

風琴振動による部材の共振風速の実用的算定法

総合技術コンサルタント 正員 牧田 孝二

総合技術コンサルタント〇正員 辰巳 明洋

総合技術コンサルタント 正員 三宅 正清

1. まえがき

風琴振動による構造部材の共振についてはランガー橋等の吊材結合部で損傷が起る例があるため、文献1)などにその検証の必要性が述べられている。この種の現象が発生する要因のうち構造パラメーターに関するものは部材幅、部材の断面形状の二つであり、いずれも設計の初期段階で決定されるべきものである。従って、概略設計などで短時間に多数の部材に対してこの種の配慮を取り入れるには、なるべく簡単に上記のパラメーターを算定できるようにしておく必要がある。我々は橋梁設計者の立場からこの問題に着目し、数種の断面について比較的簡単な算定図を作成したためここに紹介する。

2. 部材の固有振動数 (f)

両端ピン結合部材の場合

$$\begin{aligned} f_{pin} &= \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{EI\bar{g}}{A \cdot \nu}} \sqrt{1 + \frac{P \cdot l^2}{\pi^2 EI}} \\ &= \frac{\pi l}{2l^2} \sqrt{\frac{EI\bar{g}}{\nu}} \sqrt{1 + \frac{\sigma \cdot l^2}{\pi^2 EI \cdot t^2}} \\ &= 2560 \frac{\pi l}{l^2} \sqrt{1 + \frac{\sigma \cdot l^2}{2.1 \times 10^7 \pi^2 t^2}} \quad (1) \end{aligned}$$

√内が0となるときのPがオイラー座屈荷重である。

両端剛結合部材の場合

$$f_{fix} = f_{pin} \frac{4.73^2}{\pi^2} \quad (2)$$

ここで、

E; 弾性係数 ($2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2$)

I; 断面2次モーメント (m^4)

A; 断面積 (m^2)

ν ; 単位重量 (7.85 t/m^3)

$\bar{g}$; 重力加速度 (9.8 m/sec^2)

P; 作用軸力 (t)

σ ; 作用応力度 (t/m^2)

l; 部材長 (m)

D; 風向直角面の部材幅 (m)

k; 近似回転半径係数 (文献2)より)

t; 回転半径 ($t = kD$) (m)

S; ストローハル数 (文献1)より)

3. 風琴振動の共振風速 (V_{cr})

$$V_{cr(pin)} = \frac{f_{pin} \cdot D}{S}$$

$$= 2560 \frac{\pi k}{S} \left(\frac{D}{l} \right) \sqrt{1 + \frac{\sigma}{2.1 \times 10^7 \pi^2 k^2} \left(\frac{l}{D} \right)^2} \quad (3)$$

$$V_{cr(fix)} = V_{cr(pin)} \cdot \frac{4.73^2}{\pi^2} \quad (4)$$

注) kは実用的な近似値であり、Sもまたグラフより読みとった値であるため、これらの値が明記されている場合はその値を用いる。

Kōji MAKITA, Akihiro TATSUMI, Masakiyo MIYAKE

4. 共振風速算定図

一般的に広く用いられている箱型、H型、パイプの3種類の断面について式(3)、(4)で定まる共振風速(V_{cr})と、設計部材の l/D と対応させると図-1, 2, 3のようになる。尚、ここで示す各部材の使用材質は、SM50Y程度までを想定している。また、道路橋示方書で規定されている主要部材の細長比(l/t)の上限値を l/D に換算すると表-1のようになり、この上限も図中に示した。

表-1

		圧縮材	引張材
l/t		120	200
l/D	箱型	49	82
	H型	24	40
	パイプ	42	70

5. まとめ

今回紹介した断面以外の形状についても文献2)で k 値が示されているため、同様の算定図は簡単に作成することができる。また、同様の手法で斜張橋のケーブル、吊橋のハンガー等についても共振風速の推定をすることが可能と思われる。

風響振動による部材応力の照査は共振風速(V_{cr})を算定することにより、文献1)に示されている方法や、BS5400への提案式(文献5))により共振振幅を求め応力換算する方法等が考えられる。

尚、ストローホル数の値、材端拘束条件のとり方などについては今後検討する余地がある。

<参考文献>

- 1) 鋼道路橋設計便覧, 日本道路協会
- 2) 鋼道路橋設計資料, 鋼道路橋設計研究会
- 3) 岡内・伊藤・宮田; 耐風構造
- 4) 座屈問題解析, 日本鋼構造協会
- 5) Bridge Aerodynamics; Institution of Civil Engineers, Westminster, London 25-26 March, 1981

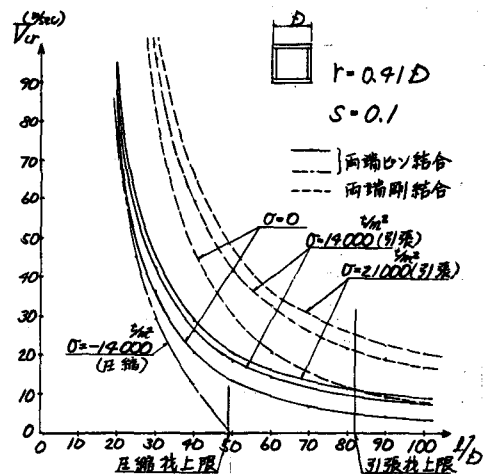


図-1

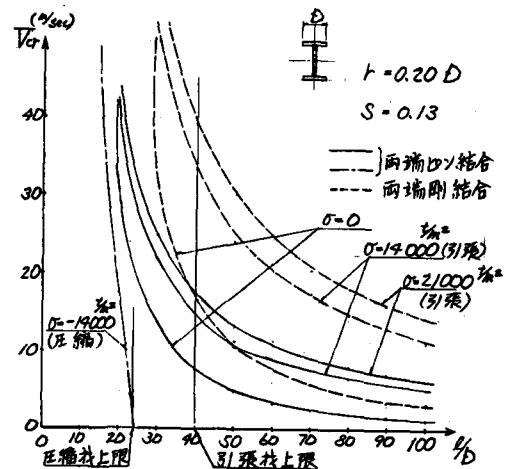


図-2

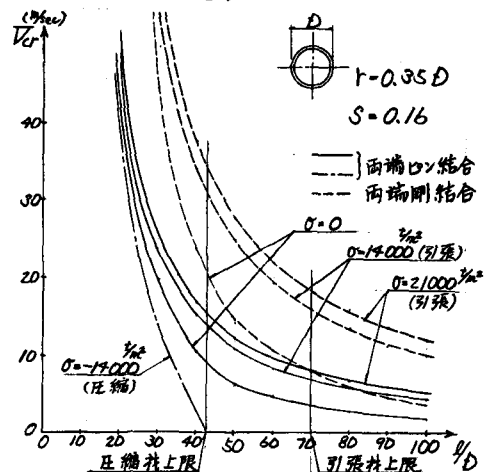


図-3