

鋼床版の補剛材交差部における溶接残留応力低減のための局所加熱条件に関する解析的検討

大阪大学大学院	学生会員	○中谷 紘人
大阪大学大学院	正会員	廣畑 幹人
Chung-Ang University		Chang Kyong-Ho
エム・エムブリッジ	正会員	富永 周佑
エム・エムブリッジ	正会員	小西 英明
エム・エムブリッジ	正会員	鈴木 俊光

1. はじめに

著者らは、高周波誘導加熱装置を用いて溶接部近傍を局所的に加熱することで溶接残留応力を低減させ、溶接部の疲労耐久性を向上させる技術（以下、局所加熱と称す）を提案し、一連の検討を実施している^{1,2)}。道路橋鋼床版の縦補剛材と横補剛材が交差する溶接部は、疲労き裂が発生しやすい部位として認識されている。本研究では、平板を用いた縦補剛材（平リブ）と横補剛材の交差部をまわし溶接した構造に局所加熱を適用することを想定し、残留応力の低減効果を得るのに必要な条件を特定するための解析的検討を実施した。

2. 熱弾塑性解析モデル

道路橋鋼床版の縦補剛材と横補剛材が交差する部位を想定した解析モデルの形状および寸法を図-1に示す。板厚 16 mm のデッキプレートに、縦補剛材（板厚 16 mm）と横補剛材（板厚 9 mm）が溶接された部位を抽出したものであり、縦補剛材と横補剛材が交差するまわし溶接部に注目する。デッキプレートおよび補剛材は SM400A を想定しており、溶接金属は JIS Z 3313 に該当する強度レベルを想定している。局所加熱に先立ち、注目する補剛材交差部の溶接残留応力分布の再現を試みた。補剛材とデッキプレートの溶接過程については解析対象とせず、溶接ビード形状のみを考慮した。補剛材交差部の溶接過程については、溶接線全体に瞬間熱源による入熱を与えた。

溶接残留応力を再現した後、高周波誘導加熱装置を用いた局所加熱を想定した入熱を与えた。既往の研究^{1,2)}における加熱装置の能力を参考に、図-2に示す加熱領域①、②、③を片面から加熱し、加熱領域中央の温度を目標値まで 35 秒で上昇させた。

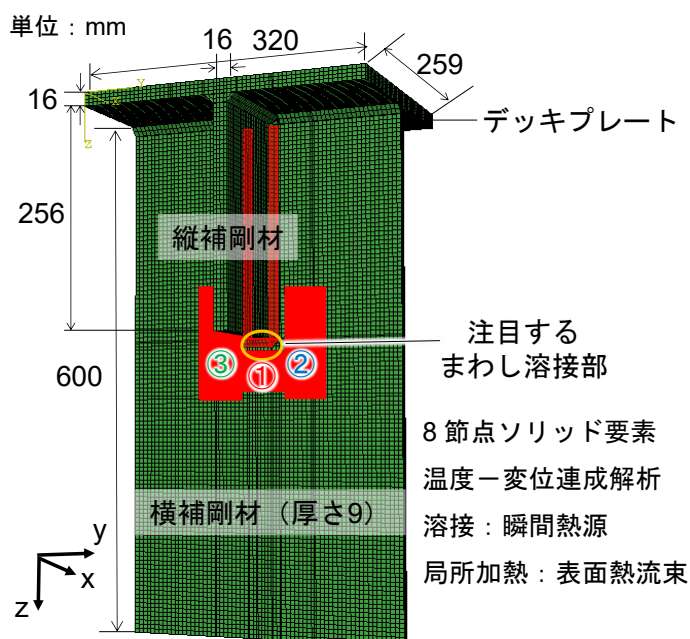


図-1 解析モデル

3. 局所加熱条件の探索

加熱領域①に対し、圧縮残留応力の導入効果が得られる加熱温度を探索した。加熱領域①の中央における温度が 35 秒で 250°C、350°C、450°C、550°C に達するように入熱量を調整し解析を実施した。解析により得られた残留応力の分布を図-3に示す。図中の黒い線が溶接残留応力であり、止端部近傍で約 300 N/mm² の引張応力が生じていた。これに対し、

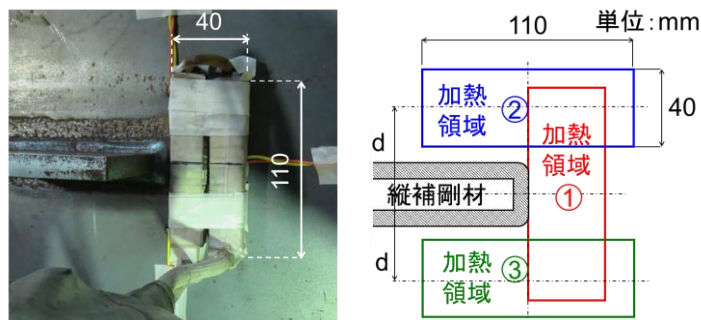


図-2 局所加熱領域

キーワード 鋼床版, 溶接, 残留応力, 局所加熱, 熱弾塑性解析

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL 06-6879-7598

250℃～550℃のいずれの温度で加熱した場合も、止端部近傍の応力は約 200 N/mm² まで低減された。また、非加熱面についても、加熱面とほぼ同じ応力状態となっていた。

加熱領域②③については、加熱温度ごとに、最も大きい圧縮応力が生じる位置を把握する必要がある。このため、まわし溶接部ではなく、横補剛材を想定した鋼板のみの簡易なモデルの中央に加熱を行い、導入される残留応力の状態を事前に確認した(図-4)。その結果、加熱温度が高い程、導入される圧縮応力は大きくなり、加熱温度 550℃の場合、155 N/mm² 程度の圧縮応力が加熱面および非加熱面に導入された。この時、加熱領域中心から最大圧縮応力が生じる点までの距離 d は 45 mm であった。なお、450℃以下の加熱では、 d が 40 mm より小さくなる傾向があったが、本研究で採用する IH コイルのサイズと補剛材および溶接脚長の関係から、実際には d は 40 mm よりも小さくすることができない。これを踏まえて、図-1 に示すモデルに対し、領域②③を順に 35 秒で 250℃、350℃、450℃、550℃の 4 パターンで加熱した。450℃以下の場合は $d = 40$ (mm) とし、550℃の場合は $d = 45$ (mm) とした。図-5 に示すように、加熱温度 550℃の場合が止端部近傍の圧縮応力導入効果が最も高く、最終的に止端部近傍の応力がほぼゼロになった。また、片面からの加熱により、裏面の残留応力も同様に低減されていた。

4. まとめ

鋼床版の縦補剛材と横補剛材の交差箇所におけるまわし溶接部に対し、高周波誘導加熱による局所加熱を適用し残留応力の低減効果を得るのに必要な条件を特定するため、一連の解析的検討を実施した。

- (1) 横補剛材の表面において、縦補剛材をまわし溶接した部分の前縁を加熱する条件として、35 秒で 250℃まで到達させることで、溶接止端部近傍の約 300 N/mm² の引張残留応力が 200 N/mm² 程度まで低減された。
- (2) 縦補剛材を両側から挟む加熱では、縦補剛材中心から加熱領域中心までの距離を 45 mm とし、目標温度を 550℃とすることで、最終的に止端部近傍の応力がほぼゼロになった。片面からの加熱により、非加熱面の残留応力も同様に低減された。

今後は、局所加熱実験を実施し、残留応力の低減効果が得られる条件の妥当性を検証する。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費(19KK0366)の助成を受けて実施した。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 廣畑幹人, Aung May Phy, 阿二一慶: 高周波誘導加熱装置を用いた局所加熱によるすみ肉まわし溶接継手の残留応力低減, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 76, No. 1, pp. 29-40, 2020.
- 2) 廣畑幹人, 阿二一慶, 鈴木俊光, 小西英明: 局所加熱による残留応力の低減がすみ肉まわし溶接継手の疲労耐久性に及ぼす影響, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 77, No. 3, pp. 475-488, 2021.

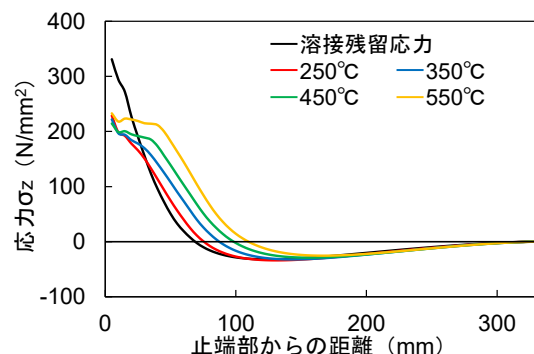


図-3 加熱①による応力の変化

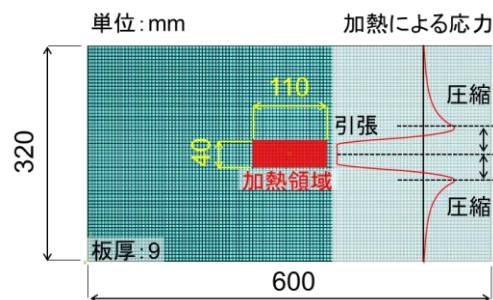


図-4 鋼板のみの解析モデル

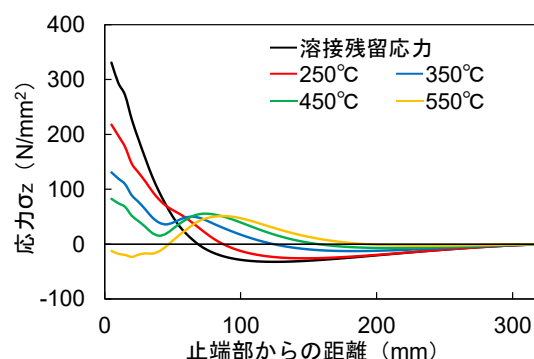


図-5 加熱②③による応力の変化