



PART 3

構造物を腐食から守る技術

「さび」は、常に鋼材に立ちはだかる課題である。構造物の長寿化には鉄鋼材料の十分な防錆・防食処理が欠かせない。我が国には約15万の橋梁（橋長15m以上）が存在するが、このうち高度成長期に集中的に建設された橋の高齢化が今後、急速に進行することが予想されている。予防保全の取り組みが必要となるなか、鋼材の腐食に対する寿命評価、予測技術の確立が重要となっている。

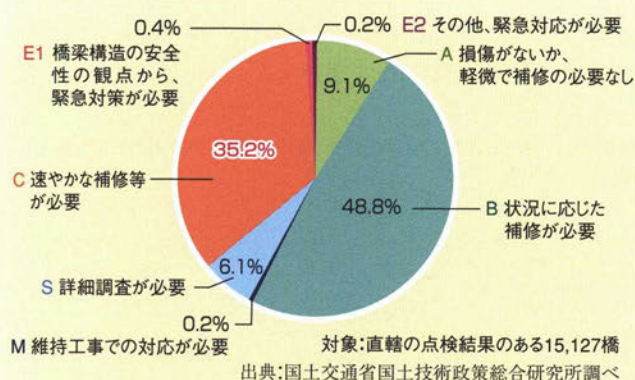
●湖畔橋（北海道千歳市）
創建は1899年。1924年に移築された
写真：撮影／細山義人 協力／（株）建設図書

求められる予防保全の取り組み

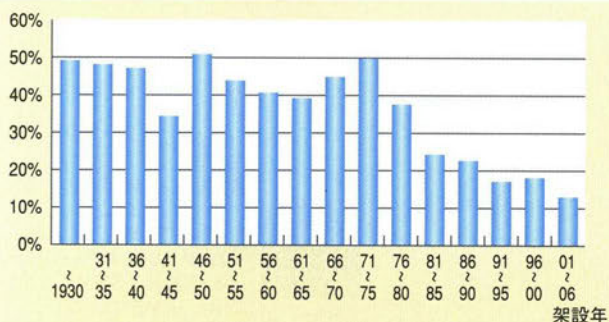
昨年6月、三重県の国道23号木曽川大橋のトラス斜材が破断するという事故が起こった。原因はコンクリートに覆われた部位の鋼材の腐食であった。幸いにも落橋のような大事故には至らなかったが、腐食箇所が多かったため補強工事に時間を要し、16週間に及ぶ通行規制を余儀なくされた。

橋梁の事故は社会的、経済的損失が大きく、ときに人命に危険を及ぼすこともある。近年、事故や損傷が数多く報告されており、橋梁の安全性に関心が高まっている。

■ 定期点検結果による橋梁の健全度の状況



■ 架設年別速やかな補修が必要な橋梁数



我が国には15万に及ぶ道路橋（橋長15m以上）が存在する。その多くは昭和30年代以降の高度成長期に架設され、架設後40～50年が経過しようとしている。国土交通省では5年に一度の頻度で直轄道路橋の定期点検を実施しているが、その結果、35%以上の橋梁が「速やかな補修等が必要」な損傷を抱えていることが判明した。さらに架設年毎に「速やかな補修等が必要」な部材がある橋梁の割合を求めたところ、経年に従ってその比率が高いことがわかった。今後高齢化に伴い、損傷が増加する可能性が指摘されている。また物流の効率化から車両の大型化が進み、疲労耐久性に懸念のある橋もある。さらには耐震性の向上も重要となっている。

しかしながら、昨年9月に国土交通省道路局が実施した地方公共団体へのアンケート調査では、約8割の市区町村で橋梁の定期点検を実施していないという実態が明らかとなった。日本の道路橋では道路管理者である国、都道府県、市町村、高速道路会社ごとに要領等を定めて点検や評価が行われているが、法律では詳細な定めがないため実施内容やレベルには大きな差がある。

このような状況を受けて、国土交通省では損傷が深刻化してから対策を行う事後保全から、点検に基づき損傷が軽微な段階から対策を行う予防保全への転換が必要と考え、「道路橋の予防保全に向けた有識者会議」（2007年10月～2008年5月）において予防保全にむけた方策について審議するなど、検討が進められている。

■ 木曽川大橋のトラス斜材の破断



コンクリートを除去したところ、腐食が進行した斜材が見つかった。問題となった部位は点検も塗り替え塗装もできない構造となっており、早期に構造を改善する必要のある状況であった。

写真提供：国土交通省
三重河川国道事務所



効率的な維持管理に必要となる寿命評価、予測技術

鋼橋の損傷で最も多いのは腐食である。損傷により上部工の架け替えを行った鋼橋は、その50%以上が腐食損傷が原因となっている。腐食が発生しやすい部位は環境や橋梁の構造等によって様々であるが、とくに桁端部で発生しやすい傾向がある。桁端部は湿気がこもるだけでなく、上部構造からの漏水や、滞水、塵埃等が堆積しやすいためだ。

橋梁では、防食のために塗装が用いられるのが一般的であるが、定期的な塗り替えが不可欠である。これらを実施することにより、橋梁が本来持つ性能を発揮し、長寿命化が図れる。高度成長期に伴い急増した鋼橋は、一般塗装系*1が塗装されていることが多く、また長大橋などには耐久性に優れた重防食塗装系*2が適用されている。

鋼材の腐食の有無やその状況等は点検において把握されるが、主には目視点検が行われている。しかし損傷を発見したとしても、それが直ぐ橋梁に致命的な影響を与えるとは限らない。数年たっても変化が起こらないことも多い。そのため既に損傷のある部材が今後いつ、どこが、どのように深刻な事象を起こすかを探ることは非常に重要だ。従来、長期的・連続的な状態監視等の目的で長大橋等にモニタリングが実施されたが、このような長期的な監視を膨大な数の中小規模橋梁に適用するのは困難である。膨大な数の橋梁の維持管理費ははかりしれない。効率的、効果的な予防保全を行うためには、寿命評価、予測技術の確立が必要となっている。

- *1:防食下地にジंकリッチ塗膜を有していない塗装系全てを指す。油性さび止め/フタル樹脂塗装系、塩化ゴム系塗装系、およびこれらの塗装系をエポキシ樹脂/ポリウレタン樹脂塗装系またはふっ素樹脂塗装系で塗り替えたものなど
- *2:防食下地として無機ジंकリッチペイント、エポキシ樹脂塗料下塗、ふっ素樹脂塗料中・上塗を使用している塗装系。特に無機ジंकリッチペイントが犠牲防食作用を発揮することが特徴的。

大気環境中の腐食挙動の評価

大気環境中の腐食挙動の評価はいくつかの手法が考案され、研究開発が進められている。大気に曝される鉄鋼材料は雨が降ったり結露したりして表面が濡れている期間に腐食が進行し、乾いている期間は停止する。このため腐食挙動は常に水と接している場合とは異なる。従来、大気中においては電気流路を確保することが難しく電気化学的手法の適用が困難であったが、近年、これを克服する測定手法が提案され、腐食挙動の解析に用いられるようになってきている。主な電気化学的手法にはACM (Atmospheric Corrosion Monitor) 型腐食センサー、インピーダンス測定、ケルビンプローブ等がある。電気・機械的手法では電位差法、QCM (Quartz Crystal Microbalance) 等が挙げられる。

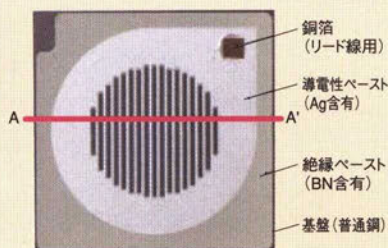
なかでもACM型腐食センサーは、二つの異種金属あるいは同種金属を互いに絶縁した状態で環境へ露出し、その間を流れる腐食電流を測定するもので、常に水と接していない場合でも適用可能である。我が国では、(独)物質・材料研究機構と東京海洋大学、琉球大学らがFe-Ag対からなるACM型腐食センサを開発し、実用化されている。最近では、橋梁メーカーにおいて、防食効果の高い鋼桁構造の開発に同センサーが役立てられるなど、活躍の場が広がっている。

鋼橋は適切な維持管理を行えば橋梁が本来持つ性能を発揮し、長寿化を図ることができる。世界には橋齢200年以上の現役の鋼橋が存在し、我が国でも橋齢100年を超える鋼橋が存在する。効率的、効果的な維持管理方法の確立によって、鋼橋の長寿化がいつそう進むことを期待する。

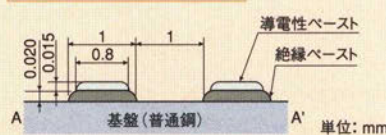
- 取材協力:国土交通省国土技術政策総合研究所、(独)物質・材料研究機構
 ●文 藤井 美穂

■ ACMセンサーの構造

開発されたFe-Ag対からなるACMセンサーは、大気中に露出させると異種金属が電池を構成する結果、腐食電流が流れる。腐食電流を測ることで設置した環境の腐食しやすさを測ることができる。同センサーを用いて海洋性大気環境や工業化住宅内環境等の腐食性評価が行われており、屋内のような雨が直接かからない環境ではセンサー出力から腐食速度を推定することが可能となっている。



A-A'で見た断面の一部分



資料提供: (独)物質・材料研究機構

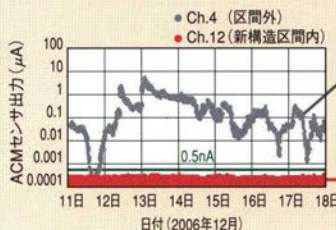
■ 防食効果の高い鋼桁構造の開発

- 海からの潮風をうける岸壁に設置された試験体



鋼桁構造を隔板の設置や細部構造の工夫により外部から塩分などの腐食性物質が侵入しないようにし、さらに内部に調湿剤を設置し湿度を制御した。新構造により腐食の発生、進行を抑制し、塗装の簡素化、塗り替え不要を目指す。

- ACMセンサーの出力



同センサーは腐食の発生が電流出力によってわかり、出力が0.5nA以下の場合腐食がほとんど発生していないと判断できる。新構造の区間内は腐食がほとんど発生していないことがわかる。

資料提供: (株)栗本鐵工所