

東京都立大学大学院 学生員 田平 秀和 (株) 長大 正会員 森園 康之
 東京大学 正会員 藤野 陽三 東京都立大学 正会員 前田 研一
 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は耐風安定性の確保であり、より振り剛性の高いケーブルシステムの追究が急務とされている。本研究が対象としたMONO-DUO形式は、主ケーブルの塔頂サドルを中央に集中して配置し、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¹⁾。本論文は、有限変位解析のための形状決定法を提案し、中央径間長2,500mの箱桁吊橋を対象に、新しい補助ケーブルシステム²⁾も導入して、静的構造特性を比較検討したものである。

2. 立体有限変位解析と形状決定 MONO-DUO形式吊橋の主ケーブル形状は、設計で定められた鉛直方向のサグを有した状態で、橋軸直角方向にも曲線を描く。従って、有限変位解析モデルを作成するためには、次の様に形状決定を行う必要がある。すなわち、主ケーブルをハンガー定着点を節点としたリンクケーブルとすると、まず、基本形式の場合と同様の手法によって、ハンガー張力の鉛直方向成分、主ケーブル張力の橋軸・鉛直方向成分、各節点の鉛直方向座標が決定される。これらを用いた各節点における橋軸直角方向の力の釣り合いから、橋軸直角方向座標を未知数とした連立方程式が節点の数だけ得られ、各径間の両端での境界条件により解くことによって、主ケーブルの形状と張力、ハンガー張力、両者の無応力長が決定される。

3. 検討条件と解析モデル 中央径間長2,500mで桁高7mの箱桁吊橋の概略設計を行い、表-1の共通構造諸元を有する基本形式とMONO-DUO形式(図-1)の立体有限変位解析モデルを作成した。但し、影響線解析には、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、固定荷重解析には主塔を含むフルモデルをそれぞれ用いた。

耐風安定化対策は、図-1に示した新しい補助ケーブルシステム(以下、ステイハンガーと呼ぶ)と、比較対象としてクロスハンガーを導入した。ステイハンガーは、中央径間の全長に渡り、1/4点で面外に最大4m、1/2点と両端で最小1mの4次曲線に沿ってフラップあるいはブラケット(図-2)に定着するものとした。なお、今回、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とした。

表-1 共通構造諸元

形 式	3径間2ヒンジ吊橋
支間長	ケーブル 1000 + 2500 + 1000 m 桁 990 + 2480 + 990 m
主ケーブル	サグ比 1/10 中心間隔 32 m (最大) 断面積 0.5584 m ² / cable 張力質量 4.575 t / m (基準方向向き) 断面積 0.006 m ² / 橋点 張力質量 0.05 t / m
ハンガー	断面積 0.006 m ² / 橋点 張力質量 0.05 t / m 中央径間 24.8 m (中央径間 1山)
センターステイ	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 水平曲げ剛性 132 m ⁴ おしり剛性 23.7 m ⁴ 慣性質量 23 t / m 回転慣性 2500 kg ² / m

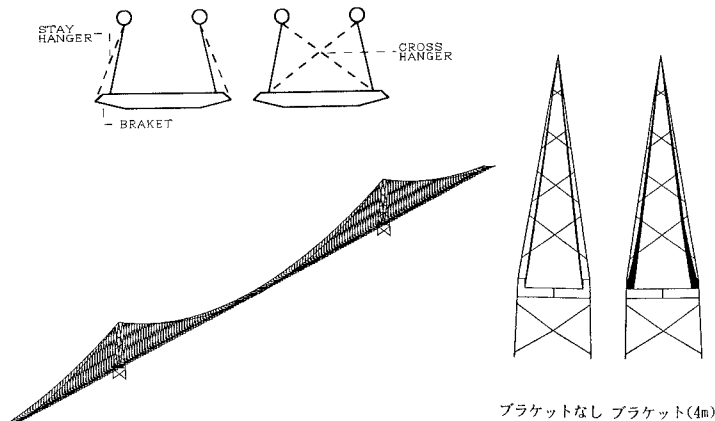


図-1 解析モデルと形状決定結果

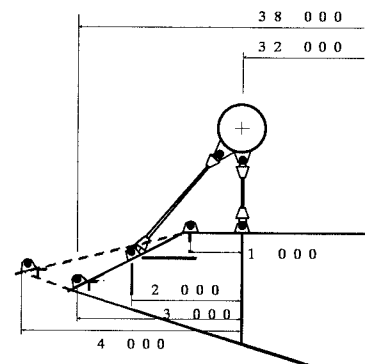


図-2 ステイハンガーの取付け状況

4. 影響線解析と固定荷重解析 各解析モデルを対象に影響線解析と固定荷重解析を行った。影響線解析結果の一部として、補剛桁に10,000tonf・mの振りモーメントを移動载荷した際の結果を図-3, 4に示す。図-3から、MONO-DUO形式の振り剛性が基本(Parallel)形式に比べて高いことが確かめられ、クロスハンガーよりは若干劣るものの、ステイハンガーによってもほぼ同様に振り剛性が高められることが解る。また、図-4からは、ハンガーと補助ハンガーの張力分担にも、大きな問題はみられないことが解る。

一方、図-5, 6は固定荷重解析結果の一部である。図-5から、活荷重偏心载荷時には、影響線解析の結果により予測されたように、補剛桁の振りモーメントが、MONO-DUO形式や補助ケーブルシステムの併用によって大きく低減されることが解る。しかしながら、図-6からは、設計風荷重(基本風速 45m/s)载荷時には、振り剛性の高い解析モデルほど、かなり大きな振りモーメントが生じており、設計上注意を要することが解る。しかも、配置にもよると思われるが、ステイハンガーの場合には、その値が端部で大きいのに対し、クロスハンガーの場合には、面外の曲げモーメントが最大になる1/4点付近で大きくなっている。

なお、ここでは省略したが、MONO-DUO形式と基本形式との面内および面外の変形の差異は殆どみられず、せん断剛性の増加による曲げ変形の低減や、風荷重に対する面外変形の抑制などの効果は、静的には余り期待できないものといえた。

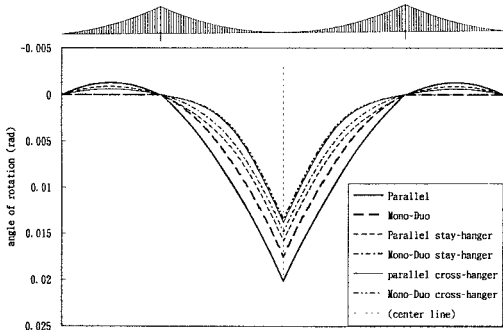


図-3 振り回転角の影響線(中央径間1/2点)

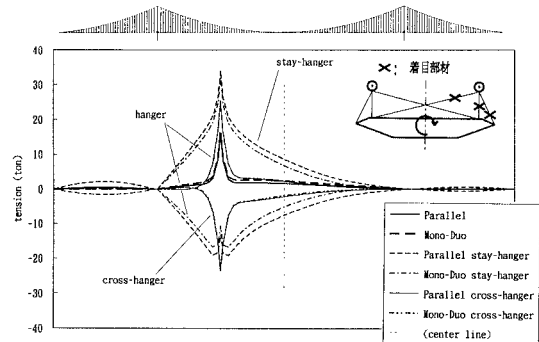


図-4 ハンガー張力の影響線(中央径間1/4点)

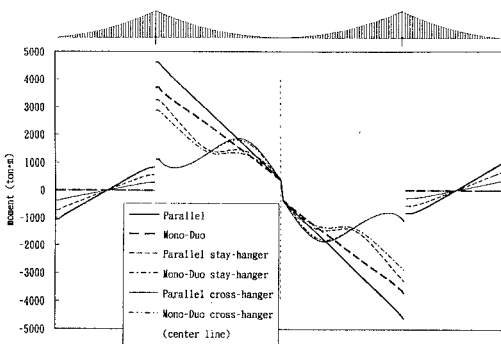


図-5 活荷重偏心载荷による振りモーメント

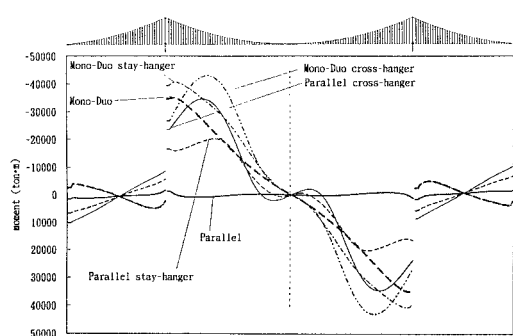


図-6 設計風荷重による振りモーメント

5. あとがき 検討の結果、MONO-DUO形式吊橋の形状決定法の妥当性を確認でき、有効な形式であることを静的にも確かめた。また、新たに導入したステイハンガーは、超長大吊橋の耐風安定化対策として、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の効果が得られたが、弛緩の影響、フラップの補強、ブラケットの構造とその経済的な配置や、風荷重载荷時に生じる振りモーメントなどが今後の課題である。

[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) 保坂・前田・藤野・森園・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.