

腐食損傷の著しい鋼トラス橋の現地載荷試験と耐荷性能評価

(独) 土木研究所	正会員	○有村 健太郎	(独) 土木研究所		郭 路
(独) 土木研究所	正会員	村越 潤	早稲田大学	フェロー会員	依田 照彦
(独) 土木研究所	正会員	遠山 直樹	早稲田大学	正会員	笠野 英行
(独) 土木研究所	正会員	澤田 守	首都大学東京	フェロー会員	野上 邦栄

1. はじめに

トラスやアーチのような橋梁形式の場合、主構部材の損傷が橋全体系の安全性に与える影響は大きく、一部材の破断が落橋等の致命的な損傷につながるおそれがある。このため、このような損傷を有する橋梁の安全性を確保し、橋全体系の耐荷性能を適切に評価するための調査・診断技術が求められている。本文では、撤去された鋼トラス橋を対象として、撤去前に実施した現地載荷試験の結果と構造解析による耐荷性能の検討結果について報告する。

2. 対象橋梁の概要と試験内容

対象とした橋梁は、昭和 37 年に建設されたゲルバー径間を有する鋼 5 径間連続下路式トラス橋である（図-1）。厳しい塩害環境に位置しており、床組、上下横構、トラス格点部周辺に著しい腐食欠損が生じ、過去に部材補強や横構の部材取替が行われたが、平成 21 年度に撤去された。載荷試験は、主に P16～P17 径間（ゲルバー径間）において、荷重車（20tonf）を用いて着目主構格点位置に直列 2 台、並列 2 台載荷する格点載荷と、各車線上に 1m ピッチで荷重車 1 台を移動させながら載荷する影響線載荷を実施した。全体挙動を把握する観点から主構部材、床組のひずみ、変位の計測を、構造上弱点となる可能性のあるトラス格点部の挙動を把握する観点から、ガセット及び斜材取付け部のひずみの計測を行った。併せて、弾性 3 次元 FEM 解析による再現解析を行い実測値との比較を行った。解析は弾性微小変形解析とし、解析モデルは主構、床組及び横構にはり要素を、床版にシェル要素を用いた立体解析モデルとした。トラス格点部については主構面内・面外ともに剛結合とした。なお、部材の補修履歴は解析モデルに反映したが、腐食欠損の影響は考慮していない。

3. 載荷試験結果

図-2 に下り車線の影響線載荷時における 3 主構部材（上弦材、斜材、下弦材）の軸方向応力について、計測値と解析値の比較結果を示す。計測値と解析値は比較的良く一致している。また、図-3 に格点載荷ケースに対する主構部材の軸方向応力の計測値と解析値の関係を示すが、概ね一致しており、トラス主構部材の主たる断面力である軸方向力に対しては、前述の解析モデルにより活荷重載荷時の応答を適切に再現できることがわかる。なお、斜材については、軸方向応力の他にトラス格点部取付け部の面内・面外曲げ応力の計測を行っており、軸方向応力に対して面内で約 10%、面外で約 30%（車線側が引張）の曲げ応力が発生している。

4. 耐荷性能評価手法の検討

図-3 には、床版と縦桁を合成及び非合成と仮定した場合の解析値を併記する。両者の差はほとんどなく、お

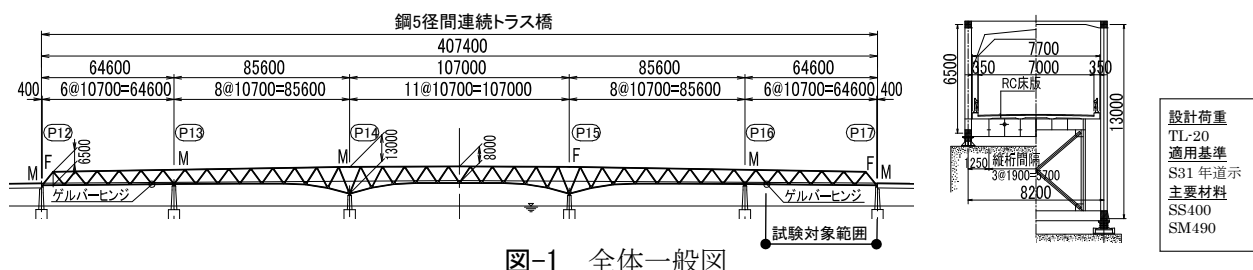


図-1 全体一般図

キーワード 腐食, 計測, 載荷試験, トラス, 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

おむね同じ値を示していることがわかる。これより、合成または非合成の仮定による各主構部材の断面力の違いは小さく、床版の接合条件が全体挙動に与える影響は小さい。ただし、床版の接合条件は、当然ながら縦桁の挙動に対して影響がある。本橋の縦桁は、載荷試験の結果では非合成に近い値を示しており、撤去後の調査によれば、ほとんどの上フランジ全面に腐食劣化が見られたことから、床版コンクリートとの付着が喪失された状態であったものと推測される。

また、主構部材に著しい断面欠損が生じた状態を想定して、構造全体系の耐荷性能に与える影響について、同様のモデルを用いた弾性 3 次元 FEM 解析（床版と縦桁間の接合は合成と仮定）により検討した。解析ケースは、①健全時、②1 斜材のみ腐食した場合（腐食大、腐食小の 2 ケース）、③斜材の片側主構が全て腐食した場合、④斜材の両側主構が全て腐食した場合の 5 ケースとした。なお、腐食は着目斜材が全長にわたり一様に断面減少するものと仮定した。図-4 に健全時に対する部材の応答値を示す。いずれの腐食パターンについても軸方向力の変化は小さく、腐食による断面欠損が各主構部材の断面力分担に与える影響は小さいと言える。一方、応力については当然ながら断面積の減少に応じた増加が生じている。今後、不均一な腐食による応力集中の影響を含め、格点部及びその周辺の応力状態、残存耐荷性能を検討していく必要がある。

5. まとめ

主構部材の軸方向応力による挙動に関しては、はり要素を主体とした弾性 3 次元 FEM 解析により概ね再現できること、主構部材が破断していない状況では、腐食欠損の状況が各主構部材の断面力分担に及ぼす影響は小さいことがわかった。また、トラス格点部斜材取付け部では、活荷重載荷時に主構部材に面内・面外曲げ応力が発生しており、かつ腐食劣化の厳しい状況であることから、これらの部位の残存耐荷性能の評価にあたっては、二次応力や腐食損傷の影響を適切に評価することが重要と考えられる。

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、建設技術研究開発助成を受けて実施されたものである。

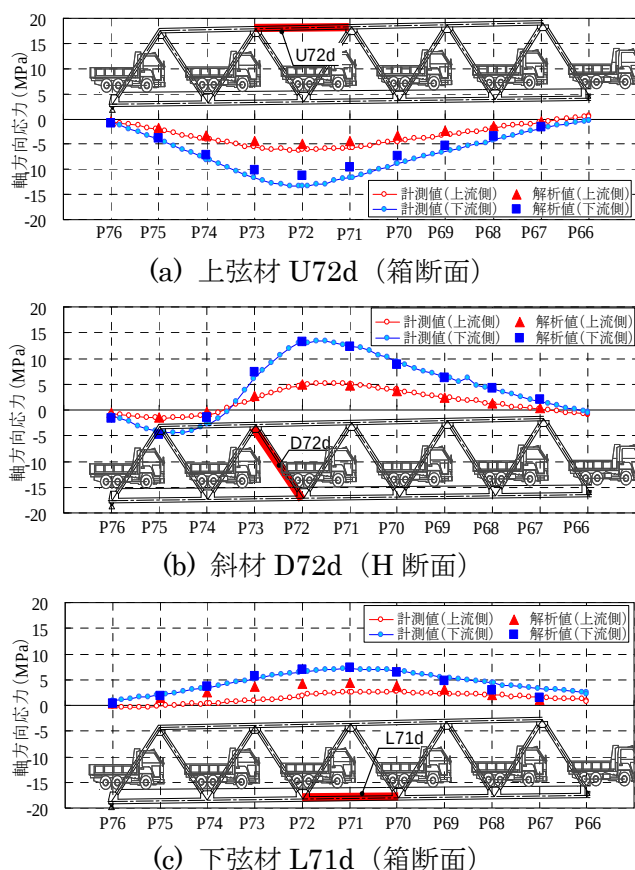


図-2 荷重車影響線載荷時の主構部材の応力

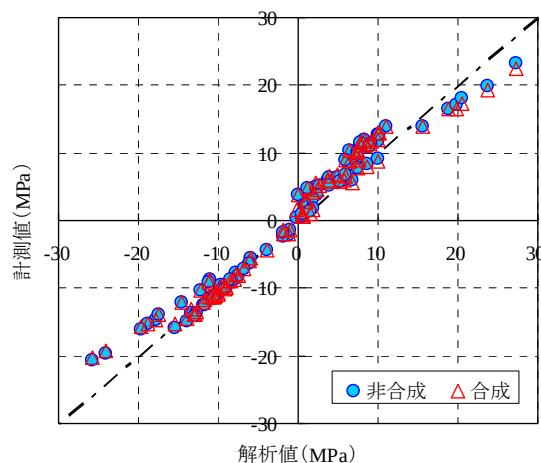


図-3 軸方向応力の解析値と実測値の関係

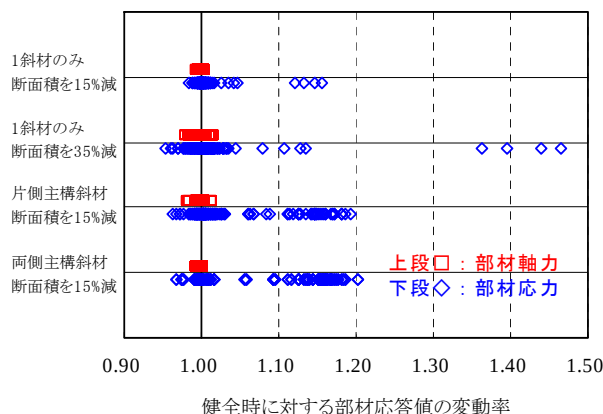


図-4 部材の腐食の影響