

鋼床版橋梁のデッキプレートにある架設用吊金具残し部の溶接止端部の応力性状に関する解析的検討

日本橋梁建設協会 正会員 ○山内誉史 内田大介 藤井基史 井口進 平山繁幸 川畑篤敬
九州大学大学院 正会員 貝沼重信 学生会員 平井大雅

1. はじめに 鋼床版橋梁架設時にデッキプレート（以下、デッキ）上面へ溶接された架設用吊金具は、舗装厚に影響が及ばないように架設完了後に切除処置しているが、最近では、吊金具の残置部分から疲労き裂発生への報告もあり、デッキから完全に除去する施工も行われている。しかし、デッキ厚と吊金具の残し部の程度を一体に捉えて疲労き裂を誘発する可能性について検討された事例はない。本研究では鋼床版の吊金具の残置部分を模擬した有限要素応力解析を行うことで、輪荷重の作用下でのデッキ厚と残し部の程度がデッキと吊金具の溶接部、具体的には残し部のデッキ側止端部の応力性状に及ぼす影響を明らかにする。

2. 解析方法 解析対象は図-1 に示すような、橋軸方向の中央で横リブと U リブが交差する箇所のデッキ上面に吊金具の残し部がある鋼床版 2 パネルのモデルである。FEM 応力解析には NX NASTRAN Ver.7.1 を用いた。デッキ厚は 12mm、または 16mm、横リブ間隔は 2500mm とした。また、320mm×240mm×6mm の U リブを 640mm 間隔で 4 本配置した。吊金具（幅 240mm、板厚 22mm）はデッキに完全溶け込み溶接で接合されていることを想定し、溶接サイズと吊金具の残し量（デッキ上面からの高さ）は図-1 に示す通りとした。吊金具の板厚中心は橋直方向で U リブのウェブ中心と一致している。アスファルト舗装は厚さを 80mm とし、剛性は夏季（ $E=500\text{MPa}$ 、 $\nu=0.35$ ）を考慮した。また、U リブとデッキの間には 0.1mm のルートギャップを設けている。境界条件については、鋼床版の周囲に位置する主桁と横桁の下端を固定とした。また、舗装の下面とデッキ表面では節点を共有させている。荷重ケースは図-2 に示す 3 種類とし、車輪が着目位置を通過する際の応力振幅を評価するため、図-3 に示すように橋軸方向に 28 ケース（最小間隔 62.5mm）移動させた。着目する吊金具残し部近傍の溶接部や鋼部材についてはソリッド要素を用いた。これ以外の部位についてはシェル要素を用いた。なお、着目部近傍の最小要素寸法は、0.5mm×0.5mm×0.5mm とした。解析結果で着目する要素は図-4 で水色に着色した残し部の溶接部のデッキ側止端部である。解析ケースは載荷ケース、デッキ厚、および残し部の程度が異なる 11 種類（表-1）とした。

3. 解析結果 解析ケース毎に最大主応力の最大値とその主応力方向の応力振幅を整理した結果を表-2 に示す。応力振幅を算出する際、図-3 の各載荷位置で発生する主応力の中で最大となる応力の方向を求め、その方向へそれ以外の位置での主応力を変換することで応力の方向を統一した。載荷ケースの違いに着目すると挟み込み載荷の方が高い応力が発生していることが分かる。さらに残し部の程度に着目すると残し部が高いほど発生応力が高い。ケース 4 とケース 7 ではデッキ厚に違いがあるが、デッキ厚 16mm では 12mm に比して最大主応力の最大値は 1/3 程度低くなった。

全解析ケースで最大主応力が最大となる解析ケース 4 を取り上げ、図-4 の②に示す各要素における最大主応力の最大値とそのときの橋直方向の直応力の値を図-5 に示す。横軸は車輪進行方向左側の横リブ位置から時計回りに右側の横リブ位置までの各要素を表す。最大となる要素は図-4 の③に示す要素であり、最大値が発生する橋軸方向の載荷位置は横リブ上、横リブから 62.5mm、および同 125mm の 3 ケースであった。左右のまわし溶接部近傍で高い応力が発生していることが分かる。図-5 から橋直方向の直応力が支配的であることが分かり、挟み込み載荷によって橋直方向に局所的な面外曲げが生じていると考えられる。解析ケース毎に図-4 の②の着目部の中から最大となる要素の影響線図を図-6 に示す。横軸は橋軸方向であり、0 は横リブ位置、および残し部の橋軸方向中心である。荷重ケースに係わらず、荷重中心が横リブ位置から+125mm に載荷されたとき応力は最大となる。この載荷位置はまわし溶接部に近く、残し部が 0mm 以外のケースではこの近傍の要素に最大値が発生した。

図-7 にまわし溶接部を含めた着目部の最大主応力コンター図を示す。鳥瞰図を見るとデッキ厚 12mm、16mm とともに 2 箇所のまわし溶接部で応力集中が見られるが、デッキ厚 16mm は 12mm に比して応力集中の範囲は橋軸方向、橋直方向ともに狭くなっている。最大となる要素を含む橋軸方向の断面図においても、デッキ厚 16mm では鉛直方向の応力集中の範囲は 12mm に比して狭くなっている。鉛直方向の中立軸の位置に着目すると、16mm の方がデッキ表面側に近く、デッキの増厚により中立軸が上方へ移ったことがデッキ側溶接止端部の応力集中の緩和に寄与していると考えられる。

4. まとめ 1) 吊金具を残すことにより、デッキ上面のデッキ側溶接止端近傍では橋軸直角方向の高い引張応力が発生するが、デッキ厚が 12mm から 16mm になるとデッキの増厚効果が表れて応力が低減する。2) デッキ厚に係わらずデッキ上面の引張応力と応力振幅は吊金具の残し部の高さに比例して高くなる。

参考文献 1) (社) 日本鋼構造協会；鋼橋付属物の疲労[平成 20 年 7 月]

キーワード：鋼床版橋梁、架設用吊金具、吊金具残し部、まわし溶接部

連絡先：日本橋梁建設協会 〒105-0003 東京都港区西新橋 1-6-11 TEL：03-3507-5225

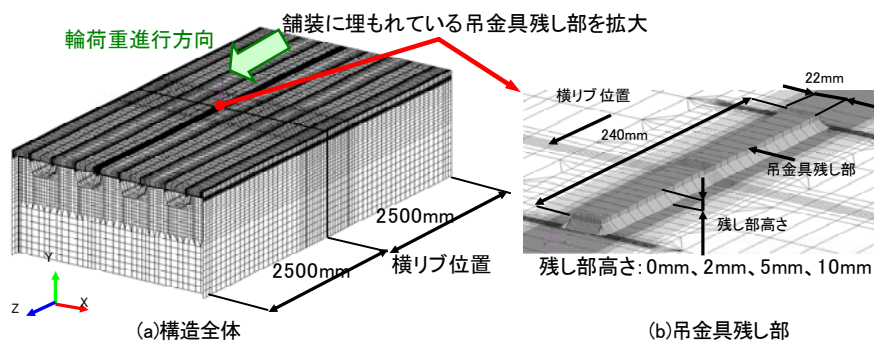


図-1 解析対象

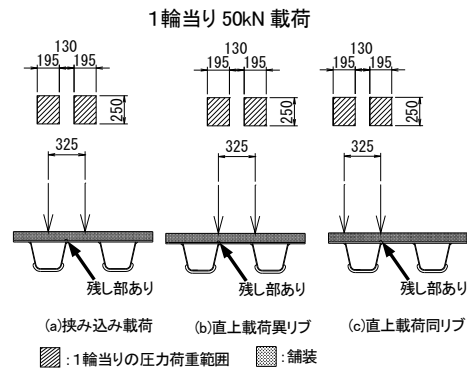


図-2 橋直方向の輪荷重載荷位置とその大きさ

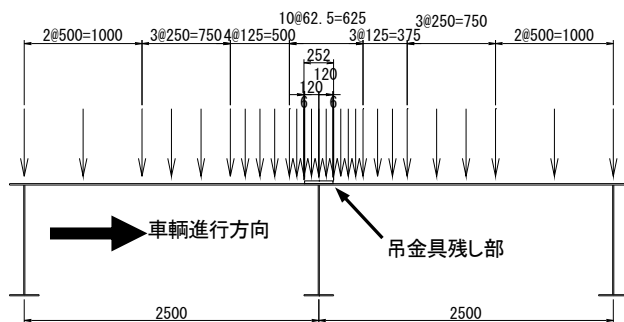


図-3 橋軸方向の輪荷重載荷位置(全 28 箇所)

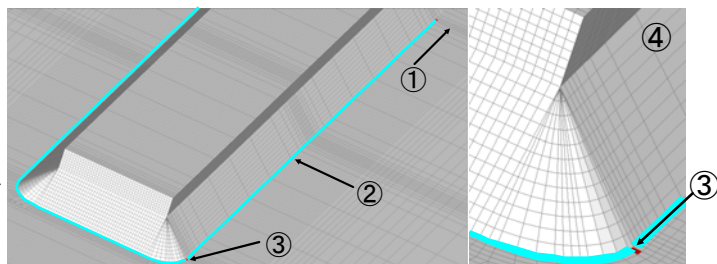


図-4 残し部溶接のデッキ側止端部に着目した鳥瞰図

表-1 解析ケース

載荷ケース	デッキ厚	残し部
1 挟み込み	12mm	0mm
2 挟み込み	12mm	2mm
3 挟み込み	12mm	5mm
4 挟み込み	12mm	10mm
5 挟み込み	16mm	0mm
6 挟み込み	16mm	5mm
7 挟み込み	16mm	10mm
8 直上異リブ	12mm	0mm
9 直上異リブ	12mm	10mm
10 直上同リブ	12mm	0mm
11 直上同リブ	12mm	10mm

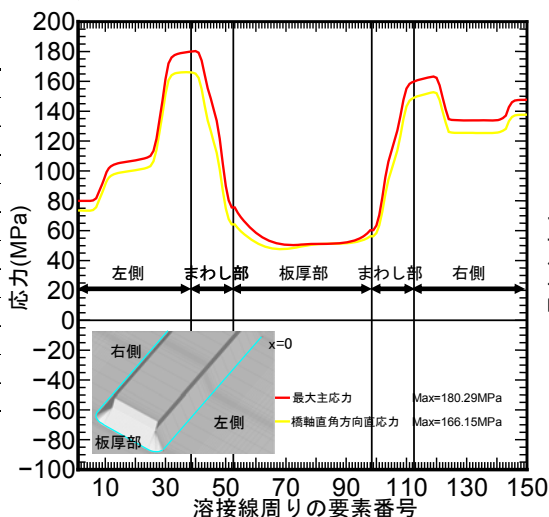


図-5 デッキ上溶接止端部で発生する応力の最大値の分布

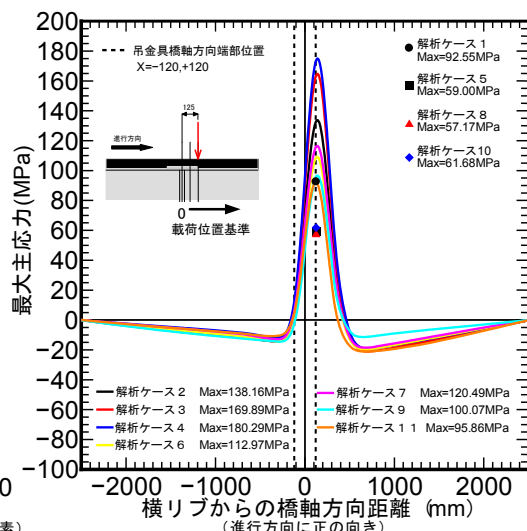


図-6 デッキ上の溶接止端部で最大主応力最大となる要素の最大主応力影響線図

表-2 解析ケース毎の最大主応力と応力振幅 単位 MPa

最大主応力	応力振幅
1 92.55	103.01
2 138.16	157.51
3 169.89	191.17
4 180.29	199.69
5 59.00	68.96
6 112.97	133.11
7 120.49	139.54
8 57.17	66.88
9 100.07	114.84
10 61.68	70.74
11 95.86	117.21

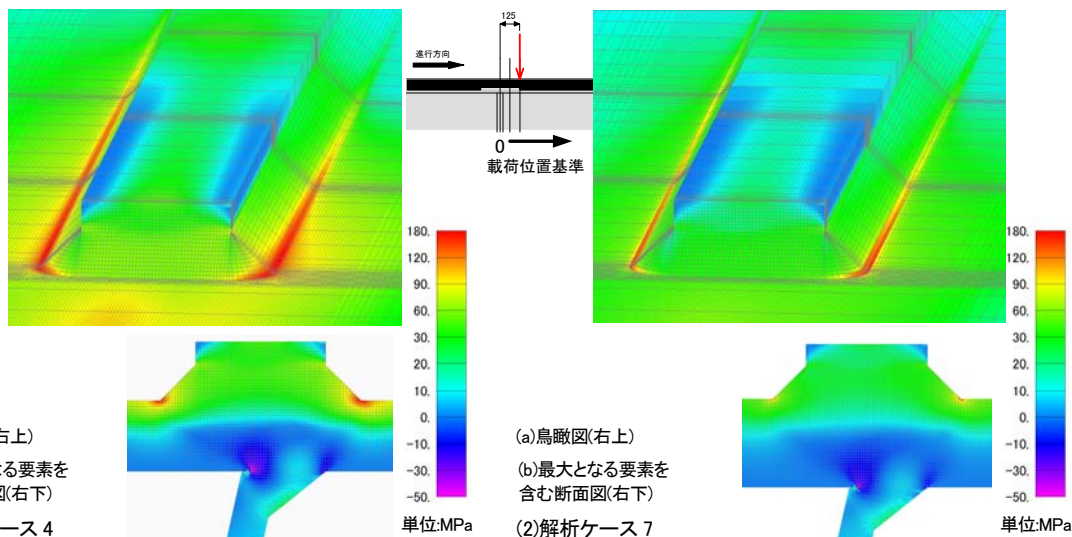


図-7 横リブ位置から+125mm のところに挟み込み載荷した場合の残し部溶接のデッキ側止端部の最大主応力コンター図