

膜構造のフラッタ

有明工業高等専門学校 建築学科 三宅 昭春

九州産業大学工学部 正 吉村 健・学〇平山 智良・比嘉 智・衛藤智徳

1. はじめに 低風速域で生じる吊屋根の1自由度フラッタは“impinging shear layer instability”に起因する渦励振であることを文献(1)に記した。しかし、そこでは、励振発生源の渦の存在を明示するまでには至らなかった。よく知られているように、凹みの底の弾性膜は、この種の instability に起因する渦励振を生じる。そこで、本研究では、まずこの膜のフラッタ実験と流れの可視化実験を行い、得られた結果を補助手段として用い、吊屋根に関する上記のことがらを明確にすることを試みる。

2. 凹みの底の弾性膜の渦励振 凹みにおける剝離せん断層は impinging shear layer の代表例の一つであり、この流れの不安定現象は、self-control involving fluid-dynamic feedback と呼ばれる。control された剝離せん断層では、 $\lambda = d/n$ (d は凹みの幅。 $n=1, 2, \dots$) なる波長の変動(渦といってよい)のみ selective amplification が行われるので、ストローハル数 $St = f d / V$ は、 d/h の値によらずほぼ一定値をとる²⁾。ここに、 f は変動の周波数、 V は流速、 h は凹みの深さを表す。したがって、種々の d/h を有する凹みで、その底に弾性膜を張った模型は、 d/h の値によらず、ほぼ一定値の共振風速 $\bar{V}_r (=1/St)$ の付近で渦励振を生じることが予想される。

図1は、このことを確認する目的で行った凹みの底の弾性膜の実験結果である。図に見るように、第1と第2の発振は、それぞれ $\bar{V}=0.5\sim 0.6$ と $0.7\sim 0.8$ の狭い風速域生じており、予想どおり、ほとんど横一列に並ぶ。また、第3の発振もすべて $1.1\sim 1.3$ から発振が始まっている。後者は、 d/h が増すにつれていくぶん右上がりの傾向を示す。

図1に見た渦励振の共振風速を求める目的で、スモークワイヤー法で可視化したせん断流をビデオカメラに撮影した。写真1にその一例を示す。よく知られているように、せん断層は渦に巻き込んでいる。この渦の放出周期を求めるために、渦巻の上流の剝離せん断層を光学変位計でとらえ、その上下方向の変動成分を検出した(写真1の口部分)。その一例を図2に示す。ほぼ周期的な変動成分が間歇的に生じる様が見られる。この変動周期から求めた共振風速は、図1に示した励振発生風速域に含まれることが分かったが、スペクトル解析結果については、後日報告することにする。ここでは、弾性膜を強制加振した時のフローパターンから $\bar{V}-(\lambda/d)$ 曲線を求めた。その結果の一例を写真2と図3に示す。 $\lambda = d \sim d/4$ ($n=1\sim 4$) なる波長の渦が観察される共振風速を図より求めると、それぞれ $\bar{V}=1.8, 1.1, 0.75$ および 0.51 となる。よって、図1に示した第1～第3の発振は、 $d/4 \sim d/2$ の波長の渦との共振風速付近で生じていることが分かった。また、小さい d/h の膜に生じる▲印の発振は、 $\lambda = d$ の渦との共振風速付近から発現が始まることも分かった。

3. 一方向型吊屋根の渦励振 一面開放型と両面開放型の一方向型吊屋根の励振の結果を、それぞれ図4と図5に示す。図中に網目で示す発振開始風速と図3のそれとの間に共通の特性が認められ、前者が、impinging shear layer instability に起因する渦励振であることを示唆している。

吊屋根についても、上記の弾性膜の場合と同様に、流れの可視化実験によって渦の存在とその放出周期を求めた。静止模型の場合、写真3に見られる渦は希にしか生じないが、せん断層の変動は図6に示すように、確かに、卓越周波数成分を有する。また、振動模型で得られた渦の波長(例えば写真4)は、図4と図5の網目の風速で約 $d/2$ であったし、図5の第1の発振風速域 ($d/h > 15$) では約 $d/3$ であった。

4. むすび より詳細については、現在行っているスペクトル解析の結果を俟たなければならないが、以上の実験結果によって、吊屋根の1自由度フラッタも、扁平構造断面のそれと同じ発生機構の渦励振(文献3) —impinging shear layer instability に起因する渦励振— であることが示された。最後に、本研究を行うにあたり、九産大の亀井頼隆氏と大学院生・卒研生に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・吉村・森下・園田：日本建築学会論文集，第 367号，1986. 2) Rockwell, D. and E. Naudascher：ASME, Vol.100, 1978. 3) 吉村・三宅・赤松・屋嘉・衛藤：本概要集.

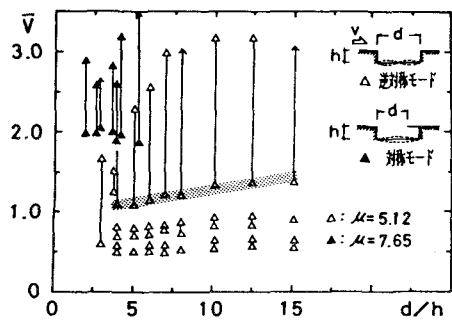


図 1

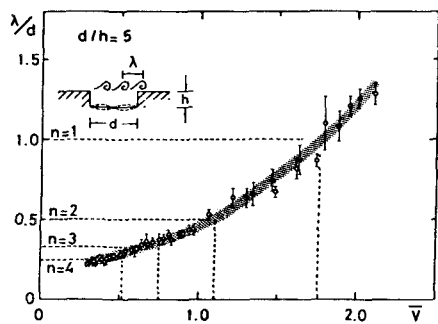


図 3

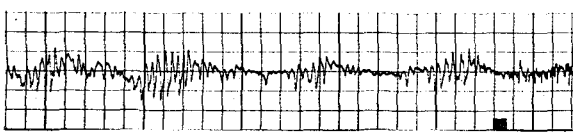


図 2

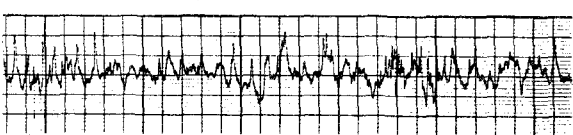


図 6

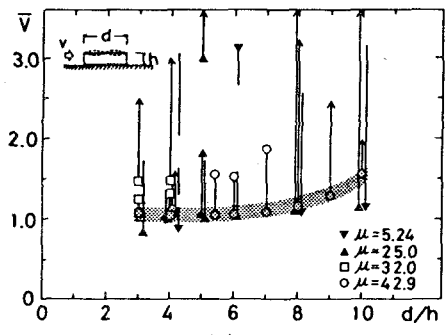


図 4

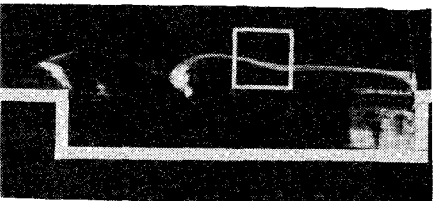


写真 1



写真 2

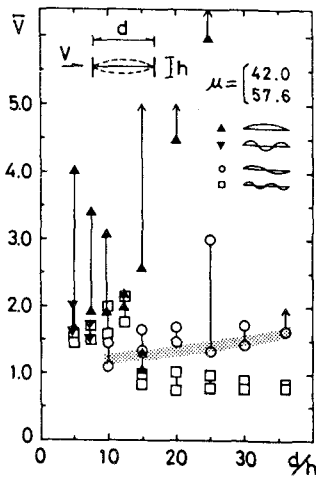


図 5



写真 3



写真 4