

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

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。主桁断面の安全性については、応力度の照査によって確認されている。しかし、斜張橋の長大化に伴い主桁は、圧縮部材としての座屈安定性に対する照査が必要とされる。これまで、道路橋示方書¹⁾（以後、道示と呼ぶ）の安定照査式を準用する方法がとられているが、長大化した斜張橋の一般的な主桁断面形状は、道示の柱の基準耐力曲線で対象としている柱の断面とは大きく異なり、又、軸力が支配的な断面力分布となるため現行安全性照査式の準用には検討の余地がある。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曲線を複数の曲線とし、各許容軸圧縮応力度を算出し、提案式を含めた複数の照査式を用いてその安全性の確認、及び比較を行い、長大斜張橋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、側支間長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曲線を用いて

許容軸圧縮応力度を算出し、それぞれの照査の値を比較する。一般的に使われている道示に示される曲線（以下JSHB）、ECCSによって分類されたaとd曲線（以下ECCS-a, d）、そして座屈設計ガイドライン²⁾で推奨される基準耐力曲線の分類1曲線（以下GSD-group1）の以上4曲線を用いる。

3. 安全性照査式 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、斜張橋の長大化により、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。ここでは従来の式(1)、式(2)と式(3)、式(4)の提案式により安全性の照査を検討する。

$$\sigma_c + \sigma_{bcy} + \sigma_{bcz} < \sigma_{cal} \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bcy}}{\sigma_{bay}(1 - \sigma_c/\sigma_{eay})} + \frac{\sigma_{bcz}}{\sigma_{ba0}(1 - \sigma_c/\sigma_{eaz})} < 1.0 \quad \cdots \cdots (2)$$

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bcy}}{\sigma_{bay}} + \frac{\sigma_{bcz}}{\sigma_{ba0}} < 1.0 \quad \cdots \cdots (3)$$

$$\kappa \frac{\sigma_{cal}}{\sigma_{ca0}} > \nu \quad \cdots \cdots (4)$$

ここに、 σ_c は作用軸圧縮応力度、 σ_{bcy} 、 σ_{bcz} は強軸、弱軸回りの作用曲げ圧縮応力度、 σ_{caz} は弱軸回りの許容軸圧縮応力度、 σ_{bay} は強軸回りの許容曲げ圧縮応力度、 σ_{eay} 、 σ_{eaz} は強軸、弱軸回りの道示に規定さ

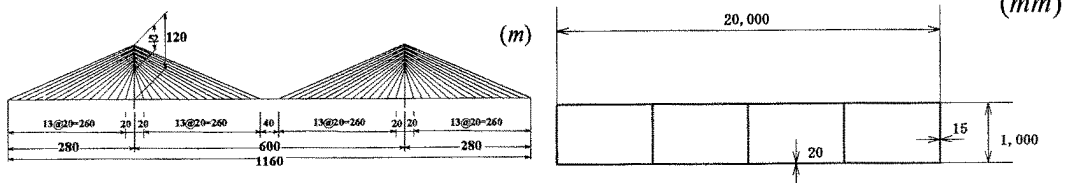


図1. 解析モデルの全景と断面図

れる許容材座屈応力度、 σ_{cal} 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、 ν は安全率(=1.7)である。

式(1)は応力度照査式である。式(2)は道示で用いられるはり一柱の安定照査式である。式(3)は式(2)の道示で用いられる安定照査式から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(4)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と局部座屈の影響を考慮した項の積が所要安全率 ν 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 法を用いて許容応力度を算出し、安全性の照査を行った。なお、右に示す照査の結果は全て上記の式が1.0未満であることが安全であるように変形した式を用いた。

図2は式(1)の応力度照査式による斜張橋主桁の安全性の確認である。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。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。

図3は式(2)と式(3)の照査結果である。式(3)は付加曲げモーメントの影響で式(2)に比べ、最大で0.07余裕を持つ値を算出した。この様に、付加曲げモーメントの影響があまり大きくないこと、又、本解析は有限変位理論に基づいた解析を行っており、解析中に付加曲げモーメントが考慮されているので式(3)の採用も有効であろう。

図4は式(4)の照査結果である。式(4)の照査は上記より $\sigma_{cal} = \sigma_{ca0}$ であるから、全径間 κ/ν の値で一定となる。

また、図3、図4で耐力力曲線の違いによる照査式の値を比較すると、GSD-group1、ECCS-aで算出される値は、JSHB曲線の照査よりも余裕を持った値として算出される。

5. 結論 以上の検討より、照査の値はいずれも1.0未満となり、本解析モデルで対象とした桁高1m、支間長600mクラスの斜張橋が安全であることが確認

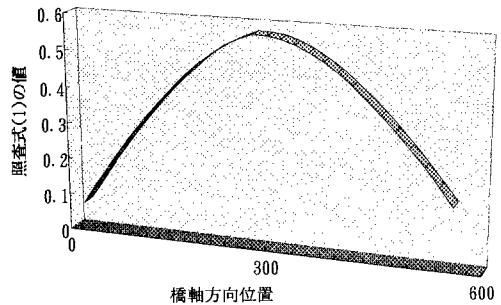


図2. 式(1)の応力度照査式の値

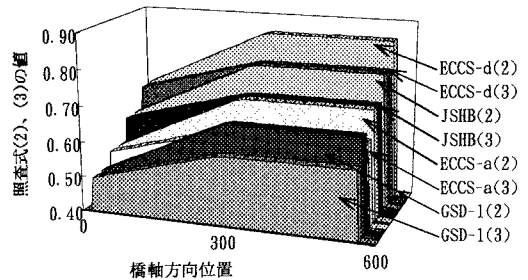


図3. 式(2)と式(3)の照査式の値

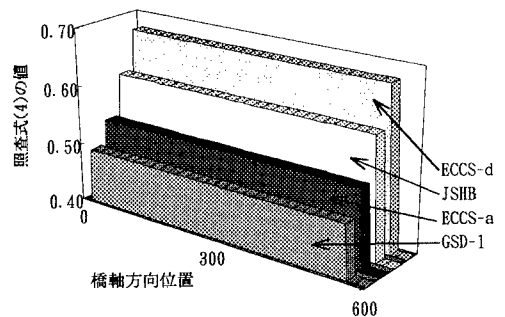


図4. 式(4)の照査式の値

された。また、提案する安定性照査式(3)、(4)の使用により、より有利な断面で設計できる可能性がある。しかし、斜張橋主桁の耐力力曲線はまだ明確にされていないことから、今後の実験、解析検討が必要である。

参考文献 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ 鋼橋編、1990 2)土木学会：座屈設計ガイドライン、1987 3)長井、浅野、渡辺：斜張橋の主桁耐力評価に着目した E_f 法の適用性と設計法に関する一考察、構造工学論文集 Vol. 41A、1995