

小型疲労試験体を用いた鋼床版ビード貫通き裂の再現

(一社) 日本橋梁建設協会 正会員 ○齊藤史朗 内田大介 井口進
阪神高速道路株式会社 正会員 田畑晶子
(一社) 日本建設機械施工協会 正会員 小野秀一

1. はじめに：鋼床版デッキプレート（以下、デッキ）とUリブ溶接部に発生するき裂は、デッキの板厚方向に進展し、デッキを貫通するもの（以下、デッキ貫通き裂）と溶接ビードに進展し、ビードを切断するもの（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多くのビード貫通き裂が確認されており、著者らはそのき裂発生メカニズムを検討するとともに^{1),2)}、輪荷重疲労試験機によりき裂を再現している³⁾。一方で、今後、溶接条件などの種々のパラメータを考慮した疲労試験結果を輪荷重疲労試験により蓄積することは費用や時間的な問題から困難であり、小型試験体を用いた疲労試験方法の確立が望まれる。ビード貫通き裂はUリブと横リブの交差部（以下、交差部）から発生するものとUリブの支間部（以下、一般部）から発生するものがある。

前者は圧縮応力場で発生することもあり、比較的小さい試験体を用いた定点載荷疲労試験による再現の報告もある。一方、後者はUリブウェブ部の曲げのみに着目した小型疲労試験は実施されているが、実橋を想定した場合には圧縮と引張の交番、及び文献1)に示したようなUリブウェブ部の曲げ成分と軸力成分の双方を考慮する必要があると考えられる。

本研究では、一般部のビード貫通き裂を対象とした小型試験体を用いた疲労試験方法の構築を目的とし、FEM解析による試験体形状の検討と疲労試験を実施した。

2. 試験体形状の検討：FEM解析は線形弾性解析とし、溶接ルート部の応力に着目した。図-1に検討に用いた試験体モデルを示す。タイプ1はUリブウェブへの軸力成分の導入を考慮して文献4)にある試験体を我が国のUリブに適用したものである。タイプ2～7は試験時の安定性を考慮し、ピン支持を固定支持とするとともに、デッキの変形による発生応力の減少を低減し、Uリブウェブへ導入される軸力を増加させる目的でデッキ厚を36mmとしており、支点間距離Lを420～920mmに変化させている。

図-2に解析モデルの一例を、図-3に着目溶接部のメッシュ

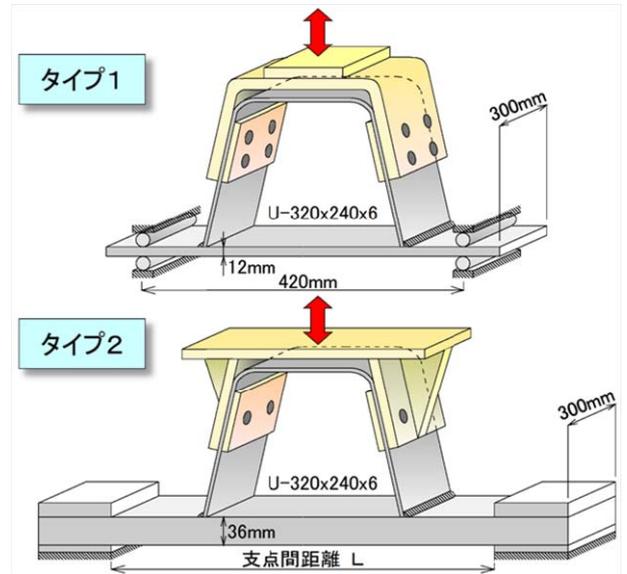


図-1 試験体検討モデル

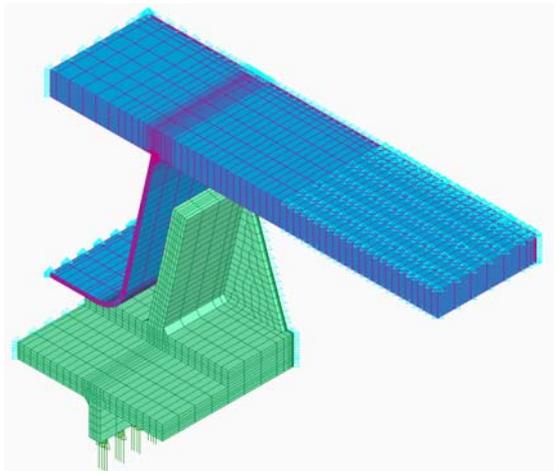


図-2 試験体モデル (1/4モデル)

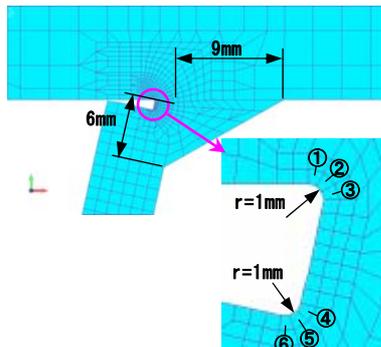


図-3 着目要素

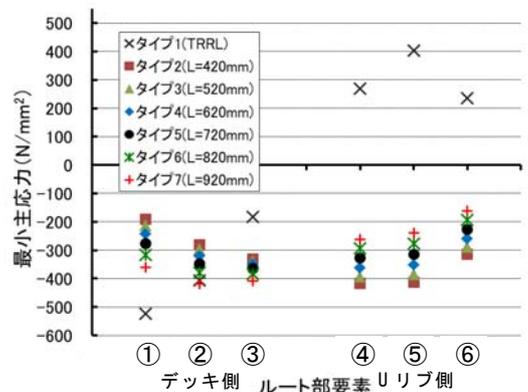


図-4 ルート部最小主応力

キーワード：鋼床版，ビード貫通き裂，Uリブ溶接部，小型試験体
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

分割図を示す。溶接サイズ (9mm×6mm), 溶接溶込み量 (Uリブ板厚の 1/3) は統一した。また, 着目する溶接ルート部のメッシュ分割はデッキ側とUリブ側の角部に r=1.0mm の曲率半径を入れ, メッシュサイズが 0.1mm とし, 図中の①~⑥の要素の応力に着目した。

実橋や既往の輪荷重疲労試験では溶接ルート部は圧縮応力が卓越していると推測されるため, 解析結果は圧縮が生じる際の最小主応力で評価した。溶接ルート部の各要素の最小主応力を図-4 に, 最小主応力コンター図の例を図-5 に示す。タイプ 1 については溶接ルート部の Uリブ側の最小主応力が正の値を示しており, 大きな引張応力が生じていることがわかる。また, タイプ 2~7 は溶接ルート部が圧縮応力場となっており, 支点間距離 L が大きくなると応力の卓越する部位が Uリブ側からデッキ側に移動している。実橋や既往の輪荷重疲労試験では, ビードき裂が進展する過程では, ルート部のデッキ側と Uリブ側の双方からき裂が発生し, 結合しながら進展するものと考えられるが, 発生起点は溶接ルート部のデッキ側と推察されるため²⁾ タイプ 5~7 で疲労試験を実施することとした。

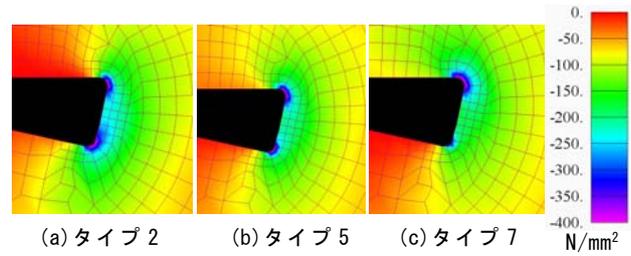


図-5 最小主応力コンター図



写真-1 疲労試験状況

3. 疲労試験: 供試鋼材はデッキが板厚 36mm の SM400B,

Uリブ (240-6) が SM400A である。溶接は被覆アーク溶接で行った。試験体はタイプ 5 が 4 体, タイプ 6,7 各 1 体の合計 6 体で, 溶接サイズと溶接溶込み量の平均値は 11.1×7.8, Uリブ板厚の 28.3% である。疲労試験の荷重振幅は 100kN (引張 13.9kN~圧縮 86.1kN) とした。引張荷重と圧縮荷重の比率は試験機の文献 2) に示した輪荷重疲労試験体の解析を実施し, 溶接ルート部に発生する最小の最小主応力方向の応力の割合から決定した。疲労き裂の発生については試験体中央部と中央部から ±150mm の位置の溶接ビード表面にひずみゲージを添付し, モニタリングを行った。写真-1 に疲労試験状況を示す。

疲労試験結果の一覧を表-1 に, 試験体中央における疲労き裂の発生状況の一例を写真-2 示す。表中のき裂発生時の載荷回数とはモニタリングゲージのひずみ値が変動を開始した回数であり, いずれも試験体中央のゲージで検知されている。支点間距離を 720mm としたタイプ 5 では溶接ルート部のデッキ側から発生し, ビードを貫通するき裂が再現できた。タイプ 6,7 はルート部のデッキ側からき裂が発生したものの, き裂はデッキの板厚方向へ進展しており, 支点間距離を大きくすることによりデッキの曲げが大きくなったものと考えられる。

4. まとめ: 小型疲労試験体を用い, 実橋や既往の輪荷重疲労試験から推定される,

溶接ルート部のデッキ側から発生し, ビードを貫通するき裂を再現した。今後は, 輪荷重疲労試験結果との関連付け方法について検討するとともに, 溶接ののど厚などをパラメータとした検討を実施する予定である。

参考文献

- 1) 山内ら: 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, 土木学会第 67 回年次学術講演会概要集, 1-159, 2011. 9.
- 2) 大西ら: マクロ試験による鋼床版ビード貫通き裂の発生起点に関する検討, 土木学会第 67 回年次学術講演会概要集, 1-295, 2012. 9.
- 3) 小野ら: 既設鋼床版のビード貫通き裂に対する SFRC 舗装による補強効果, 土木学会第 69 回年次学術講演会概要集, 2014. 9.
- 4) S. J. Maddox: The fatigue behavior of trapezoidal stiffener to deck plate welds in orthotropic bridge decks, TRRL Supplementary Report 96 UC, 1974.

表-1 疲労試験結果一覧

試験体タイプ	支持間隔(mm)	載荷回数(× 10 ⁴ cycles)		き裂
		ビードき裂発生	試験終了	
5-1	720	130	311	ビード貫通
5-2	720	150	420	ビード貫通
5-3	720	-	650	未発生
5-4	720	400	500	ビード貫通
6	820	-	920	デッキ進展
7	920	-	449	デッキ進展



(a) タイプ 5-1 (ビード貫通)



(b) タイプ 7 (デッキ進展)

写真-2 疲労き裂