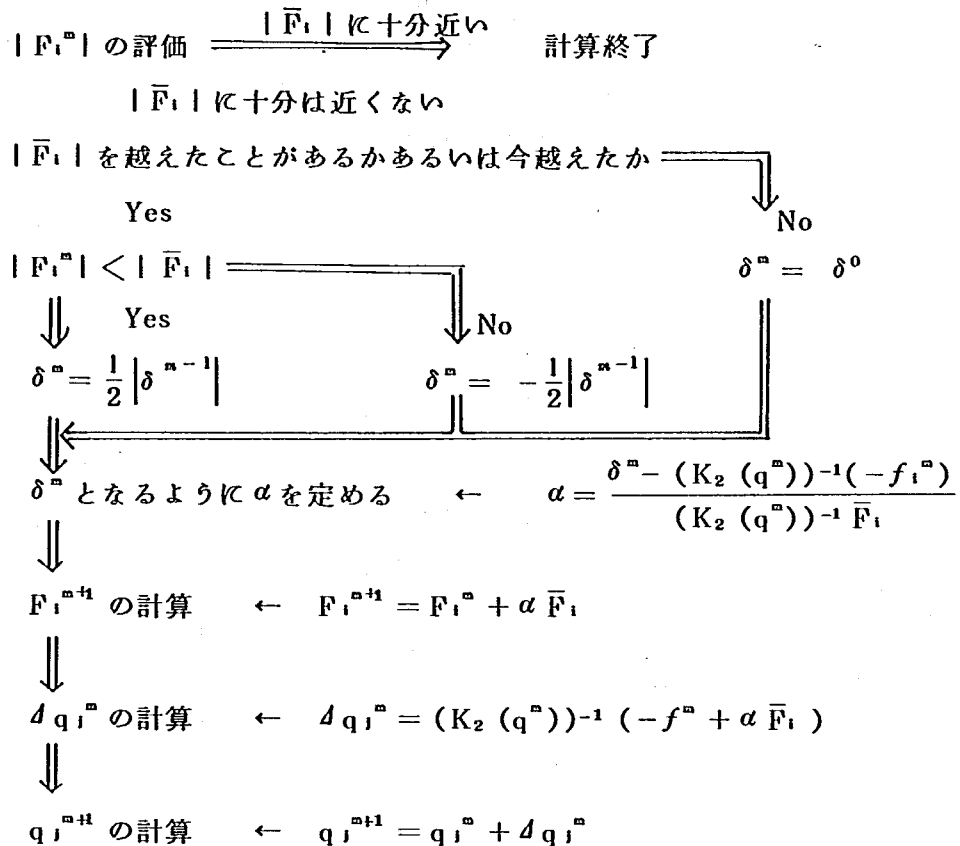
$$d q_{a2} = (K_2(q))^{-1} (\alpha \bar{F}_i) \quad \dots\dots\dots (8)$$

両者の変位の合計を、所要の変位増分 δ にするためには、 α を次式のように定めればよい。

$$\alpha = \frac{\delta - (K_2(q))^{-1} (-f_i)}{(K_2(q))^{-1} \bar{F}_i} \quad \dots\dots\dots (9)$$

この考えを用いて、計算方法をまとめると以下のとおりである。





**印へもどる

8.5 ま と め

幾何学的非線形性を考慮した斜張橋応力解析プログラムの収束性について検討を加えた。その結果、本プログラムは変位が比較的大きくなると収束性が悪くなることが明らかとなった。収束性を改良するため、Powell らの方法にもとづきプログラムの改造を実施した。改造の結果については来年度報告する予定である。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所構造研究室；耐風調査報告書（Ⅷ－1979）、土木研究所資料第1561号、昭和55年3月
- 2) G. Powell and J. Simons；Improved iteration strategy for nonlinear structures, Int. J. num. Meth, Engng, 17, 1455-1467(1981).

表-8-1 計算条件および収束性

ケース 番 号	x 軸まわりの 断面 2 次モー メント $I_0=1.042$ $\times 10^{-6}(m^4)$	y 軸まわりの 断面 2 次モー メント $I_0=1.042$ $\times 10^{-6}(m^4)$	断 面 積 $A_0=5 \times 10^{-3}$ (m^2)	荷 重 $P_0=0.1(t)$	境界条件 *	そ の 他	収 束 性 (○…良好 ×…不良)
1	I_0	$4 I_0$	A_0	P_0	①		○
2	$4 I_0$	I_0					×
3	$4 I_0$	$4 I_0$					○
4	I_0	I_0					×
5	$40 I_0$	$10 I_0$					○
6	$4 I_0$	I_0				倍 精 度	×
7	I_0	$4 I_0$		$10 P_0$			○
8	$4 I_0$	I_0		$10 P_0$			×
9	$4 I_0$	I_0	$(1/4) A_0$	P_0			×
10			$(1/10) A_0$				×
11			$(1/100) A_0$				×
12			$(1/1000) A_0$				×
13			$10 A_0$				×
14			$100 A_0$				×
15			$1000 A_0$				×
16			A_0	$(1/4) P_0$			×
17				$(1/10) P_0$			○
18				$(1/100) P_0$			○
19	I_0	$4 I_0$	$(1/10) P_0$	○			
20			$10 P_0$	○			
21			$100 P_0$	×			
22			$1000 P_0$	×			
23	$4 I_0$	I_0		P_0	②		×
24					③		×
25					④		×
26				①	荷重4分割**	×	
27					荷重10分割**	×	
28					荷重20分割**	×	

* 境界条件①とは、図-8-1の端部1においてu、w、w'固定、端部5においてu固定をいう。②は、1でu、w固定、5でu、w'固定、③は1でu、w固定、5でu、w固定、④は1でu、w固定、5でu固定をそれぞれいう。

** 荷重n分割とは、荷重Pをn等分し、まずP/n負荷して収束計算させ、次にP/n荷重をふやし、2P/n負荷した状態における収束計算を行い、最終的にP負荷した状態における収束計算を実施する方法である。

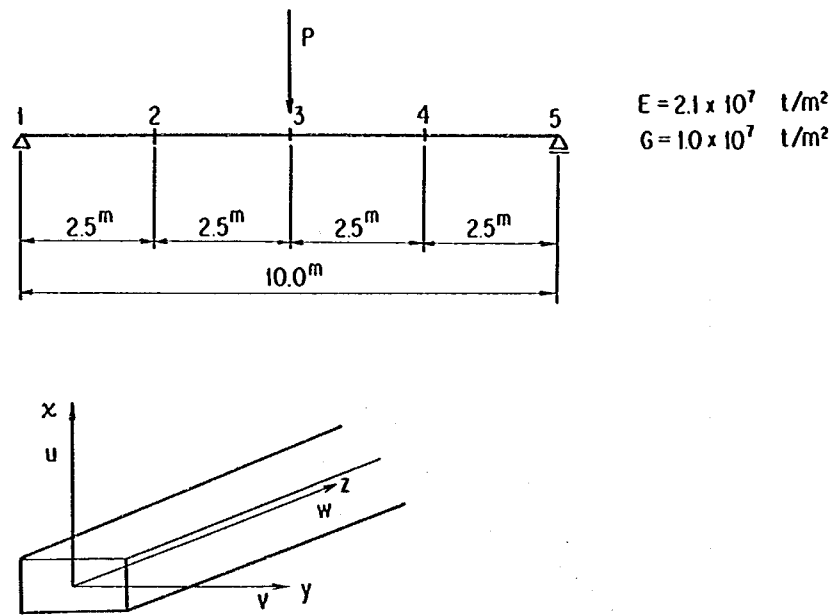


図-8-1 計算に用いたモデル

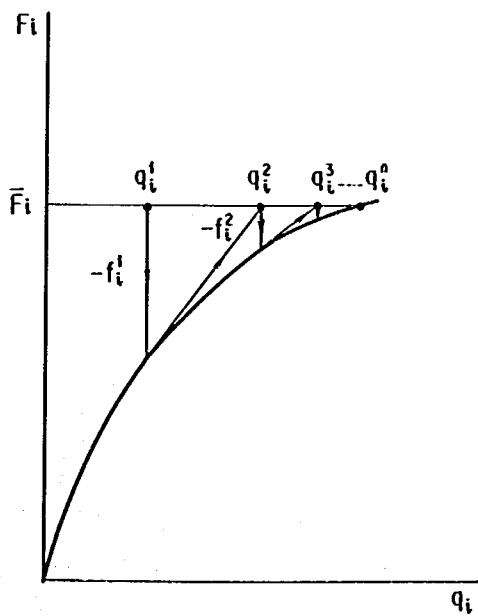


図-8-2 Newton-Raphsonによる
収束計算
(収束する場合)

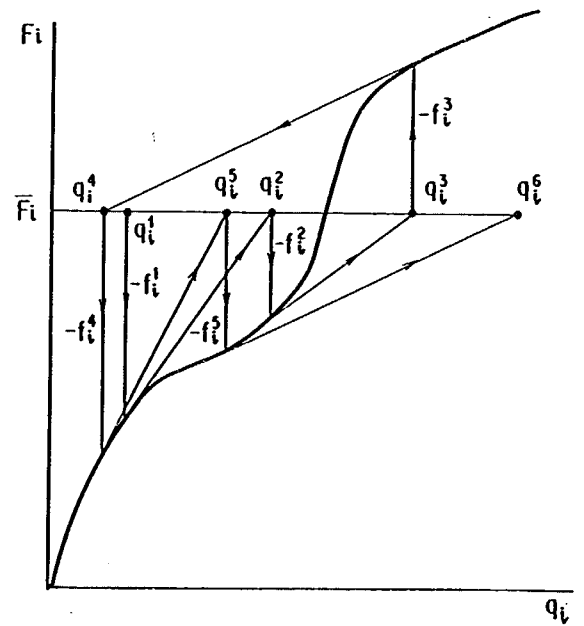


図-8-3 Newton-Raphsonによる
収束計算
(収束が悪い場合)

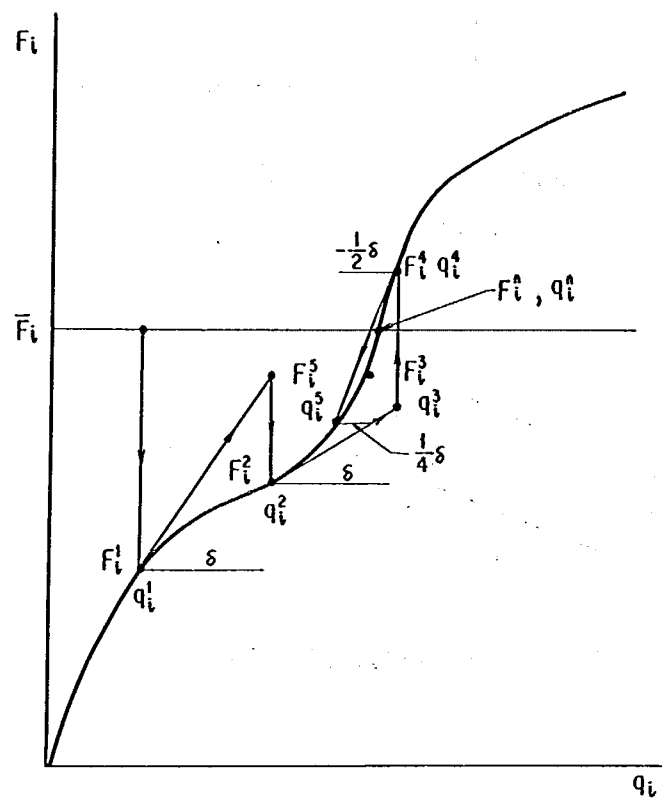


图-8-4 改良法²⁾(by G. Powell & J. Simons)

9. 謝 辞

本報告書各章の調査を行うにあたっては、次の方々にお世話いただいた。記して感謝の意を表わす。

第1章；建設省関東地方建設局東京湾岸道路調査事務所

第2章、第3章；建設省中部地方建設局名四国道工事事務所

第4章；長崎県道路建設課、長崎県道路公社平戸大橋管理事務所

第5章；徳島県土木部道路保全課有料道路係

第6章；建設省関東地方建設局千葉国道工事事務所、同酒々井出張所

耐風調査報告書 (X-1981)

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第1821号

昭和57年3月(1982)

山本邦夫・佐藤弘史

キーワード 耐風設計, 非定常空気力, 鶴見航路横断橋, 名港東大橋, 名港中央大橋, 現地観測, 自然風, ガスト応答, スパイアー, 乱流, 構造解析, 幾何学的非線形性, 吊橋, 斜張橋

要旨 以下の項目について報告した。

- 1) 鶴見航路横断橋, 名港東大橋, および名港中央大橋の耐風性調査
- 2) 平戸大橋, 末広大橋, および水郷大橋における長期観測データ解析
- 3) スパイアーにより発生させた乱流の特性調査
- 4) 幾何学的非線形性を考慮した斜張橋応力解析プログラムの収束性に関する調査



郵便はがき

305-□□

40円切手
をはって
下さい。

建設省土木研究所
構造研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. 2

No. 2

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第1821号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 ⑩

