

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
 東京都立大学 正員 野上邦栄

1. まえがき

経済的な超長大吊橋を実現可能にするには、その耐荷力の正確な評価と合理的な設計体系の開発研究が重要な課題となる。近年、長大吊橋の経済性を追求する上で、相対的に高価なケーブルの安全率の見直し、すなわち低減の可能性が検討されているが、現行設計法は橋梁全体系から得られる断面力を基本とした各部材単位の設計であり、超長大吊橋ではこの部材強度と構造全体系の終局強度が異なることが予想される。したがって、ケーブル安全率が超長大吊橋の耐力に及ぼす影響をより厳密に明らかにするには、構造物全体系を対象として、弾塑性有限変位解析により推定する必要があると考える。

本論文では、ケーブルの塑性化の影響を含め、すべての部材の弾塑性挙動が取り扱える吊橋の三次元弾塑性有限変位解析プログラム¹⁾を用いて、支間3000mの超長大吊橋を対象に、ケーブル安全率の設定が長大吊橋の耐力に及ぼす影響について若干の考察を加えた。

2. 長大吊橋モデル及び解析条件

解析の対象とした長大吊橋は、図-1に示す中央支間3000mの吊橋モデル²⁾を基本とする。表-1には安全率に対応して設計された桁及び塔の断面諸元を示した。メインケーブル及びハンガーの安全率を本解析での基本パラメータとし、それぞれ1.4~2.2と2.5~3.0の範囲で変化させて、 $\sigma_D + \sigma_L < \sigma_u / \gamma$ により各安全率に対応する断面積を決定した。ここに、 σ_D 、 σ_L と σ_u はそれぞれ死荷重、活荷重による応力及びケーブル材の破断応力、 γ は設計安全率である。また、桁と塔材の構成則を完全弾塑性体とし、ケーブル材の構成則をバイリニアとする。なお、桁と塔部材の降伏応力は $2.3520 \times 10^5 \text{ KN/m}^2$ と $4.5080 \times 10^5 \text{ KN/m}^2$ 、メインケーブルの降伏応力と破断応力は $1.3720 \times 10^6 \text{ KN/m}^2$ と $1.6464 \times 10^6 \text{ KN/m}^2$ 、ハンガーの降伏応力と破断応力はそれぞれ $1.1662 \times 10^6 \text{ KN/m}^2$ と $1.4210 \times 10^6 \text{ KN/m}^2$ と仮定した。

桁の初期変位は吊橋の耐力への影響が小さいと予想できるため、本解析では無視した。一方、塔の初期変位について橋軸方向に $h/2000$ の大きさで導入し、橋軸直角方向は無視した。

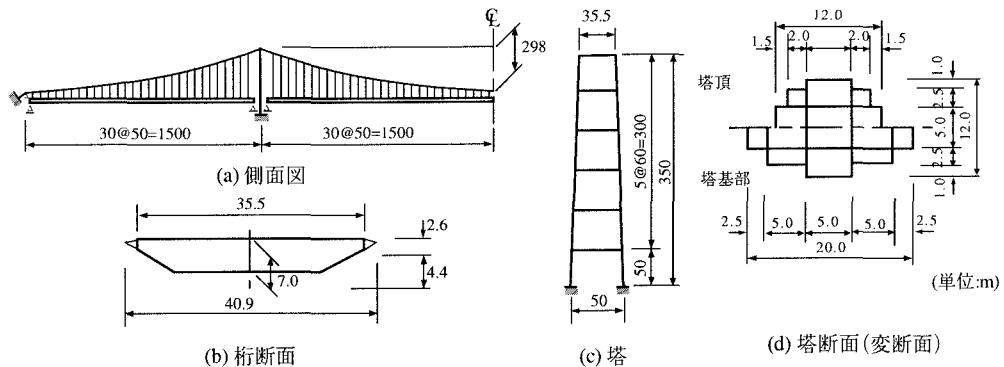


図-1 解析モデル

また、本研究では荷重条件として、ケーブルに着目した荷重ケースを考えている。つまり、死荷重Dとケーブルプレストレス P_s が作用する初期状態 $1.0(D+P_s)$ から桁死荷重 w_G の倍率 α を荷重パラメータとして増加させる。なお、解析はケーブルの破断または塔の崩壊まで行った。

キーワード：長大吊橋、ケーブル安全率、終局強度

〒338-8570 埼玉県浦和市下大久保255 Tel:048-858-3557 Fax:048-855-9361

表-1 桁と塔の断面諸元 (単位: m, m² or m⁴)

| 要素 | 荷重条件 | 設計安全率 | 断面積 | 面内の2次モーメント | 面外の2次モーメント | ねじれ定数 |
|------|------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 桁 | 常時 | 1.7 | 1.4912 | 14.547 | 181.55 | 26.503 |
| 塔軸一本 | 常時 | 1.7 | 3.9360-8.2960 | 48.791-105.87 | 59.549-264.74 | 52.998-151.83 |

3. 解析結果及び考察

図-2 に塔頂の鉛直変位に関する荷重-変位曲線を示す。図よりわかるように、ハンガーの安全率を 2.5 に設定した場合、メインケーブルの安全率が比較的小さいケース(安全率 1.4)では塔断面において塑性域が広がり終局状態となったが、他のケースは何れもハンガーの破断により終局状態となった。一方、ハンガーの安全率を高く設定した場合(ハンガー安全率 3.0)も同様な傾向が見られたが、メインケーブルの安全率が 2.0 以上のケースではハンガーの破断によって終局状態となった。メインケーブル及びハンガー安全率の変動にも関わらず、本解析ではメインケーブルの破断により崩壊する挙動が見られなかった。ハンガーの安全率がメインケーブルよりも高いにも関わらず、ハンガーが先に破断したことは、メインケーブルの破断応力がハンガーよりも高く、また桁断面の降伏によりハンガーの断面力が増加したためと考えられる。

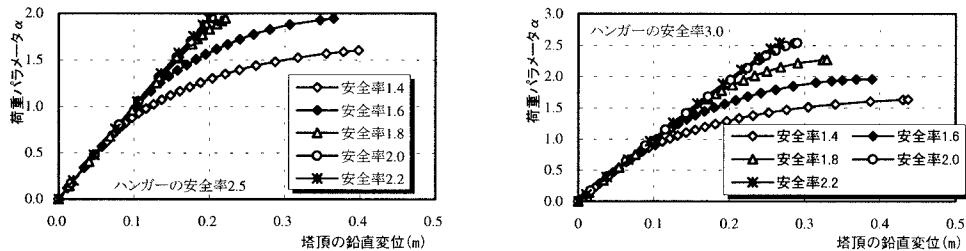


図-2 塔頂の終局挙動

図-3 に塔頂水平反力の挙動を示す。図に示されるように、メインケーブルの安全率の低下に伴い、塔が受ける水平力が大きくなることがわかる。特に、メインケーブルの降伏により塔頂の水平反力が急増し、長大吊橋の面内剛性が低くなっている。一方、ハンガー安全率の変動が塔の終局挙動に及ぼす影響は認められなかった。このように、メインケーブルの安全率の低下により塔への負担が大きくなることが明らかとなった。

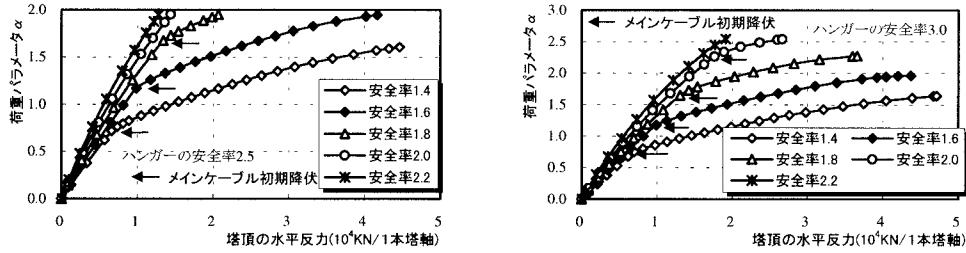


図-3 塔頂の水平反力

4. まとめ

本研究では、現行の設計法により試設計された長大吊橋の桁及び塔の断面を用いて、3次元弾塑性有限変位解析により、ケーブル安全率が超長大吊橋の終局挙動へ及ぼす影響を考察した。メインケーブルの安全率を高く設定する場合は、桁断面の降伏などにより一部ハンガーが先に破断し、終局状態となったが、安全率を低くする場合は、塔の負担が大きくなり、塔断面において塑性域がかなり広がったため、橋全体が崩壊した。メインケーブルの安全率の低減により橋全体の耐力も低下したが、何れも高い終局強度を有している。今後、塔に着目する荷重ケースも含め、ケーブル安全率の変動が塔の耐力に及ぼす影響を明確にし、経済的かつ合理的なケーブル安全率の設定方法を検討する予定である。

参考文献 1)謝・長井・山口：ケーブルの塑性化を考慮した長大斜張橋の終局挙動に関する考察、土木学会構造工学論文集、Vol.44A, Pp.229-236, 1998.3. 2)鋼橋技術研究会技術情報部会：超長大橋の構造設計、1997.