

荷重作用下における鋼部材へのあて板溶接で生じる残留応力および 応力除去焼鈍に関する研究

Residual Stress Generated by Patch Welding on Steel Member under Loading and Its Stress Release Annealing

廣畑幹人*・伊藤義人**

Mikihito HIROHATA and Yoshito ITOH

* 博士(工学) 名古屋大学大学院 助教 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

**工博 名古屋大学大学院 教授 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

Key Words: welding, residual stress, load, stress release annealing

1. 緒言

近年, 社会基盤構造物の劣化・損傷が顕在化してきているが, 鋼構造物においては, 腐食および疲労が劣化・損傷の主な要因となっている。鋼部材の腐食による減厚および疲労き裂に対する補修補強方法として, 比較的施工が容易なあて板接合が用いられることが多い。あて板の接合方法として, 現状ではボルト接合が採用されることが多いが, ボルト接合では健全部に穿孔する必要があることや施工後の重量が増加するなどのデメリットがある。これに対し, あて板接合への溶接の適用が考えられるが, 既設構造物の補修では溶接で生じる残留応力が構造物の性能に影響を及ぼすことが想定される²⁾。また, 既設構造物への溶接では, 死荷重や部材の拘束が残留応力の生成に及ぼす影響について不明な点が多々ある。

本研究では, 荷重作用下の鋼部材へのあて板溶接で生じる残留応力の特徴を明らかにするため, 一連の実験を実施した。また, 荷重作用下で応力除去焼鈍を行い, 残留応力の緩和挙動に及ぼす荷重の影響について検討した。

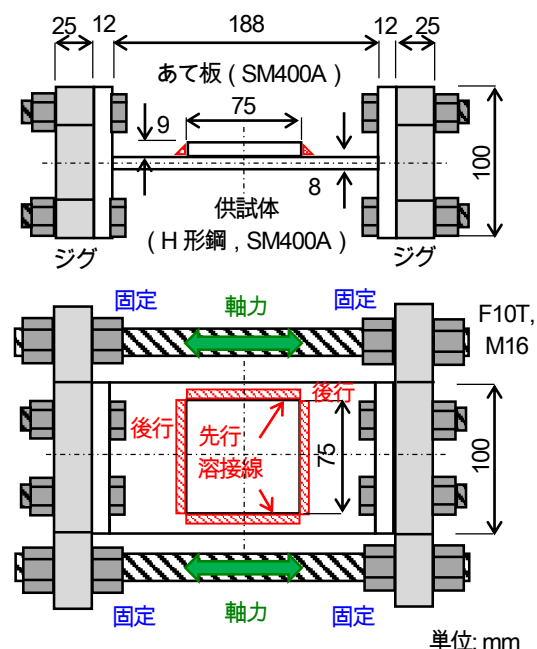


図-1 実験供試体

2. あて板溶接実験

2.1. 実験供試体および実験方法

実験供試体を図-1に示す。高さ 200mm, フランジ厚 12mm, ウェブ厚 8mm の H 形鋼 (SM400A) を幅 100mm に切断し, フランジにジグ取付け用のボルト孔を設けた。ジグを介して高力ボルトのナットを締め付けることで供試体の長さ方向に一定の荷重を与える構造とした。荷重は供試体の中央に貼付けたひずみゲージの値により管理した。供試体に 500 μ のひずみ (応力 100MPa 相当) を付与した状態で, 中央に 75mm \times 75mm, 板厚 9mm の SM400A をあて板とし, CO₂ 半自動溶接 (電流 120A, 電圧 20V, 速度 3.0mm/s) ですみ肉溶接した。荷重の方向と一致する供試体長さ方向の 2 辺を先行して溶接し, 室温まで冷却した

後に荷重に直交する方向の 2 辺を溶接した。溶接終了後, 荷重を負荷したまま供試体にひずみゲージを貼付け, ボルトを取り外して除荷し, ゲージ周辺を切断し解放されるひずみから残留応力を測定した (応力弛緩法)。

一方, 荷重を負荷しない H 形鋼のみの供試体にも同様にあて板溶接を実施し残留応力を測定した。

2.2. 実験結果

あて板溶接で生じた残留応力の分布を図-2に示す。なお, 本研究では, 拘束の度合いがより高い後行の溶接線に対し, これに直交する方向, すなわち荷重が作用する方向の応力成分に注目する。後行の 2 本の溶接線のうち, 最後に溶接される溶接線の止端近傍の残留応力を示している。

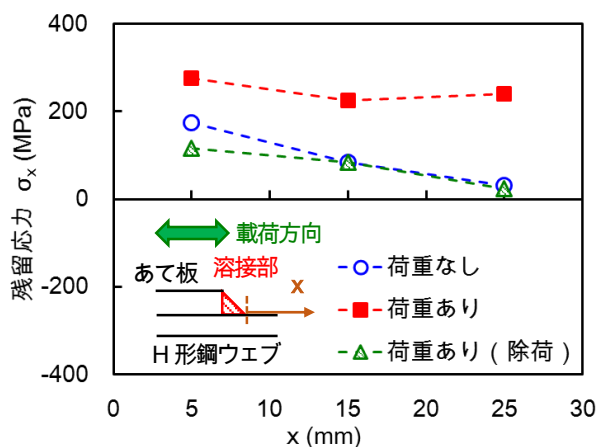


図-2 溶接残留応力の分布



図-3 セラミックヒーターによる応力除去焼鈍

無荷重の場合、溶接止端から 5mm 離れた位置には約 174MPa の引張残留応力が生じていた。一方、荷重作用下で溶接した場合、同じ位置での残留応力は約 277MPa になっていた。溶接終了後に除荷および拘束を解放すると、残留応力は約 116MPa に減少した。無荷重の場合の溶接残留応力に比べ、荷重作用下で溶接した場合の除荷後の残留応力が小さくなった。この理由は、引張荷重作用下の溶接では、冷却過程における供試体の収縮が拘束されるが、溶接後にこの拘束を解放すると供試体が収縮し圧縮応力が作用するためと考えられる。

3. 応力除去焼鈍実験

3.1. 応力除去焼鈍方法

溶接終了後の供試体に対し、荷重を負荷した状態で応力除去焼鈍するため、あて板周辺のみを局部的に加熱できるセラミックヒーター³⁾ (図-3) を用いた。供試体に熱電対を取付け、応力除去焼鈍に要求される加熱・冷却速度 (220℃/hr 以下) および保持条件 (600℃で 1 時間保持)⁴⁾ を制御した。なお、供試体に荷重を負荷し拘束する高力ボルトにも熱電対を取付け焼鈍中の温度を測定したが、最高温度は約 300℃であり、焼鈍中のボルトの剛性の低下はさほど大きくない⁵⁾ ことを確認した。

3.2. 焼鈍結果

焼鈍後の残留応力分布を図-4 に示す。無荷重状態で溶接した供試体を焼鈍した場合、残留応力は約 30MPa に緩和

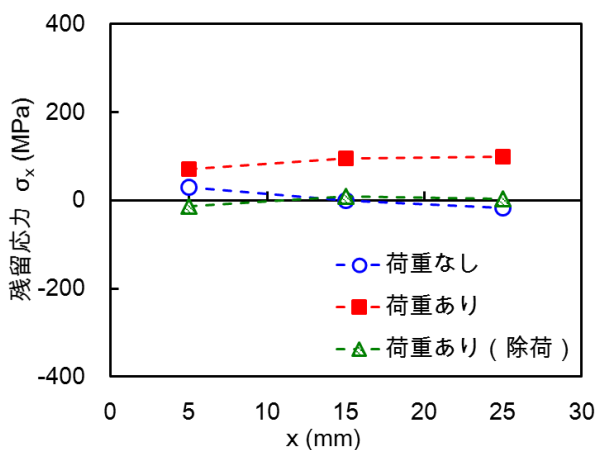


図-4 応力除去焼鈍後の応力分布

和された。応力 100MPa に相当する荷重作用下で溶接し、そのまま焼鈍した供試体には約 71MPa の応力が残留した。その後、除荷および拘束を解放すると応力は約 13MPa になった。荷重作用下での応力除去焼鈍では、溶接残留応力は荷重の影響を受けることなく緩和されることを結果は示唆している。

4. 結言

本研究により得られた主たる知見を以下に示す。

- (1) 一定引張荷重 (応力 100MPa 相当) 作用下の鋼部材へのあて板溶接で生じる残留応力は、無荷重の場合の残留応力に比べ、およそ引張荷重による応力の分 (約 100MPa) だけ大きくなった。
- (2) 溶接終了後に引張荷重を除荷し拘束を解放すると、止端部近傍の応力が減少した。この状態の応力は、無荷重下で溶接した場合の残留応力よりも小さくなった。
- (3) セラミックヒーターを用い、荷重作用下であて板溶接した供試体を応力除去焼鈍した。荷重作用下での応力除去焼鈍では、溶接残留応力は荷重の影響を受けることなく緩和されることを結果は示唆していた。

謝辞

本研究の一部は前田記念工学振興財団平成 26 年度研究助成を受けて実施した。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 鋼橋の維持管理技術研究部会：鋼橋の補修・補強方法，鋼橋技術研究会昭和 63 年度研究成果報告書，1988。
- 2) 溶接学会：第 2 版 溶接・接合便覧，丸善，2003。
- 3) 廣畑幹人，伊藤義人：簡易熱源を用いた熱処理によるすみ肉まわし溶接部の残留応力低減に関する研究，土木学会第 69 回年次学術講演会，I-447，2014。
- 4) 日本規格協会：溶接後熱処理方法 JIS Z 3700，2009。
- 5) 古平章夫，藤中英生，高田 司：高力ボルトの高温時及び加熱冷却後の強度，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.117-118，2000。