

腐食促進試験による鋼材の表面形状の計測と耐力低下について

広島大学大学院 学生会員 ○豊田努
広島大学 正会員 藤井堅

1. はじめに

近年、橋梁の実態調査から維持管理の不備による腐食、あるいは交通量の増加に伴う疲労などの損傷が現れはじめ、鋼構造物の維持管理に対する意識が高まっている。鋼構造物に腐食が確認されると、その後の適切な対処のために腐食鋼材の耐力の正確な評価・判断基準の確立が必要となる。そのためには実務レベルで適用可能な板厚測定技術を開発し、残存耐力を正確に評価するための指標を把握し、これらの評価指標から残存強度を推定する事が要求される。本研究では T 型柱の浴槽型ばっ気腐食促進試験を行い、腐食鋼材の表面形状の計測をレプリカによるレーザー変位計を用いた手法と写真測量の 2 通りで行う。その後座屈試験を行い、残存耐力推定法における評価指標について検討する。

2. 腐食促進試験

腐食促進試験の目的は、腐食速度の把握ではなく実際の表面形状を再現することであるから、孔食や全面腐食を実際の状態に近づけることに気を配った。腐食促進試験は、浴槽型ばっ気試験法で写真 1 に示するような浴槽中に供試体を浸し塩分濃度 3% の食塩水を水温 55℃ に保った。またコンプレッサーにより下方から酸素の供給を行った。

3. 腐食鋼材の板厚の測定方法と結果

腐食鋼材の板厚測定にはレーザー変位計によるレプリカ法と写真測量の 2 つの方法を用いた。レプリカ法の利点は表面形状を精度よく測定できる事であるが、現場での測定が困難である。一方、写真測量は現場での作業が撮影だけでよく、現場作業が極めて簡便であると考えられる。レーザー変位計によるレプリカ法は 1.25mm の格子間隔で表面形状を 1/10,000mm の精度で測定可能である。測定の際には、鋼材全表面を石膏により 29 枚のレプリカに分割して計測した。写真測量は地表面に与えた 2 つの点を中心に空間座標系を発生させ、腐食試験体フランジ両面それぞれ 6 個の基準点の座標値を与える。次にフランジのウェブのついてない側を XY 平面とし、この座標系でのフランジ両面の基準点の座標値をもとに腐食鋼材表面の Z 座標値を与え、求めた両面の Z 座標値の差から板厚を測定した。表 1 に板厚測定結果を示し、図 1 に表面形状の等高線図を示す。

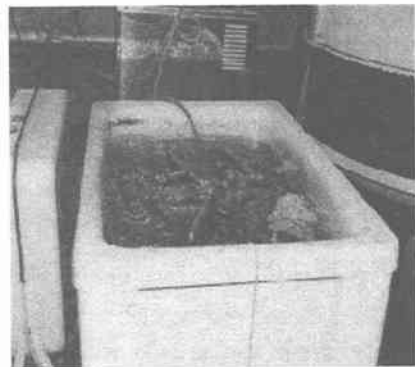


写真 1 腐食促進試験装置

表 1 板厚測定結果

	レーザー変位計測定結果				写真測量測定結果		
	フランジ 左	フランジ 右	フランジ 全体	ウェブ	フランジ 左	フランジ 右	フランジ 全体
最大板厚 t_{max}	12	12	12	9	16.09	15.18	16.09
最小板厚 t_{min}	9.46	8.89	8.89	6.75	9.3	8.14	8.14
平均板厚 t_{avg}	11.44	11.54	11.54	8.68	12.01	11.5	11.74
標準偏差 σ_t	0.42	0.44	0.44	0.39	1.08	1.22	1.17

単位 mm

表 1 から、写真測量の最大板厚は腐食前より大きくなっており、大きな誤差を含んでいる。図 1 に示すように両結果ともに鋼材表面形状の特徴はとらえているが、写真測量結果はレーザー変位計結果に比べて十分な精度が得られていない。写真測量は、今後更に改善する必要がある。

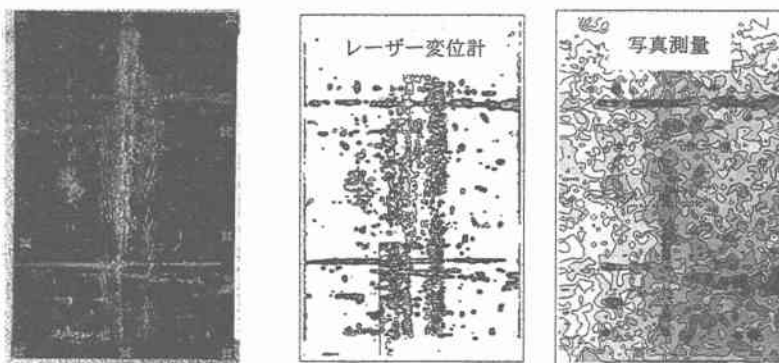


図 1 表面形状等高線図

表 2 座屈荷重の実験値と理論値

試験体 No		平均板厚 t_{avg} (mm)	標準偏差 σ_t	終局強度 実験値 P(tf)	終局強度理論値					
					t_{avg}			$t_{avg}-\sigma_t$		
					R	Pcr(tf)	P/Pcr	R	Pcr(tf)	P/Pcr
腐食無し	ウェブ	9.00	.....	113.40	0.66	103.46	1.09	...	.....	.....
	フランジ	12.00	.....		0.63	104.57	1.08	...	.....	.....
黒皮付き	ウェブ	8.80	.....	112.40	0.67	98.54	1.14	...	.....	.....
	フランジ	11.50	.....		0.66	99.61	1.13	...	.....	.....
腐食鋼材	ウェブ	8.68	0.39	104.80	0.68	98.49	1.06	0.71	92.62	1.13
	フランジ右	11.65	0.44		0.65	99.56	1.05	0.68	94.67	1.10
	フランジ左	11.44	0.42		0.66	99.56	1.05	0.69	93.65	1.10

$$\sigma_u/\sigma_y = \begin{cases} =1 & (R_{os} \leq 0.5) \\ =0.080(R_{os}-0.5)^2-0.480(R_{os}-0.5)+1.0 & (0.5 \leq R_{os} \leq 1.0) \\ =0.470R_{os}^2-1.340R_{os}+1.650 & (1.0 \leq R_{os} \leq 1.3) \end{cases}$$

$$R_{os} = \frac{b}{t} \times \sqrt{\frac{12(1-\pi^2)}{\pi^2 \times k}} \times \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} = 1.613 \times \frac{b}{t} \times \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$$

幅厚比パラメーター R_{os} を算出するために用いる板厚としては、平均板厚(t_{avg})および平均板厚・標準偏差($t_{avg}-\sigma_t$)の2種類とした。試験体1と試験体2の終局強度実験値はほとんど差がない。 R_{os} に平均板厚を用いた場合、試験体2と試験体3の終局強度理論値は上式によるとほとんど差がない。ところが実験結果終局強度は7.6tfの差が生じている。試験体1と試験体3から腐食による終局強度の低下量に着目すると実験値は8.6tf低下している。 R_{os} に($t_{avg}-\sigma_t$)を用いると腐食による終局強度の低下量は約10tfであり、実験結果での腐食の影響を概ねとらえている。

まとめ

- (1) 浴槽型ばっ気腐食促進試験から、黒皮付きの供試体の鋼材表面は激しい凹凸をもった腐食が生じ、実際の溶接付近における局部的腐食状態をある程度再現できたと考えられる。
- (2) レーザー変位計によるレプリカ法は精度よく測定が可能できた。写真測量による板厚測定は誤差が生じた。しかし鋼材表面の特徴は概ね把握出来ているので測定法を改善すれば実用化は可能と思われる。
- (3) 腐食が板の圧縮強度に及ぼす影響については、平均板厚(t_{avg})よりも平均板厚・標準偏差($t_{avg}-\sigma_t$)を幅厚比パラメーター R に用いて評価するのが良いと考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会，座屈設計ガイドライン
- 2) 藤井，腐食した鋼板の材料特性と残存耐荷力方法，第1回鋼構造物の維持管理に関するシンポジウム資料集，pp21~30，1999.7.
- 3) 村中，皆田，藤井，腐食鋼板の表面性状と残存耐荷力，構造工学論文集，Vol44A.pp1063~1071,1998.