

## 吊屋根の渦励振に関する一考察

—— 3次元模型の応答特性について ——

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土木工学科

正会員○吉村 健

九州大学工学部建築学科

牧野 稔

1. はじめに 一方向型吊屋根では低風速で1自由度フラッタが発生する。この種のフラッタは、単一剥離バブルを持つ不安定現象に起因する渦励振であることを、筆者らは文献1, 2)で明かにした。

本研究では、これまで2次元模型で行われてきた実験を3次元模型に拡張し、その応答特性を調べることにした。吊屋根や空気膜構造に対する空力弾性応答の模型実験では、内部体積の変化を伴う振動モードに対して、模型の内部体積を十分に大きくしなければならないことをTryggvason<sup>3)</sup>が示した。つまり相似則によれば、模型と構造物の内部体積比 $\lambda_v = v_m/v_p$ は、 $\lambda_v = \lambda_l^3/\lambda_u^2$ とすべきであるとしている。ここで、 $\lambda_l = L_m/L_p$ 、 $\lambda_u = V_m/V_p$ であり、 $L$ と $V$ は長さや風速のスケールである。

本実験では、この内部体積比とアスペクト比 $l/d$ (桁行方向 $l$ と梁間方向 $d$ の比)をパラメータとして、応答特性を調べたので、その結果の一部を報告する。

2. 実験概要 模型の屋根は0.28mmのゴム膜であり、重量付加の目的で膜の裏側にコインが張り付けられている。模型の大きさは軒高 $h=28\text{mm}$ とし、断面比 $d/h=8.6$ 、アスペクト比 $l/d=1, 2, 4$ である。これらの模型の底面が板で閉鎖されている場合(表1中の $v$ )と大気に開放されている場合( $\infty$ )、ならびに、模型の100倍の体積を有する空気室を模型の下部に付加した場合( $100v$ )の、計9ケースについて一様流中で実験した。

3. 実験結果および考察 表1は、無風時において、屋根面を小型加振器で強制加振して求めた固有振動数 $f$ と対数減衰率 $\delta$ を示す。表中振動モードの $M$ と $N$ は、それぞれ流れ方向と流れ直角方向の節の数を示す。質量比 $\mu = 2m/(\rho d^2)$ は約19.0であった。ここに $m$ と $\rho$ は、それぞれ単位桁行あたりの質量と空気密度である。空欄は起振が困難な振動モードを示す。内部体積が大きいほど、対称モードの振動が発生し易いことがわかる。表中には、下記の実験で得られた励振の発生無次元風速 $\bar{V} = V/(f \cdot d)$ も示されている。

図1(c)は、2次元模型で得られた過去の実験結果の一例である。模型の大きさは、軒高 $h=41.7\text{mm}$ 、断面比 $d/h=8$ 、アスペクト比 $l/d=6$ であり、屋根の質量比 $\mu$ は25.0である。模型内部の空気は、大気に開放されている。図2(a)~(c)と図3(a)~(c)は、それぞれアスペクト比 $l/d=4$ と $l/d=1$ の場合で、(a)~(c)は、それぞれ底板付、空気室付および大気開放の場合の励振特性を示す。図中、(As, S)は振動モード( $M, N$ )に対応したものであり、AsとSは、それぞれ逆対称モードと対称モードを表す。本実験で見られた振動モードは(1,0)、(0,1)および(0,0)モードであり、(1,0)と(0,1)モードは、共に内部体積を伴わない逆対称モードの励振である。

まず、アスペクト比が応答特性に及ぼす影響について述べる。図1~3を縦方向[(a), (b), (c)グループごと]に比較されたい[図1(a), (b)は未実験]。図に見るように、応答特性に大きな差異は認められない。すなわち、図2(b), 図3(b)に見る(0,1)と(1,0)といった違いはあるものの、対称・逆対称という振動モードならびに応答振幅特性のいずれもアスペクト比のいかんによらず本質的には変わらない。

つぎに、内部体積比が応答特性に及ぼす影響について述べる。図2あるいは図3を横方向に比較されたい。図の(a)と(b)では、内部体積変化を伴わない逆対称モードの励振が発生する。これに対し、大気開放型模型に関する図の(c)では、対称モードの励振が発生している。応答振幅特性も図の(a)~(c)では大いに異なる。よって、内部体積比は相似則における重要な無次元量であることがわかった。

4. むすび 本研究では、吊屋根の3次元模型の一断面について、アスペクト比と内部体積比をパラメ

一夕に取り励振特性の差異を調べた。その結果、応答特性に及ぼすアスペクト比の影響は小さいこと、ならびに、内部体積比の影響は大きいことがわかった。したがって、実構造物の対風挙動を模型実験で推定する場合、内部体積比に関する相似を的確に行う必要があることが確認された。最後に、本研究を行うにあたり、九産大の亀井頼隆氏および卒業研究生諸君の援助を受けた。ここに感謝の意を表します。

参考文献 1)三宅・吉村・森下・園田：日本建築学会構造系論文集，第367号，1986. 2)三宅・吉村・牧野：日本風工学会，第41号，1989. 3)Tryggvason, B.V., Proc. 5th Int. Conf. on Wind Engineering, 1981.

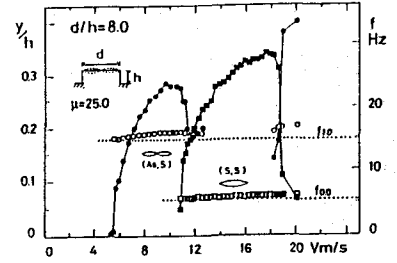


図1(c) 2次元模型の励振特性  
(アスペクト比  $l/d=6$ )

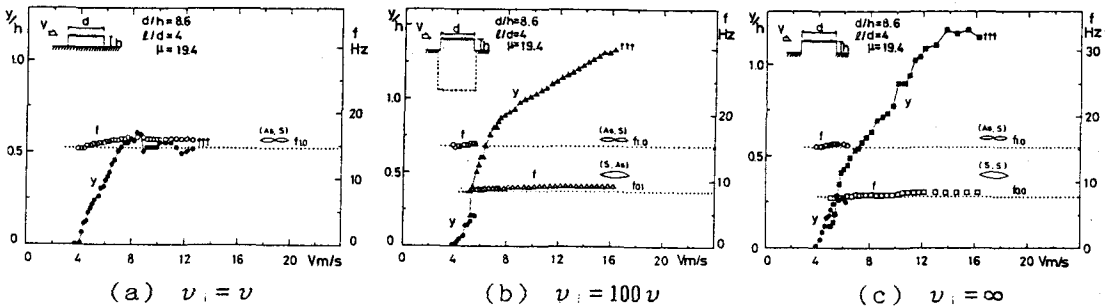


図2 励振特性 (アスペクト比  $l/d=4$ )

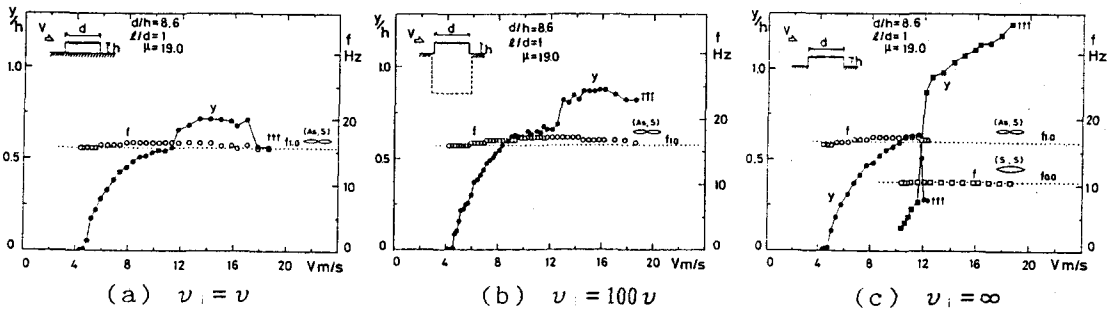


図3 励振特性 (アスペクト比  $l/d=1$ )

表1 模型の固有振動数，対数減衰率および励振発生無次元風速の一覧

| $l/d$    | 4            |          |            |          |            |          | 2            |          |            |          |            |          | 1            |          |            |          |            |          |
|----------|--------------|----------|------------|----------|------------|----------|--------------|----------|------------|----------|------------|----------|--------------|----------|------------|----------|------------|----------|
|          | $\mu = 19.4$ |          |            |          |            |          | $\mu = 19.3$ |          |            |          |            |          | $\mu = 19.0$ |          |            |          |            |          |
|          | $v$          |          | 100v       |          | $\infty$   |          | $v$          |          | 100v       |          | $\infty$   |          | $v$          |          | 100v       |          | $\infty$   |          |
|          | $f$ (Hz)     | $\delta$ | $f$ (Hz)   | $\delta$ | $f$ (Hz)   | $\delta$ | $f$ (Hz)     | $\delta$ | $f$ (Hz)   | $\delta$ | $f$ (Hz)   | $\delta$ | $f$ (Hz)     | $\delta$ | $f$ (Hz)   | $\delta$ | $f$ (Hz)   | $\delta$ |
| (0,0)    |              |          |            |          | 7.80       | 0.031    |              |          |            |          | 8.58       | 0.028    |              |          | 11.20      | -        | 10.00      | -        |
| (0,1)    | 6.63         | -        | 8.39       | 0.020    | 8.45       | 0.020    | 10.34        | -        | 10.92      | -        |            |          |              |          | 23.60      | 0.018    |            |          |
| (1,0)    | 14.63        | 0.011    | 15.21      | 0.008    | 15.28      | 0.008    | 16.19        | 0.012    | 16.19      | 0.008    | 16.19      | 0.008    | 15.60        | 0.015    | 16.00      | 0.013    | 16.40      | 0.011    |
| $\nabla$ | 1.15 (1,0)   |          | 1.10 (1,0) |          | 2.07 (0,0) |          | 1.22 (1,0)   |          | 1.18 (1,0) |          | 1.16 (1,0) |          | 1.20 (1,0)   |          | 1.17 (1,0) |          | 1.21 (1,0) |          |
|          |              |          | 2.00 (0,1) |          | 1.05 (1,0) |          |              |          |            |          | 3.37 (0,0) |          |              |          |            |          | 4.11 (0,0) |          |