

神戸製鋼所¹⁾ 正会員 ○市川靖生 京都大学工学研究科 フェロー 松本 勝
 京都大学工学研究科 正会員 白土博通 錢高組²⁾ 正会員 平川 淳
 住友重機械工業 正会員 大東義志 住友重機械工業 正会員 武内隆文

¹⁾研究当時京都大学大学院 ²⁾研究当時京都大学工学部

1.はじめに 長大斜張橋において、端 2 主桁断面は、経済的に建設できる利点を有する桁断面であるが、床版端に桁を配ただけでは耐ねじれフラッター安定性が十分ではなく、特に正迎角で耐風性が悪化する[1,2]。そこで本研究では、車線間及び路肩にグレーチングを設置した端 2 主桁断面の 2 次元剛体模型を用いて風洞実験を実施し、グレーチングにより床版上下面の圧力差を解消し耐ねじれフラッター安定性の改善を試みた。

2.風洞実験概要 本研究で用いた模型を Fig.1 に示す。断面幅 $B=300\text{mm}$ 、桁高 $D=5\text{mm}$ の断面辺長比 $B/D=60$ の矩形断面を床版とした 2 次元剛体模型であり、高さ 10mm のセンターバリアとポスト高欄を予め設置した上に、開閉可能な路肩グレーチング及び車線間グレーチングを設けている。主桁は主桁高 20mm の Box 桁を用いることとし、主桁位置については内側に配する方が耐ねじれフラッター安定性が向上することから[1]、路肩グレーチングの内側の桁位置 $b=46\text{mm}$ に固定し、様々なグレーチング配置を試みた。模型は両端をロードセルにより水平支持され、ロードセルを含めたたわみ、ねじれ各 1 自由度で定常振幅で加振することが可能である。非定常空気力は振動中に検出される各空気力成分より、無風時に同一条件で加振して得られる模型の慣性力を差し引くことにより求めた。

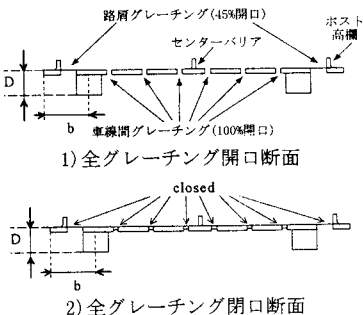


Fig. 1 実験に用いた模型断面図(抜粋)

3.静的モーメント特性 紙面の都合上、静的三分力の内、ねじれフラッター発現の可能性を考える上で目安となるモーメント係数 C_M についてのみ言及することにする。Fig.2 にグレーチングの配置を変化させた 4 断面の C_M 図を一例として示す。グレーチングを全て閉じた断面が、他の断面と比較して正勾配となる $\alpha=0^\circ$ 付近での勾配 $dC_M/d\alpha$ が大きく、正勾配から負勾配に転じるピークも最も高迎角側となる。最内の車線間グレーチングのみ開口や全てのグレーチングを開口した断面においてはグレーチングの開口によりむしろ耐ねじれフラッター安定性の低下が予想される。路肩グレーチングのみ開口したケースについては負勾配は見られないが、勾配が緩やかで正迎角においてはほぼ平坦となることを考慮し、次の非定常空気力特性を考察する。

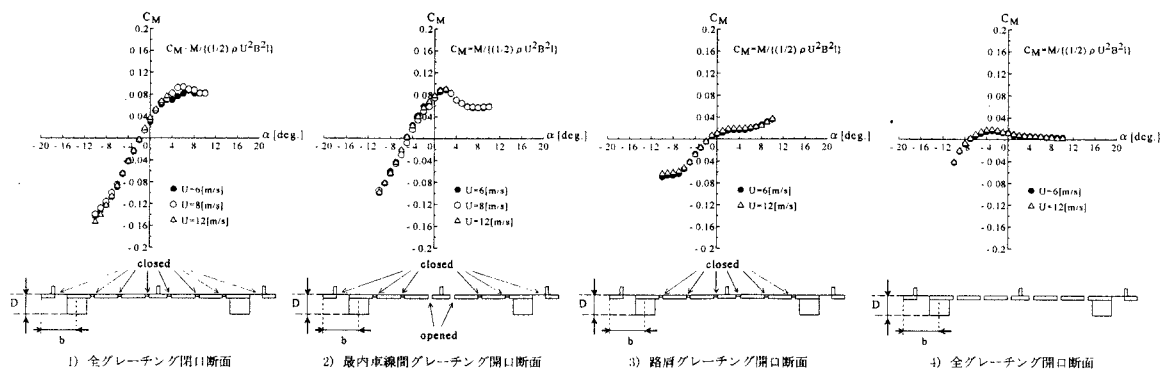


Fig. 2 グレーチング配置を変化させた時の静的モーメント係数の変化

3.非定常空気力特性 以下のように R.H.Scanlan により定義された 8 つの非定常空気力係数[3]の内、ねじれ振動の空気減衰を示す非定常空気力係数 A_2^* に着目し考察することにする。

Yasuo ICHIKAWA, Masaru MATSUMOTO, Hiromichi SHIRATO, JunHIRAKAWA, Yoshiyuki DAITO, Takahumi TAKEUCHI

$$L = \frac{1}{2} \rho (2b) U^2 \left[kH_1 \frac{\dot{\eta}}{U} + kH_2 \frac{b\dot{\phi}}{U} + k^2 H_3 \phi + k^2 H_4 \frac{\eta}{b} \right]$$

$$M = \frac{1}{2} \rho (2b^2) U^2 \left[kA_1 \frac{\dot{\eta}}{U} + kA_2 \frac{b\dot{\phi}}{U} + k^2 A_3 \phi + k^2 A_4 \frac{\eta}{b} \right]$$

ただし、 L :単位スパン当たりの揚力、 M :単位スパン当たりのモーメント、 η :たわみ変位、 ϕ :ねじれ変位、 $(\dot{\quad})$: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 :円振動数、 H_i 、 A_i ($i=1 \sim 4$):非定常空気力係数

前掲した4断面の、迎角 $\alpha=0^\circ$ と 2° における非定常空気力係数 A_2 をFig.3に示す。 A_2 が正の値となるとねじれフラッターが発現するが、いずれの迎角においてもグレーチングの開口によりむしろ不安定側に変化していることが分かる。路肩グレーチングを開口した断面では静的モーメント係数の勾配 $dC_{sd}/d\alpha$ に負勾配は見られなかったものの、正迎角では勾配が非常に緩やかになっていることを前述したが、 $\alpha=0^\circ$ のケースから判断して耐ねじれフラッター安定性はむしろ低下する。次に支間長600mの長大斜張橋を想定した諸元による複素固有値解析を行った結果をFig.4に示す。阪神高速道路公団により架設された支間長485mの斜張橋、東神戸大橋による耐風設計基準は迎角 $\pm 3^\circ$ 以下で72m/sである[4]が、これを基準に取るとフラッター限界風速が低下する $\alpha=2^\circ$ でもグレーチングを全て閉じた断面では100m/sを上回るのに対し、グレーチングを開口した断面は耐風設計基準風速を下回る。全てグレーチングを開口した断面においては、非定常空気力が小さく、動的耐風安定性の判断には非常に微妙な断面であるが、フラッター解析においても値が小さいながらも低風速から負の値を示しフラッターが発生する。

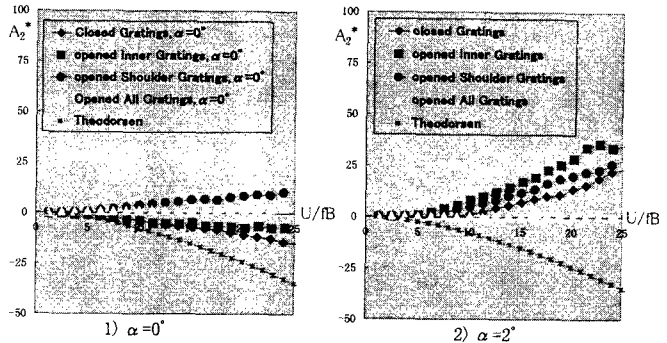


Fig.3 グレーチング配置を変化させた時の非定常空気力係数 A_2^*

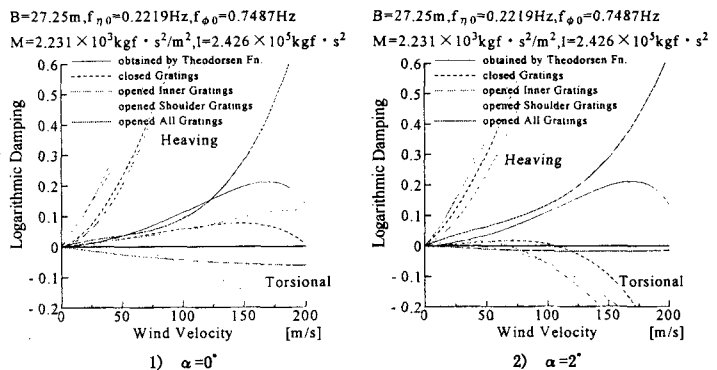


Fig.4 長大斜張橋を想定しての複素固有値解析結果

グレーチングの設置により、床版下面間の圧力差を解消し、ねじれフラッターに対する安定性の向上を試みたが、以上のようにグレーチングの開口はむしろ逆効果であった。これは、グレーチングを開口した場合、グレーチングを通過する流れが存在するが、その流れがねじれ振動を安定化させるようには圧力差を緩和しなかったためと考えられる。よって、グレーチングの開口により耐風安定性を改善させるには、最適なグレーチング幅や開口率を設定する必要があると考えられる。

4.まとめ 今回行ったグレーチングの配置や充実率では、グレーチングの開口によりむしろ耐風安定性が損なわれることが明らかとなった。これはグレーチングを開口した場合、グレーチングを通過する流れが存在するが、その流れがねじれ振動を安定化させる方向に圧力差を緩和しなかったためと考えられる。また路肩グレーチングのみ開口した断面は静的モーメント係数において、正勾配の勾配が小さいものの $dC_{sd}/d\alpha$ の負勾配が解消されたため、グレーチングの配置、充実率等を工夫することにより、耐風性が向上する可能性も考えられる。

参考文献 [1]大東他、長大斜張橋端2主桁断面の空力特性に及ぼす主桁形状及び主桁位置の影響、[2]平川他、長大斜張橋端2主桁断面の耐風安定化付属物設置による空力特性への影響、いずれも平成10年度土木学会関西支部年次学術講演会、[3]R.H.Scanlan, et. al.;Indicial Aerodynamic Functions for Bridge Decks, Proc. of ASCE, EM4, 1974, [4]阪神高速道路公団;東神戸大橋工事誌(5号湾岸線), 1994年