

九州大学工学部、学主員、吉村 健， 同応用力学研究所、正員、中村泰治

1. はしがき 前報⁽¹⁾ に引き続き、インディシプル応答により吊橋断面に生じる振りフラッタの発生機構を明らかにした。振りフラッタが生じる、断面比が約1/10のH型およびT型断面模型を用いて、水槽実験によりインディシプルモーメントの計測とそのときの模型近傍の流れの観察を行った。

2. 振りフラッタの発生条件式⁽²⁾ まず、線型性の仮定のもとに、振りフラッタの発生条件式を導く。振り1自由度数の非定常なモーメントを、周波数応答により、 $M(t) = M_0 \cdot \theta + M_0 \cdot \dot{\theta}$ と表記すれば、 $M_0 > 0$ のときにフラッタが生じる。一斉、振り運動のインディシプルモーメント関数 $\bar{e}_0$ を用いれば、 $M_0 = \int_0^\infty \{\bar{e}_0(\tau) - \bar{e}_0(t)\} \cos \omega \tau d\tau > 0$...① を得る。こゝに仮定して、 $\bar{e}_0$ が微小な振動数と時間、充分ゆっくりした振動 (長 ω) を対象とする場合には、式①は、 $M_0 = \int_0^\infty \{\bar{e}_0(\tau) - \bar{e}_0(0)\} d\tau > 0$...② となる。また、振り運動を有効迎角運動と角速度運動 (以下にそれぞれ $\bar{e}_0$ 運動と呼ぶ) に分解すれば、 $\bar{e}_0(\tau) = \bar{e}_0(\tau) + \bar{e}_0(\tau) + \bar{e}_0(0) \delta(\tau)$ が得られる。こゝに仮定して、 $\bar{e}_0$ が微小な振動数と時間、充分ゆっくりした振動 (長 ω) を対象とする場合には、式①は、 $M_0 = \int_0^\infty \{\bar{e}_0(\tau) - \bar{e}_0(0)\} d\tau > 0$...③ を得る。式①および②、③より、 $\bar{e}_0$ が微小な振動数と時間、充分ゆっくりした振動 (長 ω) を対象とする場合には、式①は、 $M_0 = \int_0^\infty \{\bar{e}_0(\tau) - \bar{e}_0(0)\} d\tau > 0$...④ を得る。式①および②、③より、 $\bar{e}_0$ が微小な振動数と時間、充分ゆっくりした振動 (長 ω) を対象とする場合には、式①は、 $M_0 = \int_0^\infty \{\bar{e}_0(\tau) - \bar{e}_0(0)\} d\tau > 0$...⑤ を得る。

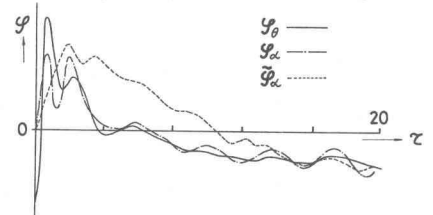


図-1. T型断面のインディシプルモーメント。 $\theta_0 = 0^\circ, \theta_1 = 3^\circ$
($\tau = \tau/\tau_0$, τ_0 : 断面比, $\bar{e}_0(\tau) = \bar{e}_0(\tau) \cdot \frac{\tau_0}{\tau_0}$, $R = 2.5 \times 10^4$)

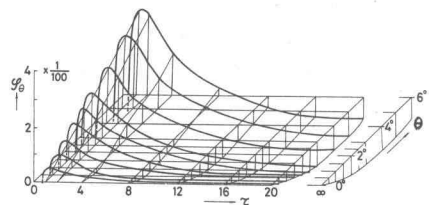


図-2. T型断面の G_0 ($G_0 = \frac{\tau_0}{R} \bar{e}_0 \tau_0$, $\tau_0 = 2.5 \times 10^4$, $R = 2.5 \times 10^4$)

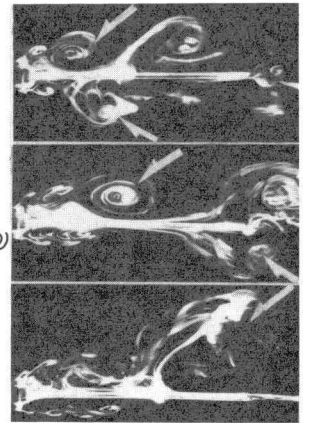


図-3. T型断面の $\bar{e}_0$ に対する流れ。
($\theta_0 = 0^\circ, \theta_1 = 6^\circ$, $\tau = 1.1, 2.8, 5.2, R = 4000$)

3. 実験結果 仮定式①、②を満足するが、それに対する流れはどのようなものかを明らかにするために水槽実験を行った。上記2断面いずれも定性的には同一結果であり、以下ではT型断面の結果のみを記す。(1) 振動特性 $\theta_0 = 0^\circ$ から $\theta_1 = 3^\circ$ にステップ変化させたときの応答モーメントを図-1の実験結果を示す。姿勢変化直後の大きな振動はモーメントの発生、それに伴う流れの急激な増減として応答の特徴づけられる。この増減は明らかに式②を満足するし、それ式①も長 ω において満足される。

(2) 線型性 $\theta_0 = 0^\circ, \theta_1 = 0.5^\circ \sim 6^\circ$ の各振り変化に対する応答をまとめて図-2を得た。ただし同図では、応答を付加した曲線で近似した。傾斜変化に対して応答を線型近似で表せることがわかる。(3) 流れの遷移成分 図-1の1実験結果は表である。仮定式①、②は一致している。従って式②と③の積分値はほぼ同一であり、式③の $\bar{e}_0(t)$ は無視し得る程度である。同式 $\bar{e}_0(t)$ は準定常成分で、それ積分項は流れの遷移成分⁽³⁾を表すから、又前(3)で述べたように、振りフラッタの発生には後者の成分が圧倒的に大きいといえる。また図-1の破線で示される $\bar{e}_0$ は、又前(3)で述べた流れの近似定常成分を水槽で行ったものである。仮定式①と②に一致している。

(4) 流れの観察 図-3は $\bar{e}_0$ に対する流れの様子を示す。姿勢変化直後に前縁のアレートが「V」から「V」になる渦 (図中矢印) により、流れのバターンは変化する。仮定式①、②に対する流れはそれぞれ異なる。仮定式①は、この渦の発生は「通過」にみられる。この渦と同一の3つの応答の定性的一致により、特徴あるモーメントの発生はこの渦に原因があるものと考えられる。また仮定式②の発生時、この渦に原因があるものと見られる。

4. 結論 振りフラッタを生じる断面のインディシプルモーメントは線型近似で、これは振り発生条件式を満足する。また、振りフラッタの発生には流れの遷移成分が支配的で、姿勢変化により前縁から生じる渦に振り発生原因があるものと見られる。

参考文献 (1) 吉村、中村：第30回土木学会年次学術講演会、(2) 土木工学雑誌振動研究、(3) Nakamura, Mijota: Proc. ASCE, EM2, Apr. 1975