長期自然曝露された鋼Ｉ桁橋の構造部位別の腐食特性（その３）
～腐食特性と腐食残存耐荷力特性～

琉球大学大学院　学生会員○山田 昌樹，琉球大学　正会員　下里哲弘，　琉球大学　正会員　有住康則
琉球大学　ﾌｪﾛｰ会員　矢吹哲哉，(社)沖縄建設弘済会 正会員 玉城喜章，(社)施工技術総合研究所　正会員　小野秀一

1 はじめに

本研究では、長期自然曝露された鋼Ｉ桁橋を対象に腐食減厚量の調査を行った結果を用いて、弾塑性 FEM 解析を行い、構造部位別に異なる腐食形状が、鋼Ｉ桁橋の腐食残存耐荷力に及ぼす影響について検討を行った。その解析結果について報告する。

2 解析方法

2.1 腐食減厚板厚計測

本解析では、腐食による板厚減少量を垂直補剛材間隔 1500㎜×ウェブ高さ 1500㎜ を１パネル単位で、超音波厚さ計(UT)を用いて測定し、その値をウェブの残存板厚量として用いた。**図-1** に研究対象橋梁の断面図を示す。

図-2 に示す残存板厚調査結果より、G1 桁は潮風があたるウェブの中央、海塩粒子が堆積する水平補剛材の上面、下フランジの近傍でウェブ板厚が減少している。次に G3 桁では、直接潮風があたるウェブ中央から、海塩粒子が堆積する下フランジに向かうに従って、板厚が減少している。これらの異なる腐食形状をそれぞれ『おわん形腐食』と『くさび形腐食』と呼び、以下の弾塑性 FEM 解析を行った。

2.2 解析モデル

図-3 にFEM解析モデルを示す。3 パネルの内、中間パネルに腐食形状をモデル化した。材料特性は、ヤング率 2.0×10^5N/㎟、ポアソン比 0.3、降伏応力 235N/㎟のSMA400鋼材とした。材料非線形挙動はvon Misesの降伏条件式に従うものとし、構成則はバイリニア型とした。また、載荷は桁の端部・中間部にそれぞれ強制変位を与えることによって、中間パネルにせん断座屈を生じさせた。解析は、汎用構造解析プログラムMSC Marc2007 を用いて行った。

2.3 解析パラメータ

表-1 に解析パラメータを示す。解析パラメータは、ウェブの板厚・腐食形状を変化させ、板厚が設計値 9㎜ のものを健全モデルとし、板厚が 8㎜、7㎜、5㎜、4㎜ の一様減厚モデルが 4 ケース、腐食減厚板厚計測より得られたおわん形腐食形状をモデル化したものが 8 ケース、くさび形腐食形状をモデル化したものが 4 ケースの合計 17 ケースについて解析を行った。

3 耐荷力特性

3.1 腐食減厚による耐荷力特性

図-4 は、一様減厚モデルの解析結果から得られた荷重-鉛直変位曲線を示す。**図-4** よりウェブの板厚が一様に減少するとともに、耐荷力は低下し、一様減厚 4㎜ で耐荷力は約 75%低下した。**図-5,6** に実腐食モデルのおわん形腐食形状、くさび形腐食形状の荷重-鉛直変位曲線を示す。**図-5** よりおわん形腐食形状において、ウェブの平均板厚の減少とともに、耐荷力は低下し、ウェブ平均板厚 7.3㎜ で耐荷力は約 40%低下した。**図-6** よりくさび形腐

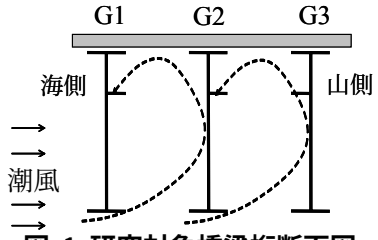

図-1 研究対象橋梁桁断面図

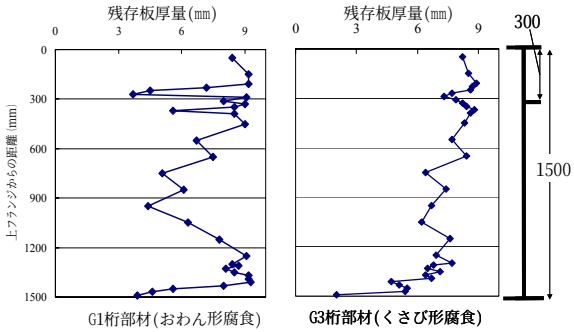

図-2 G1 桁及び G3 桁の残存板厚調査結果

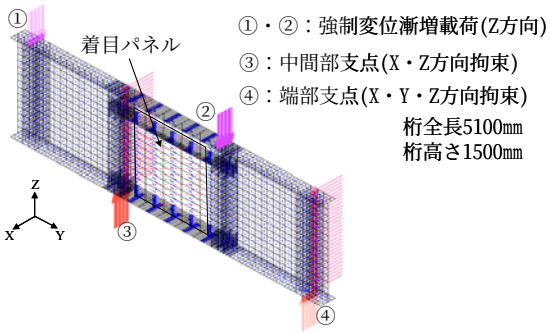

図-3 解析モデル

表-1 解析パラメータ

	解析ケース	着目ウェブ面形状
1	健全モデル	設計板厚9㎜
2	一様減厚モデル	板厚8㎜、7㎜、5㎜、4㎜
3	実腐食モデル	辺野喜橋のG1桁・G3桁部材の残存板厚を入力 G1桁部材(おわん形腐食)計8ケース G3桁部材(くさび形腐食)計4ケース

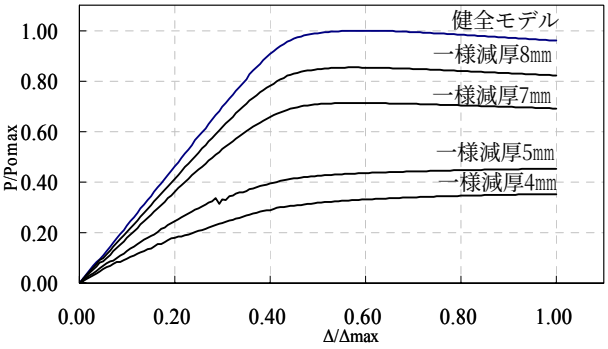

図-4 荷重-変位曲線(健全、一様減厚)

キーワード　鋼Ｉ桁橋，　FEM 弾塑性解析，　残存板厚量，　耐荷力，　腐食損傷
連絡先　〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原１番地　琉球大学工学部環境建設工学科　TEL098-895-8666

食形状において、ウェブの平均板厚の減少とともに耐荷力は低下し、ウェブ平均板厚 6.9㎜ で耐荷力は約 35%低下した。

図-7 に平均板厚がほぼ 7㎜ のおわん形腐食形状モデル、くさび形腐食モデルと板厚が 7㎜ の一様減厚モデルの荷重-鉛直変位曲線を示す。**図-7** から明らかなように、おわん形腐食モデルが最も低い耐荷力を示した。また、くさび形腐食モデルと一様減厚モデルは、ほぼ同程度の耐荷力を示した。

3.2 変形モード及び von Mises の相当応力度分布

図-8 に平均板厚が 7㎜ のおわん形腐食モデル、くさび形腐食モデル、ウェブ板厚 7㎜ の一様減厚モデルの荷重-水平変位曲線を示す。また、**図-9** に**図-7,8** で示した A 点における変形モード、および von Mises の相当応力度分布を示す。**図-8** より、どのケースも C 点でウェブ面外変形が生じ、おわん形腐食モデルは B 点で他の 2 モデルとは逆方向に面外たわみが進行している。**図-9** より、おわん形腐食モデルでは、くさび形腐食モデル、一様減厚モデルとは異なり、ウェブ面に発生する張力場は、十分に形成されていない。

3.3 最大荷重とウェブ断面積の関係

図-10 に最大荷重とウェブ残存断面積の相関図を示す。**図-10** より、ウェブの板厚が一様に減少する一様減厚モデルよりも、実際の腐食形状をモデル化した実腐食モデルの方が、耐荷力は低下する傾向にある。また、くさび形腐食モデルより、おわん形腐食モデルにおいて耐荷力が低下している。

4 まとめ

(1)ウェブの板厚を一様に減少させたモデルよりも、実際の腐食形状を再現させたモデルにおいて、耐荷力は低下する特性を示した。

(2)実際の腐食形状により、ウェブに生じる面外変形モード、及び張力場の形成が異なる耐荷力特性を示した。

本研究は、国土交通省道路局新道路技術会議「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の委託研究として実施したものである。

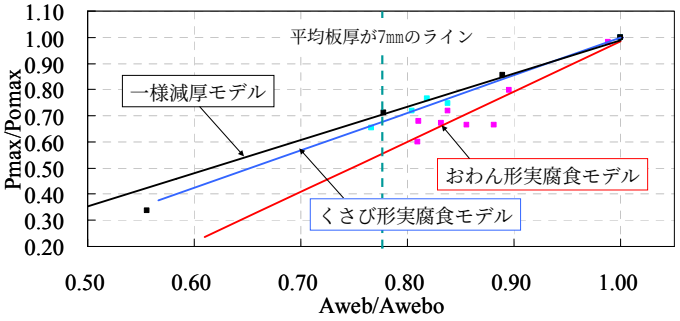

図-10 最大荷重比-ウェブ断面積比の関係

【参考文献】
1) 下里哲弘，村越潤，玉城喜章，高橋実：腐食により崩落に至った鋼橋の変状モニタリングの概要と崩落過程，橋梁と基礎，Vol.43，pp.55-60，2009-11.

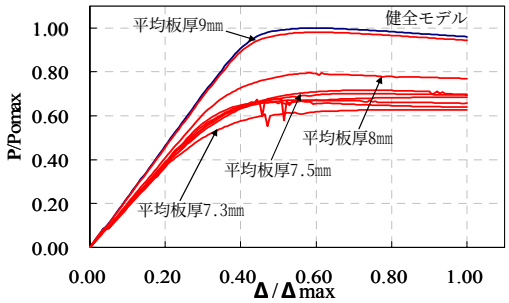

図-5 荷重－鉛直変位の関係
(健全、おわん形実腐食)

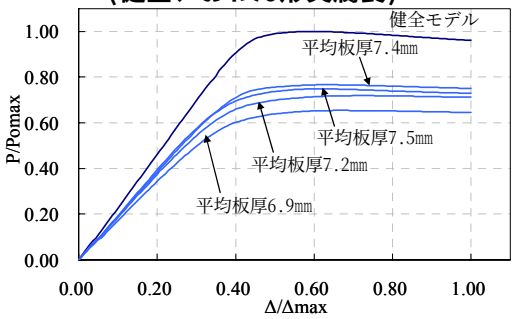

図-6 荷重－鉛直変位の関係
(健全、くさび形実腐食)

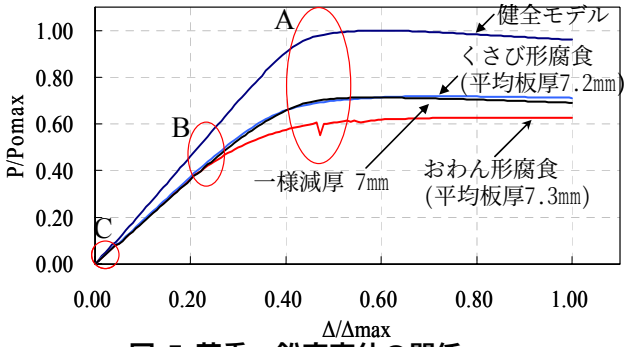

図-7 荷重－鉛直変位の関係
(平均板厚 7㎜ の一様減厚、実腐食の比較)

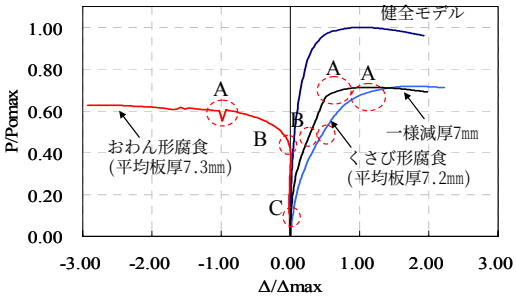

図-8 荷重－水平変位の関係
(平均板厚 7㎜ の一様減厚、実腐食の比較)

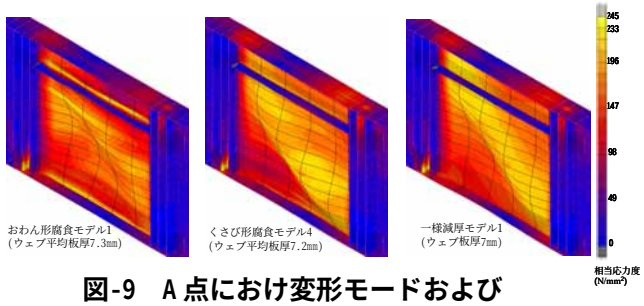

図-9 A 点における変形モードおよび von Mises 相当応力度分布
(平均板厚 7㎜ の一様減厚、実腐食の比較)