

一箱／二箱併用斜張吊橋における対風応答特性の解析的検討

土木研究所 正会員 麓 興一郎 土木研究所 正会員 村越 潤
 本州四国連絡橋公団 正会員 秦 健作 本州四国連絡橋公団 正会員 楠原 栄樹
 土木研究所 ○正会員 吉岡 勉 住友重機械工業㈱ 正会員 宮崎 正男

1. はじめに 我が国で構想されている海峡横断道路の中で、明石海峡大橋を超える規模の超長大橋が必要となる可能性がある。著者らは、経済性の向上が期待できる一箱／二箱併用斜張吊橋を提案し、全橋模型試験を行ってきた^{1)~4)}。前年度の試験では図-1(a)に示す内吊形式について実施し、耐風対策を施した桁断面によりフラッター発現風速は実橋風速 80m/s を超え耐風安定性は満足されたものの、有風時のねじれ角が実橋風速 80m/s で 12°（頭下げ）を超え、静的ねじり特性にやや課題が残った。これを踏まえ、ねじれ変形を抑制する目的で主ケーブルの平面吊形式を変更した場合の対風応答特性を解析的に検討したので、以下に報告する。

2. 振動特性と経済性の比較 比較する平面吊形式は、二箱桁の開口部内側で並行に吊る内吊形式、主塔を門型にして二箱桁の外側で並行に吊る外吊形式、および主塔は A 型のままで中央径間吊橋区間のみを二箱桁の外側で吊るモノデュオ形式の 3 案である（図-1）。固有振動解析により振動特性を比較すると、ねじれ対称 1 次の振動数、等価極慣性モーメント、ならびに Selberg 式によるフラッター発現風速はモノデュオ形式が最も大きい（表-1）。一方、経済性を比較すると、二箱桁の外側を吊る案ではハンガー定着点の直下に外腹板が取り付けられること、主塔を門型にすることなどの影響から外吊形式が最も不利となる（図-2）。

3. 解析条件 耐風安定性をより詳細に比較するため、幾何学的非線形性を考慮した三分力による有風時静的変形解析、ならびに三次元フラッター解析を行った。解析する桁断面は、前年度の全橋模型試験で採用した基

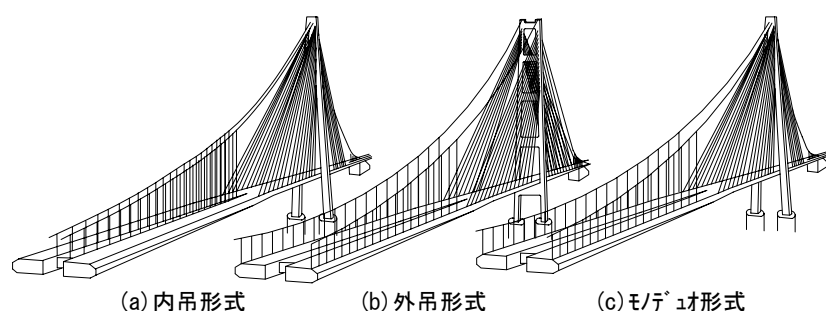


図-1 検討する主ケーブルの平面吊形式

表-1 振動特性の比較

振動形状		内吊形式	外吊形式	モノデュオ形式
鉛直対称1次	振動数	0.0668 Hz	0.0666 Hz	0.0670 Hz
	等価質量	26.93 t/m/Br	27.40 t/m/Br	27.31 t/m/Br
ねじれ対称1次	振動数	0.1352 Hz	0.1316 Hz	0.1525 Hz
	等価極慣性	2932 tm/Br	4352 tm/Br	5125 tm/Br
振動数比		2.02	1.98	2.28
フラッター発現風速 (Selberg式)		34.8 m/s	37.2 m/s	46.8 m/s

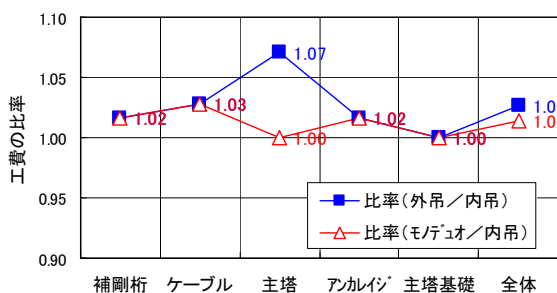


図-2 経済性の比較

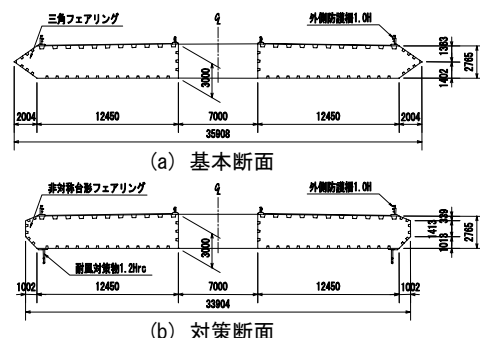


図-3 桁断面図（二箱桁部）

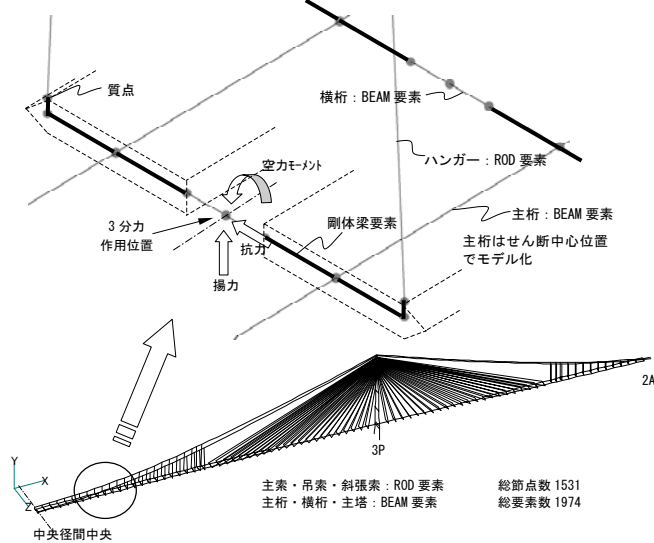


図-4 解析モデル（モノデュオ形式の例）

キーワード 一箱／二箱併用斜張吊橋、モノデュオ形式、耐風安定性、フラッター解析
 構造物研究グループ（橋梁構造）〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 TEL 029-879-6793 FAX 029-879-6739

本断面および対策断面²⁾の2パターンを対象とした(図-3)。

図-4に解析モデル、表-2にフラッター解析条件をそれぞれ示す。解析モデルは立体骨組みによる実橋モデルとした。

4. 対風応答特性の比較 図-5 到有風時変形解析結果を、図-6に三次元フラッター解析結果をそれぞれ示す。二箱桁の外側を吊った外吊形式・モノデュオ形式では、有風時のねじれ変形が内吊形式に比べ小さく、全体系でのねじり剛

度が増加しているといえる。外吊形式よりモノデュオ形式のねじれ変形が大きくなったのは、水平サグを有する三次元的な主ケーブル形状の特性から、水平抗力のみを作用させたときにハンモック現象による頭下げの変形が付加されたためと考えられる。一方、フラッター特性は、基本断面においては3案とも照査風速80m/s以下でフラッターが発生し、耐風安定性を満足しない結果となった。対策断面においては、内吊形式とモノデュオ形式ではフラッターが発現せず、外吊形式のみ約52m/sで発現した。これは、図-7に示すように

対策断面では迎角0°~3°の非定常空気力特性が悪く、外吊形式では高風速域においてもフラッターが発現しやすい領域のねじれ変形にとどまるためであり、内吊形式とモノデュオ形式ではねじれ変形0°~3°を比較的

低風速で通過するためフラッターが発生していないものと推察される。以上のことから、静的特性およびフラッター特性の両面から考えると、モノデュオ形式が最も耐風安定性に優れる可能性があることが示唆された。

5. おわりに 著者らが提案した斜張吊橋の対風応答特性を解析的に検討した結果、耐風対策を施した桁断面であればモノデュオ形式が耐風安定性にとって有利となり、経済性では内吊形式に比べてわずかに劣るものの、内吊形式で課題となった静的ねじれ特性を解決させる策となりうる可能性があることが確認された。なお、本研究は(独)土木研究所、本州四国連絡橋公団、(財)土木研究センターおよび民間企業9社による共同研究「経済性を考慮した超長大橋の耐風設計法に関する共同研究」の一環として実施したものである。

【参考文献】

- 1) 麓, 村越, 吉岡, 秦ほか: 新たな形式の超長大橋, 土木学会第59回年次学術講演会, I-635, 2004.
- 2) 須澤, 村越, 麓, 秦ほか: 一箱/二箱併用斜張吊橋の桁形状検討, 土木学会第59回年次学術講演会, I-636, 2004.
- 3) 尾立, 村越, 麓, 秦ほか: 一箱/二箱併用斜張吊橋大型全橋模型の特性, 土木学会第59回年次学術講演会, I-637, 2004.
- 4) 白井, 村越, 麓, 秦ほか: 一箱/二箱併用斜張吊橋大型全橋模型風洞試験, 土木学会第59回年次学術講演会, I-638, 2004.

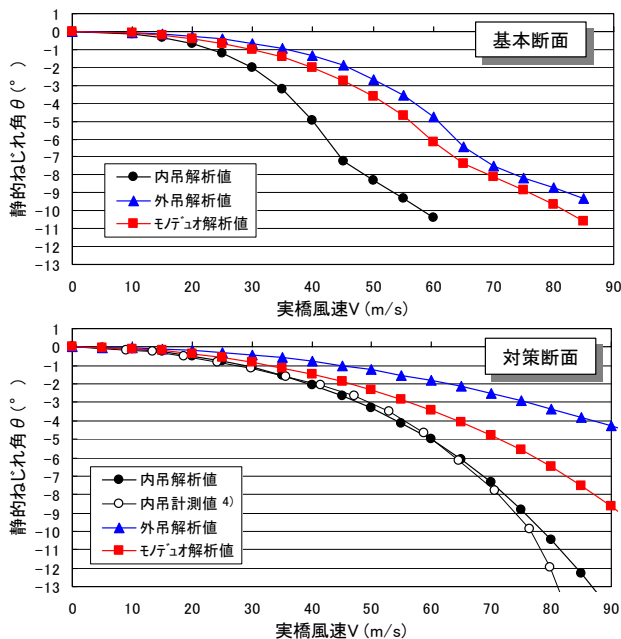


図-5 有風時静的変形解析結果 (V-θ 関係)

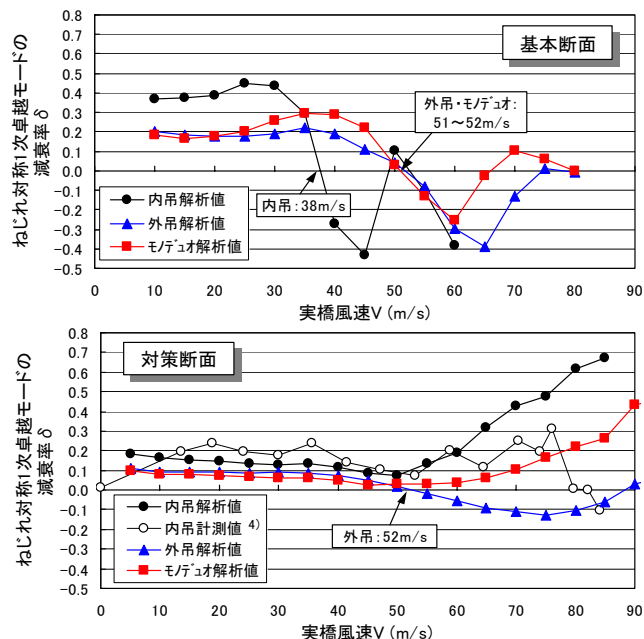


図-6 三次元フラッター解析結果 (V-δ 関係)

表-2 三次元フラッター解析条件

項目		解析条件			
解析手法		モード組み合わせ法(50次分を使用)			
		有風時ねじれ変形及び有風時固有モードを使用			
諸定数		空気密度:1.23kg/m ³ 構造減衰:2%			
空気力	主桁		上下加振	回転加振	水平加振
		揚力L	○	○	—
		モーメントM	○	○	—
		抗力D	○	○	△
	※○:非定常空気力係数より算出 △:準定常抗力				
	ケーブル	準定常抗力及び揚力 C _D =0.7			
	主塔	準定常抗力及び揚力 C _D =1.8(風上側), 0.9(風下側)			

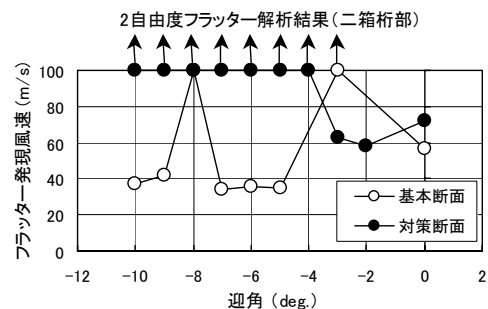


図-7 非定常空気力特性 (二箱桁部)