

鋼構造物へのRBM適用における課題

日大生産工 大野 茂
東工大 酒井 哲也

1. はじめに

RBM (Risk-Based Maintenance) は、対象となる施設や設備を維持する際に従来のような経験に基づいた保全方式ではなく、故障メカニズムの追求、故障の影響度評価、保全効果についてリスクを基準にしてメンテナンス計画を立案しようとするものである。

旅客航空機への適用に始まり石油プラントや原子力プラント、生産設備への適用が進められ、リスクの回避と安全性、信頼性向上に寄与している。

しかし橋梁など使用期間が長期にわたる鋼構造物への適用にはリスクの評価が困難なためその手法が確立されたとはいえない。

本報告では、鋼構造物の保全事例から劣化による影響の評価、保全方式の選定手順について問題点を整理した。

2. RBMの標準化に対する動向

欧米では石油メジャーが中心となり米国石油学会を中心に石油化学プラントで適用するRBI (Risk-Based Inspection) リスクを基準とした検査計画手法のガイドラインを制定してきた。欧州共同体においても石油化学、化学、発電設備、製鉄設備などへ適用するRBIM (Risk Based Inspection & Maintenance) の標準的な方法が策定されている。リスクの計算では過去の事例を参照するため多くの機関、企業が情報を提供しデータベースを構築し共有することが前提となる。この様に設備の故障や不具合が生産性の低下や事故といった直接リスクとして現れる設備では、これらの手法が積極的に取り入れられている。

しかし供用期間が100年単位という長期にわたるような鋼構造物では、初期段階で設置される多様な環境に構造的にも対応されている。鋼の場合その劣化は主として腐食が対象となり塗装を主に防錆処理が適用されるが、この劣化の進行も比較的時間を要する。

このため一度構造に欠陥が生ずれば大きな事故になりかねないものの、そのリスクを長期にわたって予測することが困難となっている。そこで従来の保全方法に依存しているのが現状である。

3. 鋼構造物保全の現状

現在鋼構造物に採用されている防錆方法とその保全方法について事例を紹介し、問題点を整理する。

3.1 鋼鉄道橋

鋼鉄道橋では維持管理という観点から腐食対策を進めてきた。国鉄時代から鉄道橋は鋼鉄製が主流でその数もJR社だけでも約4万4千連にのぼる。その半数以上が架設後50年以上、100年を経過したのもも現役で鉄道輸送を担っている。戦中戦後に資材不足等で維持管理に空白を生じた時には、その後の機能回復に莫大な費用と労力を必要とした経験を持つ。このため1965年「構造物検査制度」を立ち上げ日常の検査、点検業務により健全度を判定し、監視、補修、補強等の措置を行う手順が構築された。

保全コストよりも安全性の確保が優先するため2年を超えない期間ごとに定期検査を義務づけ、異常気象等が生じるとさらに不定期にも検査を実施している。検査の方法は目視を主体としており、経験と勘に頼る手法となっている。構造的な劣化も腐食が局部的に集中することが問題で溶接構造、リベット構造等メカニズムも多彩となる。設置環境も海岸線を初め多様で予測を困難なものにしている。

このため新幹線では腐食させないことを前提に定期的な塗り替えが実施されている。安全性の確保と保全費用のバランスの検討が更に必要であると考えられる。

3.2 東京タワー

1958年竣工し鉄鋼および亜鉛めっき鋼の組

合せて部材が構成されフタル酸系樹脂塗装システムが適用された。その後、安全性の確保は当然ながら立地や、シンボリックな構造物として美観を優先した全面塗り替え塗装が8回実施され40年以上経過しても健全な状態で機能が保持されている。現在も地上波デジタル放送への対応など各種のリニューアル工事が施されている。しかし、鋼構造物としてメンテナンスを前提とした設計思想が取り入れられていないため、塗り替えの度に作業用の足場を作成したり、高所での作業となるため塗料の飛散を防止するための養生や作業時間の制約も受ける。このため保全費用は高額となるが、立て替えを含めてLCCとの比較から優位性が認められ、受け入れられている。今後塗料技術の進歩と合わせて塗り替え期間の延長などメンテナンス費用の軽減が望まれる。

本州四国連絡橋などその後建設された鋼構造物ではメンテナンス用の構造や設備、施設が設計段階から組み込まれ保全費の軽減が図られている。また設計段階で供用期間を300年というように想定し、新設時の防錆対策から保全、塗り替えについても計画が立てられている。とくに海峡をまたぐ鋼橋では、海塩粒子の飛来等厳しい環境下となるため最新の塗装系が採用される。しかも新設時は工場で塗装が施され当初は30年間塗り替えを必要としない保全計画が可能となっている。裏付けとして塗料、塗装技術の進歩もあるが、50年間にわたる実績に基づく予測や設置環境の把握が前提となっている。しかし300年という供用期間は関わる技術者にとって何世代にもその継承が課題となる。

3.2 瀬戸大橋吊橋メインケーブル

吊橋のメインケーブルは正に橋自体を支える生命線と言えるもので、その防食は最優先される。瀬戸大橋（1988年完成）では従来の手法として鋼線の亜鉛めっきを基本とし、束ねられた亜鉛めっき鋼線にペーストを塗布しラッピングワイヤーを巻いて塗装する仕様が採用された。

しかしペースト自体が劣化し、さらにケーブルの温度差等による伸縮で塗膜にワレを生じて遮水性能が低下し、一部ケーブル内部に水分が確認された。このため因島大橋を初め同様の既設橋についても腐食状況が調査された。その結果従来の工法では、ケーブル内部の防食対策が不十分であることが判明した。

補修と言うよりも防食方法の基本的な見直しが進められ「送気乾燥システム」が採用されることとなった。この工法では機密性を高めたラッピングを施し、ケーブル内に乾燥

空気を送気して防食するもので相対湿度を60%以下に保持すれば腐食の進行を止めることが出来ることが確認され、目標湿度が40%以下と設定された。しかし送気設備も海岸線に設置され、空気中の海塩粒子をフィルターで除去する必要も生じた。更に亜鉛めっき部分に白錆を生じている既存のケーブルについても継続して監視されている。

ケーブルの長期的な防食を図る送気乾燥システムの導入は世界でも初の試みとなっており、今後の維持管理、効果の検証等が望まれている。

4. まとめ

鋼構造物では安全性、信頼性が最優先される社会資本の位置づけが大きく、従来のメンテナンス方式が効率や経済性を度外視しても採用されている。しかし今後は各々の構造物が抱えるリスクを、長期間にわたって予測し、評価した結果に基づき、効率と安全性を兼ねた保全計画が立案されることが望まれる。

とくに鋼材、あるいは防錆・防食のために利用されている塗装塗膜、被覆金属等が設置環境によって受ける影響について把握し、その情報を蓄積してデータベース化することで予測技術を確立することが可能となる。

新技術の開発も進められ、その導入による効率化も期待できるが、実際の使用環境を確実に把握するため、標準金属板を暴露することにより設置環境を簡便に、確実に把握する手法の構築が進められ、更に詳細なデータ蓄積が今後の課題と考える。

「参考文献」

- 1) 市川篤司：「メンテナンス基準とその補修方法 - 鋼鉄道橋 - 」防錆管理, Vol.37, No.8, (1993) pp.301 - 305
- 2) 大澤悟：「東京タワーの防錆」防錆管理, Vol.47, No.1, (2003) pp.23 - 30
- 3) 秦健作, 伊香賀信文：「瀬戸大橋吊橋メインケーブルの防食」防錆管理, Vol.42, No.10, (1998) pp.343 - 347
- 4) 守屋進, 瀬下次朗, 平野晃, 中塚勲夫：「沖縄地区大型構造物塗装試験体・10年後調査結果」防錆管理, Vol.48, No.2, (2004) pp.41 - 46
- 5) 富士彰夫, 弥富政享, 高橋潤：「RBM（リスクベースメンテナンス）の実機への適用」防錆管理, Vol.49, No.8, (2005) pp.304 - 310
- 6) 大島栄治監修, 設備管理技術事典, 産業技術サービスセンター, (2003), pp.56 - 73