

九州大学 工学部

学生員 吉村 健

同 応用力学研究所

正員 中村 泰治

1. 1. はじめ Bluff body を対象とする空力弾性の分野においては、周波数応答による空力の表示が従来より行われて来た。これに対し、最近 Scanlan<sup>(1)</sup> は、特に吊橋断面に対する空力をステッパ応答により表現し、従来とは異なる観点からそれらの断面の不安定性を論じた。彼らの研究には注目すべき点が多いが、それらの空力は単に周波数応答の実験結果より間接的に求められたものであるために、現象に対する流体力学的考察が行われていない点に欠点がある。本研究は、特に吊橋断面を対象として、ステッパ応答や衝撃応答を直接実験的に求め、それら空力特性に対する流体力学的考察を行おうことにより、発生するフラッタの発振機構にさぐりを入れんとするものである。本報告ではまず付録として、種々の桁高を有するプレートガーダー型吊橋断面にステッパ型突風が作用する場合の揚力および空力モーメントを風洞実験により求め、対応する流体力学的様子を実験的に観察した。これは、有効迎角がステッパ的に変化する場合の応答を近似している。

2. 実験装置と模型 使用風洞は、九州大学工学部の大規模風洞である。同風洞は、測定部下流の拡散洞に設けられた大規模風発生用羽根ファンにより脈動風やステッパ型突風を発生させることのできる<sup>(2)</sup>。図-1に突風の記録の例を示す。使用した模型は、10<sup>φ</sup> のアルミパイプ<sup>(3)</sup>に補剛された  $t \times C \times L = 30 \times 200 \times 1950$  mm の平板 (t, C: 図-2参照、L: スパン)、およびその前後あるいは両縁に  $d/C = 6, 9, 12\%$  のプレートガーダーを取り付けたものである (WF に t-06, H-06 等と呼ぶ)。

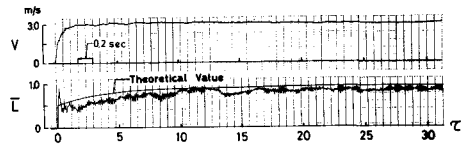


図-1. 突風および平板模型の応答

迎角  $\alpha = 2^\circ$  に設定した場合の揚力および断面中心まわりのモーメント (以下にモーメントと呼ぶ) は、図-2 に示す2種の桁ばねの歪により検出したスワッチの揚力  $L_1, L_2$  から求められる。以下において、時間、揚力およびモーメントはそれぞれ次式で無次元化されている。  $\tau = Vt/b$  (s: 時間),  $L = L_1 / (\rho b V^2 d)$ ,  $M = M_1 / (\rho b^2 V^2 d)$ 。なお、別の実験により、t-12, H-09, 12 は本質的に単自由度フラッタ型に、t-06, 09, H-06 は中間型にそれぞれ分類されることになっている。

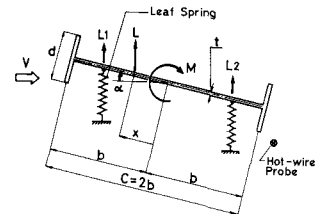


図-2.

3. 実験結果 図-1は、平板に対する結果である。理論に比べて2~3割低い値を示しているが、アスファルト比が1であること、 $C_d$ /測定部高さ が大きいこと等を考慮すれば、比較的良好一致を得ている。t-09, 12の結果をそれぞれ図-3, 4に示す。まず揚力について述べる。t-09は平板と定性的な差異は無いが、t-12では増加の後減少し、 $\tau = 20$  でほぼ定常となる。t-06はt-09と定性的な差異はなかった。次にモーメントについては、t-09, 12はそれの断面でも2~3で急増した後ゆるやかに減少して、 $\tau = 15 \sim 20$  でほぼ定常となる。この傾向はt-06においても同様であった。ただし、その変化の割合は  $d/C$  が大きい程大である。また定常値は逆に  $d/C$  が大きい程小さい。図-4に空力中心の変化も示されている。初期に1/4弦長位置付近にあり、

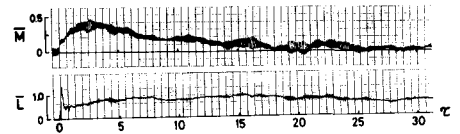


図-3. t-09 模型の応答

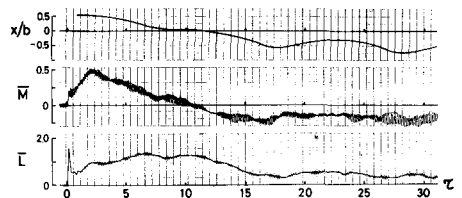


図-4. t-12 模型の応答

空力中心は時間の経過とともに後縁方向に移動してゆく。t=0.6, 0.9の場合にもこの傾向は同様に見られた。ただし、その変化の割合は%が大きい程大である。このようにT型断面では、モーメントの変化と定常値に達するのにかかる時間、および空力中心の移動が平板とは全く異なる。平板においては、モーメントは揚力と全く同様に変化し、定常に達する時間(実験値)が $\tau=10$ と短かく、また空力中心は常に $1/4$ 弦長奥にあり移動しない。前縁に取り付けたプレートが「ター」で剥離した流れがこのように大きな変化をもたらしているわけである。

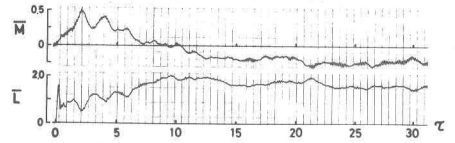


図-5. H-1/2 模型の応答

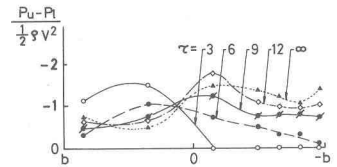


図-6. H-1/2 模型の圧力分布 ( $\alpha=4^\circ$ )

次にH型断面の例としてH-1/2の結果を図-5に示す。図にみるように、モーメントの変化はT-1/2 とほぼ同様であり、また空力中心は、T-1/2 程には移動が急激ではないが、それとほぼ同様に後縁方向に移動する。これに対し、揚力はT-1/2 とは異なる。以上の傾向はH-0.6, 0.9においてもほぼ同様であった。図-6はH-1/2の圧力分布の変化の様である。上記の揚力、モーメントおよび空力中心の移動がこのように圧力分布の変化により生じているわけである。

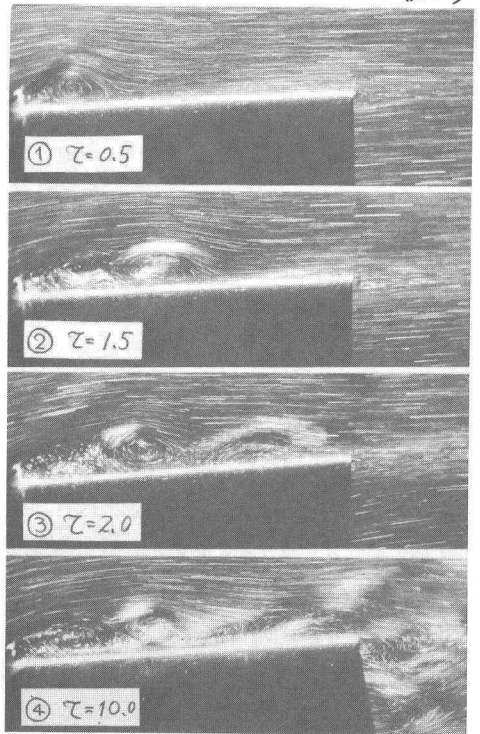


図-7. T-1/2 模型の流況パターン

次に、T-1/2の流れの様子をアルミ粉末法による水層水実験で観察した結果を図-7に示す。 $\alpha=2^\circ$ で、流れは左から右に流れている。プレートが「ター」から剥離した流れは渦に巻き込み(①)、それが成長して(②、③)後流に流れてゆく。この渦の成長過程は、図-4にみたてて $\tau=2.0$ におけるモーメントの急激な増大と対応している。 $\tau>3$ におけるモーメントのゆるやかな変化については、流況の上ではほぼ目に付いた変化はないようであるが、③( $\tau=2.0$ )と④( $\tau=10$ )とを注意深く比較してみれば、④では剥離バブルがいくらか縮小しているようである。なお、風洞と水層におけるレイノルズ数  $R = V/c$  はそれぞれ  $4 \times 10^5$  および  $3 \times 10^3$  であった。

最後に、本実験におけるモーメント曲線を、Raggett<sup>(3)</sup>が提案した半実験公式(周波数応答の実験値より求められたもの)と比較すると、両者は定性的にはかなり合っている。

**4. 結 語** 平板、T型およびH型断面模型に入射7型突風を作用させた風洞実験を行った結果、次のことがわかった。まず揚力については、T型およびH型断面においては、T-1/2を除くその変化の様子も平板のそれと定性的な差異はない。これに対し、モーメントについては、T型およびH型断面においては、その変化の様子および定常値に達するのにかかる時間が平板とは全く異なる。また空力中心は時間の経過とともに後縁方向に移動する点も平板と異なる点である。なお、これらの結果と関連するフラッタメータについては次回に報告の予定である。最後に、本研究を行なうにあたり、実験面で深い指導、杉谷賢一郎氏特許付与に御料二代に多大の協力を寄せたことを記し、謝意を表す。

参考文献 (1) Scanlan, R.H. et al., Proc. ASCE, EM4, Aug. 1974 (2) 土木研究所報, 第26号, 547.2. (3) Raggett, J.D., Thesis presented to Princeton Univ. 1970