土木学会第54回年次学術講演会（平成11年9月）

I－A281　斜張橋ケーブルの安全率設定が終局挙動，強度に及ぼす影響

長岡技術科学大学　学生員　赤野　正敏
長岡技術科学大学　正員　長井　正嗣
(株)綜合技術コンサルタント　正員　新井田勇二
開発コンサルタント(株)　正員　謝　旭
埼玉大学　正員　山口　宏樹

1．まえがき

我が国における斜張橋ケーブルは降伏点に対して2.0，破断に対して2.5の安全率を有するように設計されている．また，曲げ応力を考慮した場合，張力による応力との合計応力が破断に対して安全率2.0を有するように設計される．更に，疲労については，DINの規準を修正した手法が一般的である．なお，この方法を用いた疲労照査では，疲労により断面がアップするケースはほとんどないのが実状である．このような我が国の状況に対して，ドイツでは安全率は破断強度に対して2.2，降伏点に対して1.7としており，この数値がヨーロッパや米国の鋼および合成斜張橋の設計では一般的に使用されている．

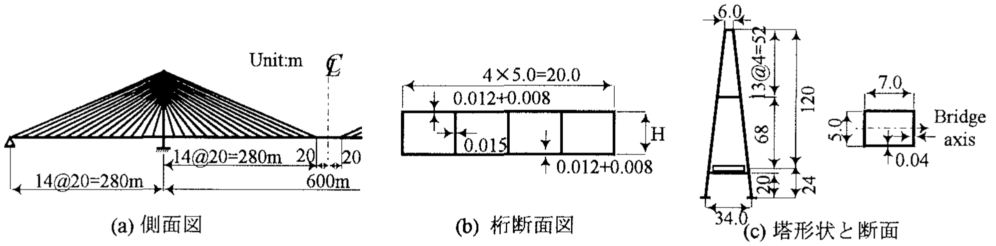
本文では、ケーブルの塑性化も考慮した弾塑性有限変位解析[1]を用い、安全率をパラメータとし，その設定が終局挙動及び強度に及ぼす影響を明らかにするとともに設計に関わる資料を提供する．

2．計算モデルと計算条件

図-1にスパン600mモデルの側面形状，主桁断面および塔形状を示す．今回の計算では，SM490Y材とSM400材を選び，また桁高さとして1.0，2.0m（SM490Y）および2.0m（SM400）を選んでいる．桁高さは斜張橋の耐力に影響を与える．桁高さ1m，2mはこれまでの我が国の実績からいって低い値であるが，著者らの文献[2]（但しケーブルは弾性体）より，いずれのモデルも面内耐力に対して安全率1.7以上を確保できることを確認している．表-1に断面諸元を示す．また，死荷重の大きさは196KN/mを仮定している．ケーブルについては，耐力（$\sigma_{c,y}$）に対する安全率（γ_C）として1.5，1.7，2.0の3ケースを考える．図-2に仮定したケーブルの応力，ひずみ曲線（バイリニヤモデル）を示す．破断応力，耐力をそれぞれ160，126kgf/mm^{2}とする．安全率1.5，1.7，2.0は破断に対する安全率として2.0，2.2，2.5となり，現行設計では，γ_C=1.7に係数を乗じて2.0とし，破断に対する安全率を2.5としている．

また，板の局部座屈は考慮しない弾塑性解析手法や初期不整の扱いについては既に文献1),3)で詳述されているため参照されたい．

荷重載荷は初期（死荷重）状態を作成した後、死荷重の大きさに比例した分布荷重を載荷している．荷重倍率βは作用荷重の大きさと死荷重の大きさの比である．



(a) 側面図　(b) 桁断面図　(c) 塔形状と断面

図-1　斜張橋モデル

斜張橋，終局強度，ケーブル安全率，弾塑性，有限変位

〒940-2188　新潟県長岡市上富岡町 1603-1　TEL:0258-47-9602　FAX:0258-47-9600

表-1 断面諸量

H(m)	A(m^2)	I$_x$(m^4)	I$_y$(m^4)	J(m^4)
1.0	0.875	0.206	30.417	0.462
2.0	0.950	0.850	34.167	1.785
塔(一柱)	0.960	4.333	7.187	6.125

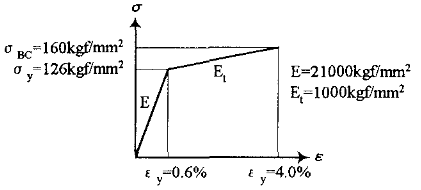


図-2 ケーブルの応力-ひずみ曲線(バイリニヤモデル)

4．結果と考察

図-3にSM490Y材及びSM400材を用いた桁高さ2.0mの場合の初期降伏時ならびに終局時の荷重倍率(β)を示す．図中の破線は，ケーブルの降伏応力と死荷重時のケーブル最大応力の比率である．桁高さ2.0m(SM490Y材)，ケーブル安全率(γ_c)2.0の場合，ケーブルの塑性化を考慮することで，終局強度の低下がみられる．また，桁の初期降伏強度の荷重倍率はケーブルの塑性化に関係しないが，初期降伏の後，ケーブルの降伏に伴い終局状態となる．ここには示していないが，桁高さ1.0mについても同様のことがいえる．桁高さ2.0m(SM400材)，ケーブル安全率(γ_c)2.0の場合，ケーブルの塑性化を考慮するか否かに関係なく同程度の荷重倍率で初期降伏が生じ，また同程度の終局強度が得られる．これは($\sigma_{c,y}/\sigma_{c,max}$)の荷重倍率との比較からもわかるように，橋の終局強度が桁の強度に支配されるためと考える．一方，安全率を1.7，1.5と低下させた場合，ケーブルの初期降伏が終局強度を支配する．

桁高さ2.0m(SM490Y材)の終局状態での変位増分モード形(図-4参照)では，ケーブルの塑性化により，側径間の変位の増加が顕著となる．

5．まとめ

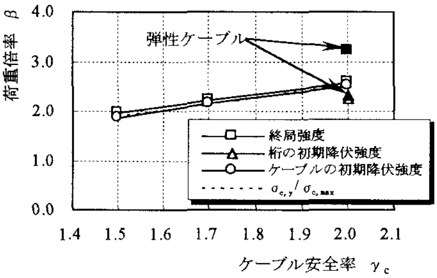
本検討では面内荷重作用時における，ケーブルの塑性化が斜張橋の終局挙動や強度に及ぼす影響を明らかにした．ケーブル安全率の取り扱いについては，本文で扱われていない2次曲げ応力，疲労問題について更に検討する必要があり，今後の課題としたい．

[参考文献]

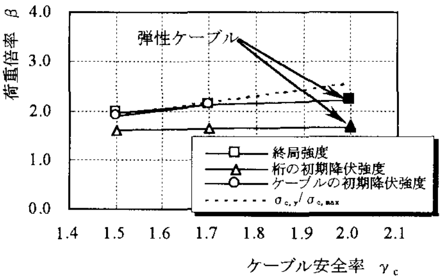
1)謝旭，長井正嗣，山口宏樹：ケーブルの塑性化を考慮した長大斜張橋の終局強度に関する考察，構造工学論文集，Vol.44A, 1998.3.

2)長井正嗣，謝旭，山口宏樹，野上邦栄：マルチケーブル斜張橋主桁の桁高さが耐荷力に及ぼす影響，構造工学論文集，Vol.45A, 1999.3.

3)謝旭，長井正嗣，山口宏樹：長大斜張橋の終局強度解析と挙動に関する一考察，土木学会論文集，No.598/I-44, 1998.7



(a) H=2.0m (SM490Y材)



(b) H=2.0m (SM400材)

図-5 初期降伏時及び終局時の荷重倍率

(a) 安全率γ_c=2.0

(b) 安全率γ_c=1.7

(c) 安全率γ_c=1.5

図-3 終局状態での変位増分モード形