

断面欠損を有する鋼トラス橋圧縮部材の残存耐荷力評価に関する検討

(国研)土木研究所
首都大学東京
(国研)土木研究所
大日本コンサルタント(株)

正会員
正会員
正会員
正会員

○小峰 翔一
村越 潤
高橋 実
田代 大樹

首都大学東京
早稲田大学
日本大学

フェロー会員
正会員
フェロー会員
正会員

野上 邦榮
岸 祐介
依田 照彦
笠野 英行

1. はじめに

鋼トラス橋では、米国でのI-35W橋の崩落事故以降、トラス橋の主構部材の腐食欠損の進行による耐荷力の喪失が橋全体系の構造安全性に著しい影響を及ぼすことが指摘され、現実には直面する課題として重要視されている。しかし、腐食欠損による耐荷力の低下の程度や、その程度を評価するための具体的な診断手法が構築されるには至っていないのが現状であり、これらの技術的課題への対応が求められている。

腐食欠損の生じた橋梁の健全性の診断を行う上で、実際に腐食した橋梁部材の残存耐荷力の評価手法の検討は必要不可欠である。そこで、架け替え等により撤去された鋼トラス橋の主構部材を対象として、表面の腐食形状計測および載荷試験結果^{1)~4)}から、腐食状態と残存耐荷力の関係性について分析を行った。

2. 対象部材

表-1に、対象とした試験体の構造諸元を示す。これらは、著者らが実施した実構造部材による圧縮載荷試験において局部座屈により終局に至ったものである。ここで、耐荷力への影響を評価するための腐食程度の指標として、最小断面積によって求められる最大断面欠損率 R_A を用いることとした。

対象部材は、試験体G1を除いて部材断面としての減少量は著しいものではなかった。そこで、部材の断面欠損の圧縮耐荷力への影響を把握するため、一部の試験体には、機械切削加工により模擬腐食を導入している(図-1)。導入に際して、安全側の評価となるように厳しい腐食条件を想定し、面の幅全体に模擬腐食部分のアスペクト比が1程度となるような均一深さの腐食とした。



図-1 模擬腐食導入部(試験体A2)

3. 既存の耐荷力曲線による算定値との比較

図-2に、降伏応力により無次元化した耐荷力と換算幅厚比の関係を示す。図中には、道路橋示方書⁵⁾(以下、道示)の両縁支持板の耐荷力曲線と、土木学会の鋼・合成標準示方書の耐荷力曲線の根拠に用いられた既往の座屈試験データの平均値と下限値(平均値-2×標準偏差)に相当する耐荷力曲線⁶⁾も示す。各試験体ともに、平均値と下限値に対して、概ねばらつきの範囲内におさまっている。一方、道示式に対しては、換算幅厚比 R の大きい領域では試験値は大きく上回っている。道示式では、換算幅厚比 R の大きい領域において終局強度以降のねばり強さを考

表-1 試験体の構造諸元および試験結果

試験体		A2	A3	B1	B2	B3	C3	C4	G1	G2	G3
材質		SS400					SM400				
断面寸法[mm]		378×210×9×9	378×360×15×12	400×400×14×10			318×300×13×15		378×210×9×9		
断面積(健全断面)[mm ²]	A_0	10260	19260	18640			16488		10260		
最大断面欠損率[%]	R_A	30.3	13.9	3.3	4.9	24.7	23.3	38.8	14.7	1.6	1.6
換算幅厚比(健全断面)	R_1	0.78	0.52	0.70	0.70	0.70	0.43	0.43	0.75	0.75	0.75
換算幅厚比(腐食断面)	R_2	1.16	0.61	0.70	0.70	1.03	0.57	0.73	0.75	0.75	0.75
降伏応力[N/mm ²]	σ_y	285	261	262	262	262	265	265	262	262	262
弾性係数[kN/mm ²]	E	209	205	205	205	205	198	198	205	205	205
載荷試験時耐荷力[kN]	P_u	1666	4232	4672	4560	3173	3245	2338	2138	2337	2376

※ $R_A=(A_0-A_{min})/A_0\times100[\%]$, A_{min} : 最小断面積, グレーハッチング: 面の幅全体に模擬腐食を導入している試験体

※降伏応力および弾性係数は、材料試験の平均値

※腐食断面の換算幅厚比 R_2 算出時の板厚 $t=(1-R_A)t_0$, t_0 : 健全時の板厚

キーワード 箱断面部材, 腐食, 圧縮耐荷力, 局部座屈

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研)土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

慮して安全余裕を大きく設定しており、これが試験結果との乖離がみられる主な理由と考えられる。

4. 最大断面欠損率 R_A による局部座屈強度の評価

図-3 に、比較的近い傾向であった平均値曲線⁶⁾を用いた無次元終局強度と最大断面欠損率 R_A の関係を示す。図-3 (a)は R_A を考慮した換算幅厚比 R_2 (R_A から算出される最小断面平均板厚を用いた換算幅厚比) により終局強度を算出した場合であり、図-3 (b)は設計断面の換算幅厚比 R_1 により終局強度を算出した場合(図中の直線は試験結果の一次回帰式)である。これらの図には、著者らによる、箱断面斜材に対して模擬腐食の位置や範囲をパラメータとした解析結果⁷⁾についてもプロットしている。

図-3 (a)(b)より、模擬腐食を想定した場合においても、同一の R_A に対して腐食条件が異なれば終局強度は大きく異なることがわかる。ただし、図-3 (a)に示すように、解析値は R_A の増加とともにばらつきは大きくなるが、概ね1を上まわっており、換算幅厚比 R_2 に基づき終局強度を安全側には評価できるものと考えられる。図-3 (b)は、実務的な評価を意図した整理であるが、今回の試験結果は R_A に対して線形的に低下する傾向が伺える。また、図-3 (a)と同様に、解析値は R_A の増加とともにばらつきは大きくなるが、今回の試験結果に基づく一次回帰式が概ね下限値となっており、同回帰式による終局強度の概略評価は可能と考えられる。

5. まとめ

局部座屈で終局に至った試験体については、試験結果を模擬腐食部の換算幅厚比を用いて整理することにより、既往の局部座屈の耐荷力曲線のばらつきの範囲におさまることを確認した。また、部材の最大断面欠損率から最小断面平均板厚を算出し、同板厚による換算幅厚比を用いることにより、実腐食においても圧縮強度を安全側に評価できることを確認した。

実腐食に対して、高い精度でより合理的に耐荷力を推定するには、実腐食部材に対する多数の载荷試験データや解析結果を基に、 R_A 等の腐食評価指標と耐荷力との関連付けについて詳細検討が必要と考えられる。

謝辞：本研究は、土木研究所・首都大学東京・早稲田大学の共同研究「腐食劣化の生じた橋梁部材の耐荷性能評価手法」(平成23～27年度)の一環として実施したものであり、一部は、日本鉄鋼連盟の「腐食損傷の生じた鋼トラス橋部材の残存耐荷性能評価手法に関する開発研究」(平成25～26年度)に関する研究補助金の助成を受けて実施した。ここに記して、深謝の意を表する。

参考文献：1)栗原ら：腐食環境下にあった既設鋼トラス橋圧縮部材の残存耐荷力，第70回土木学会年次学術講演会，2015.9 2)田代ら：断面欠損を有する鋼トラス弦材の圧縮強度に関する载荷試験，第70回土木学会年次学術講演会，2015.9 3)山沢ら：模擬腐食を導入した鋼トラス橋斜材の残存耐荷力，構造工学論文集，Vol.59A，2013.3 4)遠山ら：腐食した鋼トラス橋格点部の残存耐荷力に関する载荷試験，第68回土木学会年次学術講演会，I-357，2013.9 5)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編・II 鋼橋編，2012.3 6)福本ら：Basic Compressive Strength of Steel Plates from Data Base, Proc. JSCE, Structural Eng./Earthquake Eng., No.344, 1984.4 7)小峰ら：模擬腐食を導入したトラス橋斜材の残存耐荷力，第66回土木学会年次学術講演会，I-531，2011.9

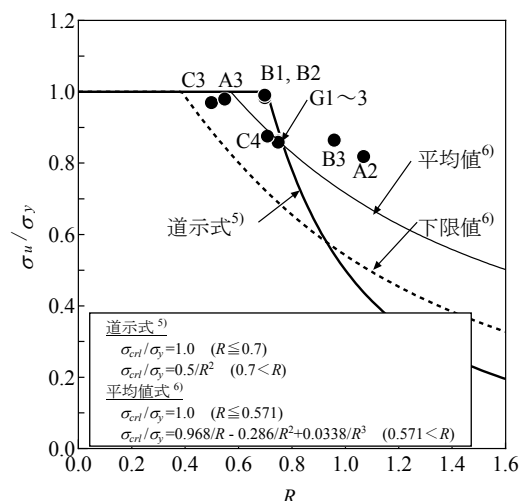
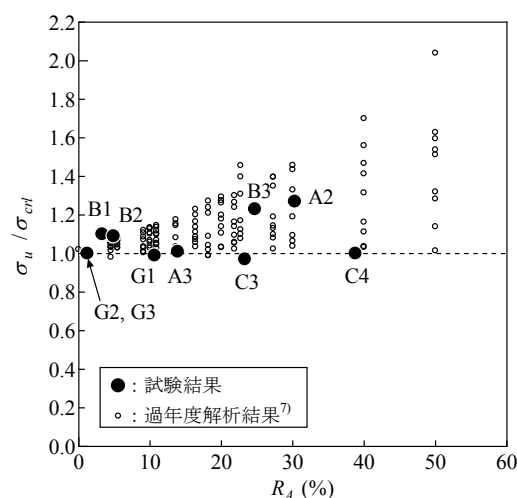
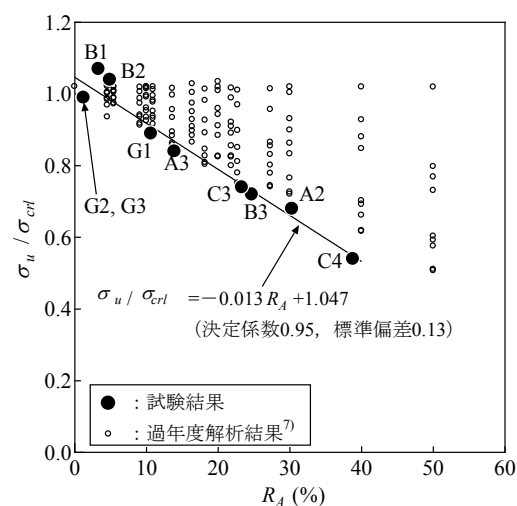


図-2 換算幅厚比と耐荷力の関係



(a) R_A を考慮して σ_{cr} を算出した場合



(b) 健全断面として σ_{cr} を算出した場合

図-3 無次元終局強度と最大断面欠損率 R_A の関係