

腐食鋼板の引張降伏耐力の推定法

株式会社高知丸高 正会員 ○橋本明彦
高知工科大学 フェロー 藤澤伸光

1. はじめに 腐食鋼板の降伏強度や引張強度については、様々な強度推定法が提案されているが、決定的なものは確立されていないように思われる。本報では板厚低減係数を用いた推定法に着目し、低減係数の一般化を試みた結果を報告する。

2. 促進腐食試験 腐食試験体の作成には電気化学的腐食を利用した促進腐食を用いた。腐食の形状をある程度制御できることから、3種類の腐食形態の試験体を作成した。3種類の腐食形態は、全体を均一に腐食させたケース (TypeA)、局部的に深く腐食させたケース (TypeB)、全体的に腐食させ凹凸が激しいケース (TypeC) とした。作成本数は各ケース 6 本ずつで、計 18 本とした。試験体寸法、腐食位置は図-1 の通りで、両面を腐食させた。

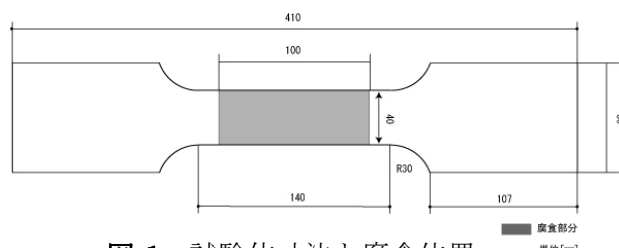


図-1 試験体寸法と腐食位置

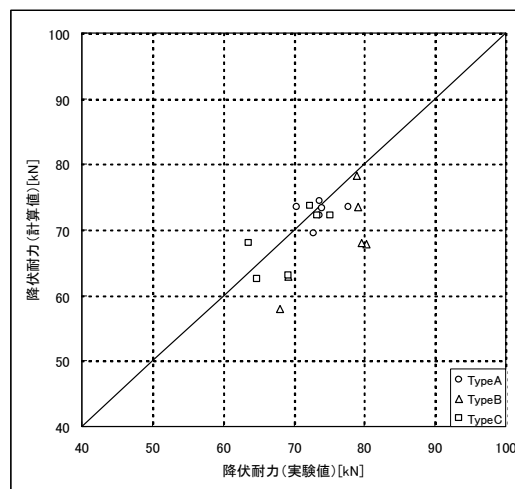


図-2 降伏耐力の実験値と計算値の関係 (最小断面積)

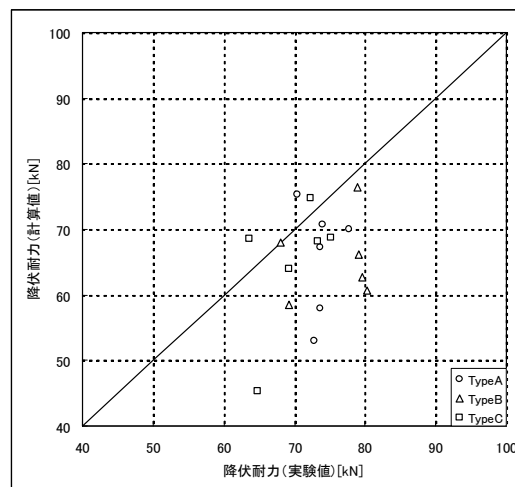


図-3 降伏耐力の実験値と計算値の関係 (低減係数考慮)

3. 表面形状の計測 腐食部の表面形状計測には、レーザー変位計を使用した。腐食していない部分の距離を計測し、その距離からの差を欠損した深さとした。最終的に表裏の欠損深さの値を加算し、元の板厚 9mm からその値を減じて残存板厚とした。

4. 引張試験 表面形状の計測後、引張試験を行った。表面に不整があるため、ひずみゲージによる測定は不可能である。よって、試験片の伸びを計測することとした。なお、計測項目は荷重と試験体平行部の伸びである。ひずみが計測できないことから、荷重と伸びの関係から判定した降伏荷重を用い、降伏強度を求めた。降伏の定義は上降伏が生じた場合は、上降伏点の荷重を降伏荷重とし、そうでない場合は 0.2%耐力で判定を行った。

5. 既往の強度推定方法の特性 最も単純な降伏耐力の推定方法は、引張軸直角方向の最小断面積に鋼材の降伏応力を乗じる方法である。引張試験結果にこの方法を適用した結果を図-2 に示す。図中の横軸は実降伏荷重、縦軸は最小断面積を用いた計算値である。TypeA、C に関しては実験値と計算値の相関が高いが、TypeB に関しては実験値と計算値が大きく乖離している。最小断面では腐食による断面の減少が大きく評価されるため、降伏荷重の低下率を過大評価してしまうためと考えられる。これに関して田邊らは最小断面積を低減係数 α で除して、最小断面積近傍の凹凸形状を考慮した強度推定方法を提案している¹⁾。

$$\alpha = \frac{\text{最小断面から6mm離れた両側線上の最小板厚の平均値} t_{\min(6)}}{\text{最小断面の最小板厚} t_{\min(0)}}$$

引張試験の結果に、この強度推定方法を適用した結果を図-3 に示す。図から明らかなように、推定結果と実降伏耐力は大きく乖離している。乖離の原因として、試験体のスケールや腐食形

状が低減係数に及ぼす影響が考えられる。文献1)では、低減係数の分子は、最小断面から側線を1mmずつずらして相関を検討した結果、最も相関の高かった値として6mm離れた側線の値を採用したと報告されている。また、試験体引張軸方向の最小板厚の分布図から、最小断面から6mm離れた位置で板厚差が顕著であったことを報告している。図-4はTypeBの中で、最も相関の高かった試験体の最小板厚の分布である。最小断面から6mm離れた両側線上の板厚差が顕著であることがわかる。このことから試験体ごとに側線を適切に選択すれば精度良く推定できる可能性があると考えられるが、試験体固有の推定法となつて普遍性を失うことになる。そこで、各試験体の形状特性に依存しない普遍的な低減係数を検討する。

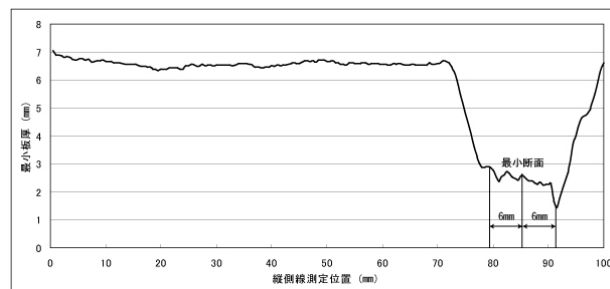


図-4 TypeBの最小板厚分布の例

6. 新規低減係数の提案 図2から、低減係数が備えるべき特性を考える。TypeA、Cは最小断面積で精度よく整理できることから低減係数は1.0に近い値が好ましい。

TypeBでは全体的に評価値より実測値の強度が高い結果となっているため、係数は1.0より低い値でなければならない。この条件を満たす低減係数を板厚の関数として表現することを考える。TypeBでは、最小板厚は小さいが、局部的な減厚であり、減厚していない部分が多いことから平均板厚の減少はさほど大きくない。したがって、最小板厚と最大板厚の平均と、試験体全体の平均板厚に差があると考えられる。一方、TypeA、TypeCでは、板厚はほぼ平均値周りに分布していると考えられるため、両者はほぼ一致するであろう。以上から、低減係数 α_1 を考えた。これを適用した結果を図5に示す。図2で過小に評価されていたTypeBの推定値が増加し、ほぼ満足できる結果となっているが、1つだけ過大評価となっている試験体がある。そこで、係数が過小となっている可能性を考え、引張軸直角方向断面を1mmごとに最小・最大板厚を求め、その平均値を用いることによって係数を緩和することを考えた結果が、係数 α_2 である。係数 α_2 を用いた結果を図6に示す。結果的には適度な緩和になっているようであり、 α_1 の方が妥当のように思われる。

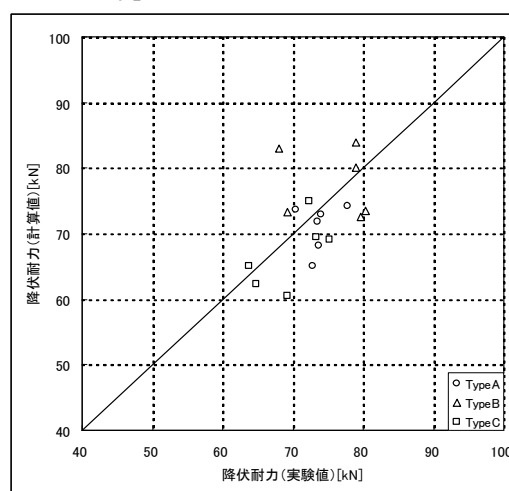


図-5 降伏耐力の実験値と計算値の関係 (α_1 適用)

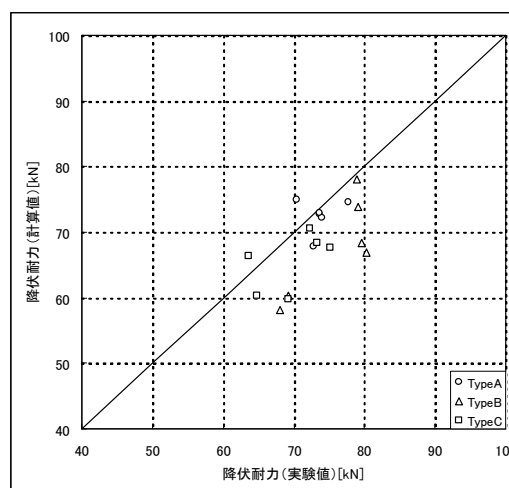


図-6 降伏耐力の実験値と計算値の関係 (α_2 適用)

$$\alpha_1 = \frac{(t_{\max} + t_{\min})/2}{t_{\text{avg}}} \quad \alpha_2 = \frac{(t_{\max_avg} + t_{\min_avg})/2}{t_{\text{avg}}}$$

$t_{\max}$: 最大板厚 $t_{\min}$: 最小板厚 t_{avg} : 平均板厚

$t_{\min_avg}$: 各引張軸直角方向断面の最小板厚の平均

$t_{\max_avg}$: 各引張軸直角方向断面の最大板厚の平均

7. まとめ 新しい板厚低減係数として、次式を提案する。

$$\alpha = \frac{(t_{\max} + t_{\min})/2}{t_{\text{avg}}}$$

参考文献 1) 田邊靖博、海田辰将、大賀水田生、勇秀憲：腐食鋼板の最小断面近傍における凹凸状態に着目した降伏強度評価、土木学会四国支部第15回技術研究発表会講演概要集、I-7、pp.13-14、2009。