

建設省近畿地方建設局 正員 沢井 友之

1. まえがき

海上距離が数キロに達するような海峡に、従来の径間よりおる吊橋を架設しようとするれば、海中に巨大なセントラルアンカレッジを築造しなければならない。もしも、この地実で多径間吊橋の架設が可能ならば、この海中での大規模かつ困難な基礎工事を避けることができる。

しかしながら、多径間吊橋は図-1のように、吊橋造部を3以上の塔に連続して架け渡したケーブル吊り下げたため、通常の径間吊橋に較べて、構造上次のような欠陥を有し、これらが実施を阻むものと考えられる。

すなわち、山径間の径間に活荷重が負載されると、ケーブル水平張力が新たな平衡状態に達するまで、塔頂が大きく変位する。したがって、補剛トラスのたわみ変形が大きい。四構造全体が可撓性過ぎるために、地震などの動的荷重に対して、不安定な構造形式である。四ケーブル張力が径間数の増加に伴って減少するため、補剛トラスに大きな曲げモーメントが作用し、弦材が不経済な断面になる。

本報文は、多径間吊橋の工学的特性を定量的に把握し、上記の構造上の問題実が多径間吊橋の実施を否定するものかどうかを確認するために行った調査結果の概要である。

2. 設計の算法

鉛直荷重に対する設計の算法は、図-1に示す構造系、すなわち、ケーブルは水平方向に主塔の曲げ剛性に相当するばね（ばね係数 $\mu = \frac{1}{8} \cdot \frac{3EI_p}{L^3}$ ）によって支持されるものとして、福田の差分法による吊橋の精密解法によつた、主塔々便れ、ばねを併入することによつて、塔頂変位をより厳密に計算することができる。

3. 影響線

ケーブル水平張力、補剛トラス曲げモーメント、鉛直たわみ、塔頂水平反力の影響線を図-2-5に示す。図中、実線はほぼ同一条件で設計した主径間長の等しい径間吊橋の影響線である。

図-1 多径間吊橋の基本構造系



図-2 ケーブル水平張力の影響線

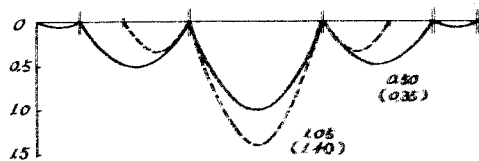


図-3 補剛トラス曲げモーメント影響線(塔頂中央)

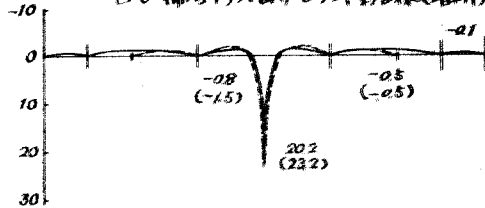


図-4 補剛トラス鉛直たわみ影響線

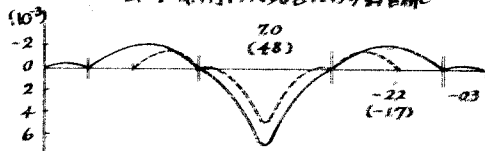
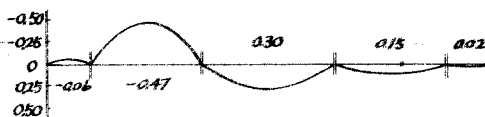


図-5 中央塔水平反力影響線



4. 補剛トラス最大モーメントおよびたわみ

図-6.7に鉛直荷重による補剛トラスの最大曲げモーメントおよびたわみ図をしめす。

5. 試算設計に対する考察

設計結果から、多径間吊橋の特性として、おおよそ次のことが明らかになった。

(1) 塔頂水平変位 活荷重偏載による塔頂の変位は予期したとおり、かなり大きな値となった。温度変化の影響を含めて、中央塔で $\delta = 2.5$ 変位し、3径間の 1.4 よりかなり大きい。

(2) 鉛直たわみ 補剛トラスの鉛直たわみは、塔頂変位に比例して増大するため、主径間中央で 10cm (温度 $+30^\circ\text{C}$) となり、3径間の 70 の約 14 倍となる。なお、図-7からわかるように、隣接する他の径間に負荷される荷重によつて、正のたわみはほぼ等しい負のたわみを生ずる。

(3) 曲げモーメント 補剛トラスの曲げモーメントは図-6からわかるように、当初の予想に反し、同一規模の三径間吊橋よりやや小さくなった。これは、径間長が長大になるにつれて、活荷重によるケーブル張力の変動が極めて小さいこと、鉛直たわみが3径間より大きいことと起因するものであると考えられる。

(4) 塔頂ねね係数の影響 塔頂変位をできるだけ抑制し、吊橋のたわみ剛度を高めるには、一般にサゲを小さくするのが有効であるが、ケーブル断面がサゲに反比例して増大するため、塔の曲げ剛性を高めることも必要である。しかし、塔の剛性を大きくすれば、塔頂水平反力は増加する。一方、補剛トラスの曲げモーメント、せん断力はほとんど影響はない。

(5) 推奨鋼種 今回の試算設計では、部材の詳細な断面設計は行っていないが、鋼種に関して、3径間吊橋と比較して、おおよそ次のことがわかった。まず、主ケーブル断面はほとんど等しいが、主径間長が短くなるにつれて、若干小さくなる。また、鉛直荷重によつて決まる補剛トラス部材断面は多径間がやや小さくなる。これに反し、主塔は、塔頂変位を小さくするために、必然的に断面の増大を要する。

6. おすむ

多径間吊橋は、同一主径間長を有する径間吊橋と比較して、剛性が低く、可撓性であることは設計結果も示しているが、この程度の変形は、道路交通に対して何ら障害となるものではない。したがって、死荷重によるケーブル水平張力が主塔の両側で釣合つよう、各径間のサゲ比を速定すれば、長大道路橋として、多径間吊橋と採用すること、致命的な問題は存在せず、実施の見通しは明るいということができよう。

しかし、本調査は、あくまでも調査の第一段階として、静的な構造解析も行なつたに過ぎないので、今後、耐震、耐風等の動的解析による検証や施工に伴う諸問題の調査研究が必要なことはおぼろしい。これらについては、現在研究中であるので、後日報告する予定である。

おわりに、本調査にあつて、終始助言いただいた東大名教授福田先生に謝意を表する。

図-6 補剛トラス最大曲げモーメント図

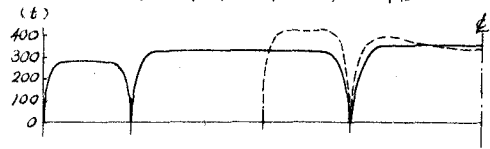


図-7 補剛トラス最大たわみ図

