

川田工業(株) 正員 ○ 宮地 真一
九州工業大学 正員 久保 喜延
北九州市 今田 憲生

1. まえがき 橋梁断面の振動現象は非常に複雑であり、そのメカニズムは殆ど解明されておらず、制振対策としても、付加物を取り付けるだけの応急処置的なものが主であり、振動現象を流れ学的に捕らえて理論的な裏付けのもとに制振対策が施された例は殆ど無い。そこで今回は、橋梁断面が気流中で振動するとき、その表面圧力の変動特性を調べ、その結果から模型周辺流れの様相を求めることにより、定常振動時の模型周辺の流れのモデル化を行うことを目的としている。

模型の振動状態と、その周辺流れのパターンとが結びつければ、各振動の発生メカニズムの解明に大きく近付くであろうし、表面圧力変動が振動を励起し振幅を増大させてゆくときの周辺流れのパターンがわかれば、これまでと違った新しい耐風制振策に対して基礎的データを与えるものとなるであろう。

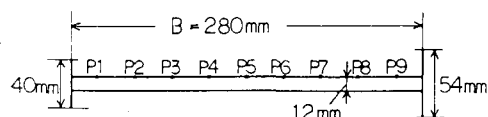


Fig. 1 模型寸法

2. 実験 本実験に使用した風洞は、測定断面1070mm×1070mmを有するエッフェル型風洞であり、供試模型はFig. 1に示すような、アルミニウム板と模型用角材によつて作成したものをを用いた。応答実験は、ねじれ1自由度の自由振動法で行い、Fig. 1に示すように、模型表面には圧力タップを取り付けた。振動時の諸元は、ねじれ振動数 $f = 10.60$ Hz, 極慣性モーメント $\theta = 0.0225 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, 構造減衰率 $\delta_s = 0.0031$ であり、迎角を 0° にセットし、各風速について応答実験を行い、30mmごとに流れ方向に配置した圧力タップの各位置における圧力変動のデータを得た。

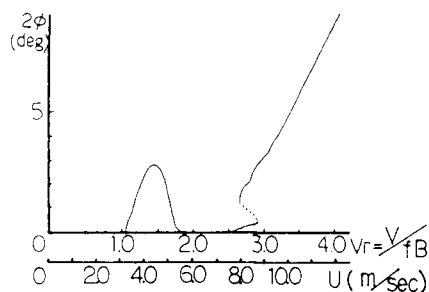
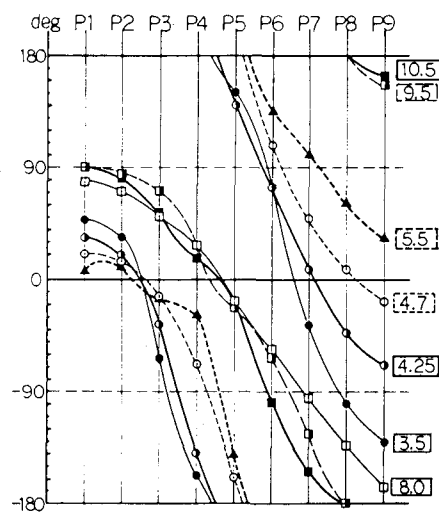


Fig. 2 応答曲線

3. 実験結果とその考察 応答実験により、Fig. 2に示されるような応答図が得られた。主流速 4.25 m/Sec 辺りで、限界ねじれ振動が見られ、主流速 8.0 m/Sec 以上で、フラッターが出現し、又、主流速 5.5 m/Sec 辺りで、鉛直曲げ振動が確認された。表面圧力変動と模型前線の応答との位相を、各風速で各測点について求めたものがFig. 3である。低風速域の限界ねじれ振動に関しては、風速の上昇と共に、後縁側へ行く程、位相のずれが大きくなるのに対して、高風速域のフラッターに関しては、風速が上昇しても各測点での位相特性はさほど変化していないことが、このFig. 3に示されている。このような違いが生ずるのは、模型中心付近ではなく離せん断層の巻き込みのメカニズムが、低風速域と高風速域とで著しく異なるためであると考えている。

V (主流風速) = 4.25 m/Sec (ねじれ振動)

Fig. 3 圧力変動と模型前線の
応答との位相

$U = 5.5 \text{ m/Sec}$ (たわみ振動), $U = 8.0 \text{ m/Sec}$ (ねじり振動) の3つの場合について、Fig. 3の位相図より、模型前縁からはく離して流下してゆく前縁はく離渦の位置と模型の状態との関係を求めることによって、振動時の前縁から気流がはがれてはく離せん断層を形成し、測点1での負圧が極大となる瞬間、模型周辺の流れの場の様子がどのようにになっているのかを渦という形で示したのがFig. 4である。図中の模型表面上に付した矢印は、その瞬間、気流が模型表面に力を及ぼしている様子を模式的に表したもので、各々の矢印は、その瞬間の模型表面上の圧力差の方向を示している。

◎ $U = 4.25 \text{ m/Sec}$ について： 前縁付近と後縁付近とで振動を励起する方向に力がかかり、模型中心付近で、振動を妨害する方向に力がかかるが、中心付近の2つの力が模型に及ぼす回転モーメントは非常に小さく、前縁及び後縁付近にかかる力による回転モーメントの方が支配的である。◎ $U = 5.5 \text{ m/Sec}$ ：回転モーメントを打ち消す向きに力がかかっており、このフローパターンは、中村によって指摘されているエッジトーン現象に対応するものと考えられる。◎ $U = 8.0 \text{ m/Sec}$ ：模型表面全域に亘ってスムーズな回転モーメントが生じる様に渦が分布している。

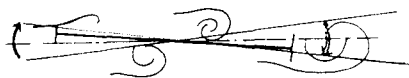
なお、Fig. 4中の矢印の長さは、圧力変動振幅解析結果より、変動振幅の比をとって、任意に決めたものである。

又、各風速に於いて、模型のどの部分で振動が誘起されているのかを見るため、各測点での圧力変動が応答になす仕事をFig. 5に示しているが、 $U = 4.25 \text{ m/Sec}$ では前縁付近、 $U = 5.5 \text{ m/Sec}$ ではほとんど後縁側、そして $U = 8.0 \text{ m/Sec}$ ではほぼ全域で圧力変動が振動にエネルギーを供給しており、 8.0 m/Sec より更に風速が上昇してゆくと、気流が振動にエネルギーを供給する領域が後縁側から前縁側へ移動してゆくことがわかる。

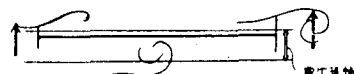
4. まとめ

低風速域の限定ねじれ振動、鉛直たわみ振動、高風速のねじれ振動、の3つの振動状態は、全く別々のメカニズムによって生じているのではなく、全て、前縁からはく離渦の分布のパターンによって振動状態が決定される。つまり、模型表面上での前縁はく離渦が、模型に回転モーメントを生じさせるように分布している時はねじれ振動が誘起され、又、回転モーメントを打ち消すように分布している時は曲げ振動が誘起され、それぞれの状態で、表面圧力が応答に寄与するような位相特性をもって模型に働く時、振幅は増大し、定常振動に達する。前縁はく離渦は、模型中心で大きく巻き込みを生じており、その巻き込みのメカニズムが解明できれば、模型表面圧力と模型周辺流れとのつながりがより具体化され振動発生メカニズムの解明に向けて一歩前進するものと思われる。

i) $U = 4.25 \text{ m/s}$ (ねじれ振動)



ii) $U = 5.5 \text{ m/s}$ (たわみ振動)



iii) $U = 8.0 \text{ m/s}$ (ねじれ振動)

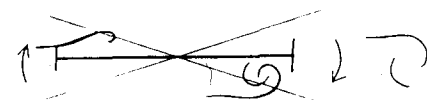


Fig. 4 周辺流れのパターン
(Fig. 3 より類推)

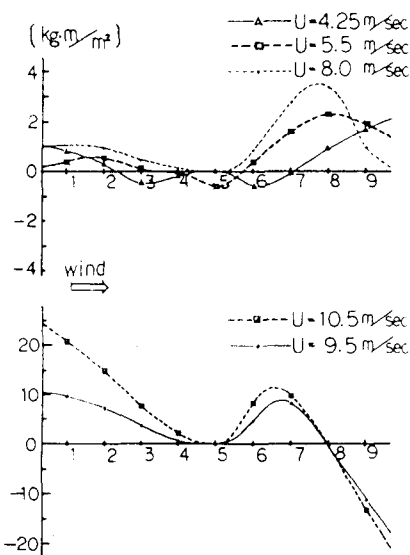


Fig. 5 変動圧力が模型表面になす仕事