

腐食した T 型および H 型断面圧縮部材の残存耐荷力

福田道路(株) 正会員 玉置 一哲
鹿島建設(株) 正会員 山沢 哲也
首都大学東京 フェロー会員 野上 邦榮

1. 背景と目的

高度経済成長期に建設された多くの橋梁が供用期間 50 年を超える老朽橋となり、さまざまな損傷事例が報告されている。その様な状況の中、構造物の維持管理が極めて重要な課題となってきた。その適切な維持、更新にあたっては、橋梁の残存耐荷力を評価しなければならない。現在までにこのような評価法について様々な研究が蓄積されているが、橋梁の健全度を適切に判断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 H 型および T 型断面の圧縮部材を対象に、これまでに計測された腐食形状データ¹⁾を基に換算細長比 λ を変化させ、FEM 解析を行うことによって腐食部材の残存耐荷力特性を明らかにする。

2. 対象部材

対象とした腐食部材は、図-1 に示すような同一橋梁から撤去された H 型部材(4 体)、T 型部材(2 体)である。この 6 体の腐食部材に加えて、H 型部材、T 型部材それぞれの健全時部材を加えた 8 種類の部材について検討を行う。表-1 に、この腐食部材の健全時の断面諸元および強度特性を示した。腐食部材については、基本部材長 L_0 の全長にわたって、レーザ変位計を用いて表面形状を 1mm 間隔で計測し、板厚を算出した¹⁾。

表-2 に腐食部材の最小断面積 A_{min} および最大断面欠損率 $R_A=(A_0-A_{min})/A_0$ を示す。

3. 細長比を変化させた腐食部材モデルの作成方法

細長比 L/r を変化させた腐食部材は、基本部材を元に次のような方法で作成した。基本部材長よりも部材長が長くなるモデルは端断面を伸長し、一方短くなるモデルは、最小断面位置を含めた部分を対象とした。このようにして健全部材を含む 8 種類の部材について、細長比 L/r を 20.0~140.0 の範囲で変化させた 7 ケース、計 56 モデルを作成した。なお、この細長比は健全断面時の断面諸量によって算出したものである。

4. 解析条件

解析には、汎用有限要素解析ソフトウェア MSC. MARC2005r2 を使用した。腐食表面形状を表現するため、有限要素モデルはソリッド要素でモデル化した。メッシュの大きさは、フランジおよびウェブの部材軸方向を H 型部材、T 型部材それぞれ 10mm、8mm 間隔とし、この範囲にある腐食表面データの平均座標として節点座標値を決定した。節点数は約 40000、要素数は約 25000 である。図-3 に、腐食形状を導入した T 型部材モデルの例を示す。

荷重は、集中荷重 P を健全時の断面重心点に載荷した。部材両端には応力集中を緩和する目的で厚さ 1mm の剛要素を取り付けている。境界条件は両端単純支持である。また、初期不整として $L/1000$ を最大値とする正弦半波形状の初期撓みを導入した。

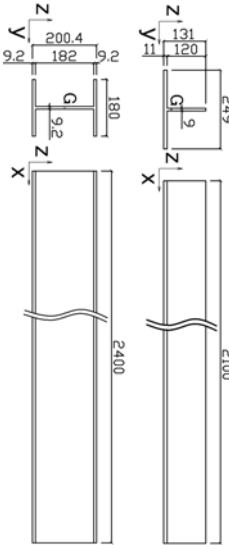


図-1 一般寸法

表-1 断面諸元

断面種類		H断面部材	T断面部材
部材長	L_0 [mm]	2350	2100
断面積	A_0 [mm ²]	4986	3819
回転半径	r_y [mm]	83.68	34.88
	r_z [mm]	42.38	60.88
断面2次モーメント	I_y [mm ⁴]	3.491×10^7	4.647×10^6
	I_z [mm ⁴]	8.954×10^6	1.416×10^7
細長比	L_0/r_y	28.1	60.2
	L_0/r_z	55.5	34.5
弾性係数	E [N/mm ²]	172555	172555
降伏応力度	σ_y [N/mm ²]	273.8	273.8
ポアソン比	ν	0.30	0.30

表-2 腐食部材の最小断面積および最大断面欠損率

部材名		H2A	H3A	H4C	H5C	T7A	T8A
最小断面積	A_{min} [mm ²]	3186	3291	4398	4268	2617	2599
最大断面欠損率	R_A	0.36	0.34	0.12	0.14	0.31	0.32

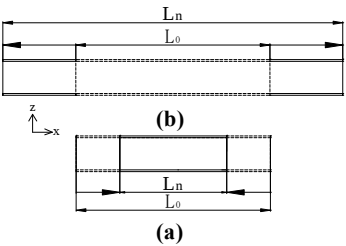


図-2 部材長の変化

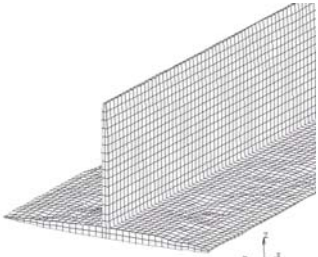


図-3 解析モデル例

キーワード 腐食、柱部材、耐荷力、細長比、維持管理

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL: 0462-77-2782

5. 腐食部材の圧縮耐荷力特性

図-4、図-5 に荷重-変位関係の例を示す。縦軸は降伏荷重 P_y で、横軸は部材長 L でそれぞれ無次元化している。腐食状況によって、支配的な面外変形が健全時の弱軸方向とは限らないため、面外変形2方向の絶対量を用いた。表-3 にすべての解析ケースの耐荷力について示した。

図-6、図-7 は、それぞれ H 型部材、T 型部材について、換算細長比 λ と解析で得られた耐荷力 P_u を降伏荷重 P_y で除した無次元化耐荷力 P_u/P_y との関係を示したものである。

図中には道路橋示方書に示されている柱部材の基準耐荷力曲線（道示耐荷力曲線）を書き入れているが、いずれの断面においても、 λ が小さい範囲では腐食部材の耐荷力は道示耐荷力に対して低下の度合いが大きい。しかし、 λ が大きくなるにつれ低下の度合いは道示耐荷力曲線のそれとほぼ同程度になっていることがわかる。これは λ が小さい短柱領域では腐食の影響が大きく、一方で λ が大きい長柱領域では、腐食の影響よりも相対的に座屈の影響が大きいためであると考えられる。

6. まとめ

実測した腐食形状を導入した有限要素モデルを用いて、さまざまな細長比の H 型部材、T 型部材について圧縮耐荷力特性を調べた。その結果、換算細長比 λ が 1.0 以下の部材の耐荷力は幅厚比の低下による板パネル座屈を伴う崩壊形式となり、腐食の影響が大きく現われた。それよりも λ が大きい値の場合は、腐食の影響はやや小さくなり、弾性座屈の影響も現われることがわかった。

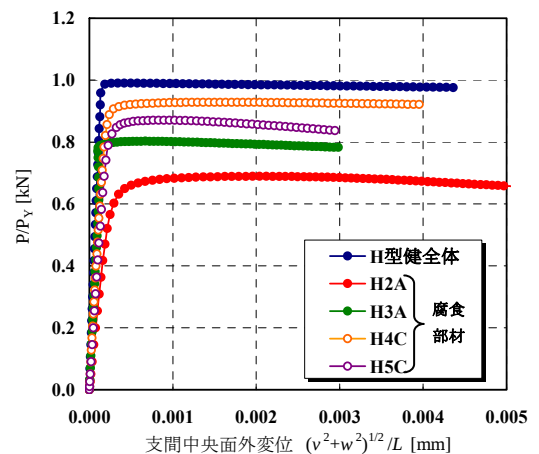


図-4 荷重-変位関係の例 ($L/r=20$)

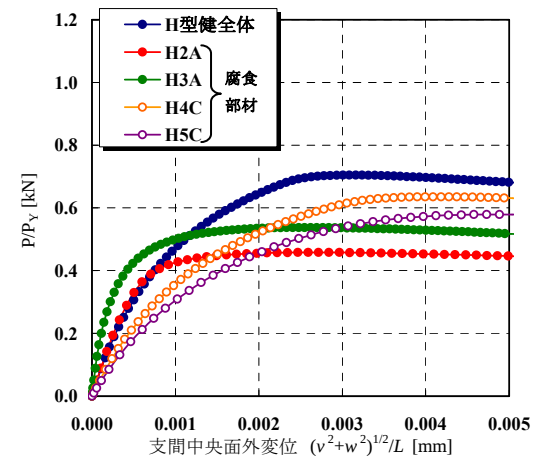


表-3 各解析ケースの耐荷力[kN]

L/r	道示 P_{cr}	H型健全体	H2A	H3A	H4C	H5C	T型健全体	T7A	T8A
20	1016	1352	941	1096	1267	1188	1036	653	705
40	872	1310	908	1026	1230	1160	1020	592	662
60	727	1185	852	940	1097	1004	976	541	597
80	582	962	625	734	868	791	826	484	532
100	441	713	457	529	653	603	579	399	435
120	339	525	327	391	484	460	405	297	324
140	267	398	243	296	378	356	300	221	241

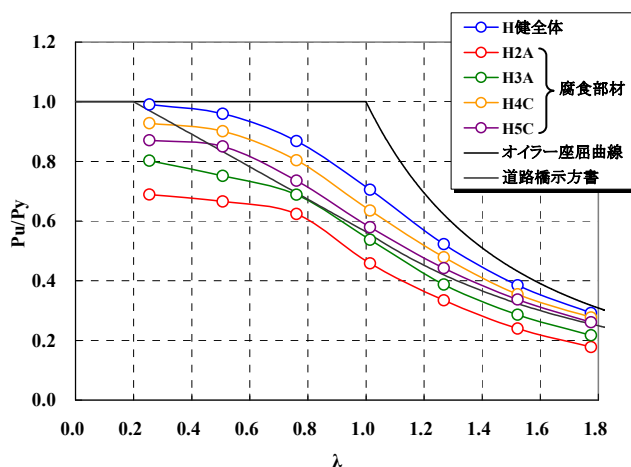


図-6 H 型部材の細長比と耐荷力との関係

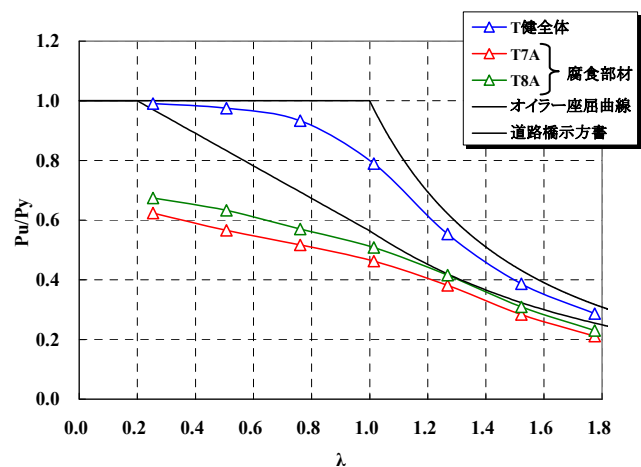


図-7 T 型部材の細長比と耐荷力との関係

参考文献 1) 山沢・野上・園部・片倉：厳しい塩害腐食環境下にあった鋼圧縮部材の残存耐荷力実験，構造工学論文集，Vol. 55A (2009 年 3 月)