

I - B61

2500m 級超長大吊橋に適した箱桁形状の研究

川崎重工 正員 下土居秀樹
同上 正員 小川 一志
同上 正員 野上 千秋

1 はじめに 紀淡海峡架橋計画をはじめとする、将来の海峡横断プロジェクトへの適用を想定した、耐風性ならびに経済性に優れた超長大吊橋の開発を目的として、筆者らは、図-1に示すような、2箱桁/1箱桁併用吊橋と称する新形式吊橋の可能性について検討を行ってきた^{1) 2) 3)}。その結果、この2箱桁/1箱桁併用吊橋に関しては、①1箱桁断面を用いた従来型の吊橋に比べ、30%以上のフラッタ限界風速の上昇は期待できるものの、その実用化のためには、さらなるフラッタ安定性の向上が必要となること、②静的な風荷重の作用により、例えば 80m/s 程度の風速に対して、補剛桁に $\alpha = -10^\circ$ を超える頭下げの回転変形が生じ、これに伴うフラッタ安定性の低下が予想されること、などの問題点が明らかとなった。また、このうち、②の風荷重による回転変形については、桁断面の空力モーメント特性に関する問題であり、2箱桁/1箱桁併用吊橋に限らず、従来型の吊橋においてもスパンの長大化に伴って重要となる問題と考えられた。このため、ここでは、2箱桁形式の補剛桁断面の空力モーメント特性の改善による静的な回転変形の低減と、さらなるフラッタ安定性の向上を目的とした空力的な耐風対策について、風洞試験による実験的検討を行った。

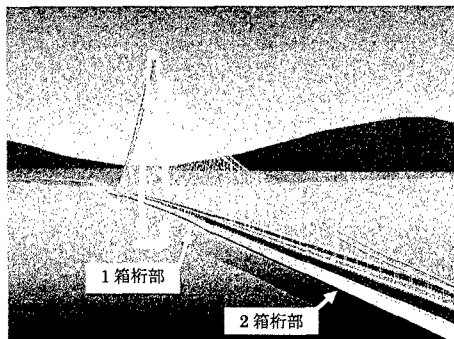


図-1 2箱桁/1箱桁併用吊橋のイメージ

2 風洞試験の概要 風洞試験では、図-2,a)に示すような6車線相当の幅員を有する2箱桁断面を対象とし、縮尺 1/70 の二次元剛体模型を用いて、三分力天秤を用いた定常空気力の計測ならびに曲げ・ねじれ2自由度のパネ支持試験によるフラッタ応答特性の把握を行った。このうち、まず三分力試験においては、負迎角側での負の空力モーメント係数の低減を目的として、図-2,b)~e)に示すような各対策ならびにこれらの組合せについて検討を行った。次に、その結果、良好な空力モーメント特性が得られたいくつかの断面を対象として、パネ支持試験を実施した。

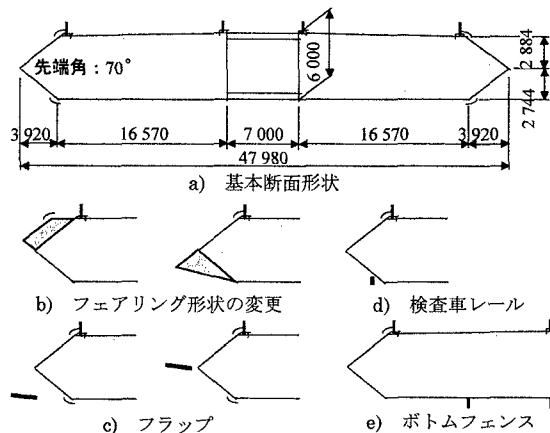


図-2 基本断面形状と空力的対策

3 三分力試験結果 各種対策に対する三分力試験の結果、負迎角側における空力モーメント係数の低減のためには、フェアリング下面に検査車レールを設置するのが有効な対策となるものと考えられた。また、さらに、フェアリング形状の変更あるいはボトムフェンスとこれとを併用することによって、迎角 $\alpha = 0^\circ$ における空力モーメント係数を正の値とすることが可能となることが確認された。図-4には、検査車レールとボトムフェンスを併用した、図-3,c)に示す改良断面-3と基本断面との三分力係数の比較を示す。なお、ここでの三分力係数は桁幅 ($B=47.98\text{m}$) を用いて基準化した値である。この結果からも明らかのように、

キーワード： 超長大吊橋，静的回転変形，2箱桁断面，空力モーメント，連成フラッタ

連絡先： 〒673 兵庫県明石市川崎町 1-1 TEL 078-921-1641 Fax 078-921-1607

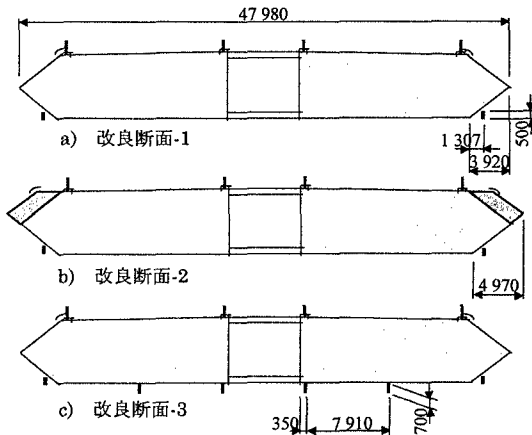


図-3 改良2箱桁断面

この改良によって、空力モーメント係数は、 $\alpha=0^\circ$

において $C_M=-0.020$ から $+0.003$ 、 $\alpha=-5^\circ$ においては $C_M=-0.098$ から -0.044 と、大幅な負のモーメントの低減がみられる。また、揚力係数勾配についても、 $\alpha=0^\circ$ において $dC_L/d\alpha=3.61$ から 3.18 まで約 12% 低減されていることから、パフェッティングに対しても有効な対策となるものと考えられる。

4 バネ支持試験結果 バネ支持試験は、三分力試験の結果、空力モーメント特性の改善に対して有効と考えられる、図-3に示すような3種類の断面を対象として実施した。バネ支持試験により得られた各断面のフラッタ限界風速を表-1に示すが、この結果より、フラッタ安定化の面からは、改良断面-3が最も有効となるものと考えられ、迎角 $\alpha=0^\circ$ におけるフラッタ限界風速としては、基本断面に比べて約 12% 上昇することが確認された。また、この改良断面-3に関しては、 $\alpha=-5^\circ$ までの負迎角側において、 $\alpha=0^\circ$ よりも良好なフラッタ安定性を示しており、筆者らが検討を行っている2箱桁/1箱桁併用吊橋が、傾斜角 $\alpha=0^\circ$ の風に対して補剛桁に頭下げの回転を生ずる静的変形特性を有するため、風荷重による変形状態でのフラッタ安定性の面からも有利となるものと考えられる。

5 まとめ 本検討の結果、超長大橋のフラッタ安定性に対して大きな影響を与えると考えられる、風荷重による桁の静的回転変形について、検査車レールとボトムフェンスを併用した2箱桁断面の空力モーメント特性の改善により、その大幅な低減が可能となることが確認された。また、この対策により、特に負迎角側での断面のフラッタ安定性が大幅に向上することが併せて確認された。本検討結果に基づく2箱桁/1箱桁併用吊橋の耐風性に関する検討結果については、別途報告を行うこととする⁴⁾。なお、本検討は、建設省土木研究所、本州四国連絡橋公団、(財)土木研究センターならびに民間企業8社からなる、『耐風性および経済性に優れた超長大橋の開発に関する共同研究』の一環として実施したものである。

参考文献：1)小川,橋本,岸田：2箱桁/1箱桁を併用した超長大吊橋の開発(その1：構造特性)，第51回土木学会年次学術講演会,1996 2)下土居,小川,野上：2箱桁/1箱桁を併用した超長大吊橋の開発(その2：フラッタ特性)，第51回土木学会年次学術講演会,1996 3)小川,下土居,橋本：2箱桁と1箱桁を併用した超長大吊橋のフラッタ特性，第14回風工学シンポジウム,1996 4)野上,小川,下土居：2箱桁/1箱桁を併用した2500m級超長大吊橋の耐風安定性，第52回土木学会年次学術講演会,1997

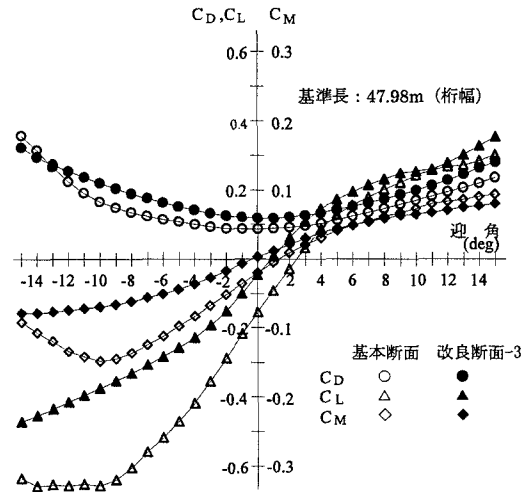


図-4 改良断面の三分力特性

表-1 改良断面のフラッタ特性

迎角	フラッタ限界風速 (m/s)				平板翼
	基本断面	改良断面-1	改良断面-2	改良断面-3	
+5°				73.1	
+3°				78.3	
0°	70.6	73.3	67.4	79.1	60.2
-3°	70.4		58.7	81.7	
-5°				84.4	
-7°				64.3	
想定した実橋の振動特性					
		固有振動数		等価質量/等価極慣性	
曲げモード		0.053 Hz		4.00 tf・s ² /m	
ねじれモード		0.155 Hz		1287.6 tf・m・s ²	
		振動数比 = 2.92		桁幅 = 47.98m	