

(I-6) E_f 法による斜張橋の主桁耐力への基準耐力力曲線の影響

芝浦工業大学 学生員 木下 博道
 芝浦工業大学 正会員 山本 一之
 東京都立大学 正会員 野上 邦栄
 長岡技術科学大学 正会員 長井 正嗣

1. まえがき 現在、斜張橋の主桁断面の明確な設計法は確立されていない。実際には、圧縮部材として設計が行われており、その安全性照査において重要な有効座屈長は吊橋主塔設計要領・同解説¹⁾の E_f 法により算出し、道路橋示方書²⁾の基準耐力力曲線を用いて許容軸圧縮応力度を算出している。しかし、長大化した斜張橋の一般的な主桁断面形状は、道路橋示方書の基準耐力力曲線で対象とした柱の断面とは大きく異なるため、斜張橋主桁としての妥当な基準耐力力曲線はいまだ不明である。また、安定性の照査式についても道路橋示方書に用いられている照査式を準用しているが、その妥当性についても検討の余地がある。そこで、本研究では斜張橋の主桁断面に対して、 E_f 法で用いる基準耐力力曲線を複数の曲線で検討し、 E_f 法による有効座屈長及び耐力力への影響を明らかにするとともに、複数の照査式を用いてその安全性の確認をし、設計のための一資料とする事を目的としている。

2. 解析モデル 解析モデルは図1に示す通り、中央支間長600m、側径間長280mの3径間連続の斜張橋である。主塔形状は、矩形充実断面をもつA型塔である。また、ケーブルはマルチファンタイプであり2面張りである。同図に主桁断面形状および断面諸量を示す。形状は、4室矩形箱形断面で桁高を1mとする。材質はいずれもSM490Yを使用している。荷重状態については、死荷重強度は20tf/mと仮定し、活荷重強度は今回の解析では考慮をしていない。

また、本研究では複数の基準耐力力曲線を用いて解析を行い、それぞれを比較する。一般的に使われている道路橋示方書に示される曲線（以下JSIIB）、ECCSによって分類されたaとd（以下ECCS-a, d）、そして座屈設計ガイドライン³⁾で推奨される基準耐力力曲線の分類I（以下GSD-groupI）の以上4曲線を用いる。

3. 安定性照査式 安全性の照査については、今まで斜張橋の主桁は曲げ部材であるとして曲げモーメントのみを考慮した照査式によって安定性が確認されてきた。しかし、斜張橋が長大化することによって、主桁はモーメントの影響だけではなく軸力が支配的なはり一柱部材になると考えられる。また、桁が多数リブで補剛された薄肉断面であることは局部座屈に対する考慮の必要もある。それらを考慮して以下の3式で安全性の照査を検討する。

$$\frac{\sigma_c + \sigma_b}{\sigma_{cal}} < 1.0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{ca}} + \frac{\sigma_b}{\sigma_{ba}} < 1.0 \quad \dots \dots \dots (2)$$

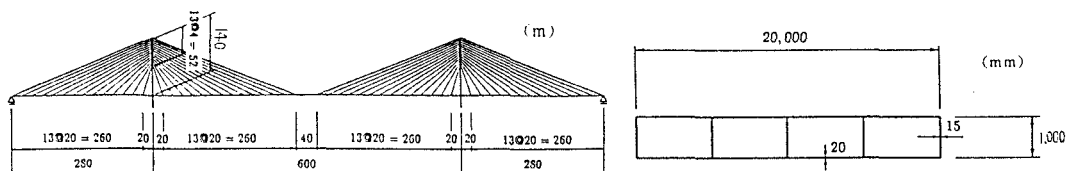


図1. 解析モデルの全景と断面図

$$\kappa \frac{\sigma_{cal}}{\sigma_{ca0}} > v \cdots \cdots (3)$$

ここに、 σ_c は作用軸圧縮応力度、 σ_b は作用曲げ圧縮応力度、 σ_{cb} は許容軸圧縮応力度、 σ_{bb} は許容曲げ圧縮応力度、 σ_{ca1} は局部座屈に対する許容応力度、 σ_{ca0} は局部座屈を考慮しない許容軸圧縮応力度の上限値である。また、 κ は E_f 法で求められた最小座屈固有値、 v は安全率(=1.7)である。式(1)は応力度照査式である。式(2)は道路橋示方書で用いられるはり一柱の安定照査式において付加曲げモーメントの影響項を省略した提案式である。式(3)は新しい提案式で、構造全体系の固有値解析による最小固有値に局部座屈の影響を考慮した値が所要安全率 v を満足するように照査している。

4. 数値解析結果 このモデルを立体骨組要素として3次元固有値解析を行い、 E_f 法を用いて解析を行った。

まず、耐荷力曲線の違いによる有効座屈長へ及ぼす影響を図2に示す。この計算結果から明かなように、基準耐荷力曲線の違いによる影響がみられず、いずれもほぼ同じ値を示している。

許容応力度に及ぼす影響を図3に示す。ここにJSIBの許容応力度は道路橋示方書の規準により求めている。そのほかの基準耐荷力曲線による許容応力度は E_f 法によって収束した限界軸応力を安全率(ここでは一律1.7)で除した値である。この結果は耐荷力曲線の違いがそのまま現れており、耐荷力曲線の高いGSD-group1やECCS-aでは大きな許容応力度を示している。

図4はJSIB耐荷力曲線を用いて解析し、安全性照査式の結果をまとめたものである。照査式では σ_{cal} を用いることによって局部座屈の影響を考慮する形になっているが、今回の用いた主桁の断面形は局部座屈を起こさない断面設計をしており σ_{cal} は全径間で σ_{ca0} と等価である。式2の照査は作用応力度を σ_{cal} (一定値)で除し求めたことから、図4のように作用応力度の分布が、照査値の分布としてそのまま現れたと考えられる。式3の照査は上記より $\sigma_{ca1} = \sigma_{ca0}$ であるから、全長 κ/v の値で一定となる。図の20m付近では曲げモーメントの影響が大きくないため式(2)と式(3)がほぼ一致していることがわかる。上記の許容応力度の結果と比べればわかるように、GSD-group1、ECCS-a曲線を用いて照査すれば、図のJSIB曲線の照査よりも安全側に算出される。

5. 結論 以上の検討より、本解析モデルで対象とした桁高1mの構造でも支間600mクラスの斜張橋は充分安全であることが確認された。また、図3から明かなように、JSIB曲線より高い耐荷力曲線を適用して、式(3)の照査を行うならば、より経済的主桁設計が可能となろう。

参考文献 1) 本州四国連絡橋公団：吊橋主塔設計要領・同解説、1988 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、Ⅱ 鋼橋編、1990 3) 土木学会：座屈設計ガイドライン、1987 4) 長井、浅野：斜張橋主桁耐力評価に着目した E_f 法の適用と設計法に関する一考察、土木学会全国大会年次講演会概要集、1993

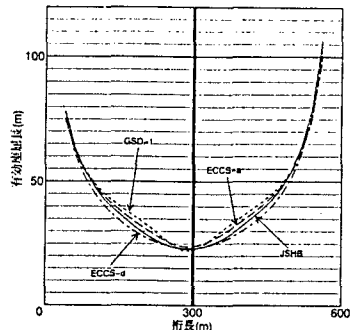


図2. 有効座屈長への影響

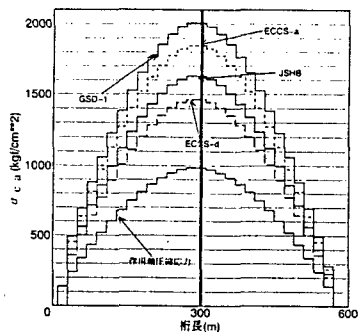


図3. 許容応力度への影響

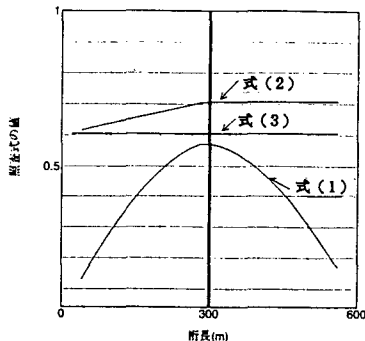


図4. 各照査式への影響