

水門の腐食部材に対する残存強度有効板厚の推定手法研究

三菱重工業（株） 正会員 川上善道
 三菱重工業（株） 正会員 上林正和
 三菱重工業（株） 前川伸

1. はじめに

近年、水門、橋梁などの大型鉄鋼構造物において老朽化が進行した設備が増加している。それに伴い、取替・整備工事が増加しており、また今後、更に増える事が予想される。しかし、腐食劣化した構造物の現状の取替・整備判定は必ずしも明確ではなく、目視点検による劣化度合い、部分的な板厚測定により判断しているが定量性に乏しい。

そこで、2次点検における板厚測定データを用いた残存強度の定量的推定法を検討したので報告する。

2. 残存強度有効板厚

2.1 腐食鋼材の引張試験

水門実機から、腐食部材の一部をサンプリングし、表-1に示す試験片を加工し、引張試験を実施した。試験片は、予めポイントマイクロメータにより、5mmピッチ格子点の板厚を測定し、断面積を求めておいた。

破断位置と試験片の断面平均板厚の一例を、図-2に示す。同図より、引張直角断面の平均板厚が最小の位置で破断している事が分かる。また、引張試験結果を図-3に示す。引張強度については、材料自体の強度を確認するため、破断位置の平均板厚を用いて、次式により算出した。

$$\sigma_b = \frac{\text{破断荷重 } P}{\text{試験片幅 } B \times \text{破断位置の平均板厚 } t_s} \cdots (1)$$

腐食材の引張強度は、平滑材と同等（JIS許容範囲内）であり、老朽化による材料的劣化はなかった。

2.2 引張強度有効板厚

引張強度に対する有効板厚を、次式により定義する。

$$t_e = \frac{\text{破断荷重 } P_B}{\text{試験片幅 } B \times \text{平滑材の引張強度 } \sigma_B} \cdots (2)$$

ここで、断面が最小の位置での平均板厚を、最小平均板厚と呼ぶ事とする。式(2)から求まる有効板厚と、最小平均板厚との関係を図-4に示す。両者はほぼ誤差なく一致する事から、腐食材の格子状板厚測定において、5mmピッチの測定データから求めた最小平均板厚が、引張強度有効板厚とみなせると考えられる。

表-1 腐食材の引張試験片

	水門実機 A	水門実機 B
試験片	JIS5 号	JIS5 号 JIS12 号
本数	12 本	2 本 1 本
公称厚	9mm	9,12mm 6mm
板厚測定	各 65 点	各 65 点 315 点



図-1 試験片腐食状況

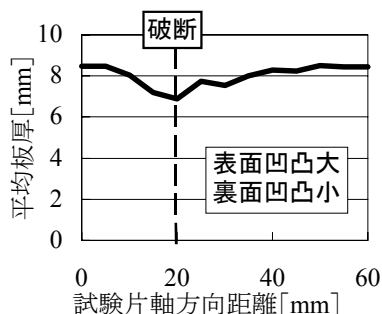


図-2 破断位置例

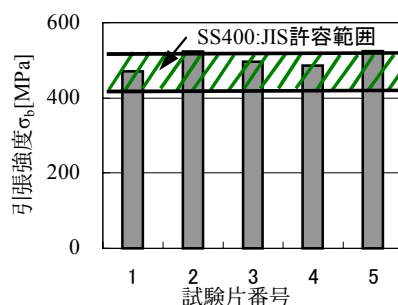


図-3 引張試験結果例

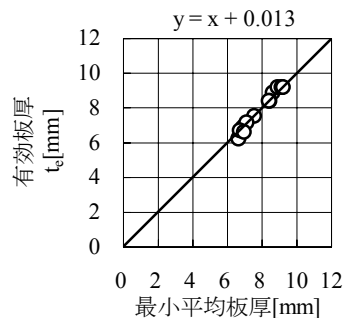


図-4 有効板厚と最小平均板厚

（キーワード）水門、腐食、板厚測定、有効板厚、引張強度

（連絡先）〒231-8715 横浜市中区錦町 12 三菱重工横浜研究所 TEL045-629-1483 FAX045-629-1487

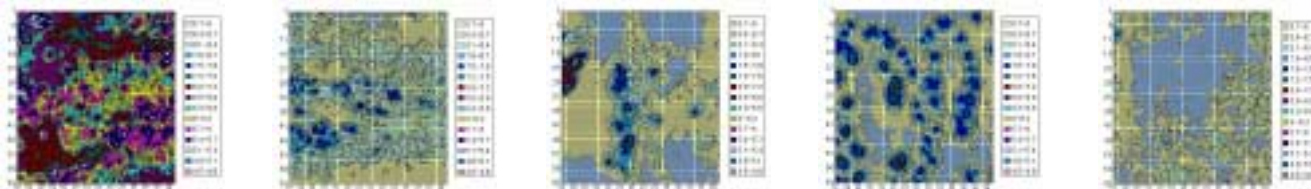
3. 強度有効板厚の推定手法

実機での 5mm ピッチ板厚測定は作業工程上困難であると考えられるため、より少ない板厚測定点から、引張強度有効板厚を推定する手法を検討した。

3.1 腐食サンプル材の板厚測定

強度有効板厚推定のために用いた腐食サンプルは、33 年供用された実機（公称板厚 9mm）から採取し、各々 270mm×270mm の範囲の、異なる腐食状態の 5 枚である。

板厚測定は、接触式マイクロメータの自動送り機構により、表裏面を測定し傾き補正後、5mm ピッチでの板厚を算出した。板厚測定結果の分布を、図-5 に示す。



(1) No.1 全面腐食 (2) No.2 局部孔食 (3) No.3 長形孔食 (4) No.4 局部孔食大 (5) No.5 腐食少

図-5 腐食サンプル材の板厚測定結果

3.2 板厚測定ピッチの検討

引張強度有効板厚は、上記縦横 5mm ピッチでの板厚測定結果により求まる最小平均板厚とした。

5mm ピッチ測定データを 10～50mm ピッチで間引きした場合の板厚測定データを作成し、最小平均板厚推定式を検討した。間引きデータの概要を表-2 に示す。測定パターンは、間引き時の測定位置が縦または横に 5mm ずつ、ずれた場合を考えた時の全パターン数である。

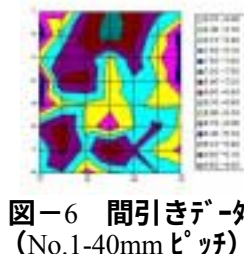


図-6 間引きデータ (No.1-40mm ピッチ)

表-2 サンプル材の間引き

測定 ピッチ	測定点数 (270mm× 270mm 中)	測定 パターン数
5mm	3355 点	1
10mm	810～868	4
15mm	360～399	9
20mm	195～224	16
30mm	90～110	36
40mm	42～56	64
50mm	30～42	100

3.3 実機板厚測定データからの有効板厚推定式

腐食材の引張強度有効板厚推定式を次式に示す。

$$t_e = t_{ave} - \alpha \cdot \sigma \quad \dots (3)$$

t_{ave} : 板厚測定時の平均板厚

σ : 各断面の平均板厚値データから求まる標準偏差

α : 補正係数 (図-7: 標準偏差 σ との相関)

$$\alpha = k_2 \cdot e^{-k_1 \cdot \sigma} \quad \dots (4)$$

定数 k_1 (α 算出式の傾き) 及び、 k_2 (α 算出式の y 切片) は、表-3 のように腐食形態で異なる定数であり、実機適用時には腐食状態による分類が必要である。測定誤差を、図-8 に示す。

40mm ピッチ測定であれば、誤差 ± 0.2 mm で、評価可能である。

板厚測定について、今回は 50 点/0.0729m² (270×270mm) で良好な精度で推定可能であった。実機で同等な腐食形態が連続している面に対し、50 点程度の格子状測定を行えば、同様に評価可能と考える。

4. まとめ

腐食材の引張に対する残存強度評価法に関して、強度有効板厚の定義を実験的に見出した。また、実機での格子状の測定法と、少ない板厚測定点数からの有効板厚推定式を統計的に検討した。今後、更に腐食形態により異なる定数の設定法などを検討していく予定である。

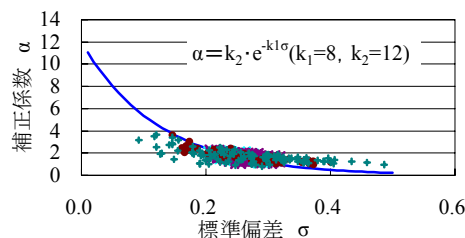


図-7 $\alpha - \sigma$ の関係 (No.1-横方向)

表-3 補正係数 α 算出の定数値

	k_1	k_2
全面腐食	8	12
局部腐食	10	10
腐食小	20	12
荷重直角断面 長い局部腐食	6	12

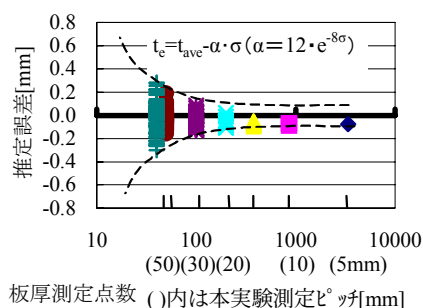


図-8 推定誤差 (No.1-横方向)