鋼床版Ｕリブ溶接部近傍の応力状態に関する解析的検討

日本橋梁建設協会　正会員　○山内誉史　夏秋義広　内田大介
平山繁幸　藤井基史
阪神高速道路　正会員　杉山裕樹

１．はじめに：鋼床版デッキプレート（以下，デッキ）とＵリブ溶接線の溶接ルート部から発生するき裂には，デッキの板厚方向に進展するもの（以下，デッキ貫通き裂）と溶接ビードが切断される方向に進展するもの（以下，ビード貫通き裂）がある．阪神高速道路では重交通路線においてビード貫通き裂が数多く確認されている．

本研究では，その発生メカニズムの解明にあたり実橋のＦＥＭ解析を実施し，車両走行ラインとＵリブに発生する横断方向ひずみの関係について検討した．また，過去に実施した[1)]小型試験体を用いた疲労試験の応力状態をＦＥＭ解析で再現し，実橋との比較を実施したのであわせて報告する．

２．実橋解析モデルおよび方法：実橋解析対象は 1996 年に供用が開始された支間長 34.25m の単純鋼床版鈑桁橋とし，主桁と横リブで囲まれたパネルを取り出し，荷重載荷範囲（着目断面内パネルおよびその隣接パネル）を考慮して**図-1** に示す解析モデルとした．着目断面は縦リブ 1/4 支間断面とし，小型疲労試験におけるひずみ計測位置であったＵリブ上端から 20mm 位置の節点ひずみの評価を行った（**図-2**）．デッキ，Ｕリブおよび舗装はソリッド要素，その他はシェル要素でモデル化し，アスファルト舗装の弾性係数は，夏期を想定した弾性係数（500MPa）とした．荷重は，大型車のダブルタイヤ（輪重 100kN）を，橋軸方向に 125～500mm ピッチで 20 ケース，橋軸直角方向には走行位置のばらつきを考慮して 7 ケース（**図-3**），計 140 ケースを載荷した．なお，**図-3** 中の CASE1 が車線中央を走行した際の車輪の位置であり，本解析では基準走行位置としている．

３．小型疲労試験体モデルおよび方法：小型疲労試験体モデルは，Ｕリブウェブとデッキのみで構成されたモデル（**図-4**）とし，溶接ビード形状や着目部近傍の要素分割は，実橋解析モデルと同じである．荷重は疲労試験条件に合わせ，Ｕリブウェブ上端側に面荷重を作用させた．実橋との比較にあたっては，着目要素のひずみが実橋解析モデルと一致するよう載荷荷重を調整した．なお，解析モデルの妥当性に関しては，Ｕリブウェブ方向のひずみ分布を実測値と比較し，一致していることを確認した．

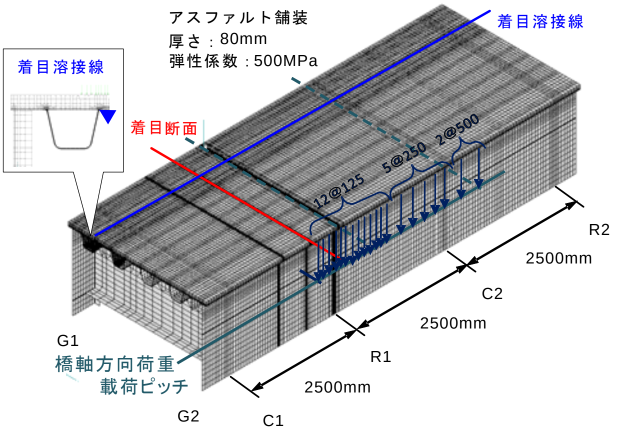

図-1　実橋解析モデル

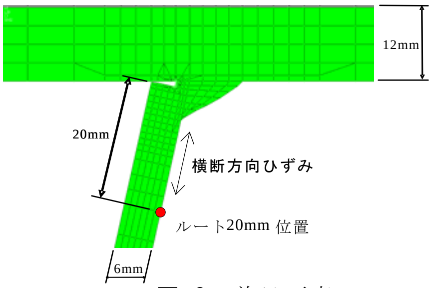

図-2　着目要素

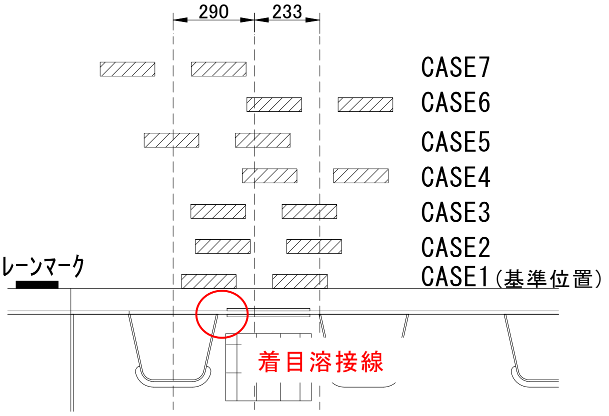

図-3　載荷ケース

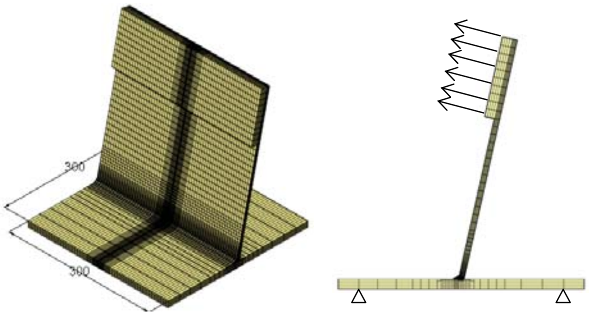

図-4　小型疲労試験体解析モデル

キーワード：鋼床版，ビード貫通き裂，横断方向ひずみ，Ｕリブ溶接部，ＦＥＭ解析
連絡先：（社）日本橋梁建設協会　鋼床版小委員会　〒105-0003　港区西新橋 1-6-11　TEL：03-3507-5225　FAX：03-3507-5235

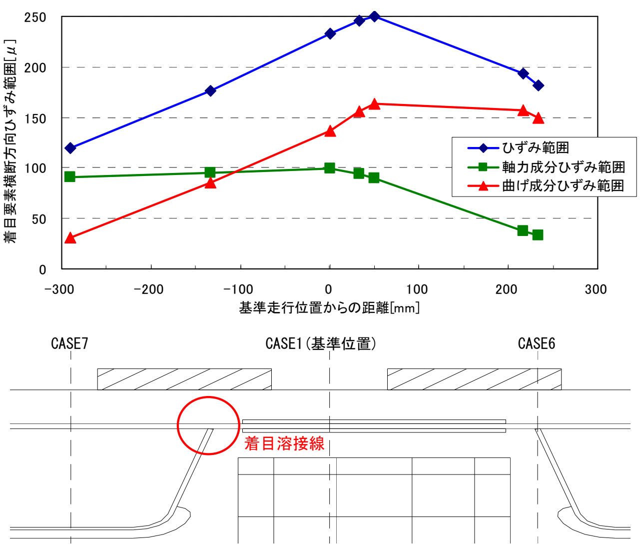

図-5　橋直方向影響線

４．横断方向ひずみの橋直方向影響線：CASE1 から CASE7 それぞれの走行ラインにおいて，橋軸方向に輪荷重が移動した際に発生する着目位置での横断方向ひずみ範囲とそのひずみ範囲を軸力成分と曲げ成分に分解したものを**図-5** に示す．なお，軸力成分と曲げ成分への分解は，着目位置のＵリブウェブ表裏面のひずみ値を用いて算出した．

ひずみ範囲に着目すると基準走行位置近傍で最大値を示し，基準走行位置からの距離が離れるに従って値が小さくなっている．これは，横断方向ひずみ範囲が走行位置によって大きく左右されることを示している．

CASE5 および CASE7 では，他 CASE と比較して軸力成分の割合が大きくなっている．これは，着目溶接線を含むＵリブ上にのみ輪荷重が作用する CASE となっており，Ｕリブウェブが輪荷重を直接支持したことによるものと考えられる．一方，基準走行位置から＋方向へ移動した CASE4 および CASE6 では，曲げ成分が卓越している．これは，輪荷重が着目溶接線直上から離れ，Ｕリブ間に移動したことにより軸力成分が低減され，代わって輪荷重によるデッキの板曲げ変形の影響がＵリブウェブに伝播し，板曲げが発生したためと考えられる．

５．横断方向ひずみの橋軸方向影響線：ここでは基準走行位置である CASE1 を代表させ，橋軸方向に輪荷重が移動した場合の着目要素における横断方向ひずみの変化を**図-6** に示す．あわせて，実橋解析で求められた着目位置での最小ひずみ（-238.7μ）と最大ひずみ（22.2μ）が一致するよう荷重を調整した小型疲労試験体モデルでの解析結果も示す．

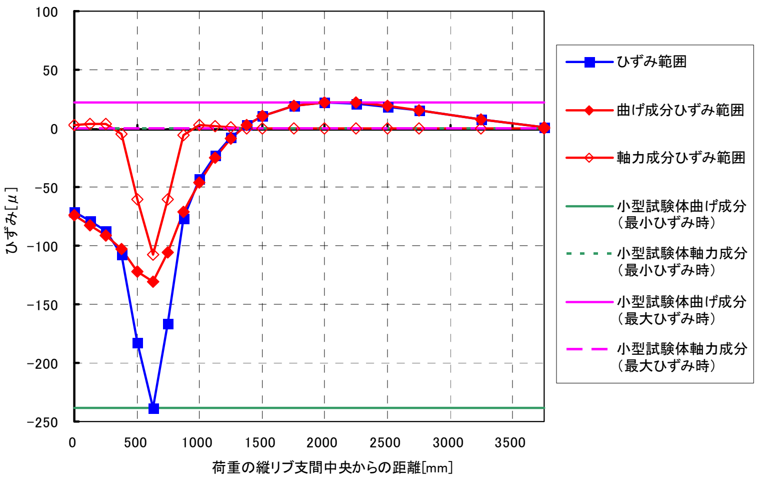

図-6　橋軸方向影響線（CASE1）

実橋モデルでの橋軸方向影響線は着目断面載荷時に最小値を示し，輪荷重が横リブ位置を超え，隣の縦リブ支間に移動すると，最大値を示している．また，軸力成分と曲げ成分の関係は，最小値を示す着目断面位置において軸力：曲げ=55：45 となっており，輪荷重が隣の縦リブ支間に移動すると曲げがほぼ 100%となる．この性状は，曲げ成分がほぼ 100%である小型試験体モデルと大きく異なっている．従って，Ｕリブ上端から 20mm 位置の横断方向ひずみに着目しただけでは，デッキと U リブ溶接部ルート部の応力状態を再現できないといえる．そして，着目部近傍で圧縮と引張が交番する実橋と，ほぼ完全な引張状態となる小型試験体では，き裂の進展性状や応力比の違いによる疲労強度の差が生じる可能性もある．

６．まとめ：実橋を対象とした FEM 解析を実施し，橋直方向および橋軸方向の輪荷重載荷位置と横断方向ひずみとの関係について検討した．また，実橋モデルと小型試験体モデルとでは，横断方向ひずみ成分が大きく異なり，溶接ルート部の疲労強度を正しく評価するためには，Ｕリブ上端から 20mm 位置の横断方向ひずみのみでは不十分であることを確認した．今後は，実橋の応力状態を再現した試験体による疲労試験を実施する予定である．なお，本解析は，阪神高速道路と日本橋梁建設協会鋼床版小委員会との共同研究の一環として行ったものである．

参考文献：1) 川上ら：鋼床版デッキプレートとＵリブ溶接部の疲労試験，土木学会第 60 回年次学術講演会概要集，1-397，2005.9