

オープングレーチング床版の充実率と吊橋の耐風安定性

大日本コンサルタント(株) 正会員 中崎 俊三

大日本コンサルタント(株) 正会員 モハメド アンサール

1. まえがき

オープングレーチングを車道床版に全面的に適用したオールグレーチング吊橋は、床版自重が軽量であることによる経済性と作用空気力が小さいことによる優れた耐風安定性が特徴である。

ここではオープングレーチング床版を有する補剛桁を一樣な穴が開いた平板とみなした解析方法により、オールグレーチング吊橋の耐風安定性に対する充実率の影響を検討する。

2. 解析方法

初期状態の空気力と定常状態の空気力を基礎とした式(1)を解析する¹⁾。

$$\left[\lambda(\lambda^2 A + \lambda V B_0 + V^2 C_0 + E) + \frac{pV}{b}(\lambda^2 A + \lambda V B + V^2 C + E) \right] \{q\} = 0 \quad (1)$$

$$A = \begin{vmatrix} \mu & 0 \\ 0 & \mu r^2 \end{vmatrix}, B_0 = \begin{vmatrix} s/b & s^2/2 \\ -s^2/2 & bs(8-5s^2)/12 \end{vmatrix}, C_0 = \begin{vmatrix} 0 & s/b \\ 0 & -s^2/2 \end{vmatrix}$$

$$E = \begin{vmatrix} \mu \omega_1^2 & 0 \\ 0 & \mu r^2 \omega_2^2 \end{vmatrix}, B = \begin{vmatrix} 2s/b & s^2 \\ -s^2 & 2bs(1-s^2)/3 \end{vmatrix}, C = \begin{vmatrix} 0 & 2s/b \\ 0 & -s^2 \end{vmatrix}, \{q\} = \begin{Bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{Bmatrix}$$

ここに、 A は質量マトリックス、 B_0, B は空力減衰マトリックス、 C_0, C は空力剛性マトリックス、 E は構造剛性マトリックス、 q_1 は鉛直モード、 q_2 はねじれモードであり、この内、 B_0, C_0 が初期状態、 B, C が定常状態である。また、 λ は $\partial/\partial t$ 、 V は風速、 p は指数関数 $e^{-pvt/b}$ の定数であり 0.17、 b は桁幅の半分、 μ は相対密度 $m/\pi \rho b^2$ 、 r は回転半径、 s は充実率、 ω_1 は鉛直円固有振動数、 ω_2 はねじれ円固有振動数である。

式(1)に式(2),(3),(4)を代入してフラッター振動数を求める。

$$q_1 = u_1 e^{i\omega t}, q_2 = u_2 e^{i\omega t} \quad (2)$$

$$\lambda(q) = i\omega q, \lambda^2(q) = -\omega^2 q, \lambda^3(q) = -\omega^3 i q \quad (3)$$

$$V = \omega b/k \quad (4)$$

ここに、 ω はフラッター振動数、 k は換算振動数である。

式(1)を実数部と虚数部に分け、各々、ゼロと置く。

$$\Delta = \Delta_1 + i\Delta_2 = 0 \quad \text{より} \quad \Delta_1 = 0, \Delta_2 = 0 \quad (5)$$

$$\Delta_1 = 0 \quad \text{より} \quad A_1 \omega^4 + A_2 \omega^2 + A_3 = 0 \quad (6-1)$$

$$\Delta_2 = 0 \quad \text{より} \quad B_1 \omega^4 + B_2 \omega^2 + B_3 = 0 \quad (6-2)$$

式(6-1)、(6-2)を $\omega^2 = X$ と置いて解く。

k を仮定し、式(6-1)と式(6-2)の ω が一致した時がフラッター振動数である。

3. 解析例

図-1 に示す側径間比 0.5 の 3 径間吊橋を対象とした。中央径間長は 1000m, 2000m, 3000m の 3 種類とし、スパン長の影響を調べた。桁断面は図-2 に示すように桁の両端にねじれ剛性のある箱桁を配し、その間の床版をすべてオープングレーチングとしている。構造諸元および固有振動数計算結果を表-1 に示す。

キーワード：オールグレーチング吊橋、オープングレーチング、充実率、耐風安定性

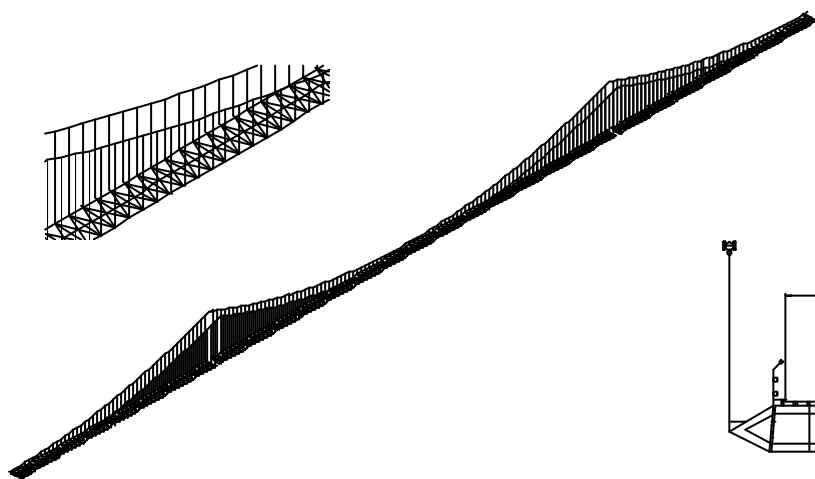
連絡先：〒343-0851 埼玉県越谷市七左町 TEL.0489-88-8123 FAX.0489-88-8136

図-3 は仮定した換算振動数に対して式(6-1)(6-2)を計算し、交点よりフラッター振動数を求めた例である（ $L=3000\text{m}$, 充実率 $S=0.4$ の場合）。フラッター振動数が得られれば式(4)よりフラッター発現風速が得られる。図-4 は $L=1000\text{m}, 2000\text{m}, 3000\text{m}$ に対し、充実率 $S=0.4, 0.6, 0.8, 1.0$ と変化させた場合のフラッター発現風速を示す。これより、充実率減少に伴うフラッター発現風速上昇率はスパンに関係なくほぼ一定である。また、充実率が小さくなると急にフラッター発現風速の増加することがわかる。

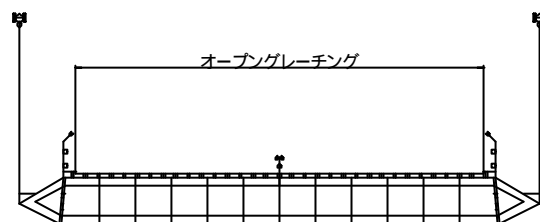
4. まとめ

オープングレーチングの充実率を小さくすることにより耐風安定性が上昇し、特に充実率が小さい領域では急激に上昇する結果が得られた。50%前後のオープングレーチングの充実率は可能と考えられ、有意な効果が期待される。ただし、解析には種々の解析仮定が設けられており、風洞実験による確認が必要である。

[参考文献] 1)Richardson, J.R.,: The development of the concept of the twin suspension bridge ,NMI R125,1981.



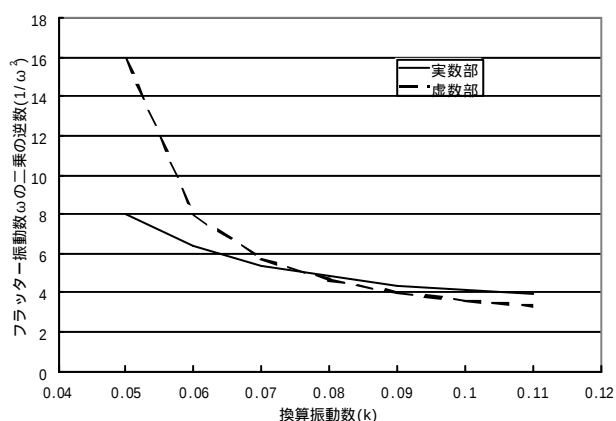
図—1 振動数解析モデル



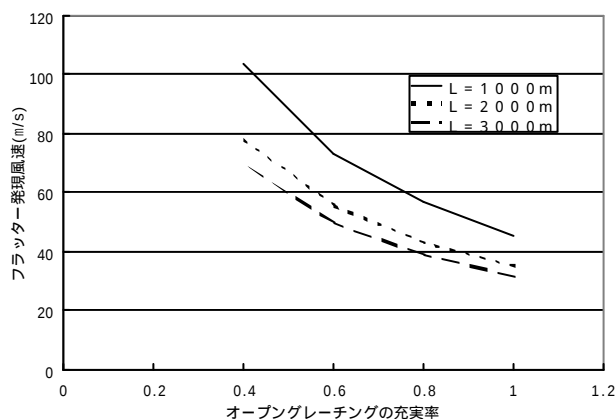
図—2 桁断面図

表—1 中央径間長と構造特性

	$L=1000\text{m}$	$L=2000\text{m}$	$L=3000\text{m}$
平板幅(m)	24	24	24
全死荷重(KN/m)	115.2	136.6	166.0
回転半径 (m)	9.600	10.06	10.453
鉛直円固有振動数(rad/sec)	0.4765	0.3395	0.2812
ねじれ円固有振動数(rad/sec)	1.2210	0.8248	0.6588



図—3 フラッター振動数の計算



図—4 各吊橋のオープングレーチング 充実率と耐風安定性