

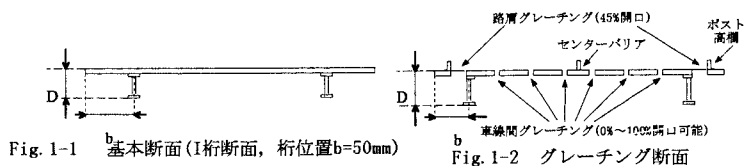
I - B 40

長大斜張橋端2主桁断面の空力特性に関する研究

住友重機械工業(株) 正会員 〇大東義志 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 陳 新中 (株)神戸製鋼所¹⁾ 正会員 市川靖生
 (株)銭高組²⁾ 正会員 平川 淳 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 近年、経済性を重視した長大斜張橋端2主桁断面が注目されており、その空力特性とりわけフラッター安定性を系統的に調査することは、将来の長大斜張橋の主桁断面としての適用可能性を検討する上で重要である。そこで、本研究では、まず様々な主桁形状、主桁位置において、基本的な静的空気力特性を把握し、その結果からいくつかの断面を取り上げ、非定常空気力測定を行い動的空気力特性の解明を試みた。また実橋を考慮し、支間長600mの長大斜張橋を想定しフラッター解析を行った。

2. 風洞実験概要 本研究で用いた模型をFig.1に示す。基本的構造のみを形成している基本断面(Fig.1-1)と、より実橋に即した形状にした上に、グレーチングも設置されているグレーチング断面



(Fig.1-2)の2種類を用意した。いずれも断面幅 $B=300\text{mm}$ 、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ており、様々な主桁位置と主桁形状に変更が可能である。静的空気力測定では測定傾斜角（迎角） α は $-10^\circ \sim +10^\circ$ までの 1° ピッチであり、非定常空気力測定での強制加振実験の加振条件はたわみ片振幅 $\eta_0=10\text{mm}$ 、ねじれ片振幅 $\phi_0=2^\circ$ とし、設定傾斜角（迎角） $\alpha=6^\circ, -3^\circ, 0^\circ, +2^\circ, +4^\circ, +6^\circ$ 、加振振動数はともに $f=1.3\text{Hz}$ である。

3. 主桁位置の違いによる空力特性への影響

紙面の都合上、静的三分力のうち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。主桁位置を内側へと移動させると静的モーメント係数 C_M が正勾配から負勾配に転じるピークを示す迎角が若干高迎角側へと移動し、また正勾配となる迎角 $\alpha=0^\circ$ で比較すれば勾配 $dC_M/d\alpha$ が大きくなる(Fig.2)。つまり主桁位置の内側への移動により耐ねじれフラッター安定性が向上することが明らかになった。また、非定常空気力特性も静的空気力特性と同様の傾向を示しており、ねじれ振動の空力減衰を示す非定常空気力係数 A_2^* [1]に着目すれば(Fig.3)、耐ねじれフラッター安定性が向上していることが分かる。この理由として、床版下面側において、主桁からの剥離によって生じた剥離せん断層によって形成された負圧領域が、主桁を断面中心方向に移動させるにつれ回転中心に近づき、負圧領域の重心と回転中心の間のアーム長が短くなり、床版下面側の頭下げモーメントが減少したためと考えられる。

4. 主桁形状の違いによる空力特性への影響

基本断面においてI桁断面、Box桁断面、円柱桁断面と異なる主桁形状の断面を同じ主桁位置（ $b=50\text{mm}$ ）で比較する(Fig.4)。主桁高さが異なり、断面辺長比 B/D はI桁断面で10、Box桁断面で12、円柱桁断面で約9.4と異なるにも関わらず、空力特性は類似し、特に非定常空気力特性は酷似しており、桁形状の変化が静・動的空気力特性に及ぼす

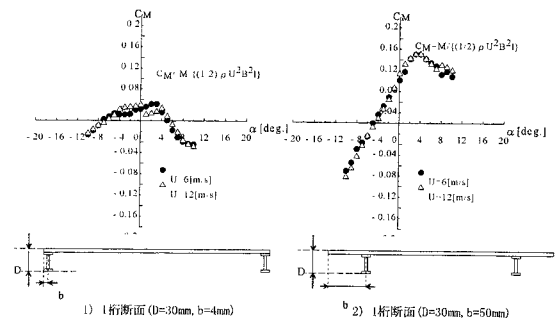
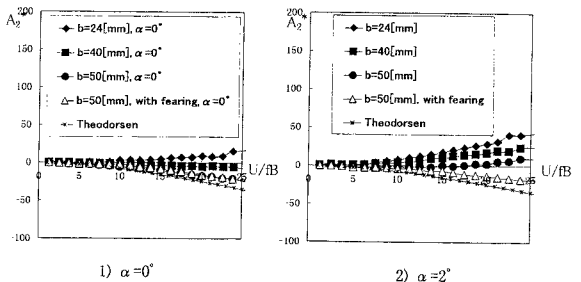


Fig. 2 主桁位置を変化させた時の静的モーメント係数の変化

Fig. 3 主桁位置を変化させた時の非定常空気力係数 A_2^*

キーワード；長大斜張橋端2主桁断面、静的空気力特性、非定常空気力特性、主桁形状、主桁位置

連絡先；京都大学大学院工学研究科環境地球工学教室（〒606-8501 京都市左京区吉田本町 Tel.075-753-5093）

影響は小さい。これは前述の主桁からの剥離せん断層による負圧領域の重心位置と回転中心とのアーム長さの変化が空力特性において支配的であり、主桁形状変化による剥離バブルの大きさの変化による影響は小さいものと考えられる。

5. フェアリングの設置による空力特性への影響

一般には渦励振対策として採用されるフェアリングの設置だが、Fig.4より $\alpha=+2^\circ$ の正迎角においては、フェアリングの設置によりねじれフラッターに対する安定性が向上することがわかる。これは、フェアリングによって床版上面での剥離せん断層が、小さな正迎角をつけても、迎角をつけない場合との変化が小さく、 $\alpha=0^\circ$ での特性に近づいたためと考えられる。ただし、フェアリング形状と断面形状の相関の影響などにより、必ずしもフェアリングの設置によりフラッター安定性向上が得られるわけではなく、床版端に設置するフェアリング形状もフラッター特性に重要な役割を果たすことが明らかとなった。

6. グレーチング設置による空力特性への影響

グレーチングを設置し、剥離せん断層により生じる上下面の圧力差を緩和することにより、抜本的に正迎角での耐風性向上を目指したが、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(Fig.5)。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。しかし、グレーチングの配置の仕方によっては静的モーメント係数において、 $dC_M/d\alpha$ の負勾配が解消されたケースもあったため、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。

7. 長大斜張橋を想定した諸元によるフラッター解析

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。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[2]が、これを基準に取るとI桁断面、Box桁断面、円柱桁断面の各主桁位置50mmではフェアリングを設置しなくてもこの基準を十分満たしている。また経済性を考慮すれば、主桁は外側に位置するほど有利であるが、I桁断面において主桁位置を $b=40\text{mm}$ と前者よりも10mm外側にしたケースは、 $\alpha=+2^\circ$ でフラッター発現風速が約60m/sであり、基準を下回る(Fig.6)。しかし適切な形状のフェアリングを設置することによって改善することも可能であり、更なる検討が必要である。

8. まとめ ◎端2主桁断面は主桁位置を内側にするほど耐ねじれフラッター安定性が向上する。◎主桁位置が同じであれば主桁形状の変化による空力特性への影響は小さい。◎フェアリング設置は正迎角において耐ねじれフラッター安定性を向上させる。◎端2主桁断面におけるグレーチング設置は、今回測定した配置・充実率では逆に耐ねじれフラッター安定性を低下する結果となった。

最後に、本研究は京都大学大学院工学研究科気圏工学研究室と住友重機械工業㈱による共同研究「端2主桁を中心とした合理化桁橋の動的耐風安定性の検討」として行われたことを付記するとともに関係各位に謝意を表する。

参考文献 [1]R.H.Scanlan, et. al.,Indicial Aerodynamic Functions for Bridge Decks, Proc. of ASCE, EM4, 1974

[2]阪神高速道路公団;東神戸大橋工事誌(5号湾岸線),1994年

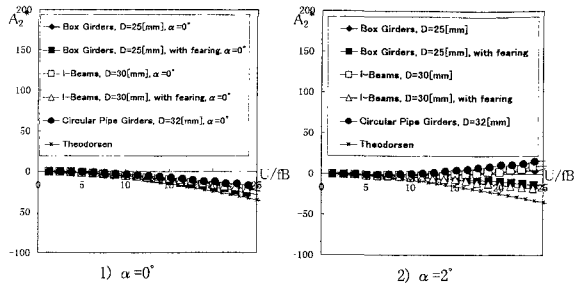


Fig.4 主桁形状を変化させた時の非定常空気力係数 A_2^*

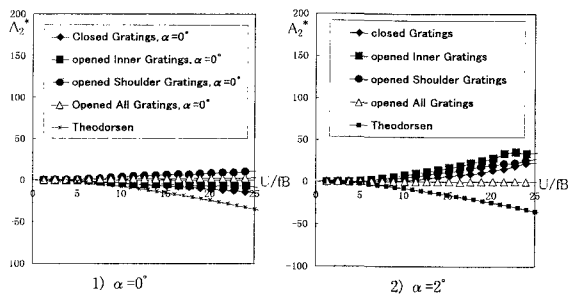


Fig.5 グレーチング配置を変化させた時の非定常空気力係数 A_2^*

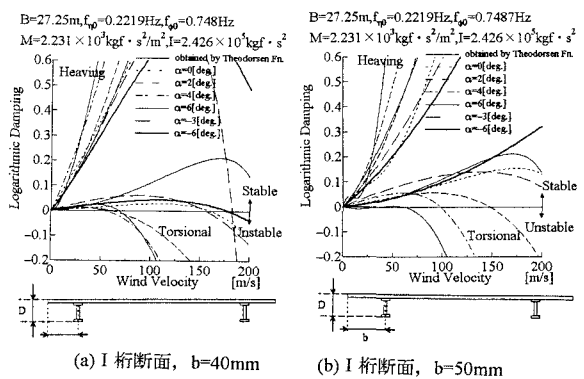


Fig.6 長大斜張橋を想定しての複素固有値解析結果