

N T T 正員○高梨敏彦
京都大学工学部 正員 松本 勝
京都大学工学部 正員 白石成人
兵 庫 県 正員 三宅広昭

1. はじめに 本研究では、鋼橋の効率的な維持管理システムを提案することを目的として、過去の研究において行った腐食劣化評価手法・余寿命評価手法を用い、システムとしての完成度を高めるために、さらなる精度の向上を目指すものである。

2. 過去の研究 ①目視調査による鋼橋の腐食劣化評価 鋼橋の腐食劣化の過程を「塗膜劣化」→「鋼材腐食」とし、塗膜劣化については4段階(4～1)、鋼材腐食については8段階(A～G')の評価基準を定め、鋼橋計300橋に対し目視調査を行った。また、目視調査によって得られた鋼材腐食に関するデータ(A～G')を用いて、次の劣化指数(X)を提案した¹⁾。

$$X = \frac{0 \times N_A + 0.1 \times N_B + 0.23 \times N_C + 0.4 \times N_D + 0.6 \times N_E + 0.9 \times N_F + 3 \times N_G + 10 \times N_{G'}}{N_A + N_B + N_C + N_D + N_E + N_F + N_G + N_{G'}}$$

$N_A \sim N_{G'}$: 評価点 A～G' の個数(漏水箇所は除く)
さらに、過去の撤去実績を基に、鋼橋を撤去するかどうかという観点から、Xが1に達する時をもって鋼橋の寿命と定義した²⁾。

②塗膜劣化のモデル化 塗膜劣化を気温および海塩粒子量の2つの環境因子を用いてモデル化し、環境因子より塗膜寿命を算出した²⁾。

③鋼材腐食のモデル化 鋼材暴露試験結果を基に、気温、湿度、降水量、SO₂濃度、海塩粒子量の5つの環境因子を用いて腐食量(1年後～5年後)を推定する重回帰式を作成した。また指数関数モデル式($y = k t^m$; y:腐食量(mm) t*:暴露年数 k, m:パラメータ)によって長期の経年腐食量を予測した。さらに、鋼材腐食の過程を全面腐食と孔食に分け、全面腐食の最大値が0.7mmに達すると孔食に移行し、かつ腐食速度は4倍になるものとし、また、実橋の各部位における腐食量の暴露試験片に対する比率(部位係数)を掛けて各部位における腐食量とした²⁾。

④鋼橋の余寿命評価 劣化指数(X)を環境因子を用いて次のように算出した。

$X = \Sigma(\text{モデルより推定した各部位の腐食量}) / \text{部位数}$
このように求めたXを①で求めたXと区別するため、以後前者をX_c、後者をX_oと記述する。目視調査を行った鋼橋についてX_cとX_oを地域ごとに比較し、その推定精度を補正係数($\alpha = X_o / X_c$)という形で表現する(表-1)。さらに、上記のX_cおよび α を用いて、調査橋梁についてXが1に達するまでの年数を求め、余寿命とした²⁾。

一連の解析の結果、表-1からわかるように海岸環境において補正係数(α)の値が極端に小さい結果となる等、推定精度の向上が今後の課題となった。

3. 推定精度に影響を及ぼす要因 ①海塩粒子量の評価
海塩粒子量は特に海岸地域において海岸線からの距離によ

表-1 実橋調査地域における補正係数(α)

地域・環境	補正係数(α)
City A : 田園	1.310
City B : 海岸	0.527
City B : 市街	0.904
City C : 田園	0.757
City F : 山間	0.866
City i : 海岸	0.833

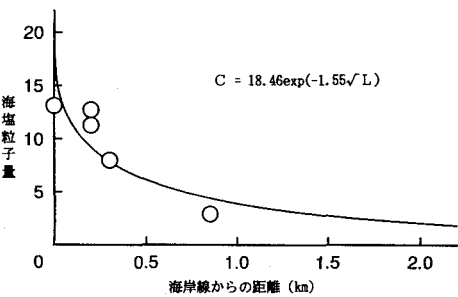


図-1 海岸線からの距離と海塩粒子量
(City B:海岸環境)
C:海塩粒子量($10^{-4} \text{ g/cm}^2/\text{年}$)
L:海岸線からの距離(km)

って大きく変化することが知られている。建設省土木研究所が提案している、海岸地域における海塩粒子量の推定式

$$C = C_0 \exp(-1.55\sqrt{L})$$

C:海塩粒子量 L:海岸線からの距離(km) C_0 :定数
に測定値を代入し最小自乗法によって C_0 を決定した結果を図-1に示す³⁾。本研究では、海岸環境のめやすを「海岸線から2km以内の地域」としている。そこで、海岸環境の調査橋梁を海岸線から1km以内にあるものと1km以遠にあるものとに分け、海塩粒子量として、前者に対しては $L = 0 \sim 1$ の区間の平均値を用い、後者に対しては海岸線から1km以遠での海塩粒子量の減少の度合いが小さいことから、 $L = 1$ の値を用いることにした。さらに以上の値を用いて劣化指数を求め X_c と X_0 を比較した結果、精度がかなり向上した(図-2, 3)。

②塗替直後における塗膜の影響 2において述べた目視調査は、鋼材腐食に関しては塗膜を介してその状態を評価するため、塗替直後においては塗膜は健全であるから、鋼材腐食を実際よりも健全側に評価してしまう恐れがある。このようなデータが多数存在すると、2で述べた補正係数(α)にも影響を及ぼし、全体劣化指数(X)を推定する際その値を小さく推定してしまい、危険側評価にもなりかねない。そこで、最後の塗替から目視調査までの経過年数が塗膜寿命に満たない橋梁のデータを除くことにした。以上の考察を加えた後の補正係数(α)の値を表-2に示す。

4. 維持管理システム 2, 3の結果をふまえ、新たに鋼橋を架設した場合の、寿命と、塗替周期および塗装系との関係を示したのが図-4である。良好な維持管理を行えば寿命が長くなるのは周知の事実であるが、これを定量的に議論したものは少ないように思われる。しかしながら、この図は、設計耐用年数を維持させるための適切な塗装系および塗替周期を決定する際に、有効な指標となるものと思われる。

5. まとめ 本研究では、過去の研究において提案した鋼橋の維持管理システムをさらに実用になうものとするために、システムの精度の向上を試み、海塩粒子量等に対し検討を加えた。その結果、補正係数(α)の値が0.780~1.415の範囲内におさまった。

参考文献

- 1) 松本勝, 白石成人, 三宅広昭; 鋼橋の腐食劣化の評価に関する研究, 構造工学論文集Vol. 38A, 1992. 3
- 2) 三宅広昭, 松本勝, 白石成人, 高梨敏彦; 鋼橋の腐食劣化診断と余寿命評価に関する研究, 土木学会第47回年次学術講演会概要集, 1992. 9
- 3) 阪神高速道路公団; 大阪湾岸域飛来塩分量調査報告書(その3), 1989. 3

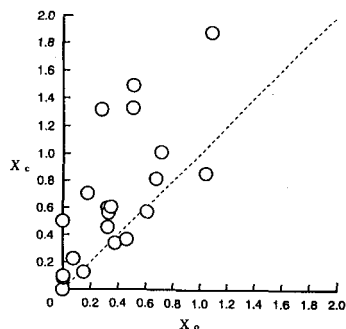


図-2 X_c と X_0 の比較(CityB:海岸環境)
海塩粒子量補正前

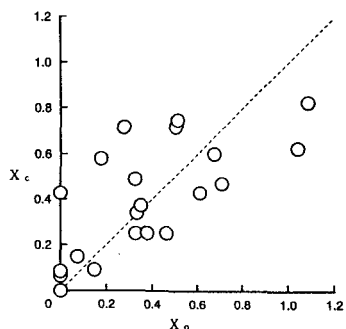


図-3 X_c と X_0 の比較(CityB:海岸環境)
海塩粒子量補正後

表-2 実橋調査地域における補正係数(α)
(塗替直後の橋梁を除いたもの)

地域・環境	補正係数(α)
CityA: 田園	1.415
CityB: 海岸	0.961
CityB: 市街	0.909
CityC: 田園	0.780
CityF: 山間	1.242
CityI: 海岸	1.112

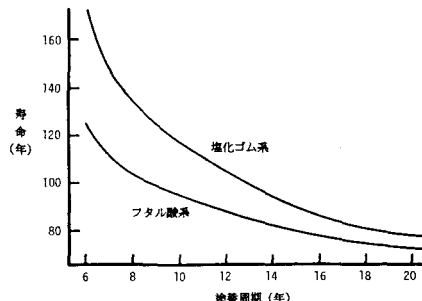


図-4 塗替周期と鋼橋の寿命
(CityB:海岸環境)