

斜張橋用 2 主桁断面の空力特性について

九州工業大学 学生会員 ○古賀 貴 岡本有造
九州工業大学 正 会 員 久保喜延 山口栄輝
九州工業大学 非 会 員 貞島健介

1. はじめに

我が国で架設された長大斜張橋は、今春完成し世界最大の規模となる多々羅大橋をはじめ、その多くは逆台形断面の橋桁を用いてきた。しかし、より経済的で、風などの自然外力に対しても充分な安定性をもつ合理的な設計が重要視されている。そこで、軽量構造化による経済性が期待できる構造形式として、海外では既に採用されたケースも多い、2つのI桁を有する2主桁断面が注目されている。ところが従来の桁断面に較べてねじれ剛性が小さく、風の条件が厳しい日本において耐風性で問題が生じる可能性が大きく、2主桁断面の研究が行われるようになった。松本ら¹⁾によれば、I桁を床板の内側に設置するほど、また正迎角においてフェアリングの設置によりフラッター特性を向上させることができ、最適な桁位置とフェアリング形状の組み合わせを検討することが重要であると報告している。しかし、フェアリング設置は最大の特長である経済性を損なう恐れがあり、より単純な断面形状が求められる。そこで本研究では、まず2主桁断面の基本的な空力特性を調べるためにI桁の位置を変化させて、それが応答特性へどのような影響を与えるのか検討した。

2. 実験概要

実験には、測定断面が $1070\text{mm} \times 1070\text{mm}$ の回流式風洞を使用し、一様流中において、たわみとねじれの2自由度振動状態で応答実験を行った。実験模型は、図1に示す2主桁断面($s=1/66$)であり、模型長 $L=760\text{mm}$ 、断面幅 $B=300\text{mm}$ 、桁高 $D=30\text{mm}$ で断面比 $B/D=10$ の扁平断面である。床板端部からI桁までの距離 C を $15 \sim 60\text{mm}$ まで 7.5mm 刻み($C/D=0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 1.75, 2.0$; 張り出し比)で変化させることができる。また、模型の諸元は表1に示す通りで、模型の構造減衰率はたわみで 0.0048 、ねじれで 0.0013 程度と小さく設定してある。今回の実験は迎角 $\alpha=+0[\text{deg.}]$ のみで行った。

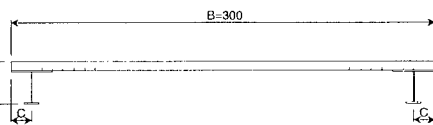


図1. 模型基本断面 (単位mm)

表1. 模型の諸元

	たわみ振動	ねじれ振動
単位長さあたり重量 (kgf/m)	5.03	
単位長さあたり極慣性 モーメント(kgf·m·s ² /m)		0.0067
振動数(Hz)	2.17	4.19
構造減衰率	0.0048	0.0013

3. 実験結果と考察

図2～8に $C/D=0.5 \sim 2.0$ の応答図を示す。グラフの横軸は換算風速 V_r 、左の縦軸はたわみ無次元倍振幅 $2A/D$ 、右の縦軸にはねじれ倍振幅 $2\phi[\text{deg.}]$ を示している。○はたわみ応答、●はたわみ加振時応答、△はねじれ応答、▲はねじれ加振時応答である。加振時応答とは、風を吹かせただけの状態では応答は現れないが、強制的に外力を加えると、ある振幅で定常振動となり、それ以上に発散することも、それ以下に減衰することもない応答のことである。

3-1 たわみ振動

$C/D=0.5$ では $V_r=6$ 付近で振幅の小さな渦励振が発生し、 $V_r=16$ 付近から2回目の渦励振が発生し、その最大振幅は無次元倍振幅で $2A/D=0.26$ と非常に大きなものとなっている(図

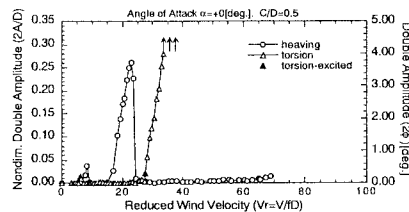


図2. $C/D=0.5$ ($C=15\text{mm}$)

2). $C/D=0.75\sim 1.25$ は、2回目の渦励振の発振風速が $Vr=16\rightarrow 14\rightarrow 12$ と小さくなっているが、最大振幅は $2A/D=0.2$ 前後であり、 $C/D=0.5\sim 1.25$ は同様の耐風挙動を示している(図3～5). $C/D=1.5\sim 2.0$ では、渦励振最大振幅が $2A/D=0.16\rightarrow 0.12\rightarrow 0.07$ と非常に小さくなり、また渦励振の振幅がピークを過ぎた風速でたわみ加振時応答が確認されている(図6～8).

全体的にみると、I桁の位置を変えても応答特性はそれほど変化していない。

3-2 ねじれ振動

$C/D=0.5\sim 1.0$ は渦励振は発生せず、 $Vr=28, 45, 74$ 付近でフラッターが発生している(図2～4). $C/D=1.25$ では $Vr=20$ 付近で渦励振と思われるねじれ加振時応答が確認でき、最大振幅は倍振幅で $2\phi=4.2[deg.]$ と大きく、また $Vr=90$ 付近からフラッターの発生もみられる(図5). $C/D=1.5, 1.75$ は、 $C/D=1.25$ と同様に $Vr=20$ 付近で加振時応答を含む渦励振が発生したが、最大振幅は $2\phi=3.4, 2.3[deg.]$ と $C/D=1.25$ に比べて小さく、フラッターは発生していない(図6, 7). $C/D=2.0$ では $Vr=20$ 付近でねじれ加振時応答が確認できたが、 $2\phi=1.0[deg.]$ 程度と非常に小さく、渦励振、フラッター共に発生していない。

I桁の位置を変えることによる応答特性の変化が、顕著に現れた。I桁を $C/D=1.5(C=45mm)$ 以上床板の内側に設置すれば、多々羅大橋のフラッター照査風速 $80m/s$ 以内でフラッターを抑制することも可能である(実験は風洞風速 $15m/s$ 、実橋換算風速で約 $120m/s$ まで確認してある)。

4. まとめ

たわみ振動、ねじれ振動ともに $C/D=0.5\sim 2.0$ になるほど、つまりI桁を内側に設置するほど耐風特性は向上した。特に $C/D=2.0(C=60mm)$ の実験ケースは、たわみ渦励振の発生がみられたものの、その振幅は本実験ケースの中では最小であることと、ねじれ振動が発生しないことから、今回の実験では最良の設置位置をもつものである。

$C/D=2.0$ が良好な断面となった理由としては、床板端部からI桁までの距離とI桁間隔との関係が、剥離流の相互干渉作用により、ねじれ振動が発生する渦配置とならなかったためであると考えられる。

今回は床板上面に何も設置していないが、高欄を設置した場合の応答特性も調べ、実橋の主桁断面として適用可能かどうかをさらに検討していく予定である。

(参考文献)

1) 松本, 大東, 陳等: 長大斜張橋2主桁基本断面の空力特性, 第15回風工学シンポジウム, 1998

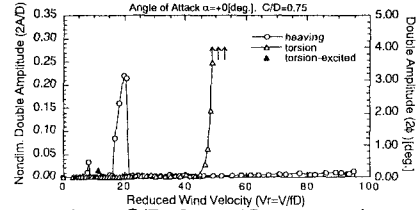


図3. $C/D=0.75$ ($C=22.5mm$)

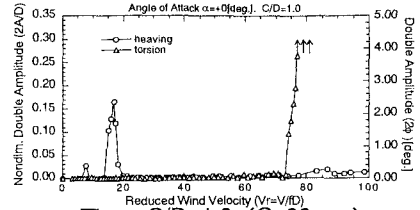


図4. $C/D=1.0$ ($C=30mm$)

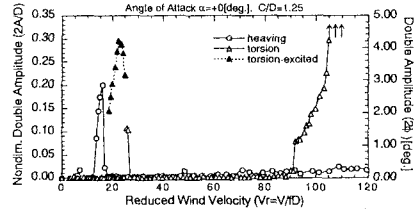


図5. $C/D=1.25$ ($C=37.5mm$)

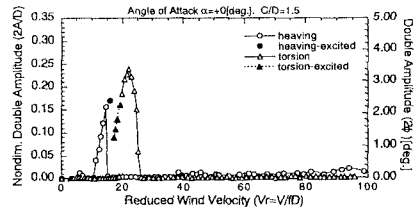


図6. $C/D=1.5$ ($C=45mm$)

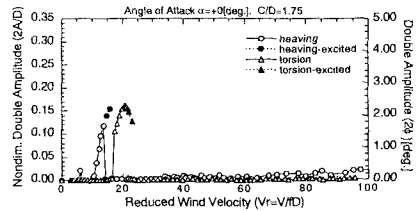


図7. $C/D=1.75$ ($C=52.5mm$)

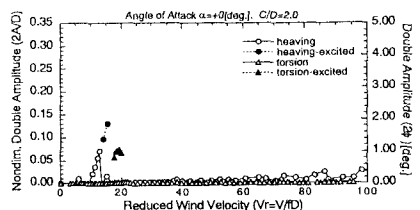


図8. $C/D=2.0$ ($C=60mm$)