

第I部門

溶接線近接領域における残留応力分布に関する基礎的検討

大阪大学大学院工学研究科	学生員	○阿二	一慶
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	鈴木	俊光
エム・エムブリッジ (株)	正会員	小西	英明

1. はじめに

道路橋鋼床版において、橋軸直角方向端部の垂直補剛材とデッキプレートの溶接部から疲労き裂が発生する事例が報告されている¹⁾。図-1に示すように、この部位は垂直補剛材とデッキプレートのまわし溶接と、縦リブ（Uリブ）とデッキプレートの溶接線が比較的近い距離に配置されている。これらの溶接部が互いの残留応力分布に影響を及ぼすことが想定されるが、溶接線が近接する領域における残留応力の特徴については不明な点が多々ある。本稿では、2つの溶接部が近接する領域の残留応力分布を検討するために実施した一連の基礎的実験および解析の結果について報告する。

2. 実験供試体

実験供試体の形状および寸法を図-2に示す。Uリブ鋼床版のデッキプレート、端部垂直補剛材、Uリブの斜部を模擬しており、垂直補剛材を想定したガセットのまわし溶接部とUリブ斜部を想定した斜板の溶接線の距離は100mmとした（Type A）。斜板を固定板で支持した状態で溶接した後、ガセットのまわし溶接を実施した。いずれの溶接にもCO₂半自動溶接（電流: 200A 電圧: 22V）を用いた。後述するX線回折による残留応力測定装置の寸法上の制約から、ガセット高さを45mmとし、斜板の80mm×120mmの範囲を切り欠いた供試体（Type B）も同様に溶接した。

3. 熱弾塑性解析

実験供試体の作製における溶接プロセスを熱弾塑性解析によりシミュレーションした。解析モデル（Type B）を図-3に示す。解析にABAQUS2018を用い、温度—変位連成解析を実施した。材料の機械的性質と物理定数については、既往の研究²⁾を参考に温度依存型の物性値を用いた。

解析モデルの妥当性を検証するため、温度履歴と残留応力の両方を測定可能なType Bの供試体作製過程を解析により再現した。その後、Type AとType Bの比較を行い、Type Aの残留応力分布を示すとともに、Type Aの斜板の有無が残留応力分布に与える影響について検討した。

4. 実験および解析結果

溶接時の温度履歴を図-4に示す。Type AとType Bの温度履歴に明確な違いはなく、残留応力測定のためのガセットの寸法変更および斜板の切欠きが溶接による温度履歴に及ぼす影響は小さかった。Type Bの供試体の残留応力測定結果および解析結果を図-5に示す。実験結果に比べ解析結果は全体的に応力が高いが、応力の分布傾向は概ね再現できている。また、Type AとType Bの残留応力分布はほぼ同じであり、残留応力測定のためのガセットの寸法変更および斜板の切欠きが残留応力に及ぼす影響は小さいことが分かった。

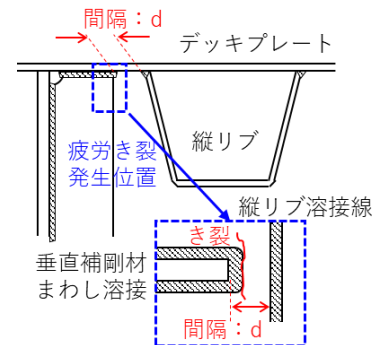


図-1 デッキプレートと垂直補剛材の溶接部

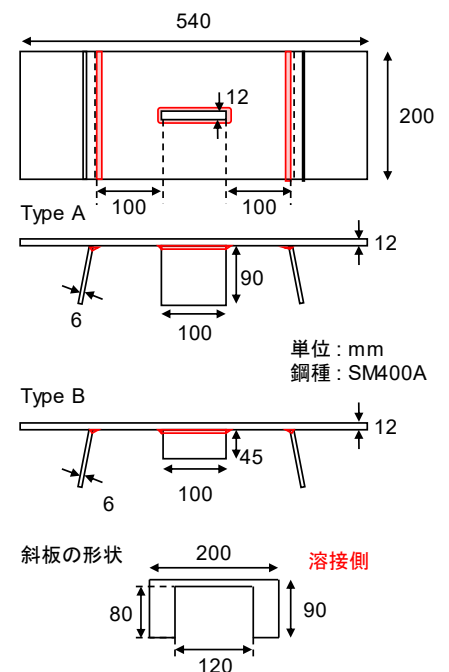


図-2 実験供試体

Type A のモデルにおいて、斜板を取り除きガセットのまわし溶接のみを再現し解析した場合の残留応力分布を図-6に示す。斜板の溶接を含む通常の Type A のモデルと比較すると、斜板を溶接しない場合もまわし溶接止端部から 20 mm 程度の領域の応力はほぼ変わらなかった。止端部において約 310 MPa の引張応力が生じており、止端部から離れるにつれ応力が低下する。まわし溶接止端部から 20 mm 以上離れた領域では、斜板の溶接による引張残留応力が重畳し、再び引張応力が高くなっている。まわし溶接止端部からの距離が 80 mm 程度の領域では、斜板の有無による引張応力の差は 110 MPa 程度となった。まわし溶接と直線状のすみ肉溶接の距離が 100 mm の領域において、それぞれの溶接部近傍の残留応力が互いに及ぼす影響は小さいものの、中間の領域では残留応力が重畳し高い引張応力場が形成される可能性を結果は示唆している。

5. まとめ

2 つの溶接部が近接する領域の残留応力分布の特徴を検討するため、一連の基礎的実験およびシミュレーションを実施した。本研究の範囲では、まわし溶接と直線状のすみ肉溶接の距離が 100 mm の領域において、それぞれの溶接部近傍の残留応力が互いに及ぼす影響は小さいものの、中間の領域では残留応力が重畳し高い引張応力場が形成される可能性を結果は示唆していた。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費（19K04577）を受けて実施した。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 松本理佐・石川敏之・塚本成昭・栗津裕太・河野広隆：鋼床版の垂直補剛材溶接部のき裂を対象とした各種補修法の効果の比較に関する研究，土木論文集 A1（構造・地震工学），Vol. 72，No. 1，192-205，2016.
- 2) 廣畑幹人・伊藤義人：トラフリブ溶接部の残留応力緩和に対する簡易熱源による熱処理の適用性検討，構造工学論文集，Vol. 62A，1168-1179，2016.

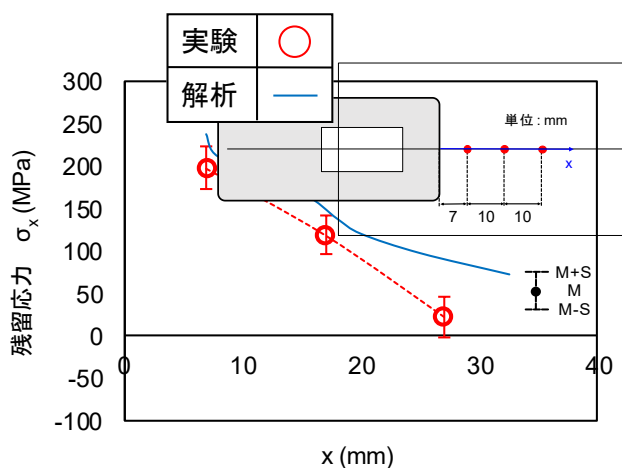


図-5 残留応力測定結果および解析結果

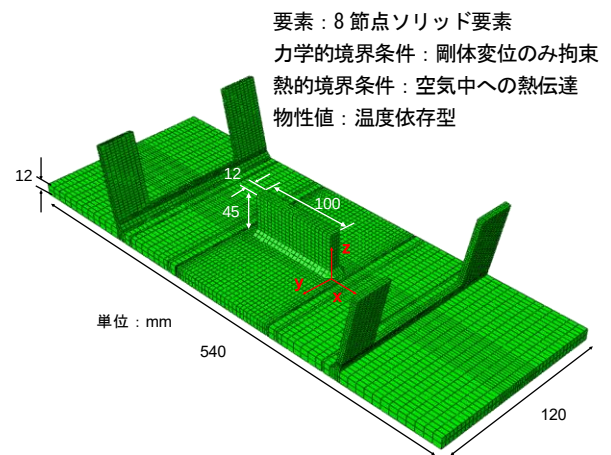


図-3 熱弾塑性解析モデル

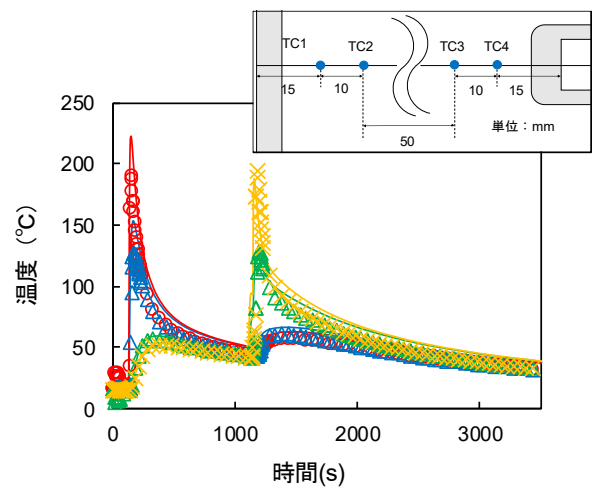


図-4 溶接時の温度履歴

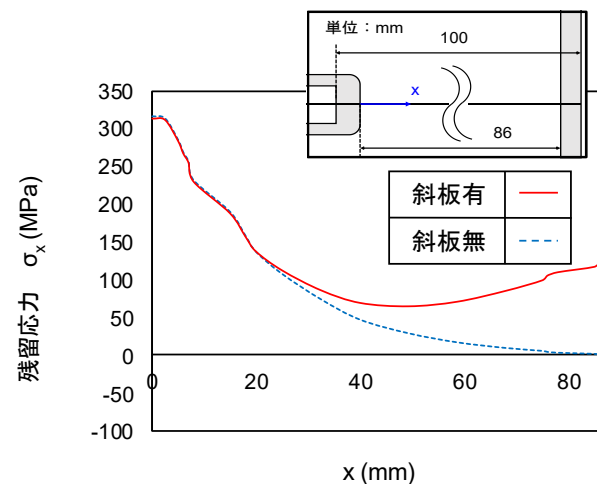


図-6 残留応力分布