

I-A 406

鋼橋の腐食劣化推定システムに関する研究

京都大学大学院 学生員○丸山 大亮 京都大学工学部 正会員 松本 勝
JH日本道路公団 正会員 岡田信一郎 奈良県 正会員 渡邊 義明

1. はじめに 本研究は、鋼橋の腐食劣化に対して効率的に維持管理を行うために、腐食劣化特性を解明し、それをより精度良く推定できるシステムを構築することを目的とする。実橋においては、その腐食劣化過程は複雑なものであり従来提案されてきた腐食量推定システムでは、現実に適合しない場合がある。本研究では従来のシステムの精度改善をはかるとともに、このような橋梁に対しても適用できる推定システムの構築を目的とし、塗膜寿命の信頼区間によって適合しない橋梁について検討した。さらに、塗膜寿命の推定腐食量および余寿命への影響を求め、推定精度がばらつく原因に対し塗膜寿命がどの程度影響をもつのかを検討し、広範囲に適用できる新しい推定システムを構築した。

2. 目視調査による鋼橋の腐食劣化の定量評価¹⁾ 鋼橋の腐食劣化を塗膜劣化については4段階(4~1)の評価、鋼材腐食については8段階(A~G)の評価基準を用いて目視調査を行い、鋼材腐食に関する評価を用いて定量的に腐食量を評価するために全体劣化指数Xを次式で定義する。¹⁾

$$X = \frac{0 \times N_A + 0.1 \times N_B + 0.23 \times N_C + 0.4 \times N_D + 0.6 \times N_E + 0.9 \times N_F + 3 \times N_G + 10 \times N_G}{N_A + N_B + N_C + N_D + N_E + N_F + N_G} \quad N_A \sim N_G: \text{評価点A} \sim \text{Gの個数} \\ (\text{ただし、漏水箇所を除く})$$

3. 塗膜劣化過程におけるシステム改善 塗膜劣化過程は塗装から鋼材腐食が開始するまでの期間とし、また鋼材腐食が開始した時を塗膜の防錆能力が失われた時として塗膜寿命とする。塗膜劣化度(PL)は4段階(健全なものから順に4, 3, 2, 1)で評価されるが、従来のシステムでは旧国鉄の評価基準²⁾を参考に塗膜劣化度の平均値-3×標準偏差が2になった時を塗膜寿命としていた(図1参照)。しかし、塗膜寿命が鋼材腐食が開始する時を表すことと塗膜劣化度3が錆の発生開始時期に相当することから、本研究では、塗膜寿命を塗膜劣化度の平均値が3になる時とした(図1参照)。さらに、塗膜劣化度を $PL=4-bt$ (t : 経過年数)とモデル化し、パラメータ b については塗替回数別に環境因子(気温、海塩粒子量)による重回帰式で表す。

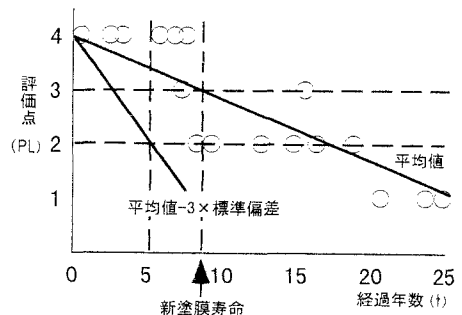


図1 塗膜寿命推定法の改善

4. 鋼材腐食過程におけるシステム改善 塗膜寿命に至った後、鋼材が大気に暴露される事により腐食量が指数関数的に増加するとし、 $y=kt^m$ (y : 腐食量, t : 暴露年数)によって推定する。ここで、 k, m については環境因子(気温、湿度、降水量、 SO_2 濃度、海塩粒子量)による重回帰式で表される。本研究では、従来より求められていた k, m を鋼材暴露試験結果³⁾により統計年を増やし、新たに推定した。

5. 調査値による腐食量補正 塗膜寿命と鋼材腐食量より、推定腐食量の経年変化を示す推定腐食量曲線が求められる。さらに、曲線が各橋梁に応じた腐食量を示し得るように補正を加える。つまり目視調査により求められる目視腐食量を通してるように補正係数を乗じる。ここで、推定値に乘じる補正係数を α とする。また、調査値によって補正された推定腐食量と再調査値との比を推定精度 β とする(図2参照)。以上の方法で推定精度 β の平均を求め従来と比較したところCITY-Aにおいては1.111から1.048に、CITY-Bにおいては1.175から1.082に理想値である1に近づいた。

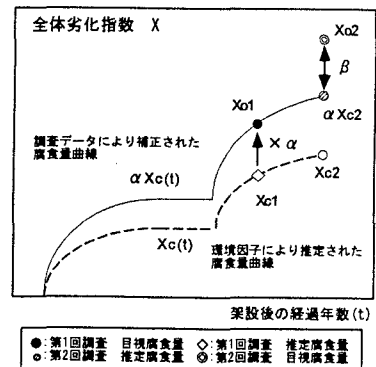


図2 調査値を用いた補正

6. 塗膜寿命の信頼区間 図3に示すように同一環境に属する橋梁の塗膜寿命にも、かなりのばらつきが認め

られ、このばらつきが推定精度に影響を及ぼしていると考えられる。つまり、平均的な値である推定塗膜寿命から特にはずれる塗膜寿命を持つ橋梁を特殊橋梁とし、別途考察を行うことにする。特殊橋梁を抽出するために塗膜寿命に幅(95%信頼区間)を設け、これにはずれる橋梁を、特殊橋梁と判定した。さらに、このようにして抽出された橋梁に対して、従来の調査値を用いた補正に加えて、塗膜寿命に対しても調査値を用いた補正を行った。この際、塗膜寿命に乗じた係数を α_p とする。その結果、推定精度 β の平均が1.178から1.017に向上した。このことより、抽出された特殊橋梁に関して塗膜寿命のばらつきが推定精度低下の一因であったと考えられる。また、特殊橋梁(部位)について調査を行ったところ路床からの遊離石灰等の構造上生じる腐食が多くみられた。

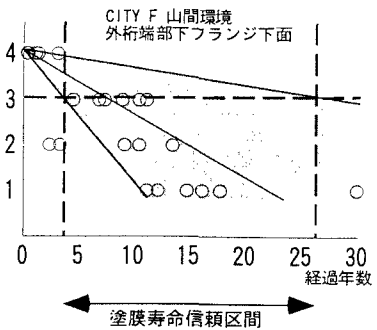


図3 同一環境に属する橋梁の塗膜寿命

7. 塗膜寿命変動による腐食量及び余寿命への影響 信頼区間によって塗膜寿命の下限値及び平均値が設定されたため、それぞれの塗膜寿命に応じた腐食量及び余寿命を求め、塗膜寿命変動が腐食量及び余寿命に及ぼす影響について検討した(図4-1, 4-2)。この結果、塗膜寿命が信頼区間に含まれているにも関わらず、目視調査腐食量が推定腐食量の変動区間に含まれない橋梁は、94橋のうち82橋であった。つまり、補正係数 α がばらつく原因として塗膜寿命変動の占める割合は小さく、また腐食劣化過程についてはまだ改善の余地があることが明らかとなった。

8. まとめ 本研究では、鋼橋の腐食劣化過程を環境因子により、推定することを目的とした。塗膜劣化過程、鋼材腐食過程において従来のシステムを改善し、精度を向上させた。さらに、同一環境に属する橋梁であっても、その塗膜寿命が橋梁毎に異なることに着目し、塗膜寿命が一定値以上にばらつく橋梁については、その原因の一つとして構造上生じる問題を挙げた。さらにそれらの橋梁(部位)は、環境因子から求められる塗膜寿命ではその塗膜劣化性状が表現できないと考えられるので、その橋梁独自の塗膜寿命になるように補正を行った。これによって推定精度 β (目視調査値と推定値が一致する時1となる)の平均値が1.18から1.02に改善された。従って、ある橋梁の架設年・塗替履歴とその橋梁の属する地域の環境因子が分かれば、たとえ目視調査を行わなくてもその劣化状態を比較的精度良く予測することが出来、さらに目視調査をすることによって個々の橋梁に応じた精度のよい腐食劣化予測を行うことが可能であると考えられる。また、ほとんどの橋梁で目視調査腐食量と推定腐食量との差が塗膜寿命の変動では説明出来ない結果となったが、これは鋼材腐食量が指数関数で表されるため暴露年数が変化しても腐食量はあまり変動しない為と考えられる。

参考文献 1)松本 勝, 三宅広昭, 白石成人: 鋼橋の腐食劣化に関する劣化診断, 可視化情報, vol. 12, No.47, 1992.10

2)佐藤 靖, 橋本達知: 鉄桁の防錆状態の調査結果及び保守対策, 鉄道技術研究報告, No.392, 1974.2

3)建設省土木研究所: 耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書(XV), 1992.3

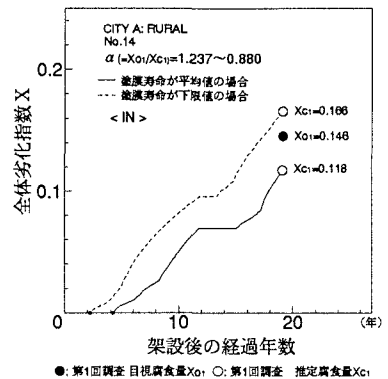


図4-1 塗膜寿命変動による腐食量変動(その1)

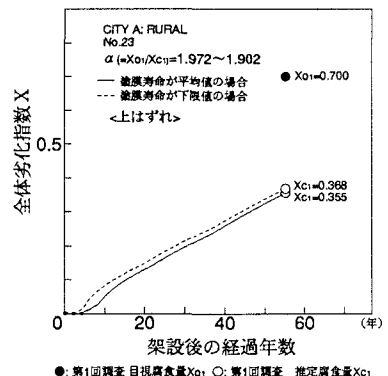


図4-2 塗膜寿命変動による腐食量変動(その2)