

NKK 正会員 保坂 俊晃 東京都立大学 正会員 前田 研一
 東京大学 正会員 藤野 陽三 (株) 長大 正会員 森園 康之
 長岡技術科学大学 正会員 長井 正嗣

1. まえがき 中央径間長2,000mを超える超長大吊橋の課題である耐風安定性の確保のために、著者らによるMONO-DUO形式¹⁾を含め、各種ケーブルシステムが研究されている。本形式は、塔頂での主ケーブル両面の橋軸方向相対変位を拘束することによって橋体の振り剛性を高めるものである。本研究では、MONO-DUO形式による超長大吊橋の耐風安定化対策に主眼を置き、従来のクロスハンガーに代わる新しい補助ケーブルシステムの導入を提案して、振り振動特性に及ぼす影響を中央径間長2,500mの箱桁吊橋を対象に検討した。

2. 検討条件と解析モデル 中央径間長2,500mの箱桁(38m×7m)吊橋の概略設計を行い、表-1の共通諸元を有する基本形式とMONO-DUO形式(図-1)の立体解析モデルを、橋軸直角方向の力の釣合いも満たす主ケーブルの形状決定²⁾の結果にしたがって作成した。但し、ここに示す解析には、塔頂位置で橋軸方向のみ可動の支点で主ケーブルを支持した簡易モデルを用い、後に、主塔を含むフルモデルとの等価性を確かめた。

耐風安定化対策としては、従来のクロスハンガーの他に、図-1に同時に示す新たな補助ケーブルシステム(以下、ステイハンガーと呼ぶ)の導入を考え、比較検討するものとした。これらは、中央径間全長に設置され、今回は、ハンガーと等断面で完成時には仮に無応力としたが、圧縮、引張ともに抵抗できるものとした。また、ステイハンガーは、図に示した直線状(0, 1, 2, 4m or 8mの5ケース)と凹凸状(max 4m or 8mの2ケース)の2種類の形状に沿って補剛桁先端のフラップあるいはブラケットに定着されるものとした。

3. 解析結果と振り振動特性 固有振動解析結果の一部を、図-2, 3に示す。図-2は、各解析モデルの振り対称1次の固有振動数を示したもので、基本形式の通常モデルの値を100%とした百分率を付記し、下段の組が基本形式、上段の組がMONO-DUO形式に対応している。ステイハンガーモデルについては、横軸に正規のハンガー定着点から隔たる距離(ブラケット張り出し長)を取って、振動数の変化との関係が解るようにしている。また、図-3は、MONO-DUO形式の通常モデル、および、両補助ケーブルシステムを併用したモデルの振動モードを3方向から示したものである。さらに、表-2は、参考のために、仮にSelbergの近似式が成り立つとして算定したフラッター限界風速の推定値を、代表的な解析モデルについて示したものである。但し、桁幅を2B=38mで固定する一方、等価鉛直慣性、等価回転慣性の値としては、基本形式、MONO-DUO形式ともに、通常モデルの値(両形式の差異は小さい)を他の2モデルに対しても用いている。これは、図-3の振動モードからも推測できるように、特に等価回転慣性の値が過大になることによるものである。

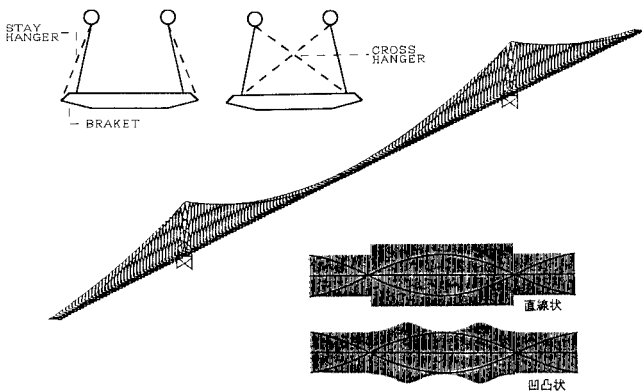


図-1 解析モデル

表-2 共通構造諸元

形 式	3径間2ヒンジ吊橋
支間長	1000 + 2500 + 1000 m
桁	980 + 2430 + 980 m
主ケーブル	サゲ比
	1 / 10
	中心間隔
	32 m (最大)
ハンガー	断面積
	0.5564 m ² / cable
	慣性質量
	4.575 t / m (長さ方向当り)
センターステイ	断面積
	0.006 m ² / 橋点
	慣性質量
	0.05 t / m
主桁	中心間隔
	中央径間 24.8 m 側径間 24.5 m
	断面積
	0.2 m ² (中央径間 1山)
主桁	形式
	鋼箱桁
	断面積
	1.3 m ²
	鉛直曲げ剛性
	11.0 m ⁴
主桁	水平曲げ剛性
	132 m ⁴
	ねじり剛性
	23.7 m ⁴
主桁	慣性質量
	23 t / m
主桁	回転慣性
	2500 cm ² / m

図-2から、本解析例では、基本形式における両補助ケーブルシステムの効果が、MONO-DUO形式に比べて1/5以下であることが解る。また、MONO-DUO形式にステイハンガーを併用した場合、定着形状が直線状8mのケースでは、最低次の対称1次振り振動数がクロスハンガーの場合とほぼ等しく約36%増加し、凹凸状max4mのケースでも約33%増加することが解る。したがって、経済性や美観上からは、max4m程度で凹凸状の形状に沿って定着するのが妥当と考えられる。

表-2からは、概略値ではあるが、基本形式の通常モデルに対して、MONO-DUO形式にステイハンガーを併用した凹凸状 max4mのケースの場合で約16m/s(約37%)、クロスハンガーで約19m/s(約44%)増加しており、フラッター限界風速のかなりの増加を予測できる。

一方、図-3からは、両補助ケーブルシステムを併用した場合、ほぼ同様の橋軸直角方向成分の大きな連成を生じることが解る。なお、省略したが、たわみ対称1次の固有振動数、振動モードの変動は、全解析モデルにおいて殆どみられなかった。

表-2 Serberg式による限界風速の推定値

解析モデル	基本形式	MONO-DUO 形式
通常	43.76	51.45
ステイハンガー(直線状 4m)	46.43	60.45
ステイハンガー(直線状 2m)	46.17	58.41
ステイハンガー(凹凸状 max4m)	46.36	59.92
クロスハンガー	46.65	62.97

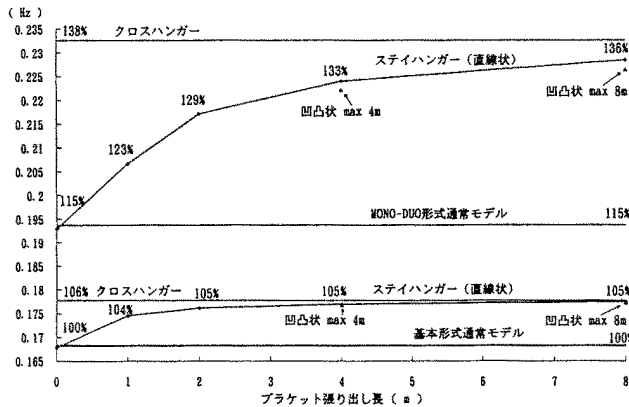


図-2 固有振動数(振り対称1次)

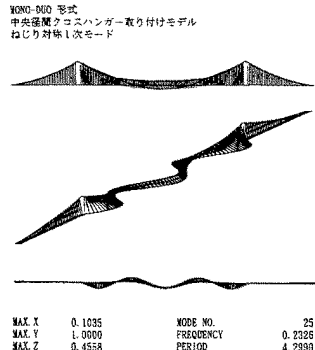
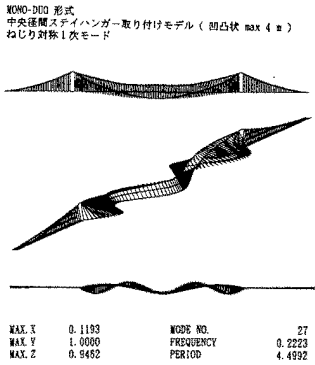
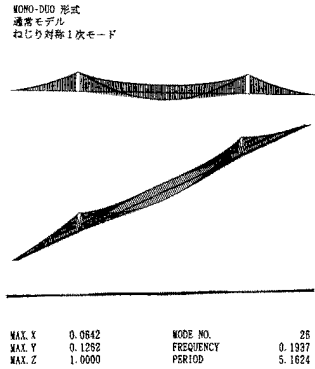


図-3 振動モード

4. あとがき 検討の結果、MONO-DUO形式超長大吊橋の耐風安定化対策として、新しく導入したステイハンガーを併用すれば、弛緩の影響や経済的な配置などの問題は残るが、定着位置でのフラップの補強と小規模なブラケットの増設のみで内部空間を阻害せずに、従来のクロスハンガーとほぼ同程度に最低次の対称1次振り振動数を高められることが解った。また、限界風速のかなりの増加も予測できたが、これらの補助ケーブルシステムを併用した解析モデルの振動モードには橋軸直角方向成分が大きく連成しており、より詳細な耐風安定性の評価を行う場合、3次元的な連成フラッター解析が不可欠であることが明らかであった。

- [参考文献] 1) 森園・藤野・前田・長井: MONO-DUO形式による超長大吊橋の耐風安定化に対する基礎的検討, 第49回年講, 1994.
2) 田平・森園・藤野・前田・長井: MONO-DUO形式による超長大吊橋の耐風安定化対策と振り振動特性, 第50回年講, 1995.