

大阪大学工学部 正員 小松定夫
立命館大学理工学部 O正員 小林敏士

I はしがき

自然風中において構造物に作用する空気力の特性を把握するため、筆者らは豊里大橋において風向風速および主桁に作用する風圧力の観測を行なってきた。^{1), 2)} 本報告は主桁に作用する風圧力の測定値を解析し、その不規則性について考察を試みたものである。

II 測点および解析の方法

測点は図-1に示す通りで、Wは風向風速計、Pは風圧計を表わす。2分間の記録を0.13秒ごとにとり、解析した。10分間平均風速は約10 m/sec.であった。

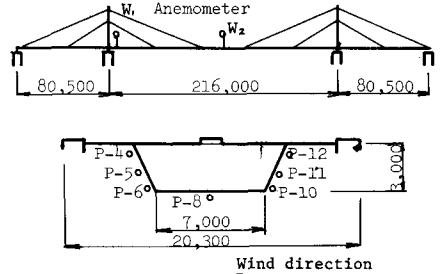


Fig. 1 Arrangement of anemometers and wind-pressure transducers

III 解析結果と考察

1 各測点の風圧力の特性

表-1に約30分おきに3回測定した各測点の平均風圧力、乱れの強さを示す。また図-2, 3にそれぞれ風圧力の自己相関係数、パワースペクトルを示す。これらの図表により風圧力の統計的性は風下側のウエブ (P₄, P₅, P₆)、底面 (P₈) および風上側のウエブ (P₁₀, P₁₁, P₁₂) の3グループに大別され、それぞれ特徴のあるパターンを示していることがわかる。

すなわち i) 乱れの強さは風上側ウエブで0.3~0.5、風下側ではかなり高くなり1.0~3.0となっている。
ii) 自己相関をみるとそれぞれ3グループの間にかなり明白な差が現われ、特に風下側ウエブの風圧の相関からははっきりと約2秒の周期を有する変動が読みとれる。主桁の後流側に同周期の渦が現われたものと考えられる。

Table 1 Mean and variance of wind pressure

Case	1			2			3		
	\bar{P}	$\sqrt{\bar{P}^2}$	$\sqrt{\overline{P^2}}$	\bar{P}	$\sqrt{\bar{P}^2}$	$\sqrt{\overline{P^2}}$	\bar{P}	$\sqrt{\bar{P}^2}$	$\sqrt{\overline{P^2}}$
P-4	-75	486	6.48	-37	51	1.38	-21	71	3.38
P-5	-108	162	1.50	-86	124	1.44	-101	79	0.78
P-6	-39	87	2.44	-40	56	1.40	-45	80	1.78
P-8	-199	228	1.15	-143	113	0.79	-229	90	0.39
P-10	190	93	0.49	219	82	0.37	212	62	0.29
P-11	450	153	0.34	436	137	0.31	232	85	0.37
P-12	630	264	0.42	366	189	0.52	206	126	0.61

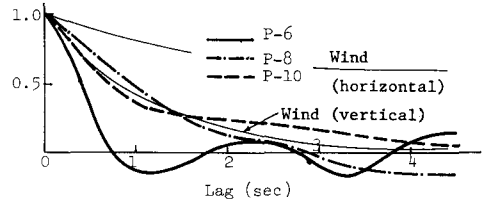


Fig. 2 Autocorrelation coefficient

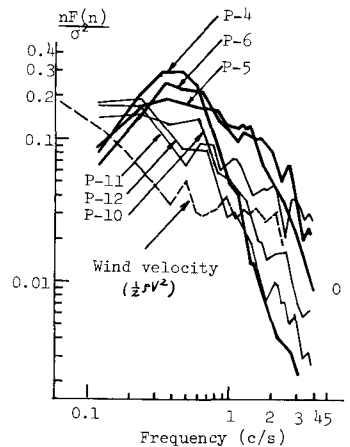


Fig. 3 Power spectrum of wind pressure

1) 小松小林, 豊里大橋に作用する風の構造について, 土木学会関西支部 年次講演会, 昭和45年5月
2) 小松小林, 豊里大橋に作用する空気力の特性に関する実験的研究, 土木学会関西支部年次講演会 昭和46年5月

風上側ウエアの相関は風速の鉛直成分の自己相関とよく似ている。ii) パワースペクトルの図からも上述と同周期の橋が発生していることが推察される。すなわち風下側のスペクトルは 0.4~0.5 Hz に著しいピークを有している。これに対するストローハル数は $S = NH/V = 0.12 \sim 0.15$ である。この数値は谷形箱形断面に対する風洞実験値³⁾にはほぼ一致する。

2. 断面まわりの流れのパターン

i) 相互相関; 各測点の風圧の相互相関を図-4に示す。(R₀₋₁₁はP₀とP₁₁との相互相関を示す) 同一ウエアにおける風圧はZ=0付近でかなり高い相関を示しているが、ウエジと底面の風圧の相関は全くない。風下側ウエアにおける相互相関 R₄₋₅, R₅₋₆, R₄₋₆ が顕著に認められる。これは橋のスケールが測点P₄とP₆にまたがる程度の大きさをもつためと考えられる。ii) 相互相関のピークは図-4にみられるようにZ=0より少しずれている。そのずれ量Z_pで測点間の距離を除以て乱れの移動方向と速度Vが求められる。⁴⁾ そのようにして求めた値をもとに断面まわりの流れのパターンを求めてみると図-5のようになる。

3. 自然風のスペクトルと風圧力のスペクトルの比較

風圧力のスペクトルF_pを自然風のスペクトルF_vで除し $|A(\omega)|^2 = F_p/F_v$ とすれば、A(ω)は自然風をinput、主けたに作用する風圧力をoutputと考えたときのアドミッタンス(Aerodynamic admittance)である。このA(ω)より自然風の乱れのスペクトルが変形され、その変形後のスペクトルを有する空気が主けたに作用することになる。図-6に|A(ω)|²を示す。図中"Total"はP₄~P₁₂の水平成分を用いて積分した抗力のスペクトルである。前述の通り0.4~0.5 Hzにピークがみられる。

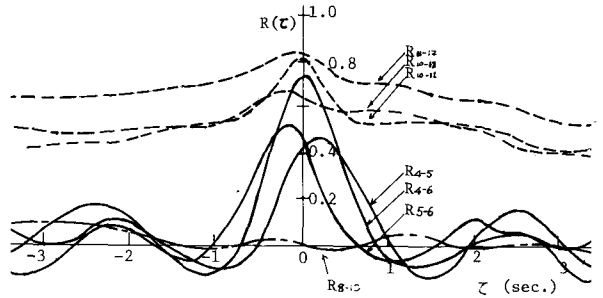


Fig. 4 Cross correlation

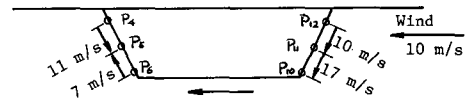


Fig. 5 Flow around girder

IV 数値計算例(主けたに作用する変動抗力)

アドミッタンスを用い、風速のデータより主けたに作用する変動抗力を計算することができる。計算結果は紙面の都合により講演時に発表する。

V おまけ

主けたの各点における変動圧力の特性が明らかになった。断面まわりの流れのパターンを求めることができた。自然風の不規則性と空気の不規則性との関連を Aerodynamic admittance⁵⁾を介して関連づけることができた。

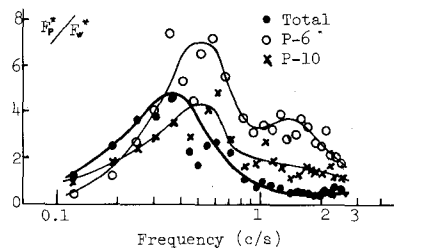


Fig. 6 Aerodynamic admittance (Pressure/wind velocity)

3) 山口他, 長大けた橋の風定振動に関する実験的研究, 三菱重工技報 Vol. 7, No. 7, 1970

4) 磯部編, 相関函数およびスペクトル, 東大出版会, 1962, P.P. 102~190