

I-350 評価点法を用いた橋梁の腐食劣化に関する研究

京都大学大学院 学生員 岡村 敬

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

京都大学大学院 学生員 Somkiat Rungthongbaisuree

九州旅客鉄道㈱ 正 員 島野英明

1. まえがき 本研究は維持管理面から橋梁の各部材の腐食劣化特性を把握するために既存橋梁の調査を行い、それらの腐食劣化の評価を試みたものである。まず橋梁の腐食を塗膜劣化と鋼材腐食に分けて各々について目視調査を行った。後者についてはさらに既存橋梁の腐食箇所の板厚測定調査を実施し、その結果と目視による腐食評価点を比較することにより目視調査による腐食の定量化を行った。最後にこれらの結果を用いて橋梁の腐食劣化の評価方法の作成を試みた。

2. 調査方法 今回の調査はプレート桁橋を中心に橋梁を桁端部、桁中央部に分けた上で外桁、内桁別の支承部、上フランジ下面、ウェブ、下フランジ上面および下面、伸縮継手の計26の部位の特に劣化の激しい箇所（約20cm×20cm四方）に対して以下のような目視による評価基準を用いて行った。

(1) 塗膜劣化(旧国鉄¹⁾及び関西電力²⁾の基準を参考)

4・・・塗膜の欠損面積が0.03%未満の場合

3・・・塗膜の欠損面積が0.03%以上0.3%未満の場合

2・・・塗膜の欠損面積が0.3%以上5%未満の場合

1・・・塗膜の欠損面積が5%以上の場合

*欠損：錆、われ、ふくれ、はがれなど。

(2) 鋼材腐食

A・・・錆無し。もしくは発錆面積が0.5%未満の場合

B・・・発錆面積が0.5%以上10%未満の場合

C・・・発錆面積が10%以上50%未満の場合

D・・・発錆面積が50%以上90%未満の場合

E・・・ほぼ全面に均一に錆が発生している場合

但し、A～Eは孔食が認められない場合とする。

F・・・孔食が少し発生している場合

G・・・孔食がかなり発生している場合

G'・・・かなり激しく孔食が発生している場合（孔食深さが板厚の1/2以上）

以上のような調査基準を用いて田園環境3地域（市街環境を含む）及び海岸環境1地域（海岸線から2km以内の地域）に属する道路橋152橋、鉄道橋33橋に対して調査を行った。

3. 調査結果および解析 第一に目視調査の塗膜劣化のデータを用いて塗膜寿命の推定を試みた。まず塗膜劣化の調査データのうち、漏水部及び鋼材腐食の評価点E～G'に相当するデータを除いた。前者の理由は漏水の発生時期が明らかでないためであり、後者の理由は評価点1のデータのうち鋼材腐食の評価点E～G'に相当するものは殆ど部材表面に塗膜は残っており、それらのデータは塗膜寿命の推定の際、その寿命を実際より長く見積り、その結果計算上の総合評価を延ばす恐れがあるためである。次に、塗り替え直後の評価点が4であり、評価点のばらつき（ σ ）が経過年数に比例すると考えた直線回帰式（ μ ）を求めた。さらに、 $\mu - 3\sigma$ を各部材の最小評価点と考え、その直線から評価点2における経過年数を算出し、その年数を各部材の塗膜寿命とした（図-1参照）。こうして推定された塗膜寿命の範囲を塗装別、環境別、部材別に表-1

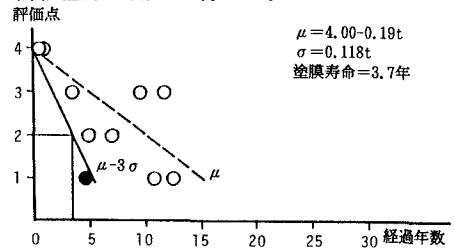


図-1 塗膜劣化評価点と塗り替え後の経過年数との関係
(田園環境C：塩化ゴム系塗装：外桁支承部)
(●：漏水箇所のデータ)

表-1 推定された塗膜寿命の範囲（単位：年）

橋梁部位	フタル酸系塗装		塩化ゴム系塗装	
	海岸	田園	海岸	田園
支 承 部	(7～9)	2～5	2～7	4～5
上フランジ下面	5～7	5～7	5～8	6～10
ウ ェ ブ	5～7	5～9	5～8	6～9
下フランジ上面	—	5～8	—	—
下フランジ下面	4～6	4～6	5～6	5～6

注) データ不足により伸縮継手の値を除く

に示す。この結果塗装別にはフタル酸系、塩化ゴム系に順に、環境別には海岸、田園の順に、部位別には特に支承部と下フランジ下面において塗膜が劣化しやすいことが明らかになった。第二に鋼材腐食のデータより経過年数に対する鋼材腐食量の推定を試みた。まず調査データを文献3と板厚測定調査より求められた各評価点に対応する腐食量を用いて定量化した。そして堀川ら⁴⁾が提案した鋼材腐食量の長期予測に有効な指数関数モデル ($Y=At^B \exp(C/t)$ Y :腐食量、 t :経過年数) のパラメータ(A, B, C)を最小自乗法により求め、塗り替え後の経過年数に対する平均腐食量 (μ) の推定曲線を求めた。さらに $\mu + 3\sigma$ を最大腐食量と考え同様にこの曲線を求めた。次に、評価点のうちB~G' の場合は塗り替え時のケレンの状態によってはその腐食量を過大に評価をする恐れがある。そこでそれらのデータの経過年推の起点を架設後にとった場合を考え、同様に平均、最大腐食量の推定曲線を求めた(図-2参照)。前者の平均腐食量の推定曲線から算出した30年後の腐食量から各部材の腐食量比率を求めた一例を図-3に示す。この結果から腐食しやすい部位として支承部、下フランジ下面及び伸縮継手部が挙げられる。

4. 橋梁の腐食劣化の評価方法 3.の結果を用いて橋梁全体レベルの診断方法の作成を試みた。第一に橋梁全体の腐食劣化評価方法として漏水部を除いた各部位の鋼材腐食の評価点を各ランク別(A~G')にその個数を数えて以下の式で計算した評価(X)を用いた。

$$\text{評価}(X) = \frac{0XA + 0.1XB + 0.23XC + 0.4XD + 0.6XE + 0.9XF + 3XG + 10XG'}{A+B+C+D+E+F+G+G'}$$

これは橋梁全体の平均腐食量を表しているがこの方法を用いて調査橋梁のランキングを行うとその結果は実橋調査中に受けた劣化の印象の順位とよく対応しておりこの方法によりかなり正確に腐食劣化を相対的に評価できるものと考えられる。第二に橋梁の特に腐食の著しい箇所の劣化評価方法として漏水部を含む各部位の鋼材腐食の評価点F~G'の個数を各々数えて以下の式より計算された評価(Y)を用いた。

$$\text{評価}(Y) = 1 \times F + 3 \times G + 10 \times G'$$

評価点F~G'の評価点で示される部位には孔食によって応力集中が発生し橋梁の耐久性が低下する。従ってこの評価法によって高い評価点で示される橋梁は何らかの対策をとる必要があると考えられる。今回調査した橋梁での両者の評価法の結果の一例を表-2に示す。この結果、評価(X)の高い橋梁は一般に評価(Y)も高いが、調査橋梁のうち数橋においては逆に評価(Y)が高くても評価(X)があまり高くはないことがわかった。後者は漏水等の影響で橋梁の一部が著しく腐食しているためと考えられる。

参考文献 1) 佐藤靖、橋本達知；鉄桁の防錆状態の調査結果および保守対策、鉄道技術研究報告 No. 392, 1974. 2

2) 関西電力株式会社 水門鉄管塗装管理基準 1984. 8

3) 伊藤毅；鋼構造物腐食の現状の把握と寿命予測手法としての極値統計、第41回腐食防食シンポジウム資料, 1976

4) 堀川一男、滝口周一郎、石津善雄、金指元計：各種金属材料及び防錆被膜の大気腐食に関する研究（第5報），防食技術16, 1967, pp153-158

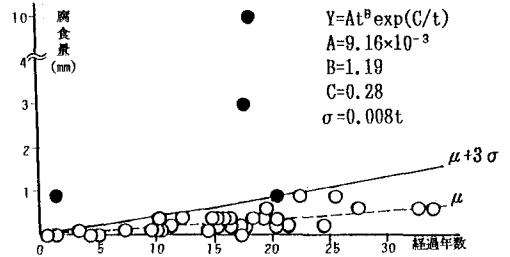


図-2 鋼材腐食量と経過年数との関係（道路橋）
（田園環境B：外桁中央部下フランジ下面）
（●：漏水箇所のデータ）

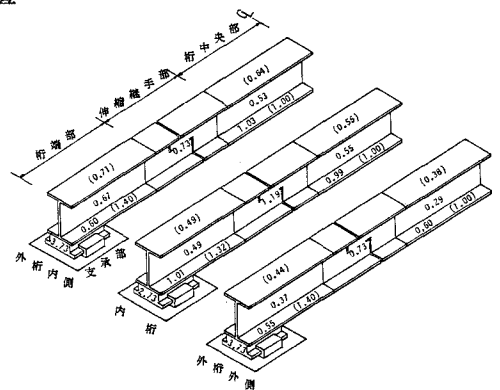


図-3 各部材の腐食量比率（道路橋：田園環境B）
（外桁中央部下フランジ下面を1とする。）
（ ）内は図において部材下面の値を示す。

表-2 橋梁劣化評価ランキング
（調査橋梁計185橋を対象）

順位 (X)	評価(X)	評価(Y)	順位 (Y)
1	1.146	102	1
2	1.088	29	11
3	1.042	52	8
...	...	...	...
50	0.273	3	54
83	0.142	80	3
...	...	...	...
153	0.000	0	83