

腐食した圧縮部材の弾塑性挙動と残存耐荷力評価

○日揮(株)	正会員	若林	孝行
首都大学東京	正会員	野上	邦栄
鹿島建設(株)	正会員	山沢	哲也
(株)横河ブリッジ	正会員	中野	克俊
法政大学	正会員	森	猛

1. はじめに

現在、高度経済成長期に建設された土木構造物の多くが経年劣化している。橋梁においても、供用期間が50年を超える老朽橋の数が急激に増加する予測が立てられている。このような老朽橋の維持管理には、疲労とともに腐食による劣化・損傷評価が重要になる。鋼部材が腐食し、部材断面が欠損すると強度や剛性が低下し、構造物の保有性能が低下する。しかし、現在腐食した鋼部材の健全度に対する適切な評価と対処法は、十分に確立されているとはいえない状況にある。

そこで、本研究では実トラス橋梁の上横構・横支材¹⁾を対象にして、まず、本研究室が新たに開発した腐食形状の計測装置(表面粗さ自動計測機)を用いて、腐食状況を調査した。次に、油圧式試験機を用いて、圧縮耐荷力実験を実施し、圧縮部材としての残存耐荷力および変形モードを把握した。さらに、計測した腐食形状を導入した有限要素解析を行い、実験結果の再現性について比較検討した。以上の腐食形状計測、耐荷力実験および有限要素解析により、残存耐荷力と腐食量・腐食形状との関係について明らかにする。

2. 腐食劣化損傷部材

銚子大橋は、5径間の連続トラス橋部(407.4m)と両取り付け部の鉸桁部(波崎側 14.1m+92.6m+3@138.6m・銚子側 138.6m+134.7m)とからなる橋長1203mの長大橋である。設置場所は、利根川の最下流(河口部)という塩害などの腐食環境が厳しい場所である。本研究の供試体として、腐食による劣化損傷が激しく、第三者被害の恐れがあるため撤去された上横構・横支材を使用した。

実験に用いた供試体は、材質SM400の溶接I型断面(外法高さ200×フランジ幅180×板厚9.2mm, $I/r=57$)を有する全長2.4mの部材4体(A5152u, A55sd, C1718u, C5655d)と新規に作成した板厚9mmの部材(N部材)である。供試体は、図-1に示す最小断面(A_{min})位置の断面欠損率(A/A_{min})によって、10~20%をCランク、20~30%をBランク、30~40%をAランクと3グループに分類し、本研究では、表-1のように2体のAランク材と2体のCランク材を用いた。表中の部材の「数字」は格点番号を、「u」および「d」は各々上流側および下流側を意味する。

表-1 最小断面の断面欠損率(A/A_{min})

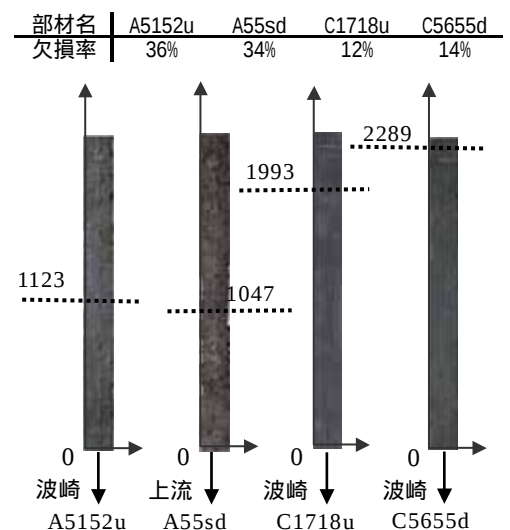


図-1 最小断面位置 [mm]

3. 腐食形状計測

腐食形状計測には、レーザ式変位計による表面粗さ自動計測装置を用いた。この計測装置は、1000mm(X)×1000mm(Y)×30mm(Z)の立体空間の表面形状を計測可能である。4体の腐食形状計測は、長さ2400mmの供試体を3分割し計測を行った。計測間隔はX, Y軸方向ともに1mmとした。

計測結果の一例としてA5152u材の下フランジの残存板厚をコンター図に示したものが図-2である。図中の空白部分はウェブの取り付け位置であり、裏面が計測不可能であった箇所である。

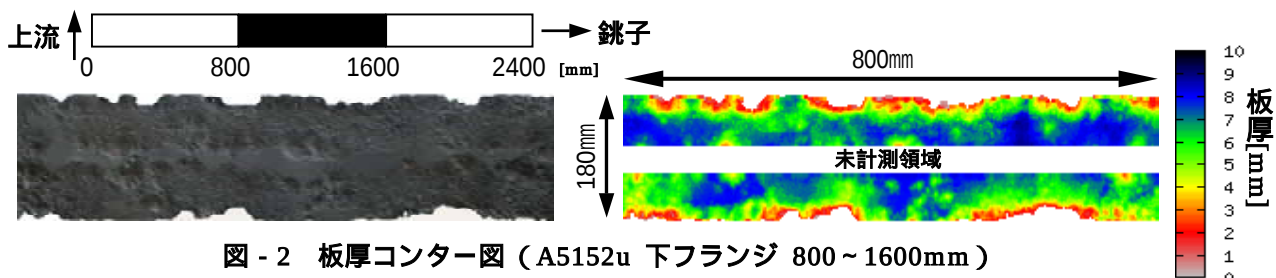


図-2 板厚コンター図 (A5152u 下フランジ 800~1600mm)

Key Words: 腐食, 表面形状, 残存板厚

〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL(0426)77-1111 FAX(0426)77-2772

4. 圧縮耐力実験²⁾

両端単純支持された腐食部材の圧縮耐力実験の全体系を示したのが写真-1である。部材両端部には荷重を部材に均等に加えるようにベースプレートを取り付けた。荷重装置は、荷容量 5000kN、ストローク 150mm の疲労試験機を用い、荷重荷重は変位制御で行った。

得られた供試体の荷重変位関係を図-3に示す。腐食の激しいA部材はC部材と比較して耐力力が大きく低下していることがわかる。また、供試体の終局崩壊モードは、局部座屈、全体座屈および局部座屈と全体座屈の連成座屈の3種類のモードに大別できた。

図-4は、最大荷重と各供試体の最小断面積との相関関係を示している。横軸は最小断面積 A_{min} の元断面積 A に対する比、縦軸は最大荷重 P_u の降伏荷重 P_y に対する比である。腐食部材の残存耐力力は、最小断面積を用いることにより、式(1)のような線形関係で表現できる。

$$P_u/P_y = 1.36 A_{min}/A - 0.22 \dots \dots \dots (1)$$

5. 弾塑性有限変位解析

解析には汎用弾塑性有限要素ソフトウェア MARC2005r2 を用いた。引張試験により得られた材料物性、および実測した初期たおれおよび初期たわみを用いた。両端単純支持された端部の応力集中を緩和する目的で両端に剛体を取り付けた。メッシュ分割は上下フランジ、ウェブ、部材軸方向を 10mm 間隔に分割した。腐食形状のモデル化は 1×1mm の腐食データを 10×10mm の接点データに変換し、板厚方向に接点を移動することにより、腐食形状を再現した。

図-5はA5152u部材の荷重変位曲線

である。載荷荷重が 600kN 付近でフランジの減厚の激しい部分に降伏が発生して面外変位が徐々に大きくなっている。さらに荷重の増加とともに実験、解析ともに載荷荷重が 800kN 付近で、ウェブも塑性域が進展し始め、面外変位が急激に増大している。実験および解析による崩壊モードを比較したのが図-6であり、上下フランジが局部座屈を起こすとともに全体座屈変形を連成している様子が見られる。また、表-2に示す他の供試体の耐力力も近い値を示しており、解析結果は実験結果を十分再現していることがわかる。

6. まとめ

- (1) 腐食は圧縮部材の支配要因パラメータとして最小断面積 A_{min} が有力であり、耐力力との間に線形関係を示す。
- (2) 腐食形状および腐食位置により局部座屈、全体座屈、およびそれらが連成した崩壊が発生することがわかった。
- (3) 腐食計測データを 10mm 間隔でメッシュ分割したモデルに導入して解析することにより、座屈モードや耐力力を把握することができる。

参考文献

- 1) 山沢・野上・森・塚田：腐食鋼部材の腐食形状計測と曲げ耐力実験，構造工学論文集，Vol. 52A，2006
- 2) 中野・野上・山沢・射越・笹嶋・三浦：腐食した鋼部材の圧縮耐力実験，第 61 回土木学会年次学術講演会，2006



写真-1 圧縮実験

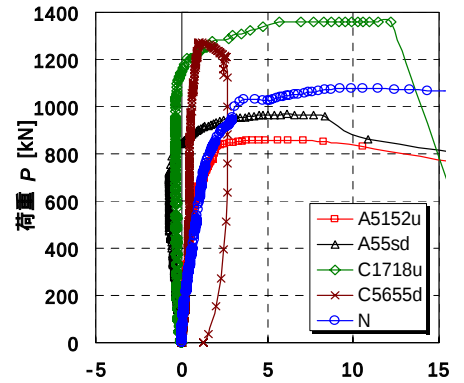


図-3 荷重変位曲線

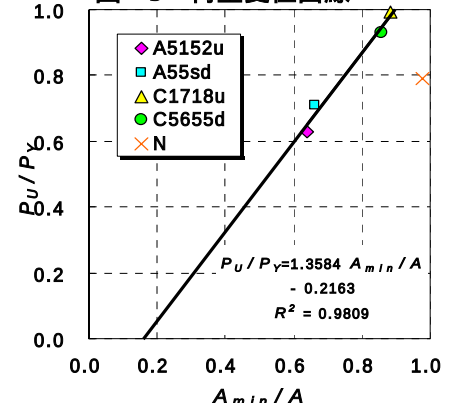


図-4 最小断面積と耐力力の関係

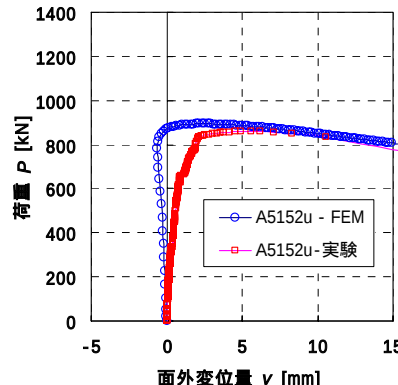


図-5 荷重変位曲線

表-2 各部材の耐力力比較

	実験値[kN]	解析値[kN]	誤差[%]
A5152u	858	868	1.2
A55sd	967	964	0.3
C1718u	1358	1219	10.2
C5655d	1270	1165	8.3
N	1079	1065	1.3

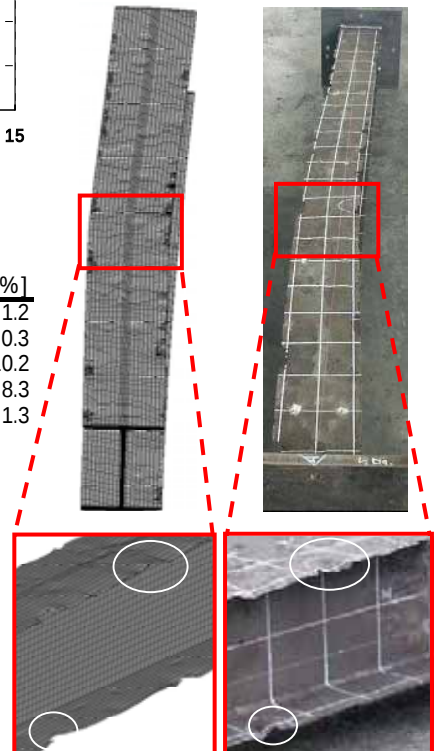


図-6 実験と解析による崩壊モード比較(A5152u)