

模擬腐食を導入した鋼トラス橋圧縮箱断面部材の残存耐荷力評価

首都大学東京 学生会員 ○井上恭輔 (国研)土木研究所 正会員 高橋 実
 フェロー会員 野上邦栄 (国研)土木研究所 正会員 小峰翔一
 首都大学東京 正会員 岸 祐介 早稲田大学 フェロー会員 依田照彦
 首都大学東京 正会員 村越 潤 日本大学 正会員 笠野英行

1. 目的

わが国では、高度経済成長期に整備された多くの橋梁の老朽化が進み、橋全体系または部材の損傷や損傷による事故を助長することが懸念されている。それらを事前に防止するには、既設橋の劣化・損傷を適切に評価し、対処するシステムが必要であり、そのようなシステムの構築には実橋における腐食の研究事例の蓄積が不可欠である。そこで本研究では、腐食損傷により撤去された鋼トラス橋の圧縮箱断面部材について、過年度実施した腐食形状計測および圧縮載荷試験¹⁾結果に対して、FEM解析による再現を試みる。

2. 対象とした箱断面部材

対象部材は、旧銚子大橋より撤去したトラス斜材 CaseA0~A3 上弦材 CaseB1~B3 の7体である。なお、対象部材は腐食損傷が全体的に少ないため人工の模擬腐食を導入している。図1は、Aシリーズの部材断面及び模擬腐食導入位置を示す。模擬腐食の導入位置は図1の赤色部分、断面欠損率などの詳細については表1に記す。ここで、CaseA2,A3,B3の模擬腐食は格点部ガセットプレート近傍に発生する斜材の腐食、CaseB2の模擬腐食は溶接部の腐食を想定している、

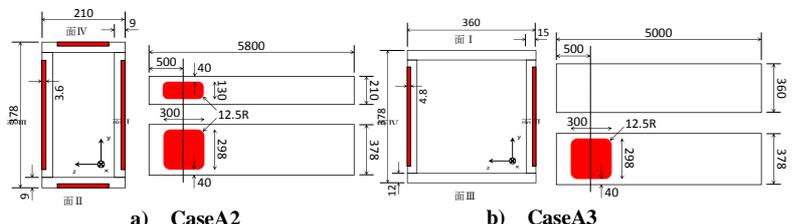


図1 部材断面及び模擬腐食導入位置

表1 模擬腐食概要

Case	部材寸法 (mm)	模擬腐食条件		
		腐食深さ	断面欠損率	板厚欠損率
A0	378×360×14×12	—	—	—
A1	378×210×9×9	—	—	—
A2	378×210×9×9	3.6	30%	40%
A3	378×360×15×12	4.8	15%	32%
B1	400×400×14×10	—	—	—
B2		2.0	0.9%	14%
B3		3.7	25.0%	37%

3. 腐食量計測

腐食量計測は、タワー型腐食表面形状測定装置を用い、3×3mm ピッチで行った。ただし、装置の測定可能範囲は2000mm×2000mmであるため、長手方向に3回盛り替えて計測した。代表例として CaseA3 面IVの腐食状況を図2に示す。基準面を黄色(腐食深さ d=0)、減肉領域を赤色(-2.5<d<0)と青色(d<-2.5)、当て板などによる隆起領域を緑色(0<d)で示している。特徴としては、模擬腐食が入っていること、及び腐食深さが-6mmを超える局所的な腐食損傷が点在していることが挙げられる



図2 CaseA3 面IV腐食分布状況

4. FEM解析

腐食損傷による圧縮部材の残存耐荷力を数値的に捉える為、FEMによる圧縮載荷試験の再現を試みた。解析には汎用弾塑性有限要素解析ソフトウェア MSC.MARC.2011 を使用した。Aシリーズの圧縮載荷試験は図3のように部材境界部の両端にシェル要素の薄い剛板、さらに梁要素の剛棒を設置して載荷板及び球座を表現し、モデル化した。数値モデルにおいて、図4のように健全体モデルの節点を腐食量分だけ板厚

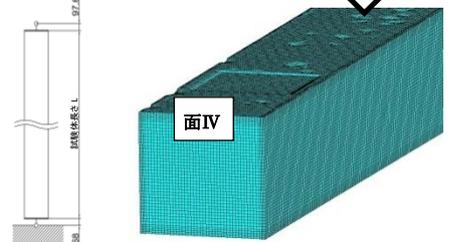


図3 境界条件

図4 腐食導入モデル

キーワード 腐食劣化, 残存耐荷力, 座屈, トラス橋, 箱断面部材

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 TEL:042-677-1111(内 4572)

方向に移動させることで、腐食形状を再現している。また、部材の初期たわみは支間中央で最大たわみが弱軸方向に対して $L/5000$ となる正弦半波を、残留応力は最大引張応力 $1.0\sigma_y$ と最大圧縮応力 $0.25\sigma_y$ の理想形三角分布を仮定している。なお、板ごとのたわみは今回考慮していない。構成則は、材料引張試験から得られた6つの応力-ひずみのデータを平均し、曲線に沿うような5点折れ線近似を採用した。

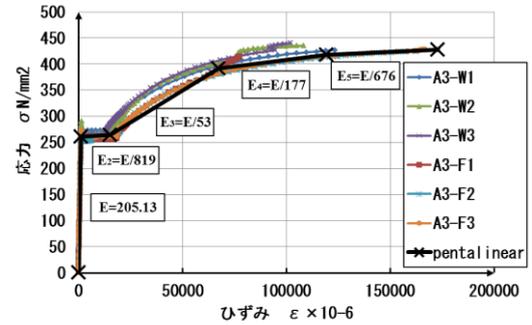


図5 材料試験構成則

5. 実験と解析の比較

図6, 図7に実験及び解析から得られた荷重-変位曲線を示す。全体を通して、解析結果は実験の挙動を精度よく追えているが、Bシリーズに関して、立ち上がりの挙動が実験より大きくなっている。全部材の実験及び解析の最大荷重を比較したものが図8であり、実験値に対する最大荷重誤差は、CaseA2の14.6%を除き、全部材とも10%以内に収まっている。また、図9に示したCaseA3の実験と解析の終局時の変形モード比較より、実験では面IVの模擬腐食導入部(写真の銀色部分)が面外方向に膨らみ、面Iの未導入部が面内方向に凹む挙動を示したのに対して、解析では、模擬腐食導入部が凹み、未導入部が膨らむ異なる変形モードが確認された。さらに、同様の状況がCaseA2,B1,B2においても確認されている。

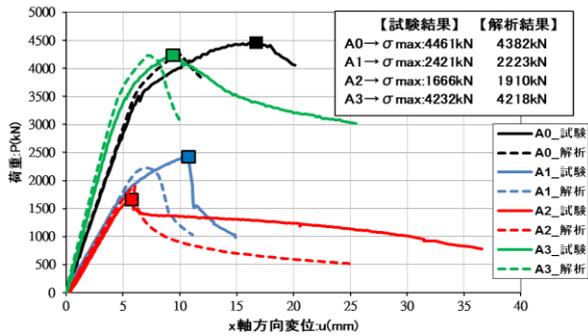


図6 荷重-変位曲線(Aシリーズ)

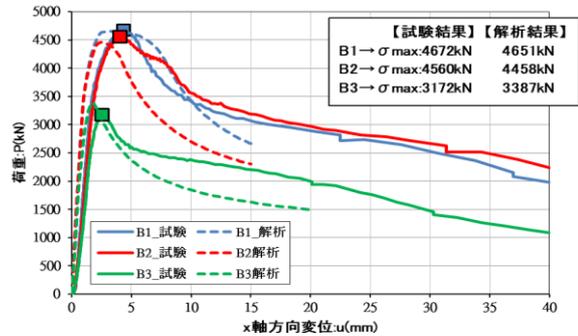


図7 荷重-変位曲線(Bシリーズ)

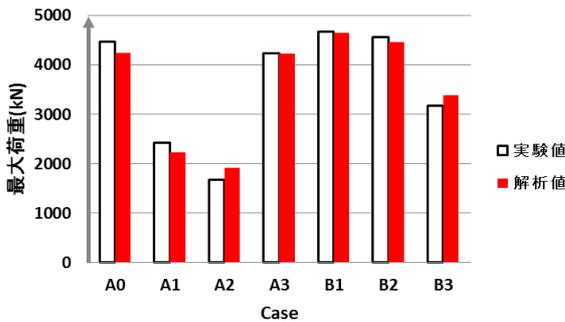


図8 実験と解析の最大荷重



図9 CaseA3 変形モード比較

6. 結論

本検討では、腐食損傷を受けた鋼箱断面部材について、過年度の載荷試験の条件・結果をもとに数値解析による再現を試みた。その結果、実験による耐荷力を精度よく再現できることを明らかにした。しかし、特定の部材に関して、崩壊時の板の変形モードが実験とは異なる変形を示している。実験を再現した解析において、実験と異なる変形が生じていることには、何らかの影響を及ぼす条件があり、それらを改善する必要がある。これについては、数値モデル化にあたり、板ごとの初期たわみを導入していないこと、荷重の偏心および腐食量の導入方法が影響を及ぼしていることが考えられる。したがって、これらの影響要因を考慮してより実験の変形モードを捉えられるように検討を進めていく。

参考文献: 1) 栗原雅和: 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に関する研究, 修士論文, 2014.