

土研資料 - 649

日本道路公団委託

尾道大橋振動測定
及び解析



Aero-12

ST. Section

尾道大橋実橋観測 報告書

昭和46年3月

建設省土木研究所
構造研究室

ま え が き

今年度日本道路公団より委託のあった尾道大橋の実橋観測の結果がまとまったのでここに報告する。

昭和 46 年 3 月

構造研究室

榎 波 義 幸

§ 1. 尾道大橋の実橋観測の目的

尾道大橋が完成してからすでに3年の年月が経とうとしている。尾道水道をひとまたぎしているこの橋は現在でも日本の代表的な橋の一つに挙げられているが着手された段階では我国最初の本格的な斜張橋であったため技術上の種々な問題について検討が加えられた。耐風安定性に関する調査もその一つである。土木工学の分野で耐風設計が重要視されていたのは従来では吊橋にかぎられていたがこれは吊橋が本質的に耐風安定性上の問題を内在しているためではなく吊橋か他の土木構造物に比べ可撓性に富む構造物であるためである。従って一般の構造物でも長大化し可撓性が増せば耐風設計に充分配慮しなければならないのは当然であり従来の桁橋に較べてかなり変形しやすい斜張橋も例外ではありえない。このような観点から尾道大橋の耐風安定性を調べるための風洞実験が実施された。その結果、原設計断面は不適当とされ完成後の尾道大橋にみられるような断面に変更された。この断面の空力特性は(図-1)

- (i) 15~20 m/sの風速範囲で撓み振動の限定振動があらわれる。
- (ii) 45 m/s 前後の風速で撓み振動の発散振動があらわれる。
- (iii) 45~55 m/sの風速範囲で捩り振動の限定振動があらわれる。
- (iv) 80 m/s 前後の風速で捩り振動の発散振動があらわれる。

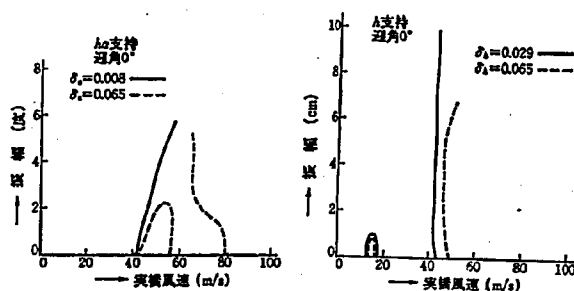


図-1 尾道大橋風速振巾曲線

これらの空力特性は耐風設計上充分なものとは云い難い。特に45 m/s 前後で発現すると予想される撓みの発散振動は風洞実験で観察された結果から考えて自励現象である跳躍振動と思われるがこのような自励振動はひとたび発現するとその振巾は風速と共に増大し遂には構造物を破壊に致らしめる非常に危険な振動である。

また低風速域であらわれた撓みの限定振動は後流中にあらわれる渦列によって強制的にひきおこされる風琴振動と予想されるがその振巾も縮尺どおりに拡大するとすれば実橋では30 cm〔中央径間中央点〕程度になるはずである。このような難点がありながら現設計断面が採用されたのは

- (i) 尾道地方は過去のデータから考えて45 m/s を越える強風が吹く可能性が非常に少ない。
- (ii) 強度的には尾道大橋は50 cm前後の振巾の振動にまで耐えられる。
- (iii) 工程上採用断面以上の手直しが非常に困難である。

と云った理由による。

しかしながら(i)は主として尾道市の近くの松永測候所のデータから推測されたものであり、(ii)にしても実際30 cm程度・振動がかなりの頻度で発現すると云うことは橋の維持管理上からは非常に大きな問題である。また尾道大橋の完成直後に行なわれた振動実験の結果によればその構造減衰は対数減衰率で0.04前後で風洞実験のときに仮定した0.065よりも多小ことなる。

以上のようなことを考慮して尾道大橋・観測計器は以の如き調査を主目的に設置した。

(i) 尾道大橋の架設地点での風向及び風速を測定し架橋地点で 45 m/s を越える風速が発現する可能性について検討する。

(ii) 低風速領域で発現する揺みの限定振動と風洞実験結果との関係を説明する。

(iii) 45 m/s 前後の風速で発現するものと予想される跳躍振動の発現の可能性を追求する。

このうち(ii)は観測の可能性が多いことから目的を達成することもさほど困難ではないし(i)についても時間をかけて風速記録の収集をはかれば技術的には容易である。しかし(iii)については観測の可能性が少ないことから容易に結論は出ないものと思われる。

§ 2. 尾道大橋の長期観測計器

尾道大橋にとりつけられた観測計器は風向風速計と振動計に大別できる。風向風速計は3杯型発電式のものが向島側主塔の塔頂と中央区間中央点の橋面上にとりつけられその記録は尾道大橋管理事務所に設置されている自記タ録器に接続されている。この記録器は平時は毎時25mmの速度で記録紙を送っているが風速があらかじめ指定した値を越えると記録紙の送り速度が毎分50mmとなり詳しい記録が得られるようになっている。

一方振動計は長期観測に適した安定性のよい可動線輪型加速度計を橋桁に6台、主塔に2台とりつけその記録はやはり管理事務所におかれている電磁オシログラフに書きこまれるようになっている。この電磁オシログラフは通常は停っているが風速値がある一定値を越え風向風速計の記録器が早送りになると同時に作動して橋の振動記録がとれるようになっている。この他に地震時の尾道大橋の挙動もあわせて記録できるように地盤上にスターと地震計が3成分おかれている。

当初は上記のような構成で長期観測計器が設置されたがその後風速記録の対応が困難であったところから両方の記録器に同期マークを書きこむ装置を昭和44年度にとりつけた。観測計器・ブロックを図-2に配置を図-3に示す。

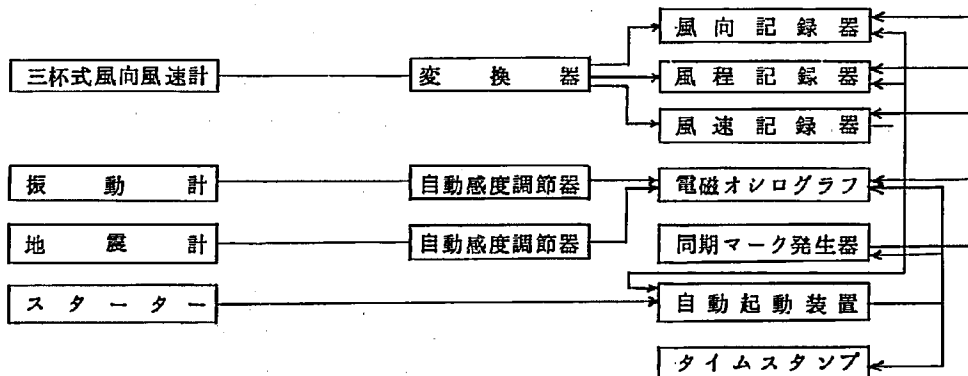
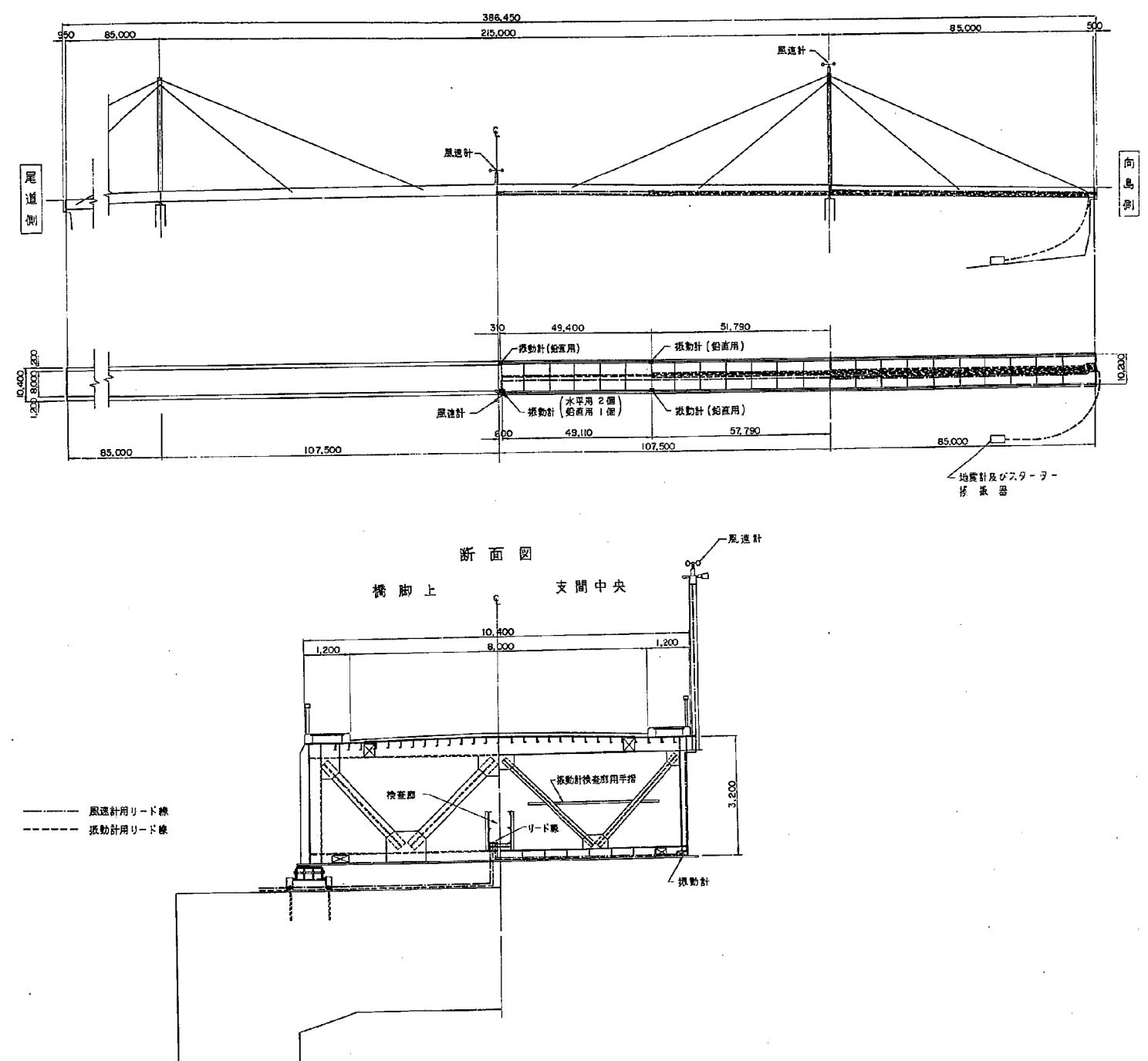


図-2 尾道大橋観測計器ブロック図



§ 3. 現在までの経緯

3-1 昭和43年度の調査結果

昭和44年度の時点では風速の記録と振動記録の時間軸の対応はできなかった。そのため風速の変動と移動と移動振巾の変化を直接対応はできないが何回か得られた記録をとりまとめたものが図-4である。

この図は2分間の平均風速(風速は風向を考慮して橋軸直角方向の成分だけを考えている)とその間に生じた振動の最大振巾の関係を図示したものである。あらわれた振動

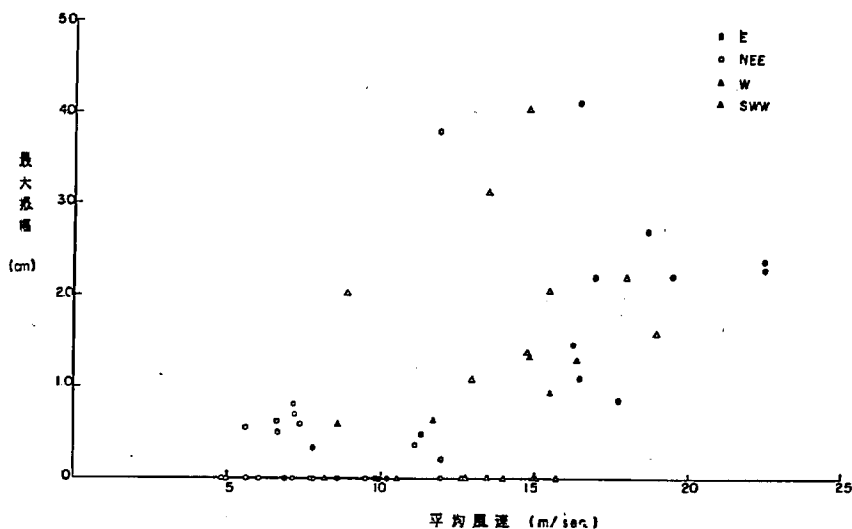


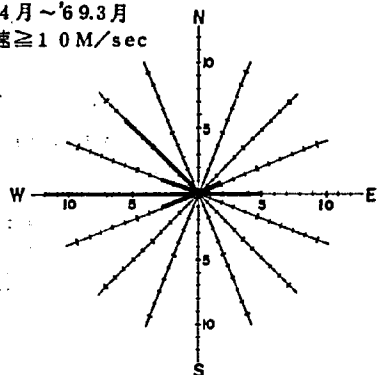
図-4 尾道大橋で観測された振巾と風速

はいずれも振動数が0.59c/s前後であり、この振動数から考えて撓み振動の対称一次振動で、風洞実験で観察された撓みの限定振動に対応するものである。この他にも主塔の面内振動が観測された。

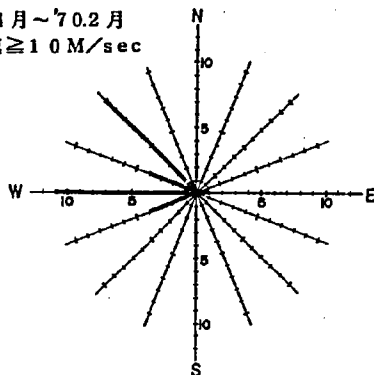
3-2 昭和44年度の調査結果

この年度は観測計器のトラブルと管理体制上の問題から橋の思うような振動が観測されなかった。そのためこの年度では昭和43、44年度の風向風速の記録を整理したその結果を図-5に示す。

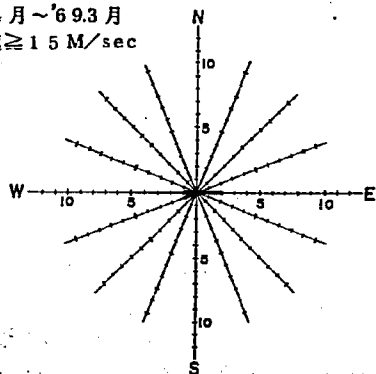
'68.4月~'69.3月
風速 ≥ 10 M/sec



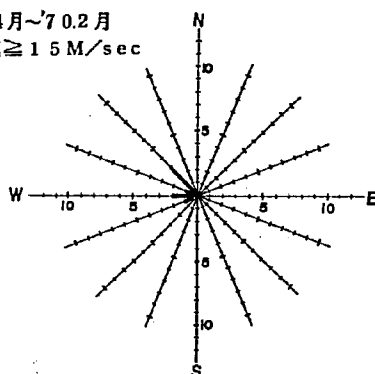
'69.4月~'70.2月
風速 ≥ 10 M/sec



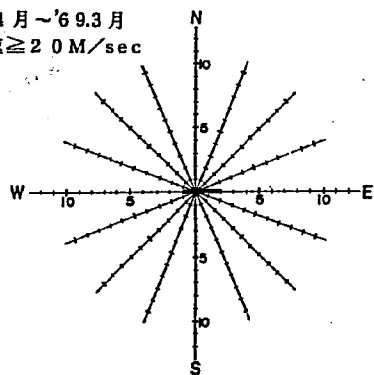
'68.4月~'69.3月
風速 ≥ 15 M/sec



'69.4月~'70.2月
風速 ≥ 15 M/sec



'68.4月~'69.3月
風速 ≥ 20 M/sec



'69.4月~'70.2月
風速 ≥ 20 M/sec

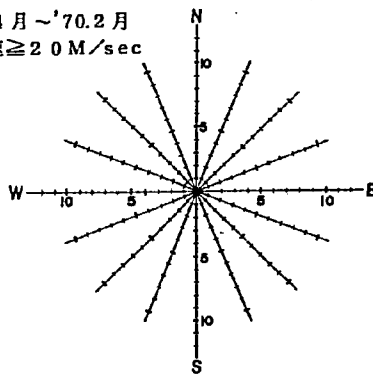
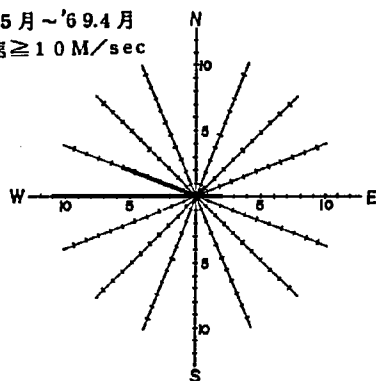
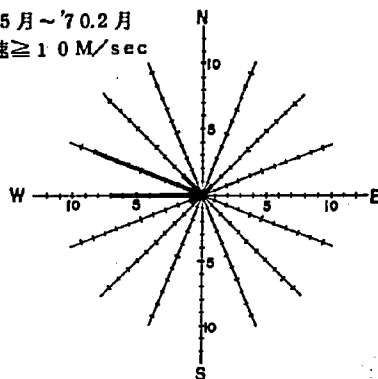


圖-5-1 主塔風配圖

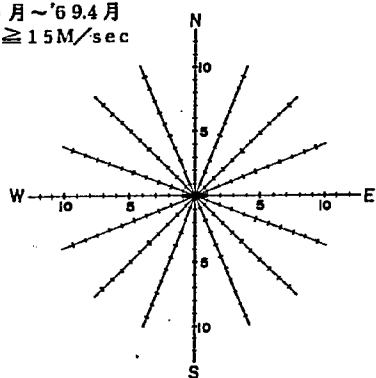
'68.5月~'69.4月
風速 ≥ 10 M/sec



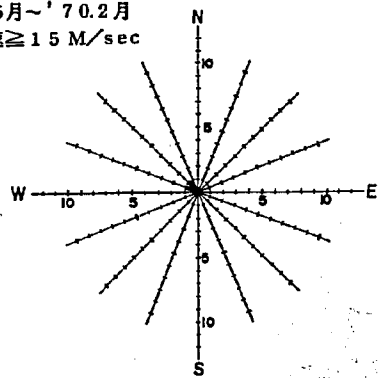
'69.5月~'70.2月
風速 ≥ 10 M/sec



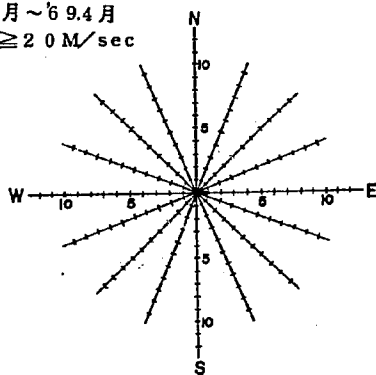
'68.5月~'69.4月
風速 ≥ 15 M/sec



'69.5月~'70.2月
風速 ≥ 15 M/sec



'68.5月~'69.4月
風速 ≥ 20 M/sec



'69.5月~'70.2月
風速 ≥ 20 M/sec

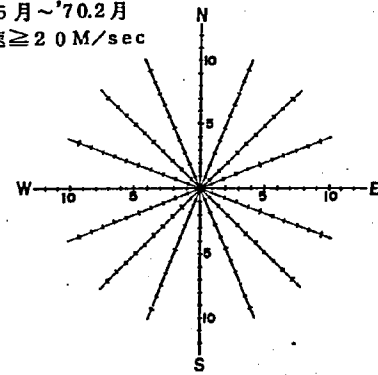
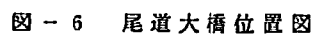


図-5-2 主桁風配図

本年度は観測計器の整備も行なわれ、また尾道大橋管理事務所の御協力もあって12月に入り2回ほぼ完全な記録をとることができた。一つは12月3日の季節風によるもので風速は大体15 m/sec前後である。もう一つは12月15日のやはり季節風によるものでこのときの風速は23 m/s 前後であった。これらの記録は比較的最近送られて来たため詳細な解析は来年度の報告しか間にあらずここでは一次解析の結果を報告できるだけである。



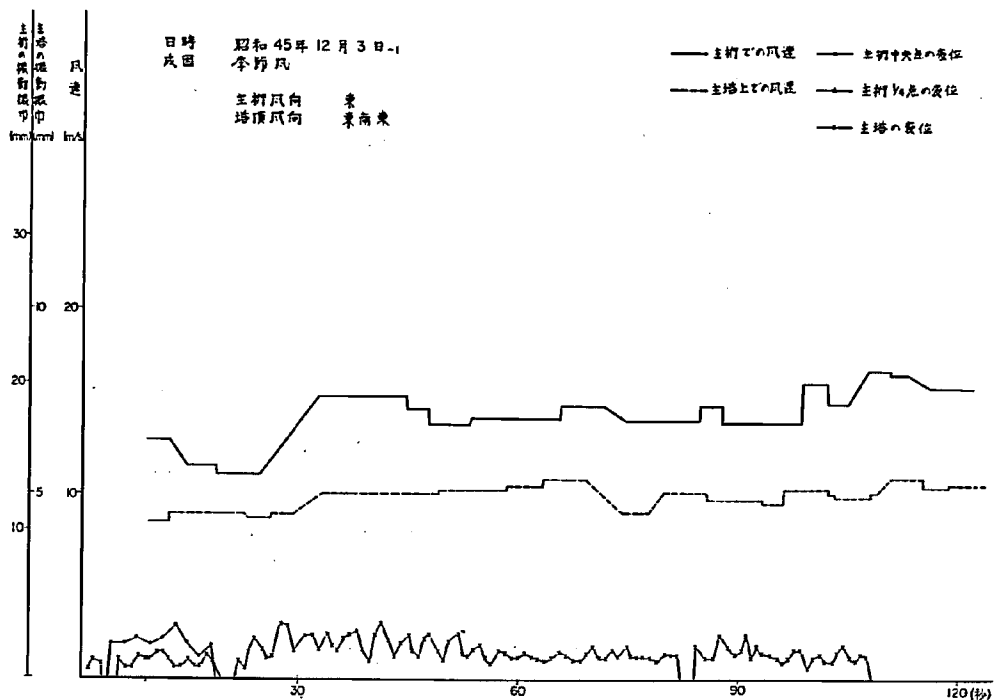


図-7-1

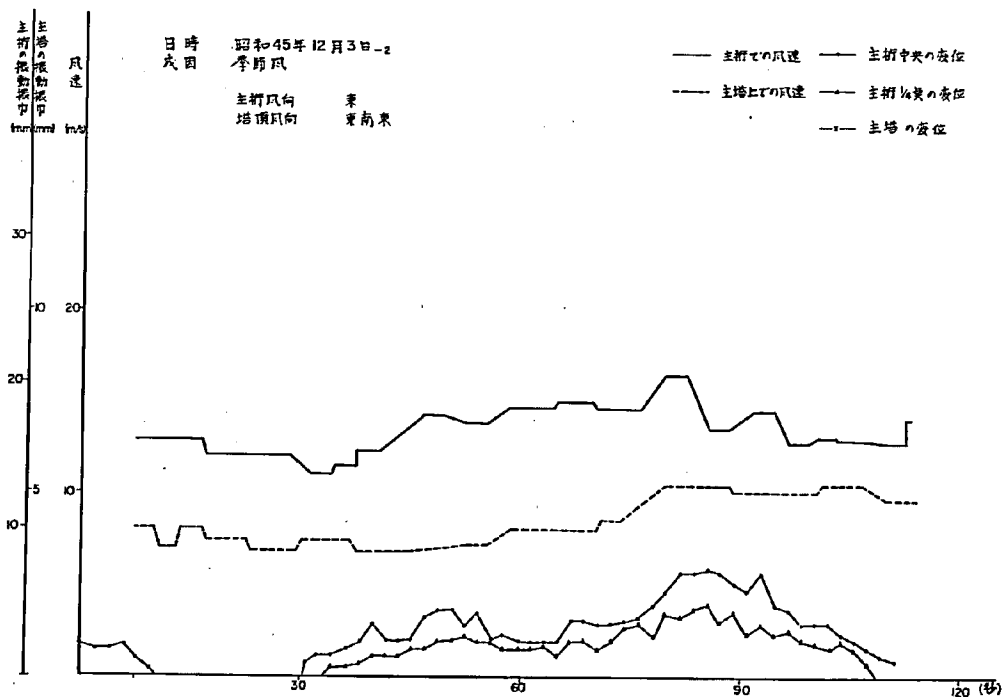


図-7-2

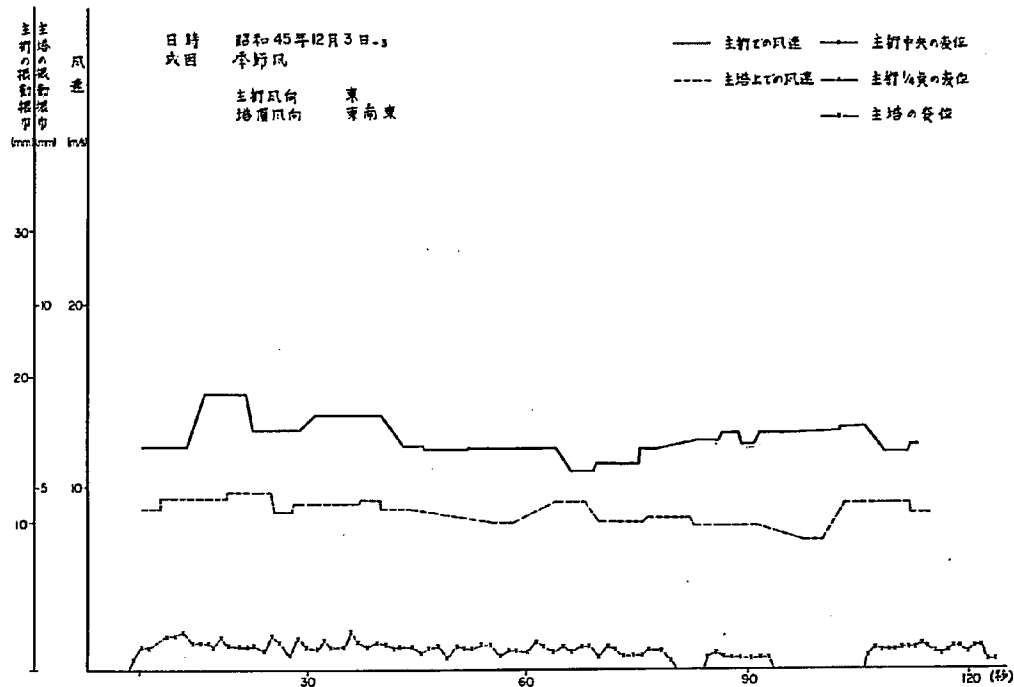


図-7-3

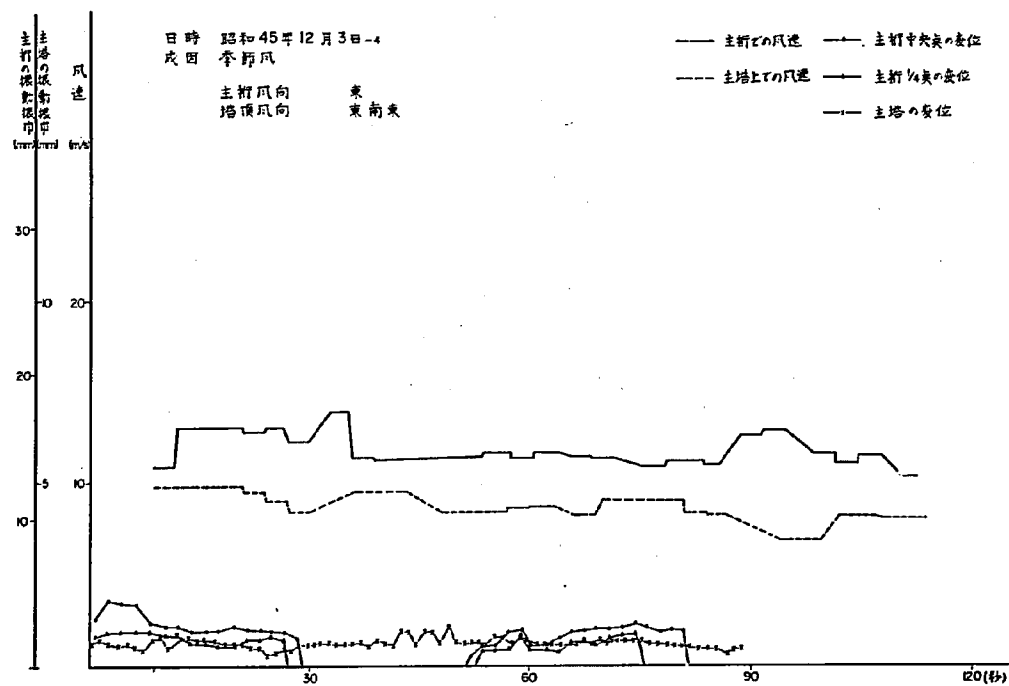


図-7-4

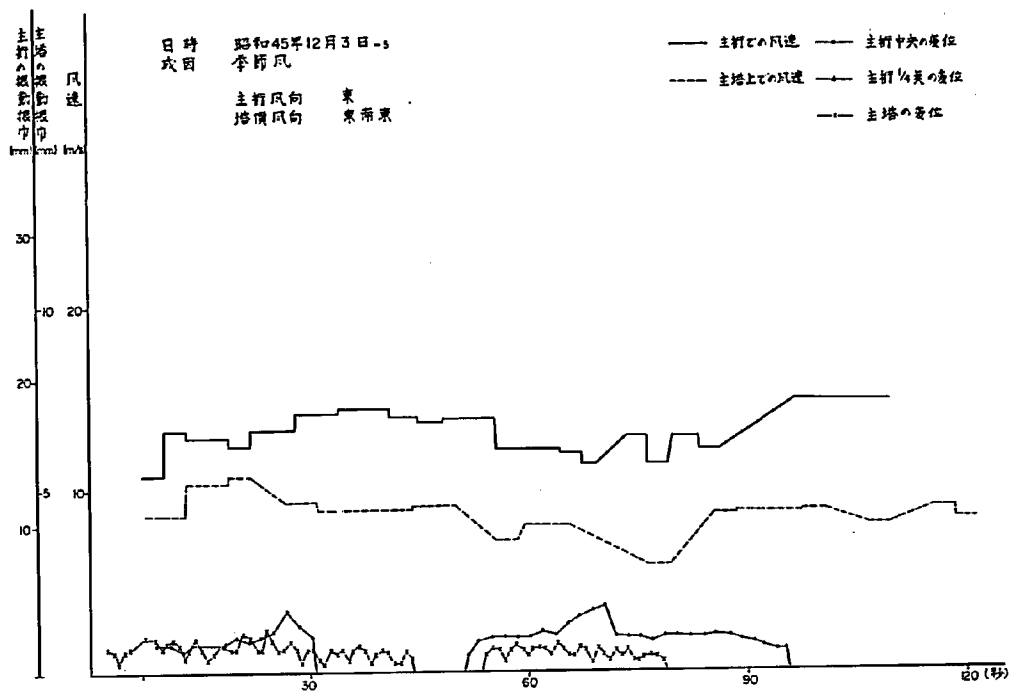


図-7-5

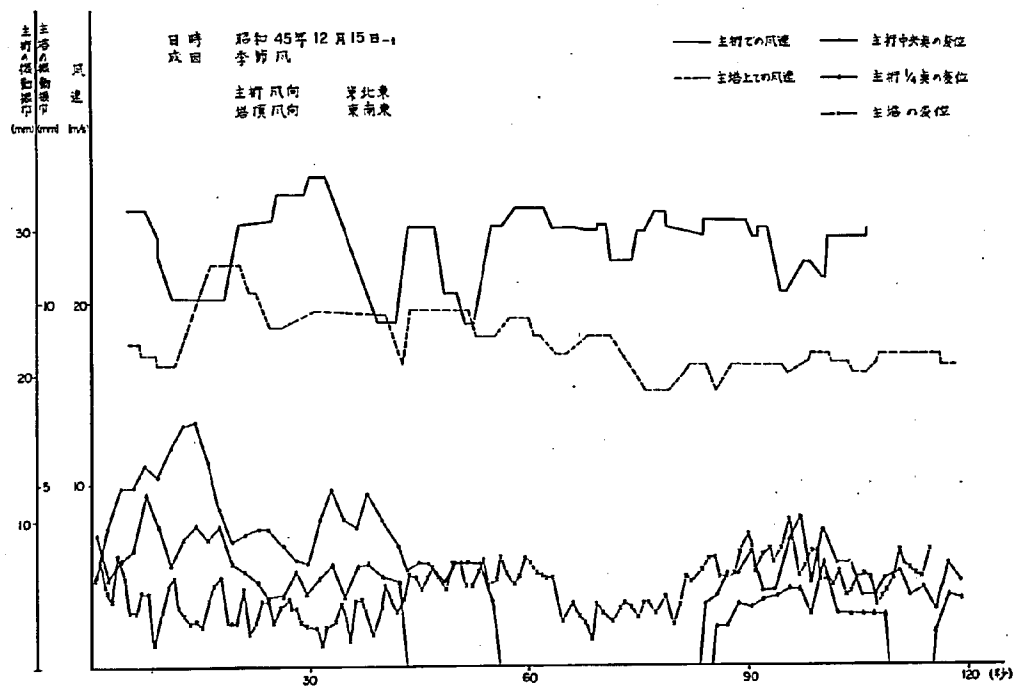


図-7-6

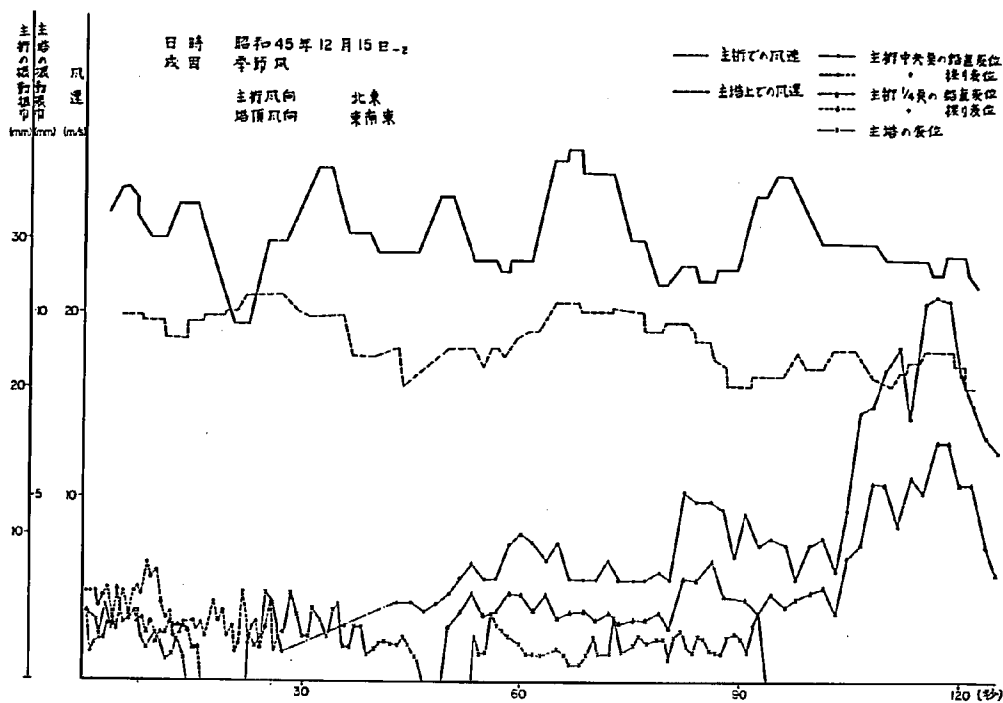


図-7-7

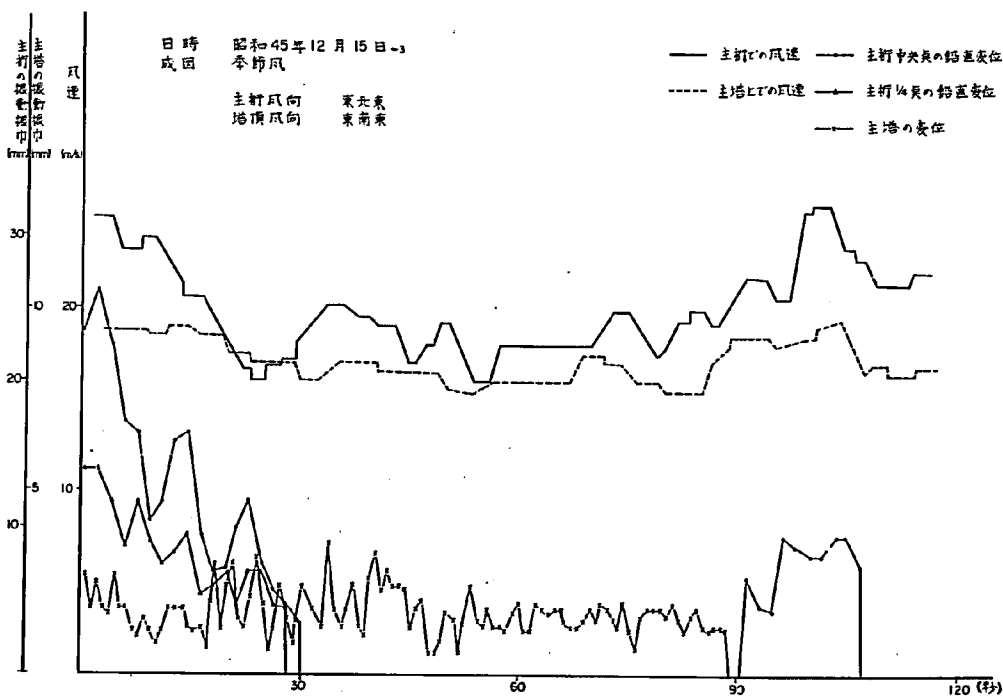


図-7-8

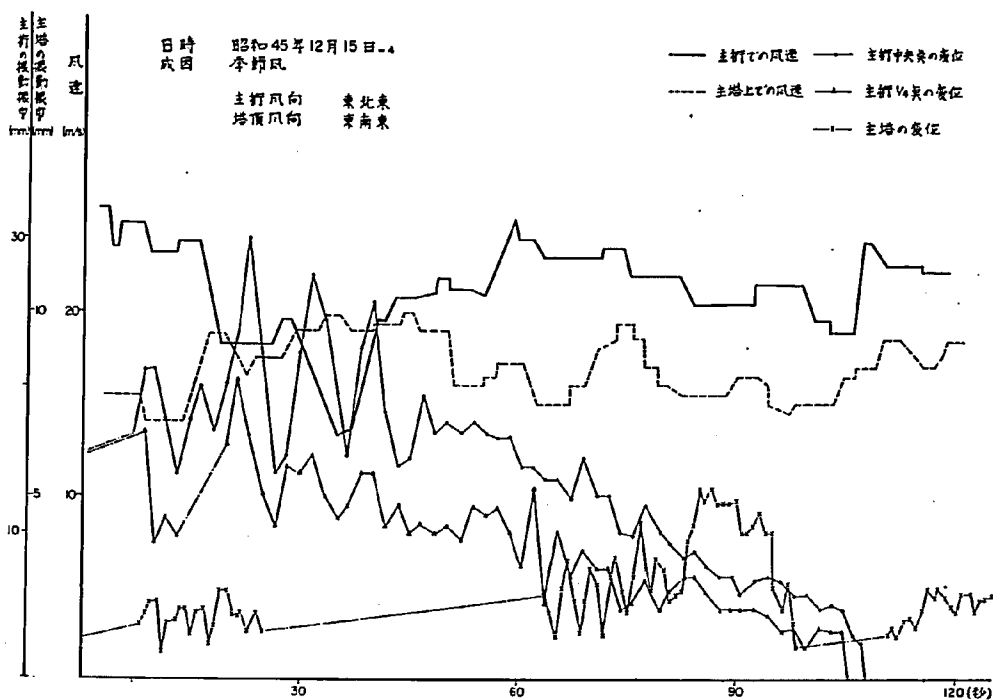


図-7-9

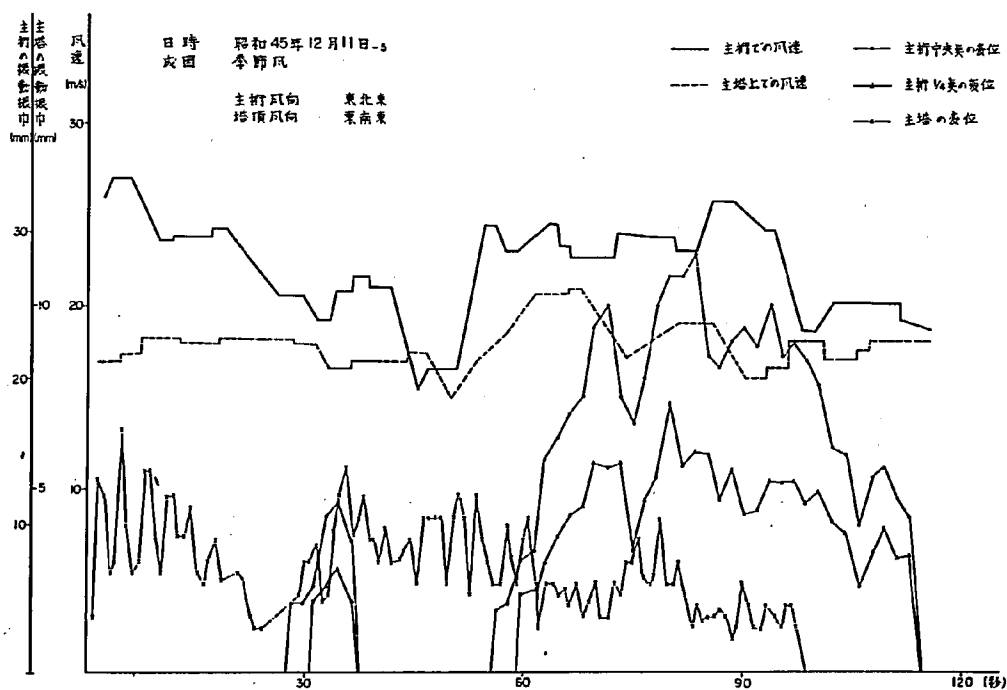


図-7-10

これらの記録は同期マーク発生器からの同期信号によって時間的な対応がつくため風速の変動と振動振巾の変化を一枚の図にあわせて書きこんでみた。これらの結果を図7に示す。参考のために尾道大橋の位置図を図6に示す。

図7の結果からまず驚かされることは向島側主塔々頂の風速が中央径間中央点に較べて低いことである。これは図6からも判るように向島の影響であろうと思われるがこのことから東また東北東の風は橋軸方向には一様でないことが想像される。

次に振動振巾の変化はかなり複雑で単に中央径間中央点の風速変動や平均風速との相関関係だけでは解明の困難なことが容易に想像されよう。

しかし振動振巾の変化に対する風速変動の関係については今後の詳細な解析結果にまつとして今回の観測結果ならびに昭和43年度の結果から一つの結論に対する見とおしができたと云えよう。

なお昭和43年度と同じ整理をほどこした結果を図8に示す。

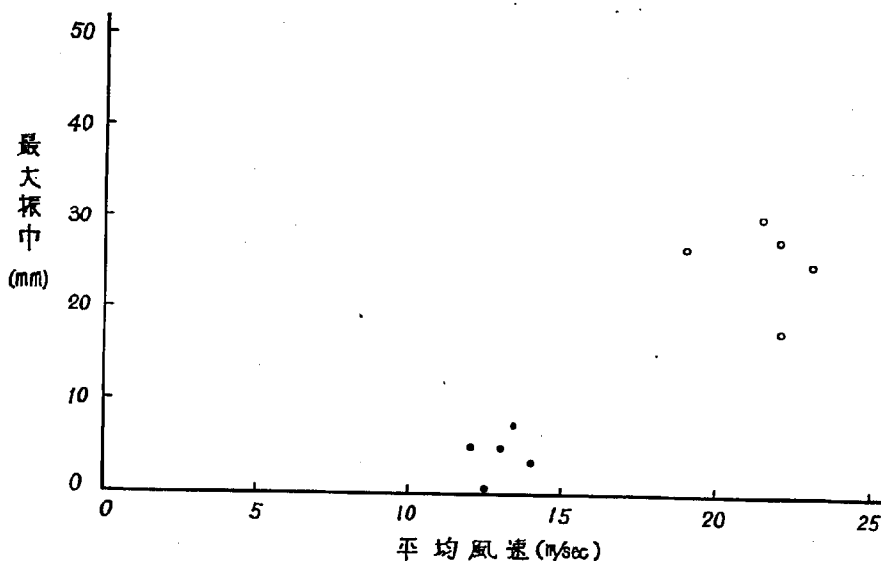


図-8 尾道大橋で観測された風速

§ 5. 結 び

今年度の観測結果をとりまとめてみると

- (i) 撓み振動の限定振動は中央径間中央点での橋軸直角方向の風速成分で $10\text{ m/s} \sim 25\text{ m/s}$ と云う非常に広い風速で観測され風洞模型実験から予想された $15\text{ m/s} \sim 20\text{ m/s}$ と云う風速範囲に較べかなり広い。これらは風速の時間的変動や場所的变化によってみかけ上風速範囲が広がったのではないと思われる。

最終的な結論はあと1, 2年の観測結果をとりまとめてから出さねばならないが、現時点での見通しとしては風洞実験から結論づけられる限定振動の発現する風速の信頼性は充分であろうと思われる。

- (ii) 昭和43年度の調査結果とあわせて考えて尾道大橋で発現する撓みの限定振動は橋の維持管理上問題になるようなものではない。換言すれば撓みの限定振動に関する風洞実験結果はその振巾を縮尺比ではあらわしていない。この原因については風の時間的、質間的变化によるものと考えられるがその相関関係については今後の調査結果を総合して考察しなければならない。

以上の調査から長期実橋観測のうちの「低風速領域で発現する撓みの限定振動と風洞実験結果との関係を解明する」ことについては一応の見通しが得られ、あと1, 2年の観測で結論がつくのではないかと考える。

また「尾道大橋の架設地点での風向及び風速を測定し架橋地点で 45 m/s を越える風速が発現する可能性」についての調査についてはあと数年のデータを集めなければ信頼性に欠ける結果しか得られないから現時点では結論を急ぐべきではないであろう。

残りの「跳躍振動の発現の可能性」については現地の振動観測からだけで結論がみいだせるが否かの見通しは全然たっていない。しかし問題の重要性からみて長年をかけても調査を行なわなければならないことは言をまたない。最後に本調査に種々御協力をいただいた尾道大橋管理事務所の荒牧前所長・岸所長ならびに清水技術助役に感謝いたします。