

吊屋根の渦励振

有明工業高等専門学校

三宅昭春

九州産業大学工学部 正員

吉村 健

〃

学生員

森下正浩, 國田東二

□ はしがき

□型断面の上面に弾性膜を張り付けたものを矩形膜と呼ぶことにすると, この矩形膜の下面に地面板を取付けると, 一面開放型の吊屋根となる(図-3, 4参照)。この吊屋根に生じる1自由度フラッタが, 偏平構造断面柱の(前縁剥離)渦励振に他ならないことを以下に示す。

② 偏平構造断面柱の渦励振

図-1は, 1:4のH型断面柱に関する曲げの渦励振の実験結果である。①図の結果は次のことを示している。①カルマン渦の放出振動数と模型の振動数とが一致する共振風速 $V_{cr}(n=1)$ の付近と, それよりも低い風速 $V_{cr}(n=2)$ の付近で渦励振を生じる。②後流にスプリッタ板を挿入してカルマン渦を消しても, ②の発振の応答特性に大きな変化が見られない。③図の渦励振の発生機構は次のように説明されている。すなわち, 図2に示すように, 凹みにおける剥離せん断層は, 凹みの間隔 d を n 波長($n=1, 2, \dots$)とする渦を形成する。代表長を d とした時のストローハル数は $St \approx 0.6n$ とほぼ一定となる。この種の発振はエッジトーンと呼ばれている。

図-1のH型断面柱の上・下面にもエッジトーンが形成されていると考えることができる。図に見た2つの発振は, それぞれ $St(d) \approx 1.20$ と 0.60 の渦, すなわち, 弦長 d を2波長および1波長とする(前縁剥離)渦に起因するフラッタであって, 凹柱や正方形角柱のカルマン渦励振と異なるものである。この種の渦励振は, 1:4の矩形断面柱等の偏平構造断面に共通して見られる。

③ 実験概要

模型のスパン(d)×桁行(l)は $240 \times 1600 \times 60\text{mm}$ で, その骨組となる□型断面柱はアングルおよび合板で作られている。屋根部分に相当する□型の上面には, 厚さ 0.28mm の薄いゴム膜が張られている。膜の補剛リブとしてステンレス棒2本を7本, 気流直角方向に

均等に張り付けている。断面比は $d/h=4$ である。この模型を風洞測定部の中央に水平にセットし, その両端を測定部壁に固定した。吊屋根の屋内に相当する模型内部の空気は, 模型の両端の開口部から大気に開放されている。

④ 実験結果

1) 矩形膜 実験に使用した膜の固有振動数と無風時減衰の特性を表1に記す。表中MとNは振動モードを表わす数字であって, それぞれ気流方向と気流直角方向の節の数を示す。

図3は地面板のない矩形膜の励振特性を示す。図中 $St=0.51$ 直線は, 1:4矩形断面柱に関する $n=1$ の渦のストローハル数直線であり, 膜を板に置換した模型を用いて得られたものである。また, $n=2$ の渦のストローハル数直線($St=1.0$)も, 便宜上図中に示している。風速を増して行くと, まず, $V=3\text{m/s}$ 付近の狭い風速域で(0,0)モードの励振が発生した。この時の膜の応答振幅と振動数を, それぞれ■印と□印で示す。風速を更に増して $V=4 \sim 7\text{m/s}$ にすると, ●印(応答振幅)と○印(振動数)で示される(0,1)モードの励振を生じるようになる。図中, $f_{0,0}$ と $f_{0,1}$ の破線で示した各モードの固有振動数直線が $St=0.51$ 直線と交わる風速が, それぞれ(0,0)モードと(0,1)モードに関する $n=1$ の渦との共振風速である。上記の励振が, いずれもこれらの共振風速付近から始まることから, これらは $n=1$ の渦に起因する渦励振であることがわかる。

ところで, $V=4 \sim 7\text{m/s}$ の風速域では, 上記(0,1)モードの他, ▲印と△印で記される(0,4)モードの励振も同時に発生する。風速を更に増して $V>7\text{m/s}$ にすると, ▲印と△印の(1,0)モードの励振に遷移する。これらの励振は, それぞれの固有振動数直線($f_{0,4}$ と $f_{1,0}$ の破線)と $St=1.0$ のストローハル数直線との交点付近から始まることから, いずれも $n=2$ の渦に起因する渦励振であるといえる。図示していない

が、 $V > 9.5 \text{ m/s}$ にすると、 $(1,0)$ モードから $(1,5)$ モードに遷移する。

以上に記したように、 $1:4$ の矩形膜では、 $1:4$ の矩形断面柱の渦励振と同様に、 $n=1$ の渦と $n=2$ の渦に起因する渦励振が生じる。かつ、風速の増加に伴ない、低次から高次のモードの渦励振が逐次発生する。その様子は、斜張橋の3次元弾性模型で観測される渦励振の様子とよく似ている。

2) 一面開放型の一方向型吊屋根 図4は、上記矩形膜に地面板を取付けた一面開放型の吊屋根模型の励振特性である。図の応答を図3と比較すると、両者の間に差異はほとんど認められない。振動モードを両

者全く同様である。一例として、写真1に $(1,5)$ モードの励振を示しておいた。両者の特性に見られる唯一の差異は、 V_{cr} よりいくらか低い風速における微小振幅の振動であって、矩形膜の場合、渦の振動数と同じ振動数で強制振動が発生するのに対し、地面板を付けるとこれが見られない。地面板の付加によって後流渦が消されたことに起因するものと思われる。

5 まとめ

一面開放型の一方向型吊屋根に生じる1自由度フラッタは、 $n=1$ あるいは $n=2$ の渦に起因する不安定現象であって、扁平な矩形やH型などの断面柱の渦励振と全く同じ発生機構のフラッタであることが明らかにされた。

謝辞 本研究を行うにあたり、九州産業大学の亀井頼隆氏と卒研生諸君の支援、および文部省科研費の援助を受けたことを記し謝意を表したい。

<参考文献>

- 1) 中村他; 九大風力研究所報 59号, 1983
- 2) Rockwell, D., et al; Transl. ASME, Vol. 100, 1978
- 3) 三宅他; 第8回風工学シンポジウム論文集 1984

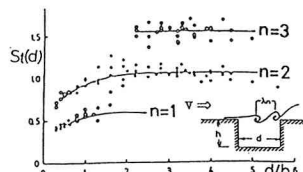
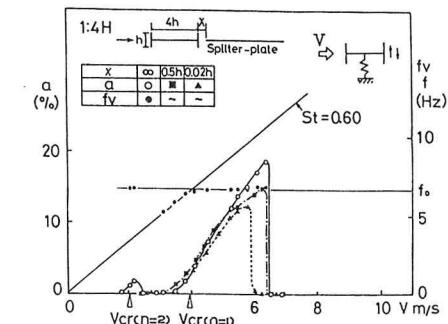


図1 H型断面柱の曲げ渦励振特性(文献1による)

図2 d/h とストロウハル数の関係(文献2による)

3) 三宅他; 第8回風工学シンポジウム論文集 1984

表-1 膜の固有振動数と無風時減衰

呼称	振動モード				固有振動数対数減衰率	
	記号	表示	M	N	f Hz	δ
0.0	$f_{0,0}$		0	0	5.49	0.133
0.1	$f_{0,1}$		0	1	9.16	0.086
0.2	$f_{0,2}$		0	2	11.29	0.094
0.3	$f_{0,3}$		0	3	13.85	0.065
0.4	$f_{0,4}$		0	4	18.87	0.042
0.5	$f_{0,5}$		0	5	27.83	0.025
1.0	$f_{1,0}$		1	0	25.33	0.011

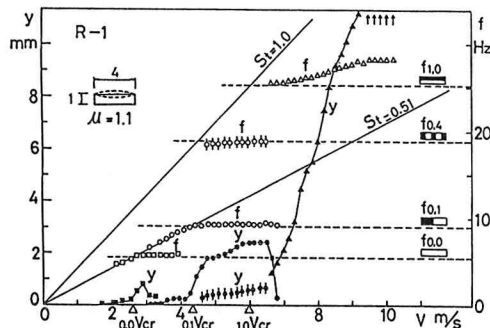


図3 矩形膜の励振特性

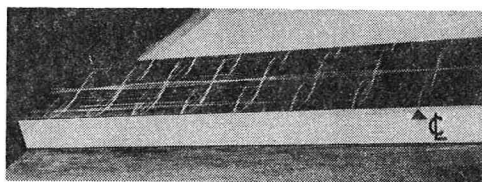


写真1 一方向型吊屋根の振動モード $(1,5)$

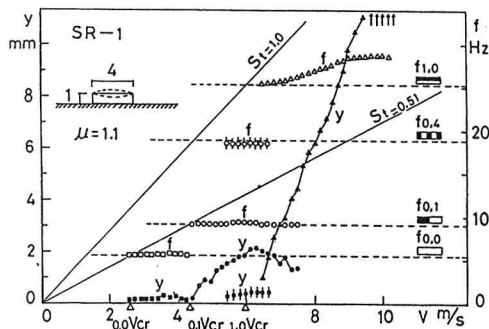


図4 一方向型吊屋根の励振特性