

(I-21) E_f 法を用いた 1000m 斜張橋の終局強度特性について

東京都立大学 学生員 岩崎 秀隆
東京都立大学 正 員 野上 邦榮
東京都立大学 正 員 成田 信之
長岡技術科学大学 正 員 長井 正嗣

1. はじめに

近年、斜張橋の発展は目覚ましいものがあり、従来は吊橋の領域と考えられていた支間長にまで長大化している。斜張橋は長大化するに従って桁に作用する軸圧縮力が増大し、主桁の座屈に対する検討が避けられない。そのため、斜張橋が長大橋領域で他の吊形式橋梁に比べ経済性を発揮し得るかどうか明らかにする上で主桁の合理的な設計法の確立が必要であり、特に斜張橋主桁の耐力力をいかに精度良く算出するかが重要な課題となっている。ところで、斜張橋の主桁など軸圧縮力を受ける部材の耐力力を算出する場合、耐力力に影響を与える初期たわみや残留応力などの初期不整の影響を考慮する必要がある。有効接線弾性係数法¹⁾ (E_f 法) は、初期不整の影響を近似的に考慮して簡易的に耐力力を算出することが可能であり、一般に初期不整の影響を道路橋示方書²⁾に規定される柱の基準耐力力曲線 (以下 JSHB 曲線) を用いて考慮する。しかし、現在の製作・架設の精度を考慮した場合、JSHB 曲線よりも高強度の耐力力曲線が採用できる可能性がある。本研究では、 E_f 法により支間 1000m 斜張橋の耐力力を算出し、塔と桁の剛性の変化と耐力力曲線の変化が終局強度特性へ与える影響を検討する³⁾。

2. 解析モデル

対象とした斜張橋とその主塔・主桁断面を図-1に示す。解析モデルは支間 1000m、側径間 480m の鋼斜張橋である。桁幅は $B = 25\text{m}$ とし、桁高は $H = 2.0 \sim 6.0\text{m}$ まで 1.0m 間隔で変化させた。また、主塔は板厚を $t = 0.04, 0.05, 0.06\text{m}$ と変え、塔と桁両方の剛性を変化させる。なお、主塔・主桁の材質は SM490Y を用い、共に全長一定断面とする。主桁の死荷重は $w_G = 1.4A\gamma_s + 7.0$ を用いて算出し、活荷重は等分布荷重として 3.7515 tf/m を満載した。式中、 A は軸力に抵抗できる断面積、

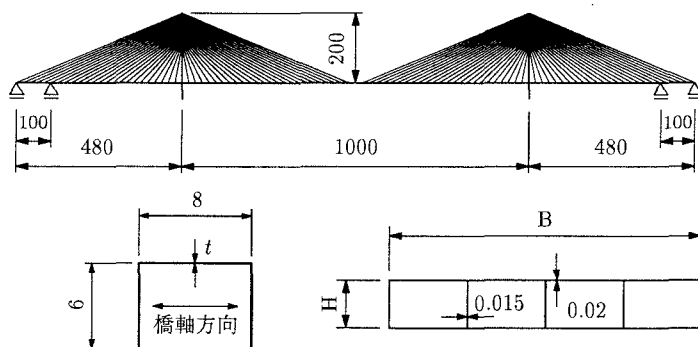


図-1 斜張橋モデルと主塔・主桁断面

1.4 は軸力に抵抗しない部材を考慮する係数、 γ_s は鋼材の単位体積重量、7.0 は後死荷重と仮定した。耐力力曲線は、JSHB 曲線と JSHB 曲線よりも耐力力を高く評価する ECCS-a 曲線⁴⁾を用い、適用方法は ECCS-a/ECCS-a, ECCS-a/JSHB, JSHB/JSHB の 3 種類とした。なお、ECCS-a/JSHB は塔に ECCS-a 曲線、桁に JSHB 曲線を用いることを表す。

3. 解析結果

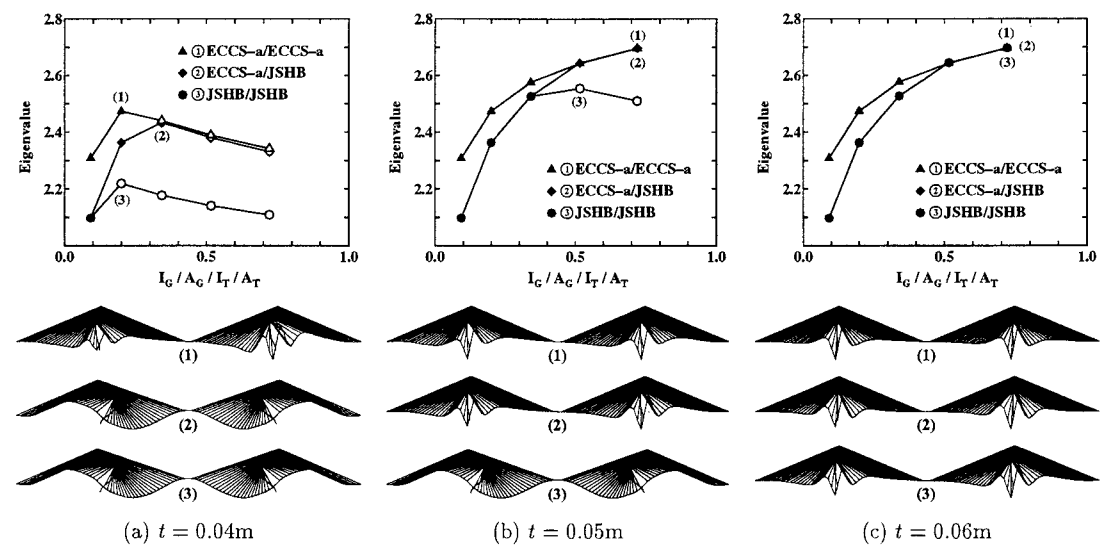
図-2 に、塔と桁の剛性と耐力力曲線を変化させた場合の固有値と座屈モードを示す。固有値は横軸を $I_G/A_G/I_T/A_T$ によって整理し、 I_G, I_T, A_G, A_T は各々桁と塔の断面 2 次モーメント、断面積である。ただし、断面 2 次モーメントは、桁は面内、塔は面外の値を用いる。耐力力曲線は、① ECCS-a/ECCS-a, ② ECCS-a/JSHB, ③ JSHB/JSHB として、以後、①, ②, ③ で表すものとする。座屈モードは、各耐力力曲線に対してそれぞれ固有値が最大となる点のモードを示した。なお、耐力力曲線と座屈モードの番号は同一とし、対応

は①-(1)である。また、モード形状は桁座屈、塔座屈という言葉を用いて表現し、図中黒塗り記号は桁座屈モード、白抜き記号は塔座屈モードを表している。

斜張橋の終局強度特性の検討として固有値と座屈モードに着目し結果をまとめる。桁高を高くし桁の剛性を大きくした場合、固有値は増加するが、(a) や (b)-③ のように座屈モードが塔座屈になると固有値は増加しなくなり、さらに桁の剛性が大きくなると固有値は減少して行く。また、固有値の増加量は桁の剛性が小さい領域では大きく、桁の剛性が大きくなるに従って小さくなっている。

塔の剛性の変化に着目すると、(a) では、全ての耐力力曲線で塔座屈が生じている。このため固有値の最大値は (b),(c) と比べ小さくなっている。(b) は (a) と比較すると塔座屈が少なく、①,② では塔座屈が生じていない。塔の剛性を大きくしたことで (a) での塔座屈が桁座屈に変化し、固有値の増加が見られる。(c) は (b) と比較して ③ でも塔座屈を生じておらず、桁の剛性が大きい領域で固有値が大きくなっている。しかし、桁座屈に限って比較すると、塔の剛性を大きくしても固有値の増加は見られない。

耐力力曲線の変化に着目すると、(a),(b),(c) 全ての場合に桁の剛性の小さい領域で、②, ③ と比較して①の固有値が大きくなっている。②の固有値は桁座屈領域で③と同じ値を示すが、桁の剛性が大きくなるに従って①に漸近しやがて同じ値となる。③の固有値は桁座屈領域で②と同じ値を示すが、他の耐力力曲線と比較して塔座屈へ早く移行するため最大値は小さくなる。塔座屈を生じなかった (c) では、②と③の固有値は桁の剛性に関りなく全て同じ値となり、桁の剛性の大きな領域では全ての耐力力曲線で同じ値となっている。



図－2 固有値と座屈モード

4. まとめ

以上の結果をまとめると次のようになる。④ 桁の剛性を大きくすると固有値は増加する。しかし、座屈モードが桁座屈の場合で塔座屈が生じればそれ以上桁の剛性を大きくしても固有値は増加しない。つまり、座屈モードが桁座屈から塔座屈に移行する点で固有値が最大となる。⑤ 塔の剛性を大きくすることで塔座屈の出現が遅れ塔の剛性が小さい場合と比較して固有値の最大値は大きくなる。しかし、桁座屈領域の固有値は、塔の剛性を大きくしても増加しない。⑥ 桁座屈領域では桁に用いた耐力力曲線、塔座屈領域では塔に用いた耐力力曲線の影響を固有値は受ける。ただし、桁座屈領域では桁の剛性が大きくなるに従って耐力力曲線の影響は薄れ、桁に用いた耐力力曲線に関係なく同じ値となる。

参考文献

- 1) 本州四国連絡橋公団: 吊橋主塔設計要領 (案)・同解説, 1980
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書同解説, II 鋼橋編, 1996
- 3) 岩崎・野上・成田・長井: 超長大斜張橋の非弾性分岐座屈挙動, 応用力学連合講演会, 1998
- 4) 土木学会: 座屈設計ガイドライン, 技報堂出版, 1987