

長大鋼トラス橋における設計の合理化に関する研究

国土交通省横浜港湾空港技術調査事務所 正員 池上 正春, 正員 正岡 孝, 押田 和雄
 財団法人沿岸開発技術研究センター 正員○祐保 芳樹
 セントラルコンサルタント株式会社 正員 嶋原 徹

1. はじめに

東京都品川区城南島から中央防波堤外側埋立地を經由して江東区若洲に至る東京港臨海道路は、現在、城南島から中央防波堤外側埋立地までの第一期工事が完了し、中央防波堤外側埋立地から若洲に至る第二期工事を計画中である。この道路が横断する東京港第3航路上には中央径間長440mの橋梁を計画している。本橋の計画にあたっては、設計の合理化とコスト縮減を目指し、以下の基礎的検討を行った。

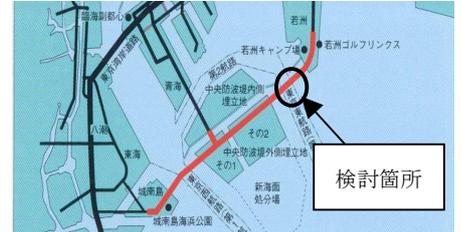


図-1 架橋位置図

対象橋梁は、図-2に示す橋長760m(支間長160m+440m+160m)の鋼3径間連続トラス・ボックス複合橋である。なお、本橋は、トラス部の鋼床版床組をトラス主構と一体化し、さらに中央の箱桁部と剛結した連続構造としており、連続トラス橋としては生月大橋(中央径間長400m)を超える世界最大規模である。



図-2 対象橋梁 (イメージ図)

2. 検討項目

設計の合理化とコスト縮減を目指し、主として以下の検討を行った。

- ① 限界状態設計法導入の可能性
- ② BHS鋼材（高性能鋼材： **Bridge High-performance Steel**）を適用することによる製作性の向上（製作費の削減）と断面の縮小
- ③ 立体シェルモデルによる構造解析をもとにした部材設計

BHS鋼材の適用においては、高強度鋼材における製作(溶接)時の予熱低減ができ、製作上経済的になる。また、BHS鋼材は、同等の引張強さを有する従来鋼材に比べて降伏点が高いことから、限界状態設計法で設計することにより合理的な部材断面となる。さらに、立体シェルモデルの解析により多軸応力状態を評価できることから、降伏比が小さい高強度鋼材でも降伏点を基準とした設計とすることができるといえる。これらの項目を同時に設計に取り込むことによりそれらの合理的な特性を有効に発揮できるといえる。

3. 限界状態設計法導入の可能性

国内において特定の橋梁を対象とした限界状態設計法の適用が検討された事例としては、明石海峡大橋(吊橋)のケーブルおよび主塔の設計において本設計法の導入の検討が行われた程度である¹。一方、海外では、欧米の設計基準に、限界状態設計法の一つである荷重抵抗係数設計法（LRF D : **Load and Resistance Factor Design**）が規定されており、国際的な趨勢としては許容応力度設計法が適用される事例は少なくなっている。国内においても将来的には限界状態設計法への移行が進むものと考えられることから、本橋においては将来を見据え、LRF Dの導入を検討するのが適当と判断した。

キーワード トラス橋, 限界状態設計法, 高性能鋼材, 立体シェルモデル解析, 有効座屈長

連絡先: 〒231-0003 横浜市中区北仲通5丁目57番地 国土交通省横浜港湾空港技術調査事務所設計室 TEL 045-211-7450

特に長大トラス橋では固定荷重である死荷重による作用力が変動荷重である活荷重作用力に比べ大きくなることから、荷重種別ごとに荷重係数を設定することが一律の安全性確保の観点からは合理的であるといえる。また、その結果としてコスト縮減効果も得られる。

L R F Dの導入にあたっては、荷重係数、抵抗係数および全体の構造物係数の設定が課題となるが、基本的には土木学会ならびに道路協会での研究成果ⁱⁱより各安全係数を設定する方向で検討している。

なお、試設計の結果ではあるが、L R F Dの導入によりトラス主構部材において約1割程度の重量軽減・コスト縮減効果が得られている（表-1参照）。

4. B H S鋼材（高性能鋼材）の適用

B H S鋼材は、米国で開発されたH P S鋼材と同等のもので、本来、日本国内での研究が先行して進められていたものであるが我が国での採用の実績はない。B H S鋼材の大きな特徴は、炭素量を大幅に低下させ、溶接割れ感受性組成（ P_{CM} 値）を低く抑え、溶接時の予熱を軽減している点である。それにより加工工数を大幅に低減でき、SM570材を上回る降伏点を有する鋼材の材料・製作単価をSM570材の単価以下に低減することを可能にしている。また、BHS500材は、引張強さをSM570材と同等とし、降伏点をSM570材の 450N/mm^2 （ $16 < t \leq 40\text{mm}$ ）から 500N/mm^2 まで高めている（表-2参照）。なお、試設計の結果ではあるが、B H S鋼材の導入によりトラス主構部材において約1割程度のコスト縮減効果が得られている。

5. 立体シェルモデルによる構造解析

道路橋の設計は骨組解析によるのが一般的で、基本的に一軸方向の応力解析により設計がなされている。多軸応力による実際の最大応力に対しては、降伏点以上の終局耐力までの余裕により安全性を担保したものとなっており、許容応力度設計法では、高強度鋼材の降伏比が小さいことを考慮して許容応力度を設定している。今回、立体シェルモデルによる構造解析を行うことにより、せん断遅れなどの応力分布を的確に把握するとともに多軸応力状態を適切に求め、L R F Dによる降伏点を照査対象とした設計と併せ、降伏点を高めたB H S鋼材の特性を有効に利用できることになる。

6. おわりに

本橋においては、以上紹介した検討項目のほかに、トラス部材の有効座屈長、格点部の合理的な構造詳細、疲労に対する鋼床版構造詳細の改善、 $100,000\text{kN}$ を超える大反力に対する免震ゴム支承の採用など、種々の検討を行っている。これらの項目を含む検討を今後も継続して実施する予定であり、各項目の検討結果については改めて各論として報告したい。本検討においては、東京工業大学三木千寿工学部長を委員長とする東京臨海道路技術検討委員会の委員の方々にご審議、ご指導をいただいております。ここに謝意を表します。

表-1 設計法による鋼重比較 単位:kN

	許容応力度法	L R F D
SM400A	8,536	7,379
SM490Y	22,628	24,980
BHS500	42,944	42,855
BHS700W	12,505	3,126
合計	86,613	78,340
(比率)	(1.00)	(0.90)

表-2 B H S鋼材の強度特性

鋼材	鋼板の厚さ mm	降伏点・耐力 N/mm^2	引張強さ N/mm^2
BHS500 BHS500W	$6 \leq t \leq 100$	500以上	(570~)
BHS700W	$6 \leq t \leq 50$	700以上	(780~)
SM570 SM570W	$6 \leq t \leq 100$	460以上 ~420以上 (板厚による)	570~720
HPS485W	$6 \leq t \leq 100$	485以上	585~760

ⁱ 「明石海峡大橋限界状態設計法に関する調査研究報告書」昭和60年3月、「限界状態設計法による長大吊橋の設計基準の検討報告書」昭和62年3月、「限界状態設計法による長大吊橋の設計基準の検討報告書 明石海峡大橋主ケーブルに関する検討」昭和63年3月（財）海洋架橋調査会
ⁱⁱ 「限界状態設計法分科会 荷重検討班第一次報告書」昭和61年11月、「限界状態設計法分科会 荷重検討班第二次報告書」平成元年3月（社）日本道路協会 橋梁委員会 総括小委員会