

多径間吊橋のフラッター特性に関する基礎検討

本州四国連絡高速道路(株) 正会員 ○楠原 栄樹
 本州四国連絡高速道路(株) 正会員 山田 郁夫
 本州四国連絡高速道路(株) 正会員 遠山 直樹

1. はじめに

長大橋の形式の一つとして考えられる多径間吊橋は、側塔と比較して中央塔はケーブルの拘束効果が少ないため、活荷重の載荷等により橋梁全体の変形が大きくなることが知られている¹⁾。多径間吊橋の基本的な振動特性、耐風安定性については報告済み²⁾であるが、耐風安定性について未解明な点が存在していることから、中央径間長 1500m級の 4 径間吊橋を基本としたフラッター特性に関する基礎的な検討を実施した。

2. 検討条件

本検討では、①中央支間長 1,500m の 4 径間吊橋(4c1500)を基本として、②中央支間長が同じ 3 径間吊橋(3c1500)、③全長および側径間比が同じ 3 径間吊橋(3c2300)、④全長および側径間長が同じ 3 径間吊橋(3c3000)、の 4 ケースの橋梁を試設計し、3 次元骨組解析モデルを作成した。図-1 に各検討ケースの橋梁一般図を示す。

いずれのケースも、桁断面としては図-2 に示す耐風安定性に優れた台形フェアリングを有するグレーチング併用の二箱桁断面³⁾を適用し、ケーブルのサグ比(=垂距/支間長)はすべて 1/10 とした。

これらの橋梁に対し、二箱桁断面に対する実測空気力を使用した 3 次元フラッター解析を実施し、それぞれの構造のフラッター特性を調査した。なお、参考として、一箱桁断面(図-3)の空気力を適用した場合の解析も実施した。

解析は、風荷重による静的変形を考慮した場合としない場合について実施し、風荷重を考慮する際の桁断面の三分力を図-4, 5 に示す。

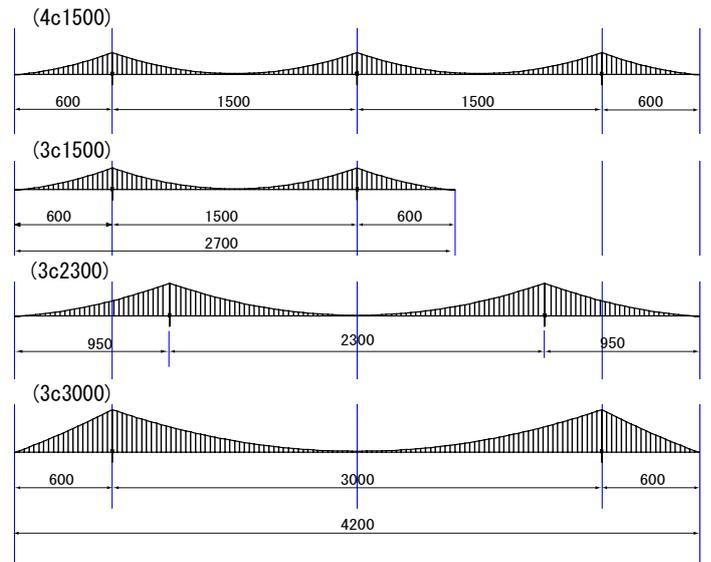


図-1 検討モデルの橋梁一般図

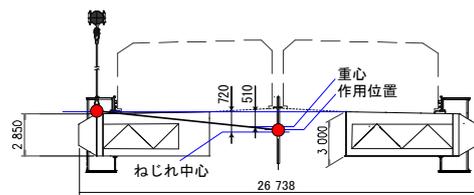


図-2 二箱桁断面

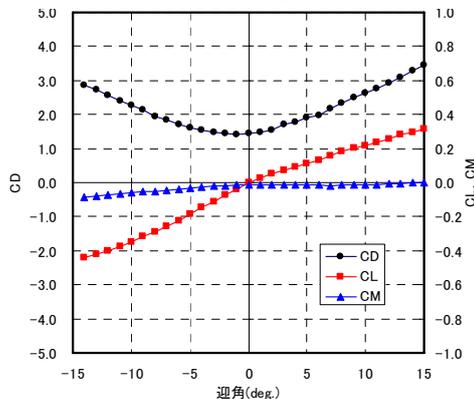


図-4 二箱桁断面の三分力図



図-3 一箱桁断面(参考)

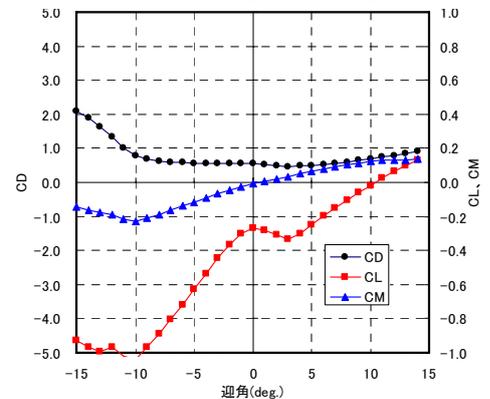


図-5 一箱桁断面の三分力図(参考)

キーワード：長大橋、多径間吊橋、フラッター

連絡先：〒651-0088 兵庫県神戸市中央区小野柄通 4-1-22 JB 本四高速(株) 長大橋技術センター Tel:078-291-1073

3. フラッター解析結果

各解析モデルのケース毎のフラッター解析結果を表-1 に示す。Selberg 式による推定値と平板空気力を使用した二次元フラッター解析結果と三次元フラッター解析結果(ケース 1)はほぼ同じ風速となった。

二箱桁断面を適用し静的変形を考慮しないケース 2 では、3c3000 モデルを除きフラッターの発生が認められなかったが、静的変形を考慮する(ケース 3)と、100m/s 前後でフラッターが発生する結果が得られた。いずれのモデルでも形状補正係数は 2.3 程度であり、構造系の違いによる耐風特性の違いは特に見られなかった。

一箱桁断面の空気力を使用したケース 4 とケース 5 を比較すると、3c1500 モデル以外が静的変形の考慮の有無による影響が見受けられなかった。特に同じ主径間長を有する 3 径間吊橋(3c1500 モデル)と 4 径間吊橋(4c1500 モデル)を比較すると、4 径間吊橋の方が耐風安定性の面では形状補正係数が小さな値を示していることから、桁断面の空力特性によっては若干不利となる傾向を示すことが明らかとなった。

表-1 三次元フラッター解析結果(ケース 1~5)

解析モデル	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	Selberg(参考)	二次元(参考)
静的変形	考慮せず	考慮せず	考慮	考慮せず	考慮	考慮せず	考慮せず
断面	平板	二箱桁	二箱桁	一箱桁	一箱桁	平板	平板
4c1500	49.4m/s(0.98)	150m/s ↑	117m/s(2.32)	50.1m/s(0.99)	48.6m/s(0.96)	50.4m/s(1.00)	50.0m/s(0.99)
3c1500	51.3m/s(1.05)	150m/s ↑	118m/s(2.41)	72.5m/s(1.48)	54.3m/s(1.11)	48.9m/s(1.00)	49.4m/s(1.01)
3c2300	40.0m/s(1.05)	150m/s ↑	89.9m/s(2.35)	42.4m/s(1.11)	41.5m/s(1.08)	38.2m/s(1.00)	39.3m/s(1.02)
3c3000	36.4m/s(1.12)	126m/s(3.86)	84.9m/s(2.60)	28.5m/s(0.87)	27.2m/s(0.83)	32.6m/s(1.00)	34.5m/s(1.06)

()書きは形状補正係数： $\kappa = V_{cr} / V_{Selberg}$ ↑はその風速までフラッターが発生しなかったことを表す。

4. まとめと今後の課題

多径間吊橋に対して解析によるフラッター特性の把握を実施した。その結果、次のことが明らかとなった。

- 1) 4 径間吊橋(4c1500)は 3 次元性を考慮することにより同じ主径間長の 3 径間吊橋(3c1500)よりも、フラッター発現風速および形状補正係数はやや劣る傾向にある。
- 2) 全長が同じ(L=4200m)の 3 径間吊橋(3c2300,3c3000)と比較すると良好な耐風性状を示しており、現地下部工の設置条件にもよるが、上部構造のみの比較においては 4 径間吊橋(4c1500)の適用により経済性の面でも有利(表-2)となる。

今後は、2つの主径間を有する 4 径間吊橋のフラッター特性を解明するため、各径間毎の非定常空気力による仕事量の分析などにより詳細に調査し、将来の全橋模型試験を含む耐風性調査を実施するうえで必要な課題を整理する必要がある。

表-2 各モデルの上部工概算数量の比較 (単位:t/Br.)

	4c1500	3c1500	3c2300	3c3000
補剛桁	48,600	31,300	48,600	48,600
ケーブル	18,200	12,000	30,900	51,600
主塔	26,600	13,800	35,100	61,400
合計	93,400	57,100	114,600	161,600
1mあたり	22.24t/m(1.00)	21.15t/m(0.95)	27.29t/m(1.23)	38.48t/m(1.73)

参考文献

- 1) 樋口、大橋、深谷：多径間吊橋における活荷重載荷方法による構造特性への影響、第 51 回土木学会年次学術講演会、平成 8 年 9 月
- 2) 山田、楠原、遠山、麓：多径間吊橋の耐風安定性に関する基礎検討、第 61 回土木学会年次学術講演会、平成 18 年 9 月
- 3) 秦、麓、楠原、平野、大廻：二箱桁断面の耐風安定性に関する検討、第 57 回土木学会年次学術講演会、平成 14 年 9 月