

I-A 31

1200m 斜張橋への E_f 法の適用と主桁の
安全性照査について

東京都立大学 学生会員 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. まえがき

近年、斜張橋は長大化する傾向にあるが、長大化に伴い主桁に大きな軸圧縮力が生じるため、主桁耐荷力の合理的な評価と、主桁における座屈安全性照査に関する検討が重要となる。しかしこれまで斜張橋主桁の安全性照査に関する明確な設計法は確立されていない。長大斜張橋の主桁に対する安全性照査法に関して、中央支間長 600m の場合が検討されている³⁾。今回は、中央支間長 1200m の超長大斜張橋を対象に検討を行う。具体的には、複数の基準耐荷力曲線を用いて、修正 E_f 法により斜張橋の座屈固有値、座屈モードを算出し耐荷力特性を明らかにするとともに、主桁の許容軸圧縮応力度を算出することによって、主桁の安全性照査を複数の照査式を用いて確認し検討を行う。

2. 解析モデル

解析モデルを、図-1-a に示す。また、主桁断面形状を 図-1-b に示す。中央支間長 1200m、側径間長 580m、3 径間連続の自定式斜張橋である。なお、側径間には、中間橋脚を設けてあり、主塔形状は、A 型塔、ケーブルは、マルチファンタイプの 2 面吊りとする。材質には、SM490Y を使用した。なお、塔付近の主桁断面は軸圧縮力の増大を考慮して増厚している。荷重状態については、死荷重強度は 27.294(増厚部 30.872) tf/m と仮定した。ただし、活荷重強度については考慮していない。また、今回は基準耐荷力曲線として、道路橋示方書（以下、道示）に示される曲線（以下、JSHB）、ECCS によって分類された a 曲線（以下、ECCS-a）を用いた。なお、修正 E_f 法では、塔と桁ともに同じ基準耐荷力曲線を用い、その両方に E_f の変化を考慮している。

3. 安全性照査

現在、斜張橋主桁の座屈安全性照査は、明確にされておらず、一般には圧縮部材としての応力度照査

式と安定照査式を準用している。ここでは、以下の 4 照査式について検討する。なお、式 (1), (2) は現行の照査式²⁾で、式 (3), (4) は提案式である。

$$\sigma_c + \sigma_{bx} + \sigma_{by} < \sigma_{cal} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{bax}(1 - \frac{\sigma_{ex}}{\sigma_{eaz}})} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{bay}(1 - \frac{\sigma_{ey}}{\sigma_{eay}})} \leq 1 \quad (2)$$

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{bax}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{bay}} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\kappa \frac{\sigma_{cal}}{\sigma_{cao}} \geq \nu \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 σ_c は作用軸圧縮応力度、 σ_{bx} , σ_{by} は x , y 軸に関する作用曲げ圧縮応力度、 σ_{caz} は許容軸圧縮応力度、 σ_{bax} , σ_{bay} は許容曲げ圧縮応力度、 σ_{cal} は局部座屈に対する許容軸圧縮応力度、 σ_{cao} は局部座屈を考慮しない許容軸圧縮応力度の上限値、 σ_{eaz} , σ_{eay} は x , y 軸に関する許容オイラー座屈応力度である。さらに、 κ は修正 E_f 法で求められた最小座屈固有値、 ν は、安全率 (= 1.7) である。

式 (1) および 式 (4) における σ_{cal} は、今回用いた主桁断面では、局部座屈を起こさない設計を行っていることから全区間で σ_{cao} である。式 (3) は、式 (2) から付加曲げモーメントの影響項を省略した安定照査式である。式 (4) は、構造全体系での固有値解析による最小座屈固有値 κ に部材の局部座屈に対する影響を考慮した項 $\sigma_{cal}/\sigma_{cao}$ を乗じたものが安全率 ν を満足させることで照査する式である。なお、この照査式でも同様に、 $\sigma_{cal} = \sigma_{cao}$ である。

4. 解析結果

図-2 に、座屈モードを示す。2 つの基準耐荷力曲線に共通して中央支間右側の主桁に大きな座屈モードが見られる。それと比較して塔には、ほとんど見られない。座屈固有値については、高強度の耐荷力曲線である ECCS-a の方が大きい値を示している。図-3 に、安全性照査の結果を示す。なお、結果は、すべての照査式が 1.0 を満足する形に変形して示しており、破線が塔の位置を示している。現行の照査

式では基準耐力力曲線の違いに関らず次のことがいえる。全区間で式(2)が式(1)より大きな値を示しており、式(2)つまり安定照査式に支配されている。また、提案式の場合、式(3)は、側径間端部、塔部などで照査式の値が大きくなっているが全体としてほぼ水平な形をしている。なお、式(4)は、全区間で一定値となる。また、式(3)の下限を与えている。今回の照査式の値は式(4)を除くと σ_c の値に支配されているため、式(3)の下限は、ほぼ軸圧縮力による値であり、式(4)は、軸圧縮力の支配的な部材を照査するには有効だと思われる。次に、基準耐力力曲線による変化を見ると、式(2)、(3)、(4)で、ECCS-aの方がJSHBより照査式は小さな値を示している。

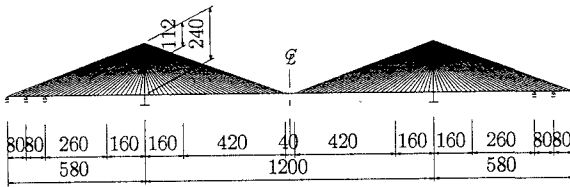


図 1-a 解析モデル (m)

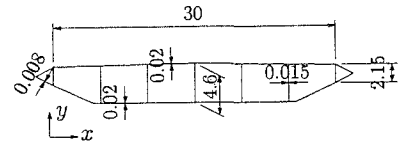


図 1-b 主桁断面 (m)

図 1 解析モデルと主桁断面

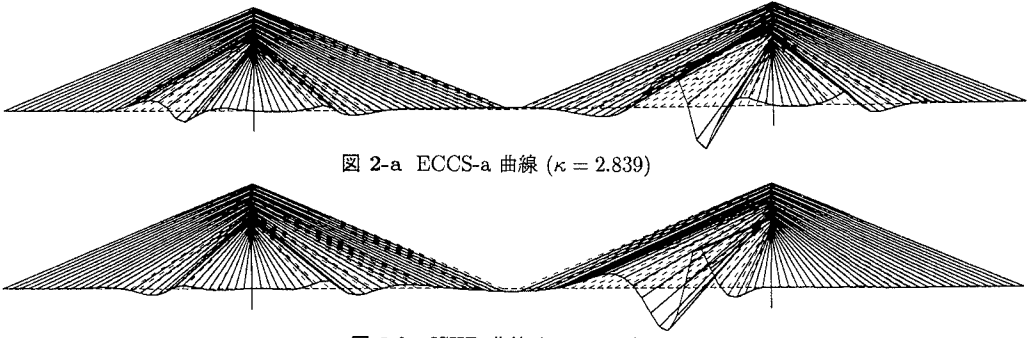


図 2-a ECCS-a 曲線 ($\kappa = 2.839$)

図 2-b JSHB 曲線 ($\kappa = 2.704$)

図 2 座屈モードと固有値

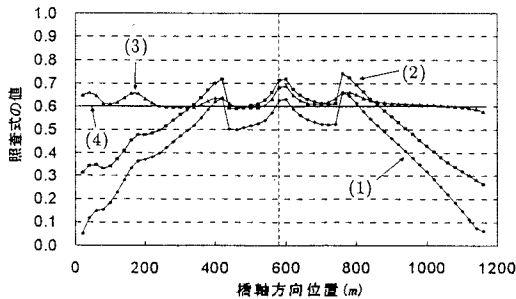


図 3-a ECCS-a 曲線

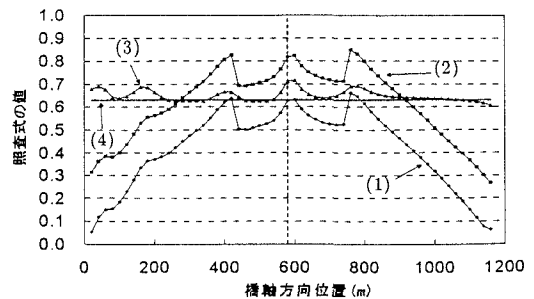


図 3-b JSHB 曲線

図 3 安全性照査

5. 結論

今回の解析では弾性有限変解析を行っており、解析中に付加曲げモーメントは考慮されていることから改めて照査式の中で考慮する必要はなく、安定照査式は式(3)が有効だと考えられる。ただし、基準耐力力曲線によっては、現行の照査式より危険側の値を示す場合もあり、今後さらに検討していく必要がある。また、高強度の基準耐力力曲線を用いた場合には、より経済的な主桁断面の設計ができることが示されている。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，1994
- 2) 本州四国連絡橋公団：吊橋主塔設計要領（案）・同解説，1980
- 3) 木下・山本・野上・長井： E_f 法による斜張橋主桁の安全性照査法に関する一提案，土木学会第50回年次学術講演会，1995