

幅広供試体を用いた腐食鋼板の引張試験による強度評価に関する考察

愛媛大学工学部 学生会員 ○池田 裕幸 愛媛大学大学院 正会員 海田 辰将
愛媛大学大学院 正会員 大賀 水田生 広島大学大学院 正会員 藤井 堅

1. はじめに

引張力を受ける腐食鋼板の残存強度については、近年、JIS5 号のような腐食鋼材の引張試験から、荷重軸直角方向断面の平均断面積の最小値（最小平均板厚）を有効板厚に用いた強度評価法が提案されてきた¹⁾。しかし、面的に広がりをもつ様々な腐食状況を勘案した強度評価法を確立するためには、実構造物レベルに近い腐食鋼板を用いた引張試験を行い、その応力分布から降伏過程を把握するとともに降伏・引張強度を実験的に求め、それらと鋼表面の凹凸状況を関連づけた考察を行うことで基礎データを蓄積する必要がある。

そこで本研究では、実際の腐食鋼板から板幅 70～180mm を有する供試体を作成し、様々な腐食形態と孔食のような面的に大きな広がりをもつ腐食鋼板の引張試験を行った。併せて、腐食表面形状の測定を実施し、腐食形態と降伏・破断状況に着目した最小平均板厚による腐食鋼板の強度評価について検証・考察する。

2. 実験供試体と腐食表面形状測定

2. 1 供試体概要および腐食表面形状の測定

102 年間供用後撤去されたプレートガーダーのフランジ ($t_0=10.5\text{mm}$) およびウェブ ($t_0=10.0\text{mm}$) から切り出し、供試体両側に新規鋼材 SM490A ($t=16\text{mm}$) を全面溶け込み溶接にて突き合わせ接合し、図-1 に示すような供試体を作成した。供試体の内訳は、フランジ 21 体 (F1～F21)、ウェブ (W1～W5) 5 体である。

腐食表面形状の測定にはポータブル 3 次元計測システムを採用した。この計測システムは、6 つの関節を有する 3 本のアームの先端に取り付けた非接触式ラインレーザープローブを手動で鋼表面に沿わせて、照射したレーザー光により、表面の 3 次元座標を広範囲に取得できる。板厚算出方法は、0.5 mm メッシュに修正した 3 次元座標データより、鋼板表裏の座標値を差し引いて求めた。

2. 2 腐食形態の分類

腐食表面形状測定を実施した結果、供試体の腐食状況および板厚標準偏差により全面腐食タイプ、孔食タイプ、局所腐食タイプの 3 つの腐食形態に分類した。概ね、板厚標準偏差 σ_t が 0.50 mm 以下の場合は全面腐食タイプ、 σ_t が 0.50～1.8 mm の場合は孔食タイプ、 σ_t が 1.8

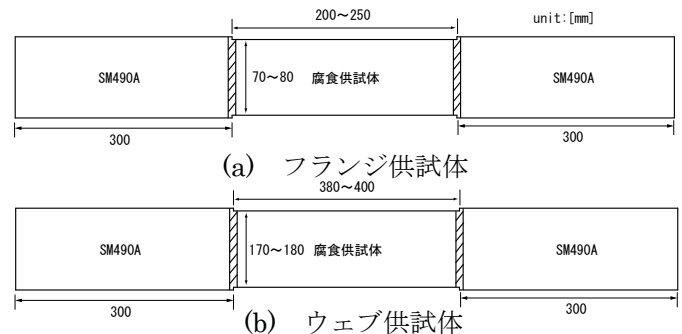


図-1 供試体概要

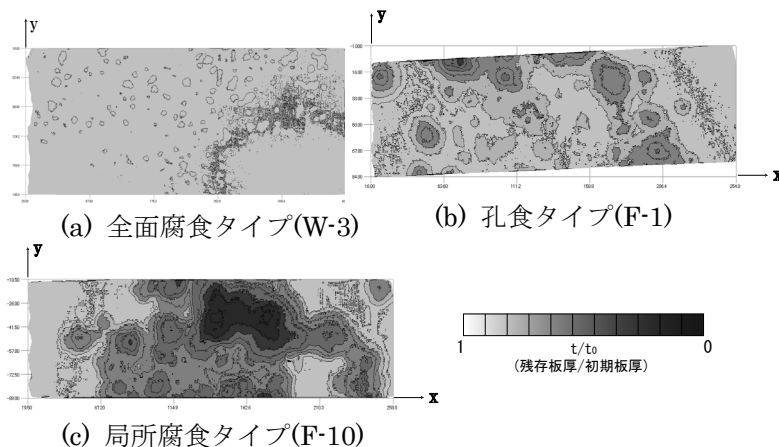


図-2 板厚等高線図の一例

mm 以上の場合は局所腐食タイプに分類された。そして、それぞれの最小断面（最小平均板厚）と最小板厚発生位置および最小板厚の大きさに着目して、供試体の破断に至るまでの強度、降伏過程および終局状態に着目し、引張試験を行った。

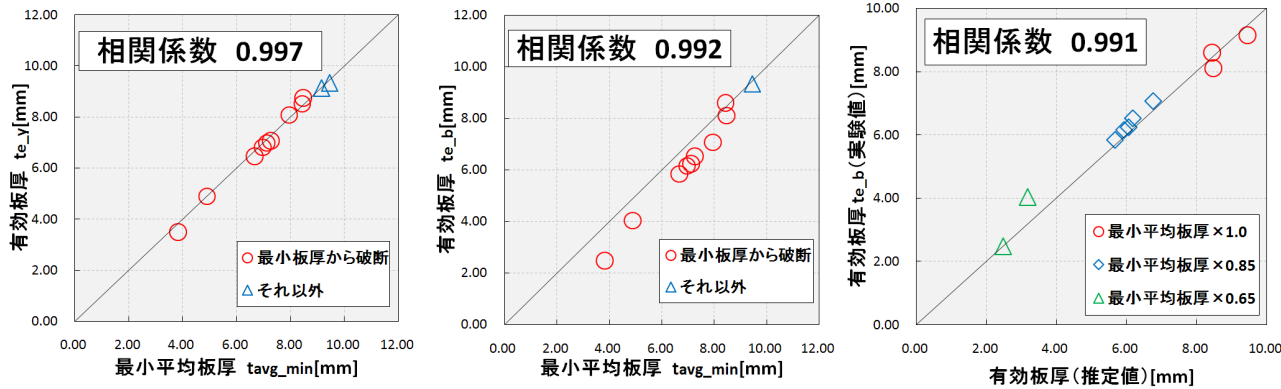
3. 実験結果と力学特性に関する考察

図-2 に 3 つの腐食形態の板厚等高線図を示す。(a) の全面腐食タイプは、小さな孔食が分布しているものの腐食の程度は軽微な腐食形態であり、(b) の孔食タイプは数 10mm 程度の孔食が点在している。(c) の局所腐食タイプは、いくつもの大きな孔食が重なり合って形成された面的な広がりを持つ孔食を有している。

腐食が比較的軽微な全面腐食タイプにおいては、腐食の無い供試体とほぼ同じような力学的性質を有していたが、孔食タイプや局所腐食タイプの供試体では、その力学特性は全く異なっており、腐食の激しい箇所において変形が卓越する。そして、表面凹凸に起因す

キーワード：腐食，引張試験，クラック，最小平均板厚，最小板厚残存率

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番 愛媛大学大学院理工学研究科 089-927-9822



(a) 降伏強度による相関 (b) 引張強度による相関 図-5 低減係数 α 適用後

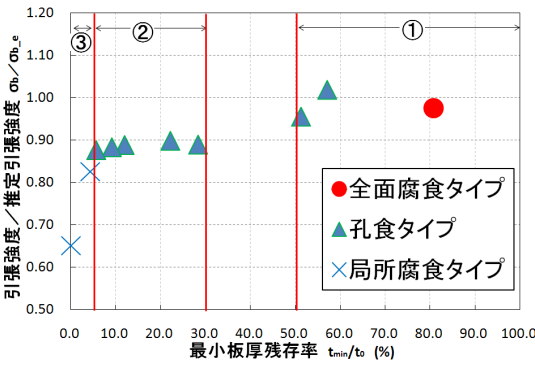


図-4 最小板厚残存率と引張強度比の関係

表-1 最小板厚残存率と低減係数 α

最小板厚残存率(%)	低減係数 α		有効板厚推定式	腐食形態	備考
	降伏強度	引張強度			
$t_{min}/t_0 < 5.0$	1.0	0.65	$t_e = t_{avg_min} \times \alpha$	局所腐食タイプ	t_{min} : 最小板厚[mm]
$5.0 \leq t_{min}/t_0 < 50$	1.0	0.85		孔食タイプ	t_0 : 初期板厚[mm]
$50 \leq t_{min}/t_0$	1.0	1.0		全面腐食タイプ	t_{avg_min} : 最小平均板厚[mm]

最小板厚に着目した最小板厚残存率を定義し、それぞれの低減係数 α を求めた。本研究における、有効板厚の推定式を以下に示す。

$$t_e = t_{avg_min} \times \alpha \tag{4.2}$$

図-4 に示すように最小板厚残存率の大きさにより供試体を3つに区分した。そして、各区分の低減係数 α をそれぞれ求めて最小平均板厚に適用したところ、図-5 に示すように両者の間に良好な相関（相関係数 0.991）を保持しつつ、しかも図-3 (b) に示した最小平均板厚のみによる場合と比べて精度良く、概ね安全側の有効板厚が算定できていることが分かる。

本研究で検討した引張を受ける腐食鋼板の残存強度評価のための有効板厚算定法をまとめて整理すると、表-1 に示した通りになった。

る応力集中の影響は、荷重初期段階からは確認できず、降伏荷重付近で急激に卓越することが確認できた。

腐食の激しい鋼板は、必ずしも最小断面付近で破断するわけではなく、最小板厚位置から発生するクラックが進展することで破断に至る場合が多いことが実験的に確認された。これは主に、「孔食タイプ」「局所腐食タイプ」に分類される鋼板に多くみられた。

4. 最小平均板厚を用いた腐食鋼板の残存強度評価

4. 1 降伏強度評価

引張試験に基づき、全測点の平均板厚、最小板厚、最小平均板厚の3つについて実験結果と以下に示す式(4.1) から求めた有効板厚との相関を示し、降伏強度評価のための有効板厚に最も適当な統計量の検討をする。

$$t_e = P / (B \cdot \sigma) \tag{4.1}$$

これらの相関関係より図-3 (a) に示すように最小平均板厚を適用するのが最も推定精度が高いことが分かる。

4. 2 引張強度評価

降伏強度同様に、各板厚統計量との相関から有効板厚について検討すると、図-3 (b) にあるように最小平均板厚が3つの中で有効板厚と最も相関が高く（相関係数 0.992）ばらつきが抑えられていることが分かる。しかし、評価結果のほとんどは、危険側の判断を与えていることが確認できた。

4. 3 有効板厚推定式

腐食による影響を考慮して供試体を区分するため、

5. まとめ

- (1) 腐食による応力集中の影響は降伏荷重付近で卓越し、腐食の激しい箇所から降伏を迎えて破断に至る。
- (2) 腐食の激しい鋼板は、最小板厚位置からクラックが発生し、最高荷重に至る。
- (3) 腐食鋼板の降伏荷重は、最小平均板厚を有効板厚に適用することで強度評価可能であるが、引張強度は最小平均板厚を用いると若干危険側の判断となる。
- (4) 引張強度評価については、最小平均板厚だけではなく最小板厚の情報が重要であり、本研究では最小板厚残存率の大きさに応じた低減係数 α を最小平均板厚に乗じることで有効板厚の算定法を提案した。

参考文献

1) 松本勝, 白石義郎, 中村幾雄, 白石成人: 腐食鋼板の有効板厚評価法の一提案, 橋梁と基礎, Vol.23, No.12, pp19-25, 1989.