

京都大学工学部
京都大学工学研究所
京都大学工学研究所

学生員 〇四條 利久磨
フェロ 松本 勝
正会員 白土 博通

JR九州 正会員 中島 亘章¹⁾
京都大学大学院 学生員 谷脇 好徳
1) 研究当時京都大学大学院

1. 序論 本研究で対象とするフラッターは自己励起型発散振動であり、最後には橋梁の破壊につながる。その為、超長大橋を建設する際には、フラッター振動に対して安定な断面の開発が不可欠である。そこで本研究では、橋梁床板に設けられるグレーチング(風抜き部)に着目し、グレーチングの配置位置及び開口率を系統的に変化させたグレーチング付き桁断面を対象に風洞実験を行うことで、グレーチングがフラッター特性に及ぼす影響に関して考究する。

2. 対象とした断面 本研究で対象とした風洞実験用二次元模型断面図をFig.1に示す。全体の辺長比 $B/D=20$ の骨組みに開口率20%, 40%, 60%, 80%, 100%のグレーチング付き床板を系統的に配置させたType 1~Type 7の断面である。ここで、開口率100%は床板を取り付けない状態を示す。また、フェアリングを桁端部に付加したType 1F, 2F, 5F, 7Fの断面では開口率を20%, 60%, 100%の3種類変化させた。

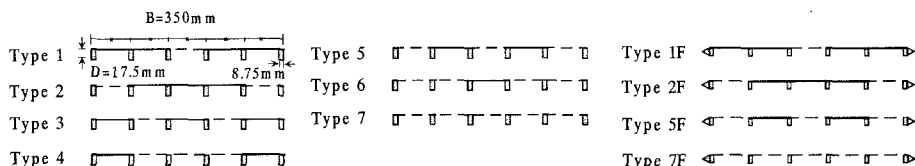


Fig.1 模型断面図

3. 非定常空気力係数 振動をする桁断面に作用する非定常揚力 L と非定常モーメント M を、Scanlanによって提案された8個の非定常空気力係数 H_i^* , A_i^* ($i=1\sim 4$) を用いて次式で定式化した[1].

$$L = \frac{1}{2} \rho (2b) U^2 \left\{ kH_1^* \frac{\dot{\eta}}{U} + kH_2^* \frac{b\dot{\phi}}{U} + k^2 H_3^* \phi + k^2 H_4^* \frac{\eta}{b} \right\}, \quad M = \frac{1}{2} \rho (2b^2) U^2 \left\{ kA_1^* \frac{\dot{\eta}}{U} + kA_2^* \frac{b\dot{\phi}}{U} + k^2 A_3^* \phi + k^2 A_4^* \frac{\eta}{b} \right\}$$

ただし、 η : たわみ変位 (下向き正, 弦長中央点における変位), ϕ : ねじれ変位 (頭上げ正),

($\dot{}$): 時間微分, U : 風速, ρ : 空気密度, b : 半弦長, k : 換算振動数($=b\omega/U$), ω : フラッター振動数

4. フラッター特性 各断面(開口率40%)における A_2^* をFig.2に, 風速-対数減衰率図をFig.3に示す。構造減衰を無視しているため、減衰曲線が横軸と交差する点で正減衰から負減衰に転じ、フラッターが発現する。従って、交差点が高風速を示す断面ほど耐フラッター安定性に優れた断面といえる。

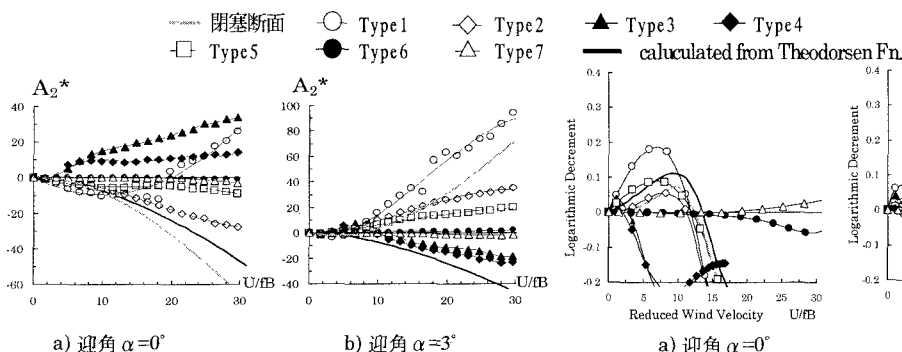


Fig.2 ねじれの空力減衰項 A_2^* (開口率40%)

Fig.3 複素固有値解析結果 (開口率40%)

(i) Type 1 (○), Type 2 (◇), Type 5 (□) $\alpha=0^\circ$ の場合, 二次元平板に対しそれぞれ0.87倍, 0.83倍, 0.90倍の発現風速を示す。一方, $\alpha=3^\circ$ の場合, ねじれの空力減衰項 A_2^* が極めて低い無次元風速で正に転じる為, 安定性が悪化し, 二次元平板に対しそれぞれ0.37倍, 0.23倍, 0.23倍の発現風速を示す。

(ii) Type 3 (▲), Type 4 (◆)… $\alpha=0^\circ, 3^\circ$ ともに, A_2^* が極めて低い無次元風速において正に転ずる為, 開口化により安定性が急激に悪化し, 二次元平板に対し0.17~0.25倍の発現風速を示す.

(iii) Type 6 (●), Type 7 (△)… $\alpha=0^\circ$ においては A_2^* が極めて低い無次元風速において僅かに正に転ずる為, 二次元平板に対しそれぞれ0.23倍, 0.44倍の発現風速を示す. しかし, Type 7の開口率60%以上では, $\alpha=0^\circ, 3^\circ$ ともに A_2^* が負を示すことから, 測定風速内($U/fB=29.7$)でフラッターが発現せず, 本研究で対象とした断面中, 最も優れた安定性を示した.

5. Reynolds数依存性 Type 4の断面における抗力係数 C_D をFig.4に示す. C_D の定義は次式に従う.

$$C_D = Drag / \left(\frac{1}{2} \rho U^2 D l \right) \quad \text{ここで, Drag:抗力, } \rho: \text{空気密度, } U: \text{風速, } D: \text{桁高, } l: \text{模型スパン長.}$$

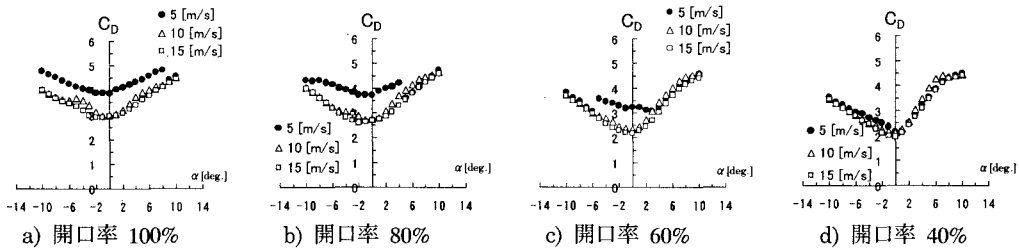


Fig.4 Type 4 の断面の抗力係数 C_D

図より, 開口率60%以上ではReynolds数依存性が顕著に現れていることが分かる. これは最上流側に位置する閉床板部分と次に位置する桁部から各々剥離した流れの相互干渉がReynolds数に対して敏感に反応する為と考えられる. さらに, 開口率の小さい床板を施すほどReynolds数依存性は消滅しているが, これは開口率を小さくするほど, 桁部から剥離する流れがグレーチング部を通過しにくくなり, 相互干渉が抑制される為であると考えられる.

6. フェアリング効果 フェアリング付き断面(開口率60%)の A_2^* からフェアリング無し断面(開口率60%)の A_2^* を差し引いた図をFig.5に示す. 値が負であればフェアリング付加により空力減衰が得られたことを意味する. 図より, 閉塞断面(—)やType 1(○)では, $\alpha=0^\circ, 3^\circ$ ともにねじれの減衰項 A_2^* が大幅に小さくなるが, 両端に位置する床板部にグレーチングを設けたType 2(◇), 両端と中央床板にグレーチングを設けたType 5(□)及びType 7(△)のオールグレーチング断面においては, 閉塞断面やType 1ほど空力減衰は得られないことが分かる. これは, 上流側前縁部にグレーチングを設けると, 開口部を気流が通過する為, 断面前縁部に形成される剥離バブルの状態が変化してしまい, 扁平な断面の流れ場に近づくフェアリング効果が阻害されてしまう為と考えられる.

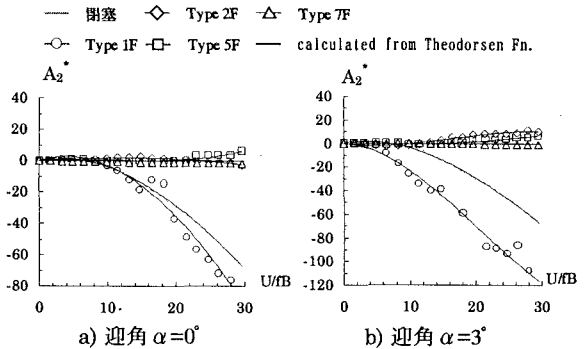


Fig.5 フェアリング付加による A_2^* の変化 (開口率60%)

7. 結論 Type 7 (オールグレーチング断面)では, 開口率60%以上になると $\alpha=0^\circ, 3^\circ$ ともに測定風速内($U/fB=29.7$)でフラッターが発現せず, 本研究で対象とした断面の中で最も優れた安定性を有した.

フェアリング付加による安定化効果を得る為には, 断面前縁部に位置する床板にグレーチングを設けない方がよいことが明らかとなった.

【参考文献】

- [1] Scanlan, R.H., Beliveau, J.G., Budlong, K.S.(1974): "Indicial Aerodynamic Functions for Bridge Decks", Jour. Eng. Mech. Division, Proc. ASCE., Vol.100, EM4.