

腐食鋼材の材料特性の実用的評価方法に関する基礎的研究

高知高専専攻科建設工学専攻 学生員 ○刈谷 秋人
 高知高専建設システム工学科 フェロー 多賀谷宏三
 広島大学大学院工学研究科 学生員 海田 辰将
 広島大学大学院工学研究科 正会員 藤井 堅

1. はじめに

鋼材の補修・補強事例が急増している中、腐食鋼材の残存強度を評価するための基礎資料は少なく、主観的な判断により対処法が決められているのが現状である。そのため、評価基準はほとんどが目視によるもので力学的根拠に基づく強度評価はなされていないことが多い。文献¹⁾では、腐食した鋼橋から取出した腐食鋼材について、平滑仕上げ試験片及び腐食鋼材試験片の引張試験を行い、腐食鋼材の有効板厚評価法と材料特性について述べた。ここでは、腐食鋼材の材料特性の実用的評価方法、実測板厚の実構造物の耐力評価への適用法について基礎的な検討を行った。

2. 対象とした鋼材の概要

対象鋼材は、102 年間供用後上部構造の腐食が主な原因で撤去された高知県安芸市の穴内川にかかる鋼橋（形式：プレートガーダー橋、橋長：82.50m、支間長：13.50m(6 径間)、支承形式：固定・可動線支承）である。

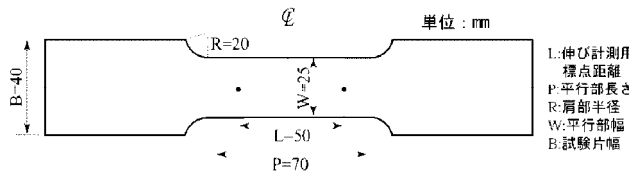


図1 JIS 5号試験片概略図

なお、断面損傷の著しい箇所はウェブの上側、下フランジ下面等の雨水の影響をあまり受けない箇所及び橋脚上部の支承部分に多く見られた。図1に本研究で使用したJIS 5号試験片の概略図を示す。

3. 試験概要

3.1 板厚測定

引張試験に先立って、腐食試験片平行部における板厚の測定を行った。腐食試験片については、基準平面を構成して片面づつ板厚を測定し、両面の基準平面を一致させて板厚とした。測定領域は腐食試験片平行部幅(70mm×25mm)とし測定間隔は引張方向に1mm間隔で、引張直角方向に約0.3mm間隔で測定した。

3.2 平滑仕上げ試験片の引張試験

平滑仕上げ試験片の引張特性を明らかにすることを目的に引張試験を行った。载荷速度は弾性域で0.2mm/min、塑性域では0.5mm/min.に設定した。载荷試験は最大荷重120kNの万能試験機を用いた。

3.3 腐食鋼材の引張試験

腐食が鋼材の引張特性に与える影響を統計的に評価することを目的として引張試験を行った。载荷速度は腐食の激しい試験片では終始0.1mm/min.とし塑性域に入れば0.2mm/min.とした。腐食が少ない試験片では平滑仕上げ試験片と同様の载荷速度とした。载荷試験には、平滑仕上げ試験片の引張試験と同じ機械を用いた。

4. 引張試験結果

平滑仕上げ試験片の材料特性は弾性係数 195.8GPa、降伏応力 299.9MPa、引張強度 417.05MPa であり、SS400 相当品と考えられる。腐食鋼材の有効板厚の評価法・弾性係数等は文献¹⁾を参照されたい。

4.1 腐食鋼材の材料特性の実用的評価方法

1) 公称応力と板厚変動係数の関係

図2は平滑仕上げ材の板厚変動係数を0とし、破断部の板厚変動係数と降伏応力及び引張強度との関係を示したものである。ここで破断した断面が複数の縦測線(引張直角方向測線)を横断している場合は、それら

キーワード 腐食、伸び、塑性変形能、板厚変動係数

連絡先 〒783-8805 高知県南国市物部 200-1 高知高専多賀谷研究室 TEL088-864-5583

の板厚変動係数の中で最大のものを使用した．また公称応力とは腐食鋼材にかかる荷重に対して，腐食前のフランジとウェブの断面積で除して求めた応力と定義し，本研究では元の板厚を 10mm とした．図 2 より，腐食試験片の降伏応力や引張強度は平滑仕上げ材の強度を大きく下回っている．これは全面腐食による平均板厚の減少と腐食鋼材表面の凹凸状態が激しくなることに起因する腐食鋼材の局所的な応力集中が原因と考えられる．

2) 伸びと板厚変動係数の関係

図 3 は標点間距離 50mm に対する一様伸び(最大荷重時の伸び)・破断伸び(破断時の伸び)と板厚変動係数との関係を示したものである．ここで板厚変動係数は標点間距離内の全測点に対する値を用いた．図 3 より，腐食鋼材の伸びは一様伸び・破断伸びともに板厚変動係数が約 5% 以上になると大きく落ちていることがわかる．これは鋼構造物の終局限界状態を考える上で腐食の進行が無視できないことを示している．即ち，変動係数が 5% を越えると全体の伸びは発生していないのにも関わらず，局所的な応力集中のため，その部分だけが急激に伸び，破断すると考えられる．

3) 塑性変形能と板厚変動係数の関係

腐食鋼材の最大引張強度が発生する点での標点間の伸び δ と平滑仕上げ材の降伏荷重での伸び δ_y との比 δ/δ_y を塑性変形能と定義し，図 4 に標点間での板厚変動係数との関係を示す．腐食鋼材の塑性変形能は，板厚変動係数の増加に伴い低下するが，これは鋼材の表面形状の凹凸が大きくなると局所的に応力集中が生じた孔食部でくびれを起こし破断に至るためと考えられる．この引張試験結果によると塑性変形能と板厚変動係数との関係は $\delta/\delta_y = 1/(0.03+0.8v)$ によって近似できる(v : 板厚変動係数)．これは文献²⁾で求めた塑性変形能と板厚変動係数との関係と比べてもほぼ近似していることがわかる．また塑性変形能の変動係数に対する低下傾向は塑性変形能と応力集中率との関係に類似している²⁾．即ち，変動係数は鋼板表面の見かけ上の応力集中率とみなされる．

5. 結論及び今後の課題

本研究の結果、次の成果が得られた．

- (1) 腐食鋼材の降伏応力，引張強度及び伸びは板厚の変動係数の増加に伴い低下する．
- (2) 鋼材の塑性変形能は，腐食によって低下し，腐食鋼材の塑性変形能 δ/δ_y は板厚変動係数 v を用いて， $\delta/\delta_y = 1/(0.03+0.8v)$ で算定できる．

今後は，腐食現象の統計的性質を明らかにするために Gumbel 確率紙や正規確率紙を用いて腐食鋼材の腐食状態がどのような分布に適合するか確認し腐食パターンと材料特性の関係を明らかにする必要がある．また，強度評価の指標として片面腐食と両面腐食，全面腐食と局部腐食等を考慮した材料特性評価法の確立，更に曲げ，せん断，座屈などの腐食構造物実機の耐荷力評価を行う場合の適用法の確立も必要である．最終的に鋼構造物の残存耐荷力を求め，その結果から補修・補強の要否の判断とその工法，新構造物への架け替え検討など，経済的な評価法の確立が要求される．

6. 参考文献

- 1) 刈谷秋人，多賀谷宏三，海田辰将，藤井堅：腐食鋼材の有効板厚評価法と材料特性，平成 15 年度土木学会四国支部第 9 回技術研究発表会講演概要集，(2003.5)
- 2) 村中昭典，皆田理，藤井堅：腐食鋼板の表面性状と残存耐荷力，構造工学論文集，土木学会，Vol.44A，(1998.3)

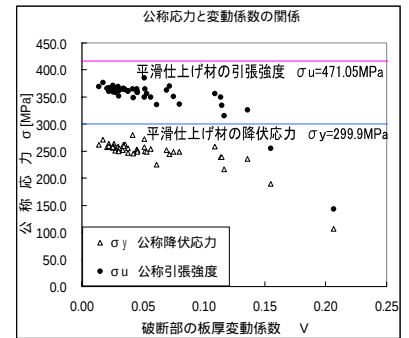


図 2 公称応力と変動係数の関係

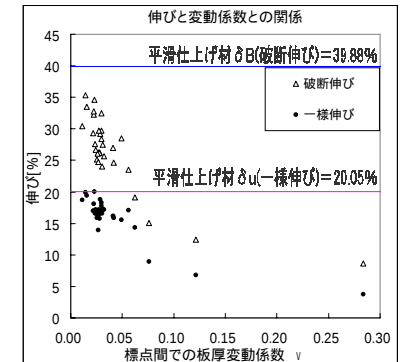


図 3 伸びと変動係数の関係

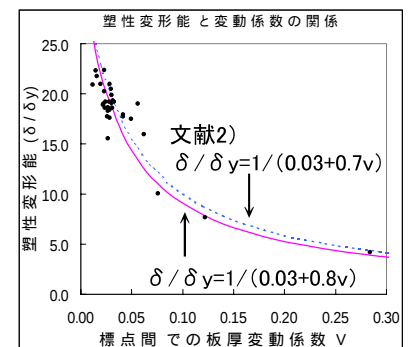


図 4 塑性変形能と変動係数の関係