

## I-308

## 大阪北港における自然風の乱流特性

大阪大学大学院 学生員○猫本善統 立命館大学理工学部 正員 小林紘士  
 大阪産業大学工学部 正員 小松定夫 大阪大学工学部 正員 川谷充郎  
 大阪市土木局 正員 亀井正博

1. 序論 昭和58年より約2年半にわたり、大阪北港において自然風の観測を行なった。観測データを解析して強風の乱流特性を明らかにする。風速の水平成分のみならず鉛直成分の変動特性を、乱れの強さ、乱れのスケール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。風速計を橋脚上の15-23.5m上空(OP+44m)に設置した(図-1)。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。<sup>2)</sup> サンプリング周波数 2.5Hzで得られた640秒間のデータと、同じく20Hzで得られた608秒間のデータを用いて解析した。

3. 乱流構造 (1)強風の風向と風速 自動起動装置によって強風時の4測点における同時観測を行った。得られたデータの風向、風速の4測点における平均値を図-2に示す。

(2)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 $\sigma_u / \bar{U}$ 、 $\sigma_w / \bar{U}$ を求めて図-3に示す。風速によるそれらの変化はみられなかった。水平成分の乱れ強度の平均は北風、南風、西風においてそれぞれ13.7, 7.8, 10.8%であり、陸から吹く北風が海からの南風に比較して強くなっている。鉛直成分については、北風、南風、西風においてそれぞれ8.0, 5.1, 7.6%であり、北風と西風が強くなっている。

乱れ強度の比 $\sigma_w / \sigma_u$ の平均値は北風、南風、西風においてそれぞれ0.57, 0.67, 0.63と南風が若干大きくなっているが、超音波風速計を用いて鉛直成分を測定した実測例<sup>3)</sup>の値0.61と同程度である。

(3)自己相関係数および乱れの積分スケール 平均流方向の乱れの積分スケール $L_{x,u}$ (水平成分)および $L_{z,w}$ (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。図-4は、風向別の乱れの積分スケールを示したものである。積分スケールについても風速による変化はみられなかった。水平成分についての積分スケールの平均値は北風、南風、西風においてそれぞれ208, 70, 142 mで、鉛直成分については北風、南風、西風においてそれぞれ48, 13, 38 mである。

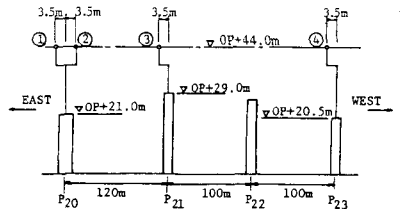


図-1 自然風観測位置

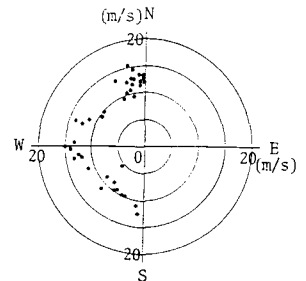


図-2 風向と風速の関係

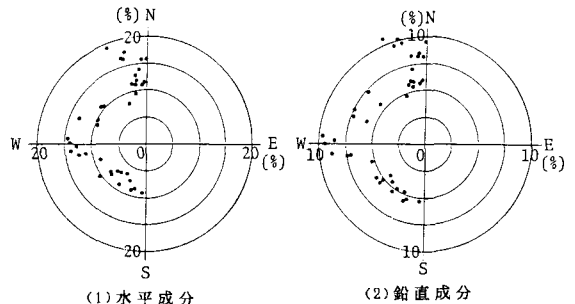


図-3 風向と乱れの強さの関係

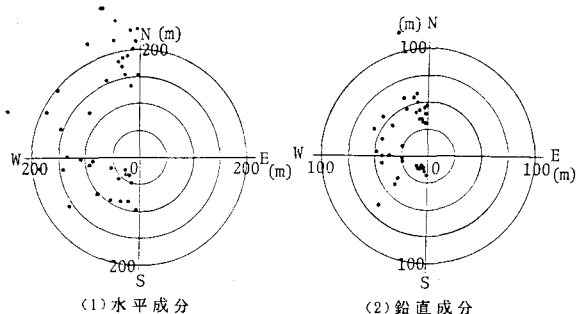


図-4 風向と乱れの積分スケールの関係

水平成分と鉛直成分どちらについても積分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。

(4)空間相関係数および乱れの空間スケール 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 $\eta$ 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-5に示す。

図中の曲線は、最小二乗法により指数関数

$$R_u(\eta) = \exp(-\eta/L_{y,u}) \quad (\text{水平成分の場合})$$

で近似したものである。 $R_u(\eta)$ 、 $R_w(\eta)$ を $\eta$ について積分すると、水平横方向の空間スケールが求められる。それらのスケールを表-1に掲げる

(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約1/10となっている。

(5)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ため、一つの風速計の測定結果を図-6に示す。これらの図の縦軸は、

対数パワースペクトル  $nS_u(\eta)$ を風速変動の分散で除した基準化パワースペクトル  $nS_u(\eta)/\bar{u}^2$  (鉛直成分の場合： $nS_w(\eta)/\bar{w}^2$ )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。<sup>4)</sup>

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  $K=0.002\sim0.0035$  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、いずれも測定された基準化パワースペクトルと合った。 $X_p$  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<sup>4)</sup>0.30～0.35とはほぼ同程度である。

#### 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.

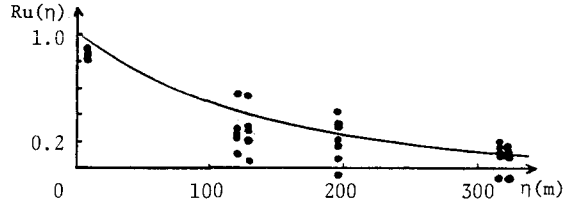
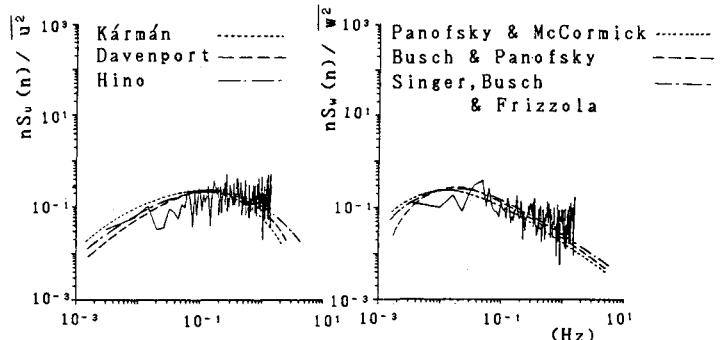


図-5 空間相関係数（水平成分）

表-1 乱れの空間スケール

| Turbulence Scale | Ly,u (m)      |      | Ly,w (m)      |      |
|------------------|---------------|------|---------------|------|
|                  | Min. and Max. | Mean | Min. and Max. | Mean |
| North            | 28 ~ 244      | 106  | 10 ~ 24       | 16   |
| South            | 22 ~ 79       | 58   | 4 ~ 9         | 7    |



(1) 水平成分

(2) 鉛直成分

図-6 基準化パワースペクトル