

豊里大橋に作用する風の構造について

大阪大学工学部 正 小松 定夫

" 正 〇 小林 敏士

" 学 三好 末男

1 はしがき

自然風は時間的にも空間的にも不規則に変動しているため自然風を構造物に作用する外力として評価するには統計的な手段によらなければならない。風速の変動は、乱れの強さ、相関、スペクトル、ガスト、傾角の変動などの統計量で表わされる。それらの値はたとえば相関、スペクトルは風の乱れによる構造物の振動を導き、ガストは構造物に作用する瞬間的な風圧力を与える。また傾角の存在はフラッター限界風速の低減を招き、あるいは低風速において限定振動を発生させることがある。それゆえ自然風の構造を正確に把握する必要がある。自然風の構造を調べたため、豊里大橋において風向、風速の観測を行なった。

2 観測計画

三方向超音波風速計、プロペラ型風速計（エースベン）各1台を豊里大橋の図-1に示す位置に設置した。計器の高さは路面より5.5m、河川敷から約16mの高さである。

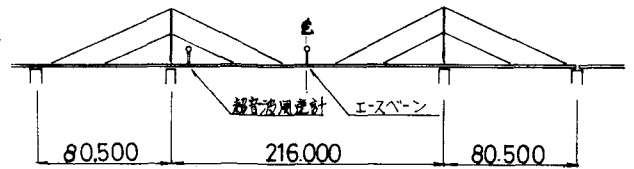


図-1 風速計の配置

風向風速は15分間単位に磁気テープに記録した。解析は10分間の記録を1秒毎に読みとって行なった。

スペクトルの計算ではさらに80秒間の記録を0.13秒毎に読みとって解析を行ない約4%までのスペクトルを得た。

3 解析結果

70年11月から71年2月にわたって観測された季節風に対し解析を行なった。表-1に観測値の一覧を示す。表中U、Aはそれぞれ超音波、エースベンを表わす。

i) 乱れの強さ; $\sqrt{u}/U$, $\sqrt{v}/U$ はそれぞれ風速の水平成分、鉛直成分の乱れの強さを表わす。水平成分の乱れの強さはほぼ0.2前後の値を示している。他の観測例と同じくらいの値である。鉛直成分の乱れの強さは水平成分のそれに比べ小さく1/4くらいである。塩谷によつてその比は1/2くらいであるが、これは観測点の差によるものではないかと思われる。

Run	風速計	平均風速 U m/s	乱れの強さ	
			$\sqrt{u}/U$	$\sqrt{v}/U$
1	U	9.9	0.28	0.10
	A	9.7	0.22	—
2	U	12.6	0.24	0.08
	A	12.3	0.14	—
3	U	12.8	0.20	0.08
	A	13.1	0.11	—
4	U	10.8	0.19	0.08
	A	11.0	0.16	—
5	U	9.6	0.21	0.08
	A	8.3	0.23	—
6	U	7.2	0.18	0.07
	A	7.2	0.16	—
7	U	11.5	0.15	0.06
	A	11.4	0.15	—

表-1 観測値一覧表

ii) 自己相関, パワースペクトル;
 Tukey²⁾の方法により風速の自己相関,
 パワースペクトルを計算した。図-2,
 3の結果を示す。水平成分はかな
 り長時間相関があるが鉛直成分は急激に
 0に近づく。これらは塩谷らの観測結
 果と一致している。パワースペクトル
 密度函数を変動の二乗平均で除したも
 のを縦軸にとりプロットし図-3を得た。水
 平成分のスペクトルについては, 0.5%以下では
 超音波によるものとエースペーンによるものと
 一致しているが, 0.5%以上ではエースペーン
 による値は小さくなっている。プロペラ型風
 速計では高周波の風速変動に追従しないからで
 ある。鉛直成分のスペクトルは水平成分のそ
 れに比べ, 高周波側では高く, 低周波側では低
 くなっている。水平成分に比べ規模の小さい
 変動が多いといえる。それぞれの観測値と
 Davenport, 日野の式³⁾で $K_r=0.015$, $\Sigma=15^m$ とし
 たときの値を比較的良好に合っている。

iii) ガストファクター: 風速のガストファクター
 の計算に先立って, 変動風速の分布を調べてみ
 ると図-4に示すように確率纸上で直線となり
 正規分布していることがわかる。

ガストファクターは風速の評価時間によ
 って変わる。スペクトル(%)
 を用いてガストファク
 ターを求め, 評価時間に対
 してプロットすると図-5
 のようになる。Daven-
 port, 日野の式³⁾による値
 と比較すると勾配がかな
 り異なる。超音波によ
 る値の方がエースペーン
 による値より約10%ほ
 ど大である。

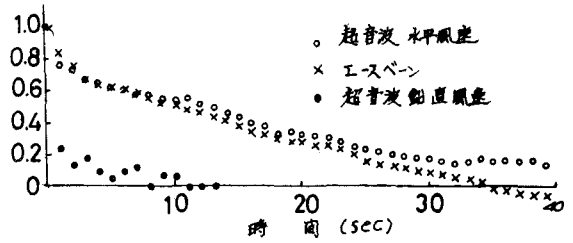


図-2 自己相関係数

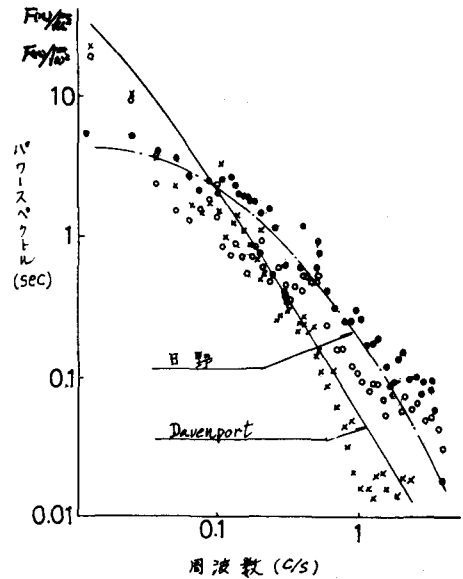


図-3 パワースペクトル密度函数

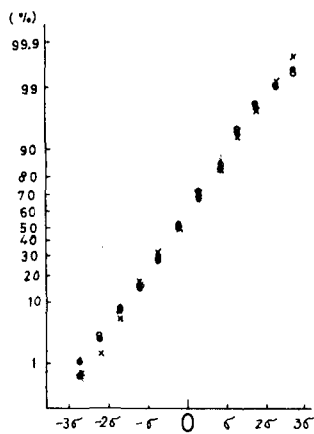


図-4 変動風速の分布

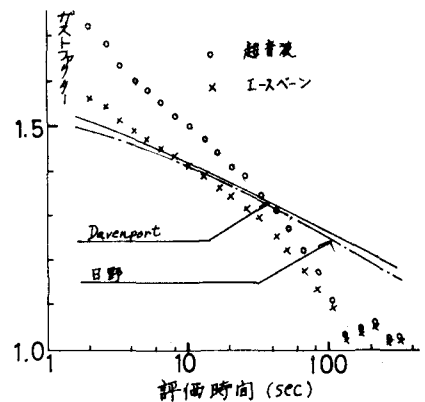


図-5 ガストファクターと評価時間

iv) 風の傾角; 風の傾角は風速の水平成分 U と鉛直成分 Z を用い $\alpha = \tan^{-1} Z/U$ で表わされる。一般に $Z/U \ll 1$ であるので $\alpha \approx Z/U$ となり傾角と鉛直成分とは同じ性質を有すると考えてよい。傾角は鉛直成分と同様の点まわりに変動している。その大きさは評価時間によって変化する。前のガストファクターを求めたのと同様の手法で傾角の最大値、標準偏差を求めて評価時間に対しプロットしたものが図-6 である。傾角の最大値は瞬時的には 20° を越すが、標準偏差はせいぜい 7° 程度である。また評価時間を数十秒にとると傾角は最大値でも 1° に達しないようである。Panofsky & Milorink のスペクトルを用いて石崎・光田⁴⁾が求めた式と比較するとよく合っていることがわかる。

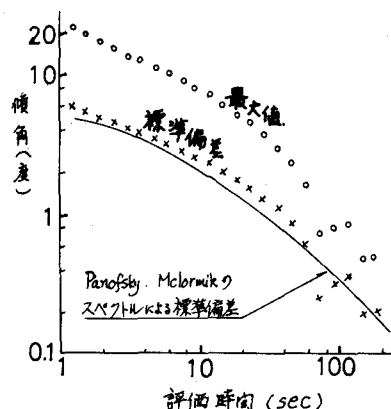


図-6 傾角と評価時間

4 あとがき

豊里大橋における風向風速の記録を解析して以上のような結果を得た。得られた記録がまだ少なく、風速範囲もせまいため、各々の統計量の風速、風向による比較をすることはできなかった。相関、スペクトル、傾角等の値は既往の実測値とよく一致していた。

豊里大橋は傾角を有する風(吹上げ)によってフラッター-限界風速が低下し、また低風速で限定振動を発生すると言われたが、そのような振動を十分発達させるような継続時間を有する傾角をもった風は、現在までの観測記録には存在しなかった。

応答性の良い超音波風速計の使用により、プロペラ型風速計を用いた場合に比べてより高周波のスペクトルを得ることができた。またガストファクターは約 10% ほど高めの値が現われた。

参考文献

- 1) 塩谷正雄「暴風時における突風の構造」その 1, その 2, その 3 1968, 日大生学工学部
- 2) Blackman, R.B, Tukey, J.W. "The measurement of power spectra from the point of view of communication engineering" 1958, Bell. System. Tech. J. 37
- 3) 本州四国連絡橋技術調査委員会「本州四国連絡橋技術調査第 1 次報告書・耐風設計指針・解説」1964
- 4) 石崎・光田「明石海峡連絡橋の設計風圧に関する調査研究」1968 調査月報昭43.7 No. 47.
- 5) 日野幹雄「瞬間最大値と評価時間の関係—とくに突風率について—」1965 土木学会論文集 No. 177