第Ⅰ部門　　中長期供用に向けた仮橋の覆工板溶接部の溶込み深さが溶接ルート部発生応力に及ぼす影響

大阪公立大学大学院　学生員　○西垣　友貴
株式会社長大　正会員　野村　肇
ヒロセ株式会社　非会員　松田伊佐雄
大阪公立大学大学院　正会員　森山　仁志
大阪公立大学大学院　正会員　山口　隆司

1. 研究背景および目的

近年では，既設橋梁の老朽化対策工事や，頻発する水害に伴う災害復旧工事の長期化により，仮橋が想定された供用日数を超えて中長期間供用される事例が見られる．しかし，仮橋は短期使用を前提として設計される仮設構造物であり，中長期供用時の耐久性評価に関する知見は十分に蓄積されていない．

仮橋を構成する部材のうち，覆工板は車両荷重を直接支持する走行面部材であり，縞 H 形鋼（図-1）を長手方向に 5 本配置した構造となっている．本構造はフランジ部分溶込み溶接により連結されることから，溶接部において応力集中が懸念され，構造上の弱点となりやすい構造である．

本研究では，覆工板（図-2）フランジの部分溶込み溶接の深さがルート部の疲労亀裂に及ぼす影響を中長期供用仮橋の耐久性に対する課題と考え，文献 2)の有効ノッチ応力アプローチ（ENS 法）を FE モデル（図-3）に適用し，局所応力を評価した．

2. 解析モデルと解析ケース

プリ/ポストツールに Abaqus CAE2023，ソルバーに Abaqus/Standard2023 を用いて FEA を実施した．FE モデルは 8 節点 6 面体低減積分 1 次要素で基本的に構成し，モデリング空間内での要素サイズの変更には，4 面体 2 次要素を用いている．溶接部周辺の要素サイズは，部分溶込み開先溶接継手のモデリング方法により異なる．図-3 (b) に示すように，溶融部を節点共有，未溶融部を摩擦接触とした簡易モデルでは 0.6mm 程度に要素分割した．一方，ENS 法を適用する詳細モデルでは，基準ノッチ半径 r=1.0mm の U 字型仮想ノッチについて，周方向の分割数を 1/4 円弧あたり 10 分割，ノッチ表面近傍の要素サイズを 0.15mm 以下に設定した．スリットの幅は 2mm，深さは 5mm から 2mm まで変化させた．

支持条件の詳細は図-3 (a) に示す．材料特性は，ヤング率を 200GPa，ポアソン比を 0.3 の弾性材料と仮定した．

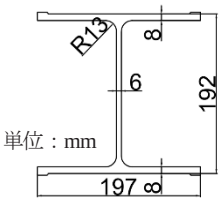


図-1　縞 H 形鋼寸法

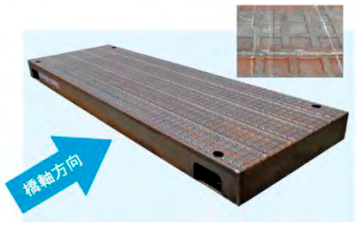
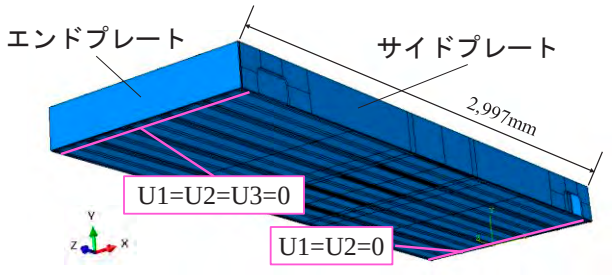
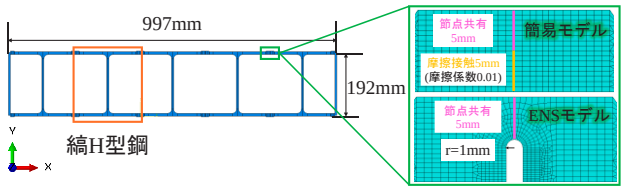


図-2　覆工板 [1)]



(a) 全体図



(b) 支間中央断面図と接触条件

図-3　解析モデル

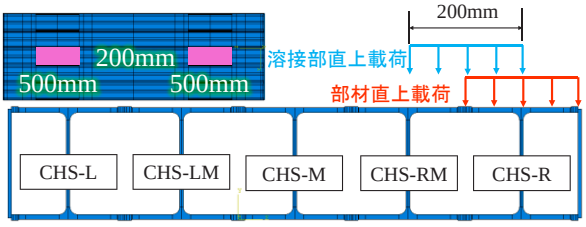


図-4　解析ケース

図-4 に示すように，疲労設計用の F 荷重 [3)]は，ダブルタイヤを模擬した等価輪荷重とし，鉛直荷重 100kN（合計 200kN）をそれぞれに載荷した．

本研究の目的は，載荷位置の影響を把握したうえで，溶込み深さの影響を評価することにある．そこで初めに，曲げモーメントが最大となる支間中央にて，橋軸直角方向の載荷位置（図-4）が応力状態に及ぼす影響を検討する．部材直上載荷では，端部の縞 H 形鋼上に載荷した場合に形鋼同士の荷重分担や鉛直変位分布が不均一とな

Yuki NISHIGAKI, Isao MATSUDA, Hajime NOMURA, Hitoshi MORIYAMA, Takashi YAMAGUCHI
Sx22639u@st.omu.ac.jp

ることをすでに確認している[4]．2 部材間の溶接部直上に載荷した場合については，未溶融部の引張応力が大きくなると予想している．この 2 ケースに関する簡易モデルの結果を踏まえて，フランジルート部の発生応力が最大となる載荷位置を選定する（**図-4**）．次に，簡易モデルで選定した載荷パターンに対し，溶込み深さと有効ノッチ応力の関係を詳細モデルにより調査する．

3. 解析結果およびその考察

簡易モデルにおける溶接部中央断面の垂直応力分布を**図-5** に，溶接部直上載荷の場合の最大主応力コンターを**図-6** にそれぞれ示す．**図-5** および**図-6** の板厚方向における応力分布に着目すると，上フランジ溶接部ではルート部周辺で応力が増加しており，その程度は溶接部直上載荷，橋軸方向応力の方が顕著となる．一方，下フランジでは，応力分布が線形関数になっていることから，概ね公称応力が発生していることがわかる．

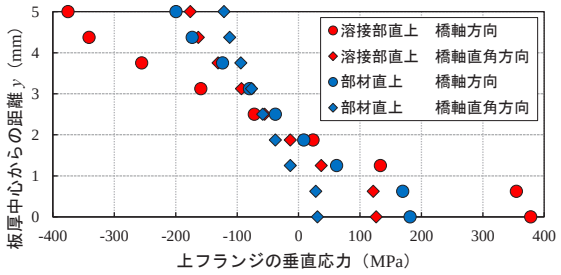
いずれの載荷パターンにおいても，上フランジの最大主応力は，溶融部下端に位置する要素で最大値を示した．溶接部直上載荷の場合は 438.0MPa，部材直上載荷の場合は 212.7MPa であり，溶接部直上載荷が厳しい応力状態にある．これは，局所的な面外曲げ変形が原因であると考えられる．

基準となる溶込み深さ 5mm の場合，溶接部直上載荷におけるノッチ周辺の最大主応力分布を**図-7** に示す．また，**表-1** には，溶込み深さを変化させた場合の有効ノッチ応力の結果をまとめている．**表-1** より，有効ノッチ応力は溶込み深さの増加に伴い減少する傾向にある．溶込み深さ 5mm と 8mm の結果を比較すると，有効ノッチ応力は約 20%低減していることがわかる．

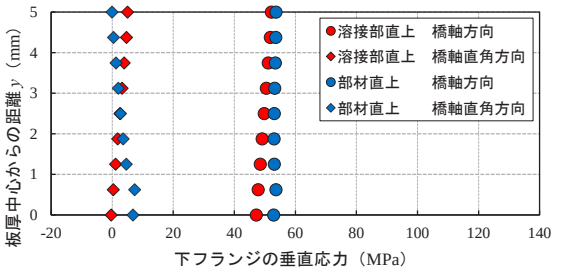
4. まとめ

1) 覆工板溶接部の発生応力は輪荷重の載荷位置に依存し，総荷重 200kN の載荷時において，溶接部直上載荷が最も厳しい条件となることを示した．下フランジでは公称応力が支配的であるのに対し，上フランジでは局所的な面外曲げ変形に伴い橋軸方向応力の増加が大きく，ルート部の発生応力を増加させることを明らかにした．

2) ルート部の有効ノッチ応力は，溶込み深さの増加に伴い，減少した．基準となる溶込み深さが 5mm から 8mm へ増加することで，有効ノッチ応力は約 20%低減した．

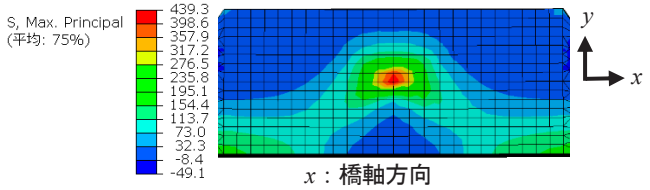


(a) 上フランジ



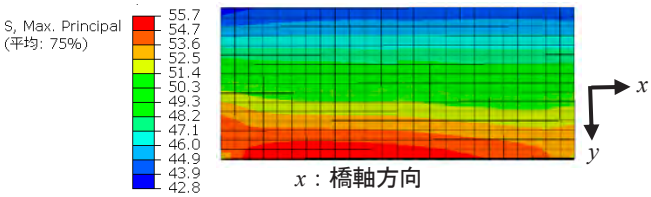
(b) 下フランジ

図-5 簡易モデルの溶接部の垂直応力分布（5mm）



x：橋軸方向

(a) 上フランジ



x：橋軸方向

(b) 下フランジ

図-6 簡易モデルの最大主応力コンター（5mm）

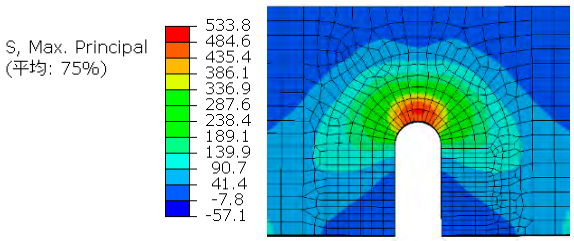


図-7 詳細モデルの溶接部の応力分布（5mm）

表-1 有効ノッチ応力と溶込み深さの関係

溶込み深さ（mm）	5mm	6mm	7mm	8mm
最大主応力（MPa）	466.6	455.8	432.3	375.9
5mmの場合に対する比率	—	0.98	0.93	0.81

参考文献

1) 日本製鉄株式会社：メトロデッキ路面覆工板，日本製鉄株式会社． 2019.
2) Fricke, W.: IIW Recommendations for the Fatigue Assessment of Welded Structures by Notch Stress Analysis, Woodhead Publishing, 2012.
3) 公益社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編，丸善出版，2017.11.
4) 西垣ら：中長期供用を想定した仮橋用覆工板の構造特性に関する基礎的研究，土木学会第 81 回年次学術講演会講演概要集，I-181，2pages，2026.9.