

大阪大学工学部 学生員○阿部浩志 大阪大学工学部 正 員 西村宣男
建設企画コンサルタント 武 伸明

1. まえがき

今世紀末、明石海峡大橋（中央径間長1,990m）の完成によって、径間長が2,000mを越える超長大吊橋の時代に突入することが現実的になってきた。すでにメシナ海峡吊橋では中央径間長3,300mの構想案が有力になっている。我国の第2国土軸上のいくつかの海峡連絡橋は2,500m～3,000mの規模が予想されている。このような超長大吊橋の計画では、新材料、新構造形式あるいは新工法の導入によって投資効果に見合う建設コストの抑制が最大の課題である。明石海峡大橋と同様の補剛トラス形式では経済的な超長大吊橋の建設は困難であると考えられる。本報告では超長大吊橋に適した新構造形式について検討している。

2. 実橋および構想案における力学パラメータの特性と問題点

新しい構造形式の検討に先立ち、長大吊橋の実績データおよび超長大吊橋の構想案を調査して、以下の項目について考察した。

主要力学パラメータの特性 吊橋の構造特性に関する数多くの力学パラメータ¹⁾の中で主要なもの3つについて、中央径間長とパラメータの関係を調べた。（図-1～図-3） P_1 は鉛直たわみに関する支配的な力学パラメータで、ケーブルの復元力と補剛桁の曲げ剛性の比に関係している。超長大吊橋では P_1 は40以上であり、局所的な変形でなければケーブルの復元力が卓越するため、鉛直たわみに対する補剛桁の剛性の寄与は僅少である。同時に補剛桁の曲げモーメントも桁の断面決定に関係することはない。

P_2 は水平横たわみに関する支配的力学パラメータで、水平たわみに対するケーブルの復元力と補剛桁の剛性の比に関係している。超長大吊橋では P_2 は20以上となり、ケーブルの復元力が卓越するが鉛直たわみの場合と異なり、水平横たわみに対してはケーブルの伸び剛性（付加張力による上揚力）が発揮されないの、補剛桁の面外曲げモーメントが小さくなることはない。

P_{14} はねじりに対するケーブルの復元力と補剛桁のねじり剛性の比を表す。 P_{14} と支間長との相関はなく平均値が0.2程度であるが、構想案に見られるように構造形式を特定すれば支間長との相関が現れる。

ケーブル張力とアンカレッジの規模 超長大吊橋に従来形式の補剛トラスを用いることの最大の問題点は死荷重が大きくなり、ケーブル張力が長大化に伴い等比級数的に増大することにある。このことによって下部工、とりわけアンカレッジの建設費の上昇をまねく。図-4にケーブルの水平張力と径間長の関係を示すが、従来形式の補剛トラスを用いたプロポーザルA²⁾によると3,000mクラスでは明石海峡大橋の3倍に近いケーブル張力となっている。

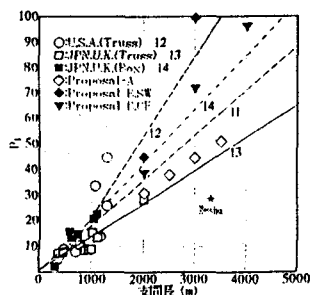


図-1 スパン長と P_1 の関係

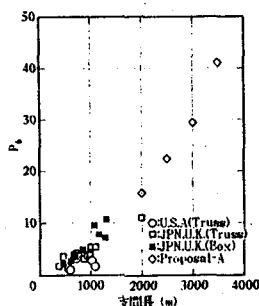


図-2 スパン長と P_2 の関係

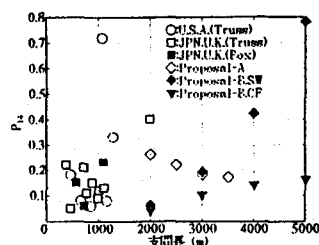


図-3 スパン長と P_{14} の関係

3. 新構造形式とその力学特性

図-5に示すような支間長3,000mの単径間吊橋を対象として、構造形式と力学特性を検討する。超長大吊橋に適した構造形式としては抗力係数の大きい補剛トラスではなく、偏平な補剛桁を用いることにより、風荷重を低減する必要がある。偏平な補剛桁を採用することによるねじれ剛性の不足分はケーブル間隔を広げることによる復元力項の増加で補う。図-6は等分布ねじり荷重が作用したときのねじれ角最大値とケーブル間隔の関係を表している。メシナ海峡吊橋の構想案として様々な新構造が提案されてきたが、何れも架設工法に難点があり、新しい架設技術の開発を必要としない最終構想案（ケーブル間隔 52m）はまさにこのような発想から生まれたものと考えられる。

次に水平横荷重によるたわみや補剛桁の曲げモーメントを低減するために図-7に示すような傾斜ケーブルの導入を考える。図-8はケーブルの橋断面内傾斜角と径間中央における桁の水平変位の関係を表している。傾斜角が 5° を越えると傾斜ケーブルによる剛性向上効果が現れるが、極端な傾斜は主塔におけるケーブル間隔を増大するので、最大でも 10° が上限となる。

ケーブル間隔の拡大は主塔のシャフトの間隔さらにはピアーの規模の増大をまねくので、それに替わるケーブルシステムとしてはデュアルケーブルの採用が挙げられる。この方式ではねじれ剛性のみでなく鉛直曲げおよび水平たわみに関しても変位や補剛桁断面力の減少を期待することができる。最大の問題点は上に凸なケーブルの施工技術の開発である。

ケーブル間隔の拡大は主塔のシャフトの間隔さらにはピアーの規模の増大をまねくので、それに替わるケーブルシステムとしてはデュアルケーブルの採用が挙げられる。この方式ではねじれ剛性のみでなく鉛直曲げおよび水平たわみに関しても変位や補剛桁断面力の減少を期待することができる。最大の問題点は上に凸なケーブルの施工技術の開発である。

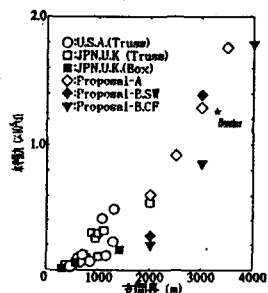


図-4 スパン長とケーブル張力の関係

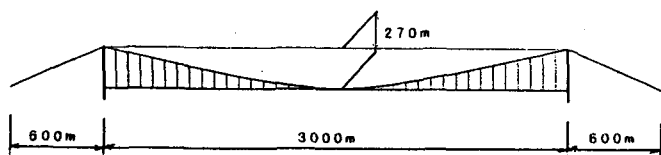


図-5 解析モデルの一般図

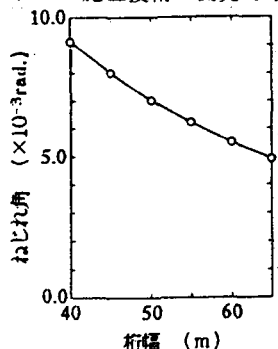


図-6 ケーブル間隔と等分布ねじり荷重による径間中央のねじれ角の関係

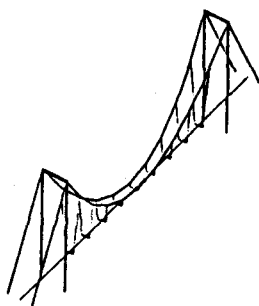


図-7 傾斜ケーブル吊橋モデル

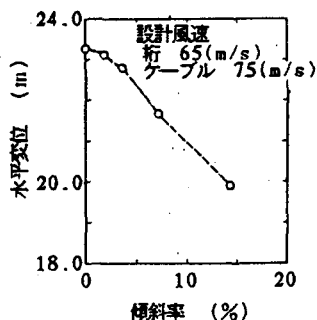


図-8 ケーブル傾斜角と水平変位の関係

4. あとがき

超長大吊橋に適した構造形式の選択に向けて、二三の試案を検討した。ケーブルシステムを従来の自由懸垂型から替える場合、その施工法に技術革新が必要であり、ケーブルへ新材料の適用も含めて、実務技術者との共同による総合的な研究が必要である。

参考文献

- 1) 小松定夫・西村宣男：長大吊橋の固有振動に対する吊構造せん断変形の影響，土木学会論文報告集，No. 323, 1982.
- 2) 山下義之・新田篤志・石井孝・川畑篤敬：構造的耐風性向上策による超長大吊橋の試設計，土木学会論文集，No. 453, 1992.
- 3) 中村俊一・長井正嗣・森園康之・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. 28, 1992.