腐食劣化したトラス橋斜材の残存耐荷力に関するパラメトリック解析

| 首都大学東京 | 学生会員 | 小峰翔一 | (独)土木研究所 正会員 | 村越 潤 |
|--------|--------|------|--------------|------|
| 首都大学東京 | フェロー会員 | 野上邦栄 | (独)土木研究所 正会員 | 梁取直樹 |
| 早稲田大学 | フェロー会員 | 依田照彦 | (独)土木研究所 正会員 | 前田和裕 |
| 早稲田大学 | 正会員 | 笠野英行 | (独)土木研究所 正会員 | 澤田 守 |

1.はじめに

現在,高度経済成長期に建設された橋梁が供用開始から 40 年近く経ち,急速な高齢化に加えて,重大損 傷の発生が懸念されている.そのような中,特に鋼橋においては,海外では鋼トラス橋の崩落事故や,国内 では腐食による主構造部材の破断事故が相次いで発生した.今後,このような致命的な事故に至る危険性の 高い橋が増えてくることが想定されるが,腐食損傷した主構造部材の耐荷性能を評価する手法は確立されて いないのが現状である.

本研究では,厳しい腐食環境下にあり供用 50 年を目前として腐食劣化により撤去された鋼トラス橋の斜 材に着目し,今後の腐食形状計測,載荷試験の予備解析として健全な圧縮部材と仮想的に腐食を導入した圧 縮部材の弾塑性有限変位解析を行い、残存耐荷力特性について比較検討する.

2. 研究対象

対象とした部材は,圧縮 力を受ける箱型断面斜材で あり,図1に示すような2 種類の幅厚比を有する部材 である.表1には2部材の 断面諸元および座屈強度Pe および道示¹⁾の柱の基準耐 荷力曲線から算出した耐荷 力 Puをまとめた.さらに,



| 衣 :部材諸兀一覧 | | | | | | | | |
|------------|--|----------------------|------------------------|--|--|--|--|--|
| | D4u-B | D50d-B | | | | | | |
| 断面寸法 | $H \times B \times t_w \times t_f$ [mm] | 378 × 210 × 9 × 9 | 378 × 360 × 14 × 12 | | | | | |
| 断面積 | A[mm ²] | 10260 | 18552 | | | | | |
| 部材長 | L[mm] | 5800 | 5800 | | | | | |
| 換算細長比 | | 0.719 | 0.436 | | | | | |
| 換算幅厚比 | R | 0.721 | 0.532 | | | | | |
| 鋼種 | SS400 | SS400 | | | | | | |
| 应品选度 | P_{ey}/P_{y} | 1.932 | 5.251 | | | | | |
| 产出浊反 | P_{ez}/P_{y} | 4.835 | 5.289 | | | | | |
| 耐荷力 | P_u/P_y | 0.717 | 0.871 | | | | | |
| 降伏強度 | $P_{v}[kN]$ | 2411 | 4360 | | | | | |

解析対象部材として換算細長比 を 0.2,1.2,2.0 となるように部材長を変え た圧縮部材を考慮する.また,初期不整は初期たわみを v₀=L/(1000,2000, 5000,10000)の4ケース,残留応力を図2のような圧縮残留応力 _{rc}=(0.1, 0.2,0.3,0.4) _y(_y は降伏応力)の4ケースを考慮する.

仮想的に与える腐食は,健全状態から板厚を 10%,20%,30%と全長に一様に減少させた均一腐食である.いま,腐食パラメータとして最大断面欠損率 R_A を R_A=(A-A_{min})/A × 100 (%)と定義する²⁾.ここに,A_{min} は最小断面積で ある.つまり, R_A=0,10,20,30の4腐食ケースを用いる.



図2:残留応力分布

3.解析モデル

解析には,汎用弾塑性有限要素解析ソフトウェア MARC2005r2 を用いた.圧縮部材は,Solid 要素でモデル 化した.構成則は,E/100 のひずみ硬化係数を有するバ イリニア型を仮定する.境界条件は,図3のように両端 単純支持で,集中荷重Pを断面重心位置に載荷する.非 図3:境界条件と荷重載荷方法

キーワード 腐食,トラス橋斜材,残存耐荷力,FEM 解析 連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 線形数値解析には弧長増分法を適用した.なお,両端部には荷重載荷時の応力集中による局所的な変形を防 ぐため,板厚 1mm の剛体を配置した.

4. 解析結果

図4は, D4u-B部材における初期不 整と最大断面欠損率 R_Aの変化による 耐荷力曲線を示している.図中の横軸 は換算細長比,縦軸は解析で得られ た耐荷力を降伏強度 P_y(= y*Amin</sub>)で無 次元化した値である.なお,図中の点 線はオイラー座屈曲線を,実線は ECCSの a₀曲線,破線はb曲線,太実 線は道示の基準耐荷力曲線を示してい る。解析結果のプロット点の値を表 3 に示す.図から最大断面欠損率 R_Aが



表3: D4u-Bの残存耐荷力

(P/Py, L/1000)

| | | | 断面欠損率 | | | |
|-------|----|------|-------|-------|-------|-------|
| rc | | | 0% | 10% | 20% | 30% |
| 0.1 y | | 0.24 | 0.975 | 0.968 | 0.962 | 0.920 |
| | | 0.72 | 0.823 | 0.817 | 0.811 | 0.805 |
| | У | 1.24 | 0.528 | 0.521 | 0.515 | 0.449 |
| | | 1.98 | 0.234 | 0.230 | 0.227 | 0.230 |
| 0.2 y | | 0.24 | 0.980 | 0.997 | 0.966 | 0.882 |
| | ., | 0.72 | 0.784 | 0.778 | 0.772 | 0.765 |
| | У | 1.24 | 0.508 | 0.502 | 0.495 | 0.489 |
| | | 1.98 | 0.231 | 0.227 | 0.224 | 0.232 |
| 0.3 | | 0.24 | 0.979 | 0.972 | 0.965 | 0.893 |
| | ., | 0.72 | 0.764 | 0.758 | 0.752 | 0.744 |
| | У | 1.24 | 0.480 | 0.474 | 0.469 | 0.463 |
| | | 1.98 | 0.225 | 0.222 | 0.219 | 0.226 |
| 0.4 | | 0.24 | 0.981 | 0.975 | 0.968 | 0.889 |
| | | 0.72 | 0.762 | 0.754 | 0.747 | 0.740 |
| | У | 1.24 | 0.466 | 0.460 | 0.455 | 0.449 |
| | | 1.98 | 0.223 | 0.220 | 0.246 | 0.213 |

増大するにつれて(黒色から青色に変化)耐荷力が低下していることが判る.この図は,初期たわみ v₀=L/1000 のケースであるが,他のケースも同様の傾向を示した.

図 5 は, R_A と耐荷力の 関係を示している.横軸 に R_A をとり,縦軸に耐 荷力を降伏強度で無次元 化した値をとった.この 図から,各 において R_A の増大に伴って耐荷力が 低下しており,特に =0.24 では板厚を 30%ま で減らすと急激に耐荷力 が落ちている.

図 6 は,健全部材の FEM 解析から得られた





図 6: 耐荷力の低下率(R_A=30)

耐荷力 P_{uo} に対する全ケースの R_A =30 による残存耐荷力 P_{30} の低下率 ={ $(P_{uo}/P_y)-(P_{30}/P_y)$ }/ (P_{uo}/P_y) *100 (%)を, 各 に対してまとめたものである.図中の横軸は ,縦軸は残存耐荷力の低下率を意味する. =0.24 での 低下率が大きい.これは,腐食による減厚により実質 b/t が大きくなり,小さな圧縮荷重で局部座屈を伴っ た圧壊が生じやすくなったためである.対象部材全体の低下率はほぼ 5%以内である.

5.まとめ

R=0.72 と 0.53 を有する箱断面圧縮部材が均一全面腐食した場合の残存耐荷力に関するパラメトリック解 析を実施した結果,健全部材の耐荷力に比して最大断面欠損率 R_Aの増大に伴って,残存耐荷力の低下率は 短柱領域で最大 10%程度,それ以外の換算細長比領域で最大 5%程度低下することを示した.

謝辞:本研究は,3者((独)土木研究所,首都大学東京,早稲田大学)による,腐食劣化の生じた橋梁部材の耐荷性能の評価手法に関する共同研究の一環として行っており,平成21年度建設技術研究開発助成を受けて実施されたものである.

参考文献:1)日本道路協会:道路橋示方書 共通編, 鋼橋編,2002,2)山沢・野上・園部・片倉:厳しい腐食 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,pp.52-60,2009