

桁端腐食した鋼桁に対する当板補修の耐荷力特性に関する性能回復効果

名古屋大学大学院 学生会員 ○井比 亨
 名古屋大学大学院 正会員 北根 安雄
 株式会社平設計 正会員 三ツ木 幸子

1. はじめに

長期間供用されている鋼橋の桁端部付近において、腐食損傷が進行する事例が数多く確認されている。また、そのような鋼橋に対する補修工法として、高力ボルト摩擦接合による当板補修を適用する場合が多い。しかし、腐食領域の残存板厚が異なる鋼桁を当板補修した際の鋼橋桁端部の耐荷力および崩壊モードの性能回復効果については詳細に把握されていない。

本研究では、桁端部のウェブ下端が腐食した鋼桁に当板補修を適用した際に、その耐荷力に関する性能回復効果および崩壊モードについて、有限要素解析¹⁾により明らかにすることを目的とする。

2. 対象構造と数値解析モデル

対象とする鋼橋は、土木構造物標準設計で規定される支間長 30m の単純プレートガーダー橋²⁾の桁端部とする。また、表-1 に対象とする鋼橋桁端部における各部材の寸法および鋼種を、図-1 にバイリニア型で表現した対象鋼種の応力ひずみ関係を示す。

図-2 は、対象とする鋼橋桁端部の数値解析モデルおよび境界条件を示す。同図より、対傾構間を支間とする鋼桁としてモデル化を行い、桁端部にせん断力が生じるように各境界条件を設定している。なお、解析モデルに初期不整は考慮していない。また、数値計算モデルの使用要素は、ソールプレートにソリッド要素、それ以外にシェル要素を使用し、一辺が約 10mm の要素サイズとして有限要素離散化を行う。

図-3 は、当板の高力ボルト配置図および腐食領域を示す。同図より、当板に配置する高力ボルトの本数および間隔は、道路橋示方書³⁾の規定を基に決定している。また、当板の板厚は、減肉部材(ウェブ)の減肉量と同厚以上として決定する。そして、高力ボルトは F10TM22 とし、はり要素による簡易モデル化を適用する⁴⁾。そして、対象モデルの構成は、腐食無し

の健全モデル、図-3 に定義した腐食領域に残存板厚が 4 パターンの減肉を考慮した腐食モデル、各減肉量に対して当板補修を適用した補修モデルとする。なお、残存板厚が 0% の場合、当板と欠損領域の不陸整正を目的にフィラープレートが導入される場合があるため、その有無が補修モデルの耐荷力性能に及ぼす影響についても検討する。

キーワード 鋼橋桁端部、腐食、当板補修、フィラープレート

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 CI-3(651) TEL 052-789-2736

表-1 各部材の形状および鋼種

部材	鋼種	形状(mm)	板厚(mm)
ウェブ	SM490YA	2800×1800	9
フランジ	SM490YB	2800×350	19
支点上垂直補剛材	SS400	1800×155	14
垂直補剛材		1765×110	9
水平補剛材		1171×100	9
ソールプレート		440×270	22
フィラープレート		220×100	9

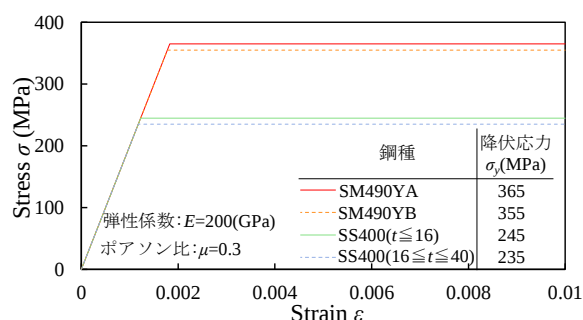


図-1 対象鋼種の応力ひずみ関係

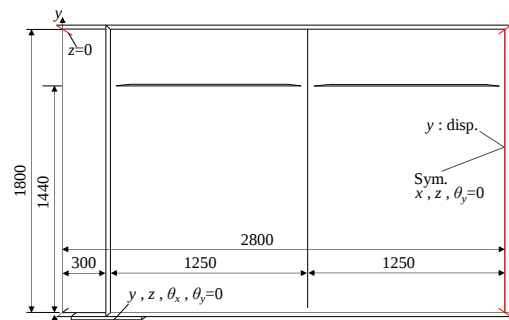


図-2 数値解析モデルの概要

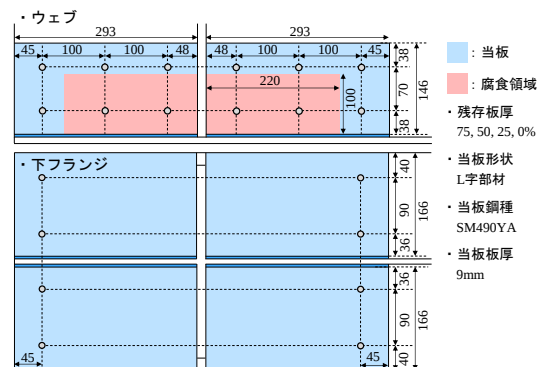


図-3 当板の高力ボルト配置図および腐食領域

3. 数値計算結果

図-4 は、各腐食および補修モデルの最大荷重と残存板厚の関係を表す。同図の縦軸は各モデルの最大荷重 P_u を健全モデルの荷重 P_{u-b} で除した値(最大荷重比)を、横軸は腐食領域の残存板厚比 t/t_b を意味する。同図より、腐食モデルの場合、残存板厚が小さくなるに従い最大荷重比は小さくなり、残存板厚が 0%の時に 0.65 となることがわかる。また、補修モデルの最大荷重比については、いずれの残存板厚の場合においても等倍となることがわかる。これより、残存板厚に関わらず、腐食部材の板厚と同厚以上の当板で補修した際の鋼桁の最大荷重は、健全モデルと同程度まで性能回復することがいえる。

図-5 は、残存板厚 0%の場合にフィラープレートの有無を考慮した補修モデルの荷重と変位の関係を表す。同図より、フィラープレートの有無によらず、補修モデルの荷重変位曲線は同様の傾向を示し、その最大荷重も同程度になることがわかる。これより、フィラープレートの導入により、当板の変形は抑制されるものの、耐荷力に及ぼす影響は小さいといえる。

図-6 は、残存板厚が 0%の腐食および補修モデルの最大荷重時の支点付近における相当塑性ひずみ領域を示す。なお、モデル中の青色以外の着色箇所は降伏領域を表している。まず、同図(a)の腐食モデルでは、最大荷重到達まで、桁端側のウェブおよび垂直補剛材において降伏領域が進展している。そして、最大荷重到達後は、腐食の影響から拘束が小さくなる桁端側のウェブの面外変位が進行する状態となる。次に、同図(b)の補修モデルでは、最大荷重到達前から垂直補剛材の降伏進展が確認されている。そして、最大荷重時では、端部側の腐食領域方向も含めたウェブの降伏が進展するが、腐食モデルで発生した面外変位は抑制されている。以上から、当板補修の適用により、ウェブ腐食領域付近における局部座屈を抑制する効果が得られるといえる。

4. おわりに

本研究で得られた結果は、次の通りである。(1)腐食減肉部材の減肉量と同厚以上の当板で補修した際の鋼桁の最大荷重の平均は、健全状態の鋼桁に比べて等倍となり、耐荷力の性能回復が得られる。(2)腐食した鋼桁の欠損領域にフィラープレートを導入した補修鋼桁は、フィラープレートが無いものに比べて、当板変形は抑制されるが、その最大荷重および崩壊モードは同様の傾向を示す。(3)ウェブ腐食を有する鋼橋桁端部に腐食部材の板厚と同厚以上の当板による補修を適用することで、腐食領域で発生する局部座屈を抑制する効果が得られる。

参考文献 1) Dassault Systems Simulia: ABAQUS 6.14 User's Manual, 2014. 2) 全日本建設技術協会：建設省制定 土木構造物標準設計第 23 巻, 1994. 3) 日本道路協会：道路橋示方書(I 共通編・II 鋼橋編)・同解説, 丸善, 2012. 4) 成瀬友博, 川崎健, 服部敏雄：シェル要素とビーム要素を用いたボルト締結部の簡易モデル化手法と強度評価(第 1 報, モデル化手法), 日本機械学会論文集(A 編), pp74-80, 2007.

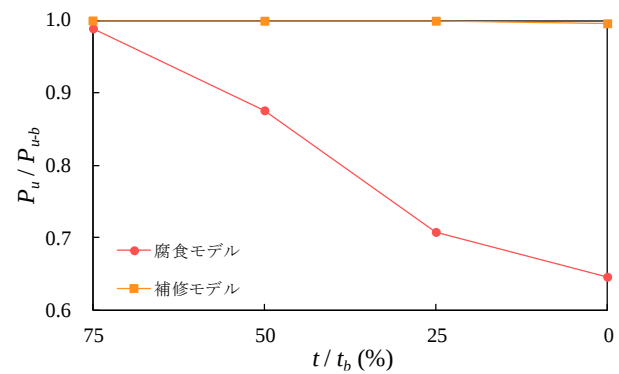


図-4 対象モデルの最大荷重と残存板厚の関係

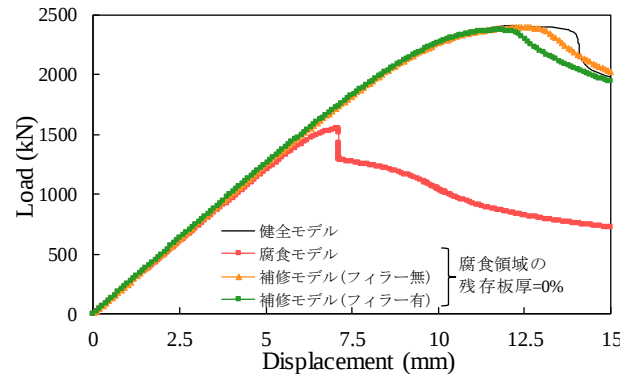
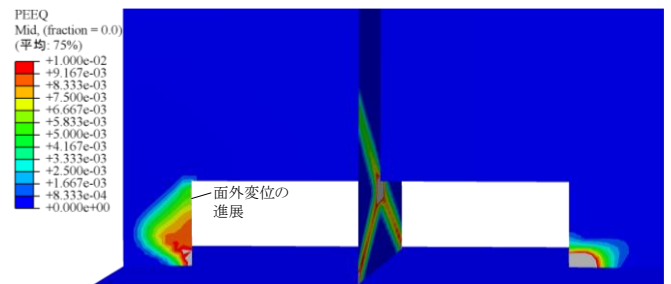
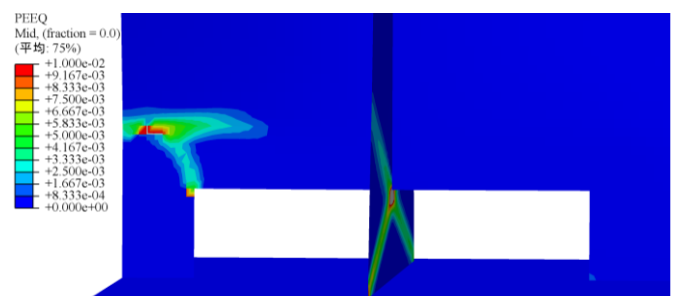


図-5 補修モデル(残存板厚=0%)荷重と変位の関係



(a) 腐食モデル



(b) 補修モデル (フィラープレート有)

図-6 各モデル(残存板厚=0%)の相当塑性ひずみの比較