

鋼床版デッキプレートと主桁ウェブ垂直補剛材溶接部の疲労損傷補修・補強構造検討

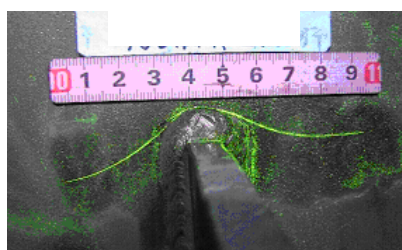
川田工業 正会員 ○石川 誠 川田工業 正会員 江崎正浩
 土木研究所 正会員 村越 潤 土木研究所 正会員 有馬敬育

1. はじめに 鋼床版箱桁橋において、主桁ウェブの垂直補剛材とデッキプレートのまわし溶接部に図-1に示すような疲労き裂の発生が数多く報告されている。この疲労き裂の原因は、垂直補剛材の先端部直上を車両が走行することによるデッキプレートの曲げ変形もしくは、垂直補剛材への支圧応力によるものと推定されている¹⁾。過去に、垂直補剛材とデッキプレートの上にプレートを溶接にて設置する補修方法が提案されたが、き裂の再発が報告されている²⁾。また、近年、当該部位に対するいくつかの補修・補強構造が提案されているが³⁾⁻⁵⁾、垂直補剛材上端の構造変更による他部位への影響をも含めた詳細な検討はあまり行われていない。

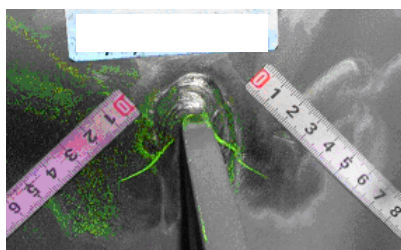
ここでは、疲労き裂の発生要因となる応力性状・変形状態について FEM 解析を用いて確認し、また、他部位への影響も考慮した補修・補強構造について検討したので報告する。

2. 疲労き裂の発生要因 疲労き裂の発生要因を確認するため FEM 解析を実施した。解析は、疲労損傷が生じている鋼床版箱桁橋の箱桁部分について、縦リブの2支間分を取り出したモデルを対象として行った(図-2)。解析手法はソリッド要素を用いた線形弾性 FEM 解析(解析コード: NASTRAN)とした。着目部周辺のメッシュサイズは5mm程度とした。溶接ビードのモデル化について、デッキプレートとトラフリップの縦方向溶接ビード(以下、縦ビード)は、ルート部の応力を確認するためモデル化したが、他の溶接ビードについては、応力の相対比較を行うという観点からモデル化はしなかった。縦ビードは、図-3に示すように脚長8mm、溶け込み量75%でモデル化している(最小メッシュサイズ: 0.4mm)。载荷荷重は、ダブルタイヤの接地面積を再現し、そこに分布荷重(100kN)を与え、橋軸方向に影響線载荷させることとした。橋軸直角方向位置については、過去に行った実橋での応力計測結果を参考に、当該部位に最も大きな応力を発生させると考えられる垂直補剛材直上付近の2ケースとした(図-4)。

図-5にL1载荷時での変形図および最小主応力コンターを示す。垂直補剛材とデッキプレートのまわし溶接部において、デッキプレートの板曲げ変形に起因する応力集中が発生しているのが確認できる。



(a) デッキプレート側止端



(b) 補剛材側止端

図-1 き裂発生状況(実橋)

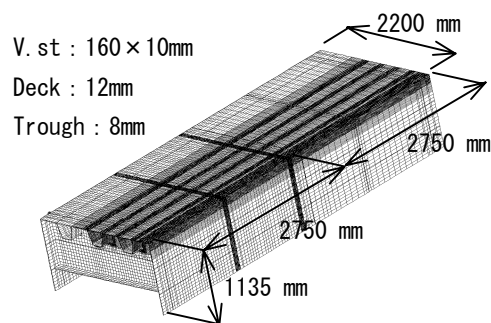


図-2 モデル全体

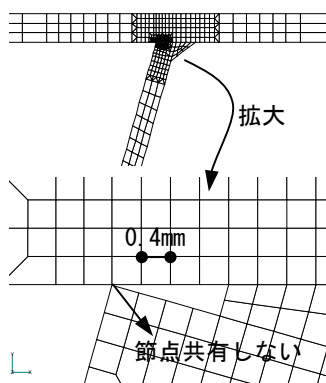


図-3 縦ビードメッシュ

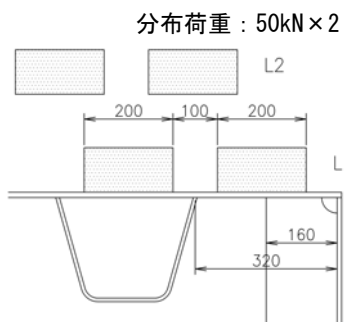


図-4 载荷荷重位置

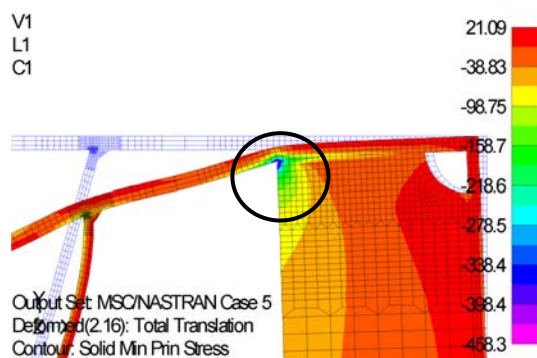


図-5 変形および主応力 (L1 载荷時)

キーワード 鋼床版, 疲労き裂, 垂直補剛材, 補修・補強, FEM 解析

連絡先 〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11 TEL: 03-3915-3301 FAX: 03-3915-4327

3. 補修・補強案 本検討において比較対象とした補修・補強案を図-6 に示す。上端切断は、垂直補剛材とデッキプレートの溶接部そのものを無くした構造であるが、主桁ウェブギャップの局所的な板曲げにより、新たにまわし溶接部に応力集中が発生する。半円切り欠き設置は、デッキプレートを垂直補剛材位置でバネ支持とし、デッキプレートの板曲げ変形の緩和を狙った構造である。L 形鋼設置と T 型部材設置は、デッキプレートの板曲げ変形を抑制するため、補強部材を取り付けた構造である。なお、L 形鋼設置において、デッキプレートと L 形鋼はメタルタッチを想定しているが、モデル化に際しては簡略化のため、デッキプレートと L 形鋼は同一節点とした。

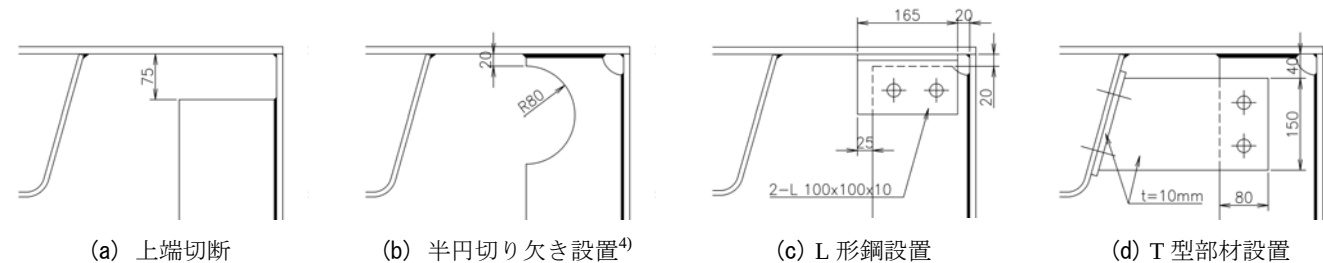


図-6 補修・補強案

4. 効果の確認および他部位への影響 図-7 に示す 3 つの箇所に着目して解析結果を整理した。point-A,B については、溶接止端部に相当する位置から約 5mm 離れた節点での図中矢印方向の板曲げ応力に着目し、point-C については、着色部メッシュでの最小主応力に着目した（point-A について上端切断構造では、垂直補剛材上端のデッキプレートの板曲げ応力ではなく、主桁ウェブの首振りによる板曲げ応力に着目した）。

表-1 に L1 載荷時における着目箇所の最大発生応力を示す。括弧内は現行構造に対する応力低減率（補修構造／現行構造）を表している。垂直補剛材上端のデッキプレートの板曲げ（point-A）については、各補修・補強構造で応力低減が認められる。最大応力発生時の橋軸方向載荷位置は、いずれも横リブ支間中央載荷時である。

上端切断構造では、デッキプレートの変形量が大きくなることから、隣接トラフリブ縦ビード近傍のデッキプレートの板曲げ応力（point-B）が増加している。しかしながら、当該応力は垂直補剛材のない一般断面と同等のレベルにあり、本策によってき裂発生箇所が転移する可能性を示すものではない。また、T 型部材設置構造では、トラフリブの変形を拘束することから、縦ビードルート部に発生する応力（point-C）が大きくなる。

5. あとがき 本検討では、主桁ウェブの垂直補剛材とデッキプレートのまわし溶接部に発生した疲労き裂に対する有効な補修・補強構造を検討した。今後は、垂直補剛材幅や荷重位置などをパラメータとした解析を実施し、引き続き有効な補修・補強構造の検討を実施する予定である。また、実物大の試験体に、検討した補修・補強構造を適用し、疲労耐久性の確認および施工性の検討などを行う予定である。本研究は、(独)土木研究所との「鋼床版の疲労耐久性向上技術に関する共同研究（その5）」の一環として実施したものである。

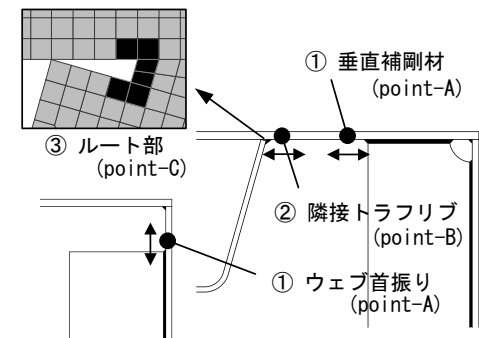


図-7 着目箇所

表-1 着目箇所の発生応力（L1 載荷時）

	point-A デッキPL板曲げ		point-B デッキPL板曲げ		point-C 最小主応力	
現行構造	-187.1	(100%)	-90.0	(100%)	-343.1	(100%)
上端切断	-150.5	(80%)	-213.1	(237%)	-459.0	(134%)
半円切り欠き	-115.5	(62%)	-115.7	(129%)	-347.7	(101%)
L形鋼	-77.4	(41%)	-78.6	(87%)	-330.9	(96%)
T型部材	-59.3	(32%)	-89.4	(99%)	-592.8	(173%)

主桁ウェブの首振り (単位:MPa)

参考文献

- 1) 吉川など：U リブを用いた鋼床版の疲労損傷事例，土木学会第 57 回年次学術講演会，I-277，2002.9
- 2) 関など：鋼床版デッキプレートと垂直補剛材の溶接部に発生した疲労損傷の補修方法，第 5 回鋼構造物の補修・補強技術報告会論文集，p.37-46，1996.6
- 3) 神木など：鋼床版箱桁ウェブの垂直補剛材溶接部の疲労き裂対策検討，土木学会第 60 回年次学術講演会，1-398，2005.9
- 4) 川村など：デッキプレートと垂直補剛材溶接部の予防保全対策，土木学会第 60 回年次学術講演会，1-401，2005.9
- 5) 公門など：鋼床版垂直スティフナーすみ肉溶接部の疲労を考慮した補強方法，土木学会第 60 回年次学術講演会，1-501，2005.9