

徳島大学工学部 正 員 宇都宮英考
徳島大学大学院 学生員 瀬尾 芳雄

1. まえがき

斜張橋に代表される可撓性に富む箱桁形式の長大橋の耐風性について検討するため、その基本断面として、正方形断面を対象とする基礎的な風洞実験を行った。今回の実験では、一様流中で、静止した模型に作用する表面圧力とカルマン渦との関係に注目し、相互の変動特性について調べた。この実験によって、以後引き続き予定されている、振動模型における変動圧力測定のための基礎的なデータを得るとともに、整流板、抑流板の設置に関する情報を得ることを目的とした。

2. 実験方法

実験および解析の手順について、概略を図-1に示す。

- ・使用風洞：徳島大学工学部多目的風洞（三菱重工）
吹放し式（測定部 $0.5m \times 5m \sim$ 閉断面時）
最大風速： $15m/s \sim 1.5m \times 1.5m$ 、 $23m/s \sim 1.2m \times 1.2m$
- 上記の他に $0.1m$ の吸込式風洞を用いて煙による流れの可視化を試みた。

- ・模型： $5cm \times 5cm$ 、 $l=60cm$ 、バルサ材；スパン中央部を幅 $2cm$ のアクリライト製とし、 $\phi 1mm$ の圧力孔と $10mm$ 間隔に、各面上に設計、ビニールチューブ（ $\phi 2mm$ ）にてロータリーコックに接続した。
- ・圧力検出：東洋ポールドウィン製差圧計（F.S. $50mm H_2O$ ）。
- ・三分力検出：日章機械三分力荷重計
- ・風速測定：アスカア型マノメーターおよび熱線流速計
- ・データ処理：SM1310-SM1320データ処理装置（岩通製）

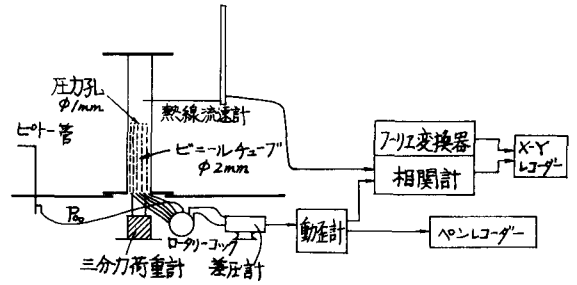


Fig. 1 計測概念図

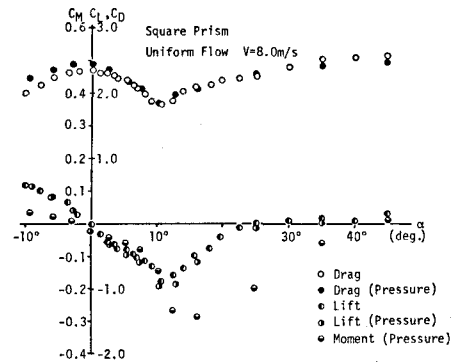


Fig. 2

3. 実験結果

3-1) 静的空気力

この種の問題に関しては、既に多くの精密な実験結果が発表されており、^{(1),(2)}ここでは、使用した装置、測定方法等についての検走としての意味が強い。

図-2は表面圧力によって計算された三分力係数と、荷重計によって得られた結果とを比較したものである。両者の相異は小さく、また、曲線の形状も従来のデータと大差なく、静的な諸量は、この方法で十分に測定可能であることがわかる。

図-3は、各面上の圧力分布を大気圧を基準として表わしたものである。迎角の増加に伴って、下面(2-3)における再付着

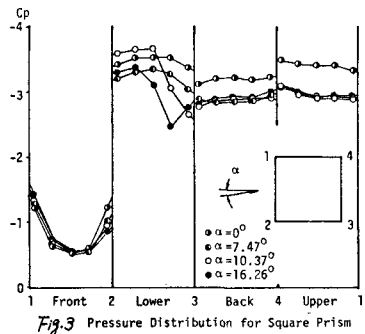


Fig. 3 Pressure Distribution for Square Prism

による圧力上昇と、その再付着点の移動の様子がとらえられている。また、背面(3-4)と、上下面の境界(3, 4)における圧力のギャップは、逆流の存在を示唆するものであり、再付着が進んだ $\alpha=16.26^\circ$ での角部3ではこの圧力差が小くなり、背面からの巻込みが消滅する可能性を示している。これは、流れの可視化によっても確認された。

3-2) 静止模型に作用する変動空気力

本実験における Re -数は 2×10^4 程度であり、重臨界領域に属している。カルマン渦の発生振動数は、熱線風速計の信号をスペクトル解析して求めたが、前縁、後縁、下流1.5d点で $\alpha=0^\circ$ で20.5Hz, $\alpha=5^\circ$ で19.4Hz, $\alpha=15^\circ$ では24Hzであった。またストローハル数は $S=0.125$ である。

三分力の変動は、模型が片持形式であるため、微小振動(10Hz)を拾うことを避けて、 $U=8\text{ m/s}$ で測定した。この場合、パワースペクトルの卓越成分は $Lift$ にのみ、渦の影響が顕著に現われ、 $Drag$ には、渦の周波数に対応するピークは認められなかった。

図-4は $\alpha=0^\circ$ での各圧力孔相互の圧力変動について、上面前縁、上面後縁に対する各点の変動のコヒーレンスと位相角を示したものである。分析は $\Delta t=2\text{ ms}$, $ADG\text{ Const}=2^{14}$ とし、リアルタイムで処理した。各点での圧力変動の強さはいずれも平均圧力の10%以下であり、スペクトルのピークは、カルマン渦の発生周波数に対応しており、変動エネルギーのレベルは4周ともに大きな差はない。各点での圧力変動の関連度は比較的高いが、位相差が大きいため、三分力としての変動は相殺されている可能性がある。

図-5は、模型近傍の2点における風速変動成分と圧力変動との関連度を示しており、プローブは図に示すように、前縁、後縁の側方0.5dの位置に設置され、変動の2成分が検出された。乱れの強さは図に示す通りであり、スペクトルの特徴としては、 Δu が渦の発生周波数で鋭いピークを有するのに対し、 Δw はやや鈍いピークとなっている。図の内面の数字は $\Delta u_1, \Delta w_1$, 外面の数字は $\Delta u_2, \Delta w_2$ を基準とする関連度関数の値である。

全体的に圧力変動は、風速の鉛直変動成分とより大きい関連を有する。また前縁付近での風速変動とより大きい関連が求められている。因みに、角部4の下流1cmの位置にプローブを設置して、 Δw 成分のパワースペクトルを求めると、殆どホワイトノイズ的になり、死水領域内部の二次的な流れの変動は極めて不規則であることも確かめられており、圧力変動は、カルマン渦による死水領域全体の圧力変化の結果として現われているようである。これはまた、プローブの位置が圧力孔と約15cm(3d)程度、軸方向に離れていること、渦の発生が必ずしも厳密に二次元的ではあり得ないこと等の結果である可能性もあり、今後さらにデータを積み重ねてゆく予定である。なお迎角をつけた場合の結果については、講義当日補足したいと考えている。

4. おさげ

本研究は、予備的な実験であったため、実験精度そのものに対してもまだ検討する余地が残っているが、静止角柱に作用する変動圧力について、ある程度の予測を可能にした。

- 参考文献 (1) 中村, 溝田, 吉村, : 矩形およびH型断面柱の空力三分力特性について: 九大, 応用力学研究所報, No.40, 1973.
(2) 溝田: 角柱まわりの流れ, 土木学会年報, No.30, 31, 32, など

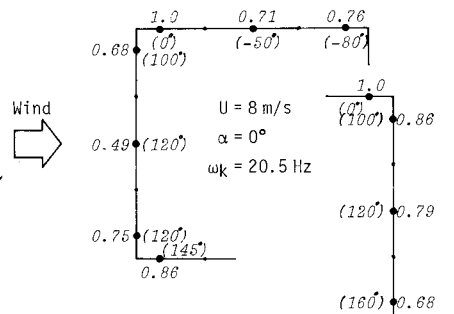


Fig.4 Coherence and Phase Angle among Surface Pressures

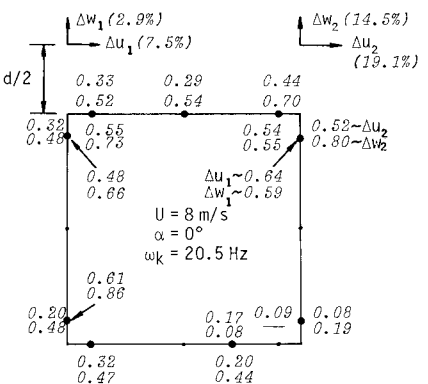


Fig.5 Coherence between Wind Velocity and Surface Pressure