

I-A 305 長大斜張橋の座屈耐力からみた主桁断面最小化に関する一検討

長岡技術科学大学 学生員 石田 知久

長岡技術科学大学 正 員 長井 正嗣

東京都立大学 正 員 野上 邦栄

1. まえがき

これまで、文献1)において、1000mを超える長大斜張橋用の主桁断面を提示してきた。断面は材料の降伏点、座屈安定に対する安全率（1.7以上）や面外方向の安定性が確保できている。また、得られた断面と既存の長大吊橋の主桁断面の比較から、斜張橋の経済的スパンがおおよそ1400m程度となることを説明した。その後、詳細な試設計を行った文献2)でも同様の説明がなされている。さて、著者らは、桁の安定性の照査に簡易 E_f 法を用いた。この簡易法による結果を骨組モデルの修正 E_f 法による結果と比較すると、精度よい値が得られることが確認できているが、安全側の立場から桁は等断面とした。さて、死荷重と風荷重の組み合わせ状態で安全性を確保するために、塔位置の桁補強（板厚の増厚）が避けられないが、この増厚の影響が上記安定性照査にあたり考慮されていなかった。しかし、得られた断面を対象に骨組みモデルの修正 E_f 法を適用したところ、かなり高い座屈軸力が得られた3)。これは、塔位置の軸力の大きい領域で主桁断面の板厚を増厚しているためである。したがって、座屈安定性の面からは、これまで得られた主桁断面寸法の一層の小型化、経済性の達成の可能性が考えられる。

そこで、本文では、まず材料の降伏点を限界状態（死、活荷重時安全率1.7、死、風荷重時安全率1.13）として断面を求める。そして、桁幅、高さの組み合わせに対して鋼重量を算出して考察を加える。次に、最小の重量を与える桁幅、高さを対象に骨組みモデルの座屈解析（修正 E_f 法）から座屈安定の検討を行う。

2. 計算モデルと荷重条件

本検討では、経済的な適用限界スパンと考えられる1200,1400mの斜張橋を対象とする。また、車線数は4,6車線とする。側径間長は中央径間長の約半分とし、側径間内のフリースパン長が300m程度となるよう中間橋脚を設ける。また、塔の高さ（桁上）は中央径間長の1/5とし、塔内のケーブル定着区間長は塔の上半分とする。荷重条件に関する情報を表-1,2に示す。また、主桁は、基本的に最小の板厚で構成することとし、使用材質はスパン1200,1400mでそれぞれSM490Y, SM570材とする。

3. 材料の降伏点を限界状態とする主桁断面の検討

桁幅と高さを仮定し、死、活荷重また風荷重による断面力を算出して応力を計算する。先に説明したように、死、活荷重時、降伏点に対する安全率1.7、死荷重および風荷重時、降伏点に対する安全率1.13（割増し係数1.5）を満足するよう断面決定する。風荷重作用に対して、塔位置から中央および側径間方向に向かって桁断面内端部（端部から5mの区間）を増厚していく。

図-1,2にスパン1200,1400mの鋼重量を示す。いずれも4車線の結果である。図中の数値が重量で全長の値である。なお、図中の★印、[]内数値は次節で説明する。これより、降伏点を限界とすれば、塔位置近傍の断面補強によって、4車線の最小幅程度で桁高さ2.5m（必要最小値と設定）の断面が得られることがわかる。また、この断面が最小重量となる。

表-1 活荷重

	分布荷重 (tf/m ²)	集中荷重 (tf)
4車線	3.8	62.5
6車線	4.8	80.0

表-2 風荷重条件

	設計風速 (m/s)	抗力係数
桁	60	0.8
ケーブル	70	0.7

4. 座屈耐力の検討

得られた最小断面から、骨組モデルの修正E₁法を適用し安全性の検討を行った。採用した安定性の基準は、圧縮軸力と曲げモーメントが作用する部材の相関強度式で、限界モーメントを降伏モーメント、安全率を1.7とし、限界軸力を修正E₁法で算出した。作用曲げ応力を400kgf/cm²と仮定すると、作用軸力と限界軸力の比が0.48以下が安定性の基準となる。

結果を図-1,2に[]内数値で示す(★印位置)。 $\square$ の数値が0.48以下であれば安定とみなせる。スパン1200mの場合、桁幅25m、桁高さ2.5mの場合でも安定性が確保できることを示している。實際上、メンテナンス等を考えると、3mを採用しておけば桁幅に関係なく安定性が確保できると考えられる。また、スパン1400mの場合、桁高さを3.5m程度確保しておけば桁幅に関係なく安定性が確保できると考えられる。なお、スパン1200、1400m完成系の座屈モード形の一例を図-3,4に示す。

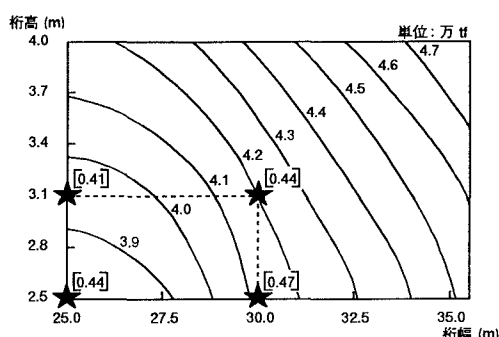


図-1 桁幅、桁高と鋼重量の関係
($L_c=1200$ 、4車線、ケーブルピッチ20m)

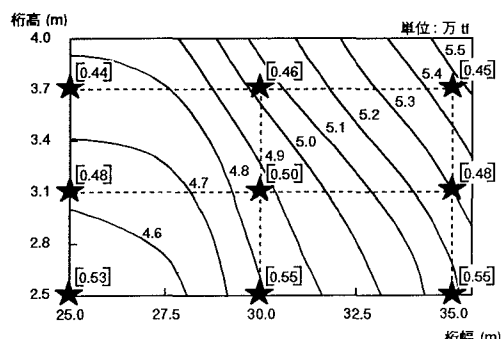


図-2 桁幅、桁高と鋼重量の関係
($L_c=1400$ 、4車線、ケーブルピッチ20m)

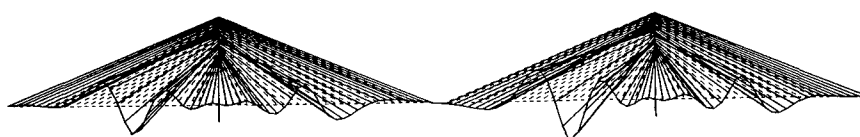


図-3 座屈モード図
($L_c=1200$ 、4車線、桁幅30m、桁高3.1m)

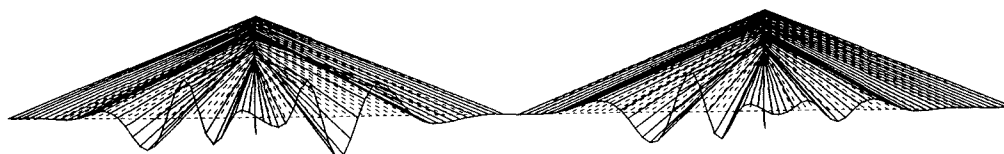


図-4 座屈モード図
($L_c=1400$ 、4車線、桁幅35m、桁高3.7m)

5. まとめ

スパン1200m,1400mで、車線に必要な最小幅を用い、それぞれ桁高さ3,3.5mを採用すれば安定性が確保できると考えられる。しかし、横安定を確保するには、スパンの1/40以上の桁幅が必要とされており、別途検討すべき重要な課題となっている。本検討結果をふまえ、今後安定性に必要な最小幅を特定していく予定である。そして、最終的には弾塑性や弾性の有限変位解析で安定性の照査を行う必要があると考えている。

参考文献 1) 長井他：構造工学論文集(1993) 2) 野村他：構造工学論文集(1995) 3) 渡辺：長岡技術科学大学修士論文(1995)