腐食したT型圧縮部材の残存耐荷力に関する研究

首都大学東京大学院	学生会員	○園部	裕也
日揮(株)	正会員	若林	孝行
鹿島建設(株)	正会員	山沢	哲也
首都大学東京大学院	正会員	野上	邦栄

1. 背景と目的

現在.高度経済成長期に建設された多くの構造物が社会基盤の成熟化に連れて老朽化し、さまざまな損 傷事例が報告されている.鋼構造物の二大劣化要因である腐食と疲労現象は問題が顕著化し,橋梁にお いても構造物の維持管理が極めて重要な課題として認識されるようになっている.橋梁の適切な維持・ 管理・更新にあたっては、まず橋梁を構成する部材の残存耐荷力評価、特に座屈などの破壊に関わる種々 の評価検討が必要となる。部材が腐食減厚すると強度や剛性が低下し、その保有性能が低下するが、こ のとき保有性能,つまり残存耐荷性能が腐食減厚によってどの程度減少するのかを把握する必要がある. これまでも部材レベルにおいての研究資料が蓄積されているが、橋梁の健全度を適切に評価するために は未だ不十分である.

そこで本研究では、腐食した圧縮部材に着目し、実際に約40年間腐食環境下におかれた実橋梁を構成 するT型断面部材を入手して腐食形状を計測し、その計測した腐食計測データを考慮した FEM 解析を行 うことによって腐食部材の残存耐荷力を精度よく評価できるパラメータ因子について検討を行う.

2. 対象部材

対象としたT型圧縮部材の一般寸法図を図-1に示す。断面諸元と座 屈強度は**表-1**に示す通りであり,弱軸(y軸)の細長比は約19である.



表−1 断面諸元と座屈強度

	断面積	Α [$[mm^2]$	3819
	有効座屈長	l_k	[mm]	2100
	細長比	l_k/r_y		19.04
本		l_k/r	z	11.18
	弾性係数	E[N	[/mm ²]	172555
	降伏荷重	Рү	[N]	1.044×10^{6}
	弹性座屈荷重	P _{ey}	[N]	1.795×10 ⁶
		P_{ez}	[N]	5.468×10^{6}

3. 部材腐食形状計測

腐食形状計測には、写真-1,2 に示すようなレーザー変位計を装備した 表面粗さ計測機を用いた. 図-2 は T1B 部材 (x = 700~1400mm)の実際の 腐食形状と計測した表面深さのコンター図である. ウエブの腐食はほとん どなく、フランジ両縁端部の板厚減少が激しい様子が精度良く描写できて いる.なお、計測データから算出した平均残存板 厚 t と標準偏差 s を表-2 に示す.

★ エリ残仔板厚と標準偏差	差
---------------	---

	フランジ	ウエブ	全体
平均残存板厚t[mm]	7.276	7.402	7.317
標準偏差s[mm]	2.601	1.253	2.223





写真-1 レーザー変位計 **写真-2** 表面粗さ計測機



キーワード 腐食, T型, 残存耐荷力, レーザー変位計, 最小断面積 連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1丁目1番地 TEL0426-77-1111(代表)

4. 解析条件

解析では、実腐食形状を再現したモデル(T1B)の他に ①T1B 図-3、4に示すような腐食度及び腐食断面をパラメータ にした耐荷力解析を行った.腐食度の違いによる解析は、 ①T1B、②健全体(腐食なし)に加え、T1Bの腐食深さt= t₀に対して、③腐食度25%体(t=t₀/4)、④腐食度50%体 (t=t₀/2)、⑤腐食度75%体(t=3t₀/4)の計5ケースであ る.図-3にその断面図を示す.断面形状の違いによる解 析は、①T1B、②健全体に加え、⑥平均断面体(T1Bの平 均断面)、T1Bの平均断面のフランジ・ウエブそれぞれの 平均板厚を一様に用いた⑦平均一様断面体、⑧最小断面体

(T1B の最小断面), T1B の最小断面のフランジ・ウエブ それぞれの平均板厚を一様に用いた⑨最小一様断面体の 計6ケースである. 図-4 にその断面図を示す.



図-5

要素分割図

数値解析には汎用有限要素解析ソフト MSC.MARC2005r2 を使用した.荷重は図 -1 に示すように集中荷重 P を断面重心 G 点に載荷した.境界条件は両端単純支持 である.腐食を表現するために部材を Solid 要素でモデル化した.また部材両端に は応力集中を緩和する目的で剛体 (Shell 要素)を取り付けた.腐食形状計測結果 を導入した FEM モデルを図-5 に示す (要素数 24816,節点数 38160).要素分割は

フランジ,ウエブともに部材軸方向を基本 8mm 間隔に分割した.腐食形状のモデル化は1×1mmの計測 腐食データを 8×8mm の範囲で平均値を取って節点データに変換し,腐食形状を再現した.構成則は *E*/10000 のひずみ硬化係数をもつバイリニア型,降伏条件には Von-Mises の降伏条件を用いた.初期たわ みは実測値(最大値 y:0.2mm, z:0.3mm)を1/2 正弦波で導入した.残留応力は考慮していない.

5. 解析結果

図-6 は、腐食度をパラメータにした荷重変位曲線である.縦軸は降伏荷重 P_rに対する載荷荷重 P の 無次元量を、横軸は部材長 l に対する部材中央の図心位置の z 軸方向変位の無次元量 w である.部材の 腐食が進行するほど最大圧縮耐荷力は低下し、T1B の耐荷力は健全体のそれと比べて約 55%まで低下し ている.図-7 は、断面形状をパラメータにした荷重変位曲線である.解析モデル①、⑧、⑨また解析モ デル⑥、⑦がそれぞれ同程度の耐荷力となり、同じ腐食量であればほぼ同じ耐荷力を示した.

以上の解析モデルの残存耐荷力に対して,最小断面積 A_{min}を評価パラメータとしてとり上げ,最小断 面残存率 A_{min}/A との関係を図-8 に示す.残存耐荷力と最小断面残存率との間に線形関係(P/P_Y=1.26A_{min}/A - 0.26)が成り立つことが分かる.また,図中には以前に得られた H 型断面圧縮部材の残存耐荷力評価式 (P/P_Y = 1.36A_{min}/A - 0.22)を合わせて示した.



6. まとめ

1) レーザー変位計を用いて腐食形状計測から精度の良い腐食形状を再現することができた.

2) 実腐食形状を導入した T1B モデルの耐荷力は, 健全部材のそれの 55%まで低下した. また腐食度の 相違は残存耐荷力に大きく影響し, 断面形状の相違は残存断面積が同等であれば耐荷力の低下は小さい.

3) 「型断面部材の圧縮耐荷力は最小断面残存率を用いることにより線形式で評価できた.

参考文献

1) 中野・野上・山沢・射越・笹嶋・三浦:腐食した鋼部材の圧縮耐荷力実験,第61回土木学会年次学術講演会,2006