

腐食過程における残留応力の変化と変形を考慮した H ビーム橋主桁端の耐荷力解析

明石工業高等専門学校 学生会員 ○畑 健斗

明石工業高等専門学校 正会員 三好 崇夫

1. 研究背景と目的

H ビーム橋を含む腐食した鋼桁橋主桁端支点部の耐荷力解析¹⁾の多くは、残留応力やその腐食過程における変化が無視されている。本研究の目的は、H ビーム橋の主桁端支点部の腐食に伴う断面欠損過程における残留応力の変化や変形を考慮した耐荷力解析法を提案し、同解析とそれらが無視した従来の解析から得られた結果を比較して、それらがHビーム橋主桁端の終局挙動や耐荷力に及ぼす影響について明らかにすることである。

2. 提案する解析法

本研究で提案する解析法（以下，提案法と称する）と，従来の耐荷力解析法（以下，従来法と称する）を図-1 に比較する．同図より，本手法は，トライアル解析と称する所定の残留応力と初期たわみに一致するような初期応力と初期変形を算定²⁾後，要素消去に

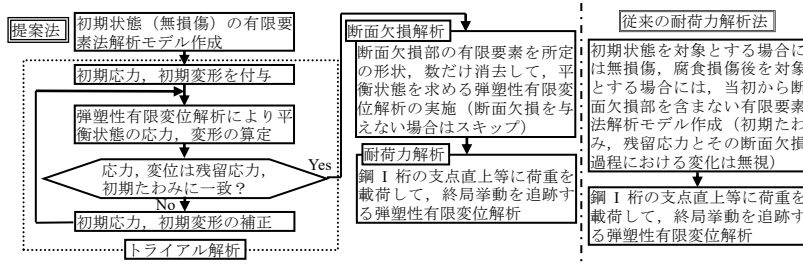
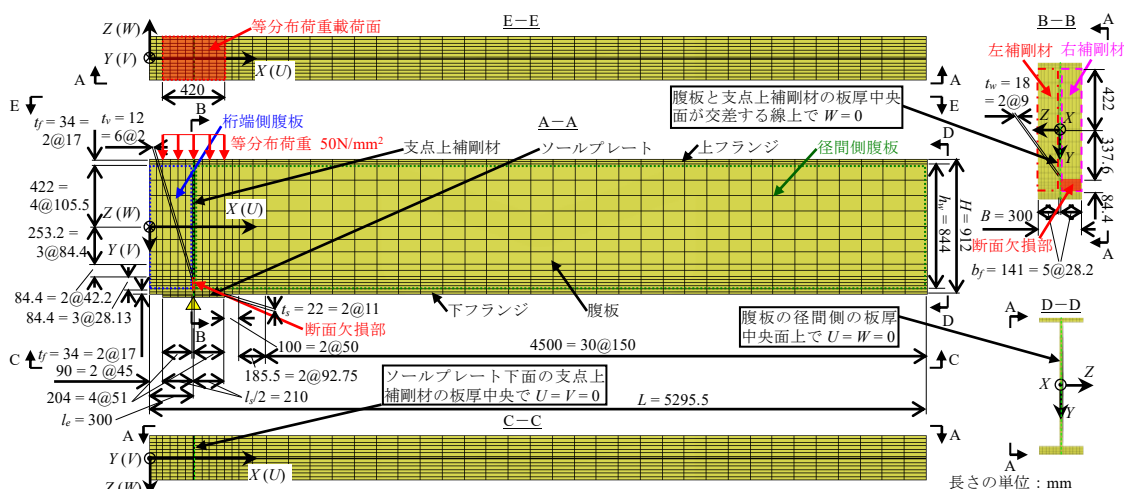


図-1 腐食損傷を持つ鋼I桁端の耐荷力解析法の比較

よって断面欠損過程における残留応力の変化や変形を算定²⁾する断面欠損解析と、同解析結果を引き継いで実施される耐荷力解析からなる．なお、本研究では、既往の研究²⁾で使用した自作プログラムに代えて、汎用有限要素法解析プログラム **Marc** を用いる．検証のため、本文では、トライアル解析と断面欠損解析について、双方のプログラムによる解析結果を比較した．

3. 対象とする H ビーム橋と有限要素モデル

本研究では、既往の研究²⁾と同じ H ビーム橋の主桁を対象とし、その桁端部から隣接する中間横桁間を図 2-2 のように有限要素モデル化した耐荷力解析では上フランジ上面のソールプレート投影面に等分布荷重 50



図一2 H ビーム橋主桁端の有限要素モデル

MPa を弧長増分法で載荷した。弾性係数は $E = 200 \text{ GPa}$, Poisson 比 0.3, 降伏応力 σ_r は腹板, フランジで 355 MPa, 支点上補剛材で 365 MPa とした。ソールプレートを除いて, 二次勾配が $E/100$ のバイリニア曲線を持つ弾塑性体とした。

4. 初期不整

初期不整として、腹板と支点上補剛材の初期たわみと桁高方向の残留応力を考慮した。初期たわみは、図-3 に示すように、断面欠損過程で見られた、腹板と支点上補剛材のねじり挙動²⁾に着目し、桁端

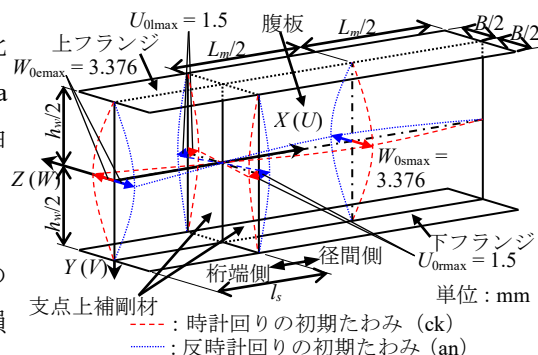


図-3 仮定した初期たわみ形状

キーワード：H ビーム橋主桁端，腐食過程，残留応力，変形，耐荷力特性

連絡先（〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3、TEL：078-946-6173、FAX：078-946-6184）

支点部を Y 軸方向に見たときに、同断面を時計回り、反時計回りにねじる様な形状を仮定した。いずれも桁高方向には正弦半波形、径間側腹板では橋軸方向に正弦半波形、支点上補剛材の板幅方向と腹板の桁端側には直線的に変化する形状を持ち、その最大値は道路橋示方書の部材精度³⁾とした。残留応力 σ_r は、先行研究²⁾と同様に、図-4に示す分布モデルを仮定した。

5. 断面欠損

本文では、図-2に示すように、右補剛材下端のフランジ純間隔 h_w の10%、支点上補剛材突出幅 b_0 にわたり、矩形状の断面欠損を桁端側から導入した。断面欠損量を表すために、欠損後の板厚を欠損前の板厚で除した板厚欠損率 β を定義した。

6. 解析結果

6. 1 断面欠損解析

初期たわみ形状が反時計回りの $\beta = 0, 50, 100\%$ について、図-5 断面欠損過程における残留応力分布の変化

断面欠損部の高さ方向中央 ($Y = 380\text{mm}$) 断面における桁端部の腹板、支点上補剛材の残留応力分布を先行研究²⁾の解析結果

(fort) と比較して図-5に示す。ただし、応力は、先行研究では積分点、Marc では節点での値である。同様に、桁高方向中央 (Y

$= 0$) 断面における腹板と支点上補剛材の面外変位分布を図-6に示す。図-5より、右補剛材の残留応力の変化が顕著で、図-6より、 $\beta = 50\%$ では、支点上補剛材と腹板からなる十字形断面がねじれている。いずれも、Marc と先行研究による解析結果は一致し、トライアル解析と断面欠損解析への Marc の適用性が確認された。

6. 2 耐力解析

$\beta = 100\%$ のケースについて、従来法と提案法による耐力解析から得られた荷重-変位関係を図-7に示す。荷重は等分布荷重を載荷面積で積分した値であり、変位は上フランジ上面の腹板と支点上補剛材の板厚中心線の交点での Y 軸方向成分

である。従来法は既往の研究¹⁾に従って、単に断面欠損部を開口としてモデル化したものである。「時計」と「反時計」はそれぞれ図-3に示す時計、反時計回りの初期たわみ形状である。各ケースの最大荷重は表-1に示した。図-7より、立ち上がりの挙動には各ケース間で差異は見られないが、4500 kN あたりから剛性に差異が生じ、従来法は提案法に比べて高い剛性を示してピークに到達する。表-1より、初期たわ

みの向きによるが、従来法は提案法に比べて 6~8% 最大荷重が高いことが分かる。簡便で安全側の耐力評価法を検討するため、従来法モデルに初期たわみを与えた耐力解析も実施し、同図、同表にはそれらの結果も示す。同手法によれば、従来法に比べて 4~6% 安全側に耐力が評価されるが、残留応力や初期不整の断面欠損過程における変化を無視しているため、同手法による最大荷重は提案法よりも僅かに大きい。

7. まとめ

従来法は残留応力や初期たわみ、それらの断面欠損過程における変化も無視しているため、提案法に比べて危険側に断面欠損を有する H ビーム橋主桁端支点部の耐力を評価していることが明らかとなった。

【参考文献】 1) 白倉ら: 鋳鋼端部の支点上のウェブと補剛材の下端腐食範囲の違いがその耐力特性に及ぼす影響, 構造工学論文集, Vol.57A, pp.724-734, 2011. 2) 中谷ら: H ビーム橋主桁端の腐食過程における力学挙動に関する解析的研究, 鋼構造論文集, Vol.28, No.111, pp.63-78, 2021. 3) (公財) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編, 2017.

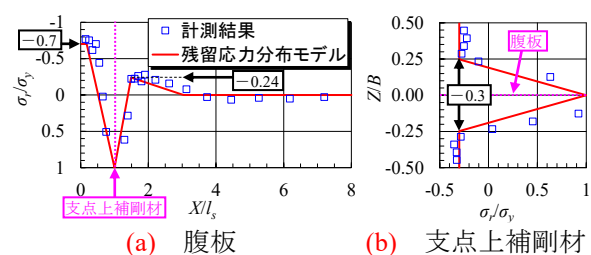


図-4 残留応力分布モデル

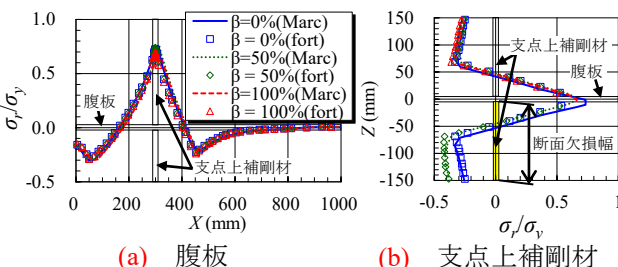


図-6 断面欠損過程における面外変位の変化

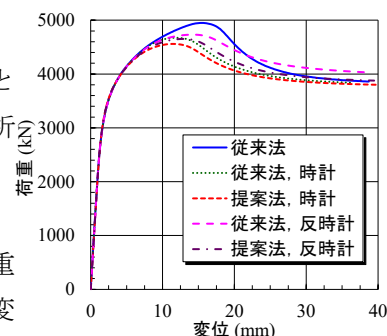


表-1 最大荷重の比較

解析法	最大荷重 (kN)	解析法	最大荷重 (kN)
従来法 (C)	4950	従来法 (C)	4950
提案法, 時計 (PC)	4560	従来法, 時計 (CC)	4673
提案法, 反時計 (PA)	4652	従来法, 反時計 (CA)	4731
PC/C	0.92	CC/C	0.94
PA/C	0.94	CA/C	0.96