

北港連絡橋の架設地域における自然風の特性

大阪大学大学院 学生員○猫本善統 大阪市土木局 正員 松川昭夫
 大阪大学工学部 正員 小松定夫 大阪大学工学部 正員 川谷充郎
 立命館大学理工学部 正員 小林紘士

1. 序論 北港連絡橋の耐風設計の観点から、架設地域における自然風観測¹⁾により、水平方向乱流構造を明らかにすることを本研究の目的とする。橋梁への影響の大きい橋軸方向およびその近くの風について、風速の水平成分のみならず鉛直成分の変動特性を、自己相関関数、空間相関関数およびパワースペクトルなどを求めることにより明らかにする。

2. 観測方法 風速計は風速の鉛直成分をも精度良く測定し得る 3方向超音波風速計を 4台用いた。風速計をすでに完成している橋脚上の 15-23.5m上空(OP+44m)に設置した。その設置位置は、橋軸直角方向近傍の風の観測値に橋脚の影響の十分小さいことを確認して決定した。²⁾ 北港連絡橋の橋軸は東西方向から時計回りに $2^{\circ} 57'$ ずれているが、風向は橋軸方向を E-Wとし、橋軸直角方向を N-Sとした。サンプリング周波数 2.5Hzで得られた 640秒のデータを用いて解析した。

3. 乱流構造 これまでに得られた風速計 No.1-4 の同時観測記録の内、橋軸直角方向に近い風向、すなわち北風と南風に関する乱流特性について以下に明らかにする。

(1) 乱れの強さ 風速の水平成分および鉛直成分について、それぞれ乱れ強さ $\sigma_u / \bar{U}$ 、 $\sigma_w / \bar{U}$ を求めた。表-1は、北風(68ケース)、南風(20ケース)についての乱れ強度と、乱れ強度の比 σ_w / σ_u を示したものである。風速によるそれらの変化はみられなかった。乱れの強さは、陸から吹く北風が海からの南風に比較し強くなっている。乱れ強度の比は平均値で北風が 0.57、南風が 0.67 と南風の方が大きくなっているが、どちらも超音波風速計を用いて鉛直成分を測定した実測例³⁾の値 0.61 と同程度である。

(2) 自己相関係数および乱れのスケール 平均流方向の乱れの空間スケール $L_{x,u}$ (水平成分) および $L_{x,w}$ (鉛直成分) は、Taylorの乱れの凍結に関する仮説に基づいて、自己相関係数より求めることができる。

表-1 乱れの強さ

Turbulence Intensity Wind Direction	$\sigma_u / \bar{U}$ (%)		$\sigma_w / \bar{U}$ (%)		σ_w / σ_u (%)	
	Min. and Max.	Mean	Min. and Max.	Mean	Min. and Max.	Mean
North	7.3 ~ 22.3	13.7	4.3 ~ 11.5	8.0	0.42 ~ 0.72	0.57
South	5.4 ~ 9.3	7.8	3.0 ~ 6.3	5.1	0.54 ~ 0.77	0.67

表-2 乱れのスケール

Turbulence Scale Wind Direction	$L_{x,u}$ (m)		$L_{x,w}$ (m)		$L_{y,u}$ (m)		$L_{y,w}$ (m)	
	Min. and Max.	Mean	Min. and Max.	Mean	Min. and Max.	Mean	Min. and Max.	Mean
North	91 ~ 361	208	21 ~ 164	48	28 ~ 244	106	10 ~ 24	16
South	24 ~ 209	70	8 ~ 35	13	22 ~ 79	58	4 ~ 9	7

水平成分と鉛直成分どちらについても空間スケールは南風に比較して北風が大きく約3~4倍の値を示している。

(3)空間相関係数および乱れのスケール 風速の水平成分および鉛直成分についての水平横方向の相互相関係数 $R_u(\eta, \tau)$ 、 $R_w(\eta, \tau)$ を求め、 $\tau=0$ における値を距離 η を横軸にとって空間相関係数の図を作成した。そのいくつかの例を重ねてを図-1に示す。図中の曲線は、最小二乗法により指数関数 $R_u(\eta) = \exp(-\eta/L_{y,u})$ (水平成分の場合) で近似したものである。 $R_u(\eta)$ 、 $R_w(\eta)$ を η について積分すると、水平横方向の乱れのスケールが求められる。それらのスケールを表-2に加えて掲げる(北風は17ケース、南風は5ケース)。 $L_{y,u}$ 、 $L_{y,w}$ は北風の方が南風に比べて約2倍の値を示しているが、ばらつきが目立ち、 $L_{y,u}$ については最小値は最大値の1/10となっている。

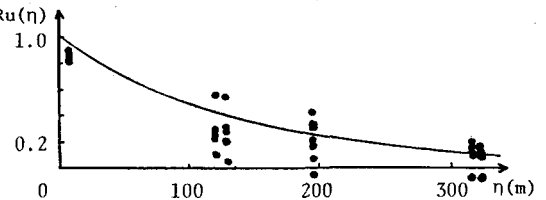


図-1 空間相関係数(水平成分)

(4)パワースペクトル 風速の水平成分および鉛直成分についてのパワースペクトルを求める。4台の風速計の測定値より得られたパワースペクトルに大きな差異はなかったので、一つの風速計の測定結果を図-2に示す。これらの図の縦軸は、対数パワースペクトル $nS_u(n)$ を風速変動の分散で除した基準化パワースペクトル $nS_u(n)/\bar{u}^2$ (鉛直成分の場合： $nS_w(n)/\bar{w}^2$) として表している。図中の曲線は、これまでに提案されている主な実験式および理論式である。⁴⁾

風速の水平成分について、Davenportの実験式を実測された基準化パワースペクトルに合うためには、粗度係数は北風、南風ともに $K = 0.002 \sim 0.0035$ となった。

風速の鉛直成分について、従来 Panofsky & McCormick の式がよく用いられてきたが、これ

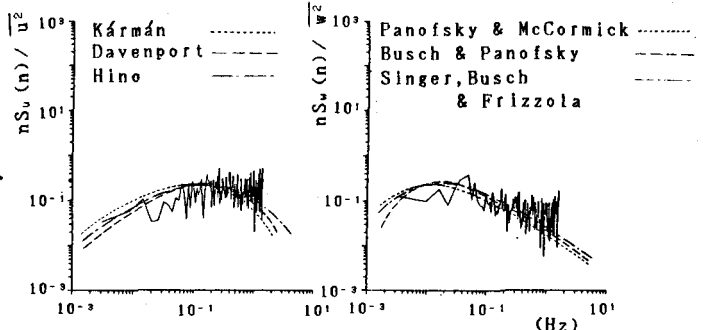


図-2 基準化パワースペクトル(水平成分, 鉛直成分)

よりも式中のパラメータ X_p を変えることにより、実測値と合うスペクトルを得ることのできる Busch & Panofsky の式あるいは Singer, Busch & Frizzola の式の方が便利であり、前者の方が測定された基準化パワースペクトルと良く合った。 X_p の値は、北風では0.35、南風では0.40となり南風の方が少し大きくなったが、過去の実測例⁴⁾ 0.30~0.35とほぼ同程度である。

参考文献 1) 川谷・小松・小林・亀井：土木学会第39回年講, I-308, 1984. 10. 2) 小松・小林・川谷・亀井・日下：関西支部年講, I-68, 1983. 5. 3) 甲斐：第7回風工学シンポジウム論文集, pp. 23-30, 1982. 12. 4) 塩谷：構造物の耐風性に関する第3回シンポジウム論文集, pp. 9-18, 1974. 12.