

腐食減厚に伴う柱の残存耐荷性能

首都大学東京 学生会員 若林 孝行
 首都大学東京 正会員 野上 邦栄
 首都大学東京 正会員 山沢 哲也

1. 研究背景と目的

現在、高度経済成長期に建設された構造物の多くが、建設後 30～40 年経過し、経年劣化という重大な問題に直面している。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をする上では、疲労とともに腐食による劣化・損傷評価が重要になる。しかし、腐食損傷の程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言い難い状況である。

本研究では既設鋼構造物の構成部材に着目し、柱部材に腐食が生じたときの弾塑性挙動および残存耐荷性能を把握し、耐力の低下に影響を及ぼすパラメータ因子を解析的に明らかにする。

2. 腐食柱部材

2.1 対象部材

対象とした部材は、図-1 に示すような実橋の腐食により撤去された溶

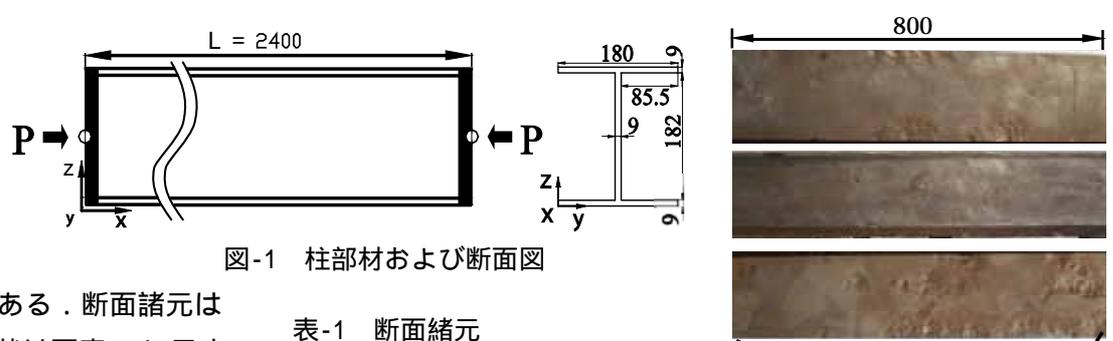


図-1 柱部材および断面図

接型 H 断面柱部材である。断面諸元は表-1 に示す。腐食形状は写真-1 に示すように、腐食による断面欠損の著しい箇所が上下フランジに見られた。ウェブにおいては比較的損傷が少なかったため、今回の解析では、上下フランジのみに腐食を導入した。平均及び最大腐食深さ¹⁾を表-2 に示す。計測した部材の腐食形状のデータを FEM に導入し解析を行った。図-3 に FEM に腐食を導入したモデルを示す。

表-1 断面緒元

A_0 [mm ²]	I_y [mm ⁴]	I_z [mm ⁴]	L/r_y	L/r_z
4878	34092906	8759057	28.7	56.6
P_{ey} [kN]			P_{ez} [kN]	
11683			3001.6	
P_{vy} [kN]			P_{vz} [kN]	
114.63				

表-2 表面腐食深さ

	平均表面腐食深さ(mm)	最大表面腐食深さ(mm)
上フランジ	0.401	7.97
下フランジ	0.667	7.572
ウェブ	0.155	5.731

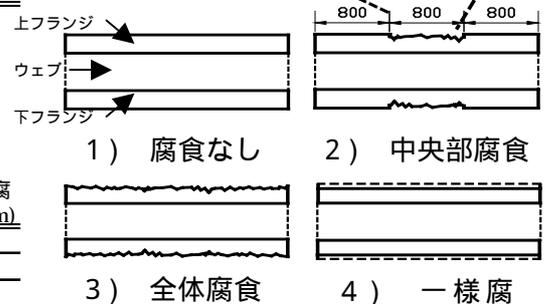


図-2 解析ケース

2.2 腐食形態

今回解析したケースは図-2 に示すような 1) 腐食なし、2) 上下フランジの中央部 ($x = 800 \sim 1600$ mm) の腐食、3) 上下フランジの全体の腐食、4) ケース 3) の最小断面面積で一様にした腐食 ($= 0.2$) の 4 ケースである。ここで、 α は面積欠損率であり、減少面積を健全時面積 A_0 で除した値である。

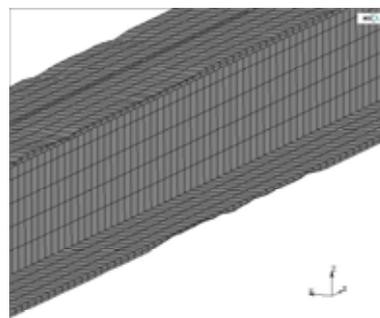


図-3 腐食導入モデル

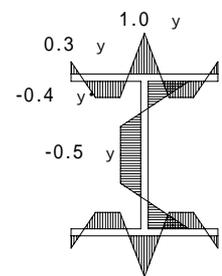


図-4 残留応力分布

キーワード：腐食，柱，残存耐荷力

連絡先：〒192 - 0397 東京都八王子市南大沢 1 - 1，Phone：0426 - 77 - 1111，FAX：0426 - 77 - 2772

3. 有限要素モデル

数値計算には、汎用有限要素法解析ソフトウェア MARC2001 を使用した。要素は、腐食形態を的確に表すためにソリッド要素を用いた。図-1 のように境界条件は単純支持とした。断面のメッシュ分割は図-5 に示すように板厚方向にはウェブ、フランジ共に2等分し、幅方向にはウェブは6等分、フランジは中央（ウェブとの接合部分）を2分割し、残りの両側をそれぞれ4等分した。軸方向は20mm 間隔に120等分した。また、モデルの両端には、集中荷重の載荷位置及び反力が大きくなる固定支点の応力集中を緩和する目的で、0.2mm ずつの剛体要素を配置した。腐食の導入は、それぞれのメッシュ中の計測値を平均した値を面積により重み付けをして算出した値とした。降伏条件は Von-Mises の降伏条件を適用する。構成則は、弾性域の1/100 のひずみ硬化係数からなるバイリニア型とした。残留応力は図-4 のような溶接型直線分布を仮定した。

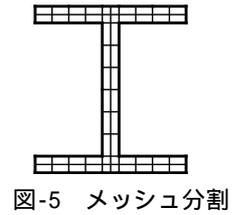


図-5 メッシュ分割

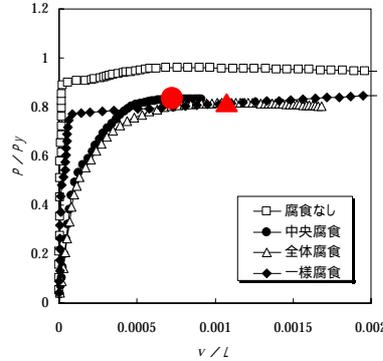


図-6 荷重変位曲線 (y 軸方向変位)

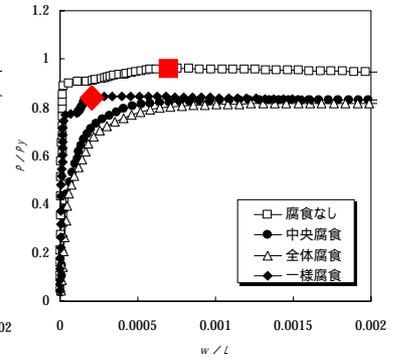


図-7 荷重変位曲線 (z 軸方向変位)

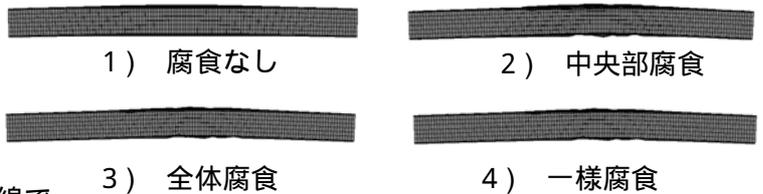


図-8 最大荷重時の柱の変形形状

4. 解析結果

図-6 は、横軸に部材中央の y 軸方向変位 v の無次元化した値、縦軸に載荷荷重を降伏荷重で除して無次元化した値をとった荷重変位曲線である。図-7 は、図-6 と同様に、横軸に z 軸方向変位 w を無次元化した値をとった荷重変位曲線である。

断面が一様であるケース 1), 4) は最大耐力付近までは y, z 軸方向にほとんど変位していない。それに対して腐食形状を導入したケース 2), 3) では、面内方向 (z 方向) には $P_u/P_y=0.4$ 程度の荷重で変位し始め、面外方向 (y 方向) には、載荷直後から変位し始めている。

図-8 は、荷重ピーク時のそれぞれの変形モードである。この図から、断面が一様なケース 1), 4) は全体的に変形している。それに対して実際の腐食を導入したケース 2), 4) では、中央部分が変形している。

図-9 は、それぞれの腐食形状の最大耐力を比較したものである。腐食を導入した 2), 3), 4) の 3 ケースは、ほぼ同程度の最大耐力になっているが、そのうち、ケース 3) の最大耐力が、ケース 4) の最大耐力より小さくなっていることから、実際の腐食を導入することにより、一様に断面を減少させた場合と比べて、応力集中などが生じていたと考えられる。

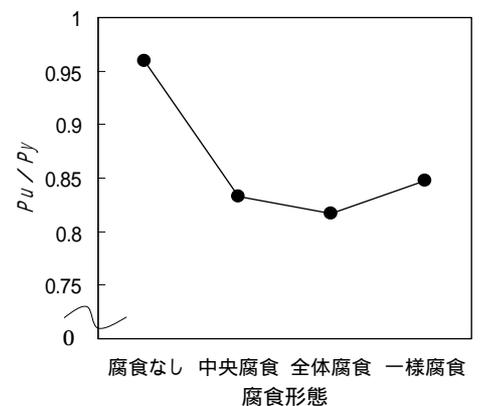


図-9 最大耐力の比較

5. 結論

最小断面が部材の中央部にあり、一様腐食と中央部のみ腐食の耐力がほぼ一致したことにより、柱の耐力は部材の最小断面で決まった。また、上下フランジの最小断面の面積欠損率 0.2 のとき、健全な柱より耐力が約 15% 低下するといえる。

参考文献

1) 塚田：腐食損傷部材の腐食形状と曲げ残存耐力に関する研究 修士論文 2004。