

日本道路公団委託

土研資料第1214号

Aero. 35/ST. Section

土木研究所資料

関門橋長期観測データ解析報告書(その3)

昭和52年 3 月

建設省土木研究所

構造橋梁部構造研究室

序

昭和48年秋に完成した、本州と九州を結ぶ関門橋には強風および地震に対する本橋の応答を調べるための長期観測システムが取り付けられているが、観測記録の解析は建設省土木研究所が受託業務として担当することとなり、昭和49年度に作業が開始された。

本年度は第3年度目に当るが、本報告書では観測データを用いて関門海峡における風の特徴（主として傾斜角と空間相関々数）と、橋の不規則応答について検討した結果が述べられている。

昭和52年3月

構造研究室	室長	成田信之
	研究員	横山功一
		野村一夫
		湯沢 聡

目 次

1. はじめに	1
1.1 長期観測の目的	1
1.2 49年度の調査概要	1
1.3 50年度の調査概要	2
1.4 今年度の調査概要	2
2. 関門海峡の風の特徴	3
2.1 得られた強風記録	3
2.2 自然風の特徴	3
2.3 傾 斜 角	4
2.4 風の空間分布	4
3. 補剛ゲタの応答の特徴	6
3.1 応答の一般的特性	6
3.2 風速と応答の関係	6
3.3 各振動モードの寄与率	7
4. おわりに	8
参考文献	8
図 , 表	9

1. はじめに

1.1 長期観測の目的

関門橋には強風時の吊橋の挙動を観測する長期観測システムが昭和48年10月に設置され、計測が続けられている。

長大吊橋は風の影響を受け易い構造物であり、耐風設計の占める役割は重要なものである。すなわち、長大吊橋では一部の部材の断面は風荷重によって決定されるようになり、また風による空力不安定振動問題が設計案の良否を決める鍵となるからである。

関門橋は、数次の風洞実験により耐風性の検討がなされ、最終的に実施設計案として耐風性の良好な設計案が得られた。ところで、本橋の竣工以前に若戸大橋、尾道大橋、その他多くの長大吊橋が建設されたが、海峡を横断し中央径間長が500mを越す本格的な長大吊橋は関門橋のみであり、従って長大橋としての実橋の挙動を観測し、耐風設計の妥当性を確認することは重要なことであると考えられた。

さらに、最近の構造物の耐風設計に関する研究は活発に行なわれ、着々と成果をあげつつあるが、これらの結果をとり込んだ耐風設計基準¹⁾では自然風の時間的・空間的変動を考慮した吊橋の不規則応答計算を行なって、その影響を設計の中に反映させている。しかし、このような現象が強風時に観測された事例はほとんど無く、実橋における現象の確認が熱望されている。

また、最近の耐風設計の基本として、自然風の乱れを風洞内で再現した実験が行なわれることが多いが、相似則の面で未だ手法として確立されたものはない。従って、自然条件下での構造物の応答観測は非常に重要な役割をもっていることがわかるであろう。

以上のような考えに従って、長期観測システムが関門橋に設置され観測が行なわれている。観測システムに関しては、既に詳細な紹介がなされており、その後システムに大幅な変更はないので、ここでは図-1.2、表-1～3にその資料を掲げるのみに止め、説明は省略する。²⁾

1.2 昭和49年度の調査概要²⁾

49年度は初年度であり、長期観測システムの点検などに時間を費したことで、得られた記録が少数であったことなどから調査は基本的な項目のみにとどまった。調査は(1)自然風の特徴、(2)補剛ゲタの応答の特徴、(3)風と補剛ゲタの応答との関係に対して行なったが、明らかになった事項を要約すると次のとおりである。

(1) 架橋地点の風速パワースペクトル・乱れ強さ・ガストファクターは従来からいわれている値と大差なかった。風速の水平分布の結果からは、ほぼ一様な風向および風速分布をしており、海峡部において風の収斂効果があったかどうか確かではない。風の傾斜角については風洞実験と逆の傾向を示した例があった。その絶対値については今後の課題である。

(2) 補剛ゲタのねじれファクターに関しては、当然のことであるが何の情報も得られなかった。ただし、

補剛ゲタ中央部の運動と風速変動を映画化したが、これによると補剛ゲタはたわみおよびねじれの不規則振動をしており、加速度のパワースペクトルから高次の振動成分もかなり含まれていることが分った。

しかし、設計に関係する変位のパワースペクトルでは最低次の振動が卓越することが明らかとなった。

- (3) 補剛ゲタの水平方向振動変位を A. G. Davenport の方法による計算値と比較したが、その傾向は合ったものの量的な一致はみられず、計算方式については今後の検討が必要と考えられた。

1.3 昭和50年度の調査概要

昭和50年度には、台風の襲来もなく強風の吹く機会も少なかったこと、記録を開始する風速のレベルをかなり高く設定していたことなどもあって、強風の記録は磁気テープ1巻しか得られなかった。従って、解析には主として49年度に得られたデータを用いた。

風の特長としては、風の傾斜角、パワースペクトル、空間相関などを求めたが、空間相関を次式で表わしたとき、

$$R_{uu}(\Delta y, f) = \exp\left[-\frac{k f \Delta y}{\bar{V}}\right]$$

ただし、 Δy ：二点間の距離、 $\bar{V}$ ：平均風速、 f ：周波数、 k ：常数

k が3～4程度となり、これは従来 Davenport らによって $k=7$ といわれていたものと異なった結果となった。

また、補剛ゲタの水平不規則振動の平均値、標準偏差を求め、理論計算値と比較した。その結果、平均変位の実測値は計算値とはほぼ一致するが、変動成分については、計算値と実測値は傾向的には一致するものの量的な一致はみられず、計算値に実測された空間相関・パワースペクトルを用いるとややよい対応を示した。

1.4 今年度の調査概要

昭和51年2月から現在までに得られたデータが表-4にまとめられている。長期観測システムは当初からかなりのトラブルがあり、完全なデータが得られることが少なかった。すなわち、磁気テープのバリティ・エラーが多いこと、超音波風速計、光学式変位計、サーボ型加速計に故障などがあったことなどである。その後、昭和50年3月、51年3月に総合調整を行ない、信頼性は向上した。特に昭和51年7月以降、光学式変位計、超音波風速計に関しては修理が行なわれ、ほぼ満足できる性能を発揮するようになった。しかし、磁気テープのバリティ・エラーに関しては回数は減ったものの、磁気テープの読めないものがかなりあり、貴重なデータを失うという結果になっている。

今年度は、幸いに台風時のデータが得られたので、これらのデータの一次解析を行ない、自然風の傾斜角、空間相関、そして補剛ゲタの不規則応答と風速の関係について調べた。

2. 関門海峡の風の特徴

2.1 得られた強風記録

本年度は、観測を開始して3年目にして初めて強い勢力を保った台風の襲来を経験し、強風時のデータを
得ることができた。その結果が表-5に示されており、同時に強風の原因と下関気象台における強風の測定
結果を示した。主風向は、低気圧による場合はS~W、台風の場合はNEとなっている。

解析に用いたデータは全て400msでサンプリングし、5個を平均して新しいデータとしている。なお
1RUNは標準400秒としている。パワースペクトルの計算にはBlackman & Tukeyの方法を用い、
windowとしてはhammingを使用している。

2.2 自然風の特徴

表-6は風向風速の測定値に対し、平均値・標準偏差などの統計量を計算したものであり、この結果を用
いて、図-3の風の特徴の時刻変化と図-4、5のガストファクタ、乱れ強さと風速の関係を求めた。

風の特徴の時刻変化を見ると、昭和51年9月13日の台風17号による強風では、台風の目の通過する
午前5時までの風向はNEであり、最大風速は瞬間風速で39.3 m/s、平均風速で26.4 m/sとなった。
残念ながら、台風の去ってゆく時の記録は欠測となっている。これに対し、10月28日の季節風による強
風の記録によると、平均風速15 m/s程度の風が数時間連続することが分る。

一方、図-4、5のガストファクタ、乱れ強さを見ると、風速の増加と共に両者共低下する傾向を示して
いるが、台風による強風では非常にその値が大きくなる場合が見られる。

図-6.1~6.5は風向風速計、超音波風速計により得られた台風7617による強風(平均風速26.3
m/s)のパワースペクトルを示したものである。

現在までに提案されているパワースペクトルの式には次のようなものがある。

[水平方向成分のパワースペクトル]

1) Davenportの式

$$\frac{nF(n)}{\bar{U}^2} = 2K_r \frac{x^2}{(1+x^2)^{1/2}}$$

ここで、 $x = 1200n/\bar{U}$

$\bar{U}$ = 高度10mにおける平均風速

K_r = 基準高度の風速で定義した表面の摩擦係数

さらに上式を改良したものとして、

$$\frac{nS(n)}{\bar{u}^2} = \frac{2}{3} \frac{x^2}{(1+x^2)^{1/2}}$$

$$\text{ここで, } \alpha_2 = n L_z / \bar{U}$$

2) 日野の式

$$\frac{n F(n)}{\bar{u}^2} = K_1 \frac{\alpha_1}{(1 + \alpha_1^2)^{1/2}}$$

$$\text{ここで, } \alpha_1 = L_n / U(z), \quad K_1 = 0.4751$$

$$L_n = \frac{(\bar{u}^2)^{3/2} Z_1}{K_2 (\alpha \bar{U})^3} \left(\frac{Z}{Z_1} \right)^{1-3\alpha}, \quad K_2 = 0.0275$$

〔鉛直方向成分のパワースペクトル〕

1) Panofsky & McCormick の式

$$\frac{n F(n)}{\bar{U}^2} = 3 K r \frac{f}{(1 + 4 f)^2} \quad f = n z / \bar{U}$$

図には参考のために、これらの提案式を併記した。その結果、鉛直方向成分のパワースペクトルは式とよく一致するのに対し、水平方向成分のパワースペクトルは高周波数側であり良い一致がみられなかった。

2.3 傾斜角

一般に橋梁設計断面は迎角（構造物に作用する風と構造物の橋軸直角方向の水平基準軸とのなす角）によりその空力特性が変化するのが普通である。したがって、架橋地点における自然風の傾斜角に関する資料は設計の基準資料として欠くことのできないものである。傾斜角は超音波風速計を用いて測定されるが、従来故障などにより少量のデータが得られたのみであった。今年度は強風時のデータが得られており、表-6に傾斜角が示されている。また風向風速別平均傾斜角を示したのが図-7である。

これらによると、平均傾斜角は台風時には吹きあげとなり+5°～+8°というかなり大きな値を記録した。これ以外の記録はほぼ平均傾斜角は0°付近の値となっている。台風時に記録したような大きな傾斜角が正しいものとする、耐風性に及ぼす影響は非常に大きい。しかし、傾斜角は風速計近傍の構造物の影響を受け易いので、さらにデータを蓄積すると共に、風向風速による傾斜角の傾向を調べる必要があると考えられる。

2.4 風の空間分布

吊橋のような水平に細長い構造物の風による動的応答の検討には、風の空間的・時間的変動は重要な要素である。すなわち、最大瞬間風速は長さ方向で同時には作用せず、乱れの影響は小さい構造物よりも低減されることになる。また海峡部という地形条件から、風の収斂なども考えられるので、前年度に引き続き、風の空間分布を求めることにした。

図-8は4台の風速計から得られた風速記録を用いて、平均風速をベクトル表示したものの一例である。これによると、平均風向は関門海峡の向きに一致する例が多く、その場合、4地点の風向は完全には一致しないもののほぼ同一の向きとなり、関門橋の存在する位置では海峡による顕著な風の収斂はないものと考え

られよう。

また、空間相関係数を求めるために、4台の風速計のデータからコヒーレンシーを求めた。平均流方向風速の空間相関係数は、周波数 f および二点間の距離 Δy の関数として、次のように無次元周波数 $f \cdot \Delta y / \bar{U}$ の指数関数で近似される。

$$R_{uu}(f, \Delta y) = \exp[-k \cdot f \cdot \Delta y / \bar{U}]$$

ここで k は相関係数が無次元周波数の指数関数で小さくなるときの decay の大きさを示す値であり、塩谷等による里浦における観測結果では $k = 3 \sim 9$ という結果になっている。^{*}

コヒーレンシーの計算結果が図-9.1～9.4に示されており、同図には k の値を当てはめるために、 $k = 3, 4, 7$ の線が併記されている。このうち実線は Δy として、2台の風速計間隔をとったものであり、一点鎖線は風向が必ずしも橋軸直角方向ではなかったために、風向を考慮して $\Delta y'$ を定めたものである。コヒーレンシーの計算値は右下りの傾向を示しているものの、 k の値を当てはめるのはかなり難しい。しかし傾向的には風向が高いほど k の値は大きく、7に近くっており、低風速では3～4程度である。また k は Δy の大小には上式では無関係と仮定しているが、ここで得られた結果では Δy が大きいほど k の値は大きくなるようである。

* 構造物の耐風性に関連した自然風の特性については文献1) にとりまとめられている。

3 補剛ゲタの応答の特性

3.1 応答の一般的特性

関門橋の強風時の応答測定としては、主として補剛ゲタの加速度および変位が測定項目となっており、補剛ゲタ $\frac{1}{2}$ 点と下関側 $\frac{1}{4}$ 点とにサーボ型加速度計と変位計用ターゲットが、また下関側橋台にテレビカメラを利用した変位計が設置されている。各断面には加速度計は下横溝に水平成分一台と橋軸直角方向両端部に鉛直成分2台の構成となっており（ただし、 $\frac{1}{4}$ 点水平成分は故障）、変位計用ターゲットは下横溝よりやや下側に2個取りつけられて、各点の鉛直および水平変位が測定できるようになっている。ただし変位計は $\frac{1}{2}$ 点と $\frac{1}{4}$ 点とは切換えて測定するようになっており、 $\frac{1}{2}$ 点と $\frac{1}{4}$ 点の同時測定はできない。

補剛ゲタは鉛直たわみ、水平たわみ、ねじれの三自由度を有しており、水平成分および鉛直成分の測定値には本来の値にねじれのそれぞれの成分も含まれていると考えられる。しかし、これらをあらかじめ分離することは困難であるので、後で各振動成分の寄与率について検討を加えた。

さて、応答の平均値、標準偏差などの統計値を表-7に示す。また横たわみ応答の時刻変化については図-3.1~3.3に示し、風速との対応をみた。

3.2 風速と応答の関係

補剛ゲタの風による対応としては、平均的な変位に不規則応答が加わったものになる。平均的な変位を正確に規定するのは、水平たわみを除いてはかなりむずかしい。すなわちそれは、温度変化による橋本体の変形、計測器の零点ドリフトなどにより零点を正しく押えるのが困難であるという理由によるからである。従って、ここでは水平たわみ変位の平均値と風速の関係のみを示した。図-10は光学式変位計による横たわみ変位と超音波風速計による橋軸直角方向水平風速との関係を示している。計測器の零点ドリフトがないものとすれば、風向により影響が異なることになる。

図-11に平均風速と鉛直たわみ振動の加速度の標準偏差の関係を示した。得られた記録は風向が橋軸直角方向に一致したものではなく、 $30^\circ \sim 60^\circ$ 程度の水平迎角を有していた。平均風速として、超音波風速計による橋軸直角水平方向平均風速 $\bar{U}_{ST}$ と風向風速計による平均風速（絶対値） $\bar{U}_A$ の両者を用いて比較したが、 $\bar{U}_{ST}$ を用いた場合には同一風速であっても応答には倍近い開きがあり、一方 $\bar{U}_A$ を用いた方が風速の増加と共に応答も単調に増加し、データもまとまりがあり、一定の傾向を示している。すなわち、トラス補剛桁のような骨組構造の不規則応答には風速の絶対値が一番影響することが分る。

また図-12には平均風速と水平たわみ振動の変位の標準偏差との関係を示した。この場合も、 $\bar{U}_{ST}$ よりも $\bar{U}_A$ の方がデータとしてのまとまりがよいと思われる。水平たわみ振動には橋軸直角方向水平風速の大きさが最も影響すると考えられるが、風が水平迎角を有する場合にはこの橋軸直角方向成分の大きさと風速を評価することはできなくて、その絶対値が関係してくることが分る。従って、今後斜風（水平面内で橋軸直角方向とある角度を持つ風）による構造物の応答に関しても調査する必要があるだろう。

3.3 各振動モードの寄与率

図-13は各検出器からの出力のパワースペクトルを求めたものであり、従ってこの中には各振動モードの他にねじれ振動モードが含まれている。関門橋の場合、完成時に起振機による振動実験が行なわれ、また固有値の計算も行なわれているので、パワースペクトルのピーク値を与える振動数に着目すると、各振動モードに分離することが可能である。図中に、記号で示すと共に、表-8で計算値と比較した。

$$\left\{ \begin{array}{l} V : \text{鉛直たわみ} \\ T : \text{ねじれ} \\ L : \text{水平たわみ} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} S : \text{対称} \\ A : \text{逆対称} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ \text{次数} \\ \vdots \end{array} \right\}$$

加速度のパワースペクトルに注目すると、鉛直たわみでは対称・逆対称モードがかなり含まれており、ねじれ振動もかなり含まれている。また水平たわみでは、対称1次モードが顕著であるがねじれ対称1次振動もかなり優勢である。また、構造物に作用する力に直接関係すると思われる変位のパワースペクトルでは、水平、鉛直たわみ振動共に対称1次が卓越し、他の振動モードは1%以下の影響を及ぼすだけである。

4. おわりに

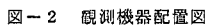
本年度は、幸いに平均風速 26 m/s という強風時の記録が得られ、このデータを用いた一次解析が行なわれた。そして、自然風の特性和強風時の応答の特性の一部を明らかにすることができた。今後不規則振動の理論計算値との対比や、乱れた風を用いた風洞実験結果の対比などを行なって、実橋での耐風応答を検討してゆく予定である。

また、関門橋のように複雑な構造物の強風時の挙動を明らかにするためには、多くのデータが必要であり、今後共データの蓄積に努力しなければならないであろう。

最後に、貴重なデータを提供された日本道路公団関係各位に深く謝意を表す。特に、下関管理事務所の豊田副所長、山川楠修課長、同課金田氏には長期観測システムの調整、強風データの収録など特別の尽力をいただいた。記して感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 土木学会；本州四国連絡橋の耐風に関する調査研究報告書，昭和50年3月
- 2) 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），土木研究所資料
No1015，昭和50年3月
- 3) 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2），土木研究所資料
No1128，昭和51年3月



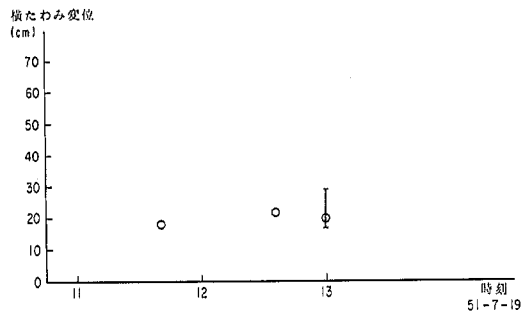
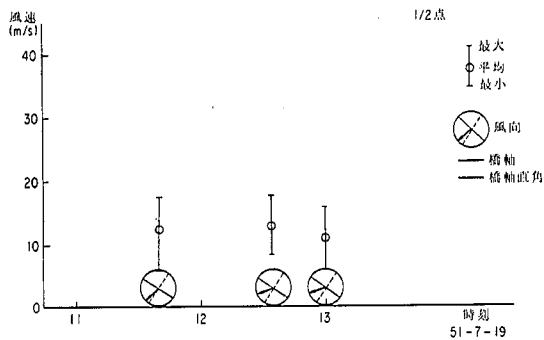


図-3.1 風と横たわみの時刻変化

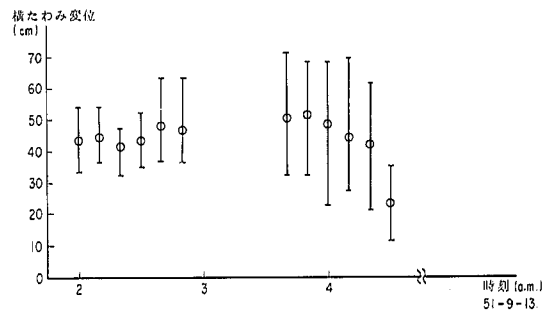
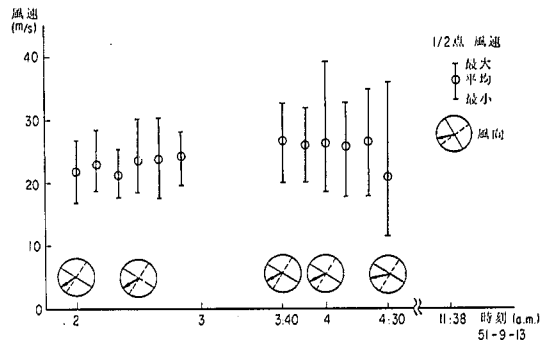


図-3.2 風と横たわみの時刻変化

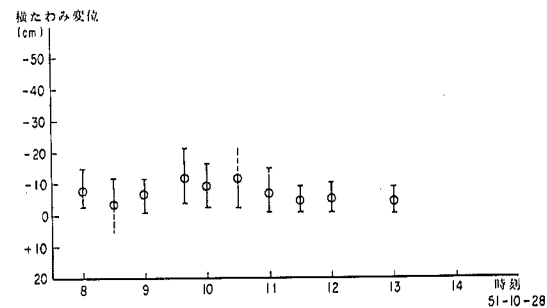
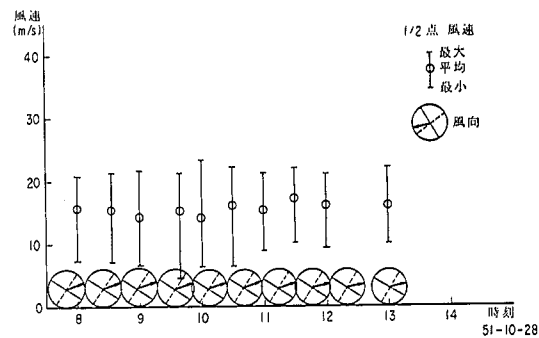


図-3.3 風と横たわみの時刻変化

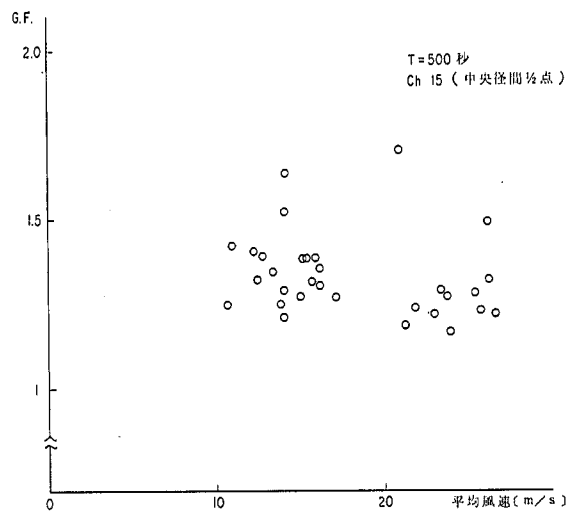


図-4 ガストファクター

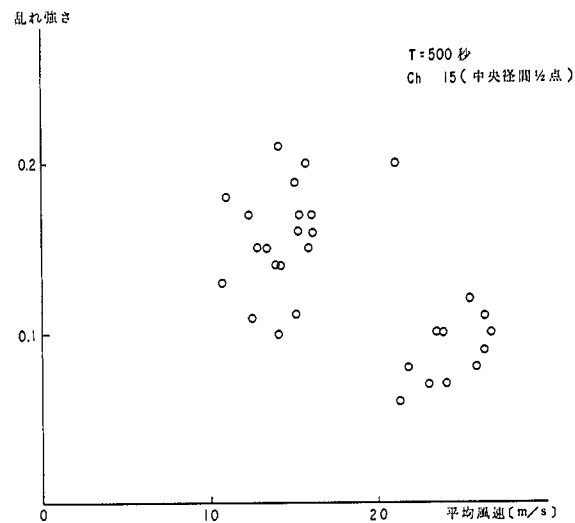


図-5 乱れ強さ

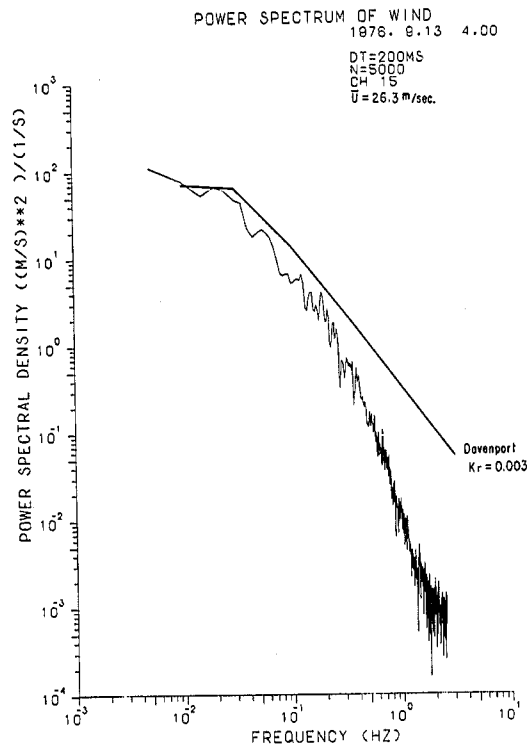


図-6.1 風速のパワースペクトル (1/2点)

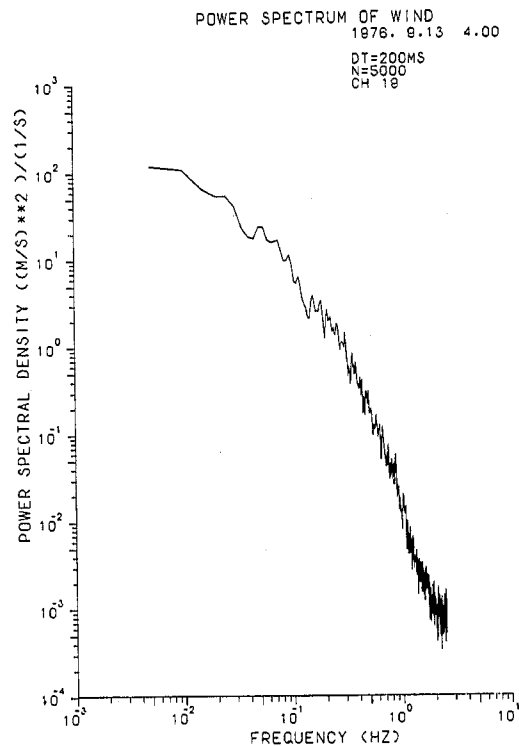


図-6.2 風速のパワースペクトル (1/4点)

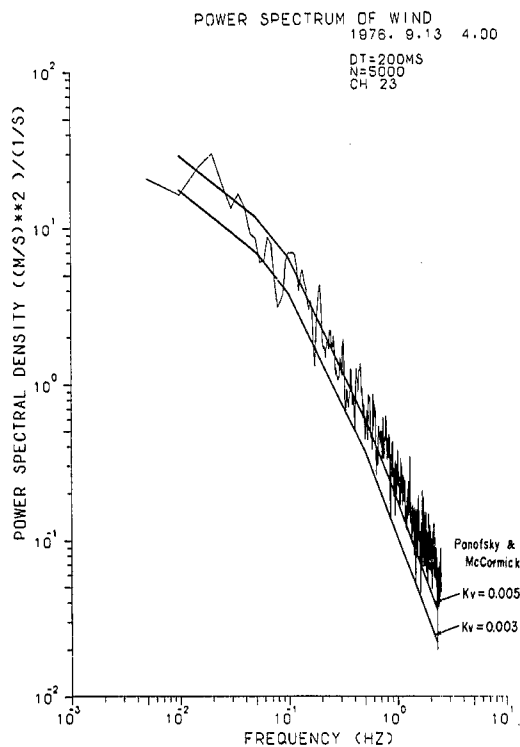
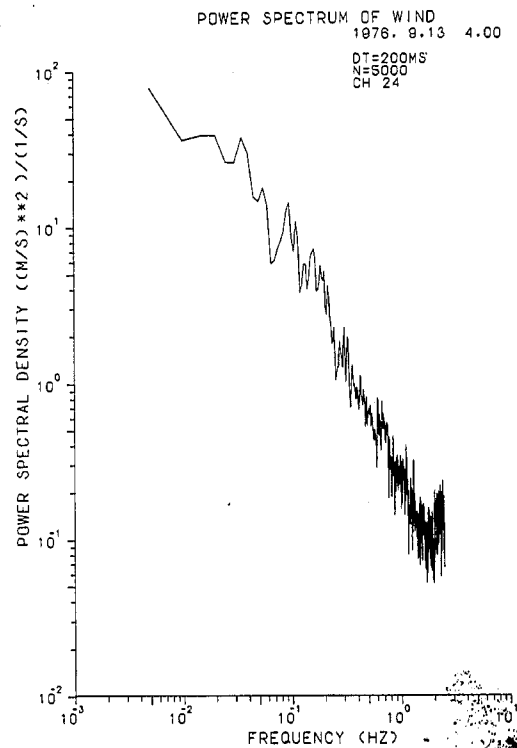


図 - 6.3 風速のパワースペクトル (1/2 点 鉛直成分)



風速のパワースペクトル (1/2 点 橋軸直角方向)

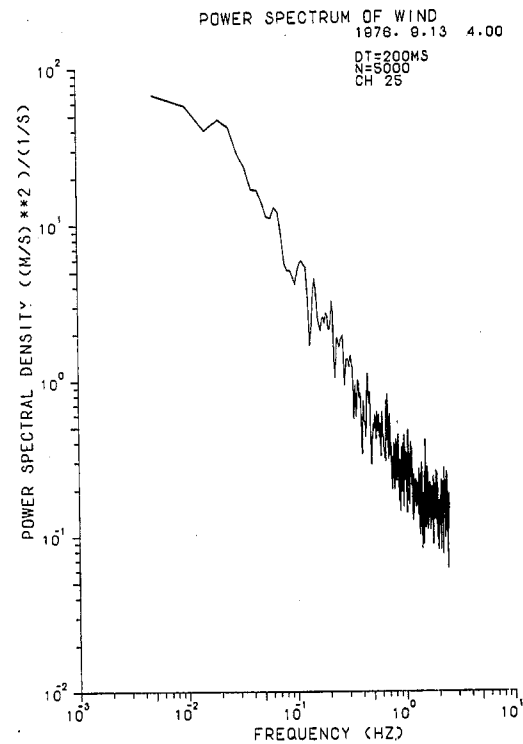
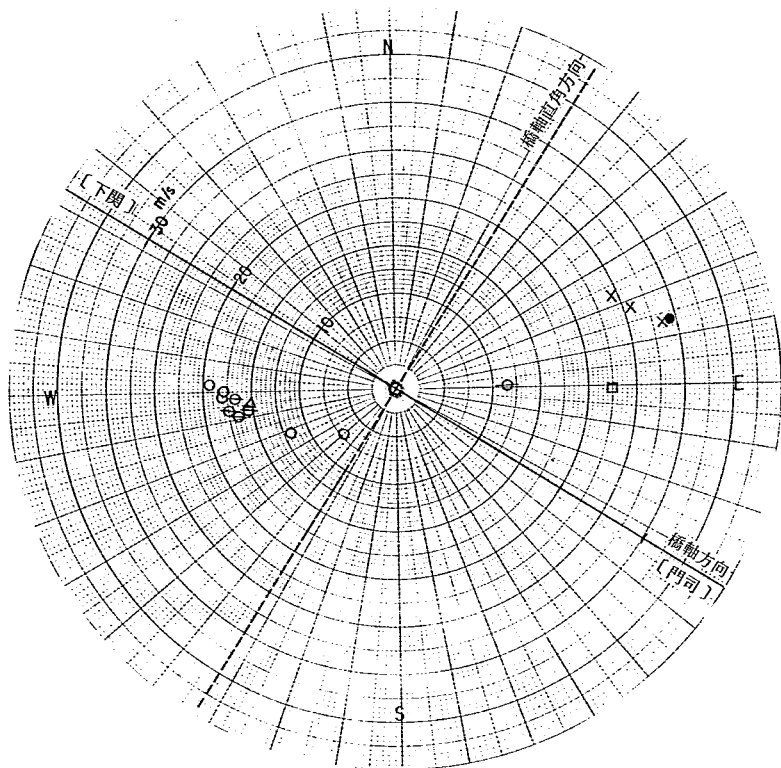


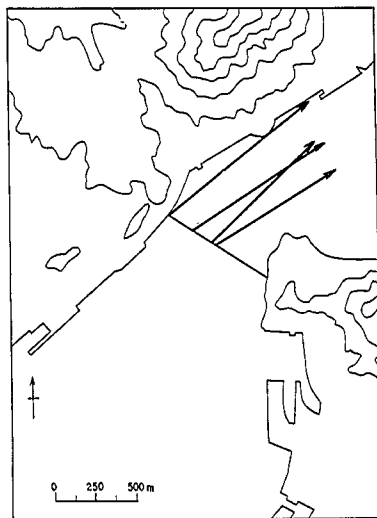
図-6.5 風速のパワースペクトル (1/2点橋軸方向)



- | | | | |
|---|-------|---|-------|
| ○ | 0°~1° | □ | 5°~6° |
| ⊖ | 1°~2° | | |
| △ | 2°~3° | × | 7°~8° |
| | | ● | 8°~9° |

図-7 風向風速別傾斜角

51-9-13
4:00:00



51-10-28
9:00:00

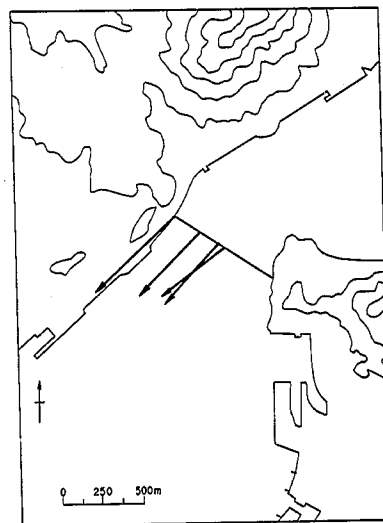


図-8 海峡部の風の分布

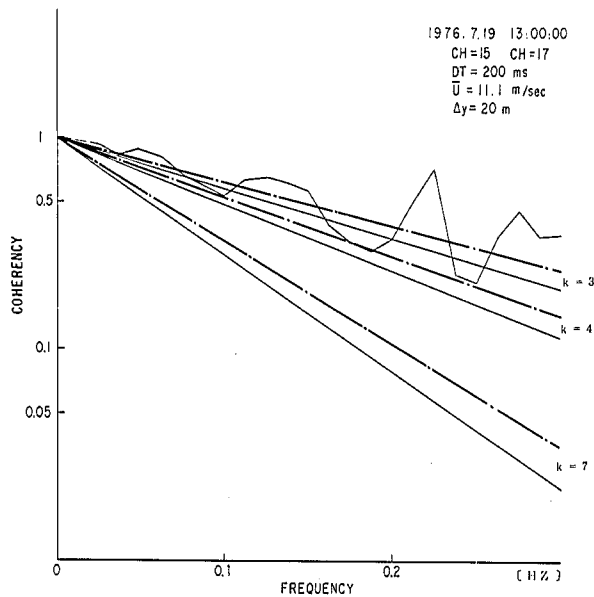


図-9.1 コヒーレンシー

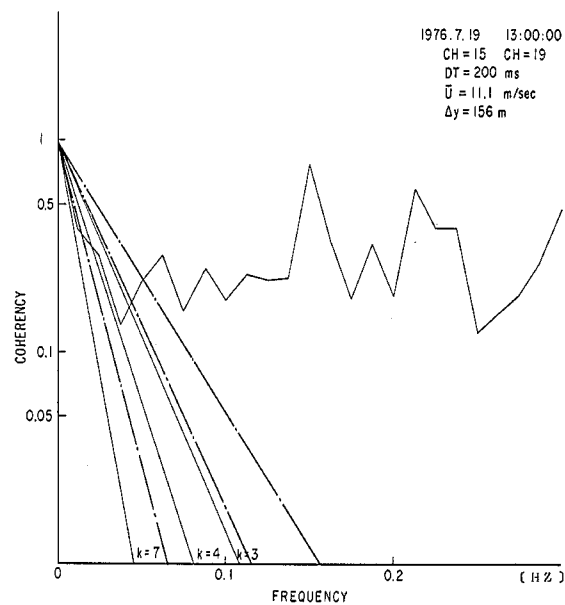


図-9.2 コヒーレンシー

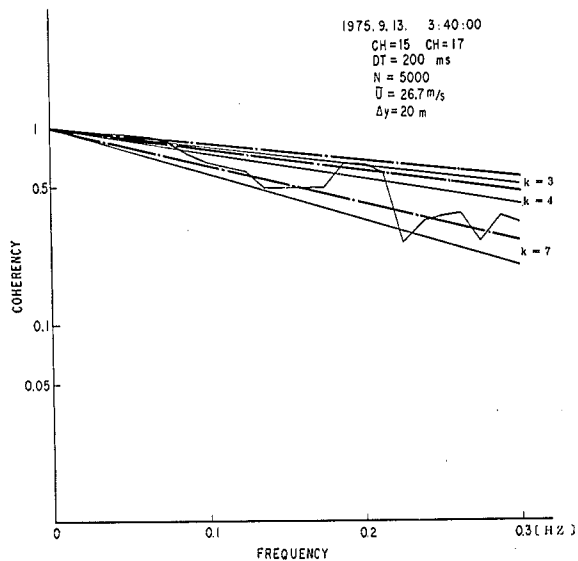


図-9.3 コヒーレンシー

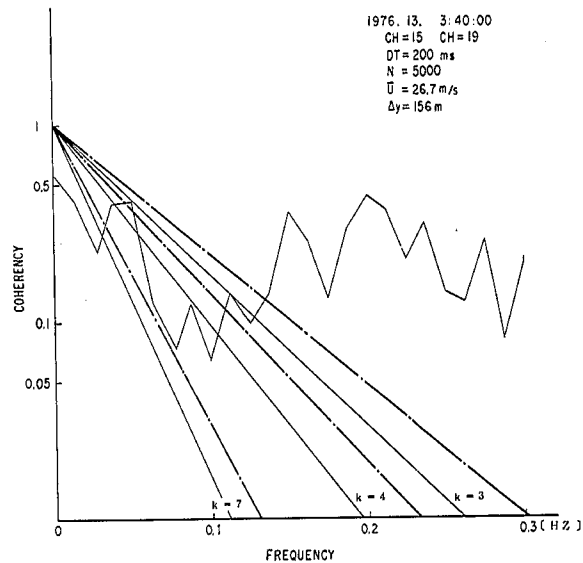


図-9.4 コヒーレンシー

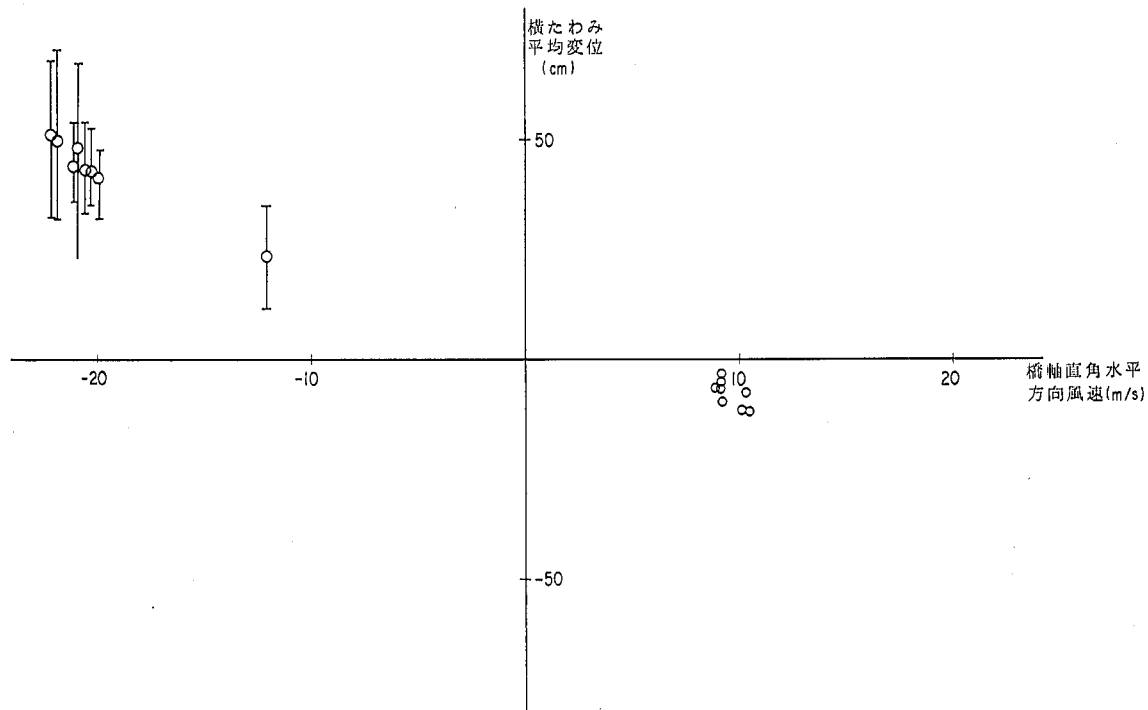


図- 1 0. 橋軸直角水平方向風速と横たわみ

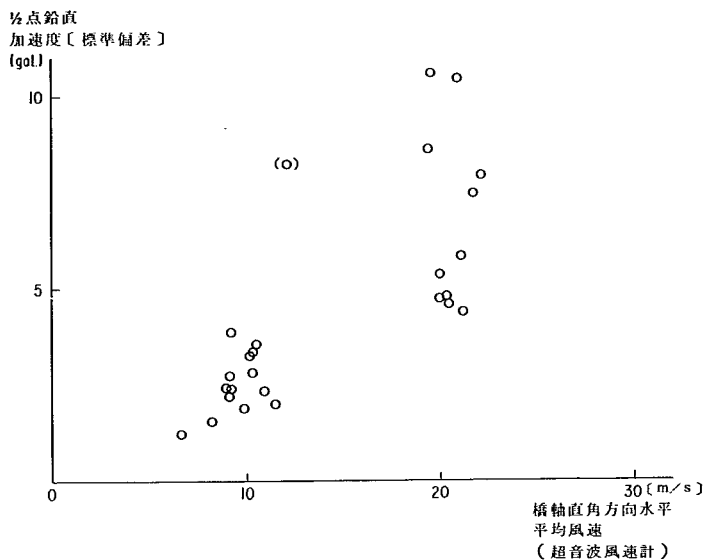


図-1.1.1 橋軸直角水平方向風速と鉛直たわみ

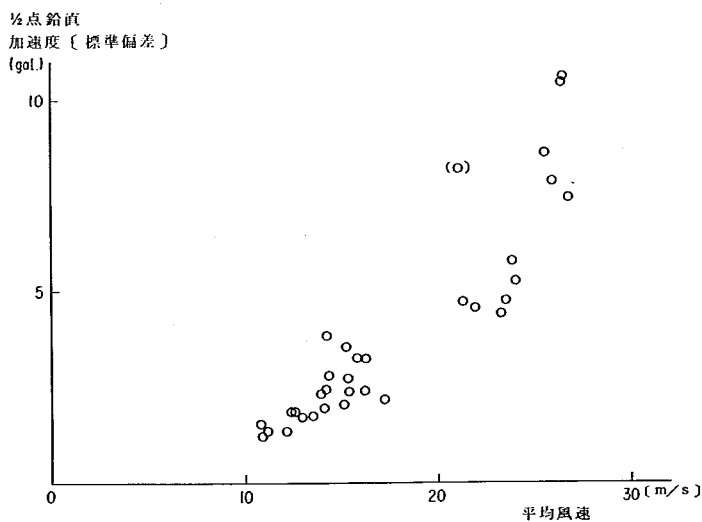


図-1.1.2 平均風速と鉛直のたわみ

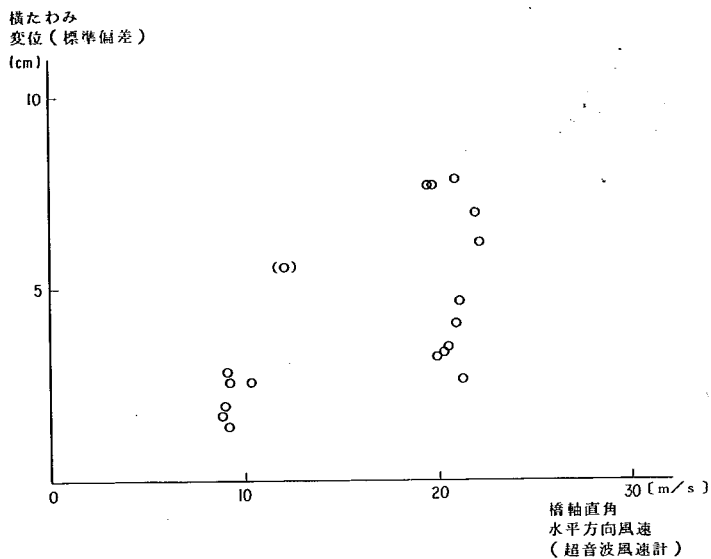


図-1.2.1 橋軸直角水平方向風速と横たわみ

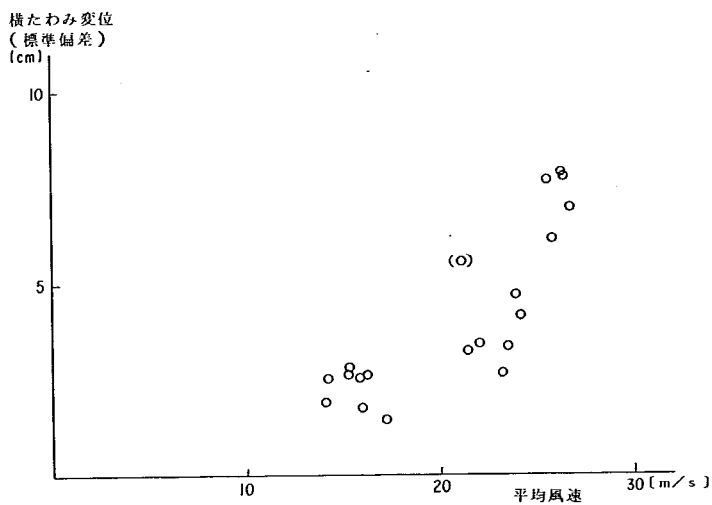


図-1.2.2 平均風速と横たわみ

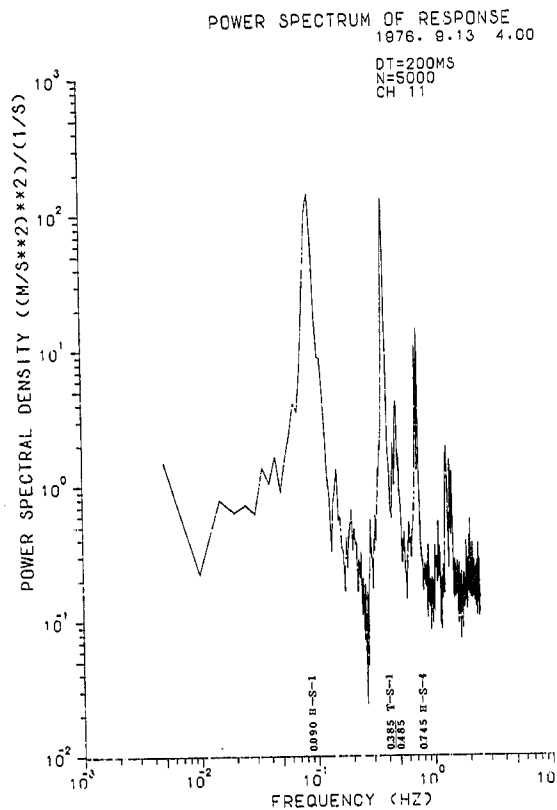


図-1 3.3 応答のパワースペクトル(1/2 点, 水平方向加速度)

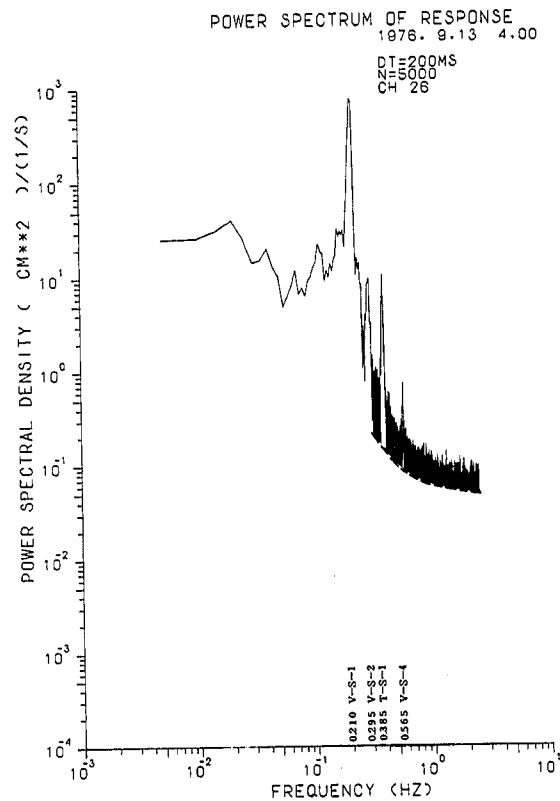


図-1 3.4 応答のパワースペクトル(1/2 点, 鉛直方向変位)

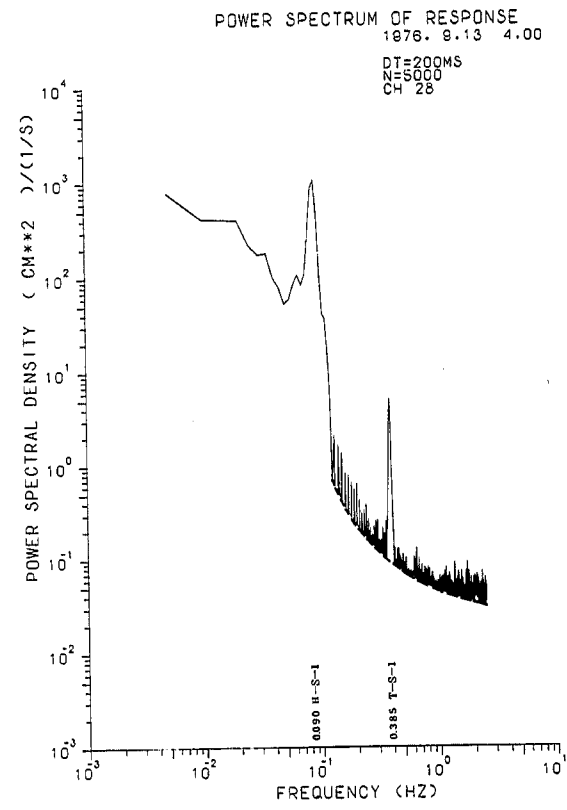


図-1 3.5 応答のパワースペクトル(1/2 点, 水平方向変位)

表-1 観測項目, 観測計器, 観測範囲等

観測項目	測定場所	最大測定範囲	観測計器	数量	成分数		毎秒当り A/D変換 サンプリング 回数
					1台 当り	合計	
加 速 度	岩 盤	±500Gal	地 中 地 震 計	3台	3	9	100
	橋 台	±500Gal	電 磁 式 加 速 度 計	4台	1	4	50
	橋 脚	±500Gal		8台	1	8	
	塔	±500Gal		4台	1	4	
	補剛桁	±200Gal	サーボ型加速度計	6台	1	6	25
変 位	補剛桁	水平±2m	変 位 計 1) ターゲット 2) ターゲット制御器 3) X-Yアナライザ 4) X-Yアナライザ 制御器	1式	3	3	25
		上下±2m					
		橋軸方向±25cm	橋軸方向変位計測装置 ¹⁾	1式	1	1	25
風向・風速	補剛桁上	水平風速 60m/sec	超 音 波 風 速 計	1式	3	3	25
		上下風速 10m/sec					
		水平風速 60m/sec	風 向 風 速 計	3	2 (風向) (風速)	6	25
		風 向 540°					
	下関側 塔 頂	水平風速 60m/sec	風 向 風 速 計	1	2	2	25
		風 向 540°					

注1) 橋軸方向変位計測装置は超音波風速計3成分のいずれか1成分と切換えて観測される。

表-2 観測機器配置図

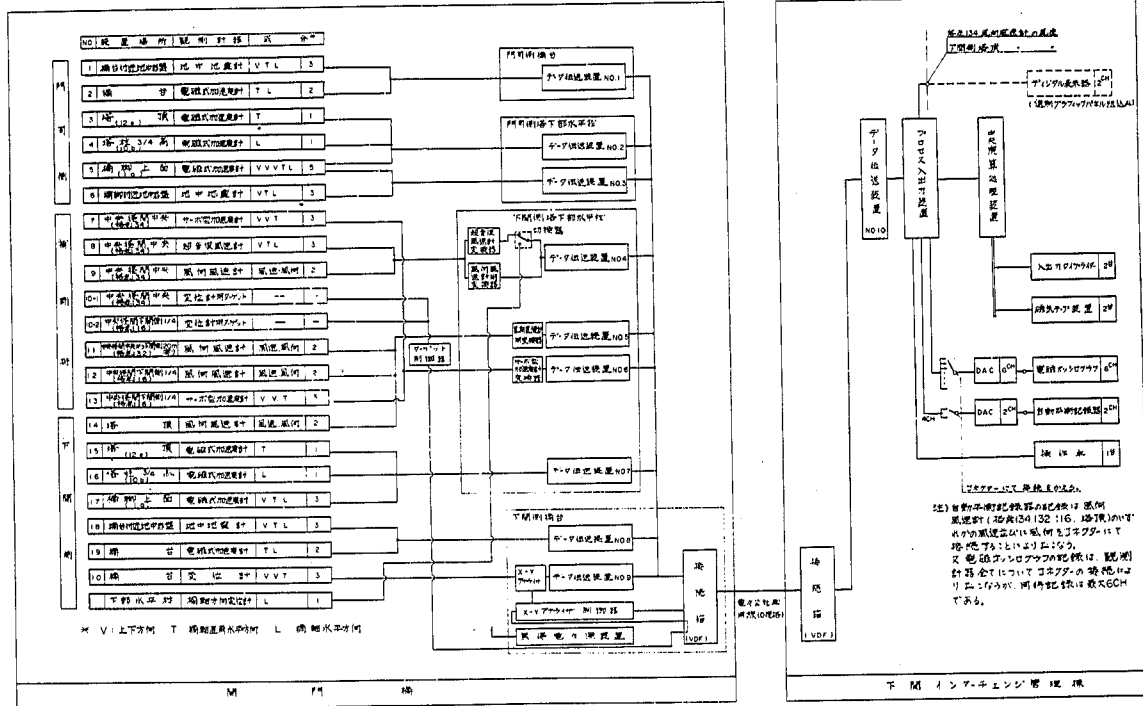


表-3.1 強風指令に記録するデータ(40 msec分)

セ ン サ	セ ン サ 設 置 場 所	セ ン サ の 種 類	成 分	CH NO	強 風 指 令 開 始	風 速 の デ ジ タ ル 表 示
電磁式加速度計	門 司 側 塔 頂	M	T	1		
		"	"	2		
	門 司 側 塔 柱 1/4 高	M	L	3		
		"	"	4		
	下 関 側 塔 頂	M	T	5		
		"	"	6		
	下 関 側 塔 柱 1/4 高	M	L	7		
		"	"	8		
サ ー ボ 型 加 速 度 計	補剛桁 中央径間中央	S	V	9		
		"	"	10		
		"	T	11		
	中央径間 下 関 側 1/4	S	V	12		
		"	"	13		
		"	T	14		
風 向 風 速 計	補剛桁 中央径間中央	W	S	15	○	○
		"	D	16		
	中央径間中央	W	S	17	○	
	下関寄 20 m	"	D	18		
	中央径間	W	S	19	○	
	下 関 寄 1/4	"	D	20		
	下 関 側 塔 頂	W	S	21	○	○
		"	D	22		
超 音 波 風 速 計	補剛桁 中央径間中央	U	V	23		
		"	T	24		
		"	L	25		
		D	V	26		
変 位 計	下 関 側 橋 台	"	"	27		
		"	"	27		
		"	T	28		

成分 L ; 横軸方向成分

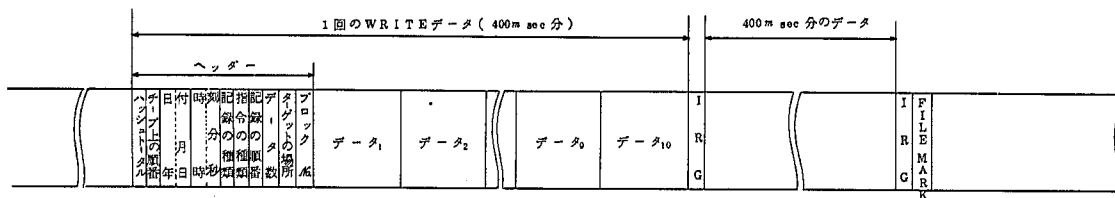
T ; " 直角方向成分

V ; 上下方向成分

S ; 風 速

D ; 風 向

表-3.2 磁気テープの内容



↑ひとつの指令の最後を示す。

0	ハッシュ-タ-ル
1	テープ上の順番
2	年
3	月
4	日
5	時
6	分
7	秒
8	記録の種類
9	指令の種類
10	ターゲットの場所
11	ブロックの長さ

記録の種類 1 自 助 記 録

2 手 助 記 録

4 点 検 記 録

指令の種類 0 点 検

1 地 震 指 令

2 強 風 指 令

ターゲットの場所 0 無 点 灯

1 測定用ターゲット

2 検定用ターゲット

3 両 タ - ゲ ッ ト

ブロック長 0 点検なし

1 制御ブロック長1.が点検中

2 " 長2. "

3 " 長3. "

4 " 長4. "

入力データ型式

0	5	6	7	8	15
同期みだれ	PARITY	DATA			

表-4 関門橋長期観測磁気テープ

No	日	時	備 考
24	51-2-5	11:41:27	(磁気テープが途中で繋いである)
25	"	13:57:18	
26	"	16:10:25	
27	51-2-28	2:29:50	
28	"	15:29:24	
29	51-4-23	11:44:55	
30	51-7-18	13:04:02	
31	51-7-19	5:48:10	
32		8:11:40	
33		11:05:03	
34		11:20:03	
35	51-7-24	20:43:04	
36	51-9-13	01:57:53	
37	"	10:52:39	
	51-10-28	7:49:43	
38	"	9:38:04	
39	"	12:00:14	
40	51-7-19	0:37	} 読み取り不能
41	"	3:30	
42	51-9-13	4:49	

表-5 得られた強風記録

強風の 原因	昭和51年2月5日	昭和51年2月28日	昭和51年4月23日	昭和51年7月18日	昭和51年7月19日
強風の 性質	(10分間平均風速) 9:00 0.6 m/sec NE 最大風速 12:00 1.28 " W 15:00 6.2 " WNW 18:00 7.4 " NNW (最大瞬間風速) 14:10 20.2 m/sec W	(10分間平均風速) 3:00 11.5 m/sec E 最大風速 3:30 1.21 " " 6:00 8.0 " " 9:00 3.9 " ENE 12:00 6.1 " W 15:00 4.0 " WNW 18:00 3.8 " W (最大瞬間風速) 2:50 18.5 m/sec E	(10分間平均風速) 9:00 2.6 m/sec ENE 12:00 7.3 " W 最大風速 14:30 1.23 " " 15:00 11.3 " " 18:00 10.5 " " (最大瞬間風速) 15:20 19.1 m/sec W	(10分間平均風速) 12:00 8.9 m/sec E 15:00 9.1 " " 18:00 11.4 " " 19:50 14.6 " " 21:00 10.8 " " 22:00 12.4 " " 23:00 10.7 " " 24:00 11.6 " " (最大瞬間風速) 19:50 21.9 m/sec E	太平洋高気圧の縁辺を順調に北西進した台風9号は18日正午ごろ屋久島の西海上で転向したあと九州本土から山口県と接近する予想であったが、19日夜天草の西海上で停滞して衰弱した。 (10分間平均風速) 1:00 12.6 m/sec E 2:00 13.4 " " 3:00 13.4 " " 最大風速 3:20 14.6 " " 4:00 13.5 " " 5:00 12.3 " " 6:00 14.2 " " 7:00 13.9 " " 8:00 12.6 " " 9:00 12.1 " " 10:00 14.3 " " 11:00 13.4 " " 12:00 11.6 " " 13:00 12.2 " " 14:00 12.5 " " 15:00 12.5 " " 16:00 11.9 " " 17:00 12.8 " ENE 18:00 10.6 " " 19:00 11.7 " E 20:00 8.9 " " 21:00 10.4 " " 22:00 11.5 " " 23:00 11.1 " " 24:00 9.8 " " (最大瞬間風速) 3:30 24.3 m/sec E

表-5 得られた強風記録

	昭和51年7月24日	昭和51年9月12日	昭和51年9月13日	昭和51年10月28日
強風の 原因			9-4 15:00 台風17号発生 10日夜~12日午前約30時間、九州西海上の臥蛇島付近に停滞 12日の日中から夜にかけて九州の西方海上を時速20kmで北北東に進み13日午前1時40分ごろ長崎市付近に上陸した。上陸後加速しながら、佐賀、福岡両県の西部を通過して13日午前5時に玄界灘に抜け、山口県沿岸の西およそ20kmの海上を北東進して14日午前6時日本海北部で温帯低気圧となった。	
強風の 性質	(10分間平均風速) 3:00 1.4m/sec NNW 4:00 2.8 " NW 5:00 4.9 " WNW 6:00 3.1 " NW 7:00 4.7 " " 最大風速 8:30 6.9 " " 9:00 5.3 " " 12:00 4.7 " SSW 15:00 2.2 " WNW 18:00 3.0 " " 21:00 0.0 " — 22:00 0.4 " ENE 23:00 1.3 " E 24:00 1.7 " NE (最大瞬間風速) 8:30 11.0m/sec NW	(10分間平均風速) 21:00 11.2m/sec ENE 22:00 9.8 " " 23:00 11.9 " " 最大風速 23:40 12.8 " " 24:00 12.3 " " (最大瞬間風速) 24:00 20.7m/sec ENE	(10分間平均風速) 1:00 13.4m/sec ENE 2:00 15.6 " " 3:00 18.3 " E 最大風速 4:00 10.1 " " 5:00 16.7 " " 6:00 10.7 " ESE 7:00 16.4 " S 8:00 13.9 " SSW 9:00 11.6 " WSW 10:00 16.6 " WNW 11:00 15.0 " W 12:00 14.3 " " 15:00 8.1 " WNW (最大瞬間風速) 4:00 36.4m/sec E	(10分間平均風速) 3:00 8.5m/sec ESE 6:00 2.2 " WSW 9:00 13.2 " W 12:00 13.2 " " 最大風速 13:30 15.9 " " 15:00 12.3 " " 18:00 8.5 " " (最大瞬間風速) 8:20 25.1m/sec W

表 - 6 風の測定結果

			中央径間½		½より20m 下図より		中央径間½		下図測塔頂		中央径間½			
			風速	風向	風速	風向	風速	風向	風速	風向	鉛直 方向	水平 方向	橋軸 方向	傾斜角
51-2-5	11:42	1	10.7	2424	10.6	2537	11.8	2535	154	2500	06	82	-77	57
		2	1.4	82	1.6	86	17	94	173	63	09	15	18	52
		3	0.13	003	0.15	003	0.15	004	0.11	003	156	0.18	-023	0.92
		4	134	2753	146	2817	151	2922	200	2732	42	115	-17	415
		5	6.8	2075	7.1	2224	5.7	1927	10.1	2266	-35	02	-148	0.0
51-2-5	12:12	1	140	2520	138	2632	153	2590	190	2542	03	103	00	2.9
		2	1.9	87	2.0	89	1.9	66	2.1	49	14	223	25	53
		3	0.14	003	0.14	003	0.13	003	0.11	002	5.13	0.22	-021	1.83
		4	181	3007	191	3049	205	2901	228	2880	74	167	-35	37.9
		5	6.8	2224	85	2287	104	2372	0.9	2308	48	-07	-186	0.0
51-2-5	12:36	1	139	2452	139	2562	139	2553	170	2517	0.1	110	-107	2.6
		2	2.0	85	2.1	79	2.1	67	2.1	55	14	2.1	2.9	6.1
		3	0.14	003	0.15	003	0.15	003	0.12	002	11.81	0.20	-027	23.3
		4	174	3028	186	2901	200	2774	221	2944	48	148	1.7	45.0
		5	5.7	2012	6.1	2287	85	2287	99	2308	-56	-17	-172	0.0
51-2-5	13:12	1	125	2432	124	2544	116	2534	161	2492	04	99	-9.1	4.1
		2	1.4	68	0.1	73	1.6	73	1.7	52	1.1	15	2.0	5.0
		3	0.11	003	0.11	003	0.13	003	0.11	002	256	0.16	-022	12.3
		4	165	2668	160	2859	169	2817	202	2668	39	144	-3.1	38.7
		5	9.7	2245	92	2308	80	2329	8.9	2181	-43	40	-148	0.0
51-2-5	13:36	1	141	2421	142	2531	111	2546	159	2486	08	115	-100	4.9
		2	1.4	52	1.4	53	1.7	79	22	67	1.0	16	1.9	4.1
		3	0.10	002	0.10	002	0.15	003	0.14	003	128	0.14	-019	0.85
		4	172	2626	177	2732	169	2880	202	2732	39	153	-3.1	38.7
		5	1.0	2266	10.1	2351	52	2329	6.1	1969	-32	40	-167	0.0
51-2-28	0:13:42	1	109	940	110	990	124	966	147	4490	-03	-67	9.0	15
		2	1.8	122	1.8	123	15	9.1	1.7	103	1.7	26	2.0	8.7
		3	0.16	013	0.16	012	0.12	009	0.11	002	-658	-384	0.22	5.81
		4	167	1525	167	1567	181	1377	207	4892	5.8	73	144	36.0
		5	4.5	529	5.4	699	80	74.1	104	4214	-74	-144	1.7	0.0
51-7-19	11:40:02	1	124	4066	137	1193	154	1168	185	1150				
		2	2.1	687	1.9	582	24	596	20	570				
		3	0.17		0.14		0.15		0.11					
		4	174	4638	184	2732	221	2817	245	2668				
		5	5.6	2266	85	614	92	699	120	720				

1:Mean, 2:σ, 3:σ/M, 4:max, 5:min

		中央径間		2/より20m 下園より		中央径間		下段脚塔頂		中央径間			
		風速	風向	風速	風向	風速	風向	風速	風向	鉛直 方	傾斜 角 方	橋軸 方	傾斜 角
51-7-19	12:34:34	1 129	4309	143	917	168	896	190	881				
		2 20	88	70	82	17	58	16	61				
		3 0.15		0.14		0.10		0.09					
		4 17.9	4849	191	1419	214	1080	240	1144				
		5 82	4066	68	720	115	678	141	720				
51-7-19	13:00:00	1 111	4344	126	947	172	908	193	888				
		2 19	120	20	110	20	79	17	71				
		3 0.18		0.16		0.12		0.09					
		4 158	4871	169	1398	221	1334	242	1292				
		5 59	4024	75	593	101	572	122	678				
51-7-19	6:00	1 152	4292	164	899	181	894	199	889				
		2 1.6	70	16	68	18	55	19	60				
		3 0.11		0.10		0.10		0.10					
		4 193	4617	200	1292	228	1122	261	1165				
		5 94	4066	118	741	129	720	153	699				
51-7-19	6:20	1 135	4303	148	911	171	889	193	891				
		2 2.1	69	19	63	19	56	168	60				
		3 0.15		0.13		0.11		0.09					
		4 181	4532	198	1144	233	1080	235	1165				
		5 64	4101	92	741	129	720	146	656				
51-9-13	2:00	1 219	4153	226	4264	241	4158	270.1	4194	29	-204	135	80
		2 18	35	17	40	21	45	20	44	10	1.7	1.7	26
		3 0.08	0.01	0.07	0.01	0.09	0.01	0.07	0.01	0.33	-0.08	0.13	0.33
		4 27.1	4299	282	4405	292	4278	322	4320	63	-144	195	167
		5 169	4024	191	4151	191	3981	200	4066	-05	-280	92	0.0
51-9-13	2:10	1 232	4168	240	4279	251	4168	277	4208	28	-21.1	148	
		2 1.7	36	17	37	18	41	18	46	10	1.5	18	
		3 0.07	0.01	0.07	0.01	0.07	0.01	0.06	0.01	0.36	-0.07	0.12	
		4 282	4299	285	4384	299	4320	325	4344	71	-172	200	
		5 186	4045	184	4151	202	4045	238	4045	-10	-257	101	
51-9-13	2:20	1 214	4157	223	4271	238	4160	267	4199	31	-200	134	
		2 14	40	14	42	19	41	16	44	11	16	15	
		3 0.06	0.01	0.06	0.01	0.08	0.01	0.06	0.01	0.37	-821	0.11	
		4 254	4299	261	4401	275	4320	315	4320	76	-148	191	
		5 179	4024	184	4129	186	4045	214	4045	-1.1	-252	92	

1:Mean, 2:σ, 3:σ/M, 4:max, 5:min

		中央径間		より20m 下図より		中央径間		下図側塔頂		中央径間			
		風速	風向	風速	風向	風速	風向	風速	風向	鉛直 方向	橋軸 方向	橋軸 方向	傾斜角
51-9-13	2:30	1 235	4196	242	4309	257	4206	271	4244	29	-203	159	76
		2 23	43	23	46	21	40	20	41	14	20	21	33
		3 0.10	001	0.10	001	0.08	001	0.07	0.01	0.47	-974	0.14	0.43
		4 304	4405	313	4511	313	4320	332	4386	82	-129	238	201
		5 184	4066	191	4172	205	4066	217	4108	-11	-275	106	00
51-9-13	2:40	1 239	4184	245	4298	269	4191	299	4240	31	-210	159	
		2 24	42	23	43	19	42	21	48	14	20	23	
		3 0.10	001	0.09	001	0.07	001	0.07	0.01	0.46	-927	0.15	
		4 304	4362	306	4447	320	4384	351	4384	79	-153	233	
		5 177	4066	188	4172	221	4045	226	4045	-22	-304	101	
51-9-13	2:50	1 240	4192	248	4305	263	4192	302	4236	30	-209	162	
		2 17	40	18	40	19	42	21	48	13	16	18	
		3 0.07	001	0.07	001	0.07	001	0.07	0.01	0.42	-781	0.11	
		4 280	4320	297	4468	322	4320	367	4384	72	-153	219	
		5 198	4045	205	4172	202	4045	245	4066	-15	-266	101	
51-9-13	3:40	1 268	4255	275	4343	299	4234	324	4278	36	-219	193	81
		2 26	49	25	49	25	52	25	50	17	27	24	34
		3 0.10	001	0.09	001	0.08	001	0.08	0.01	0.46	-012	0.13	0.42
		4 325	4384	341	4511	365	4405	388	4447	90	-139	261	195
		5 200	4087	217	4193	231	4045	257	4108	-29	-294	115	-45
51-9-13	3:50	1 259	4204	267	4321	294	4205	327	4253	37	-221	181	
		2 21	47	21	48	25	46	23	49	16	21	73	
		3 0.08	001	0.08	001	0.09	001	0.07	0.01	0.43	-943	0.13	
		4 318	4362	313	4511	377	4384	3882	4384	90	-134	266	
		5 200	4045	217	4172	235	4045	2612	4087	-42	-289	106	
51-9-13	4:00	1 263	4240	272	4361	299	4250	346	4308	33	-209	193	75
		2 25	58	23	58	28	54	22	55	23	29	23	46
		3 0.09	001	0.08	001	0.09	001	0.06	0.01	0.69	-014	0.12	0.62
		4 393	4489	384	4595	372	4468	405	4532	98	-82	332	225
		5 186	4045	214	4172	217	4045	287	4151	-64	-299	97	-132
51-9-13	4:10	1 255	4263	261	4379	294	4267	338	4325	33	-194	194	
		2 31	54	31	54	31	48	26	45	21	26	29	
		3 0.12	001	0.12	001	0.10	001	0.08	0.01	0.63	-013	0.15	
		4 327	4468	346	4574	405	4426	405	4468	98	-120	275	
		5 179	4108	184	4193	274	4129	254	4172	-62	-304	115	

1:Mean, 2:σ, 3σ/M, 4:max, 5:min

			中央径間場		場より20m 下園より		中央径間%		下園側塔頂		中央径間%			
			風速		風向		風速		風向		風速		風向	
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
51-9-13	4:20	1	264	4276	27.1	4394	288	4284	326	4346	3.1	-196	203	
		2	30	58	29	59	3.1	59	24	58	22	30	26	
		3	0.11	0.01	0.11	0.01	0.11	0.01	0.07	0.01	0.72	-0.15	0.13	
		4	348	4532	348	4701	362	4553	400	4574	9.5	-92	27.5	
		5	179	4045	193	4129	198	4087	258	4151	-65	-294	11.5	
51-9-13	4:30	1	21.1	4389	214	4500	216	4360	265	4388	1.6	-121	182	57
		2	4.1	96	40	98	3.4	95	3.3	84	3.0	3.4	39	82
		3	0.20	0.02	0.19	0.02	0.16	0.02	0.13	0.02	1.89	-0.28	0.22	1.45
		4	358	4765	353	4871	337	4680	374	4849	9.5	2.1	322	347
		5	115	4024	115	4127	115	4045	177	4108	-81	-224	68	0.0
51-10-28	8:00	1	158	2501	166	2611	177	2559	210	2545	-02	104	-139	1.5
		2	39	92	33	92	22	67	24.1	51	1.5	28	36	63
		3	0.20		0.20		0.12		0.11		-738	0.26	-0.26	429
		4	209	2922	221	3113	238	2880	271	2711	58	172	-07	429
		5	7.3	2118	68	2202	106	2379	129	2351	-53	-76	-214	0.0
51-10-28	8:33:28	1	154	2546	160	2652	158	2624	202	2593	-03	92	-143	0.6
		2	75	90	28	100	26	78	27	60	1.3	24	31	4.5
		3	0.17		0.17		0.16		0.13		-487	0.26	-0.21	7.57
		4	214	2922	209	3177	224	2922	261	2920	43	167	-07	288
		5	7.1	2139	56	2202	106	2372	104	2329	-59	-21	-209	0.0
51-10-28	9:00	1	141	2501	147	2604	161	2580	207	2559	-03	90	-125	1.5
		2	29	102	30	103	29	77	28	62	1.5	22	37	6.7
		3	0.21		0.21		0.18		0.14		-596	0.25	-0.30	4.54
		4	216	2795	231	2922	235	2922	266	2817	5.5	153	-2.2	5.47
		5	6.6	2075	52	1991	96	2751	82	1842	-48	07	-214	0.0
51-10-28	9:40	1	152	2480	161	2583	189	2554	245	2551	-01	104	-128	20
		2	29	104	26	98	27	65	24	51	1.6	29	34	7.4
		3	0.19		0.16		0.14		0.09		-1228	0.28	-0.26	3.76
		4	212	3261	224	3028	252	2795	301	2388	60	172	-07	76.0
		5	4.5	2054	94	2245	115	2329	158	2351	-66	-45	-209	185
51-10-28	10:00	1	142	2500	149	2608	175	2584	229	2555	0.0	92	-125	2.3
		2	29	101	33	104	28	71	24	53	1.6	28	34	6.8
		3	0.21		0.22		0.16		0.10		-19984	0.30	-0.27	2.6
		4	233	2986	231	3177	242	2965	285	2732	66	162	-21	5.47
		5	64	2097	61	2245	94	2329	158	2329	-67	-26	-233	0.0

1:Mean, 2:σ, 3:σ/M, 4:max, 5:min

			中央径間区		場より20m 下図より		中央径間区		下図側塔頂		中央径間区			
			風速	風向	風速	風向	風速	風向	風速	風向	鉛直 方向	鉛直 方向	橋軸 方向	傾斜角
51-10-28	10:30	1	162	2525	17.1	263.1	168	259.1	212	256.4	-0.4	10.1	-1.47	
		2	28	96	29	85	30	77	32	62	16	2.6	3.5	
		3	0.17		0.17		0.18		0.15		-4.52	0.26	-0.24	
		4	22.1	2986	23.1	2900	24.2	296.5	280	283.8	5.1	17.2	-0.7	
		5	6.4	196.9	8.5	232.9	7.8	226.6	8.5	213.9	-7.8	-0.3	-2.14	
51-10-28	11:00	1	153	2547	16.3	265.2	185	261.7	228	259.4	-0.3	9.0	-1.43	12
		2	25	95	26	97	26	7.0	20	5.5	1.5	2.5	3.0	5.7
		3	0.16		0.16		0.14		0.09		-5.96	0.27	-0.21	4.88
		4	2.12	2880	2.33	300.7	2.40	298.6	2.80	277.4	4.9	16.7	-3.5	32.0
		5	8.7	222.4	8.7	235.1	12.5	235.1	14.6	232.9	-5.2	1.2	-2.24	0.0
51-10-28	11:30	1	172	259.9	18.3	270.4	18.4	266.3	22.4	261.6	-0.4	9.1	-1.70	0.4
		2	22	75	23	73	26	6.1	2.9	5.9	1.2	2.0	2.6	4.1
		3	0.12		0.12		0.14		0.13		-2.70	0.21	-0.15	10.58
		4	2.19	285.9	2.28	300.7	2.42	285.9	2.73	288.0	6.3	16.7	-3.1	4.26
		5	10.4	224.5	12.2	230.8	11.1	243.5	12.2	216.0	-5.1	1.7	-2.28	0.0
51-10-28	12:01	1	162	257.3	16.9	268.0	16.0	264.5	2.17	260.7	-0.3	9.1	-1.56	0.8
		2	26	88	26	88	26	8.3	26	6.3	1.4	2.4	3.1	5.1
		3	0.16		0.15		0.16		0.12		-4.14	0.26	-0.20	6.18
		4	2.12	283.8	2.31	298.6	2.35	298.6	2.73	292.2	4.7	16.7	-1.7	38.7
		5	9.2	220.2	9.9	232.9	8.9	239.3	11.3	241.4	-4.8	0.7	-2.33	0.0
51-10-28	13:00	1	15.9	257.6	16.9	268.5	16.8	264.2	2.20	260.5	-0.4	8.9	-1.55	0.6
		2	2.5	83	2.4	80	2.4	7.1	2.4	5.7	1.2	2.3	2.7	4.4
		3	0.15		0.14		0.15		0.11		-3.17	0.25	-0.18	7.94
		4	22.1	283.8	21.88	298.6	22.1	294.4	26.8	281.7	5.1	16.2	-4.9	26.49
		5	9.9	222.4	10.8	230.8	8.6	230.8	13.6	232.9	-4.5	1.7	-2.24	0.0

1:Mean, 2:σ, 3:σ/M, 4:max, 5:min

表 - 7 応 答 の 測 定 結 果

時 刻		中央径間 1/4 加速度			中央径間 1/4 加速度			中央径間 1/4 変位		
		鉛 直 たわみ	水 平 たわみ	ねじれ	鉛 直 たわみ	水 平 たわみ	ねじれ	鉛直1	鉛直2	水平1
51- 2- 5	11:42	1	15	02	02	58	0.2	1305	1337	-606
		2	16	1.0	0.0	1.1	0.0	207	275	290
		3	1.0	4.7	0.0	0.2	0.0	02	02	-05
		4	69	2.9	0.2	88	0.2	1577	1576	1718
		5	-50	-2.9	0.2	2.9	0.2	-1263	-1529	-714
51- 2- 5	12:12	1	14	0.4	0.2	5.7	0.2	987	939	-323
		2	28	1.1	0.0	1.2	0.0	540	605	657
		3	2.0	2.9	0.0	0.2	0.0	0.5	0.6	-2.0
		4	88	2.9	0.2	88	0.2	1608	1733	1828
		5	-69	-2.9	0.2	2.9	0.2	-1137	-1404	-1796
51- 2- 5	12:36	1	15	0.4	0.1	5.6	0.2	1089	1040	-381
		2	24	1.2	0.0	1.2	0.0	440	508	574
		3	1.6	3.0	0.0	0.2	0.0	0.4	0.5	-1.5
		4	88	4.9	0.2	88	0.2	1671	1796	1765
		5	-69	-2.9	0.2	1.0	0.2	-1278	-1012	-902
51- 2- 5	13:12	1	14	0.3	0.2	5.4	0.2	1212	1108	-425
		2	1.9	1.0	0.0	1.1	0.0	418	570	532
		3	1.4	3.7	0.0	0.2	0.0	0.4	0.5	-1.3
		4	6.9	2.9	0.2	8.8	0.2	1477	1733	1765
		5	-2.9	-4.9	0.2	1.0	0.2	-996	-1984	1796
51- 2- 5	13:36	1	13	0.3	0.2	5.4	0.2	785	246	290
		2	2.0	1.0	0.0	1.1	0.0	693	701	554
		3	1.5	3.2	0.0	0.2	0.0	0.9	2.9	1.9
		4	8.8	4.9	0.2	10.8	0.2	1639	1733	1765
		5	-6.9	-2.9	0.2	1.0	0.2	-1341	-1984	-1514
51- 2-28	0:13:42	1	20	1.2	0.2	6.9	0.2	1179	1253	-459
		2	1.2	0.8	0.0	0.8	0.0	155	157	108
		3	0.6	0.7	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	-0.2
		4	6.9	2.9	0.2	10.8	0.2	1467	1577	792
		5	-2.9	-1.0	0.2	2.9	0.2	-1451	-727	-837
51- 7-19	11:40:02	1	4.2	1.6	0.2	9.0	0.2	94	-120	178
		2	1.9	1.2	0.0	1.9	0.0	576	545	309
		3	0.5	0.7	0.0	0.2	0.0	6.1	-4.5	1.7
		4	8.8	4.9	0.2	12.8	0.2	1984	1984	1890
		5	-2.9	-2.9	0.2	7.9	0.2	-1498	-1984	-1404

1 : Mean , 2 : σ , 3 : σ/M , 4 : max , 5 : min

時 刻			中央径間平均加速度			中央径間平均加速度			中央径間平均変位		
			鉛直 たわみ	水平 たわみ	ねじれ	鉛直 たわみ	水平 たわみ	ねじれ	鉛直1	鉛直2	水平1
51- 7-19	12:34:34	1	5.0	1.9	0.2	95		0.2	-88	-215	216
		2	18	1.0	0.0	15		0.0	283	350	129
		3	0.4	0.6	0.0	0.2		0.0	-32	16	0.6
		4	108	0.5	0.2	14.7		0.2	1984	1984	1796
		5	1.0	-1.0	0.2	4.9		0.2	-1373	-1906	-855
51- 7-19	13:00:00	1	4.9	1.9	0.2	9.6		0.2	-143	-284	197
		2	1.4	1.0	0.0	1.4		0.0	1.2	1.1	1.4
		3	0.3	0.5	0.0	0.1		0.0	-0.1	-0.0	0.1
		4	8.8	4.9	0.2	14.7		0.2	-118	-259	290
		5	9.8	-1.0	0.2	4.9		0.2	-180	-322	165
51- 7-19	6:00:00	1	4.9	1.9	0.2	9.4		0.2	-143	-295	228
		2	2.0	1.1	0.0	1.6		0.0	1.7	1.5	2.0
		3	0.4	0.6	0.0	0.2		0.0	-0.1	-0.1	0.1
		4	108	4.9	0.2	14.7		0.2	-102	-25.9	353
		5	-1.0	-1.0	0.2	4.9		0.2	-180	-337	165
51- 7-19	6:20:00	1	4.8	1.8	0.2	9.4		0.2	-138	-284	200
		2	1.8	1.1	0.0	1.5		0.0	1.5	1.4	2.6
		3	0.4	0.6	0.0	0.2		0.0	-0.1	-0.1	0.1
		4	108	4.9	0.2	14.7		0.2	-102	-243	306
		5	-1.0	-1.0	0.2	4.9		0.2	-196	-337	149
51- 9-13	2:00	1	4.1	0.2	0.2	7.0		0.2	5.9	-1.7	434
		2	4.6	1.8	0.0	3.9		0.0	2.6	2.7	3.4
		3	1.1	7.4	0.0	0.6		0.0	0.5	-1.6	-0.1
		4	18.6	6.9	0.2	20.6		0.2	11.8	5.5	54.1
		5	-10.8	-4.9	0.2	-8.8		0.2	-0.8	-8.6	33.7
51- 9-13	2:10	1	4.0	0.2	0.2	6.9		0.2	5.9	-1.8	44.7
		2	4.4	1.6	0.0	4.4		0.0	2.4	2.5	2.6
		3	1.1	9.6	0.0	0.6		0.0	0.4	-1.4	0.1
		4	16.7	4.9	0.2	20.6		0.2	13.3	5.5	54.1
		5	-0.1	-4.9	0.2	-4.9		0.2	-2.4	-10.2	36.9
51- 9-13	2:20	1	3.9	0.3	0.2	6.9		0.2	6.2	-1.4	41.4
		2	4.7	1.6	0.0	4.1		0.0	2.7	2.8	3.2
		3	1.2	5.6	0.0	0.6		0.0	0.4	-2.0	0.1
		4	20.6	4.9	0.2	18.6		0.2	14.9	7.1	47.8
		5	-10.8	-4.9	0.2	-6.9		0.2	-0.8	-8.6	32.2

1: Mean, 2: σ , 3: σ/M , 4: max, 5: min

時 刻			中央径間 加速度			中央径間 1/4 加速度			中央径間 変位		
			鉛 直 たわみ	水 平 たわみ	ねじれ	鉛 直 たわみ	水 平 たわみ	ねじれ	鉛直 1	鉛直 2	水平 1
51-9-13	2:30	1	40	0.1	0.2	68		0.2	58	-19	436
		2	48	1.7	0.0	42		0.0	28	28	33
		3	12	16.1	0.0	0.6		0.0	0.5	-15	0.1
		4	186	49	0.2	206		0.2	133	7.1	526
		5	-128	-49	0.2	-69		0.2	-24	-86	353
51-9-13	2:40	1	39	0.2	0.2	6.7		0.2	64	-14	480
		2	58	2.1	0.0	52		0.0	34	35	4.7
		3	15	10.6	0.0	0.8		0.0	0.5	-26	0.1
		4	226	69	0.2	245		0.2	165	86	635
		5	-147	-69	0.2	-108		0.2	-39	-118	369
51-9-13	2:50	1	38	0.2	0.2	6.7		0.2	63	-15	465
		2	54	2.0	0.0	4.5		0.0	3.1	3.2	4.1
		3	14	9.7	0.0	0.7		0.0	0.5	-2.1	0.1
		4	226	69	0.2	206		0.2	149	7.1	573
		5	-128	-69	0.2	-69		0.2	-39	-118	353
51-9-13	3:40	1	35	0.0	0.2	7.2		0.2	72	-03	503
		2	75	29	0.0	58		0.0	44	45	7.0
		3	22	85.5	0.0	0.8		0.0	0.6	-132	0.1
		4	324	88	0.2	265		0.2	212	133	714
		5	-206	-108	0.2	-128		0.2	-7.1	-149	322
51-9-13	3:50	1	36	0.2	0.2	7.1		0.2	76	0.2	515
		2	79	3.1	0.0	66		0.0	46	47	6.2
		3	22	202	0.0	0.9		0.0	0.6	275	0.1
		4	343	108	0.2	304		0.2	212	133	682
		5	-265	-108	0.2	-167		0.2	-86	-149	322
51-9-13	4:00	1	37	0.1	0.2	7.1		0.2	67	-1.0	486
		2	105	3.1	0.0	63		0.0	64	65	7.9
		3	28	21.1	1.4	0.9		0.0	1.0	-67	0.2
		4	363	88	0.2	284		0.2	275	212	682
		5	-284	-88	0.2	-128		0.2	-133	-196	228
51-9-13	4:10	1	39	-0.2	0.2	7.1		0.2	63	-14	446
		2	86	35	0.0	68		0.0	54	55	7.7
		3	22	-180	0.0	1.0		0.0	0.9	-39	0.2
		4	324	147	0.2	324		0.2	243	165	698
		5	-226	-108	0.2	-284		0.2	-102	-196	275

1 : Mean , 2 : σ , 3 : σ/M , 4 : max , 5 : min

時 刻			中央径間 加速度			中央径間 加速度			中央径間 変位		
			鉛 直 たねみ	水 平 たねみ	ねじれ	鉛 直 たねみ	水 平 たねみ	ねじれ	鉛直1	鉛直2	水平1
51-9-13	4:20	1	39	-03	0.2	7.1		0.2	62	-14	420
		2	106	3.0	0.0	6.7		0.0	66	6.7	7.7
		3	27	-98	0.0	1.0		0.0	1.1	-49	0.2
		4	382	88	0.2	284		0.2	275	212	620
		5	-284	-128	0.2	-167		0.2	-165	-243	212
51-9-13	4:30	1	36	-06	0.2	7.2		0.2	44	-24	237
		2	82	2.1	0.0	5.2		0.0	52	5.0	5.5
		3	23	-34	0.0	0.7		0.0	1.2	-2.1	0.2
		4	265	49	0.2	226		0.2	180	118	353
		5	-167	-69	0.2	-88		0.2	-7.1	-149	118
51-10-28	8:00:00	1	1.3	-15	0.2	5.6		0.2	22.1	129	-78
		2	3.3	1.2	0.0	2.5		0.0	2.5	2.5	2.5
		3	2.6	-7.9	0.0	0.5		0.0	0.1	0.2	-0.3
		4	108	29	0.2	14.7		0.2	27.5	196	-24
		5	-88	-4.9	0.2	-2.9		0.2	14.9	5.5	-14.9
51-10-28	8:33:28	1	12	-14	0.2	5.6		0.2	250	153	-34
		2	25	12	0.0	24		0.0	206	212	64
		3	20	-0.8	0.0	0.4		0.0	0.8	1.4	-2.0
		4	88	29	0.2	14.7		0.2	137.3	1388	306
		5	-88	-4.9	0.2	-2.9		0.2	14.9	-2.12	-11.8
51-10-28	9:00:00	1	14	-14	0.2	5.5		0.2	20.6	11.1	-6.8
		2	24	1.2	0.0	2.9		0.0	2.1	2.2	1.9
		3	1.7	-0.9	0.0	0.5		0.0	0.1	0.2	-0.3
		4	88	29	0.2	14.7		0.2	25.9	16.5	-0.8
		5	-6.9	-4.9	0.2	-2.9		0.2	14.9	3.9	-11.8
51-10-28	9:40:00	1	1.7	-1.7	0.2	5.2		0.2	20.6	10.6	-11.6
		2	3.5	1.3	0.0	3.2		0.0	2.7	2.7	2.7
		3	2.0	-0.8	0.0	0.6		0.0	0.1	0.3	-0.2
		4	128	29	0.2	14.7		0.2	30.6	21.1	-3.9
		5	-88	-4.9	0.2	-6.9		0.2	11.8	0.8	-2.12
51-10-28	10:00:00	1	1.6	-1.7	0.2	5.5		0.2	20.2	10.4	-9.5
		2	3.8	1.2	0.0	3.0		0.0	2.8	2.8	2.6
		3	2.3	-0.7	0.0	0.6		0.0	0.1	0.3	-0.3
		4	14.7	1.0	0.2	14.7		0.2	27.5	18.0	-2.4
		5	-8.8	-6.9	0.2	-6.9		0.2	11.8	2.4	-16.5

1: Mean, 2: σ , 3: σ/M , 4: max, 5: min

45

時 刻			中央 径間 1/2 加速度			中央 径間 1/4 加速度			中央 径間 1/2 変位		
			鉛 直 たねみ	水 平 たねみ	ねじれ	鉛 直 たねみ	水 平 たねみ	ねじれ	鉛直 1	鉛直 2	水平 1
51-10-28	10:30:00	1	17	-16	0.2	54		0.2	219	135	-116
		2	32	1.1	0.0	26		0.0	118	21.1	145
		3	19	-0.7	0.0	05		0.0	05	16	-13
		4	147	10	0.2	128		0.2	808	1310	-24
		5	-88	-49	0.2	-29		0.2	118	-149	-918
51-10-28	11:00:00	1	19	-18	0.2	54		0.2	178	83	-70
		2	28	1.4	0.0	24		0.0	27	28	28
		3	02	-0.8	0.0	04		0.0	02	03	-04
		4	128	29	0.2	128		0.2	243	149	-08
		5	-69	-69	0.2	-29		0.2	86	-24	-149
51-10-28	11:30:00	1	20	-15	0.2	53		0.2	171	77	-44
		2	22	1.2	0.0	2.1		0.0	19	19	14
		3	1.1	-0.8	0.0	04		0.0	0.1	03	-03
		4	88	10	0.2	147		0.2	212	118	-08
		5	-49	-49	0.2	-10		0.2	118	24	-86
51-10-28	12:01:00	1	28	-17	0.2	54		0.2	173	74	-47
		2	24	12	0.0	2.1		0.0	2.1	2.1	26
		3	12	-0.7	0.0	04		0.0	0.1	03	-06
		4	88	10	0.2	128		0.2	228	133	08
		5	-49	-49	0.2	-10		0.2	118	08	-102
51-10-28	13:00:00	1	20	-18	0.2	57		0.2	177	66	-41
		2	24	1.1	0.0	22		0.0	53	2.1	17
		3	12	-06	0.0	04		0.0	03	03	-04
		4	108	10	0.2	147		0.2	620	118	-08
		5	-49	-49	0.2	-10		0.2	102	-08	-86

1 : Mean , 2 : σ , 3 : σ/M , 4 : max , 5 : min

表-8 閘門橋の固有振動数

振動モード	対称性	次数	固有振動数 (Hz)		
			理論値	測定値 ¹⁾	測定値 ²⁾
水平たわみ振動	対称	1	0.102	0.100	0.090
		2	0.418	0.390	0.385
		3	0.639	0.625	—
		4	0.796	0.750	0.745
	逆対称	1	0.331	0.291	—
		2	0.430	0.475	—
		3	0.725	0.720	—
鉛直たわみ振動	対称	1	0.200	0.212	0.210
		2	0.270	0.298	0.290
		3	0.429	—	—
		4	0.528	0.570	0.565
		5	0.914	0.918	0.916
	逆対称	1	0.152	0.180	0.160
		2	0.375	—	—
		3	0.705	0.740	0.735
捩れ	対称	1	0.384	0.387	0.385
		2	0.766	0.717	0.720
	逆対称	1	0.492	0.472	0.470

1) 1974.11.21 4:05

2) 1976.9.13 4:00