

合理化鋼床版桁橋における縦横リブ交差部の局部応力に関する研究

(株)北海道調査測量 正会員 藤田 真仁
(株)日本製鋼所 正会員 熱海 明彦
島田建設(株) 正会員 村田 陽一

北見工業大学 フェロー 大島 俊之
北見工業大学 正会員 山崎 智之

1. まえがき

鋼床版は死荷重が小さく短期施工も可能であり、都市の高架橋、吊橋や斜張橋の支間の長大化に伴って多く用いられるようになってきた。工場製作による品質管理が容易であることや架設期間が短い等の長所もあり、また、高架橋の耐震性向上を目的とした上部工の軽量化に対しても有効とされている。なかでもデッキプレートの厚板化とUリブの大型化などにより構造を簡略化して、部材数ならびに溶接延長の低減を図り、施工の合理化およびコスト削減を目的とした合理化鋼床版桁橋が注目されている。しかし、鋼床版は比較的薄い鋼板を用いて溶接により組み立てた複雑な構造のため溶接による欠陥や残留応力等が生じる可能性が高い。そこで本研究では合理化鋼床版桁橋の全体的な挙動を把握し、Uリブと交差している横桁スカラップのR部に生じる応力集中の抑制、Uリブ・横桁交差部の溶接止端部の局部応力について汎用構造解析プログラム MARC を用いて解析を行い検討する。

2. スカラップ形状の検討

縦リブにUリブを用いた時の横桁スカラップのR部に生じる応力集中の抑制効果をスカラップ形状の違いにより検討を行った。まず全体解析を行って応力集中部を解明し、その部分の局所的な解析を行うため全体解析で得られた節点変位を境界条件としてズームモデルの切り取り部に与えて解析を行った。スカラップ形状は図1のA-typeを基準とし、応力集中の緩和が期待できるとされているB-typeの形状と、さらに応力集中の緩和を目的とした形状のC-type、D-typeについて比較を行った。解析結果はA-typeの結果はスカラップ右下で引張応力集中が生じ、左下で圧縮応力集中が生じていた。したがってこの部分での応力集中を緩和させるため下側を曲線にし、両側の曲線部は半径を大きくして継ぎ目を滑らかにしたB-typeで解析を行った。さらに、R部の曲率を大きくし、曲線部をより滑らかにした解析(C, D-type)を行った結果、応力集中の緩和効果が表れた。これらのことからD-typeのように曲線を複数用いて滑らかに繋ぎ合わせた形状が応力集中を抑制できる形状であることが確認された。

3. まわし溶接止端部の局部応力の検討

図2のズーム解析モデルを用いて溶接部も考慮した形状のモデルを作成して、荷重が載荷された場合のまわし溶接止端部の応力状態の検討を行った。解析方法はまず、荷重を橋軸直角方向へ移動させて止端部の主応力、橋軸直角方向、鉛直方向の応力値を算出し、亀裂の発生メカニズムを検討した。

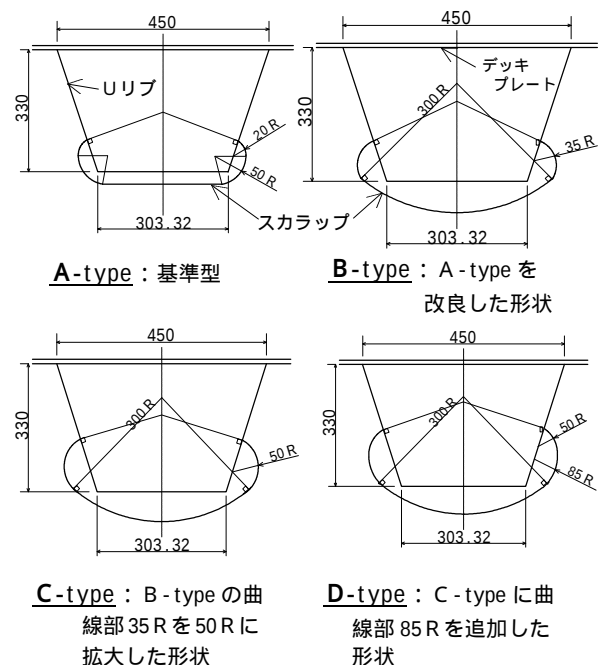


図1 スカラップ形状

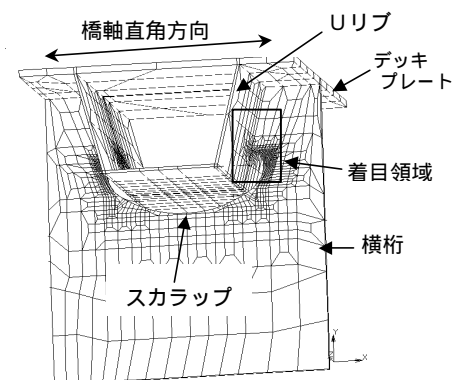


図2 ズーム解析モデル

Keywords：合理化鋼床版桁橋、ズーム解析、溶接残留応力

連絡先：〒909-8507 北海道北見市公園町 165 番地 TEL0157-26-9476

荷重を橋軸直角方向へ移動した結果、主桁付近のＵリブの腹板上に荷重集中された場合に各応力値が最大値を示した。これは、荷重がＵリブ腹板上に集中されているため、主桁側Ｕリブ止端部を起点にしてＵリブ腹板が橋軸直角方向曲げ挙動を示していると考えられる。図３の応力分布図から横桁とＵリブが交差している溶接部下側（図中の明るい部分）で応力集中が生じているのがわかり、特にＵリブ側の止端部で引張応力集中状態となっている。また、図４のベクトル図より、主応力方向ベクトルがＵリブ腹板の傾き方向に近いことから、この方向に応力が集中するとＵリブ側止端部からＵリブの板厚方向に亀裂が発生すると考えられる。

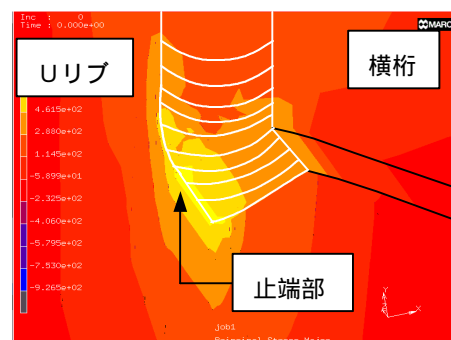


図３ 溶接止端部の引張応力分布図

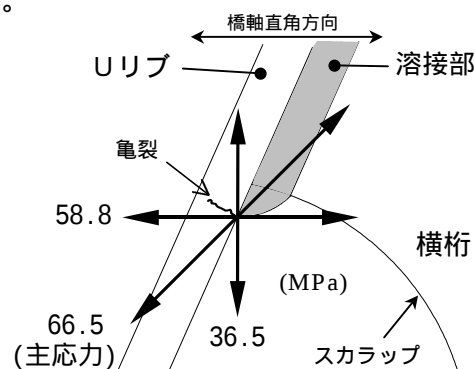


図４ 応力ベクトル図（止端部断面）

４．溶接残留応力解析

始めに応力解析と同じズーム解析モデルを用いて溶接部の熱伝導解析を行う。次にその温度データを用いて熱応力解析を行い、溶接熱による溶接残留応力の検討を行った。解析方法は溶接部に 700 の熱を与えて 20 まで冷却させ、その温度データを応力解析用の要素に初期条件として入力して熱応力解析を行った。解析結果の応力分布は図５のようになり、応力解析と同様にＵリブ側止端部に引張応力集中が生じていた。加熱冷却過程をみると図６のようになり、溶接部が加熱され膨張して 600 になると降伏する。そして、冷却されると溶接部は収縮して 20 になると溶接部周辺には降伏応力程度の残留引張応力が生じることがわかった。

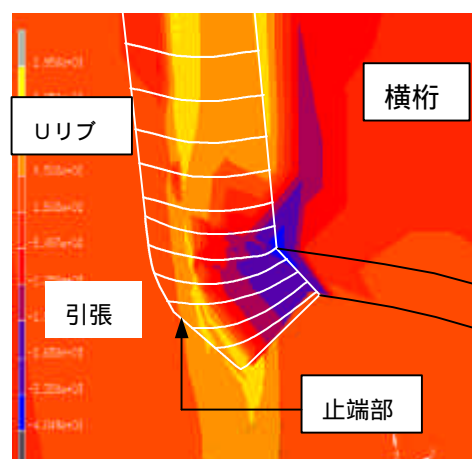


図５ 冷却後の残留応力分布

５．まとめ

本研究では合理化鋼床版桁橋の縦横リブ交差部の局部応力に関して、スカラップ形状による応力集中抑制効果、溶接止端部の応力挙動についてズーム解析モデルを用いて局部応力をシミュレーションすることにより、以下の結果が得られた。

- １）横桁スカラップの解析を行った結果、スカラップの曲率変化部に複数の曲線を組み合わせて滑らかにすることにより応力集中を抑制できる効果があることが確認された。
- ２）Ｕリブ腹板上に荷重が集中された場合、Ｕリブ側止端部はＵリブ腹板の橋軸直角方向曲げ挙動による引張応力集中が生じることがわかった。
- ３）溶接部は加熱冷却過程により降伏応力程度の残留応力が生じることがわかり、特にＵリブ側止端部では引張残留応力集中が生じることがわかった。
- ４）２）、３）の結果により、荷重集中状態と残留応力による引張応力集中によってＵリブ側止端部では亀裂が発生する可能性が高いことが確認された。

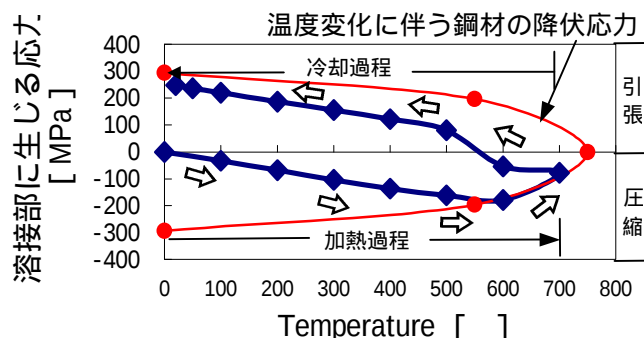


図６ 応力履歴

謝辞：本研究を行うにあたりまして(株)日本製鋼所室蘭研究所の村井正光氏、佐藤和則氏には多大なる御協力、御助言を頂きました。また、明星大学の鈴木博之先生から昨年の全国大会において止端部のモデル化やズーム領域の解析範囲について御助言を頂きました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

【参考文献】

- ・小笠原,勝俣,町田,川瀬,溝江：鋼床版構造の合理化に関する検討・実験,構造工学論文集,Vol.45A,1999.3
- ・貝沼,森,一宮：十字すみ肉溶接継手のルート部から発生する疲労亀裂の進展性状,鋼構造論文集 1997.6