

長大斜張橋端2主桁断面の動的耐風性向上に関する検討

住友重機械工業(株) 正会員 大東義志
京都大学大学院工学研究科 フェロー 松本 勝

1. はじめに 本研究では、製作・架設費用を抑えることのできる少主桁構造の長大斜張橋端2主桁断面 (Two Edge Girders) のさらなる耐風安定性向上を目的とした。これまでの研究で床版上下面の後流側にねじれフラッターの原因の一つとなる励振力が存在していることが明らかになっている[1]。そこで、上流側からの剥離流れを断面中央で制御し、後流側の流れを変化させる目的で床版中央に突起物を設け、その高さをパラメトリックに変化させ、それらの断面の動的耐風安定化について強制加振実験により得られた非定常空気力特性の観点から検討を加えた。

2. 風洞実験概要

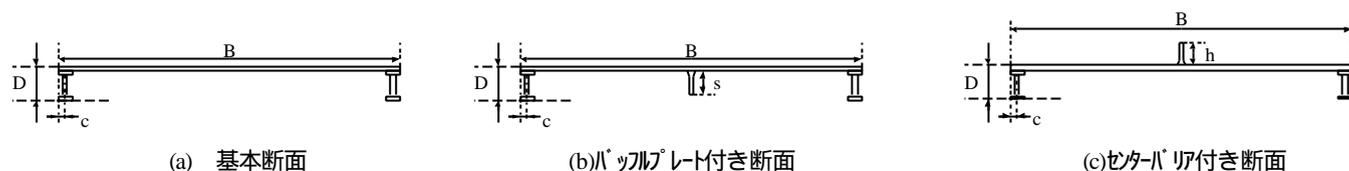


Fig.1 本研究で用いた模型断面 (桁断面, B/D=10)

模型はFig.1に示すように、断面幅 $B=300\text{mm}$ 、高さ $d=5\text{mm}$ (断面辺長比 $B/d=60$) の矩形断面を床版に用いた[2]。主桁形状は断面辺長比が $B/D=10$ となるI桁を設置した。さらにこの断面中央に鉛直に突起物を設け、下面側に設けた突起物をバッフルプレート、上面側に設けた突起物をセタバリアと以下呼ぶことにする。バッフルプレート、セタバリアは高さをそれぞれ $s/D, h/D=0.333, 0.667, 1.333$ ($s, h=10\text{mm}, 20\text{mm}, 40\text{mm}$) の計6種類を用意した。そこでこれらを設置した断面を用いて、強制加振実験による非定常空気力を測定し、それらの非定常空気力特性について考察を述べるとともに、さらにTable 1に示す中央支間長600m級の長大斜張橋を想定した諸元を用いた2自由度フラッター解析を行った。強制加振実験ではたわみ・ねじれ各1自由度で行い、風の傾斜角 (迎角) $\alpha=0^\circ, \pm 3^\circ$ 、たわみ片振幅 $\theta_0=10\text{mm}$ 、ねじれ片振幅 $\phi_0=2^\circ$ とし、加振周波数は $f, f=1.3\text{Hz}$ とし、気流は主に一様流とした。

Table 1 フラッター解析に用いた実橋諸元値

諸元	記号	単位	実橋値
桁高	D	m	3.0
有効幅員	B	m	27.25
等価質量	m	kg/m	4.708×10^4
等価質量慣性モーメント	I	kg·m	3.030×10^6
鉛直たわみ固有振動数	f	Hz	0.214
ねじれ固有振動数	f	Hz	0.611
鉛直たわみ対数減衰率		-	0.02
ねじれ対数減衰率		-	0.02

床版厚・上下フランジ厚を含む
単位長さ当たり

3. 非定常空気力特性

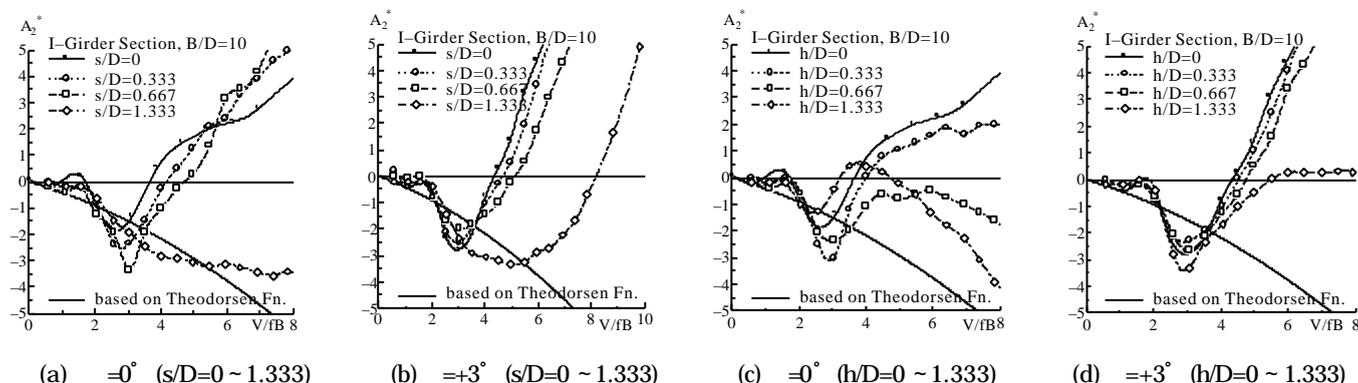


Fig.2 I桁断面 (B/D=10) の非定常空気力係数 A_2^*

強制加振実験より得られた非定常空気力係数[3]のうち、ねじれフラッターに大きく寄与し、ねじれ振動の空気減衰を示す非定常空気力係数 A_2^* に着目する。紙面の都合上、 $\alpha=0^\circ, +3^\circ$ の A_2^* をFig.2 (a) ~ (d) に示す。測定迎角 ($\alpha=0^\circ, \pm 3^\circ$) いずれもバッフルプレート高さが大きくなるに連れて、 A_2^* はより高風速側で正值となり、ねじれ1自由

度系については耐風安定性向上が示される。またセタパリア付き断面についても同様にセタパリア高さが大きくなるにつれて A_2^* はより高風速側で正值となるが、迎角 $=0^\circ$ の $h/D=1.333$ の断面では何も設置していない基本断面よりも低風速側で A_2^* は正值となり、高風速側で負値となる風速限定側のねじれ振動となることが考えられる。

4. フラッター解析結果 本研究で得られた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(Table 1)を用いた。それにより得られたフラッター発現風速とセタパリア、バツプルプレート高さ及び迎角()の関係をFig.3およびFig.4に示す。

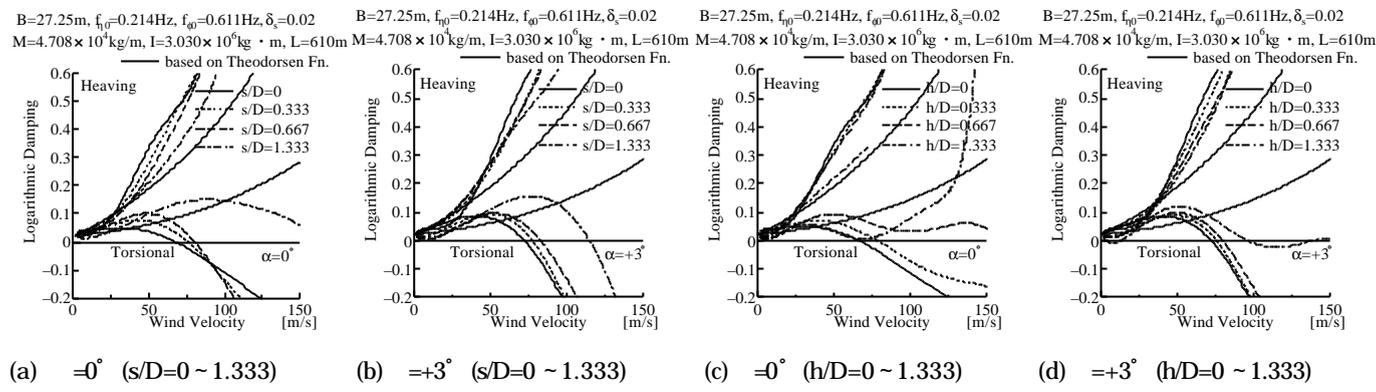


Fig.3 I桁断面 ($B/D=10$) のフラッター発現風速

バツプルプレート付き断面について、測定迎角 ($=0^\circ$, $\pm 3^\circ$) いずれもバツプルプレート高さが大きくなるに連れて、フラッター発現風速は上昇し、耐風性向上が認められる。一方、セタパリア付き断面についても迎角 $=0^\circ$, $+3^\circ$ においては、セタパリア高さが大きくなるにつれてフラッター発現風速は向上する。しかし、負迎角については、その特性にばらつきがあり、必ずしもバツプルプレートで見られた明確な傾向はみられず、迎角 $=-3^\circ$ の $h/D=1.333$ のセタパリア付き断面では何も設置していない基本断面と同様の発現風速を示し、その耐風性について向上したとは言えない。

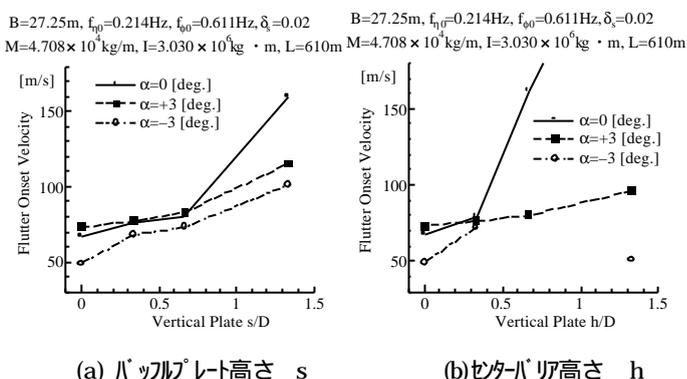


Fig.4 フラッター発現風速とバツプルプレートおよびセタパリア高さの関係

これらの耐風安定性向上の原因については断面中央の突起物により流れが強制的に変化し、基本断面で床版後流側上下面に存在したフラッター発現の原因となる励振力に影響を及ぼしたものと考えられるが、詳細については断面まわりの非定常圧力を測定するなどの裏付けが必要となり、今後の課題となる。実橋断面への適用という観点から、このような突起物により風荷重としての抗力(C_D)が大きくなり、設計上課題は残されるが、ある程度のセタパリアもしくはバツプルプレートの高さを確保することでフラッター限界風速をクリアできることが明らかになった。さらにこのような端2主桁断面では断面まわりの流れ場を少し変化させることで大きく耐風安定化が期待できることから、今後より合理的な耐風安定化策が期待できるものと考えられる。

5. まとめ

端2主桁断面の上下面に設けたバツプルプレート、セタパリアの設置により耐風安定性は向上する。迎角によってはバツプルプレートおよびセタパリア高さを大きくすればするほど耐風安定性は向上する傾向にある。このような突起物により風荷重としての抗力が大きくなり、設計上課題は残されるが、ある程度のセタパリアもしくはバツプルプレートの高さを確保することでフラッター限界風速をクリアできることが明らかになった。

謝辞 この研究の遂行に当たり京都大学大学院工学研究科気圏工学講座の先生方および学生の皆様と住友重機械工業㈱の関係各位に多大なる御協力を頂いたのでここに謝意を表する。

参考文献 [1] 松本, 大東他; 長大斜張橋端2主桁断面の空力振動発生メカニズム, 日本風工学会年次研究発表会梗概集, 1999.[2] 松本, 大東, 他; 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.[3]Scanlan,R.H., Belveau,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.