

第 I 部門

鋼床版の縦・横リブ交差部における局所加熱による溶接残留応力の低減効果

大阪大学大学院工学研究科	学生員	○中谷 紘人
大阪大学大学院工学研究科	正会員	廣畑 幹人
エム・エムブリッジ (株)	正会員	富永 周佑
エム・エムブリッジ (株)	正会員	小西 英明
エム・エムブリッジ (株)	正会員	鈴木 俊光

1. はじめに

鋼橋溶接部の疲労き裂は、構造物の脆性的な破壊の起点となる恐れがあり、適切な処理を講じ予防することが重要である。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、疲労耐久性を向上させる技術（以下、局所加熱と称す）について、一連の検討を実施している^{1,2)}。本稿では、鋼床版の疲労耐久性向上を目的として、鋼床版の縦リブと横リブの交差部に着目し、局所加熱による溶接残留応力低減の効果を明らかにすることを念頭に、圧縮応力導入効果の高い局所加熱条件の選定を行った。さらに、残留応力低減を確認するための実験的検討を実施した。

なお、本研究で検討対象とした鋼床版は、縦リブと横リブの交差部にスカラップを設けず、それらを全周溶接した高耐久性鋼床版⁴⁾としている。

2. 熱弾塑性解析による局所加熱条件の探索

鋼床版の縦リブと横リブが交差する部位を想定した解析モデルを図-1に示す。板厚 16 mm のデッキプレートに、縦リブ（板厚 16 mm）と横リブ（板厚 9 mm）が溶接された部位を抽出したものであり、縦リブと横リブ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縦・横リブの材料は SM400A であり、溶接金属は JIS Z 3313 に該当する強度レベルとしている。局所加熱に先立ち、注目する縦・横リブ交差部の溶接残留応力分布の再現を試みた。縦リブ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。縦・横リブ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、残留応力低減効果の大きい局所加熱条件の選定を行った³⁾。既往の研究^{1,2)}における加熱装置の能力を参考に、35 秒で 350℃に達する入熱量で図-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上昇させた。各加熱領域に対し加熱温度を探索し、加熱領域②③に対しては加熱部中心からまわし溶接止端部中心までの距離 d をともに探索した。その結果、加熱①は 250℃、加熱②③は 550℃、加熱②③の加熱部中心からまわし溶接止端部中心までの距離 $d = 45$ mm と決定した。求めた条件を組み合わせ再度解析を行い、図-3に示すように、片面から 3 回の加熱により、止端部付近の応力は表裏両面で 0 N/mm²未満まで低下することを確認した。

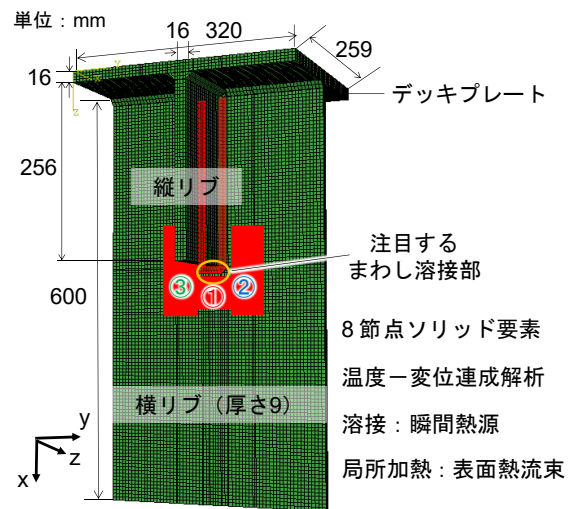


図-1 解析モデル

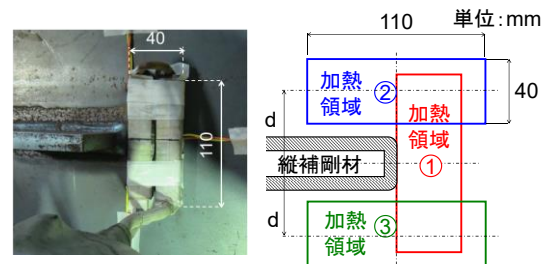


図-2 局所加熱領域

Hiroto NAKATANI, Mikihiro HIROHATA, Shusuke TOMINAGA, Hideaki KONISHI and Toshimitsu SUZUKI

h-nakatani@civil.eng.osaka-u.ac.jp

3. 局所加熱実験

上述の通り求めた条件により，局所加熱実験を行った．加熱①は約 9 秒で 250 °C，加熱②③は約 35 秒で 550 °C に達した．各加熱部中心 (TC1, 2, 3) とその裏面 (TC4, 5, 6) に熱電対を貼付し，図-4 に示す温度履歴を取得した．加熱面と非加熱面における温度履歴は概ね一致していた．

4. 残留応力測定

加熱後の供試体と，加熱していない供試体のそれぞれについて，応力弛緩法により残留応力を測定した．加熱面と非加熱面の両面に止端部から 5 mm, 20 mm, 35 mm の 3 点に二軸ひずみゲージを貼付し，ゲージを含む鋼片が 1 辺 15 mm 程度になるまで切断した．ひずみゲージの配置および切断小片の一例を図-5，図-6 に示す．切断により解放されるひずみを計測し，式(1)に代入し貼付位置の残留応力を推定した．

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_x + \nu \varepsilon_y) \quad (1)$$

ここに， σ_x : x 方向の残留応力 (N/mm²)， ε_x , ε_y : x, y 方向の解放ひずみ， E : ヤング係数 ($= 2.05 \times 10^5$ (N/mm²))， ν : ポアソン比 ($= 0.3$) である．得られた残留応力の値を図-7 に示す．局所加熱により，残留応力の低減効果が確認されたが，加熱前後における差は解析結果よりも小さかった．

5. まとめ

- 1) 熱弾塑性解析によって局所加熱条件を選定した．加熱①は 250 °C，加熱②③は 550 °C，加熱②③の加熱部中心からまわし溶接止端部中心までの距離 $d = 45$ mm の条件で，止端部近傍の残留応力が 0 N/mm² 未満まで低下する可能性が示された．
- 2) 選定した条件で局所加熱実験を実施し，応力弛緩法により残留応力の低減効果を確認した．解析に比べ実験における応力低減効果が小さかったため，理由について検討を継続する．

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) 廣畑ら，：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)，第 76 巻，第 1 号，pp.29-40, 2020.
- 2) 廣畑ら，：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.
- 3) 中谷ら，Chang Kyong-Ho：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，土木学会令和 5 年度全国大会 (投稿中)，2023.
- 4) 横関ら，：鋼床版縦横リブ交差部構造の高疲労強度化，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)，第 73 巻，第 1 号，pp.206-217, 2017.

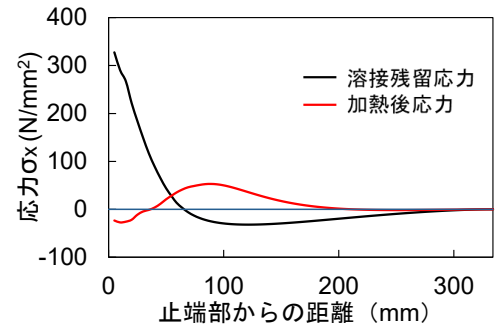


図-3 加熱①②③による応力の変化

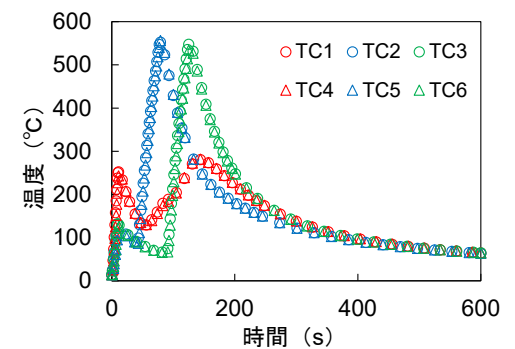


図-4 局所加熱温度履歴

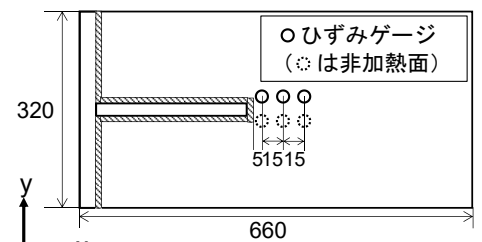


図-5 ひずみゲージの配置

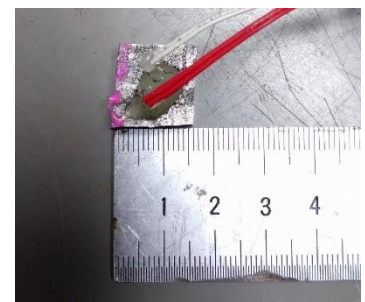


図-6 切断小片の一例

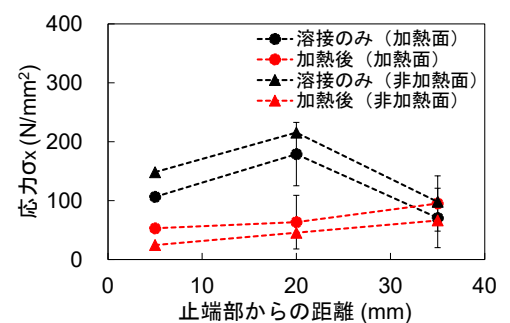


図-7 残留応力