

腐食した鋼トラス橋格点部の圧縮残存耐荷力に関する研究

(独)土木研究所 正会員 ○澤田 守
 (独)土木研究所 正会員 村越 潤
 (独)土木研究所 正会員 遠山 直樹
 (独)土木研究所 正会員 有村 健太郎

(独)土木研究所 郭 路
 早稲田大学 フェロー 依田 照彦
 早稲田大学 正会員 笠野 英行
 首都大学東京 フェロー 野上 邦栄

1. はじめに

近年、国内の鋼道路橋ではトラス橋斜材の腐食欠損に伴う破断事故等が発生している。トラス橋等の主構部材においては、部材の損傷が橋全体系の安全性に重大な影響を及ぼす可能性があり、構造物の状態を適切に調査・診断するための技術が求められている。ここでは、腐食の生じた鋼トラス橋格点部に着目し、撤去部材を用いて載荷試験及び腐食状況を模擬した FEM 解析を行い、破壊性状及び残存耐荷力を検討した結果を報告する。

2. 対象格点部

対象とした橋梁は、橋長 407m の鋼 5 径間連続下路式トラス橋である。本橋は、塩害による部材の腐食損傷が著しく、2009 年に新橋の供用開始に併せて撤去された。図-1 に対象とした部位 P25d (下流側上弦材の格点部) および撤去前の塗膜除去前の状況を示す。対象格点部は、塗膜を除去後、レーザー変位計を組み込んだ腐食形状計測装置を用いて腐食量の計測を行った¹⁾。図-2 にガセットプレート (以下、ガセットと示す) の下流側の計測結果を示す。特に、ガセット内面の斜材先端部に著しい腐食が生じていた。なお、腐食量計測は、ガセットの上流側、斜材ウェブ、弦材についても行っているが、ここでは省略する。

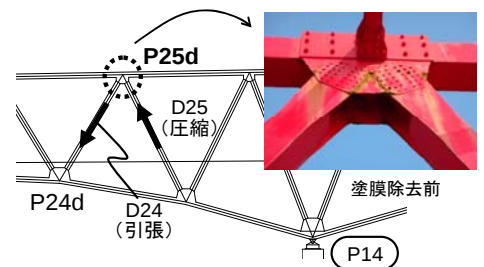


図-1 対象格点部

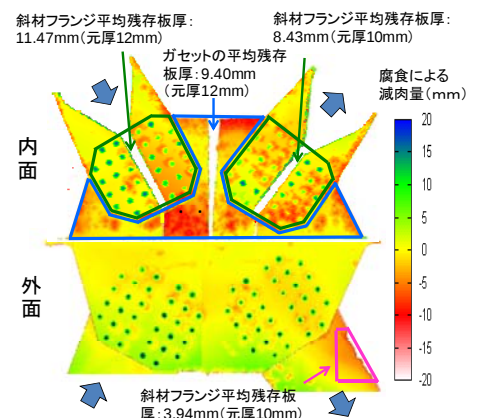


図-2 腐食量計測結果 (下流側)

3. 実験及び解析方法

図-3 に試験体と試験治具の概要を示す。載荷試験は、それぞれの斜材に圧縮荷重および引張荷重を漸増載荷する 2 軸載荷とした。それぞれの荷重は、圧縮側および引張側の斜材の設計軸力が概ね同値であることから、両者の荷重増分は同じとした。圧縮側は 30MN 大型構造物万能試験機にて、引張側は載荷治具に設けたジャッキを取り付けた自定式フレームにより載荷した。載荷試験時に、引張荷重が約 2000kN の時点で試験体の引張載荷用治具取付部付近に角割れが生じた。このため、引張荷重は 1500kN

まで荷重を落とし、1500kN 固定とした条件で、圧縮側の荷重を増加させた。なお、自定式フレームは死荷重が試験体に作用しないように支保工で支持している。

解析は、弾塑性有限変位解析とし、弧長増分法により行った。解析モデルは、格点部および載荷試験用の取付架台をシェル要素、リベットを線形バネ要素でモデル化した。リベットの線形バネについては、事前にバネ値をパラメータとした解析を行い、バネの絶対値が最大耐力に与える影響が小さいこと等を踏まえ、ここでは剛結とみなせる

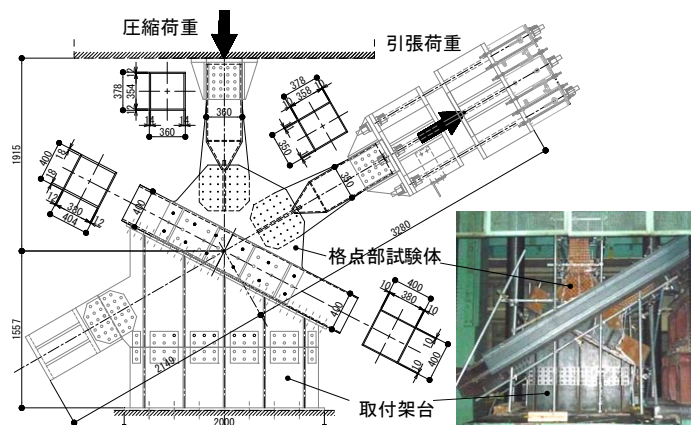


図-3 試験体と試験治具の概要

キーワード 腐食, トラス格点部, 耐荷力, 載荷試験, FEM 解析

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

ようなバネ剛性を与えた。また、鋼材の応力 - ひずみ関係については、斜材及びガセットから試験体を切り出し引張試験を行った結果に基づき、ガセット及び斜材それぞれに対してトリリニア型で設定した(図-4)。降伏条件は、Von Mises の降伏条件、硬化則は、等方硬化則とした。また、解析ケースは、腐食が生じていない健全を仮定した健全ケースと、腐食量計測の結果を基に腐食を考慮した腐食ケースの2 ケースとした。腐食条件は、一定領域ごとに平均残存板厚を考慮した。例えば、ガセットは、図-2 中の青線で囲まれた領域の平均値を求め(上流側 9.0mm, 下流側 9.4mm)、上・下流の平均残存板厚 9.2mm (ガセットの元厚 12mm に対して 23%減)を、解析で考慮した。表面については、リベット周りで腐食が見られるものの影響は小さいと考え、ここでは考慮していない。また、斜材フランジと接する面のすきま腐食はないと仮定した。図-2 中で線で囲まれていない領域は元厚とした。なお、図-2 中には示していないが、解析では斜材ウェブの腐食についても考慮している。

4. 実験及び解析結果

図-5 に荷重載荷位置の荷重-変位曲線、図-6 に試験後の試験体の変形状態について示す。載荷試験では、最大荷重は、約 3598kN であった。ガセット先端部において外面に向かって面外変形が見られ、ガセットの自由縁端でも面外変形が発生しており、ガセットの変形の進行に伴い耐力が失われたものと考えられる。

健全モデルと腐食モデルの最大荷重は 4693kN と 3779kN であり、腐食を考慮することにより、耐力は 3/4 程度に低下した。耐力の低下率は、ガセットの減厚の比率に近い値を示している。また、実験における最大荷重は、腐食モデルの最大荷重の 1.05 倍であり、不均一な腐食欠損をガセット全体にわたって平均板厚でモデル化することの妥当性は今後検討が必要であるが、概ね近い結果が得られた。図-7 に、腐食モデルにおける最大荷重時の変形図を示す。解析結果は実験結果と同様に、斜材先端の面外変位はガセット外側に向かって面内変形が生じていたが、ガセット自由端については、実験結果と解析結果に相違が見られた。

5. まとめ

実橋から切り出した腐食損傷を有する鋼トラス橋格点部の載荷試験を行い、破壊性状と残存耐力について把握するとともに FEM 解析結果との比較を行った。解析と実験で変形性状に相違が見られたため、この点を含め、今後も継続して腐食損傷を有するトラス格点部の残存耐力に関する検討を進めていく予定である。

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力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) 野上邦栄, 山本憲, 山沢哲也, 依田照彦, 笠野英行, 村越潤, 遠山直樹, 澤田守, 有村健太郎, 郭路: 鋼トラス橋の上弦材側格点部の腐食計測とその腐食形態の特徴, 構造工学論文集 Vol.58A, 2012.3.

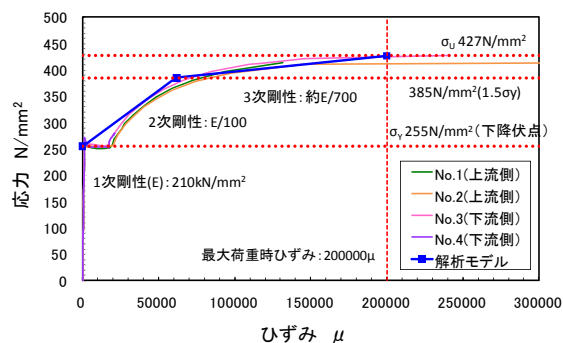


図-4 解析で用いた応力ひずみ関係(ガセット)

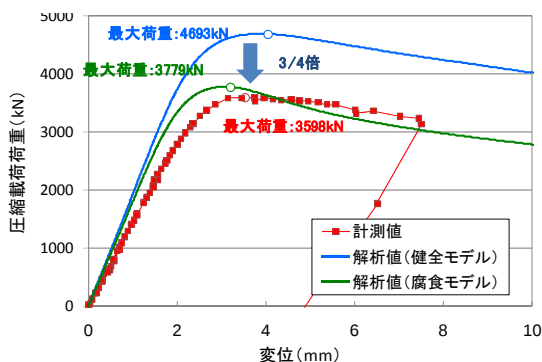


図-5 荷重載荷位置の荷重-変位曲線



図-6 試験後の試験体の変形状態

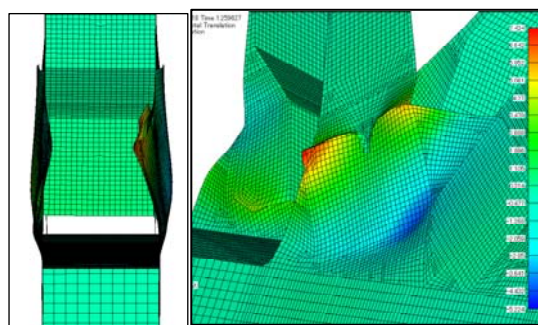


図-7 解析(腐食モデル)の変形図