

# 吊屋根の渦励振に関する基礎的研究

有明工業高等専門学校 三宅 昭春

九州産業大学 正員 吉村 健

同 学生員 園田 東一、<sup>○</sup>平山 智良、赤松 輝雄

① まえがき 筆者らは、図1に示す検討方針にしたがって一方向型吊屋根のフラッタの発生機構を調べている。図中の(A)の偏平な矩形断面柱が流れに曝されると渦励振が生じる。この渦励振は(C)の凹みに生じる剥離渦、すなわち、弦長を1波長、2波長とするいわゆるエッジトーンの渦(これらをそれぞれ $\eta=1$ と $\eta=2$ の渦と呼ぶ)に起因するフラッタであることが知られている。一方、溝型断面柱の上面に張り付けた(d)の弾性膜でも、(A)と同じ発生メカニズムの渦励振を生じる。そして、これに地面板を取り付けると(e)の吊屋根となる。この地面板は(b)のスプリング板とよく似た作用をするものであり、(e)の応答は(d)のそれに変わらないことを文献1で示した。つまり、吊屋根のフラッタは、偏平溝型断面柱におけるエッジトーンの渦による励振と本質的に同じものであることが明らかにされた。

さらに、エッジトーンの渦に起因する凹みの底の弾性膜の渦励振が吊屋根のフラッタに他ならないことを確認する目的で、(f)の凹みの底の弾性膜について検討を始めた。その中間報告<sup>2)</sup>によれば、流れ方向に対して対称モードの渦励振発現開始風速はほぼ共振風速と一致することから、エッジトーンの渦がこの励振の種(タネ)であることがわかった。一方、逆対称モードの場合、必ずしも共振風速付近から励振が始まらない。これと同様の現象は、偏平な一方向型吊屋根でも見られ、いずれにおいても、励振発生の種と励振との関連が不明確である。そこで、本研究では、この逆対称モードの励振と種との関連を調べる目的で、幅広い断面比の凹みについて、凹みの底の弾性膜の重量を変化させ、渦励振の実験を行った。また、H型膜のフラッタ実験も行い、検討の一助とした。

② 実験結果と考察 ここでは、文献2を含めて、 $d/h$ が2~21の33ケースの凹みについてフラッタ実験を行った。模型と実験装置の概略図は図2に示すとおりであり、詳細については文献2を参照されたい。

実験結果の一例として、断面比 $d/h$ が大きい1:8と1:15断面の風速-応答曲線を図3の(a)と(b)に示す。振動モードは固有振動数 $f_n$ の $\eta=1$ と $\eta=2$ の添字(気流方向および気流直角方向の節の数)で表示した。また、 $\mu = \rho m / \rho_a d^2$ は質量比である。但し、 $m$ は単位桁あたりの質量、 $\rho$ は空気密度である。

これらの一連の実験値から渦励振発生風速域を求め、その無次元量 $1/\sqrt{\mu} = f_n d / V$ ( $f_n$ は気流中における膜の振動数)と断面比 $d/h$ を縦軸と横軸にそれぞれとり、プロットしたものが図4である。図中、白めき印( $\uparrow$ ,  $\downarrow$ 印)は対称モードの発生風速域を示し、黒めき印( $\bullet$ ,  $\blacktriangledown$ 印など)は逆対称モードを示す(1:8断面)。なお、 $\downarrow$ 印の矢印はその風速までしか実験できなかったことを示す。また、 $\eta=1$ と $\eta=2$ の網目で示す曲線は、文献3で求められた凹みのストローハル数 $St$ を参考に示している。

つぎに、H型断面のウェブを弾性膜に置換し、膜のみが振動するH型膜の実験結果を記す。9種の断面比を有する模型を用いて図5a(a)と(b)に示すような風速-応答曲線を求め、これらを取りまとめて図4と対応する図6を得た。

さて、一見してわかるように、図4の凹みの膜と図6のH型膜における応答特性はよく似ており、つぎに記す共通点がある。まず、断面比 $d/h$  1:2~1:5の凹みの膜と1:5~1:12のH型膜では、 $\eta=1$ の渦のストローハル数 $St=0.5\sim0.6$ を境にして、それより高風速域(図の下側)において対称モードの励振が、また、低風速域で逆対称モードの励振がそれぞれ発生している。特に、逆対称モードに着目すると、H型膜の励振発現終止風速が共振風速 $V_{cr} = 1/St$ とほぼ一致している。凹みの膜の場合もばらつきはあるものの、H型膜と同様の傾向が見られる。文献4に記したように、1:4矩形断面のねじれの渦励振も図と同様の特性を示す。逆対称モードは対称性という点でねじれモードと対応するので、この種のモードの渦励振では、終止風

速が共振風速に一致することはめずらしくないといえる。つぎに、上記の膜より大きい断面比の場合、逆対称モードの共振が発生する。その発生風速域はいずれも右下がりの傾向を示す。かつ、その発現の開始と終止の風速は、それぞれ $\eta=1$ と $\eta=2$ の間の共振風速付近である点も共通な特性としてあげられる。これらの共振が、 $\eta=1$ と $2$ のいずれの間に起因するものなのかは不明であり、スクリーン数を増した実験を行って、共振発生風速域がいずれの共振風速に収斂するかを調べなければならぬ。なお、 $d/h > 15$ の偏平なH型膜では、高風速域において連成モードのフラッタが発生した(図6)。これについては別の機会に発表する。

④ おまじ 凹みの底の弾性膜とH型膜に生じる逆対称モードの共振と振振の種との関連を調べた結果、共振風速付近で共振が終止するものが見られた。

おわりに、本研究を行うにあたり、九産大の亀井隆氏、大学院生、卒研生ならびに有明高専の卒研生の諸君の援助を受けたことを記し、謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 三宅ほか：第8回風工学シンポジウム論文集 1984
- 2) 三宅ほか：建築学会大会学術講演梗概集 1985
- 3) Rockwell, D., et al. : Trans ASME, Vol. 100, 1978
- 4) 吉村ほか：土木学会西部支部講演梗概集 1986
- 5) 中村ほか：九産大力研所報 59号, 1983

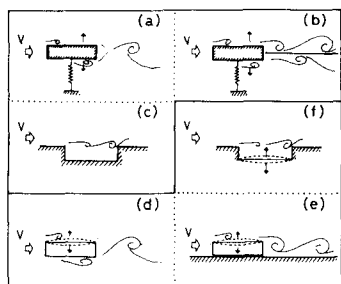


図1 検討方針

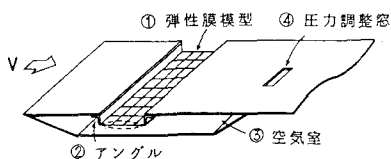
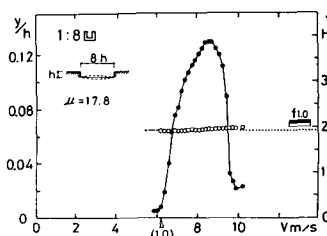
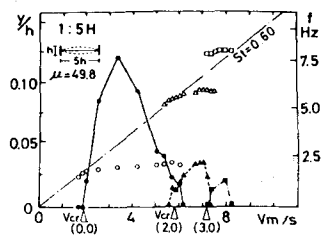


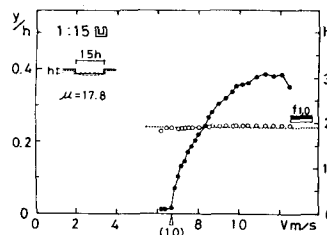
図2 模型および実験装置の概略図



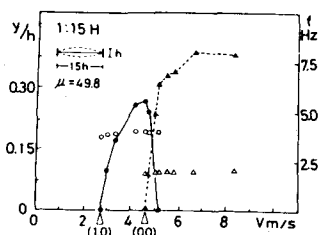
(a) 1:8凹



(a) 1:5H



(b) 1:15凹



(b) 1:15H

図3 凹みの底の弾性膜の応答特性 図5 H型膜の応答特性

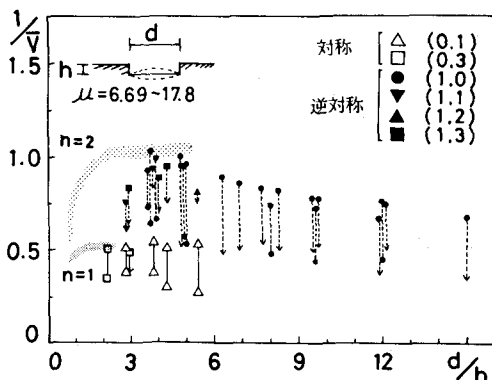


図4 凹みの底の弾性膜  $1/V$  と  $d/h$  の関係

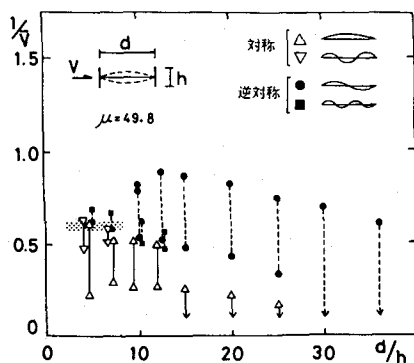


図6 H型膜  $1/V$  と  $d/h$  の関係