

I-300

超長大吊橋の構造特性に関する考察

大阪大学大学院

学生員 小西英明

大阪大学工学部

正員 西村宣男

建設企画コンサルタント 正員 武 伸明

建設企画コンサルタント 正員 木谷紋太

1. まえがき

約60年前に、支間長が1000(m)を越えるジョージワシントン橋が建設されて以来、吊橋の支間長は長大化の一途をたどっており、現在建設中の明石海峡大橋が完成すると支間長が2000(m)を越える超長大吊橋の時代に突入する。そこで、今回は支間長が3000(m)の吊橋を対象として、長大化に伴い最も問題になるであろうと思われる風荷重による変形および断面力に主眼を置き、新構造形式吊橋を提唱し、その実現可能性も含めた報告を行う。

2. 解析モデル

今回想定した解析モデルは、従来型吊橋(図-1)とデュアルケーブル吊橋(図-2)の2種類である。超長大吊橋では風荷重が構造部材断面の決定に大きく影響するため、吊橋全体を一つの系と見たときの補剛桁の剛性を高めるような構造形式が望まれる。デュアルケーブル吊橋とは、上記のような構造特性を満たすように考案された新構造形式吊橋であり、従来型吊橋の補剛桁下部にサブケーブルを設け、プレストレスを導入することにより、耐風索としての効果を期待したものである。解析には、マトリックス変位法による立休骨組み構造の有限変位解析プログラムを用いて行った。

項目	条件
形式	単径間吊橋
支間長	3000(m)
ケーブル間隔	40(m)
補剛桁橋軸方向勾配	1.5%放物線勾配

項目	条件
形式	単径間吊橋
支間長	3000(m)
ケーブル間隔	40(m)
補剛桁橋軸方向勾配	1.5%放物線勾配
サブケーブルライズ	70(m)
プレストレス	25 (L/サブハンガー1本)

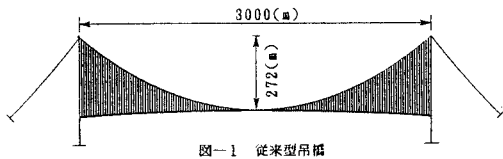


図-1 従来型吊橋

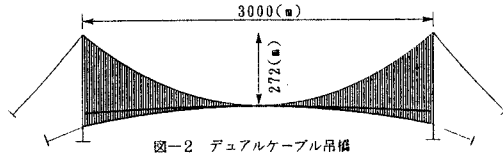


図-2 デュアルケーブル吊橋

3. 解析結果

明石海峡大橋の設計基準より基本風速を46.0(m/sec)として求めた風荷重²⁾を載荷して解析した結果を示す。従来型吊橋とデュアルケーブル吊橋を比較した時、補剛桁の水平変位、曲げモーメント共に60%に減少していることが分かる(図-3)。また水平変位に伴って起こる鉛直変位、曲げモーメントに関しては共に25%に減少している(図-4)。これは、サブケーブルの引張力が補剛桁の変位を減少させる方向に作用するため、補剛

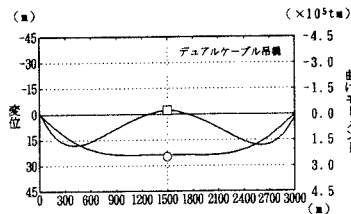
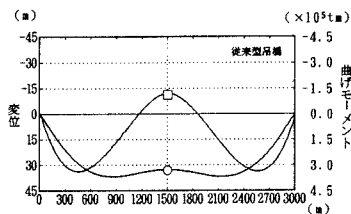


図-3 水平変位および曲げモーメント

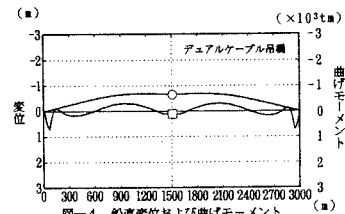
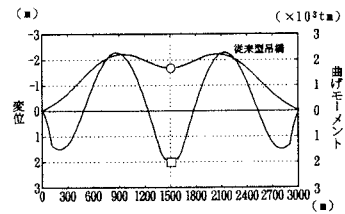
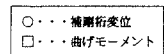


図-4 鉛直変位および曲げモーメント



桁の見かけ上の剛性が高くなっていることに起因すると思われる。これらの解析結果よりサブケーブルを設けることで、補剛桁の変形および生じる曲げモーメントを抑制することが可能であることが分かる。デュアルケーブル吊橋において、サブケーブルの張力を風荷重載荷前後で比較したところ、5%の増加にとどまった(図-5)。このことから、サブケーブルの断面を決定するのは、プレストレスの大きさに依るところが大きいことが分かる。耐風安定性の照査を行うため、2つの解析モデルに対しSerbergの経験式²⁾を用いて限界風速を求めたところ、従来型吊橋の72.66(m/sec)に対し、デュアルケーブル吊橋では99.66(m/sec)となり、デュアルケーブル吊橋は従来型吊橋に比べ、耐風安定性に優れた構造特性を有することが分かる。より詳細な耐風安定性の照査を行うためには、全橋モデルを用いた風洞実験を行う必要がある。

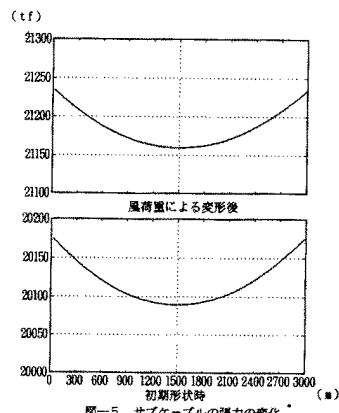
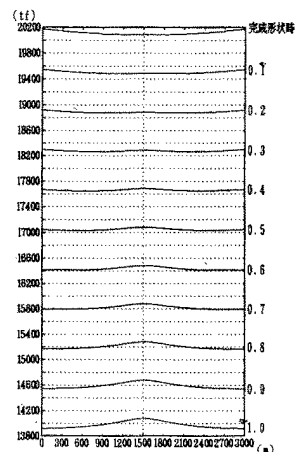


図-5 サブケーブルの張力の変化

4. デュアルケーブル吊橋の架設工法および架設段階の応力

デュアルケーブル吊橋の架設工程は次のようである。①補剛桁架設までは従来型吊橋と同様 ②サブケーブル定着用サブアンカーの設置 ③サブハンガー、サブケーブルを架設 ④サブハンガーよりプレストレス導入 ⑤サブケーブルよりプレストレス導入。以上の架設工程のうちでサブケーブルを引っ張りプレストレスを導入する段階は予想が難しいため、サブケーブルを引っ張る長さで導入されるプレストレスの大きさの関係を解析により求め考察を加える。解析方法は完成系からサブケーブルを緩めてプレストレスを抜いていき、その時のサブケーブルの張力を求める方法をとった。また架設時にサブケーブルを引っ張り得る長さは過去の実績より1.0(m)まで可能であるとして解析を行った。解析結果を図-6に示す。サブケーブルを0.2(m)以上伸ばすと、サブケーブルの端部と中央部で張力の大きさが完成形状に対して逆転していることが分かる。これは、サブハンガーが完成形状では鉛直になっておりサブケーブルの張力の水平成分には影響しなかったのに対し、サブケーブルを伸ばすことにより、サブハンガーは水平成分を持つようになるため、サブケーブルの張力に影響を与えることに起因するものと考えられる。この時、補剛桁に生じる応力は設計基本風速を載荷して生じる応力の約50%となっており、補剛桁の断面決定に影響を与えるものではないことが分かった。

図-6 サブケーブルを緩めた時のサブケーブル張力の変化
注) グラフ右の数字は緩めた長さ

5. まとめ

今回の報告では、従来型吊橋とデュアルケーブル吊橋のみに終わったが、今後はより超長大吊橋に適した構造特性を有する新構造形式吊橋についても解析を行い、構造システムを解明する必要がある。またデュアルケーブル吊橋の架設系の解析結果は、サブケーブルよりプレストレスを導入する段階のみにとどまったが、今後はサブハンガーよりプレストレスを導入する段階についても解析を行い、プレストレスの導入方法を最適に配分することも考える必要がある。また、超長大吊橋の設計段階においては耐風安定性に最も注意を払うべきであるため、解析のみならず風洞実験による検討も行う必要がある。

《参考文献》

- 1) (社)建設コンサルタント協会近畿支部: 吊橋の実橋調査報告, pp149~153, 1991.
- 2) 平井 敦: 鋼橋Ⅲ, 技報堂, pp.527~546, 1967.