

模擬腐食を導入したトラス橋圧縮斜材の残存耐力評価

(株)東京鐵骨橋梁 正会員 ○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 野上邦榮 (独)土木研究所 正会員 遠山直樹
鹿島建設(株) 正会員 山沢哲也 (独)土木研究所 正会員 澤田 守
早稲田大学 フェロー会員 依田照彦 (独)土木研究所 正会員 有村健太郎
早稲田大学 正会員 笠野英行 (独)土木研究所 郭 路

1. はじめに

長期間供用された鋼橋において、主構部材に著しく腐食欠損の生じた事例が報告されている。今後、このような劣化損傷に関して、その損傷程度に応じて、適切に構造安全性を評価することが重要であるが、腐食損傷した主構造部材の耐力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。

今回、約 50 年経過し、地震による被害のため撤去された鋼トラス橋の箱形断面を有する斜材を対象に、圧縮耐力試験¹⁾が行われた。そこで本研究では、その試験体をモデル化した解析により、圧縮部材の残存耐力特性に関する解析的検討を行う。なお、撤去部材は、50 年経過しても腐食がほとんどなかったため、模擬的に腐食を導入する。

2. トラス橋斜材

対象とした部材は、図 1 に示すような無補剛箱形断面圧縮斜材である。表 1 には、その断面諸元、座屈強度 P_e 、道示²⁾の柱の基準耐力曲線から算

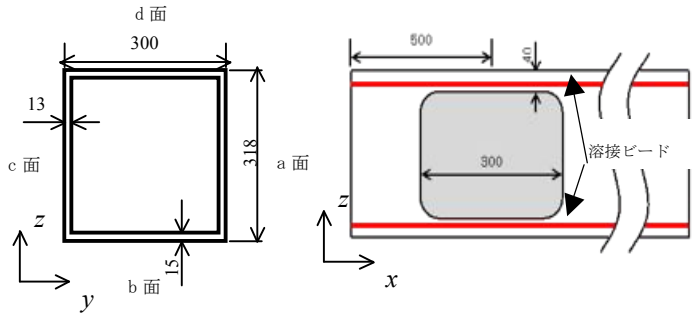


図 1：部材断面と模擬腐食導入位置

出した耐力 P_u および引張試験から算出した降伏軸力 P_y を示す。

模擬腐食形態は、局部腐食として 4 面全てに対して、図 1 に示す部材端部から 500mm の位置を中心に幅 300mm の領域に導入する。

いま、腐食パラメータとして、最大板厚欠損率 R_t および最大断面欠損率 R_A を次式のように定義する³⁾。

$$R_t = (t - t_{min}) / t \times 100 (\%) \quad (1)$$

$$R_A = (A - A_{min}) / A \times 100 (\%) \quad (2)$$

ここに、 t 、 A は各々健全時板厚、断面積、 t_{min} 、 A_{min} は各々最小板厚、最小断面積である。板厚を減肉した表 2 に示すような 4 腐食ケースのモデルを作成した。

3. 解析モデル

モデルには、Solid 要素を採用した。メッシュ分割は、フランジ、ウェブ共に 10 分割、肉厚方向に 3 分割している。構成則は、2 体の引張試験結果を平均した図 2 に示す折線近似モデルを定義した。この時、表 1 にあるように降伏応力は平均値である $\sigma_y = 265 [N/mm^2]$ とした。境界条件は両端単純支持で、非線形数値解析には変位増分法を適用した。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 100mm の剛体を配置した。初期不整として、初期たわみは

表 1：部材諸元一覧

		N
断面積	$A [mm^2]$	16488
部材長	$L [mm]$	3000
有効座屈長	$L_k [mm]$	3200
換算細長比	λ	0.295
	λ_k	0.315
換算厚厚比	R	0.362
鋼種		SM 41A
座屈強度 (L)	$P_{ey} [kN]$	56695
	$P_{ez} [kN]$	48646
座屈強度 (L_k)	$P_{ey} [kN]$	49829
	$P_{ez} [kN]$	42755
耐力 (L)	$P_u [kN]$	4309
耐力 (L_k)	$P_u [kN]$	4258
降伏強度	$P_y [kN]$	4369
降伏応力	$\sigma_y [N/mm^2]$	265

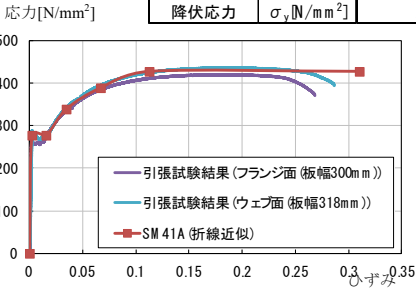


図 2：構成則

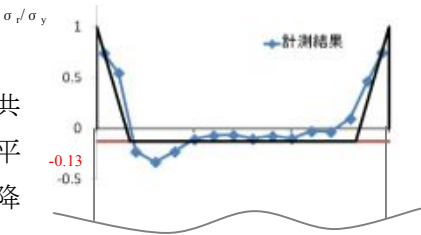


図 3：残留応力分布

計測結果を導入した。残留応力は図3に示すように、計測結果から圧縮側が $0.13\sigma_y$ の理想化した直線分布形状を用い、同様の分布形状を全面に導入した⁴⁾。

4. 残存耐荷力評価

図4は、解析で得られた荷重変位曲線を示している。図中の横軸は、x軸方向変位、縦軸は荷重である。なお、図中のプロット点は各ケースにおける最大荷重点を示している。全てのモデルにおいて、

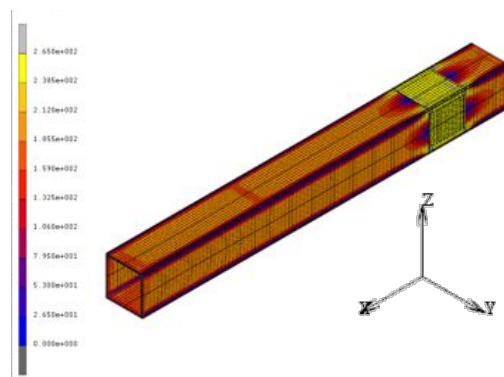


図5：応力コンター図(CASE-4)

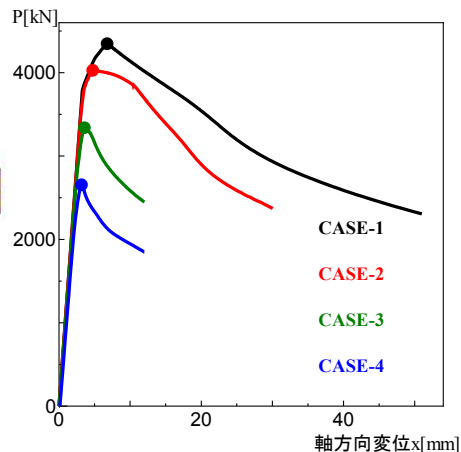


図4：荷重変位曲線

最大荷重点まで線形的に荷重が増加し最大荷重後に急激に減少する傾向にあった。CASE-4における最大荷重点の応力コンター図を図5に示す。この図から、模擬腐食導入部に応力が集中していることがわかる。他の模擬腐食導入モデルも同様の傾向を示した。

図6は、実際に行われた圧縮耐荷力試験結果と今回の解析結果を比較したものである。縦軸が試験値で、横軸が解析値である。この図が示すように、模擬腐食量が増加するにつれ試験値との差が生じるものの、試験結果を概ねとらえている。

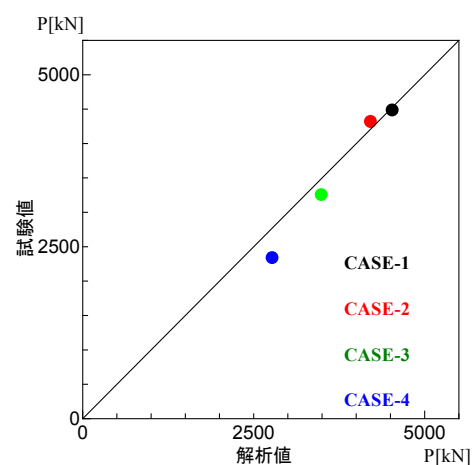


図6：試験値と解析値の比較

解析により得られた最大荷重を残存耐荷力としたときに、それを表1の P_u で無次元化したものを縦軸にとり、横軸に最大板厚欠損率 R_t をとったもの、最大断面欠損率 R_A をとったものがそれぞれ図7、図8である。これらの図から、下の式(3)、(4)に示すような線形関係が得られた。

$$P_{\max}/P_u = 1.02 - 0.0080R_t \quad (3)$$

$$P_{\max}/P_u = 1.02 - 0.0103R_A \quad (4)$$

5. まとめ

今回のモデル化手法により、試験値に近い結果を得ることができた。

また、今回の腐食ケースにおいては、その最小板厚、または最小断面積により、残存耐荷力を推定することができる。

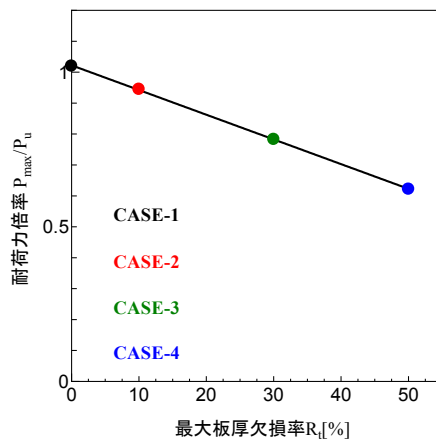


図7： R_t と $P_{\max}/P_u$ の関係

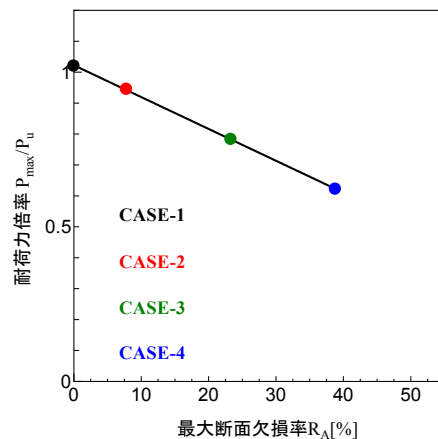


図8： R_A と $P_{\max}/P_u$ の関係

謝辞：本研究は、(独)土木研究所、早稲田大学、首都大学東京の3者による、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、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)山沢，他：模擬腐食を導入した既設トラス橋圧縮斜材の耐荷力実験，第67回年次学術講演会，2012，2)日本道路協会：道路橋示方書Ⅰ共通編，Ⅱ鋼橋編，2002，3)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.711-720，2009，4)宮下，永田，澤田，野上，長井：磁歪法による既設鋼橋の箱形断面部材の残留応力計測，第38回土木学会関東支部技術研究発表会，I-15，2011