

I - B33

長大斜張橋エッジガーダーのフラッター特性に関する基礎的研究

京都大学工学研究科 正会員 白土博通 京都大学工学研究科 フェロー 松本 勝
住友重機械工業(株) 正会員 大東義志 京都大学大学院 学生員 藪谷忠大
京都大学大学院 学生員 市川靖生 京都大学大学院 学生員 島原 明

1. まえがき 斜張橋の2主桁断面は、通常2面吊りのマルチケーブル構造の斜張橋に用いられることが多く、1面吊りケーブル構造に比べて高いねじれ剛性が桁に要求されることがなく、桁高を抑えた設計が可能といわれている。近年、経済性を重視した桁形状の具体案として2主桁構造が改めて注目されており、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な項目と言える。本研究では2主桁断面の幾何学形状、とくに桁形状と桁位置をパラメータとし、静的ならびに動的空気特性（非定常空気力係数）を明らかにすると共に、2自由度フラッター解析を実施し、そのフラッター応答特性について検討する。

2. 風洞実験概要 本研究で使用した風洞（多機能風洞実験装置）は測定洞高さ1,800mm、幅1,000mm、長さ14,000mmを有し、発生できる気流の乱れの強さは0.2%以下である。模型はI桁もしくは箱桁をもつ2次元剛体模型であり、桁高(D)および桁位置(b)を変えることができる。図-1にエッジガーダー2次元剛体模型の断面図、およびD, bを変化させたモデル番号を表-1に示す。模型は両端をロードセルにより水平支持され、ロードセルを含めてたわみ、ねじれ各1自由度で定常振幅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数値的に差し引くことにより求められる。

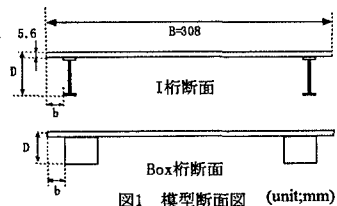


図1 模型断面図 (unit:mm)

表-1 モデル番号

桁断面	D	b=20 mm	b=0 mm
		1	2
I桁断面	D=45 mm	1	2
	D=30 mm	3	4
Box桁断面	D=35 mm	5	6
	D=25 mm	7	8

3. 三分力特性 図-2、図-3に測定結果の一例（モデル番号1, 8）を示す。抗力係数 C_D （桁高で無次元化）は両断面ともおよそ1.5程度の値を示す。揚力係数勾配 $dC_L/d\alpha$ は一部の負迎角を除き正であり、正迎角で絶対値が増加している。また、モーメント係数勾配 $dC_M/d\alpha$ は正迎角で負の値を示し、動的耐風性が劣化する可能性が示唆される。他のモデル番号に対する計測結果も概ね上記と同様の傾向を示すが、全体を通じて主桁が両端部に配置される(b=0)の方が内側に配置される場合(b>0)に比べて C_M の絶対値が小さく、迎角に対して穏やかな変化を示す。反面 $dC_L/d\alpha$ はb=0の方が大きくなる

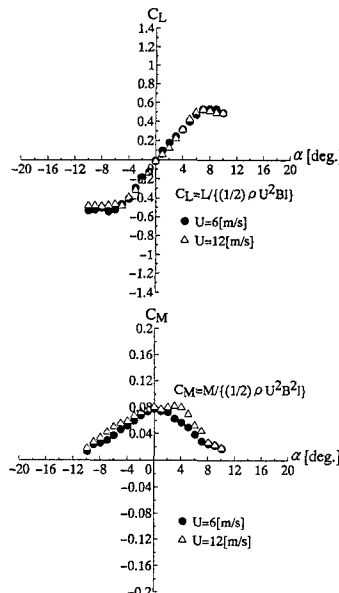


図-2 静的空気力(モデル番号1)

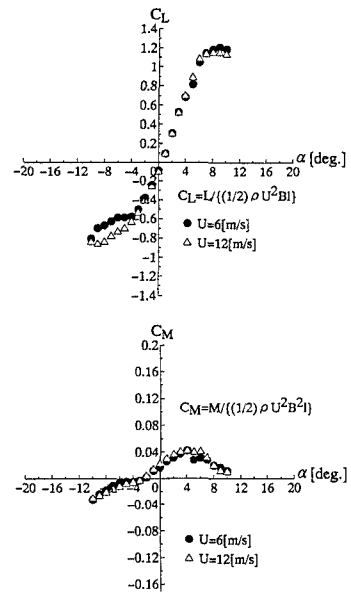


図-3 静的空気力(モデル番号8)

キーワード：エッジガーダー、フラッター特性

連絡先：〒606-01 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科環境地球工学専攻

傾向が認められる。同時に桁高(D)が大きい方が揚力係数勾配が大きくなる。また桁形状の違い(I桁と箱桁)による特性の差は認められない。なお、測定風速の違いにより各空気力係数値に違いが現れ、Reynolds数の影響が残る結果となった。この点留意する必要がある。

4. フラッター特性 図-4、図-5にR. H. Scanlanにより定義される非定常空気力係数[1]の一例を示す。

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

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

但し、 ρ :空気密度、 U :平均風速、 b :半幅員($b=B/2$)、 η :たわみ振動変位、 ϕ :ねじれ振動変位、 k :換算振動数($k=b\omega/U$ 、 ω :7777円振動数)、 H_i^* 、 A_i^* ($i=1\sim4$):非定常空気力係数

図中には比較のためTheodorsen関数により求められる平板に対する解析値を併せて示す。 H_1^* は各ケースとも高風速で負値を示し、たわみ1自由度では空力的に安定であるのに対し、 A_2^* は高風速で正の値を示し、ねじれ1自由度系では空力的に不安定な特性を示している。さらに5°の傾斜角をもつ方がより不安定性が増す傾向にある。図-6には測定された非定常空気力係数を用い、たわみ/ねじれ2自由度振動系のフラッター解析結果を示す。なお、振動諸元は模型サイズの値を仮に与え、各ケース間の相対比較を目的としている。図より各ケースともtorsional branchでフラッターが発生し、いずれも平板に比べて限界風速が低く、耐風安定性の向上に大きな課題をもつ断面と言える。なお、傾斜角 $\alpha=5^\circ$ のケースでは0°の場合より限界風速が増加し、フラッター性能が向上する結果となっており、前述の A_2^* の特性とは異なっている。これは2自由度系に作用する連成空気力、とくに A_1^* 、 H_3^* [2]が $\alpha=5^\circ$ の耐風安定性向上に大きな影響及ぼしているためと推察される。また、各ケースとも大きな無次元風速域ではheaving branchの安定性が次第に低下し、やがてこの分枝でフラッターが発生する可能性を示しているが、今後の課題として詳細を明らかにしておく必要がある。

5. まとめ 本研究の結果を取りまとめれば以下のようなものである。

(1)揚力係数勾配 $dC_L/d\alpha$ は一部の負迎角を除き正の値を示す。

モーメント係数勾配 $dC_M/d\alpha$ は正迎角で負の値を示し、動的耐風性が劣化する可能性が示唆される。(2)全体的に主桁が両端部に

配置される($b=0$)方が内側に配置される場合($b>0$)に比べて C_M の絶対値が小さく、迎角に対して穏やかな変化を示す。反面 $dC_L/d\alpha$ は $b=0$ の方が大きくなる。桁高(D)が大きい方が揚力係数勾配が大きくなる。また桁形状の違い(I桁と箱桁)による特性の差は認められない。(3)非定常空気力係数 A_2^* は高風速で正の値を示し、ねじれ1自由度系で空力的に不安定な特性を示す。正の傾斜角をもつ方がより A_2^* の絶対値が増加し、不安定性が増す傾向にある。これに対し、たわみ/ねじれ2自由度振動系では連成空気力の影響により逆に傾斜角を持つ方がやや安定化するが、耐風安定性の確保に大きな課題をもつ断面と言える。

参考文献 [1]R. H. Scanlan, et. al., Proc. of ASCE, EM4, 1974, [2]松本, 他, 第13回風工学シンポジウム論文集, 1994

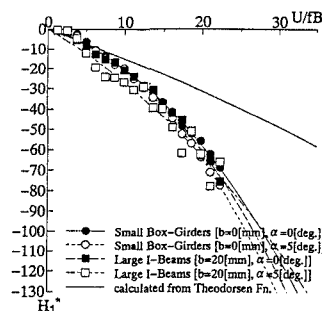


図-4 非定常空気力係数 H_1^*

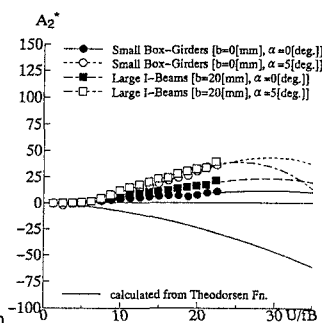


図-5 非定常空気力係数 A_2^*

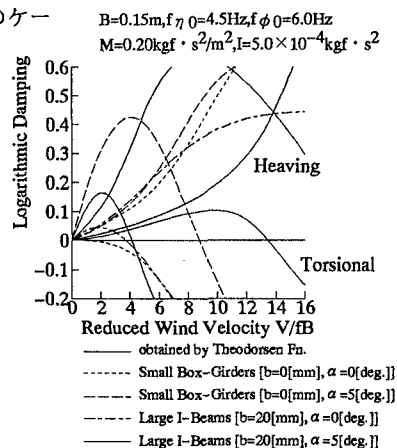


図-6 フラッター解析結果