

腐食損傷部材の腐食形状と残存板厚の計測

(株)建設技術研究所 正会員 ○塚田 祥久
 首都大学東京 正会員 山沢 哲也
 首都大学東京 正会員 野上 邦榮
 法政大学 正会員 森 猛

1. 背景と目的

近年、社会資本である土木構造物の蓄積は膨大になり、また戦後の高度成長期に建設された構造物の多くが、建設後 30～40 年経過し、その経年劣化が進んでいる。これまでの腐食に関する調査によって腐食場所、腐食の進行程度など基礎的な資料は蓄積されているが、その腐食形状を厳密に把握し、腐食量を定性的にも定量的にも評価しているとは言い難い状況である。

そこで本研究では、架設供用後 40 年を経過した実橋梁を対象とし、本研究室が新たに開発した腐食形状の計測装置（表面粗さ自動計測機）を用いて、腐食環境下におかれた鋼部材について腐食形状を計測し、腐食状況を調査した。

2. 供試体

対象橋梁は、5 径間の連続トラス橋部(407.4m)と両側の鈑桁部)とからなる橋長 1203m の長大橋である。設置環境は、利根川の最下流(河口部)に位置していることから、常時海岸風が強く、塩害などの影響により腐食環境が厳しい。架け替えにより撤去された部材は、溶接 I 型断面(外法高さ 200×フランジ幅 180×板厚 9mm)有する全長 6m の部材である。実験を行うにあたり、それらを全長 2.4m に切断した。

5 体の供試体を表 1 のように、塗装上からの目視で腐食の程度によって、塗装上からでもフランジに波状の腐食がみられる A ランクから、中庸の腐食が認められる B ランク、ほとんど腐食が見られない C ランクの 3 段階に分類した。A ランク部材の 1 体(A51sd)は横支材、その他の 4 体は上横構である。なお、表中の部材の「数字」は格点番号を、「u」、「d」は各々上流側および下流側を意味する。

表 1 腐食供試体分類

腐食程度		供試体名	
Aランク	著しい腐食	A5051d	A51sd
Bランク	中庸の腐食	B5354d	B5554d
Cランク	ほとんど腐食なし	C1516u	

3. 表面粗さ自動計測機

はじめに、ケレンおよびブラスト処理の塗装剥離を行った上で、各腐食部材の腐食形状・残存板厚特性を写真 1 のような表面粗さ自動計測機によって計測した。この表面粗さ自動計測機は、1000mm(X)×1000mm(Y)×30mm(Z)の立体空間の表面形状を分解能 3mm のレーザー変位計により計測可能である。諸元は、表 2 に示す通りである。本研究では、供試体の長さが 2400mm のため、写真 1 表面粗さ計測機 800mm ずつ 3 分割して、1mm 間隔で計測を行った。



表 2 計測装置の諸元

計測範囲(X)	:1000mm
計測範囲(Y)	:1000mm
奥行方向ストローク	:30mm
リニアスケール読み	:10 μm
レーザー変位計	:LK-080
基準距離	:80mm
測定範囲	:15mm
分解能	:3 μm
計測速度(1mm間隔)	:200data/min
台枠	:鋼製
動作電源	:AC100V
移動装置および固定装置付き	

レーザー変位計は、所要の計測範囲外となると、測定範囲外の旨の電流値をとる。断面欠損部分については、この異常値部分を用いて評価した。フランジの残存板厚については、ポイントマイクロメータによる板厚の計測も行った¹⁾。

4. 計測結果

図 1 に A5051d 部材の中央部 800mm 区間の下フランジの表面形状計測を行った結果を示す。この計測結果の腐食量は、健全部表面を基準とした表面深さを示している。ここでは、紙面の都合上 A5051d 部材の結果のみを

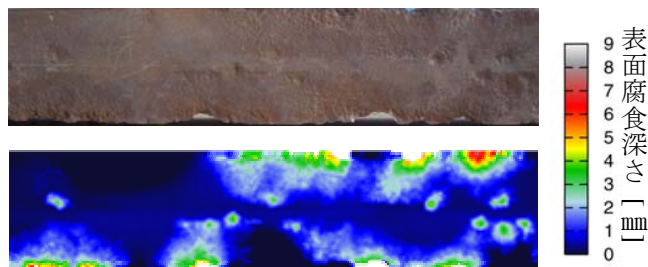


図1 表面形状と表面深さ

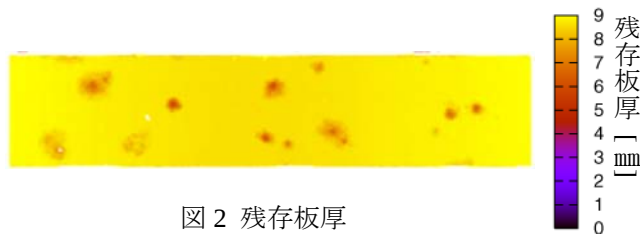


図2 残存板厚

表3 供試体の残存板厚計測結果

供試体	t 残存板厚		$t_a = \Sigma t/n$	s	$t_e = t_a - \beta s$	$t_0 - t_a$	$(t_0 - t_a)/\text{year}$	$R_t = (t_0 - t_a)/t_0$
	最大	最小	平均残存板厚	標準偏差	有効板厚	平均腐食量	平均腐食速度	平均腐食率
A5051d	9.299	-	6.216	1.431	3.354	3.193	0.074	0.339
A51sd	9.399	-	6.806	1.677	3.452	2.603	0.061	0.277
B5453d	9.334	-	8.225	1.208	5.809	1.184	0.028	0.126
B5554d	9.409	3.106	8.165	1.032	6.101	1.244	0.029	0.132
C1516u	9.373	1.229	8.886	0.546	7.794	0.523	0.012	0.056

示す。上下流ともフランジ緑端部に、板厚欠損を含む凹凸の激しい波状の局部腐食がみられる。フランジ中央部にも 3mm 程度の局部腐食がみられる。この区間の平均表面腐食深さは 1.537mm、標準偏差は 1.760mm である。図2は、A5051d 部材の中央部 800mm 区間のウェブの残存板厚を図化したものである。この区間の最小残存板厚は 5.373mm、平均残存板厚は 8.714mm、標準偏差は 0.263mm となる。

表3に全供試体の計測結果をまとめる。最小残存板厚が記載されていない部材は、板厚欠損のある部材である。平均残存板厚(t_a)は、上下フランジ、ウェブの平均腐食量が異なることより面積によって重み付けをした指標として、式(1)のように定義して算出した。本研究では、計測結果をまとめるにあたり、平均残存板厚をもとにした、式(2)で定義する有効板厚(t_e)を用いる。補正係数には、腐食で一般的に用いられている $\beta=2.0$ を採用した。平均腐食量は、健全時板厚(t_0) - 平均残存板厚(t_a)である。 t_0 は、全供試体の上下フランジをポイントマイクロメータで計測した結果の最大値 9.409mm を用いる。平均腐食速度は、平均腐食量を経過年数[year]=供試体採取年(2004)-架橋年(1961)=43年で除したものである。平均腐食率は平均腐食量($t_0 - t_a$)を健全時板厚(t_0)で除したものである。平均腐食量が 3.193mm と最大である A5051d 部材は、平均腐食速度は 0.074[mm/year]、平均腐食率は 0.339 となる。

$$t_a = \frac{A_{\text{フランジ}} t_{a-\text{上フランジ}} + A_{\text{フランジ}} t_{a-\text{下フランジ}} + A_{\text{ウェブ}} t_{a-\text{ウェブ}}}{2A_{\text{フランジ}} + A_{\text{ウェブ}}} \quad \dots(1)$$

$$t_e = t_a - \beta s \quad \dots(2)$$

5. 標準偏差と平均残存板厚

図3は、横軸に平均残存板厚 t_a を、縦軸に標準偏差 s をとったものである。A ランク部材は、健全時の板厚と比較し平均残存板厚が 3mm 程度減厚しており、標準偏差は 1.5mm 程度である。B ランク部材は、健全時の板厚と比較し平均残存板厚が 1.3mm 程度減厚しており、標準偏差は 1.1mm 程度である。C ランク材は平均で 0.5mm 程度の減厚であり、標準偏差も 0.5mm 程度と低い値を示している。全プロットの近似曲線は

$$s = -0.3318 t_a + 3.7198 \quad \dots(3)$$

と線形関係になり、腐食が激しいほど、減厚し腐食量のバラツキも大きくなる結果となる。

参考文献

1) 塚田祥久・佐々木信智・山沢哲也・野上邦栄：表面粗さ計測機による腐食形状の計測に関する一考察，土木学会年次学術講演会，第59回，I-126, 2004.9

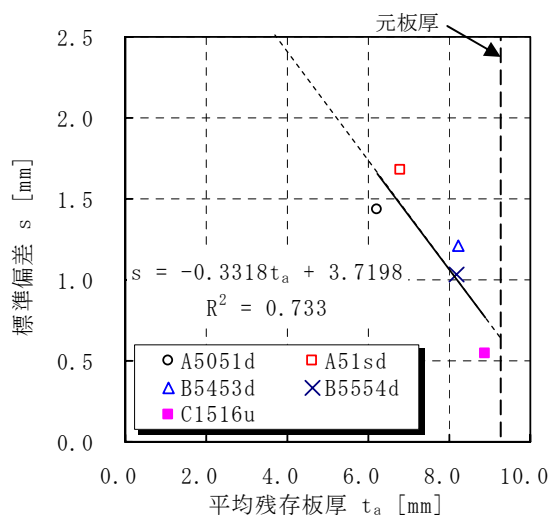


図3 標準偏差と平均残存板厚の関係