

鋼橋の腐食に関する研究

The study of corrosion problems of the steel bridges

松本 勝*, 白石成人**, ソムキヤット ルンソングバイスリー***, 岡村 敬****

By Masaru MATSUMOTO, Naruhito SHIRAISHI, Somkiat RUNGTHONGBAISUREE and Takashi OKAMURA

The aim of this paper is to clarify the corrosion deterioration characteristics of a structural steel bridge.

First of all, qualitative data of corrosion deterioration of bridge members are measured from existing bridges. This qualitative data is converted to quantitative data of corrosion depth, and the relationship between corrosion depth and exposure time is determined by the statistical analysis. After that the effect of corrosion deterioration on the strength of bridge members is determined by means of stress ratio.

The causes of severely corroded parts of a bridge which are observed during surveying will be discussed here. Anti-corrosive methods for these corroded parts of a bridge will be suggested.

1. はじめに

本研究の目的は、鋼橋における腐食の劣化特性を明らかにすることである。一般に、橋梁の腐食は塗膜が劣化し、寿命に達したのち発生し、その腐食量は鋼材暴露試験や塗膜の寿命を基にして予測することができる。しかし、腐食の劣化特性は橋梁の各部位によって異なり、各々の部位について腐食量を予測することは困難である。そこで橋梁の各部位の腐食劣化特性を明らかにするため実橋の調査を行った。

図-1に本研究のフローチャートを示す。図からわかるように本研究には2つの流れがある。まず第一に、調査から得られた評価点法による腐食の定

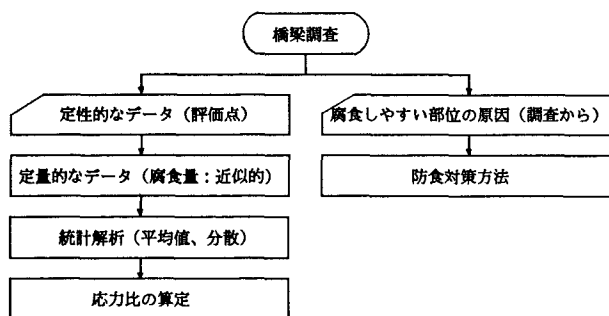


図-1 本研究のフローチャート

- * 工博 京都大学助教授 工学部土木工学教室 (〒606 京都市左京区吉田本町)
 ** 工博 京都大学教授 工学部土木工学教室 (〒606 京都市左京区吉田本町)
 *** 工修 京都大学大学院 (〒606 京都市左京区吉田本町)
 **** 京都大学大学院 (〒606 京都市左京区吉田本町)

性的なデータを定量的なデータ（腐食量）に変換し、統計解析を行って腐食量と暴露期間（塗替後の経過年数）の関係を求め、その結果から応力比を求めて橋梁の強度を評価する。第二には調査からわかった橋梁の腐食しやすい部位についてその原因と対策について考えてみることである。

2. 調査方法

今回の調査では橋梁を26の部位に分割し、各々について塗膜の劣化については4段階（4～1）、鋼材の腐食に対しては8段階（A～G'）の評価点を用いて調査を行った。なお、塗膜劣化および鋼材腐食の評価基準を次に示す。

評価点法の基準

(1) 塗膜劣化

- 4・・・異常なし。もしくは塗膜の欠損面積が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、はがれ等が原因であるものを対象とする。

(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・・・発錆面積が90%以上もしくは全面に均一に腐食している場合
- 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）

3. 調査結果

以上のような調査基準を用いて田園環境（市街環境も含む）に属する42の橋梁（プレートガーダー

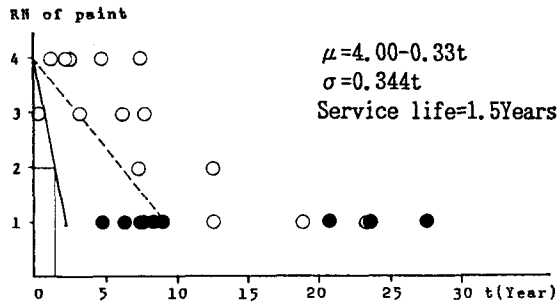


表-1 塗膜の推定寿命（田園環境）（単位 yr）
（フタル酸系）

近環境		外 桁		内 桁	
支 承 部		1.5		5.1	
主 桁 部	外 側				
		6.7	7.2	6.2	6.2
		8.1	8.1	6.3	6.3
		7.6	5.6	5.3	5.3
		5.6		5.3	

市街環境		外 桁		内 桁	
主 桁 部	外 側				
		7.1	7.5	6.9	6.9
		8.9	7.3	6.8	6.8
		10.3	7.3	13.5	13.5
		4.8		5.1	

注）鋼水箇所および鋼材腐食の評価点E～G'に属するデータを除く。
- はデータ不足による解析不可の場合を示す

橋を中心に) に対して実際に調査を行った。塗装系はほとんどがフタル酸系であった。これらの調査によって得られたデータを用いて塗膜の寿命および経過年数に対する鋼材の腐食量の推定を試みた。

(1) 塗膜寿命の推定

塗膜の劣化と塗替後の経過年数との関係の調査結果の一例を図-2に示す。縦軸に評価点を横軸には塗替後の経過年数をとる。また図中●印は漏水箇所(床版内部への水の浸透や伸縮継手部からの水漏れ)の値である。次に、塗膜劣化の調査データのうち漏水箇所及び鋼材腐食の評価点E~G'に相当するデータを除いて塗膜寿命の推定を試みた。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、その寿命を計算上延ばす恐れがあると考えられるためである。そして残りのデータを用いて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(図中点線)、さらにμ-3σを各部材の最小評価点と考えてその直線(図中実線)から評価点2における経過年数を塗膜寿命と考え、各部材の塗膜寿命を求めた。この結果を表-1に示す。この表から塗膜劣化の著しい部位は支承部であることがわかった。特に、外桁の支承部の塗膜劣化は著しく2年弱程度で寿命に達することがわかった。この予測した寿命は少々短すぎると思われ今後検討を要する。

(2) 経過年数に対する鋼材腐食量の推定

鋼材の腐食と塗替後の経過年数との関係の調査結果の一例を図-3及び図-4に示す。図-3では左軸に評価点を横軸には塗替後の経過年数をとる。右軸には各評価点に対応する腐食量の値である。この値は文献1)より全面腐食から局部腐食に移行するときの腐食量が約0.7mmであることから評価点Eと評価点Fの間に0.7mmをとってAからFまで腐食量の増分が徐々に大きくなるような値を仮定した。Gについてはこの状態が板厚の1/3ぐらい腐食していること、また調査した橋梁の板厚が約10mmであることから腐食量を3mmと仮定した。同様にG'については板厚が殆どない状態なので10mmと仮定した。このように仮定した右軸を左軸にとって図-3を書き直したのが図-4である。

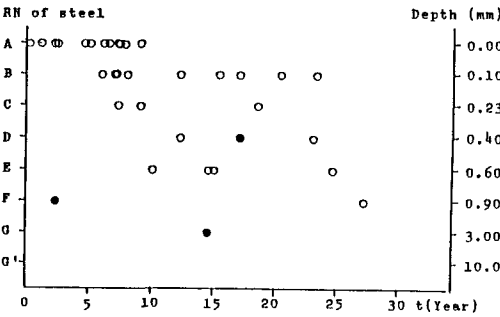


図-3 鋼材腐食(評価点)と経過年数との関係
(田園環境: 内桁中央部下フランジ下面)

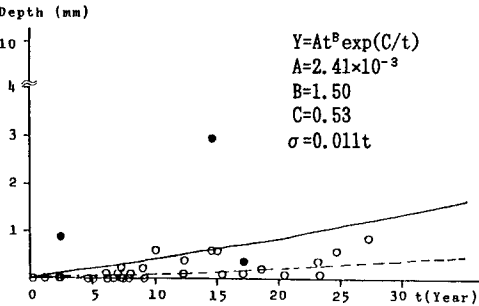
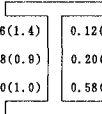
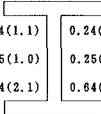
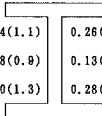
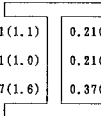


図-4 鋼材腐食量と経過年数との関係
(田園環境: 内桁中央部下フランジ下面)

表-2 塗替後30年の推定腐食量(田園環境)(単位mm)

桁端部		外 桁		内 桁	
支 承 部		1.58(8.7)		1.59(7.6)	
主 桁 部					
	外	0.36(1.4)	0.12(0.9)	0.24(1.1)	0.24(1.1)
	内	0.18(0.9)	0.20(0.9)	0.25(1.0)	0.25(1.0)
	側	0.20(1.0)	0.58(1.8)	0.64(2.1)	0.64(2.1)
		0.47(1.6)		0.41(1.6)	

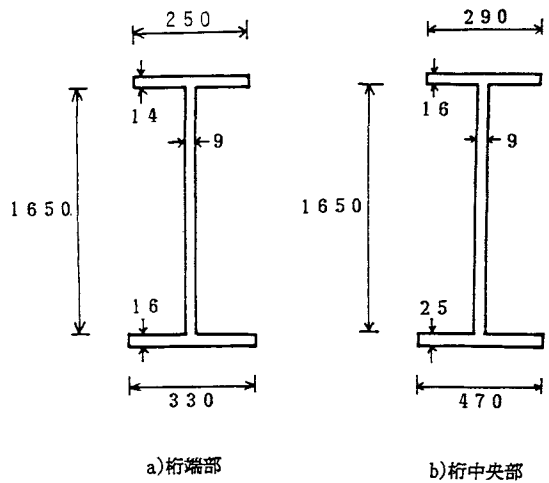
桁中央部		外 桁		内 桁		
主 桁 部						
外	0.24(1.1)	0.26(1.1)	0.21(1.1)	0.21(1.1)		
内	0.18(0.9)	0.13(0.8)	0.21(1.0)	0.21(1.0)		
側	0.20(1.3)	0.28(1.4)	0.37(1.6)	0.37(1.6)		
		0.43(1.4)		0.40(1.4)		
伸縮継手		1.00(-)		1.00(-)		

注) ()内は最大腐食量(μ+3σ)
- はデータ不足による解析不可の場合を示す

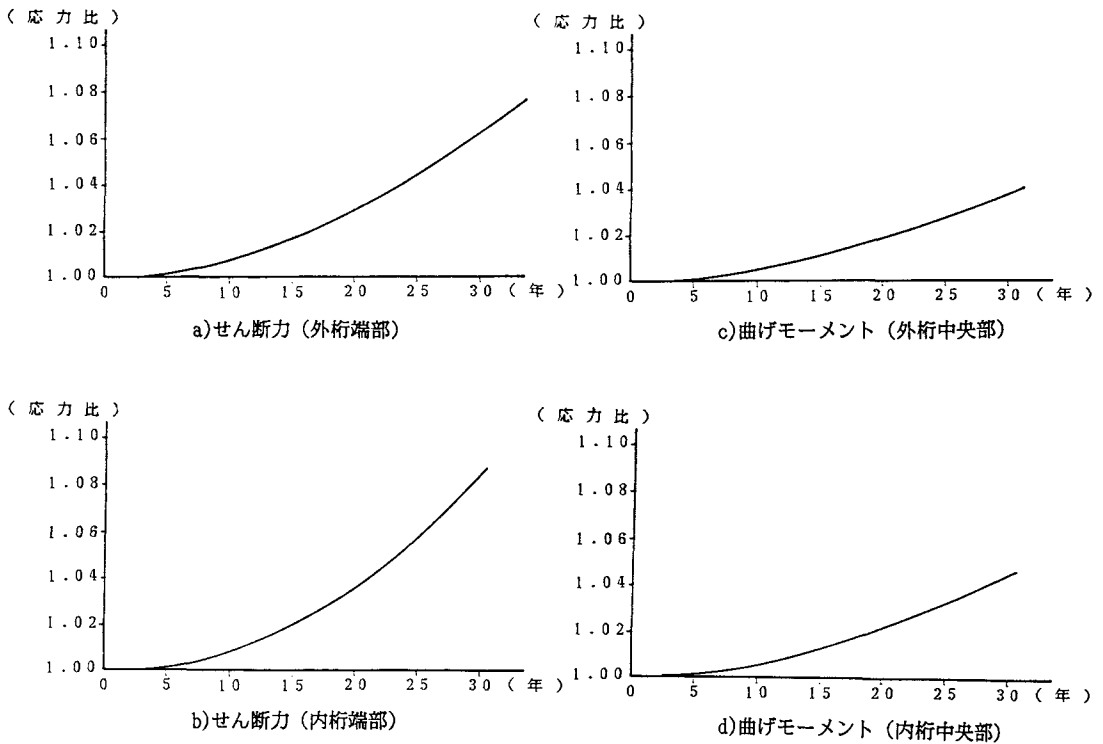
この図において点線で示される曲線は堀川ら²⁾が提案した鋼材腐食量の長期予測に有効な指数関数モデル ($Y=At^B \exp(C/t)$ Y:腐食量、t:経過年数) である。そしてこのモデルのパラメータ (A,B,C) を漏水箇所 (図中●) を除いたデータを用いて最小自乗法により求めた。さらにこの曲線に3σを加えた最大腐食量を実線で示す。そしてこれらの曲線から橋梁の各部位の塗替後30年の腐食量を求めた。この結果を表一2に示す。この表より明らかに支承部が腐食しやすいことがわかった。

4. 応力比の算定

橋梁の強度に対する腐食の影響をここでは応力比を用いて評価すること試みた。3で求めた腐食量を用いて図一5に示す断面を仮定して桁



図一5 応力算定に用いる桁の断面図



図一6 応力比と経過年数との関係 (田園環境)

端部はせん断力、桁中央部には曲げモーメントを用いて経過年数に対する応力比を算定した。この結果を図－6a)～6d)に示す。この図より桁端部、中央部とも内桁の方が外桁より応力比が増加し30年経過後にはせん断力は約9%、曲げモーメントは約5%増加することがわかる。

5. 腐食しやすい部位とその対策

今回の調査の結果、腐食しやすい部位は漏水箇所、支承部、排水口の周り等の多湿な箇所であることがわかった。以下、各々の箇所について述べる。

1) 漏水箇所

水は腐食のメカニズムを考える上で重要な要素の一つであり、湿気の多い箇所は腐食の進行が速い。まして床版を通して水が流れると通過の際にアルカリ塩を多く含みより鋼材の腐食を促進する。また漏水は桁端部においては上フランジからウェブ、下フランジを通じて支承部にまで腐食を促進する。従って漏水に対する対策としては、床版に水の浸透を許さない防水設備を施すことが必要である。また、舗装にクラックが生じている場合はすぐに修理を施さなければならない。

2) 支承部

ほとんどの支承部、特に外桁の支承部には水が流れてくる経路として2つが考えられる。一つは漏水(1)の場合でありもう一つは橋のたもとから泥やゴミと共に蓄積し、その部分が長期間湿った状態になる場合である。後者に対する対策としては橋のたもとに水を外へ放出する排水設備を設けることが必要である。またはこまめに清掃を行って泥やゴミを取り除くか、この部分に重防食塗装を施す必要がある。

3) 排水口の周囲

床版の排水パイプが短かったり腐食の影響で途中から切断されたために排水口が不適当な位置にあると排水口からの水しぶきは、その周囲の鋼材の腐食に対して深刻な問題を与える。この問題に対する対策としては、排水パイプをプラスチックのような非腐食性の材質で作り、なおかつ排水口を下フランジより下に設ける必要がある。

4) 伸縮継手

伸縮継手には床版の継目から流れてくるアルカリ性の水の問題がある。この問題の対策として床版からの水の侵入を防ぐ為に床版の継目に不透水性の目地を施す必要がある。

6. 結 論

鋼橋の腐食の劣化特性について本研究では次のことがわかった。

①橋梁の腐食劣化特性はその部位によって異なること。各部位によって比較した結果を図－7に示す。

②橋梁の腐食しやすい部位は湿気の多い箇所、すなわち漏水箇所や支承部、排水口の周囲などである。これらの防食対策としては床版からの水の侵入防止、伸縮継手の排水の処理、路面排水管の処理等のことが重要である。

今後の課題としてはさらにデータを集めて研究結果を改善する一方で環境因子と関連をより一層明らかにすることを考えています。

図一 7 各部材の腐食状況

腐食しやすい部位		
内 桁	桁 端 部	支承部 下フランジ (伸縮継手) 上フランジ
外 桁	桁中央部	ウェブ
腐食しにくい部位		

参考文献

1) 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
2) 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

(1989年10月2日受付)