

I-147 実在吊橋における自然風の作用の一観測例

中央大学 正員 岡内 功 東京大学 正員 伊藤 学
 東京大学 学生員 村田 正信 東京大学 学生員 望月 倫也
 日本鋼管 正員 上野 誠

1. はしがき

この報告で述べる観測の対象とされた金比羅橋は、図-1に示すようにパイプトラスで補剛された吊橋であつて、風荷重の軽減を目的としてパイプトラスが利用されたものである。しかしながら、周知のようにパイプ部材に作用する空気力はレイノルズ数によつて大きく変化し、したがつて実際の場合と異なるレイノルズ数のもとで行なわれる風洞実験では、実橋における風力の作用と正確に捉えることができない。また、実際の場合とレイノルズ数の一致した風洞実験を実施することも風洞設備や模型の關係で甚だ困難である。このような事

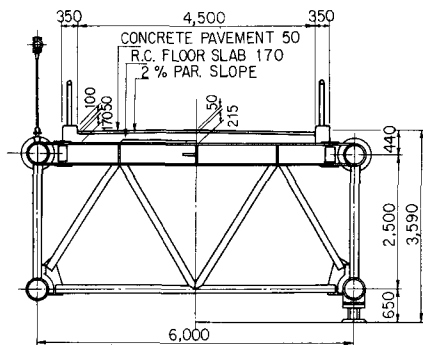


図-1. 金比羅橋横断面

情から、本観測は、実橋そのものが風を受けた時にいかなる挙動を示すかを実測することによつて、この種の吊橋の耐風性を明らかにしようと意図して行なわれたものである。

現在、吊橋の耐風性については各方面で研究が進められているが、その重要課題の一つに張風下における実橋の挙動の実測という内題があり、本観測はその研究の一環として行なわれたものでもある。以下に現在までにまとめられた測定結果を報告する。

2. 測定方法

図-2に示すように、スパンの $\frac{1}{4}$ 点、 $\frac{1}{2}$ 点、 $\frac{3}{4}$ 点を測定点に選り、各点で図示したような諸量の同時測定を行なつた。ここで、測定計器の主なものを挙げれば次のとおりである。

风速、风向：コーシンペーン

振動加速度：低域加速度計

水平横変位：セオドライト

記録器：ペン書オシロスコープデーターレコーダー

実測は、春の強風時期を歴んで、本年の3月下旬に1週間にわたつて行なつたが、その間一応有意義な記録をすることができたのは2回に留まつた。写真-1に測定状況を示すとともに、図-3に測定記録の一部を例示する。

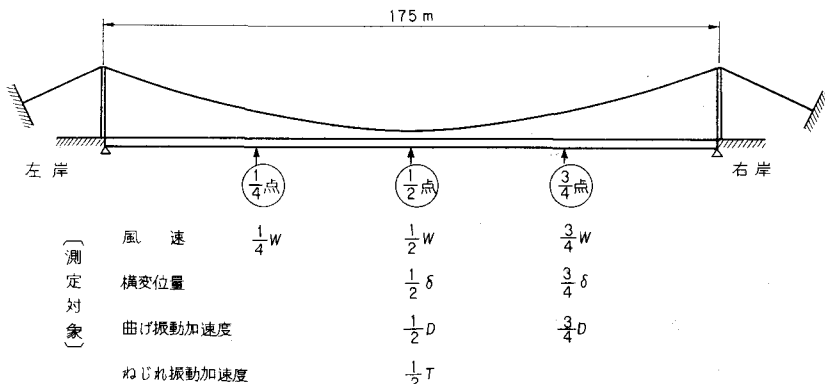


図-2. 測定点及び測定量

3. 風速、風向の測定結果

金比羅橋はほぼ東西方向に橋軸が向いているが、兩岸に崖が迫っているため風は大体南北方向、すなわち橋軸に直角に吹くことが風向計の記録から認められた。ただし、左右に10度内外の振れは常時見うれており、風が吊橋に及ぼす影響を検討する上においてはこの変動についても考慮する必要が認められたが、風速計の性能の関係から今回の資料整理ではこれを無視した。

風速の記録から、最大風速、平均風速、変動風速の二乗平均、ガストファクター、自己相関関数、パワースペクトル等を求めたが、その結果の一部を表-1、および図-4,5にあげる。

ここで、表-1は、各測定矢における風速の500秒間の同時記録から求められたもので、この結果から $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{3}{4}$ 、 $\frac{1}{4}$ 矢の順に風速が大きくなり、また、 $\frac{1}{4}$ 矢の乱れが比較的大きいことが知られる。もちろんこの一つの結果から確定的なことは言えないが、これは風の性状に対する地形の影響を割合よく表わしているようである。

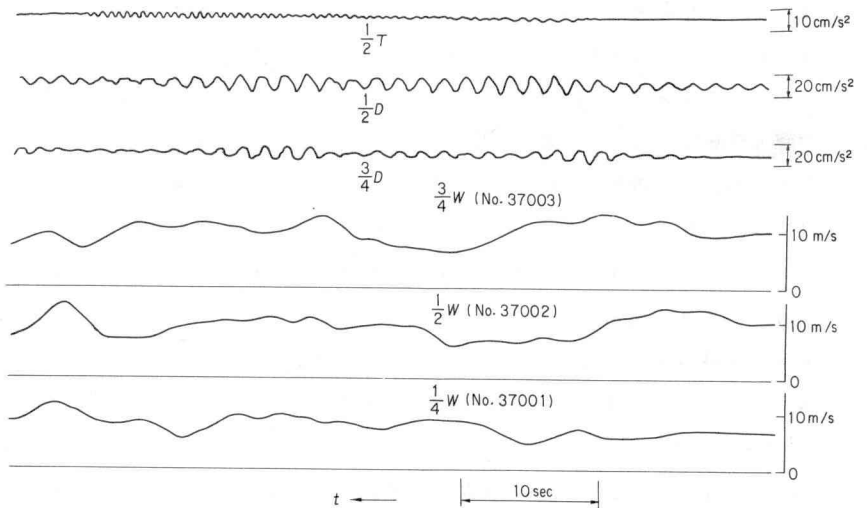


図-3. 測定記録例

図-4は、風速の測定記録から自己相関関数を求め、

それよりパワースペクトルを計算した結果の一例である。さらに図-5は自然風のパワースペクトルに関するDavenportの実験式との比較を試みたものである。これらは、既往の資料と概ね同じ傾向を示すが、細部について検討すると地形の影響などを認めることができる。

4. 横変位量の測定結果

風圧による補剛げたの横変位量は、現在の測定技術では自動的に測定することが困難であったために、30

秒毎に補剛げたに取付けた目標をセオドライトで追って、その振り角を風速と同時に読み取るという

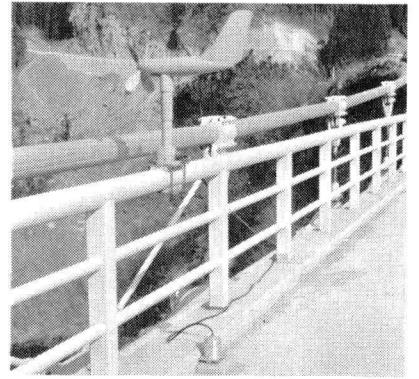


写真-1. 風速・風向計と加速度計

表-1.

記録番号	No. 37001	No. 37002	No. 37003
測定矢	$\frac{1}{4}$ 矢	$\frac{1}{2}$ 矢	$\frac{3}{4}$ 矢
平均風速 $\bar{U}$ (%)	5.4	8.6	7.7
最大風速 U_{max} (%)	11.9	14.0	13.3
変動風速 二乗平均 $\sqrt{u^2}$ (%)	1.92	2.12	1.83
ガストファクター $G_f = \frac{U_{max}}{\bar{U}}$	2.02	1.62	1.73
G_f^*	1.86	1.66	1.65
乱れの強さ $\sqrt{u^2}/\bar{U}$	0.325	0.246	0.238

* G_f は Davenport が与えた式によって計算した値

方法により測定し

た。すなわち、離

散的に測定値をえ

たのであるが、そ

の記録の一部を(図

5)に示す。また、

横変位量と風速の

二乗値の図には一

般線形な関係が示

現される。この両者の資料の回帰直線を最小二乗法により求

めたのが図7である。これより、10m/secの風速に対して1/2乗

の横変位量9.41mm、その標準偏差1.25mmという値をえた。

ところで、横変位量を理論的に計算するには、凡に曝

される面に対する抗力値、上流側部材の下流側部材に対する

遮蔽効果、床版の横方向剛性に対する寄与などをいかに評

価するかが重要な問題となる。この点に關して、表2のよ

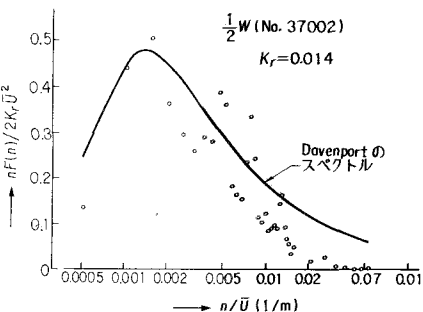


図-5. Davenportの実験式との比較

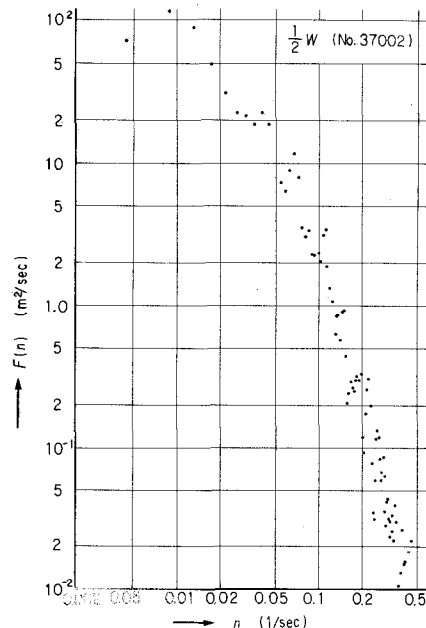


図-6. 風速のパワースペクトル一例

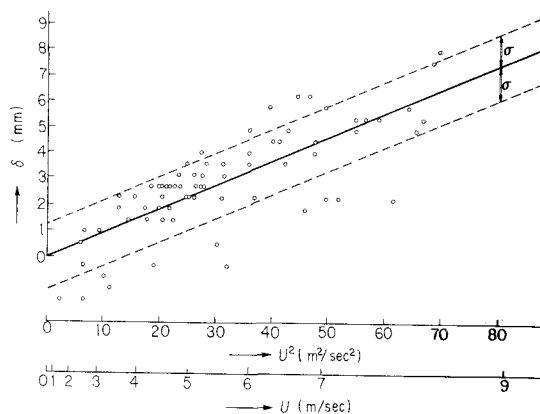


図-7. 横変位量と風速二乗値の回帰直線

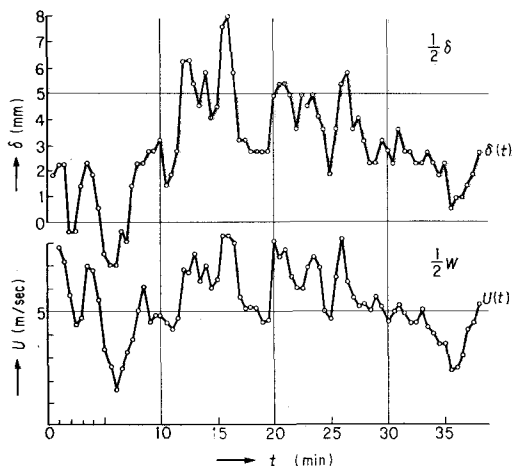


図-8. 横変位量と風速の測定値

うに想定して計算を試みたところ、最右欄のよ

な横変位値がえられた。これらの値を上記の実測

値と比較するとほとんどの計算値が実測値を上回

っており、このことよりパイプトラス部の抗力係

数は通常の長方形部材の場合より小さくつてよ

いと認められる。ただし、これを確認するにはな

お多くの実測例が必要とならう。

表-2

番号	抗力係数 トラス・高橋	ケーブル	遮蔽効果 (下流側部材の加算率)	横方向 曲げ剛性係数	横変位量(風速 10m/sに相当する) 計算値(mm)
1	0.7	1.0	1.0	補剛トラスのみを考慮	12.95
2	0.8	1.0	1.0	同上	14.08
3	0.7	1.0	1.0	床版の横方向曲げ剛性を加算	9.04
4	1.2	1.2	1.0	同上	15.42
5	1.2	1.2	0.5	同上	12.99

5. 風による補剛げたの振動の加速度の測定結果

図-3に示したような風による補剛げたの振動の加速度の記録から、そのスペクトル密度を求めると図-8のような結果がえられた。このスペクトル密度のピーク値に対応する振動数と固有振動数の測定値(建設省土木研究所構造研究室により測定)を比較すると、

表-3のようであり、両者はよく一致している。したがって、今回観測に現れた風による振動は、固有振動数と同じ振動数であることがわかるが、中でも対称一次の曲げ振動が卓越している。しかし、その振幅は加速度の値から推定すると約5〜6 mm/s²であって、多少人体に感ずる程度の微弱なものに過ぎなかった。

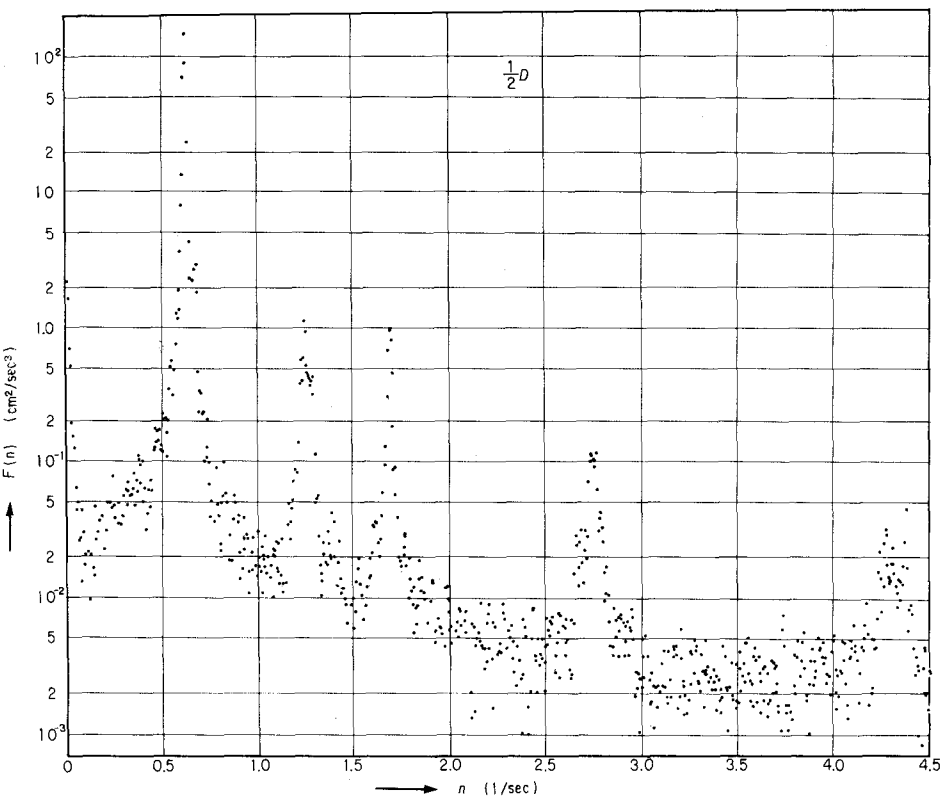


図-8 振動加速度のスペクトル密度

表-3

ピーク	振動数(Hz)	振動数(Hz) (土研報告)	振動形状
1	0.614	0.617	曲げ対称一次
2	1.23	1.21	曲げ対称二次
3	1.68	1.67	ねじれ対称一次
4	2.74	2.67	曲げ対称三次

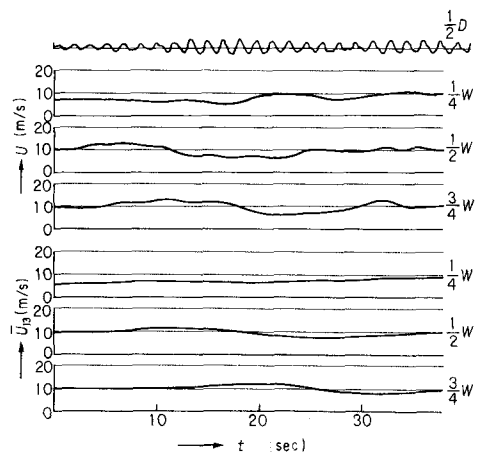


図-9 振動加速度と風速の対比

この振動の発生機構について詳細を明らかにすることは現在のとこ困難であるが、風速の記録と対比すると図-9のようになり、加速度値は同時刻の風速値の大きさより、その時刻前13秒間の平均風速値 $\bar{U}_B$ の大きさの方とよく対応していることがわかって興味深いものがある。

紙数の関係で、以上のごとく簡単に金比羅橋における自然風の作用を観測した結果を述べたが、終りに本観測には東大橋梁研究室及び日本鋼管鋼構造部の方々のご協力を戴いたことと記して謝意を表する。