

鋼構造物の定量的な維持管理規定に関する検討

広島大学大学院 フェロー会員 ○中村 秀治
 広島大学大学院 正会員 藤井 堅
 (財)電力中央研究所 正会員 塩竈 裕三

1. はじめに

昭和30年代の高度成長期に多数の社会基盤構造物が架設され、豊かで安全な社会の構築に貢献してきたが、現在、腐食などの種々の劣化損傷が顕在化しており、また、今後はさらに劣化した社会基盤構造物が増加するのは明らかである。それらを今後どのように維持・管理していくかという社会的な大命題に対する解決策が強く要求されている。

経年劣化した鋼構造物は腐食により設置当初より確実に応力が増加しているため、必然的に、

①設計基準と維持管理基準の照査方法が同一であることに合理性はあるか。

②合理的でないとするれば、望ましい維持管理基準はどのようにあるべきか。

という課題に直面し、解決を迫られることになる。

ここでは、従来の維持管理基準類が精神規定に留まり、現場の実務者にとって拠り所となる維持管理基準が少ない実態に鑑み、定量的な維持管理規定を目指すための一検討について紹介することにする。

2. ISOの規定について

国ごとに、分野ごとに異なる歴史を有する設計基準類を統一化する方向の中で性能照査型設計が生まれ、今後強制力を有するであろうISOの基本的考え方が性能照査型設計であることは周知の通りである。底流にあるのは技術者の説明責任であり、構造設計の基本は「信頼性理論に基づく部分安全係数を用いた限界状態設計(ISO2394)」であることなども知られている。個別に見れば、「作用」と「荷重」の考え方、「断面の種類」(ISO10721, Eurocode3)などは、わが国の基準類で従来聞きなれない用語と言える。また、ライフサイクル・コストまで考慮した設計や維持管理に関わるものとして、ISO13822があげられる。

(1) ISO2394 (構造物の信頼性に関する一般原則)

ISO2394は国際規格であり、あらゆる種類の材料およびそれらの組合せによる広範囲な建築物と土木構造物の建設と使用に関する設計の原則を定めている。この国際規格は、各国において定まった使用条件下における設計供用期間中の材料の特性、構造物の性質と種類を考慮した技術的および経済的条件に従って、特定の国の規準や実務規準を作成する責任のある委員会の共通原則として利用されることを意図している。

(2) ISO10721 (鋼構造—第1部：材料と設計)

ISO10721は、各種鋼構造物の安全性と使用性に関して適切で統一のとれた方法を確立する目的で、鋼構造物に用いる材料とそれらの設計方法に関する各国の国内規準を起草するための基本事項を定めたもの。

国際規格と自国の規格の適合性を調査・研究するために有用である。

(3) ISO13822 (構造物の設計の基本—既存構造物の性能評価)

ISO13822は、ISO2394に基づいて作成されたものである。既存構造物の性能評価を今日的な課題として取り上げ、厳しいコスト制約の中で寿命を延ばす必要があること、新規設計とは大きく異なる方法を用いること、設計基準の範囲を越えた知識が必要であることなどが書かれている。この国際規格は既存構造物の性能評価に関わる原理と手順を示した規格として、また、設計者や発注者の手引書として作られている。信頼性評価の基本原理は、ISO2394の安全性および使用性の要求性能に含まれているが、経済性・社会性・持続可能性を考慮に入れるところに特徴が見られる。

キーワード：鋼構造物，経年劣化，維持管理，残存強度評価，信頼性評価，定量化

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 Tel.082-424-7531

3. 既存の維持管理基準あるいは維持管理規定について

- (1) 道路・港湾関係の維持管理については、橋梁点検要領が従来からあり、新たな取り組みもなされているが、道路の性質上、火力・原子力発電施設のような定量性のある規定は見られない。新たな取り組みとしては、5年に1回の点検義務づけ、点検結果を橋梁カルテに記録・保存、補修履歴の記録・保存、等。
- (2) 鉄道関係では、「鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編） 鋼・合成構造物」の耐荷性に関する照査式で部分安全係数が用いられている。 γ_a （構造解析係数）、 γ_b （部材係数）、 γ_i （構造物係数）など。
- (3) 水門・鉄管関係では、「水門扉管理要領」（昭和52年）、「水門鉄管技術基準」、「ダム・堰施設技術基準（案）」（平成11年）等に準拠して維持管理がなされている。定量性のある規定は“鉄管の管胴局部最大応力 $\leq 0.9\sigma_y$ 、平均応力 $\leq 0.65\sigma_y$ ”（ σ_y は降伏応力）に留まっている。

4. 腐食した鋼構造物の残存強度評価

腐食損傷がある鋼構造物の残存強度を評価するためには、残存板厚や凹凸形状などを測定する必要がある。腐食状況は詳細なほど評価精度を高めることができるが、実際の計測は、たとえば腐食表面を1mm間隔で計測するなどの詳細な計測は不可能であろう。これについては、画像計測などの今後の計測技術の開発に期待するところが大きい。

詳細な計測が可能な場合、得られた計測結果を用いて有限要素法解析などを用いれば残存強度の評価が可能になる。図-1は、海洋環境で腐食した鋼管杭(STK400 および 490, $\phi 400\text{mm}$)の圧縮強度実験結果とFEM解析結果を比較して示すが、腐食状況が正確に把握できれば、残存強度を的確に求めることができる。

腐食表面の詳しい計測ができない場合には、統計指標を用いて、人工的に腐食表面を作成することができる。塗装などの防食機能の劣化も考慮した上で、図-2のような腐食表面の経年変化を求めることができる。

5. 定量的維持管理規定策定の基本的考え

基本的考えは次の通りである。設計計算式で応力値 σ が得られたとき、実際に構造物で発生している応力の推定値はばらつきをもって分布する。一方、構造物に使われている材料の強度もばらつきをもって分布する。これらのばらつきが重なる部分が小さいほど安全性が高い。FEM解析で許容応力 σ_a が得られた時の安全性は設計計算で σ_a が得られたときよりも高いと考えられる。従って、FEM解析を実施する場合、緩和された許容応力 σ_a' を用いても設計計算応力で σ_a を用いる場合と同じ安全性が確保できる。更に実測値であれば、殆ど実態把握が可能で、同じ安全性確保の立場から σ_a の割増が許されるものと考えられる。

6. むすび

以上述べた維持管理規定における定量化の考えにおいては、構造力学的共通点の多い構造物ごとに設計計算値、FEM解析値、実測値の検討が必要条件になるが、維持管理規定の定量化を実現可能にする一つの考え方と言える。本検討内容の多くは、水門鉄管協会「水門扉等鉄鋼構造物の維持管理基準に関する検討会」（平成18-19年度）の成果であることを付記し、関係各位に感謝の意を表します。

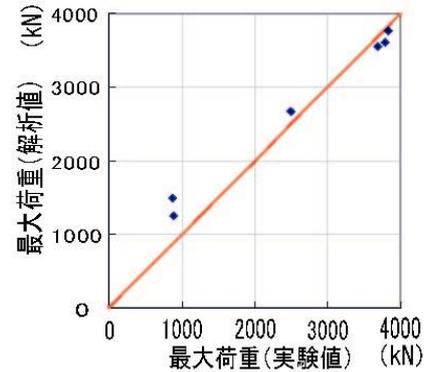


図-1 腐食した鋼管杭圧縮強度の解析結果と実験結果の比較

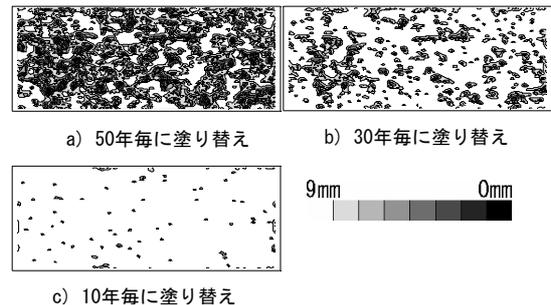


図-2 腐食表面作成モデルによる腐食状況推定

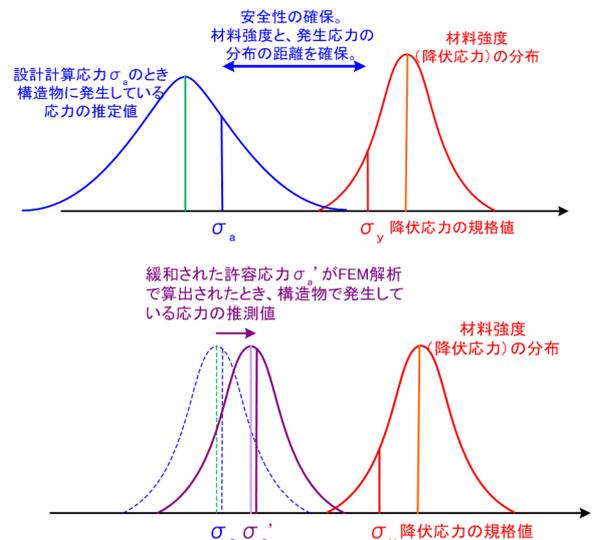


図-3 照査用応力の違いによる安全率の差異