

薄翼理論による開口デッキ式吊橋のフラッター解析

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

超長大吊橋の適切な吊橋形式として、従来の1箱桁吊橋に代わって2箱桁吊橋やオールグレーチング吊橋が注目されている。吊橋のフラッター解析用空気力としてはセオドルセンの非定常空気力がよく知られているが、1平板を対象としており1箱桁吊橋の解析的耐風検討は可能であるが、2箱桁吊橋やオールグレーチング吊橋のように開口部があるデッキ吊橋に対しては難しい。ここでは、分離した平板要素を薄翼理論で取扱った解法により、開口デッキ式吊橋のフラッター解析を試みるものとする。

2. 解析方法

(1) 分離平板に対する圧力係数¹⁾回転角 α による場合、

$$\Delta C_p = 4\alpha \prod_{i=1}^N \sqrt{\frac{x - a_i - b_i}{x - a_i + b_i}} \quad (1)$$

回転速度 α' に伴う後縁の入射角 β による場合、

$$\Delta C_p = 4\beta(x + \sum b_i) \prod_{i=1}^N \sqrt{\frac{x - a_i - b_i}{x - a_i + b_i}} \quad (2)$$

ここに、 $\prod_{i=1}^N$ は平板 1~N までの積、 x は圧力を求めるべき着目点でありデッキ中心からの座標、 a_i は

デッキ中心から i 平板中心までの座標、 b_i は i 平板の半幅である（図-1 参照）。

(2) フラッター発現風速の解析^{2),3)}

初期状態の空気力と定常状態の空気力を基礎とした式(3)を解析する。

$$\left[\lambda(\lambda^2 A + \lambda V B_0 + V^2 C_0 + E) + \frac{pV}{b}(\lambda^2 A + \lambda V B + V^2 C + E) \right] \{q\} = 0 \quad (3)$$

上式の各項の説明や解法は文献3)に譲るとして、空気力に関する項は B_0, B の空力減衰マトリックス、 C_0, C の空力剛性マトリックスである。この内、 B_0, C_0 が初期状態、 B, C が定常状態である。初期状態の揚力は定常状態の $1/2$ であるとともに、空力モーメントは揚力が定常状態の $1/2$ であることを条件に求める。なお、デッキ全体の揚力や空力モーメントは各平板毎の数値積分より求め、(3)式に代入する。

3. 解析ケース

中央径間長 2000m、側径間比 0.5 の 3 径間吊橋を対象とした。その構造諸元および固有振動数計算結果を表-1 に示す。図-2 に解析ケースを示す。ケース 1 は 1 箱桁を想定した 1 平板の場合であり Selberg の公式と対比する。ケース 2 は 2 箱桁を想定したもので 2 箱桁間にはオープングレーチングはない。このケースに対しては文献4)の実験公式と比較する。ケース 3 は、2 箱桁間にオープングレーチング(充実率 45%)を敷設して走行路面としたものである。ケース 4 は、デッキを全てオープングレーチングとした場合である。このケースについては、文献3)の充実率 μ でデッキに一樣に穴があいているとした解析値と比較する。

キーワード：薄翼理論，開口デッキ，吊橋，フラッター

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

4. 解析結果のまとめ

- (1) ケース4と4'との比較により分離平板数 15 程度でデッキを一樣な開口状態とみなした理論とほとんど一致する。
- (2) ケース2の結果とケース2'の2箱桁吊橋の実験式⁴⁾の結果はよく一致する。
- (3) ケース1, 2, 3の比較より, 1平板に対して2平板はフラッター発現風速が50%上昇するが, 間にグレーチングを設けると24%上昇する(車道有効幅の大きさについての議論は無視している)。
- (4) ケース4よりオールグレーチングとすると1平板の約2倍フラッター発現風速が上昇する。
- なお, これらの結果は薄翼理論を前提にしていること及び今回の解析条件に基づいていることを付言する。

[参考文献] 1)Richardson, J.R., : Aerodynamic forces on perforated bridge decks, NMI R118, 1981. 2)Richardson, J.R., : The development of the concept of the twin suspension bridge, NMI R125, 1981. 3)中崎俊三, モハメド アンサール: 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, 土木学会第56回年次学術講演会(平成13年10月), 4)Larsen, A., Ostenfeld, K.H. and Antiz, M.A., Aeroelastic stability study for the Gibraltar Bridge feasibility phase, 4th Int'l Colloquium on the Gibraltar Strait Fixed Link, pp.99-108, May 1995.

表-1 対象とする吊橋の構造特性

中央径間長 L (m)	2000
平板幅 (m)	30
全死荷重 (KN/m)	136.6
回転半径 (m)	10.06
鉛直円固有振動数 (rad/sec)	0.3395
ねじれ円固有振動数 (rad/sec)	0.8248

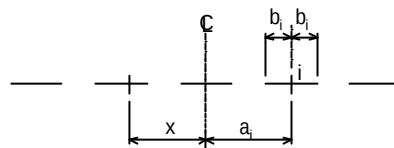
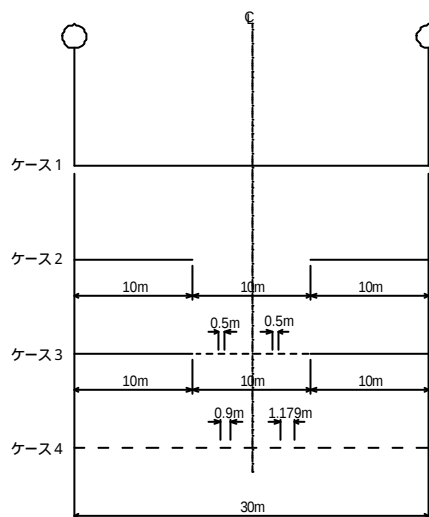


図-1 x , a_i , b_i の説明図

表-2 各ケースのフラッター発現風速

ケース	フラッター発現風速 (m/s)	比率	備考
1	30.8	1.00	
2	46.2	1.50	
3	38.3	1.24	
4	63.1	2.05	
1'	28.0	0.91	Selberg の式
2'	44.6	1.45	実験式 ⁴⁾
4'	63.6	2.06	一樣な開口



* オープングレーチングの充実率は45%

図-2 解析ケース