

I-B361

長大斜張橋端2主桁断面の空力特性に及ぼす幾何学形状変化

住友重機械工業㈱ 正会員 ○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 学生員 荒木健二

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、様々な主桁形状をもつ端2主桁断面の空力特性が、風洞実験などにより明らかにされてきている[1]。とりわけ断面辺長比(以下B/D)の違いによる空力特性の変化という体系的なデータも重要である。本研究では、そのような実状を踏まえ、B/Dの異なるI桁断面、Box桁断面についてその非定常空気を測定し、フロッパー解析を実施しB/Dの変化に伴うフロッパー特性を体系的に解明することを目的としている。

2. 風洞実験概要

本研究で用いた模型は、Fig.1(a)(b)に示すような床版端部にI桁、Box桁を主桁にもつ断面(以下I桁断面、Box桁断面)である。I桁形状は、桁高D(mm)が100, 60, 45, 35, 30, 24の6種類で、B/Dは3, 5, 6.7, 8.6, 10, 12.5である。フランジ幅(mm)はそれぞれ32, 18, 14, 10, 8, 6である。さらに桁高D=35mmのI桁ウェブの橋軸方向に空隙率21%となるよう直径10mmの円形の穴を一様に開けたものも用いた。以下これを穴あきI桁と呼ぶ。Box桁は、桁高D(mm)が60, 35, 30, 24の4種類で、B/D=5, 8.6, 10, 12.5である。フランジ幅(mm)は60, 36, 30, 24である。なお、床版として用いた断面はすべて同じで、断面幅B=300mm, 高さd=5mmの矩形断面である。これらの断面について、たわみ・ねじれ各1自由度強制加振実験を行い、迎角 $\alpha=6^\circ$, -3° , 0° , $+2^\circ$, $+4^\circ$, $+6^\circ$ における非定常空気を測定した。なお、強制加振条件は、たわみ片振幅 $\eta_0=10$ mm, ねじれ片振幅 $\phi_0=2^\circ$ とし、加振周波数は $f=1.3$ Hzとした。

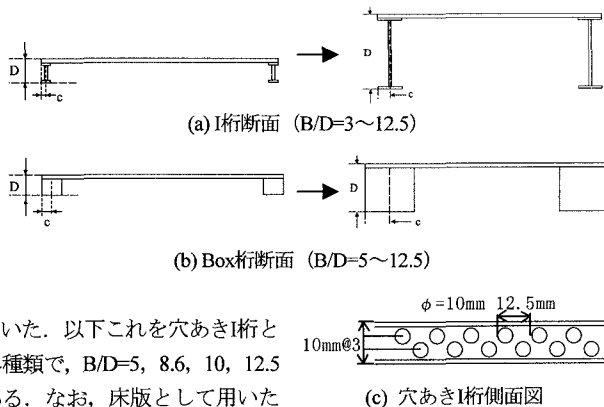
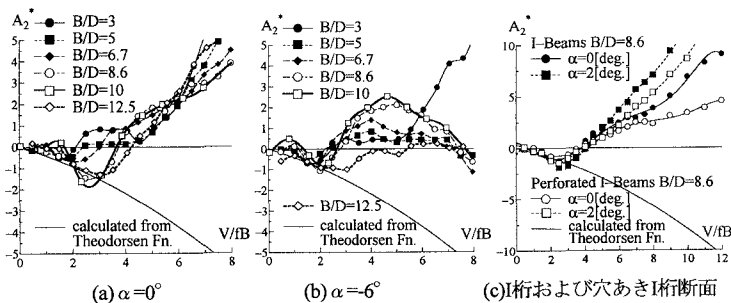


Fig.1 本研究で用いた模型

3. 非定常空気力特性

強制加振実験より得られた非定常空気力係数[2]のうち、ねじれフロッパーに大きく寄与し、ねじれ振動の空力減衰を示す非定常空気力係数 A_2^* に着目する。紙面の都合上、I桁断面の $\alpha=0^\circ$, -6° の A_2^* をFig.2(a)(b)に示す。また、 $\alpha=0^\circ$, $+2^\circ$ におけるB/D=8.6のI桁と穴あきI桁の A_2^* をFig.2(c)に示す。どの迎角についても、 A_2^* は低風速域より正値を示し、ねじれフロッパーの発現が危惧される。また、 0° を含めた正迎角においては、B/Dの増加に伴い、 A_2^* が正値を示し始める風速域は上昇する。Box桁断面についても同様な特性を示す。また、 $\alpha=-6^\circ$ においては、 A_2^* が高風速域で再び負値を示し、風速限定型のねじれフロッパーの発現が考えられる。I桁断面と穴あきI桁断面について、 A_2^* が正値を示し始める風速域の違いはほとんどないことがわかる。

Fig.2 I桁断面の非定常空気力係数 A_2^* (B/D=8.6)

より正値を示し、ねじれフロッパーの発現が危惧される。また、 0° を含めた正迎角においては、B/Dの増加に伴い、 A_2^* が正値を示し始める風速域は上昇する。Box桁断面についても同様な特性を示す。また、 $\alpha=-6^\circ$ においては、 A_2^* が高風速域で再び負値を示し、風速限定型のねじれフロッパーの発現が考えられる。I桁断面と穴あきI桁断面について、 A_2^* が正値を示し始める風速域の違いはほとんどないことがわかる。

4. フロッパー解析結果 非定常空気力係数を用いて、たわみ・ねじれ2自由度系複素固有値解析を行った。全ての断面において600m級の斜張橋を想定した諸元値[1]を用いた。それにより得られたフロッパー発現風速と断面辺長比(B/D)及び迎角(α)の関係をFig.3に示す。なお、比較のため、過去において測定した円柱桁断面の結果[1]もFig.4に示す。

キーワード；長大斜張橋端2主桁断面、断面辺長比、非定常空気力特性、主桁形状、ねじれフロッパー

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 Tn075-753-5093)

I桁断面について、迎角 0° を含めた正迎角においては B/D の増加に伴い発現風速が上昇し、安定化することが考えられる。一方、負迎角においては、正迎角に見られるような明確な傾向はみられず、 $B/D \geq 6.7$ の断面においては、正迎角の発現風速よりもかなり低く、不安定化する。また、 $B/D \geq 8.6$ の各断面においては、 $\alpha = +2^\circ$ で発現風速が最も高く、そこでピークを持つことが言え、 $B/D = 3$ の断面においては逆に $\alpha = +2^\circ$ で発現風速が最も小さく、 $\alpha = -6^\circ$ 、 $\alpha = +6^\circ$ にかけて上昇することがわかった。

穴あきI桁断面については、I桁断面と比べ負迎角で多少安定化するが、正迎角においてはあまり変化しないことが言える。実橋断面への適用という観点から、Fig.3に東神戸大橋の耐風設計基準限界風速[3]を示しているが、これを見ると $\alpha = 0^\circ$ において $B/D \leq 6.7$ の断面と、 $\alpha = 3^\circ$ において全ての断面で基準を下回り、何らかの耐風対策が必要であることが示唆される。Box桁断面については、I桁断面同様、迎角 0° を含めた正迎角において、 B/D の増加に伴い発現風速が上昇し安定化する。また、負迎角ではそのような傾向になく、 $B/D \geq 8.6$ の断面では正迎角よりかなり低い風速でフラッター振動が発現する。 $B/D = 10$ 以上の各断面においては $\alpha = +4^\circ$ で、 $B/D = 8.6$ では $\alpha = +2^\circ$ で発現風速が最も高く、 $\alpha = 0^\circ$ よりもやや正迎角でピークを持つことが言える。東神戸大橋の耐風設計基準限界風速[3]と比べると、 $B/D = 10$ の断面を除き、 $\alpha = 3^\circ$ においてI桁断面同様基準を下回ることがわかる。主桁形状の変化特性として、円柱桁断面で辺長比 $B/D = 9.4$ と異なるものの、円柱桁断面が最も不安定化し、次いでI桁断面、Box桁断面と安定化する傾向にあることがわかる。

5. 結論 ◎I桁断面、Box桁断面ともに、迎角 $\alpha = 0^\circ$ を含む正迎角では、断面辺長比の増加に伴いフラッター発現風速の上昇が見られるが、負迎角ではそのような明確な傾向はない。

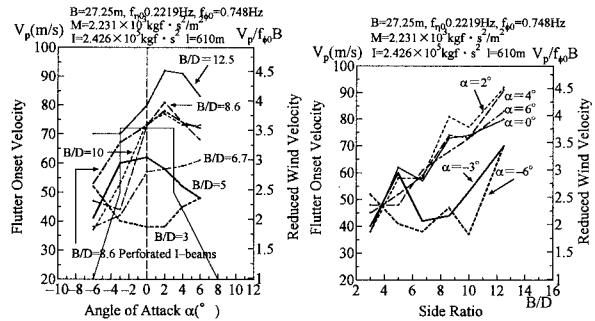
◎等しい断面辺長比における、I桁とBox桁の桁形状の変化による空力振動特性への影響は小さい。

◎負迎角においてはフラッター発現風速が低下し、風速限定型ねじれフラッターが発現する傾向がある。

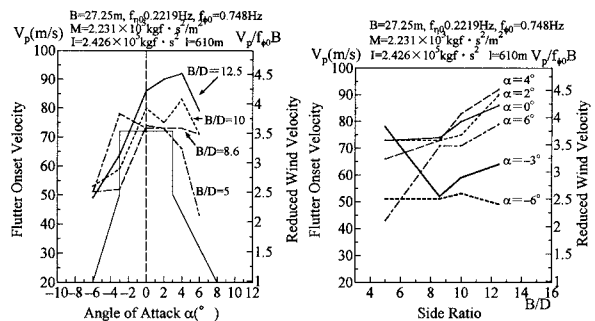
◎穴あきI桁により下面での流れ場を変化させても、フラッター安定化の効果は小さい。

謝辞 この研究は京都大学大学院工学研究科気圏工学講座と住友重機械工業㈱の共同研究として行われたことをここに付記するとともに多大なる御協力を頂いた関係各位に謝意を表する。

参考文献 [1] 松本，大東，陳，市川，平川，武内；長大斜張橋端2主桁基本断面の空力特性，第15回風工学シンポジウム論文集，1998。[2] Scanlan, R.H., Beliveau, J.G., Budlong, K.S.: Indicial Aerodynamic Functions for Bridge Decks, Journal of the Engineering Mechanics Division, Proceedings of ASCE., Vol.100, EM4, August, 1974. [3] 阪神高速道路公団；東神戸大橋工事誌（5号湾岸線），1994。



(a) I桁断面の断面偏長比(B/D)および迎角 α とフラッター発現風速の関係



(b) Box桁断面の断面偏長比(B/D)および迎角 α とフラッター発現風速の関係

Fig.3 非定常空気力係数を用いた複素固有値解析結果

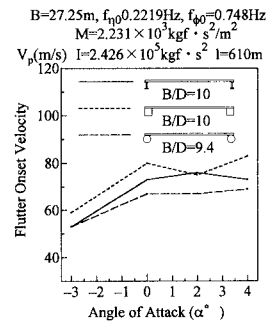


Fig.4 主桁形状変化の違いによる
フラッター発現風速