

東京大学 工学部 正員 ○ 田中 宏
 東京大学 大学院 学生員 森光 康夫

1. まえがき

吊橋の風による振動を抑制するために橋床部を閉床構造にする方法は既に実用にさめて久しいが、この場合に、グレーティング又は空隙をどの位置にどの程度の大きさで設けたら最も適当であるかという点に対しては、未だ明確な規程がないようで、一応定性的に、弾性中心に関する空力モーメントを小さくする意味で、橋床の最外側部に空間を多くとる方が良いといわれている。この報告は、平板に閉床部分を設けた場合、これに作用する空気力がどのように変化するかということを実験的に求め、曲げ捻れフラッター型特性を有する断面における閉床効果に関する資料を提供しようとするものである。

2. 非定常空気力の測定

二次元剛体が円振動数 ω で上下・回転連成振動する場合、風速 V のもとで作用する揚力 L および空力モーメント M は

$$\downarrow L = \pi \rho b^2 \omega^2 \left[L_{\eta} \left(\frac{\eta}{b} \right) + L_{\varphi} \varphi \right] \quad (1)$$

$$\downarrow M = \pi \rho b^2 \omega^2 \left[M_{\eta} \left(\frac{\eta}{b} \right) + M_{\varphi} \varphi \right]$$

ここに η : 上下変位, φ : 回転変位, ρ : 空気密度, b : 物体幅の半分である。各空気力係数はいずれも換算振動数 $k = \omega b / V$

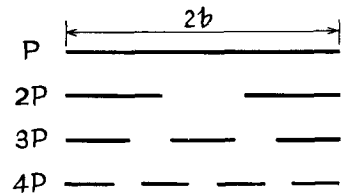
の関数であって、振動変位に対して位相遅れをもつので、たとえば $L_{\eta} = L_{\eta R} + i L_{\eta I}$ のように複素数表示する。図-1 に示すような断面の各模型に対する空気力の測定値の一部を図-2 に示す。測定に用いた強制振動振幅は上下方向 $\eta_0 = 10 \text{ mm}$, 回転方向 $\varphi_0 = 4^\circ$ である。

これらを簡単に考察すると、

1) 一般に平板空気力は理論値 (Theodorsen) によく一致し、開床平板の場合も類似の傾向が見られる。ただし、開床率が30%をこえると $L_{\eta I} < 0$ となる傾向がある。

2) 開床率が増大すれば各成分は小さくなるが、 $k \geq 0.6$ の範囲ではその影響は小さい。

3) 同一開床率に対して、断面の回転半径が小さくなると $|M|$ は小さくなるが $|L|$ の変化は余



$\alpha = 0, 0.15, 0.30, 0.45, 0.60$

図-1

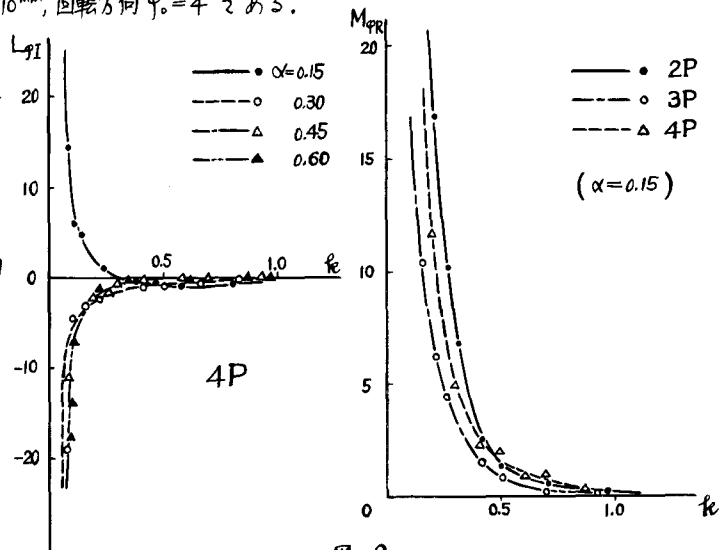


図-2

り見られない。

4) 位相遅れの変化は一般に小さい。従って、用床率の増大による M_{gr} の変化が余り大きくないのに対して M_{qr} は 3P, 4P, 2P の順でかなり減少している。このことは限界風速に少なからぬ影響を与えるものと考えられる。¹⁾

3. 空気力達成項の物理的意味

達成振動の安定条件において重要な役割を果たすのは空気力の達成項 L_q, M_q であり、その物理的特徴は大略以下のとおりである。 L_{qr} は変位 q によって η 方向に力を作用させ、見かけの曲げ剛性を低下させる効果をもつ。 $L_{q\dot{\eta}}$ は角速度 $\dot{q}$ によって η を作用させ、見かけの曲げ減衰を低下させる。同様に M_{qr} は変位 q によって見かけの捩れ剛性を、 $M_{q\dot{\eta}}$ は速度 $\dot{q}$ によって見かけの捩れ減衰を夫々低下させる効果をもつ。 L_{qr}, M_{qr} は夫々定常空気力（静的三分力）における $-Aq, A\dot{q}(-i/\nu)$ ($A, A\dot{q}$: 揚力および空力モーメント曲線の勾配) に相当する。従って、 $L_{qr} > 0, M_{qr} > 0$ は曲げ捩れフラッター型自励振動の発現可能性を示し、また $L_{qr} > 0, M_{qr} > 0$ は曲げ捩れ変形の発散傾向を示すものといえよう。平板理論では $L_{qr} > 0$ ($k < 0.20$), $M_{qr} > 0$, また $L_{qr} < 0, M_{qr} > 0$ であって、明らかに曲げ捩れフラッターの起る形であることがわかる。

4. 用床平板断面の特性

用床平板の空気力特性は一般に前述のとおり平板理論値と類似した曲げ捩れフラッター型である。用床効果によって振動特性までは変化していないわけである。ここで測定値を達成振動の基本方程式

$$\ddot{\eta} + \omega_\eta^2(1 + i\gamma_\eta)\eta = L/m, \quad \ddot{q} + \omega_q^2(1 + i\gamma_q)q = M/\theta \quad (2)$$

に入れて限界風速 V_L を計算してみる。ここに ω_η, ω_q : 曲げ及捩れ固有円振動数, γ_η, γ_q : 曲げ及捩れ構造減衰係数, m, θ : 単位長さ断面の質量及極慣性モーメントである。限界風速を無次元化して $V^* = V/V_{L0}$ であらわすと、用床率 α に対する V^* の変化は図-3 のようになる。破線であらわされた理論値は、けた幅 $2b$ を α に応じて減少させ $2(1-\alpha)b$ とおいたもので、 $V^* = (1-\alpha)^{3/2} V_{L0}^*$ である。ただし V_{L0}^* は用床の場合の V^* である。この式の値は、けた幅 $2b$ に対して最外縁部を用床にした場合と見なすことができる。図-3 より次のようなことが考察できる。

1) 一般に用床率が大きくなれば限界風速は上がるが、特に $\alpha \geq 30\%$ で変化がきわ立っている。これは空気力における $L_{qr} < 0$ と対応している。

2) 同じ用床率に対しては 2P, 4P, 3P, 理論値 の順で V^* が大きくなる。すなわち用床部を外側に設けた方が有効であるという通説²⁾ が立証されている。 $\alpha = 60^\circ$ になると 2P, 3P, 4P の差はむしろ僅少になっている。

ただし、失速フラッター型特性を有する断面での用床率の効果は、以上とは様相を全く異にすることも予想されるので、別に検討する必要がある。

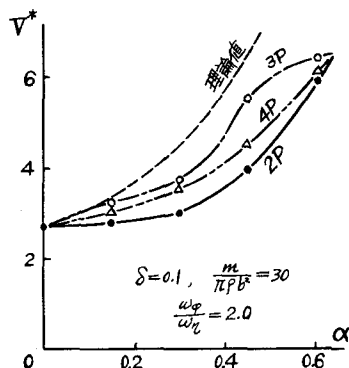


図-3

1) 岡内・田中: 吊橋の風による自励振動に関する三つの考察, 第21回講演会講演概要 I-82 (1966)

2) 北之江: 平井敦也: 鋼橋 III, 改訂版 p.567 (1967)