

## 鋼床版横リブ継手スカラップ部の疲労試験

三井住友建設鉄構エンジニアリング株式会社 正会員 ○濱 達矢  
法政大学 正会員 内田 大介

**1. はじめに** 鋼床版は軽量、架設工期の短縮、設計自由度の高さ、維持管理のしやすさ等の利点を有する。一方で、重交通路線においては活荷重載荷による疲労き裂が多数報告されている。疲労き裂発生箇所の一つとしてデッキプレート（以下、デッキ）の縦方向溶接継手と交差する横リブ継手に設けられるスカラップ部が挙げられる。この部位で報告されているき裂は、スカラップまわし溶接部の横リブウェブ側止端部を起点としたき裂である<sup>1)</sup>。筆者らはこれまでに、このき裂を対象とした FEM 解析により、横リブ継手スカラップ直上に輪荷重が走行したときのスカラップ部の応力性状を確認し、まわし溶接止端部には高い応力集中が発生すること、またその応力集中は止端仕上げを行うことにより改善すること等を確認している<sup>2)</sup>。本研究では、当該箇所の疲労強度を確認するため、FEM 解析により疲労試験体形状を検討するとともに、疲労試験を行った。

**2. 疲労試験体の検討**

**(1) 試験体モデル** 検討した試験体モデルを図-1 に、着目部であるスカラップ部の要素分割詳細を図-2 に示す。3本の閉断面縦リブと2本の横リブからなるモデルで、双方の横リブの縦リブ間の中央にスカラップを設置している。縦リブ支間は 600mm である。疲労試験は横リブ直上載荷で1本の横リブごと、すなわち1体の試験体で2か所のスカラップを対象とした試験を2回実施することを考えている。スカラップの長手方向の大きさは 80mm とした。試験体モデルでは先行研究の全体系モデル<sup>2)</sup>で考慮していたアスファルト舗装を取り除き、代わりにスカラップ直上にゴム板と載荷板を設置した。荷重は全体系モデルと同じく 50kN とし、荷重位置はスカラップ直上である。

**(2) 応力性状の比較** 全体系モデルと試験体モデルの応力性状の比較を行った。なお全体系モデルはアスファルト舗装を設置している。図-2 に試験体モデルの最小主応力のコンター図を示す。全体系モデルと同じく<sup>2)</sup>応力集中は溶接止端部角部に発生した。図-3 は着目部近傍の応力分布の比較である。着目箇所は横リブ側溶接止端部およびデッキ側溶接止端部である。全体系モデルの荷重位置は筆者ら<sup>2)</sup>の FEM 解析より最小の最小主応力が発生したスカラップ直上から橋軸方向に 100mm 離れた荷重位置( $y=100$ )と次いで最小の最小主応力が発生したスカラップ直上の荷重位置( $y=0$ )とした。比較に際して横リブ側溶接止端部 0mm で無次元化することで応力分布を比較した。応力分布は横リブ側止端部ではほぼ一致しているが、デッキ側止端部では試験体モデルが全体系モデルに対して少し低い値となっている。しかし、全体的には応力分布に大きな差異はなく、試験体モデルで応力性状は模擬できていると考えた。

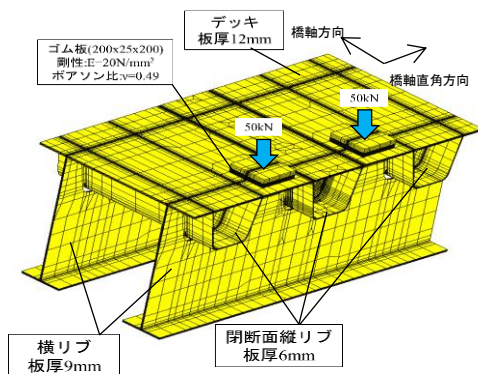


図-1 試験体解析モデル

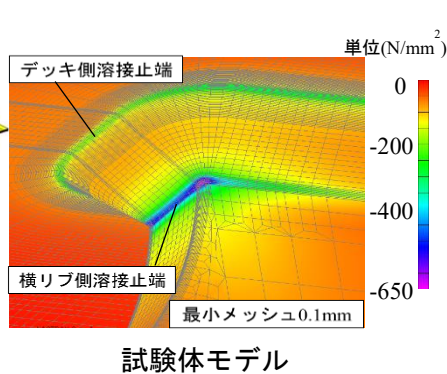


図-2 着目部要素分割詳細(コンター図)

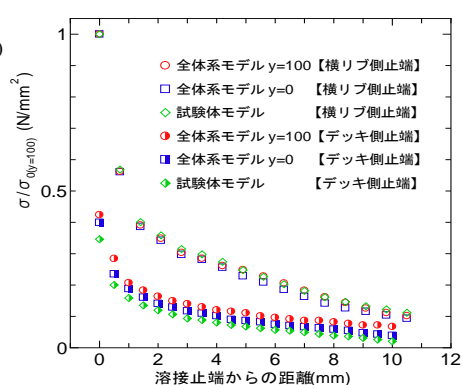


図-3 溶接止端部の応力分布

キーワード 鋼床版、横リブ継手部、スカラップ、疲労試験、疲労強度  
連絡先 〒290-8531 千葉県市原市八幡海岸通り1番地 三井住友建設鉄構エンジニアリング(株) TEL0436-40-1174

### 3. 疲労試験

(1) **試験体** 疲労試験体の諸元を図-4 に示す。スカラップの長手方向の大きさは道路橋示方書<sup>3)</sup>で規定される80mmと、2002年に規定される前に一般的であった120mmとし、それぞれ2箇所設置した。鋼材の板厚はデッキが12mm、横リブが9mm、閉断面縦リブが6mm、材質はいずれもSM490Yである。なお、デッキと閉断面縦リブの溶接部からのき裂を防止する目的で、デッキに閉断面縦リブを板厚の75%以上の溶込み量を確保して接合した後、横リブを接合する前に、残留応力除去焼鈍を施している<sup>4)</sup>。

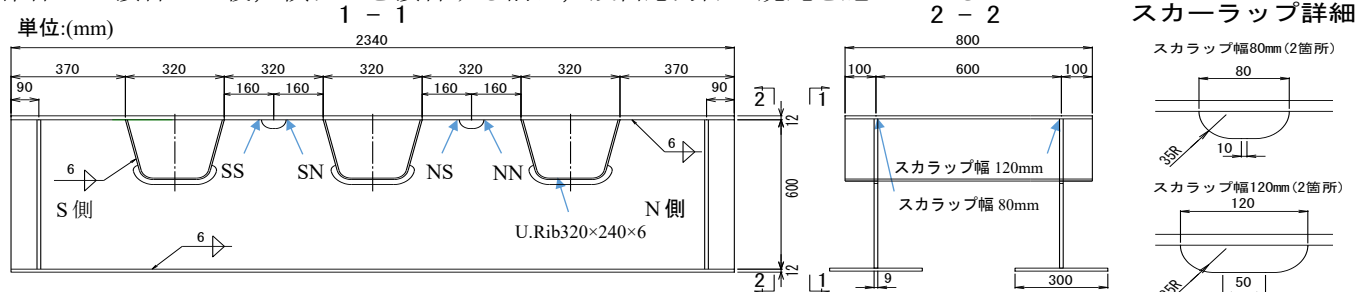
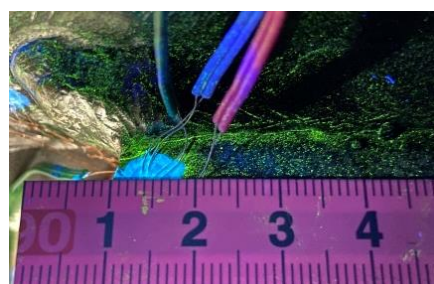


図-4 疲労試験体の諸元

(2) **疲労試験** 片側の横リブ直上に載荷梁を設置し、2箇所のスカラップ直上に載荷している。1箇所あたりの荷重範囲は50kN（下限荷重が1kN）である。繰返し速度は5Hzとし、荷重波形は正弦波である。また一定の繰返し数で静的載荷試験を実施し、溶接止端部近傍に貼付けたひずみゲージの値およびき裂の発生と進展を確認した。静的載荷試験は疲労試験開始前に1回目、開始後荷重繰返し数1万回で2回目、4万回で3回目、それ以降は5万回ごとに実施し、荷重はスカラップ1箇所あたり50kNである。き裂の発生はスカラップの長手方向の大きさが120mmの試験体では45万回で最初のき裂を確認し、4か所すべての回し溶接でき裂の発生・進展後、125万回で試験を終了した。長手方向の大きさが80mmの試験体では、205万回で最初のき裂を確認後、215万回の段階で他の3か所からはき裂を確認できておらず、試験を継続中である。写真-1に磁気探傷試験の一例を示す。いずれの回し溶接部でも横リブ側溶接止端部より発生しており、報告されている疲労損傷事例<sup>1)</sup>と一致した。図-5に着目部近傍のひずみゲージから得られた応力、すなわち横リブ側溶接止端部から2mm位置のスカラップコバ面に沿った応力と、ウェブ両側面に貼付けた3軸のひずみゲージから算出した最小主応力値の推移の一例を示す。図中の値はそれぞれの初期値で無次元化している。この例では横リブ側面裏側のひずみが40万回を過ぎたときに急減しており、この後、磁気探傷試験でもき裂が確認されている。横リブウェブ側面のひずみの推移からは、側面裏側からき裂が発生した後に側面表側にき裂が進展していったことが推察される。コバ面のひずみが側面より先に減少しているが、これはコバ面のひずみゲージ位置が溶接止端部に近く、側面に比べてひずみの減少を早く検知したためであると考えられる。図-6に疲労寿命-応力範囲関係を示す。疲労寿命は横リブウェブ側面の表裏のひずみが減少した際の荷重繰返し回数、応力範囲は側面の表裏のき裂が発生した側に発生した最小主応力の範囲である。スカラップの長手方向の大きさが80mmの場合、120mmの場合と比べて疲労寿命が大幅に向上することを確認した。



スカラップ幅80mm 着目箇所NS裏側

写真-1 き裂発生状況

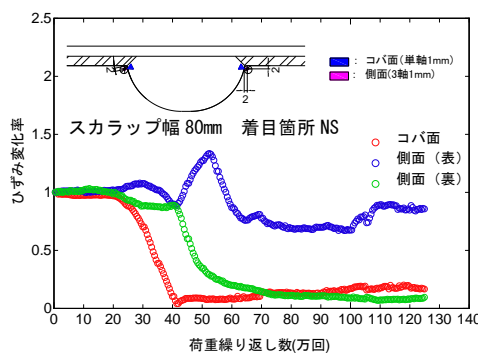


図-5 着目部近傍のひずみの推移

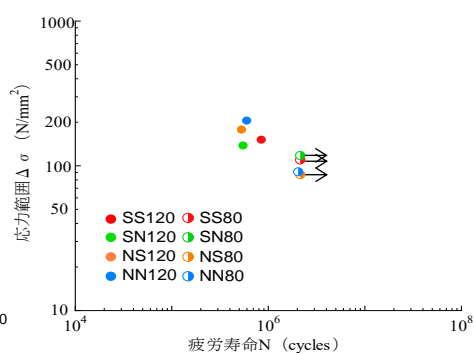


図-6 疲労寿命-応力範囲関係

#### 参考文献

- 1) 日本道路協会：鋼橋の疲労，1996。
- 2) 濱達矢，内田大介：鋼床版横リブ継手スカラップ部の応力性状に関する解析的検討，鋼構造シンポジウム，2021。
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書（Ⅱ鋼橋・鋼部材編）・同解説，2017。
- 4) 森猛，山本一貴，内田大介，林暢彦：デッキプレート進展き裂を対象とした鋼床版疲労耐久性に対する残留応力除去焼鈍の効果，鋼構造論文集，第22巻第85号，pp. 101-109，2015.3。