

鋼床版縦リブ溶接部を対象とした移動輪荷重載荷による疲労試験

（社）日本橋梁建設協会 正会員 ○井口 進 山地 守
正会員 川畑篤敬 廣中 修

1. はじめに

（社）日本橋梁建設協会では、鋼床版疲労損傷のうち、特に閉断面の縦リブとデッキプレート溶接部に発生する疲労損傷（図 - 1 参照）について着目し、その発生メカニズムについて解析的、実験的に検討を進めている。解析的検討では、鋼床版橋梁の全橋モデル（シェル要素）による F E M 解析と、ソリッド要素による縦リブ溶接部の部分モデルによる F E M 解析を実施し、縦リブとデッキプレート溶接部における疲労損傷のうち、特にデッキプレートの板厚方向に進展する疲労き裂の発生原因として以下の要因を指摘している^{1),2)}。すなわち、(1) 荷重の橋軸方向の移動により、ルート部の応力が交番すること、(2) 縦リブの板厚を 8mm とした場合、縦リブの板厚を 6mm とした場合に比べて横リブ間隔が大きくとられる場合が多く、縦リブの引張応力が大きくなること、(3) ルート部の発生応力は、溶接の溶け込み量が増えると大きくなる傾向があること、(4) これらの応力は、デッキプレートの板厚を増すことにより大きく低減されること、などである。

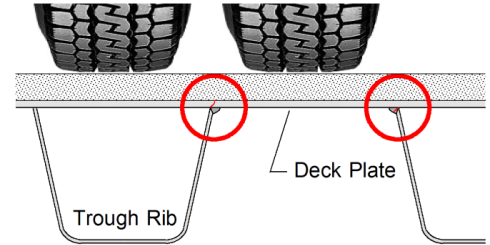


図 - 1 疲労試験の着目部

そこで当協会では、これらの解析的な検討結果を実験的に検証すべく、鋼床版の実大模型による静的多点載荷試験と移動輪荷重試験を実施している。本文は、この一連の試験の概要について述べるものである。

2. 試験概要

2.1 供試体の概要とパラメータ

鋼床版供試体は、縦リブ 4 本の 1 径間、主桁および横リブに囲まれる 1 パネルモデルとした。縦リブは、支間長 2,500mm で JSSC 規格の形状である。また、主桁間隔は試験スペースを考慮して 2,600mm とした。なお、供試体の材質は、全て S M490 材である。

供試体の試験パラメータは、先述の解析的検討結果を検証すべく、デッキプレートと縦リブの板厚構成とした。具体的には、デッキプレート厚を標準の 12mm と、増厚した 14mm の供試体をそれぞれ 1 体ずつ（合計 2 体）製作し、それぞれの供試体に板厚の異なる縦リブを 2 本ずつ配置した。したがって、移動輪荷重試験ケースは全 4 ケースとなる。また、静的載荷試験時のパラメータとして、近年疲労損傷が多く報告されている主桁垂直補剛材上端部の形状（溶接の有無）も加えて用意した。図 - 2 に供試体の形状を示す。

なお、縦リブとデッキプレートとの溶接は、炭酸ガスアーク溶接（自走式溶接機）2 パスで行い、溶接施工試験により十分な溶け込み量が確保されていることを確認した。

2.2 載荷試験方法

静的多点載荷試験および移動輪荷重試験は、ともに石川島播磨重工業所有のクランク式移動輪荷重試験機により行い、荷重強度は、溶接部近傍が降伏しない荷重として 118kN とした。

移動輪荷重試験の実施に先だって、静的多点載荷試験（供試体 1 体あたり 82 点、載荷荷重 118kN）を行い、主に縦リブ溶接部近傍に発生する局部応力を測定した。

従来、本試験機は、せん断キーを介して横断方向にフレキシブルな載荷版を、上下から硬質ウレタンゴムとベニア板により挟み込む方法を採用している。今回の静的載荷試験では、既存の載荷版とゴム板をそのまま用いた場合、載荷版の端部に面圧が集中し、着目部の応力性

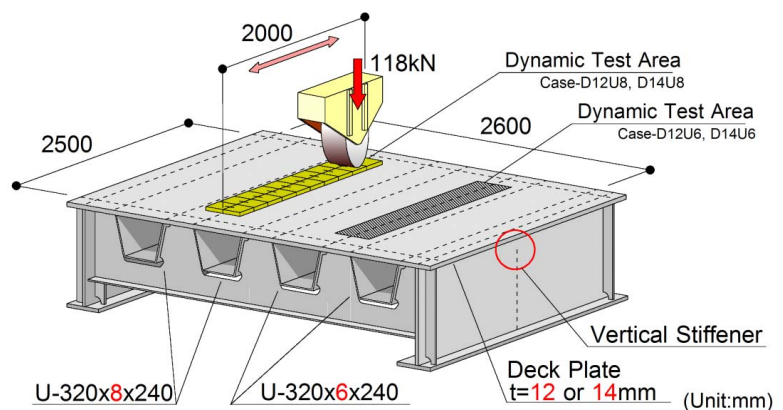


図 - 2 供試体パラメータと載荷方法

Keyword：鋼床版，疲労損傷，移動輪荷重試験

連絡先：（社）日本橋梁建設協会 鋼床版検討特別委員会 〒104-0061 東京都中央区銀座 2 丁目 2 番 18 号 Tel:03-3561-5225 Fax:03-3561-5235

状がFEM解析結果と一致しないことが明らかとなった。そこで、ウレタンゴムを2層とし下層を分割する形状とする、ウレタンゴム2枚の間隔を通常の100mmから150mmへ変更する、既存の載荷版の特徴でもあるせん断キーを介して載荷版が鋼床版の横断方向の曲げ挙動に追従できることを利用する、ことで、着目部である縦リブ溶接部近傍の応力をFEM解析結果とが一致するよう配慮した（図-3参照）。

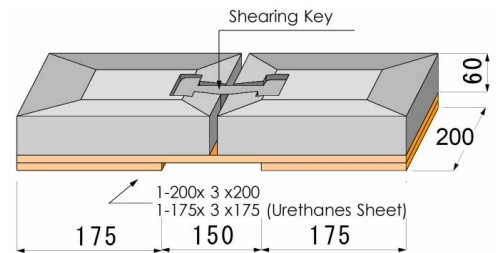


図-3 載荷版形状（単位 mm）

なお、移動輪荷重試験では、この載荷版を橋軸方向に13組設置し、鉄輪を着目縦リブのウェブを跨ぐ配置で橋軸方向に2mの範囲で往復させた。

2.3 静的載荷試験結果の一例

静的多点載荷試験の結果のうち、縦リブ溶接部近傍のデッキプレート下面の横断方向応力について、橋軸方向影響線を得たものを図-4に示す。

この部位の応力は、輪荷重が直上に載荷した場合に大きな圧縮応力が作用するものの、着目部から輪荷重が移動するにしたがって急激に交番し、引張応力が作用する（図-4参照）。これは、従来の定点疲労試験にはない応力交番作用を再現しているものと考えられる。

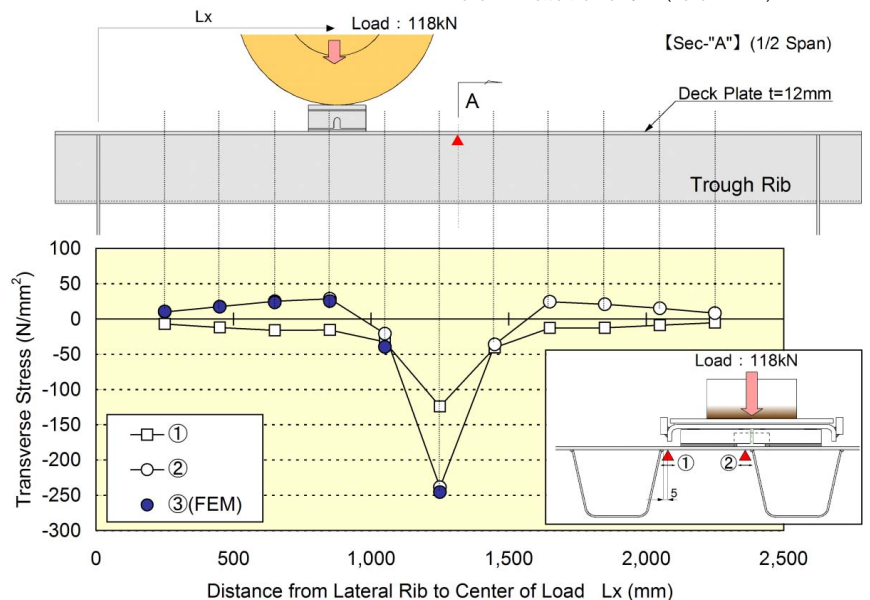


図-4 縦リブ溶接部近傍のデッキプレート下面側応力の橋軸方向影響線

3. 移動輪荷重試験

最初の試験ケースとして、デッキプレート12mm、縦リブ8mmのケースについて、200万回の移動輪荷重載荷を行った（図-5参照）。移動輪荷重試験では、5万回の載荷毎にクリーピング波、SH波などによる超音波探傷試験を実施している。その結果、81万回載荷時に、輪荷重直下および隣接の縦リブの溶接部で、デッキプレート側止端部にき裂深さ2mm以下のき裂がMTにより確認され、き裂は載荷回数の増加につれて橋軸方向に進展した。また、200万回の載荷時に、輪荷重直下の縦リブ溶接部のルート部から反射エコーを確認した。載荷回数の増加につれて、ルート部の反射エコーは大きくなっており、疲労き裂が発生しているものと考えられる（図-6参照）。この反射エコーは、き裂の開口により輪荷重が1回通過する毎に2回のピークが出現しており、図-4に示したデッキプレート下面の応力の交番作用を表現しているものと考えられる。

今後は、残る試験3ケースについて移動輪荷重試験を実施するとともに、着目部のコア抜きを行って、破面観察等を行う予定である。



図-5 移動輪荷重試験状況

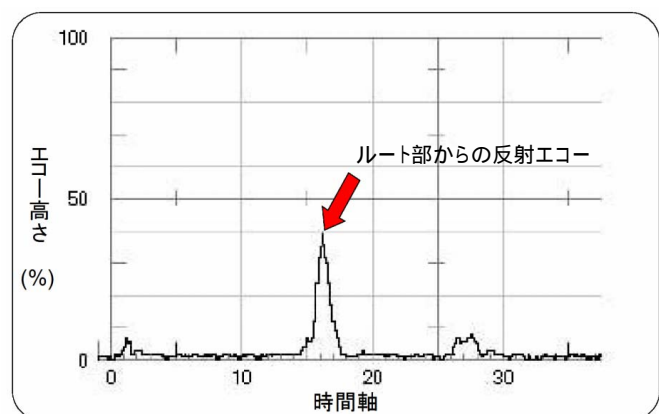


図-6 SH波による超音波探傷図形（231万回載荷）

【参考文献】

- 1) 川畑ら：デッキプレート厚・Uリブ厚・溶接溶け込み量が鋼床版の応力性状に与える影響，第四回道路橋床版シンポジウム講演論文集，2004-11
- 2) 川畑ら：鋼床版のデッキ貫通型き裂に関する一考察，第四回道路橋床版シンポジウム講演論文集，2004-11