

超長大吊橋の終局強度に着目した安全率の合理化について

福岡県 正 員 齊藤 一則
東京都立大学 正 員 野上 邦栄
長岡技術科学大学 正 員 長井 正嗣

1. 背景及び目的

21 世紀に向けて、超長大吊形式橋梁を中心とする海峡横断道路プロジェクトが計画されており、より一層の工費・工期の縮減が求められている。現在、高強度素線品質の安定、防錆技術の向上、精度の高い製作・施工などといった技術開発より主ケーブルの安全率の見直しが検討されている。また、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的设计であるため、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。このため、主塔の崩壊時にもケーブルは十分許容値以下であるような状況が生じる。これを改善すべく、各要素部材の安全率の低減化を念頭に置いて、吊橋を構成する主塔、主ケーブル及びハンガーの終局強度に対する安全率のバランス化を図る必要がある。

2. 解析モデル及び解析条件

本解析は、図 1 に示す中央支間長 3000m の 3 径間連続補剛吊橋モデル¹⁾を対象として弾塑性有限変位解析を行った。各要素の安全率を表-1 に示す範囲で変化させた。なお、補剛桁と主塔の安全率は降伏強度に対する安全率であり、ケーブルとハンガーの安全率は引張強度に対する安全率である。使用材料は補剛桁が SM400、主塔が SM570 を使用し、主ケーブルは ST1770(引張強度:1770MPa)、ハンガーは ST1570(引張強度:1570MPa)を用いている。また、図 2 に示すように、補剛桁と主塔材の構成則を完全弾塑性型とし、主ケーブルとハンガーの構成則をバイリニア型(各々 $E'/E=0.0364, 0.0383$)と仮定する。なお、本解析は初期変位と残留応力は考慮していない。

本解析の荷重条件として、桁死荷重+活荷重の倍率 α を荷重倍率として増加させた。なお、活荷重が全径間載荷(以下、満載)、片側径間+中央径間(以下、偏載)の 2 ケースを解析した。

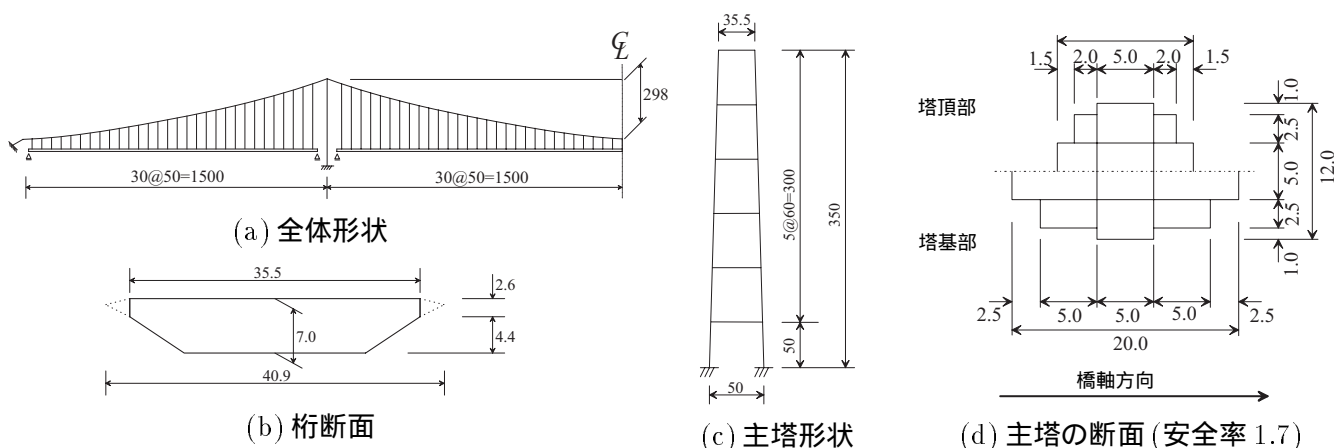


図-1 解析モデル (単位:m)

表-1 安全率のパラメータ	
	安全率
補剛桁 (γ_G)	1.7
主塔 (γ_T)	1.7, 1.5, 1.2
ケーブル (γ_C)	2.2, 2.0, 1.8, 1.6, 1.4
ハンガー (γ_H)	3.0, 2.5

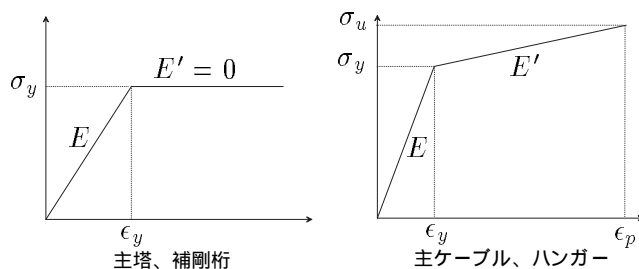


図-2 構成側

Keyword: 超長大吊橋, 安全率, 弾塑性有限変位解析, 終局強度

〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. (0426)77-1111 FAX. (0426)77-2772

3. 耐荷力特性

ここでは、図 3 に $\gamma_T = 1.7$, $\gamma_H = 2.5$, 偏載と固定して、主ケーブルの安全率を変化させた結果を示す。また、図 4 に $\gamma_T = 1.5$, $\gamma_H = 2.5$, 偏載と固定して、主ケーブルの安全率を変化させた結果を示す。その図 3、図 4 の (a) に塔頂部の水平変位に関する荷重倍率-水平変位関係を示す。また、図 3、図 4 の (b) に各要素部材の初期降伏時及び全体系の終局強度時の荷重倍率を示す。

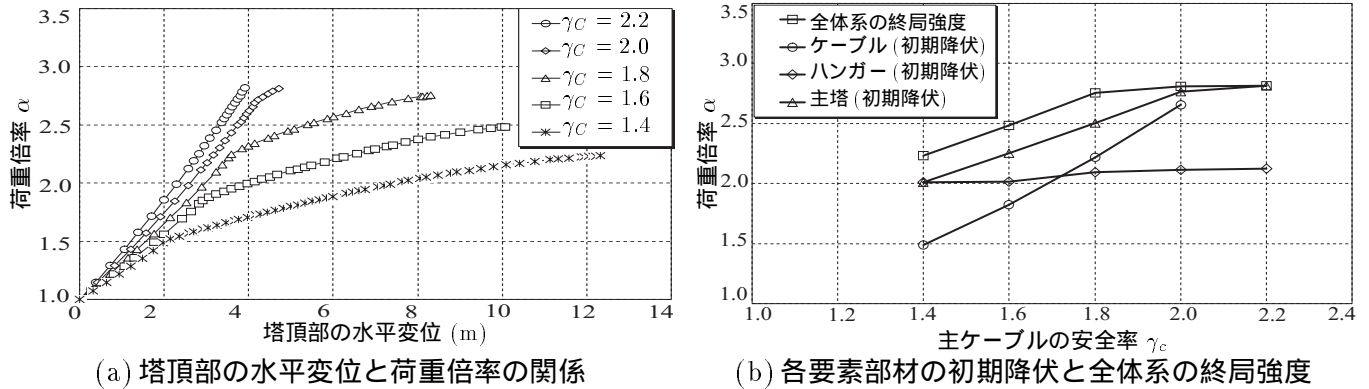


図-3 $\gamma_T = 1.7$ $\gamma_H = 2.5$ 偏載

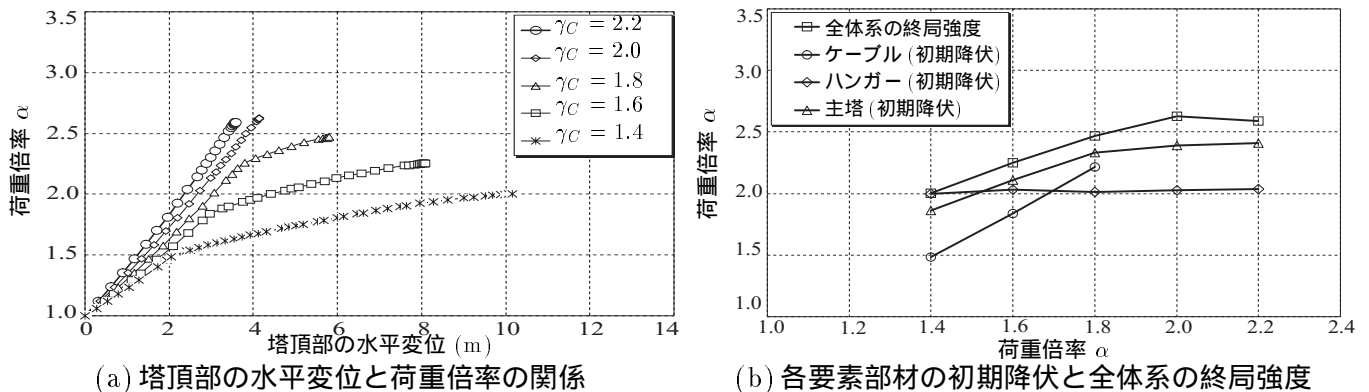


図-4 $\gamma_T = 1.5$ $\gamma_H = 2.5$ 偏載

図 3 と図 4 に示す水平変位の挙動、及び主ケーブルの初期降伏時の荷重倍率に着目すると、主ケーブルの初期降伏時より塔頂部の水平変位が急増することがわかる。これは、主ケーブルが塑性領域に入ると、主塔への応力の再配分が始まり、それに加え、塔頂変位が増大する影響で付加曲げモーメントが助長されたためである。また、主ケーブルの安全率の低減に伴い、主塔への負担が大きくなることがわかる。なお、ハンガーの塑性化が主塔の終局強度に及ぼす影響は見られなかった。

主塔とハンガーの安全率を各々 $\gamma_T = 1.7$, $\gamma_H = 2.5$, 偏載に固定し、主ケーブルの安全率を $\gamma_C = 2.2$, 2.0 と変化させたケースは、ハンガーの破断により終局状態となった。これ以外のケースは、主塔断面において塑性域が広がり主塔で終局状態になることが明らかになった。しかし、上述のように主塔単独で崩壊したのではなく、主ケーブルの塑性進展も終局状態に大きな影響を与えてる。

4. 最適安全率の組み合わせ

ここで示した解析結果を含め、60 ケースの結果より、終局強度に着目した最適安全率の組み合わせとして $\gamma_T = 1.5$, $\gamma_H = 2.5$, $\gamma_C = 1.8$ を提案する。その主な理由は次の通りである。1) ハンガー → 主ケーブル → 主塔の順に降伏し始めること、2) 最初に降伏し始める要素の初期降伏時の荷重倍率が、明石海峡大橋の安全率 ($\gamma_T = 1.7$, $\gamma_H = 2.5$, $\gamma_C = 2.2$) を用いた場合のそれと比較しても殆ど変わらないこと。3) 全体系の終局強度は約 12% ($\alpha = 2.817$ から $\alpha = 2.468$: 偏載の場合) 低減するが、それでも尚高い終局強度を有していること。従って、経済性に富んだ合理的な設計が可能になる。

参考文献

- 1) 長井・野上・他：鋼橋技術研究会技術情報部会、超長大橋の構造設計、1997
- 2) 謝・長井・野上：ケーブル安全率が超長大吊橋の耐荷力に与える影響、土木学会第 53 回年次学術講演会、1998,10