

ひずみ取りプレス成形が鋼床版のデッキプレートと U リブの溶接止端部における残留応力に及ぼす影響

九州大学大学院 学生会員 ○城 大樹
 (社) 日本橋梁建設協会 正会員 内田 大介
 (社) 日本橋梁建設協会 正会員 川畑 篤敬

九州大学大学院 正会員 貝沼 重信
 (社) 日本橋梁建設協会 正会員 井口 進

1. はじめに 鋼床版の疲労試験¹⁾において、デッキプレートと U リブの溶接止端部および溶接ルート部から疲労き裂が発生し、デッキプレート内を進展する疲労損傷が確認されている。このき裂の発生原因として、溶接部に存在する残留応力の影響が考えられる。しかし、デッキプレートのひずみ取りのためにプレス成形した鋼床版では、溶接止端部における疲労損傷は確認されていない。本研究では、切断法による応力測定および熱弾塑性 FEM 解析を実施し、ひずみ取りプレス成形の有無が溶接止端部の残留応力分布に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 試験体 試験体の諸寸法はデッキプレート厚 12mm, U リブ寸法 320mm×240mm×8mm, 溶接サイズ 8mm である。また、過去に製作された鋼床版を対象としたため、U リブ厚 t_u に対する溶込み深さ p_w の比 $p_w/t_u = 0.50$ とした。試験体に用いた鋼材は JIS SM400 である。この試験体について、ひずみ取りプレス成形の有無により 2 種類製作した。以下では、試験体をそれぞれ D12U8SP50 および D12U8SP50-p (D:デッキプレート厚(mm), U:U リブ厚(mm), S:半自動 CO₂ 溶接, P:U リブ厚に対する溶込み深さの比率, p:プレス成形)と呼ぶ。

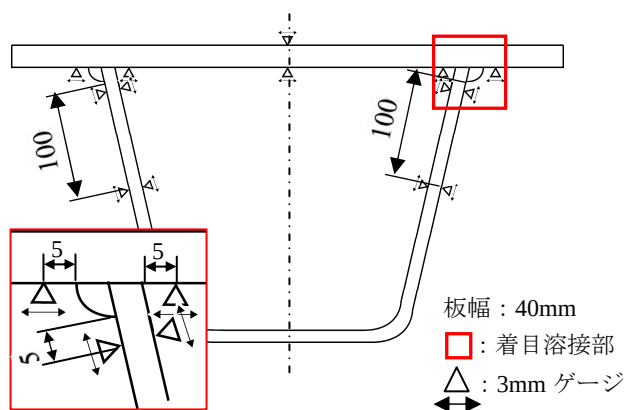
3. 測定方法および解析方法 ゲージ貼付位置および切断線(破線)を図-1 に示す。切断法による残留応力の測定には 1 軸 3mm ゲージおよび 1 軸 0.3mm ゲージを用いた。ひずみゲージの周辺近傍を糸鋸により手動で切断し、切断前後のひずみ値の変化量から残留応力を算出した。

解析モデルは実構造試験体の橋直方向 1/2 モデルとした。要素分割例を図-2 に示す。要素には 4 節点の平面ひずみ要素を用い、その最小要素寸法は 0.2mm×0.2mm とした。溶接未溶着部には接触要素を用いた。本解析には、ABAQUS Ver.6.7.5 を用い、図-3 に示す材料特性を考慮した熱-応力連成弾塑性解析を実施した。溶接残留応力解析では、温度条件は外気温を 288K とし、溶接部の要素に瞬間的に 1773K を与えた後、溶接部が常温になるまで 3 時間放置した。プレス成形を模擬した弾塑性解析では、溶接残留応力解析終了後の解析モデルに対してプレス成形荷重 245kN を載荷し、除荷を行った。プレス成形の解析時は、解析モデルは完全弾塑性体を仮定し、降伏の判定には Von Mises の降伏条件を用いた。

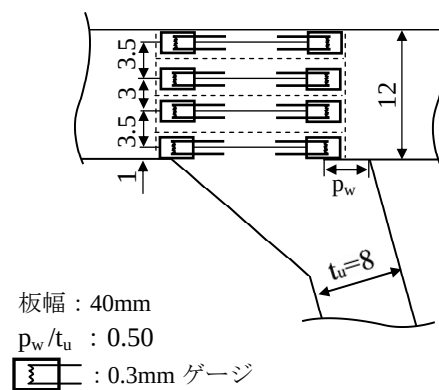
4. 測定結果および解析結果 測定結果および解析結果を図-4 に示す。プレス成形前後において溶接止端部の残留応力が引張から圧縮に遷移している。これは、プレス成形時の溶接止端部の塑性化により引張残留応力が開放される。さらに、デッキプレート板厚中央部の弾性域によるスプリングバックで、塑性化した部位近傍に圧縮残留応力が発生したと考えられる。D12U8SP50 における残留応力の測定値について、溶接止端部近傍が圧縮となっている。しかしながら、残留応力分布の形状から、デッキプレート表面では引張残留応力が発生していると考えられる。また、D12U8SP50-p における残留応力の測定値について、プレス成形により塑性化すると考えられる、溶接止端部およびデッキプレート上面近傍において、解析結果は測定結果とよく一致している。これらの結果から、本解析条件を用いてプレス成形後の溶接止端部の残留応力分布の傾向を求められると考えられる。また、切断法による応力測定および熱弾塑性 FEM 解析から得られた残留応力分布の傾向および、切断法終了時の試験片断面における応力分布の釣合いから、プレス成形により溶接止端部には高い圧縮残留応力が生じていると考えられる。

5. まとめ プレス成形により鋼床版のデッキプレートと U リブの溶接止端部に高い圧縮残留応力が生じることを明らかにした。また、疲労損傷が発生・進展する断面近傍における、プレス成形前後の残留応力分布を明らかにした。

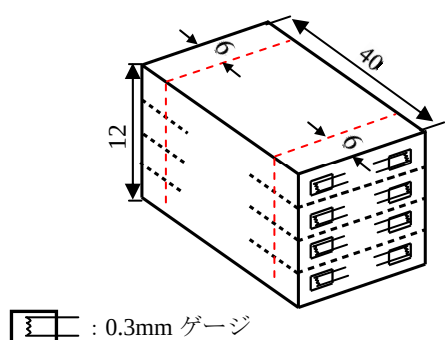
参考文献 1) 貝沼重信, 尾上聡史, 三浦健一, 井口進, 内田大介: 鋼床版のデッキプレートと U リブの溶接ルート部の疲労き裂に対する試験システムの構築, 土木学会論文集 A, Vol.64, No.2, pp.297-302, 2008



(a) 試験片全体



(b) 着目溶接部側面



(c) 着目溶接部近傍

図-1 切断法 (単位: mm)

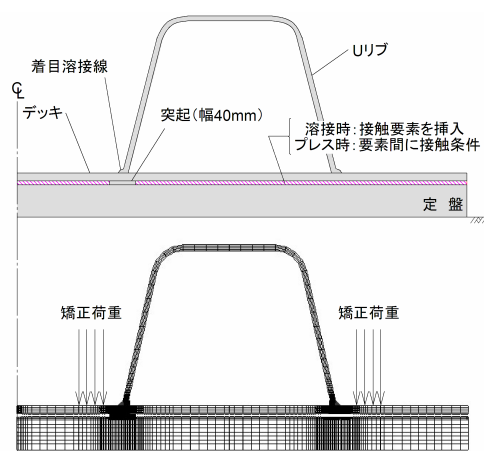


図-2 解析モデル

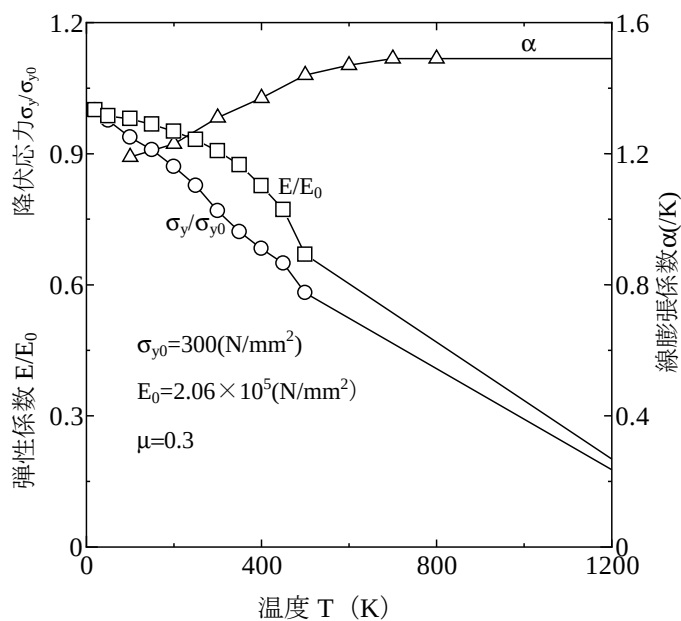


図-3 鋼材の機械的性質の温度依存性

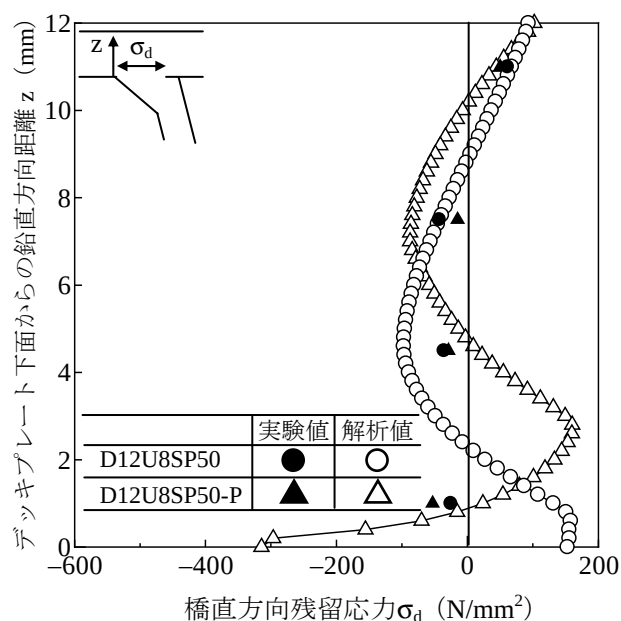


図-4 解析結果および測定結果