

I - A83

長大斜張橋の終局挙動に及ぼす初期不整の影響

埼玉大学 正員 謝 旭
正員 山口宏樹
長岡技術科学大学 正員 長井正嗣

1. まえがき

斜張橋は支間の長大化とともに桁軸力が増大し、座屈強度を特別に配慮する必要性が生じる。中間支点を設ける長大斜張橋では、大きな幾何学非線形性が現れず、弾性解析では実構造物に比べて大きな終局強度を与える可能性が高いため、断面塑性化の影響を考慮した長大斜張橋の終局強度設計法が議論されている。しかし、現時点で、長大斜張橋の終局挙動が明らかにされているとは言い難く、幾何学的非線形性と材料的非線形性を考慮した弾塑性有限変位解析を行って、長大斜張橋の終局挙動やその要因を明確にしておくことは大きな意味があると考えられる。

一方、弾塑性有限変位解析による鋼構造物の終局強度の評価にあたっては、正確な結果を得るために、残留応力や初期変位等の初期不整を導入する必要があるが、解析はさらに煩雑となるとともに、如何に初期不整を考慮したらいいかも議論のある課題である。

そこで本研究では、初期不整が長大斜張橋の終局挙動に及ぼす影響を解明することを目的として、中央支間1400mの解析モデルを対象に、弾塑性有限変位解析を行った。なお、初期残留応力が終局挙動に与える影響は小さいことが判明したため、本論文では初期変位に関する解析結果についてのみ示し、考察を加える。

2. 解析モデルおよび解析手法

図1、表-1に支間1400mの長大斜張橋の解析モデルおよびその断面諸元を示す。側径間長は中央径間長のほぼ半分としたが、桁端部から100mの間隔で三つの中間橋脚を設け、構造の面内剛性を高めている。桁幅(Bu)は30mであり、塔両側の桁断面増厚区間長さ(Xu)は140mである。この断面は、文献(1)の手法に基づき、面内荷重に対して材料の降伏条件と座屈安定条件に対して所要の安全率が確保できるように、死荷重と風荷重による応力照査を行って決定したものである。また、桁位置からの塔の高さは280mとし、中央径間長との比を0.2として既往斜張橋の標準値0.17~0.2の上限とした。なお、材質はSM570材としている。

表-1 桁の断面諸元

(単位: m^2 または m^4)

部材	断面積	面内二次モーメント	面外二次モーメント	ねじり定数	注
桁	1.647(2.299)	5.759(7.182)	131.575(240.355)	11.145(14.489)※	※リブを無視した。括弧の数値は増厚した諸元である
塔柱/一本	1.76	30.667	40.320	39.273	

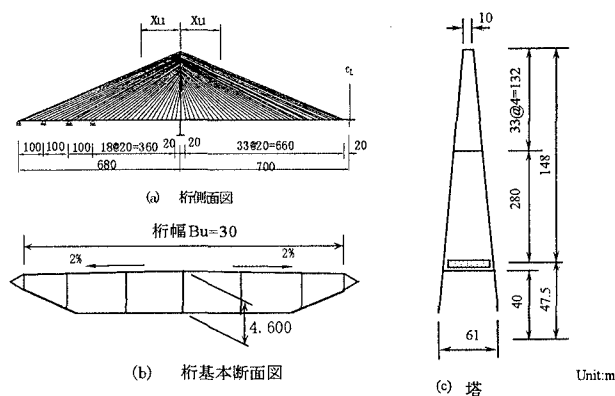


図1 長大斜張橋の解析モデル

解析手法は、三次弾塑性有限変位解析法を用いた²⁾。荷重の載荷方法としては、死荷重時の初期状態から図2に示すような活荷重を増加させている。

初期変位形状の設定については、終局強度に最も不利な影響を与えるように初期変位を導入することが指摘されているが、長大斜張橋に対してはそれが決定しにくい。弾性座屈解析から得た弾性座屈モードを初期変位形状として導入した。図3に弾性座屈解析から得られた本モデルの1,2次モードを示す。図に示すように、1次モードは塔の座屈に対応し、2次モードは桁座屈モードに対応する。

また、初期変位の大きさが長大斜張橋の

キーワード：長大斜張橋、終局強度、初期不整

〒338 埼玉県浦和市下大久保255

Tel:048-858-3557

Fax:048-855-9361

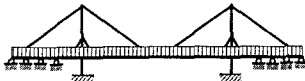


図2 活荷重の載荷



(a) モード1



(b) モード2

図3 弾性座屈モード

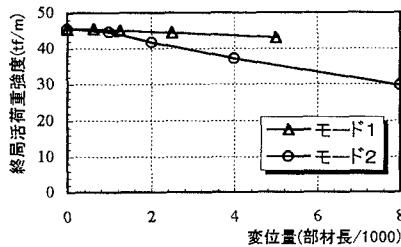


図4 初期変位の大きさと終局強度との関係

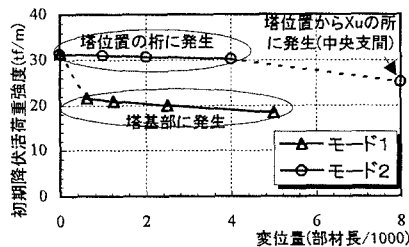


図6 初期降伏強度および降伏断面

導入する場合、P-Δ効果がそれほど小さくなく、初期降伏強度は初期変位の大きさにほとんど依存していない。このように、初期変位の形状の選定が断面力の分布に与える影響は大きく、長大斜張橋の終局強度設計にあたって、如何に初期変位を導入するか、多くの不明な点が残っているといえる。

4. まとめ

初期不整が長大斜張橋全体の終局強度に及ぼす影響に着目し、弾塑性有限変位解析によって検討を行った。解析結果より、弾性座屈モードを初期変位形状とした場合、低次モードから得られた結果は必ずしも安全側とならず、終局強度に最も不利な影響を与えるモードは構造物崩壊の形式に依存することが明らかとなった。また、初期変位の大きさは道路橋示方書の基準程度ならば、弾塑性有限変位解析から得られた終局強度に及ぼす影響がみられなかったが、断面力の分布に対して与える影響が顕著であった。以上のことから、等価初期不整を用いた弾性有限変位解析によって長大斜張橋の終局強度を評価する際、初期不整の取り扱い方などについて再検討する余地が多いと考える。

参考文献：1)長井正嗣，浅野浩一等：長大斜張橋の主桁断面選定に関する検討，土木学会構造工学論文集，Vol.39A，pp.1075-1088，1993.3 2)謝 旭：長大斜張橋の複合非線形性と安定性に関する解析的研究，埼玉大学博士学位論文，1996.9. 3)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，1990.2.

終局強度に及ぼす影響を検討するために、初期変位の大きさ(形状の最大値)を支間長の1/1000、1/2000、1/4000、1/8000として4ケース導入した。

3. 解析結果および考察

図3に示す座屈モードを初期変位の形状として導入し、立体弾塑性有限変位解析を行って、各ケースの終局挙動を計算した。

座屈モードから算出した本モデルの座屈部材長はそれぞれ約280m(座屈モード1の場合)と170m(座屈モード2の場合)である。各ケースの初期変位を座屈部材長に換算し、図4に終局強度と初期変位の大きさとの関係を示す。図よりモード1を初期変位形状とすれば、その大きさは長大斜張橋の終局強度に与える影響が小さいが、モード2を初期変位形状とすると、終局強度は初期変位の大きさに大きく依存することがわかる。これは弾塑性有限変位解析による終



図5 弾塑性有限変位解析法による終局状態の変位増分モード

局状態での変形増分モード(図5)が弾性座屈解析から得られたモード1と異なるためであると考えられる。このように、低次モードは必ずしも安全側とはなっていない。

一方、初期変位を部材長の1/1000とするという現在の道路橋示方書の基準を参考にすれば、図4よりこの程度の大きさの初期不整は終局強度に与える影響が小さいことがわかる。

図6には初期降伏時の活荷重強度および降伏断面の位置を示す。モード1を初期変位の形状とすれば、P-Δ効果で塔基部の曲げモーメントが载荷の強度とともに増加し、活荷重強度20tf/m前後から塔基部に初期降伏が発生して、初期変位の存在が初期降伏強度に大きな影響を与えている。これに対し、桁の座屈を特徴とするモード2を初期変位の形状として