

九州産業大学工学部

(株)構造技術センター

九州産業大学工学部

正 員 吉村 健

正 員 鹿庭和史

学生員 東倉 聡

①. まえがき 著者らは、吊屋根の中で最も形式・形状の単純な解放型の一方向型吊屋根(以下に吊屋根と略称する)のフラッタについて、二次元振動翼理論を用いた解析法を提案し、二・三の数値計算を行なった。その結果、この種の吊屋根では、連成フラッタを発生し得ることが示された。

上記フラッタは、気流の剥離のないポテンシャル流フラッタであるが、川村らの実験によれば、吊屋根には剥離流フラッタも発生し得る²⁾。そこで、この剥離流フラッタの特性を把握し、あわせて、上記ポテンシャル流フラッタの理論値に対する実験的検証を行なう目的で、風洞を用いたフラッタ実験を行なった。その結果を以下に報告する。

②. 風洞実験の概要 模型は、図-1に示すように、主流方向にフレキシブルな矩形の幕であり、スパン長($C=2b$)×横幅×厚み $=40\times39.2\times0.2$ cmである。この模型は、厚さ20ミクロンの二枚のビニール幕の間に、直径2ミリの竹ひごを4ミリ間隔にサンドウィッチ状に並べ、幕と竹ひごを貼り合わせたものである。竹ひごは、質量を付加する目的と、気流と直角方向の曲げ剛性を保つ目的のために用いられている。模型の単位面積当りの重量は 0.095 g/cm²である。模型の前縁と後縁は固定されており、サゲ比は $0.01\sim0.02$ にセットされている。

本実験では、模型上下面の剥離バブルの大きさ(長さし、図-1参照)の変化に伴うフラッタ特性の変化を調べることを目的の一つとした。この目的のため、大小種々の高さ($h=13\sim80$ mm)の突起を前縁に取り付け、剥離バブルの大きさを種々変化させた。剥離バブルの大きさは、毛糸法を用いた流れの可視化により測定された。フラッタにおける振動数と振動振幅は、光学的変位計を用いて検出され、振動モードの測定は、ストロボによる写真観察とビデオカメラの撮影により行なわれた。

実験は、新設の九州産業大学汎用風洞装置を用いて行なわれた。本風洞は、測定部断面 1.5×1.5 m, 風速 $2\sim30$ %の噴流式風洞である。模型の幅は 39.2 cmであるが、流れの二次元性を保つために、図-1に示したように、その両側に側壁を設けている。模型の両端と側壁のすき間は 2 mmである。

③. 実験結果 図-2は、剥離バブルの無次元長さ $l/c=0.85$ の場合のフラッタ実験結果である。図中、横軸は無次元風速 $\bar{V}=V/v_b$ 、縦軸は無次元振幅 $\%b$ とフラッタにおける振動数 f である。ここに、 V は風速、 b は片振幅。一般に、低風速域では不規則な微小振幅の振動が観察されるが、ある風速より高風速域ではほぼ定常振幅の振動を生じる。本報告では、 $\%b=0.5\%$ ($b=1$ mm)以上の定常振動を生じる限界風速をフラッタ限界風速 $\bar{V}_F$ と定めることにする。図の場合、 $\bar{V}_F=3.5$ である。図に見るように、 $\bar{V}>\bar{V}_F$ では、風速の増加に伴ない、振動振幅と振動数が共に一様に増加する。無風時における系の対称1次の振動数は $f_0=8.3$ Hzであるから、フラッタにおける振動数は、低風速域では f_0 より低いが、風速を増加すると f_0 より高くなる。 $\bar{V}=4$ と $\bar{V}=5.5$ における振動モードを、それぞれ、写真-1aと写真-1bに示す。 $\bar{V}=4$ では、対称1次のモードが卓越しており、生じたフラッタは1自由度フラッタと考えられる。一方、 $\bar{V}=5.5$ では、いくぶん進行波状のモードとなり、対称1次のほかに、逆対称1次のモード成分がいくらか含まれてくることが写真よりわかる。

以上に示した $l/c=0.85$ の場合の1自由度フラッタは、 $0.75<l/c<1.0$ ($l/c=1.0$ は完全剥離)の範囲で発生する。この範囲における l/c と $\bar{V}_F$ の関係は図-3の図中ロ印のようであり、 $\bar{V}_F=3.5\sim4$ となっている。写真-2に $l/c=1.0$ の $\bar{V}=4$ における振動モードを示すが、対称1次のモードの卓越した様が見られよう。

次に、 $l/c=0.4$ の場合の結果を図-4に示す。傾向は図-2と同様であるが、フラッタにおける振動数は、無風

時の逆対称1次のそれ $f_0=16.6\text{Hz}$ よりいくぶん高くなっている。 $\bar{V} \div 3.5$ における振動モードを写真-3に示す。写真-1～写真-2のいずれとも異なる振動モードを示している。図-5に見るように、この時の振動モードは逆対称1次と対称2次の固有モードが連成したものであり、進行波状である。このような連成フラッタは、 $0.2 < L/C < 0.5$ の範囲で発生する。 L/C と $\bar{V}_F$ の関係を、図-3の図中・印と×印で示す。・と×は、いくぶん異なる条件下で求められた結果であるが、剥離バブルが小さくなるに従い、フラッタ限界風速が上昇することが知られる。

図-3の図中 $L/C=0$ における×印は、文献で述べたポテンシャル流フラッタ限界風速の理論値である。本実験では、 $L/C < 0.2$ に対するフラッタの発生は、技術上の問題のために実現されなかったが、 $0.2 < L/C < 0.5$ の範囲における図の実験値の傾向から、 L/C がゼロに近づくにつ

れて、図中破線で示すように $\bar{V}_F$ が変化し、上記理論値に漸近するものと思われる。

④. おすび 前縁剥離を伴う一方向型吊屋根のフラッタ実験を行なった。その結果、①剥離バブルが大きい場合、対称1次のモードが卓越した1自由度フラッタを生じる。②剥離バブルが小さい場合、対称1次、逆対称1次、対称2次の振動が連成した進行波状モードのフラッタを生じる。③剥離バブルの縮小に伴ない、フラッタ限界風速が上昇するなどが明らかにされた。

謝辞：本研究を行なうにあたり、九州産業大学工学部の亀井頼隆氏と同土木構造工学研究室の卒研生諸君の援助を受けたことを記し、謝意を表したい。

参考文献

- 1) 吉村健・鹿庭和史：第6回風工学シンポジウム論文集，1980
- 2) 川村純太・木本英爾：日本建築学会論文報告集，275・277号，1979

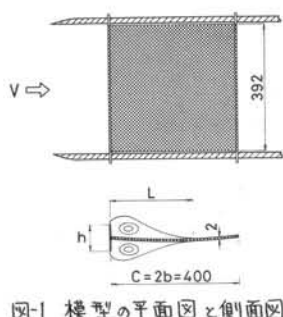


図-1 模型の平面図と側面図

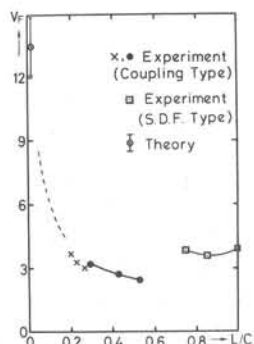


図-3 L/C と $\bar{V}_F$ の関係

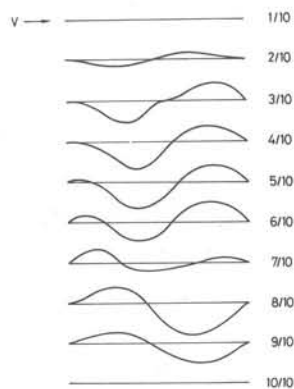


図-5 静的変位を除いた振動変位

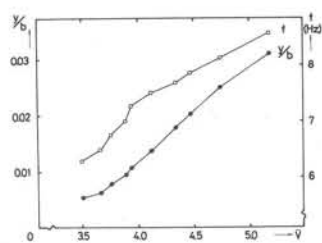


図-2 $L/C=0.85$ の場合のフラッタ特性

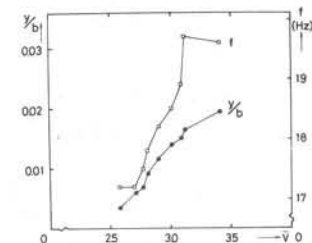


図-4 $L/C=0.4$ の場合のフラッタ特性

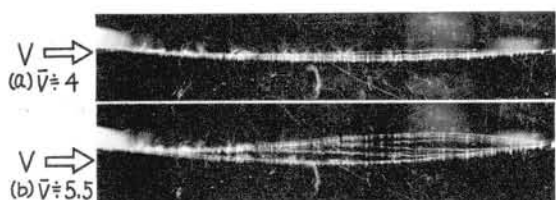


写真-1 $L/C=0.85$ の場合のフラッタにおける振動モード

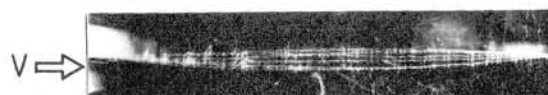


写真-2 $L/C=1.0$ の場合のフラッタにおける振動モード($\bar{V} \div 4$)



写真-3 $L/C=0.4$ の場合のフラッタにおける振動モード($\bar{V} \div 3.5$)