

兵 庫 県 正員 三宅広昭
 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
 N T T 正員 高梨敏彦

1. はじめに 著者ら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、これまでに関西地域を中心に鋼橋(主にプレートガーダー橋)に対して目視調査を行い、調査結果から腐食劣化を評価する指数を提案した¹⁾。そして、環境因子を用いて鋼橋の腐食劣化をモデル化することにより余寿命評価を試みた²⁾。本研究では、さらに追加調査を行って劣化評価に影響を及ぼす要因について検討を加えた結果、腐食劣化および余寿命の評価精度が向上したことについて報告する。

2. 腐食劣化評価 鋼材の劣化程度に応じて8段階(A~G')の評価基準を定めて目視調査を行い、調査結果を用いて以下に示す腐食劣化指数(X)を提案した¹⁾。

$$X = \frac{0 \times N_A + 0.1 \times N_B + 0.23 \times N_C + 0.4 \times N_D + 0.6 \times N_E + 0.9 \times N_F + 3 \times N_G + 10 \times N_{G'}}{N_A + N_B + N_C + N_D + N_E + N_F + N_G + N_{G'}} \dots (1)$$

$N_A \sim N_{G'}$: 評価点A~G'の個数(漏水箇所は除く)

また、調査を行った鋼橋の中には調査後撤去されたもの、および撤去予定であったものがあり、これらについては上記のXが1より大きくなっていたため、Xが1に達すると鋼橋は寿命に至るものとした²⁾。

3. 余寿命評価 ①鋼橋の腐食劣化のモデル化 鋼橋の腐食劣化の過程を、まず塗膜が劣化し、塗膜が寿命に至ると鋼材の腐食が始まるものとした。そして、環境因子を用いて塗膜寿命および鋼材腐食量を推定するモデル式を作成し、鋼橋の各部位の腐食量を推定した(塗膜寿命については気温、海塩粒子量の2つ、鋼材腐食量については気温、湿度、降水量、 SO_2 濃度、海塩粒子量の5つを用いた)²⁾。ここで、鋼材腐食のモデル化の際には、その過程を全面腐食→孔食とし全面腐食がある程度まで進行すると孔食が発生し、進行速度は4倍になるものとした²⁾。

②余寿命評価 式(1)で示されるXを環境因子を用いて以下のように推定した。

$X = \Sigma(\text{モデルより推定した各部位の腐食量})/\text{部位数} \dots (2)$
 以後、式(1)によるXを X_0 、式(2)によるXを X_c とする。調査を行った鋼橋について X_c と X_0 を地域ごとに比較したところ、地域によって両者の一致の程度に違いがみられたため、地域ごとに補正係数($\alpha = X_0/X_c$)を定めた(表-1)。そして、 X_c および α を用いて、調査鋼橋についてXが1に達するまでの年数を推定し、余寿命とした²⁾(図-1)。

ここで、 α は評価精度を表しているが、表-1に示すように、 α が1から大きく離れている地域(例えばCityB: 海岸

表-1 目視調査地域における補正係数(α)

調査地域	補正係数(α)
City A : 田園環境	1.310
City B : 海岸環境	0.527
City B : 市街環境	0.904
City C : 田園環境	0.757
City F : 山間環境	0.866
City I : 海岸環境	0.833

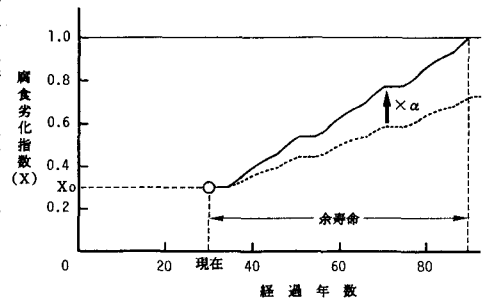


図-1 余寿命の概念図

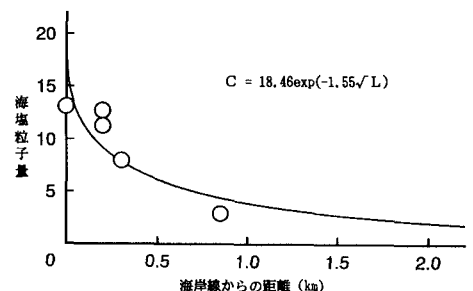


図-2 海岸線からの距離と海塩粒子量
 (City B : 海岸環境)
 C : 海塩粒子量 ($10^{-4} \text{g/cm}^2/\text{年}$)
 L : 海岸線からの距離 (km)

環境)もあった。そこで、精度の向上を図るために以下のような考察を行った。

4. 余寿命評価の精度に影響を及ぼす要因 ①海塩粒子量の評価 環境因子を用いる際には地域ごとに同一の環境因子を用いているが、海塩粒子量については特に海岸地域において海岸線からの距離によって大きく変化することが知られている。そこで、CityB：海岸環境について、建設省土木研究所が提案している、以下に示す海岸地域における海塩粒子量の推定式³⁾(図-2)

$$C = C_0 \exp(-1.55\sqrt{L}) \dots (3)$$

C：海塩粒子量 L：海岸線からの距離(km) C_0 ：定数を用いて海塩粒子量の補正を試みた。その際、CityB：海岸環境における調査橋梁を海岸線から1kmの線で二分し、それぞれについて海塩粒子量を推定した。そして、式(2)によって X_c を推定し X_0 と比較した結果、両者はかなり一致するようになった(図-3, 4)。

②塗替直後における塗膜の影響 本研究で行った目視調査は鋼材腐食につい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鋼材の腐食程度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、 α が小さくなるために X を実際よりも小さく推定してしまうことになる。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鋼橋のデータを除いて X_c と X_0 を比較し、 α を算出した(表-2)。

5. 余寿命評価の例 表-3はCityB：海岸環境における調査橋梁について行った余寿命評価の例を示すものである。ここで、各橋梁は調査直後に塗替を行うものとし以後一定の周期で塗替を行うものとした²⁾。余寿命というものを具体的な数値で表すことは鋼橋の維持管理の効率化を図る上で有益であると考えられる。

6. まとめ 本研究では、これまでに行ってきた腐食劣化評価および余寿命評価の精度を向上させるために、海塩粒子量の評価および塗替直後における塗膜の影響について検討を加えた。その結果、評価精度を表す α の値は0.780~1.415の範囲におさまった。

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

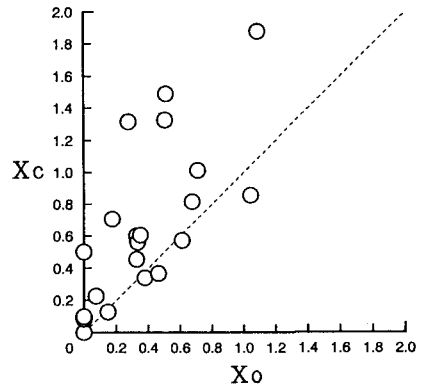


図-3 X_c と X_0 の比較(CityB：海岸環境)
(海塩粒子量補正前)

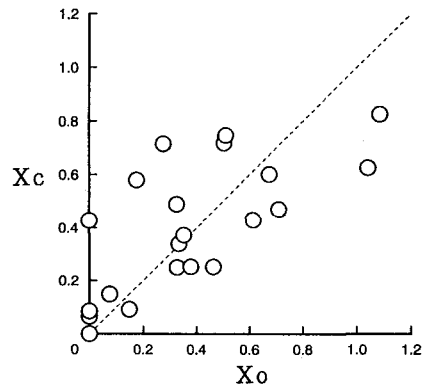


図-4 X_c と X_0 の比較(CityB：海岸環境)
(海塩粒子量補正後)

表-2 目視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)

調査地域	補正係数(α)
CityA：田園環境	1.415
CityB：海岸環境	0.961
CityB：市街環境	0.909
CityC：田園環境	0.780
CityF：山間環境	1.242
CityI：海岸環境	1.112

表-3 余寿命推定値(CityB：海岸環境)

No	塗装系	経過年数	X_0	余寿命(年)
1	塩化ゴム系	50.8	0.276	62
2	フタル酸系	25.4	0.333	52
3	フタル酸系	15.9	0.378	49
4	塩化ゴム系	12.2	0.075	79
5	フタル酸系	26.5	0.326	36
6	フタル酸系	30.4	0.710	24
7	塩化ゴム系	25.4	0.351	57

目視調査直後に塗替を行うものとする
塗替周期：フタル酸系18年、塩化ゴム系17年