

日立造船(株) 正員 南条正洋
大阪大学 正員 小松定夫
立命館大学 正員 小林敏士

1. はじめに

かもめ大橋の限定振動対策としては、架設に先立って行なった風洞実験の結果から、フラップを新端部に取り付ける方法が採用された。実験は、バネ支持模型実験を中心としたものであり、本橋の耐風安定性についての実用的な目的は達せられた¹⁾。引続いて、①かもめ大橋の基本設計断面で見られた限定振動現象の発生機構に関する資料を得る、②かもめ大橋の最終断面に対する耐風安定性の確認およびフラップによる制振機構を解明する資料を得ることを主目的として、大阪市の了解のもとに次の様な風洞実験を行なった。すなわち、①かもめ大橋模型に作用する非定常空気力の測定、②模型断面まわりの風圧分布の測定、③模型後流の変動風速の測定である。風洞実験では、模型迎角・加振振幅・風速をパラメータとして、上記3項目の同時測定を行なった。ここでは、①、③について得られた結果と解析の一部を報告する。

2. 風洞実験

- (1) 使用風洞：日立造船(株)所有のグッチェンゲン型汎用低速風洞を用いた。測定部寸法は、高さ×幅×長さ＝2.5m×2.0m×3.9mである。(開放型として使用)
- (2) 模型：すでに実施したバネ支持実験用模型と同一縮尺(1/25)のもので、橋長1m、重量は付加重量を含めて約10kgである。実験の対象とした模型状態は、かもめ大橋基本設計断面(以下原形；図・1)およびフラップを付けた最終断面(以下最終形)の2種類である。
- (3) 空気力の検出：非定常空気力は、強制振動法によって測定した。測定装置は、カウンタダミー・ウェイトで模型とのダイナミックバランスを取る機構であり、測定される空気力には、模型の慣性力が入らないことになる。

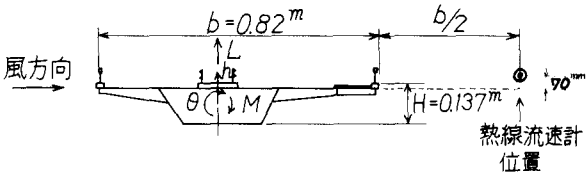


図1 模型概要(原形)

- (4) 後流変動風の検出：図・1に示すように、模型スパン中央の後流側 $b/2$ の位置に熱線流速計のプローブを設置して検出した。
- (5) 測定・実験パラメータ：実験は、気流中に置かれた模型に1自由度強制加振(上下、または回転)を与え、模型に作用する2次元空気力を測定・記録するというものである。データの収録には、データレコーダおよびリニヤコーダを用いた。設定迎角、加振振幅、振動数、風速の各パラメータを表・1に示す。

なお、実験時のReynolds数(V/ν)は $(0.35 \sim 4.5) \times 10^5$ であった。

表・1 実験パラメータ

	上下加振		回転加振	
設定迎角	α (deg)	0, +4	α (deg)	0, +4
振幅	h_0 (mm)	5, 10, 15, 20	θ_0 (deg)	0.5, 1, 1.5, 2
振動数	f_h (Hz)	2	f_θ (Hz)	3
風速	V (%)	0.5 ~ 5	V (%)	0.5 ~ 7

- (6) データ処理：非定常空気力については、加振振動数成分を抽出し、加振変位に対する実部と虚部を求めた。変位および空気力の正方向は、図・1に示すとおりである。

後流および、空気力の変動については、それぞれのパワースペクトルを計算した。

- (7) 予備実験：実験に先立って、非定常空気力測定装置の特性を調べる目的で、翼型(NACA-0012, 弦長

$b = 0.3 \text{ m}$) および、平板翼(弦長 $b = 0.3 \text{ m}$)を用いて空気力を測定した。図2は NACA-0012翼型を、 $h_0 = 20 \text{ mm}$ で加振した場合の揚力(L_h)の測定結果である。実線は、Theodorsen の空気力を、また $\odot, \bullet$ 印は、Halfman の実験値²⁾を示す。予備実験の結果は、測定装置が十分な性能を有することを示すものと考えられる。

3. 空気力の加振振動数成分

かもめ大橋模型で測定された非定常空気力のうち、上下加振時の揚力(L_h)、回転加振時のモーメント(M_θ)に対して各無次元空気力係数を求めた。空気力の虚数部($L_{hi}, M_{\theta i}$)は無風時空気力を含んだ形で整理したが、最終形ではすべて負値に、原形では一部の風速域で正値となり、バネ支持実験の結果をよく説明するようであった。 $L_{hi}, M_{\theta i}$ を用いて、単純に1自由度振動モデルの減衰(δ)に換算し、それをバネ支持実験における $V-\delta$ 関係と比較した。結果の詳細については、講演会の当日に発表する。

4. パワースペクトル密度

空気力および後流変動風速についてパワースペクトルを計算した。図3～5は後流のスペクトルの一例である。同一風速で、模型を加振した場合(実線)および模型を静止させた場合(点線)の結果が並記されている。点線で見られる卓越成分はStrouhal 数一定にもとづく渦成分である。実線の 2 Hz 付近でのピークは加振振動数成分である。図4は、限定振動が生じる風速域での結果であり、Strouhal 数成分が加振振動数成分と同期する様子がわかる。図3は、図4より低風速での結果であるが、加振振動数の $1/2$ 付近でのピークが特徴的である。図5は高風速の場合であるが、加振成分、Strouhal 成分および加振振動数の2倍付近の成分が混在するようである。

5. おわりに

かもめ大橋模型に作用する非定常空気力、後流変動風に關する多くの資料を得ることができた。非定常空気力の測定結果は、バネ支持模型実験を裏付ける結果となり、かもめ大橋の耐風安定性が再確認された。

最後に、本実験遂行に当りご便宜をいただいた大阪市土木局の度係各位に対し感謝の意を表します。

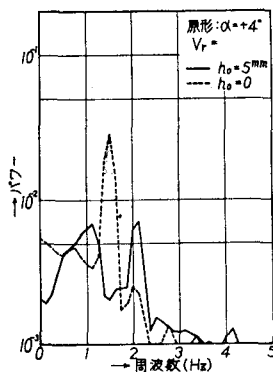


図3 後流のパワースペクトル

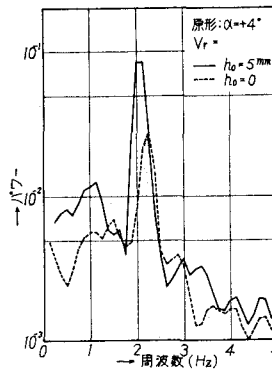


図4 後流のパワースペクトル

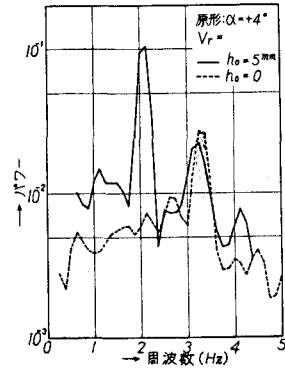


図5 後流のパワースペクトル

参考文献

- 1) 小松定夫・石岡英男・南条正洋；南港南埠頭連絡橋(斜張橋)の風洞実験について；土木学会第30回年次学術講演会講演概要集(I-235)；昭和50年10月
- 2) Halfman, R.L.；Experimental Aerodynamic Derivatives of a Sinusoidally Oscillating Aerofoil in two-Dimensional Flow.；NACA Rept. 1108 (1952)