

I - B44 非定常空気力測定装置の開発

九州産業大学工学部 正会員 吉村 健 正会員 亀井頼隆
 川田建設株式会社 正会員 堀口和広
 九州産業大学大学院 学生会員 小松和憲 篠原輝之

1. まえがき

従来開発されてきた大半の非定常空気力測定装置では、加振模型全体に作用する空気力を測定する手法が用いられている。この手法によれば、剛性を高めるために模型の重量が増し、慣性力に対する空気力の割合が小さくなる。そこで、本研究では発想の転換を計り、「小さい慣性力」、「高い剛性」および「良好な2次元流れ」という、測定精度の向上をもたらす3つの条件を満たす装置を開発した。そして、翼型断面に対する非定常空気力を測定し、その結果を理論値と比較して装置の検定を行った。その概要を以下に記す。

2. 設計概念と本装置の概要

Fig.1は、本研究に先立って設計・製作された装置の概略図であって、2列平行円柱の研究に用いたものを示す[1]。図中Active Partの円柱は、円柱内部の心棒（Beam）に板ばねで弾性支持されている。両端部では、流れの2次元性は良好でないので、図中Dummy Partで記される部分に作用する空気力を切り離し、Active Partに作用する空気力のみ板ばねの歪で検出できるよう工夫した。要するに、『気流に曝されない剛で重い心棒に、軽量のActive PartのModel Skinを弾性支持する』というのが、この装置の設計概念である。

Fig.2,3とPhoto 1は、本研究で開発した装置の概略図を示す。床組①②は、上下2対のバスケットハンドル型アーチ③で補剛されており、このタイドアーチ式骨組が上記「心棒」に相当する。Active PartのModel Skinは、図中の Floating Beam④に取り付けられ、④の両端は板ばね⑤で「心棒」に弾性支持される。総幅36cmに対して厚み

は3cmであり、Model Skinを④、⑥から張り出すと断面比は1:12以下となり、扁平で十分剛な「心棒」の製作に成功した。Active Partの重量は、④が約0.5kg, Model Skinは1kg以下といった具合であり、装置全体の重量の1/5以下である。この装置を気流直角方向曲げあるいは断面中心回りのねじれの各1自由に拘束し、

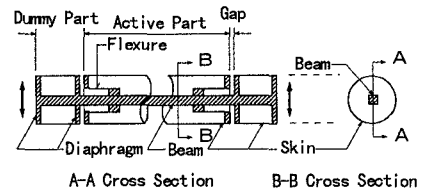


Fig.1

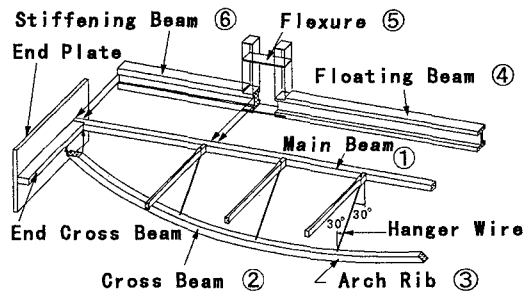


Fig.2

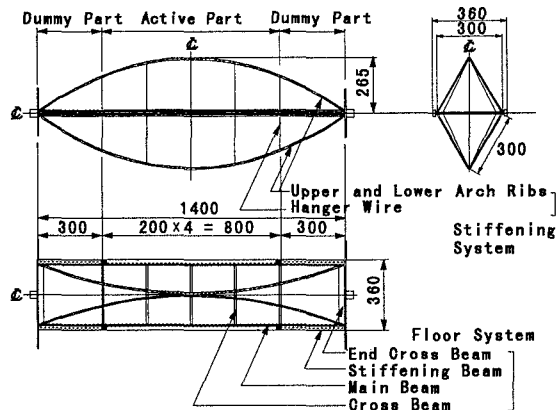


Fig.3

非定常空気力，装置の開発，橋桁

〒813 福岡市東区松香台 2-3-1 Tel.092-673-5680 Fax.092-673-5699

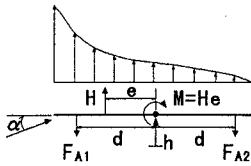


Fig. 4

サーボモーター・ワイヤーロープ・プーリーで加振した。

3. 空気力検出における二三の注意

Fig. 4とPhoto 1に示す Active Partの軸直角方向断面を考えると、構造力学的にこの部分は、板ばね

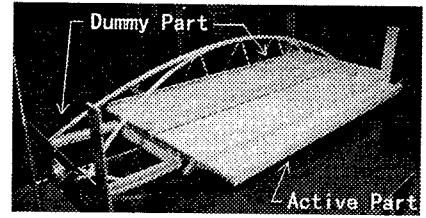


Photo 1

で弾性支持された張出梁と見なされる。その支点反力を板ばねの歪で検出し、 $H = F_{A1} + F_{A2}$, $A = (F_{A1} - F_{A2}) \cdot d$ として揚力と空力モーメントがそれぞれ求まる。

Active Partの Model Skinと Fig. 2のBeam④の慣性力は、無風時加振模型の変位信号を用いてキャンセルした。増幅器・フィルター・演算器などで構成される計測システムの入出力間には、位相のずれが生じるので注意を要する。また、歪みゲージのキャリブレーションファクター C_F は、慣性力キャンセル後に Active Partに重りを載せ、その付加慣性力とゲージ出力電圧とから動的に求めた。

Fig. 4に示すように、空気力と変位は、いずれも上向きと頭上げ方向を正とし、次式で無次元複素表示した。

$$2H_0 / (\rho U^2 B L) = K^2 [H_4^* + i H_1^*] \cdot (h_0 / B) + K^2 [H_3^* + i H_2^*] \cdot \alpha_0$$

$$2A_0 / (\rho U^2 B^2 L) = K^2 [A_4^* + i A_1^*] \cdot (h_0 / B) + K^2 [A_3^* + i A_2^*] \cdot \alpha_0$$

ここに $K = \omega B / U$ は無次元振動数、 $\omega = 2\pi f$ は円振動数、 B は弦長、 L はActivePartのスパン長。

4. 実験結果、考察およびむすび

Fig. 5は、動的キャリブレーションの測定結果の一例を示す。10 gf未満の微小な範囲を除き、付加慣性力と出力電圧の間に良好な線形性が認められる。測定空気力が10 gfを十分越えるよう風速を設定したので、この非線形性を示す範囲を除いて、図中に示す C_F の1次関数表示式を得た。また、ダミーパートと補剛アーチに作用する風荷重が力検出用板ばねの歪みゲージ出力に与える影響は無視できる程小さく、かつ、慣性力のキャンセルもほぼ完璧であることがわかった。

Fig. 6は、鉛直曲げ加振に対する空気力測定結果の例を示す。ただし、 $Ur = U / (fB)$ は無次元風速。図中実線で示す理論値と比較的良好に一致している。図に見る測定誤差は、板ばね部分から生じていることが判明しており、これを改良して実験を継続中である。

参考文献 [1] Yoshimura, T. et al: Wind-induced oscillations of groups of bridge stay-cables, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 54/55(1995)251-262.

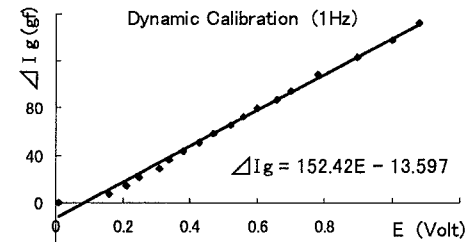


Fig. 5

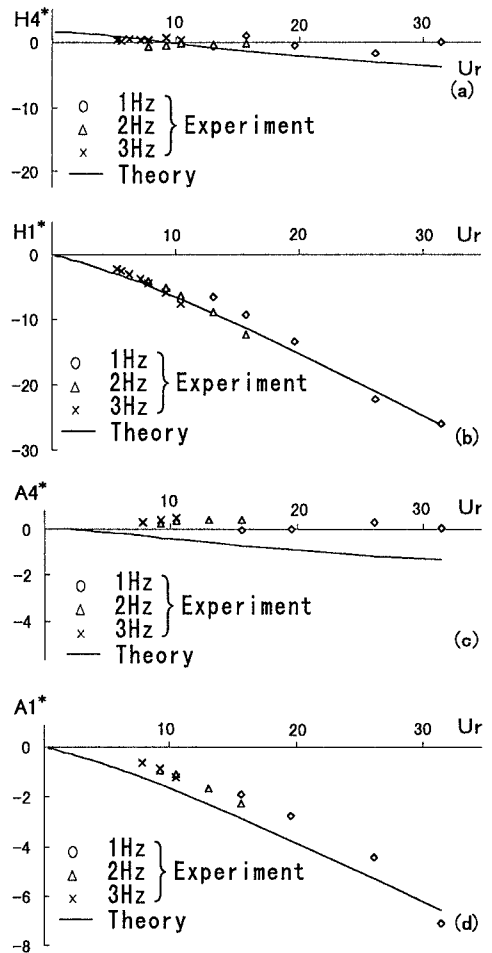


Fig. 6