

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○北村 鉄
 大阪大学大学院工学研究科 (研究当時) 橋口 丈人
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 廣畑 幹人
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 蔣 鋒

1. 研究背景と目的

当て板補修は腐食により減厚した鋼部材の耐荷性能を回復させる工法の一つである。現在主流である高力ボルトによる当て板の接合と比較して、溶接は穿孔作業が不要であり、耐腐食性に優れるなどの長所を有する。一方で、溶接による入熱が当て板溶接継手の力学的挙動に及ぼす影響について不明な点が多い。本研究では、当て板溶接継手の力学的挙動に関する基礎的な検討を実施するため、一連の解析を行った。さらに、溶接残留応力が当て板継手の圧縮挙動に影響を与えることが示されている¹⁾ことを踏まえ、初期不整を考慮したうえで、減厚部に対する当て板溶接による耐荷力の回復効果について検討した。

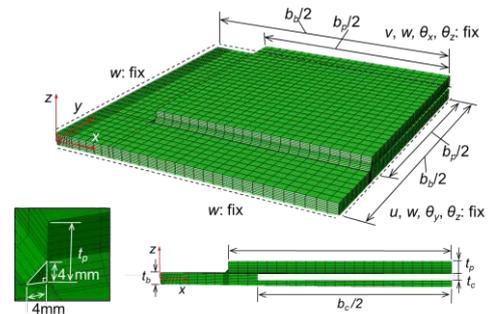


図-1 モデルの概形

表-1 解析モデルの寸法条件

	母板幅 b_b [mm]	母板厚 t_b [mm]	幅厚比 R [-]
B300	300	12	0.51
B600	600	12	1.01
B900	900	12	1.52

2. 初期不整を考慮した当て板溶接継手モデルの構築

本研究では、トラス橋や箱桁橋の圧縮部材を想定した鋼板パネルを対象とした。両端に溶接線を有する周辺単純支持板であり、対称性を考慮して1/4モデルを作成した。モデルの外観を図-1に、寸法を表-1に示す。解析には汎用有限要素解析ソフトAbaqusを使用し、8節点ソリッド要素を用いた。母板厚さを12mmとし、母板幅は幅厚比パラメータが0.5~1.5程度となるよう定めた。鋼種はSM400Bであり、温度依存型の材料特性を定義した。

補修部材に対して初期不整を導入するため、健全状態から補修状態に至る過程における応力と変形の変化を再現した。まず、初期不整を精度よく導入できる方法を提示した既往の研究²⁾を参考にして、部材作製時のたわみと応力を導入して健全状態とした。初期不整の導入結果を図-2と図-3に示す。いずれの母板幅においても、目標たわみ形状(図-2点線)を精度よく導入した。溶接線近傍では引張応力が、溶接線から離れた領域では圧縮応力が残留した(図-3点線)。

次に、腐食による断面欠損を模擬するため、母板の板厚を減少させた。減厚領域の幅は母板幅の2/3とし、減厚量は母板厚の50%を一様に与えた。減厚に伴うたわみの変化と応力の再分配の状況を図-2と図-3に実線で示す。減厚に伴い応力の再分配が生じ、減厚部では圧縮応力が増加した。一方、健全部での引張応力は減少した。減厚後のたわみは、初期たわみ量に対し52~60%増加した。

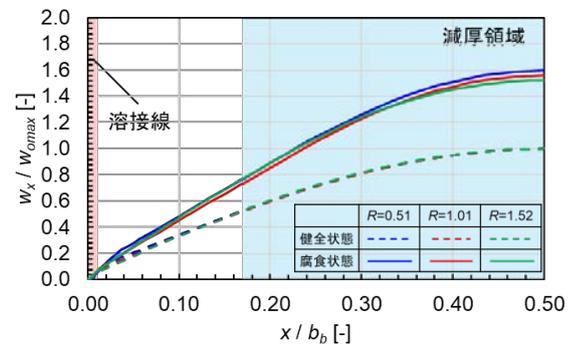


図-2 初期たわみとたわみの変化

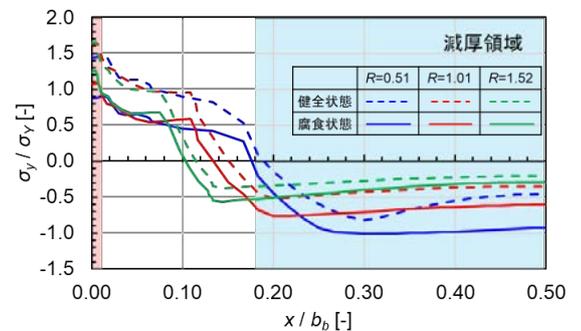


図-3 溶接残留応力と応力の再分配

Tetsu KITAMURA, Takehito HASHIGUCHI, Mikihiro HIROHATA, Feng JIANG

t-kitamura@civil.eng.osaka-u.ac.jp

次に、板厚 12 mm の当て板の溶接を模擬した。溶接ビード要素は脚長 4 mm の三角形断面とした。母板と当て板には溶接線位置で局所的に引張応力が発生した。幅厚比が小さくなると、面外変形が大きくなる傾向を確認した。

3. 当て板溶接継手の圧縮挙動解析

上述の手順で構築した解析モデルを用いて弾塑性有限変位解析を実施した。荷重—変位関係を図-4 に示す。補修状態の $R = 0.51$ の場合は、当て板により剛性が高くなり、全断面降伏に至るまで荷重が上昇した。 $R = 1.52$ の場合は、残留応力の無い場合と比較して最大圧縮荷重が 10.6 % 減少した。この理由を検討するため、最大圧縮荷重時の応力状態を図-5 に示す。幅厚比が大きい条件において、残留応力の無い場合では板端部の健全領域で降伏が生じたが、残留応力のある場合では剛性の低い減厚領域端部でも降伏が生じていた。 R が大きい条件では、残留応力を適切に導入しなければ最大圧縮荷重を過大に見積もる結果となることが分かった。

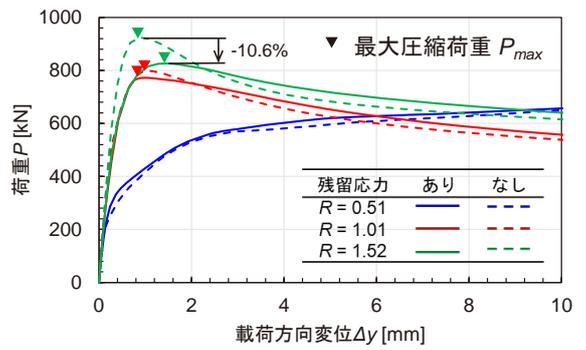
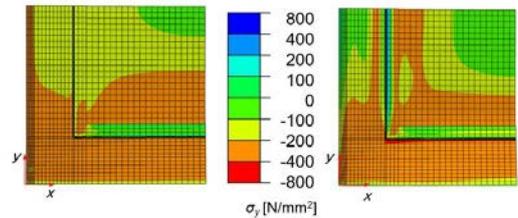


図-4 荷重—変位関係



(a) 残留応力なし (b) 残留応力あり

図-5 最大圧縮荷重時の応力状態

次に、減厚による強度低下の傾向および補修に必要な当て板の厚さを検討した。当て板厚さを 9 mm, 6 mm と減少させた解析モデルを構築し、同様に弾塑性有限変位解析を実施した。最大圧縮応力を降伏応力で無次元化した値と幅厚比パラメータ R の関係を図-6 に示す。得られた結果を既存の耐荷力評価式と比較するため、種々の耐荷力曲線を合わせて図中に示す。図-3 に示すように、 R が小さいほど減厚領域の圧縮残留応力が大きくなり、健全状態に対する腐食状態の耐荷力低下率が大きく、 $R = 0.51$ で 41 %、 $R = 1.52$ で 25.6 % であった。減厚による耐荷力の減少分に応じて当て板厚さを大きくする必要があるが、本研究の減厚領域の条件下で健全状態の耐荷力を満足するためには、 $R = 0.51$ の場合は 9 mm の厚さの当て板で十分であった。また、 $R = 1.01$ 以上の場合では、板厚 6 mm の当て板を溶接すれば健全状態を上回る耐荷力が得られた。

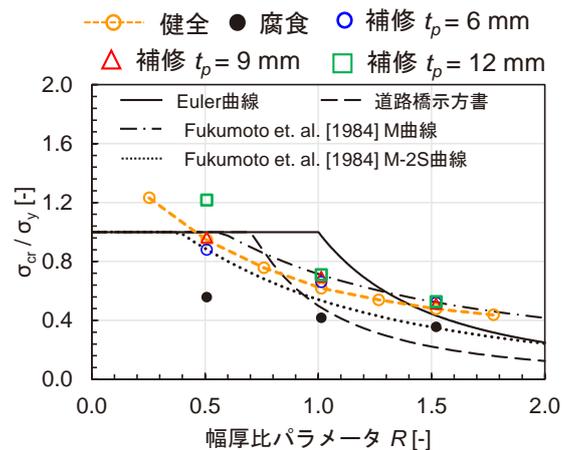


図-6 耐荷性能と幅厚比パラメータの関係

4. 結論

- 1) 圧縮部材を模擬した周辺単純支持板の継手モデルに初期不整を導入したうえで、減厚を与え、さらに当て板溶接による補修のプロセスを解析する方法を提示した。これにより、減厚と当て板溶接の過程で応力とたわみが増加する過程を明らかにした。
- 2) 当て板溶接継手の圧縮挙動解析の結果から、健全状態の耐荷力を満足するために必要な当て板の厚さは、元の鋼板の幅厚比によって異なることを示した。

参考文献

- 1) 勝田裕仁, 廣畑幹人: 当て板継手の耐荷性能に及ぼす溶接残留応力の影響, 土木学会論文集 A2 (応用力学), Vol.74, No.2, pp.I_501-511, 2018.
- 2) 玉川新悟, 三好崇夫, 奈良敬: 鋼板腐食に伴う応力再配分を考慮したシェル要素による解析法の開発と実用問題への適用, 応用力学論文集, No.11, pp.979-989, 2008.