

正方形断面に作用する動的空気力に 関する2, 3の実験的研究

京都大学工学部 正員 工博 小西一郎
京都大学工学部 正員 工博 白石成人
京都大学大学院 学生員 工修 ○松本 勝
京都大学大学院 学生員 青藤 通

§1 概説

従来から、Bluffな断面形状を有する構造物を対称とした耐風上の研究は、数多くの研究者によりその成果が報告、発表されている。今回我々は、正方形断面模型の動的な応答問題に着目し、風洞実験を行ないその結果に、3の考察を加えてみた。

§2 実験装置および模型

風洞は京都大学工学部土木教室のエッフェル型吸込み式風洞を使用し、応答内Spring はね端のケージより動歪計で検出し、フィルターを通した後、ペン書きレコーダーに記録した。模型諸量および動的実験の略図をそれぞれ(表-1)、(図-1)に示す。

(表-1) 模型諸量

記号	材質	スパン長 (cm)	断面寸法 (cm) (cm)	単位スパン長 当りの質量 (kg/m ²)
W	木	93	20×20	0.4668
A-A	777M鋼線	93	20×20	0.7808
A-B	777M鋼線	93	20×20	1.0023

§3 実験結果に対する解析

今回行なった動的実験は大別して、抗力方向と揚力方向について分けた。特に揚力方向については、(i)風速=定常振幅、(ii)風速=倍振幅5cm時の動的空気力係数の2種類にわけて考察を加えた。

(A) 抗力方向の動的空気力係数と換算振動数の関係

一般に抗力方向の単位スパン長当りの動的空気力を次式で示す。

$$D(k) = \rho b C_D(k) (U + \dot{x})^2 + C_{mD}(k) \rho A \frac{d}{dt} (U + \dot{x}) \quad (1)$$

これらの動的空気力係数は次式より求められる。

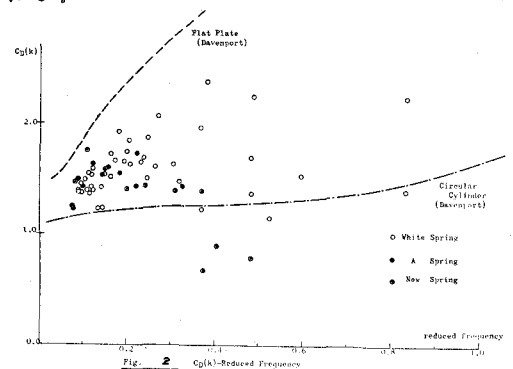
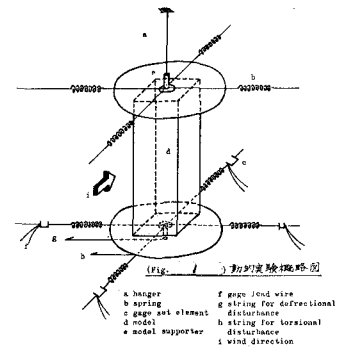
$$C_D(k) = \frac{4m}{\rho A} \frac{b\omega}{U} \left\{ 5 \frac{\omega_0}{\omega} - 5 \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 \right\} \quad (2)$$

$$C_{mD}(k) = \frac{m}{\rho A} \left\{ 1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 \right\} \quad (3)$$

この結果を(図-2)および(図-3)に示す。

(B) 揚力方向の定常振幅と換算風速の関係

横軸に換算風速を、縦軸に(定常倍振幅/正方形一辺の半長)をとり、スプリングはね定数を変化させた場合の結果を(図-4)および(図-5)に示す。ただし(図-5)は水平迎角5°の場合の結果を示す。



(c)揚力方向の増振幅5cm時の動的空気力係数と換算風速の関係

模型単位スパン長当りに作用する動的揚力を次式で表わす。

$$L(k) = m f_1(k) \ddot{x} + m f_2(k) \ddot{y} \quad (4)$$

この時、動的揚力係数 f_1, f_2 はそれぞれ次式より求められる。

$$f_1 = 2 \left\{ 5.0 \omega_0 - 5 \omega \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 \right\} \quad (5)$$

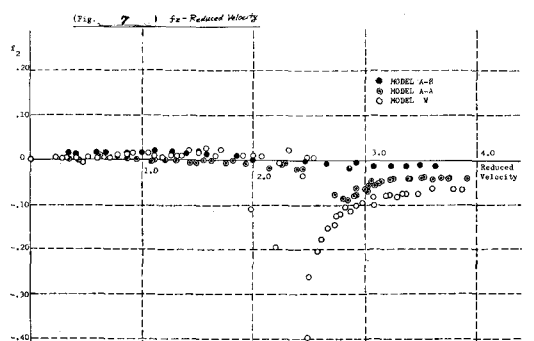
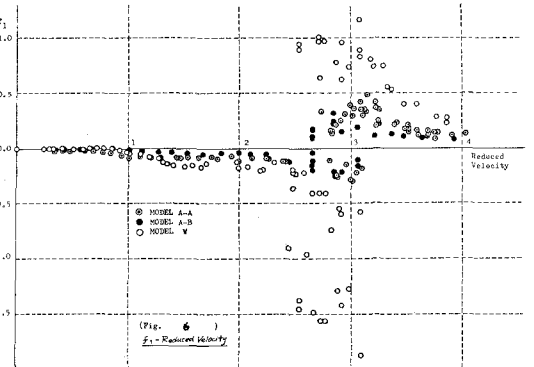
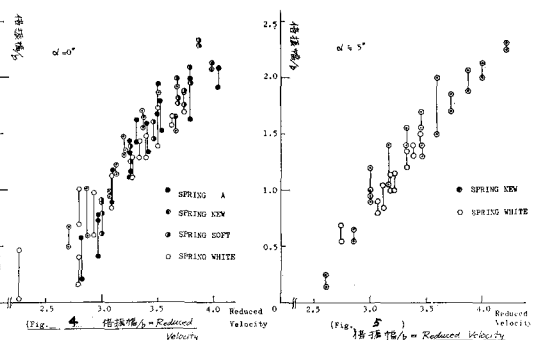
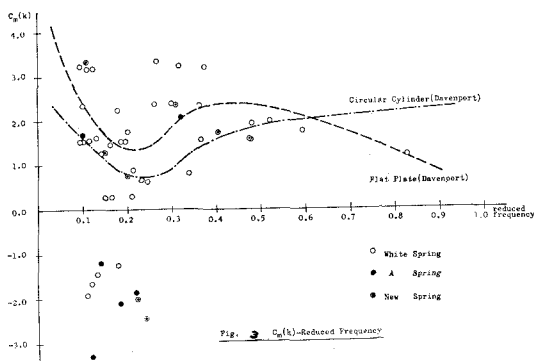
$$f_2 = 1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 \quad (6)$$

この結果を(図-6)および(図-7)に示す。

§ 4 実験結果に対する考察

(図-2), (図-3)で示したように、Davenport が Flat Plate や円柱について行った実験値と比較してみると、換算振動数が0.1~0.2付近の $C_m(k)$ を除くとほぼ正方形の実験値は、Flat Plate と円柱の中肉の値を示している。また(図-4), (図-5)で示したように、

水平起角が0°と5°の場合やスプリング定数を変化された場合に示された特性はほとんど変化がみられなかった。しかし発振風速については Hartog の言う風速よりかなり高い値を示した。一オ(図-6), (図-7)で示したように、 f_1, f_2 の値は共に換算風速値2.5~3.0付近で急変している。これは恐らくカルマン渦と共振のための現象と思われる。今回行なった実験では、スクルトンの言う質量パラメータが小さく Aeolian 振動と Galloping 振動が同時に生じたと思われる。以上のことから、正方形断面を有する長大構造物の耐風上の諸問題を考へる場合には、Galloping 現象、Aeolian 現象 etc を総括して考へ、質量や減衰や剛性の影響を調べて解析を進めることが重要と思われる。



[記号説明] ρ : 空気密度, U : 平均風速, A : 模型断面積
 b : 正方形一面の半長, k : 換算振動数 ($k = \frac{U}{\omega_0 b}$)

[参考文献] Davenport A. G., The Application of Statistical Concepts to the Wind Loading of Structures, Proc. Inst. Civil Eng. Vol. 19, 1961