

I-A 211 開口部を有する箱桁形状の非定常空気力特性に関する一考察

飛島建設株式会社○正員 嶋本 栄治*1
 建設省土木研究所 正員 佐藤 弘史
 建設省土木研究所 正員 荻原 勝也
 建設省土木研究所 正員 松藤 洋照
 (株) 大林組 星加 益朗*2
 *1, *2 建設省 土木研究所 前部外研究員

1. まえがき

スパンが2000mを超える超長大橋の設計においては、耐風安定性を確保することが重要な課題である。耐風性を確保する手段の1つとして、桁中央部に開口部を設け、空力対策部材として、センターバリア、ガイドベンなどの部材を併用することにより、耐風性を向上することが確認されている。¹⁾ (図-1)

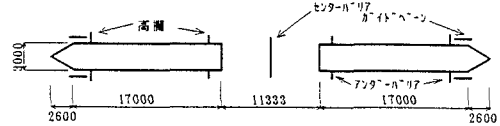


図-1 2箱桁対策断面

本研究は非定常空気力特性の観点から、2箱桁対策断面の耐風性について考察したものである。

2. 実験方法

実験は強制振動法により行った。気流は一樣流とし、一定風速6.5m/s中で加振振動数を0.8Hz～3.5Hzの区間で0.1Hzピッチで変動させ、各振動数で一定時間の間、空気力を測定した。なお、模型は1/130の縮尺とし、模型加振時に生じる慣性力は、空気力係数検出器に適正な重りを設置し、機械的に消去している。

3. 非定常空気力係数とフラッターに係わる物理量との関係

平板空気力理論値との比較および簡単のため、二自由度フラッターに対し非定常空気力係数の影響を考察する。実験で仮定した非定常空気力係数の定義は式①と式②のとおりである。

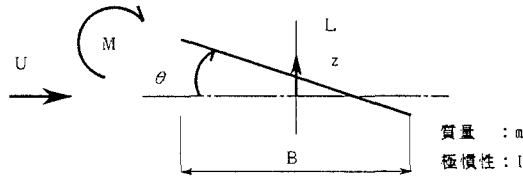


図-2 変位と空気力の定義

$$L = \pi \rho B^2 [L_{zR} \omega^2 z + L_{zI} \omega \dot{z}] + \pi \rho B^3 [L_{\theta R} \omega^2 \theta + L_{\theta I} \omega \dot{\theta}] \quad \text{式①}$$

$$M = \pi \rho B^3 [M_{zR} \omega^2 z + M_{zI} \omega \dot{z}] + \pi \rho B^4 [M_{\theta R} \omega^2 \theta + M_{\theta I} \omega \dot{\theta}] \quad \text{式②}$$

ここで、L, M: 揚力、モーメント z, θ, y: 鉛直、回転変位 ρ: 空気密度
 B: 桁幅 (模型有効幅) ω: 円振動数

$L_{zR}, L_{zI}, L_{\theta R}, L_{\theta I}$

$M_{zR}, M_{zI}, M_{\theta R}, M_{\theta I}$

: 非定常空気力係数 (断面形状により決まる固有の係数)

添字 z: 鉛直 (上下) 加振時 R: 実部 θ: モーメント (回転) 加振時 I: 虚部
 運動方程式として構造減衰を省略すると、下式ようになる。

$$m \ddot{z} + m(2\pi f_z)^2 z = L \quad \text{式③}$$

$$I \ddot{\theta} + I(2\pi f_\theta)^2 \theta = M \quad \text{式④}$$

ここで、

f_z : たわみ1次振動数

f_θ : ねじれ1次振動数

式①～式④を中村等²⁾の方法により、各諸量を無次元化し、実数部と虚数部に分け、以下の仮定を設けた場合式⑤～⑦が得られる。ここで、 σ は振動数の割合（ $\equiv f_z/f$ ）、 X は振幅の割合（ $\equiv \eta_0/\theta_0$ ）を表し、 β は空力減衰（対数減衰率）である。

解 $\eta = \eta_0 e^{(\beta/2\pi + i)\tau}, \theta = \theta_0 e^{(\beta/2\pi + i)\tau + i\phi} \quad (\eta = z/B, \tau = 2\pi f t)$

仮定 $|\beta| \ll 1, |\phi| \ll 1, |X| \ll 1$

$\sigma^2 \approx 1 + \frac{\pi M_{\theta R}}{\nu}$	式⑤
$X \approx \frac{\pi L_{\theta R}}{(-1 + R^2 \sigma^2) \mu}$	式⑥
$\beta \approx \frac{-\pi^2}{\nu} [M_{z1} X + M_{\theta1}]$	式⑦

ただし、
 $\mu = m / (\rho B^2)$

$\nu = m / (\rho B^4)$

$R = (f_z / f_\theta)$

4. 実験結果と考察

図-3に1平板の空気力係数の理論値、後流の影響を無視した2平板の理論値及び測定された対策断面の非定常空気力係数を示す。 $M_{\theta R}$ では1平板に比べ2平板と対策断面では係数値が小さい値を示し、式⑤より σ^2 が小さくなるものと考えられる。 $L_{\theta R}$ は差が見られないが、2平板と対策断面では $R < 1$ であり σ^2 が小さいため、式⑥中の $|X|$ は1平板に比べ小さくなるものと考えられる。また、 X は $L_{\theta R} > 0$ のため負の値を示し、見かけの回転中心が上流側に移行することを示している。空力減衰の内、 $-\pi^2 \cdot M_{z1} \cdot X / \nu$ は、 $X < 0$ と $M_{z1} < 0$ のため負減衰を示しているが、2平板と対策断面では $|X|$ と $|M_{z1}|$ が小さくなるため、1平板に比べ負減衰の絶対値が小さくなっていることがわかる。一方、 $-\pi^2 \cdot M_{\theta1} / \nu$ は $M_{\theta1} < 0$ のため正減衰を表しており、2平板と対策断面では1平板に比べて正減衰は小さくなる。

式⑦により計算した空力減衰を図-4に示す。図より、2平板、対策断面では負減衰の絶対値が減少する効果の方が大きくフラッター風速が向上していることがわかる。

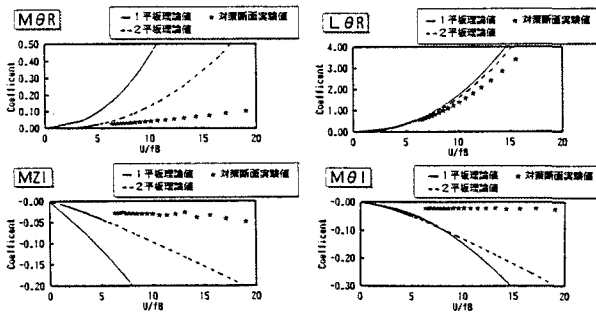


図-3 非定常空気力係数

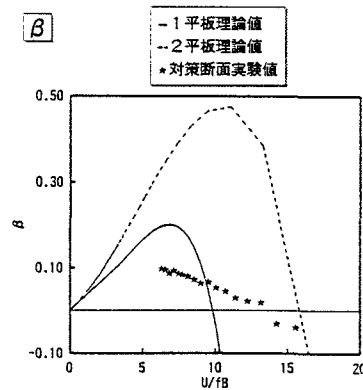


図-4 βの計算値

5. まとめ

2箱桁の対策断面では、全体的に空気力の絶対値が小さくなり、特に非定常空気力係数 M_{z1} と $M_{\theta R}$ の絶対値が小さくなることにより、フラッター発現風速が向上するものと考えられる。

<参考文献>

- 1) 佐藤，島海ほか：開口部を有する箱桁のフラッター特性に関する研究，土木学会第50回年次学術講演会
- 2) 中村泰治，渡辺公彦：吊橋断面の2自由度フラッター解析，土木学会第32回年次学術講演会