# 格点部周辺に着目した既設鋼トラス橋の弾塑性挙動に関する解析的検討

首都大学東京 学生会員 〇西躰 剛太 首都大学東京 正会員 村越 潤 首都大学東京 フェロー 野上 邦栄 首都大学東京 正会員 岸 祐介

### 1. はじめに

複数の主構部材の連結部である格点部は、塵埃の堆積や雨水の滞水等により局部的な腐食欠損が生じやすい部位 の一つである.これまでの国内外の鋼トラス橋の重大損傷事例を踏まえても、格点部の経年的な腐食劣化の進行に 留意する必要がある.一方で、格点部の腐食が全体系の耐荷力にどのような影響を与えるか、管理上でどの程度の 損傷状況を供用限界(すなわち荷重規制,通行規制等)と捉えるべきか等の、全体系の健全度の評価方法は確立さ れているわけではない.本稿では、鋼トラス橋の健全性の診断に向けて、トラス橋格点部に見られる局部腐食によ る断面欠損を対象として、致命的状態に至るまでの全体系の弾塑性挙動について解析的検討を行った.

## 2. 対象橋梁と解析方法

国内の標準的な下路トラス橋(支間長 64.6m)を対象に弾塑性有限変位 解析を行った<sup>1)</sup>.図-1に対象橋梁の解析モデルの概要を示す.格点部,RC 床板を4節点シェル要素,床桁・縦桁を含むその他の主構部材を2節点梁 要素で構成した.格点部シェル要素の寸法は10×10mm~20×20mmとした. 床版と床桁・縦桁との接合は剛結とした.鋼材の構成則はバイリニア型モ デルとした(表-1).降伏点はJIS保証降伏点とし,物理定数は道路橋示方 書によった.活荷重はT荷重(200kN)とし,支間中央かつ幅員方向車線 位置に偏載荷した.図-2にT荷重とその載荷位置を示す.死荷重載荷の初 期状態からT荷重のα倍の荷重を漸増載荷し,各部材の塑性化の発生時 期・形態を分析した.

解析ケースとして,健全時と格点部の腐食時を想定した. 図-3に格点部の断面欠損のモデル化を示す.下側の全格点部(支点上の格点部を除く)を対象として,これまでの道路橋の腐食事例を参考に,図中の①~⑤の5部位が局所的に断面欠損した状態を想定した.いずれの部位も構造上雨水が滞水しやすく,損傷発生の高い局部腐食事象が想定される部位であり,幅20mm,深さ0,3,5mmの腐食欠損を与えた.表-2に解析ケースをまとめる.比較ケースとして格点を剛結とした骨組モデルによる弾塑性有限変位解析も行った.

連絡先〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 TEL. 042-677-2782



図-1 対象橋梁の解析モデルの概要図

表-1	構成則		
隆伏点	一次剛性	二次國	

部材		降伏点 σy (N/mm²)	一次剛性 E (N/mm²)	二次剛性 E' (N/mm <sup>²</sup> )	ポアソン比 V
SS400	非線形	235	$2.0 \times 10^{5}$	E/100	0.2
SM490	非線形	315	2.0 × 10-	E/ 100	0.3
RC床板	線形	-	2.35 × 10⁴	I	0.1667



E-mail : murakos@tmu.ac.jp

#### 3. 解析結果

図-4 に全ケースの荷重-変位関係,図-5 に健全時ケース S-0 における Gld (記号は図-1 参照)の降伏ひずみ発生の 領域と変形状況 (変形倍率:5倍)を示す.また,図-4 中には,ケース S-0 を例に,各部材の一部が塑性化した点, 全断面が塑性化した点,相当塑性ひずみが 4%を超えた点<sup>2)</sup>を示し,さらに,ここでは最初に塑性化が生じた点, 全断面が塑性化した点,塑性ひずみ 4%超えた点,最大荷重時にそれぞれ Stage1~4 と名付けた.なお,Sケースは いずれも荷重-変位関係に相違は見られず図では重なっている.S-0の挙動を見ると,Stage1 では,圧縮斜材 D3d 及 キーワード 鋼トラス橋,腐食,格点部,耐荷力



**圧縮斜材** 

Stage4 に至るまでは、絞込み部が面外方向へ膨れるよ うに変形する様子が確認され、荷重のピークを迎えた. これより、圧縮斜材 D3d と D8d の塑性進展に伴う局 部座屈変形が全体系の終局に支配的な挙動であるこ とがわかる.また、ガセット周りの局部の腐食が生じ やすい箇所を中心に応力超過が厳しいことが確認で きた.次に、健全時と腐食ケース S-3 と S-5 の挙動の 相違に着目する. 図-6 に局部腐食による挙動変化を示 す. 今回想定した局部の腐食では終局耐荷力の低下に は至らなかったが, 部材の塑性化の発生時期と発生箇 所には変化が見られた.特に、全体系の耐荷性能に支 配的である圧縮斜材 D3d と D8d の塑性化の発生時期

が, 腐食量 3mm の時点で 0.6 程度早ま り,腐食損傷箇所③である自由突出板と ガセットの接合部から塑性化が進展す る様子が確認できた. その他の部材では, ガセットプレート (ガセットと弦材の接 合端部), 引張斜材 D4 と D7 の塑性化の

発生時期(荷重倍率α)が著しく低下した.健全時か ら腐食量 3mm 時では α の低下が大きく, 腐食量 5mm では腐食量 3mm 時で見られなかった上流側のガセッ トプレート (G4u) の低下が確認できた.

なお、骨組解析のケース F-0 については、格点部の 構造詳細のモデル化に起因する応力集中やそれに伴 う構成板部材の塑性化の進展性状を再現できないた め,終局耐荷力(最大荷重)が過大に評価された.特 に、本ケースでは、引張斜材 D4d と D7d の軸力増加 による塑性変形が終局に支配的要因となった.また,



図-6 局部腐食による挙動変化

同一荷重倍率時において、全格点シェル解析と断面力の応答値の乖離も確認でき、トラス全体系のより適切な耐荷 力評価を行う上で、格点部の構造詳細や応力性状を精度良く再現したモデルの適用が重要と考えられる.

## 4. まとめ

今回想定した損傷発生の高い局所的な腐食では、終局時に支配的であった圧縮斜材の局部座屈が早期に現れるこ とはなく、全体系の耐荷力低下に与える影響は小さい一方で、局部の腐食損傷でも、上記終局時に支配的な部材を 含む複数の部材で塑性化発生の早期化や発生箇所の変化が確認できた。特にガセット周りの局部の腐食を生じやす い箇所での応力超過が厳しく、腐食欠損が局部変形やき裂につながる可能性もあるので、既設トラス橋の維持管理 においては、格点部の局部腐食に留意する必要があると考えられる.

参考文献 1)(独) 土木研究所: 腐食劣化の生じた鋼トラス橋の現地載荷試験, 土木研究所資料, 第 4298 号, 2015. 02. 2) Justin M.Ocel, Federal Highway Administration, Turner-Fairbank Highway Research Center McLean, VA : Guidelines for the Load and Resistance Factor Design and Rating of Riveted and Bolted Gusset-Plate Connections for Steel Bridges, NCHRP Web-Only Document 197, p57, 2013.02.