

I - B68

立体ケーブルシステムを用いた長大吊橋の静的、動的耐風安定性

栗本鐵工所（株）	正員	石田 知久
長岡技術科学大学	正員	長井 正嗣
東京大学	正員	藤野 陽三

1. まえがき

近年、より経済性を目指した長大吊橋の開発が積極的に行われている。長大吊橋の設計では、周知の通り、フラッター風速を向上させることが至上課題の一つであって、そのための方策として、1)剛性、とくにねじれ剛性の向上、2)質量付加、3)減衰付加、4)自励空気力の低減¹⁾が挙げられ数多くの検討がなされている。このうち、1)の対策に関連して、従来の吊橋システムにクロスハンガー（対傾構）や水平ステイ（横構）を組み込む検討（本文では、クロスハンガーや水平ステイを補助ケーブルシステムと呼ぶ）、またケーブルを1本とするモノケーブルシステム、ケーブルを途中で1,2本と使い分けるモノデュオ形式が検討されている。これらは、塔をA形としてねじれ剛性を向上させたり、ねじれ振動時に横振動を連成させてモード質量を大きくして（2)の質量付加の効果）フラッター風速を向上させようとするものである。例えば、従来の吊橋システムにクロスハンガーを組み込むと、その位置で断面形状が保持され、水平振動と連成するねじれ振動が吊橋断面の重心に近い位置（桁に近い位置）まわりに生じ、ケーブルの水平振動が連成して質量付加が得られる。

さて、ケーブルシステムを改善する検討はこれまで個別に行われおり、必ずしもそれぞれの効果の比較が行われていない。また、フラッター解析についても、一部にはSelberg式や2モードフラッター解析が採用されており、複雑な振動モードが生じる上記システムでは発振モードを見逃す可能性も指摘されている。

そこで、本研究では2本のケーブルを平行に配置した従来形式の吊橋、2本のケーブルを塔頂で集約した立体ケーブルの吊橋、ケーブルを1本としたモノケーブルシステムを横並びにし、また立体ケーブルシステムでは補助ケーブルシステムを導入し、静的、動的安定性に関する検討を行う。すなわち、メインケーブルの立体的な配置が静的安定性やフラッター風速の向上にどの程度寄与するかについて検討を行う。なお、静的安定性に関する解析では補助ケーブルシステムは除外した。

2. 計算モデル

図-1に今回計算対象としたスパン2500mのケーブルシステムの立体形状を示す。なお、側径間長は1000mで、塔高さ（桁上）はスパンの1/10である。また、図-2に仮定した桁断面を示す。補助ケーブルシステムのうち、クロスハンガーは中央径間の1/4点の2箇所配置し、水平ステイは両側塔位置から中央径間の1/4区間に配置した。

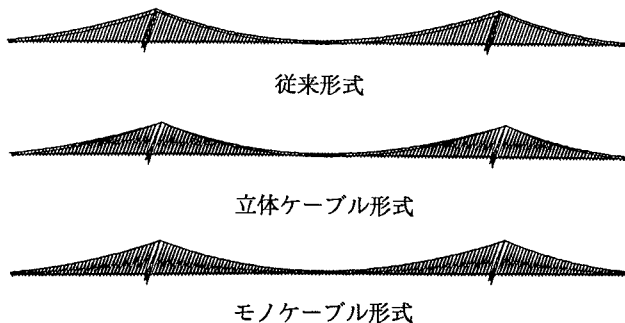


図-1 立体ケーブルシステム

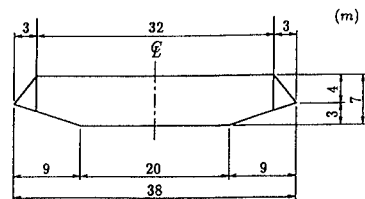


図-2 主桁断面

3. 解析方法

静的安定性は、変位依存型の風荷重を扱う斜張橋用の弾性有限変位解析法²⁾を立体ケーブルを有する吊橋の解析に拡張して照査した。また、フラッター風速はモード座表系に基づくフラッター解析より求めた。

4. 静的安定解析結果と考察

図-3に従来タイプ、立体ケーブルタイプ、モノケーブルタイプの風速と変位（水平、鉛直、回転角）の関係を示す。従来タイプは、風速が高くなると桁が鉛直方向に浮き上がるように変位するのに対して、その他のタイプは逆となる。また、ねじれ角についても逆となり、従来タイプは風上側がより浮き上がるように回転するのに対して、その他のタイプでは逆方向、すなわちブランコのような回転を示す。それぞれのタイプの変位が急増する風速はいずれのタイプも60m/s前後で形式による差異は見られなかった。

5. 動的安定解析結果と考察

フラッター解析では、30モードを採用した。表-1に従来、立体、モノケーブルシステムのフラッター風速を示す。従来システムと立体システムの風速はともに63m/sで同じ風速が得られた。これに対して、モノケーブルでは86m/sと35%高い風速が得られた。表-1には立体ケーブルに補助ケーブルを導入した場合の結果をあわせ示す。補助ケーブルのうち、クロハンガーの効果が大きいことがわかる。立体ケーブルにクロスハンガーを導入した場合の風速は約75m/sとなった。この風速は、別途従来システムにクロスハンガーを導入して計算した結果とほぼ同程度であった。

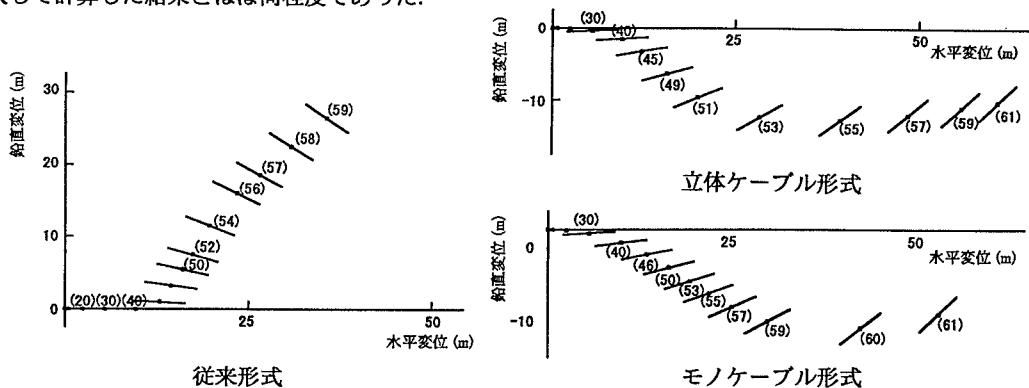


図-3 桁の変化（中央径間中央）（ ）内は、風速 (m/s)

表-1 フラッター風速

	(m/s)		
	基本	クロスハンガー	水平ステイ
従来	63	75	66
立体ケーブル	63	76	67
モノケーブル	86	—	—

6. まとめ

3つのシステムの静的安定性はほぼ同程度であった。モノケーブルのフラッター風速は最も高い値を示したが、静的問題で安定性が支配されると考えられる。立体ケーブルシステムの安定性は従来システムと大きく変化しないという結果が得られた。クロスハンガーを用いる場合、その効果は大きく風速を20%程度上昇させる。今回得られた知見については、今後、風洞実験による確認が必要と考える。

参考文献 1)藤野，長井：吊形式橋梁の現状と展望，鋼構造論文集，第1巻3号（1994），2)謝，山口，長井：自定，一部他定式長大斜張橋の静的対風挙動，構造工学論文集，Vol.42A（1996）