

I - A272 長大斜張橋の静的、動的耐風安定性を確保できる必要最小桁幅に関する検討

長岡技術科学大学 学生員 大島 淳一 正 員 長井 正嗣
 栗本鐵工所(株) 正 員 石田 知久
 埼玉大学 正 員 謝 旭, 山口 宏樹
 東京大学 正 員 藤野 陽三

1. まえがき

著者らはスパン 1000m を超える自定式長大斜張橋の可能性に関する検討を行ってきたが、スパンが 1000m を超えると、横安定を確保するためのスパンと桁幅の比(40 以下)が制約条件となって、長大化に伴い桁断面が大型化し他の吊形式橋梁に対して競争力が低下することを指摘してきた。以上の制約条件を前提とした場合、スパン 1200~1400m 程度が経済的な適用限界と考えられる。しかしながら、上記の数値 40 の根拠は必ずしも明確でなく、検討の余地があると考え。著者らは、3. 解析方法で説明する、長大橋の不安定現象を明らかにする解析手法の開発を行っているが、本文では、それらの手法を用い、果たして 40 が制約条件となるか、またどの程度の数値まで許容できるかについて検討した結果を報告する。

2. 計算モデル

図-1 に計算対象としたスパン 1400m 斜張橋の側面を示す。塔の桁上高さはスパンの 1/5、側径間長は中央径間長のほぼ半分で、側径間内に鉛直(重力方向)剛性を確保するために中間橋脚を設ける。今回用いた 4 種類の主桁断面を図-2 に示す。それぞれのスパンと桁幅の比は 70, 56, 47, 40 (但し、図中のフェアリングは考慮していない)である。

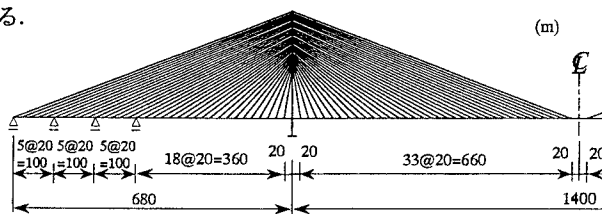


図-1 1400m の斜張橋の側面形状

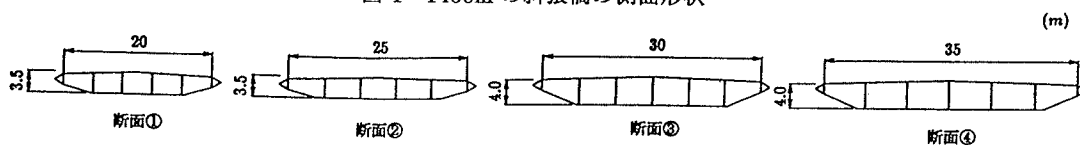


図-2 主桁断面

3. 解析方法

まず、主桁の断面設定を文献1)に基づき行う。得られた断面を用いて、面内の耐荷力を修正 E_r 法を用いて検討した。その結果、図-2 の 4 種類の断面に対して、それぞれ完成系で約 2.3~2.5、架設系で約 3.2~3.6 の荷重倍率(死荷重時の桁軸力に対して)を有することが確認でき、面内挙動に関しては、曲げモーメントとの組み合わせを考慮しても所定の安全率は確保できているものと考え。なお、架設系は、張出し長が最も長い(700m)系を対象としている。風荷重作用時の静的安定性については、ケーブルに風荷重を直接作用させるとともに、桁の回転変位に伴い風力(抗力、揚力、空力モーメント)が変化する変位依存型風荷重を考慮し、収束計算よりつり合い位置を求める有限変位解析²⁾より検討を行う。動的安定性については、モード座標系を用いたフラッター解析³⁾より検討する。その際、いわゆる構造減衰は無視し、ケーブルによる減衰効果は準定常的に扱った。

4. 静的安定性に関する計算結果と考察

図-3 はスパン中央の桁変位(面外方向水平, 面内鉛直, 回転), 図-4 は同じく風上, 下側ケーブルの張力である。水平変位は風速とともに増加するが, 風速 70m/s を超えるあたりから面内鉛直(浮き上がり)と回転角(風上側の変位が上がるように回転する)の非線形性が顕著となる。また, いずれも桁幅の狭いモデルほど変位は大きい。図-4 より, 風上側のケーブル張力は桁の回転に伴い徐々に減少し風速 70m/s を超えるあたりから急激に小さくなる。また, 風下側ケーブルは桁の回転の影響で張力が多少増加するが, 風速 70m/s を超えるあたりから, 桁の鉛直浮き上がりが顕著となって張力が急激に減少する。不安定となる風速は狭い桁幅から 80~85m/s である。また, 架設時もほぼ同様の傾向を示し, 風速は狭い桁幅から 65~75m/s であった。これより, スパンと桁幅の比を 40 以上とした今回の計算モデルのいずれも静的安定性は確保できるものと考えられる。この理由として, 各断面の諸量(断面積, 面内, 外方向の断面 2 次モーメント, 純ねじれ定数)の決定法の説明を省略したが, いずれの断面も, 塔位置の近傍ではほぼ同じ値を持つためである。スパンが 1000m を超える長大橋では, 塔近傍の桁を増厚する対策が不可欠となって, 必ずしもスパンと桁幅の比が安定性に関する指標とならない。

5. 動的安定性に関する計算結果と考察

完成系では 25 モード, 架設系では 15 モードを採用したフラッター解析を行った。完成系でのフラッター風速は桁幅の狭いモデルから 134, 120, 126, 132m/s となり, 100m/s を超えていた。また, ケーブルの振動を考慮すると, さらに風速は上昇した。架設系では, それぞれ 95, 90, 100, 109m/s で, この場合も高い風速が得られた。ただし, 完成系において, ケーブルの空気力を無視した場合, 対数減衰率が最初から非常に小さい負の値となった。実構造にはわずかではあるが減衰を有しているため問題ないと考えられるが, 今後, 数値計算のみでなく, 風洞実験により動的安定性を確認しておく必要があると考える。

6. まとめ

変位依存型の風荷重を扱う有限変位解析とフラッター解析を用いた検討より, スパンと桁幅の比 40 は絶対条件とならないことを明らかにした。また, 鋼重量は断面②が最も少なく, 断面①のように大きな比を選ぶと経済性に問題が生じることが明らかとなった。

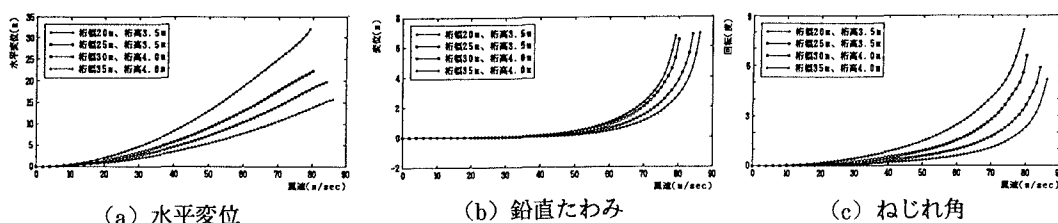


図-3 主桁のスパン中央点変位

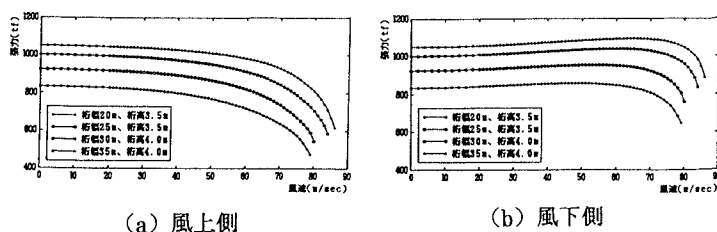


図-4 中央径間最上段ケーブル張力

参考文献 1)長井他:長大斜張橋の主桁断面選定に関する検討, 構造工学論文集, Vol.39A (1993) 2)謝他: 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) 3)岩本他: 三次元モデルによる長大斜張橋のフラッター解析, 土木学会第 48 回年次講演会講演概要集 (1993)