

I-118

超長大吊橋の構造システムに関する検討

三菱重工業 正員 阿部浩志
建設企画コンサルタント 武 伸明
大阪大学工学部 正員 西村宣男

1. まえがき 中央径間長が2,500mを越える超長大吊橋を実現するためには、基本的構造システムとして1)上部構造の軽量化が不可欠であること、2)そのためには箱桁形式の補剛構造が適していること、3)ねじれ剛性を増加するためにケーブル間隔を大きくとる必要があることなどが、2, 3の計画案^{1)・2)}を分析することにより明らかになった³⁾。中央径間長3,300mのメシナ海峡吊橋の計画案はこのような基本構造が反映されており、耐風安定性に優れた流線型の補剛桁構造とケーブル間隔を明石海峡大橋の約1.5倍と大きくとっているところに特徴があるが、吊橋としての構造配置は従来型構造システムの延長線上にある。イタリアよりも過酷な自然条件である我国で超長大吊橋を実現するためには、新しい構造システムの導入が必要であるように思われる。本レポートでは構造システムに関する以下の項目①ケーブル間隔の拡大によるねじれ剛性の改善、②傾斜ケーブルによる面外剛性の改善、③デュアルシステムケーブルによる面外剛性の改善について力学的検討を行った結果を報告する。

2. ねじれに対するケーブル間隔拡大の効果 図-1に示すスパン3,000mの単径間吊橋について、ケーブル間隔40mの場合を基本として概略設計を行い、以下の諸元を基本量とし、ケーブル間隔のみを変化させ、骨組のマトリックス変位法により、弾性有限変位解析を行った。

死荷重：吊構造	22.0 t/m
ケーブル	34.0 t/m
補剛桁ねじり剛性：	$5.3 \times 10^8 \text{ tfm}^2$
ねじり荷重：	12 t/m

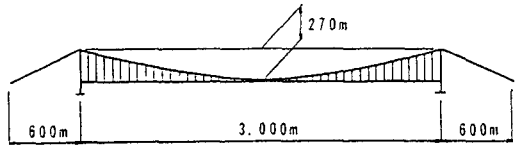


図-2にケーブル間隔と径間中央のねじれ角の関

図-1 基本吊橋の形状

係を示す。このモデルではケーブル間隔を10m増すごとに変位は約20%減少している。

3. 水平横たわみに対する傾斜ケーブルの効果 長大吊橋では面外荷重としての風荷重が静的にも吊構造の設計を支配するので、偏平箱桁の採用により風荷重の大きさを低減するだけでなく、構造システムの改善により補剛桁の分担する断面力をケーブルに転嫁する方策を検討する。自由懸垂したケーブルに対して、ケーブル面内分布荷重が作用する場合に比べて、面外荷重が作用する場合は格段に大きな変形が生ずる。そこでケーブルの面内剛性が面外荷重に対しても効果を発揮することができるように、図-3に示す傾斜ケーブル吊橋を考える。解析モデルの諸元は前述のデータのほか、補剛桁の鉛直軸回りの曲げ剛性： $4.97 \times 10^8 \text{ tfm}^2$ 、水平軸回りの曲げ剛性： $2.30 \times 10^8 \text{ tfm}^2$ とする。

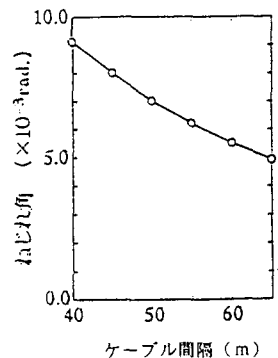


図-2 ケーブル間隔と等分布ねじり荷重による径間中央のねじれ角の関係

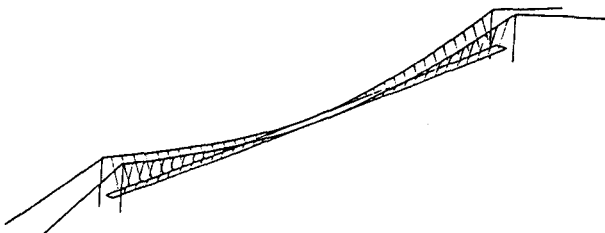


図-3 傾斜ケーブル吊橋モデル

ケーブルおよび補剛桁の設計風速はそれぞれ 75mおよび 65mとなる。
 ケーブルおよび補剛桁の抗力係数をそれぞれ 1.5および 0.9とすると、
 風荷重強度はそれぞれ 2.0tf/mおよび 1.0tf/mとなる。

このような風荷重が作用する場合、吊材面の傾斜角の増加に対して
 吊構造の水平変位は図-4のように減少する。これらの力学量の変化
 は傾斜角が3°を越えると顕著になり、傾斜角10°では約15%の
 減少となっている。

横荷重が作用すると斜めに傾斜したケーブルは水平変位と同時に鉛
 直変位を生ずる。風上側ケーブルの鉛直変位は上向き、風下側ケー
 ブルは下向きの変位を生じるため桁は正の向かえ角を持つようにねじれ
 る。鉛直吊りトラス補剛桁を有する吊橋に生じる水平たわみと負のね
 じれ角の連成とは本質的に異なっている。

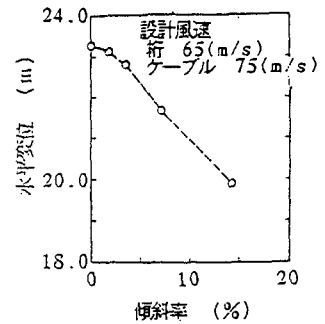


図-4 ケーブル傾斜角と吊構造の水平横変位の関係

4. 水平横たわみに対するデュアルケーブルシステムの効果

図-5に示すように主ケーブルのサグ f の 0.185倍のライズ f' のサブケーブルを有するデュアルケーブル吊橋に水平横荷重が作用したときの補剛桁および主ケーブルの水平横たわみを図-6に示す。緊張したサブケーブルの効果により、水平たわみは従来型の吊橋と比較して大幅に低減している。デュアルケーブルシステムは鉛直たわみおよびねじれ変形についても変形量の低減効果を発揮するが、超長大吊橋における水平たわみの抑制効果が最も期待できる。なお、サブケーブルの施工とプレストレスの導入方法における技術革新を必要とする。

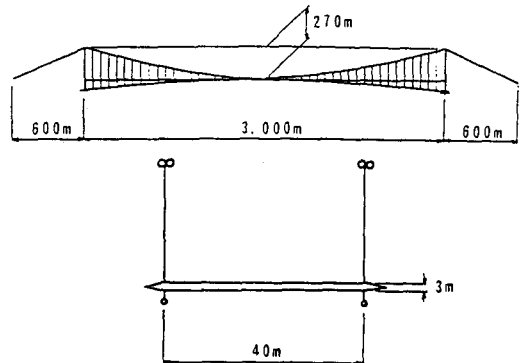


図-5 デュアルケーブル吊橋

5. 今後の検討課題

今回はケーブル間隔の拡大、傾斜ケーブルおよびデュアルシステムケーブルの効果
 を個々に検討した。今後はこれらの構造改善策を組み合わせた場合について力学特性の検討を進めるとともに、
 架設工法の可能性を追求する予定である。

参考文献

- 1) 山下義之・新田篤志・石井孝・川畑篤敬：構造的耐風安定性向上策による超長大吊橋の試設計，土木学会論文集，No. 323，1992。
- 2) 中村俊一・森園康之・長井正嗣・藤野陽三：合成補剛桁を有する超長大吊橋の提案，橋梁と基礎，Vol. 26，1992。
- 3) 阿部浩志・西村宣男・武仲明：超長大吊橋の構造形式に関する一考察，土木学会関西支部年次学術講演会概要集，1-80，1994。

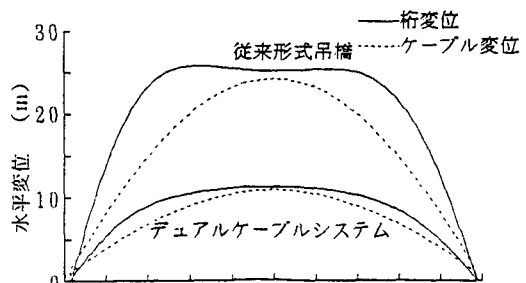


図-6 水平横荷重による補剛桁および主ケーブルの水平たわみ