鋼床版垂直補剛材すみ肉溶接部の補強方法に関する実験的検討

東京鐵骨橋梁　正会員　○平山繁幸　細見直史　入部孝夫
土木研究所　正会員　村越潤　梁取直樹　宇井崇

1．はじめに：鋼床版のデッキプレートと垂直補剛材のすみ肉溶接部に数多くの疲労損傷事例が報告されており，この部分の補強方法として，L 形鋼をテーパーカラーを介してボルト締めすることでデッキプレートと密着させ，止端部の応力を低減する方法が提案されている [1]．本稿では，L 形鋼の押上げ量の管理を容易にする，またデッキプレートと L 形鋼の密着性を向上させることを目的に油圧ジャッキを利用することを考え（**図-1**），その効果を確認するために静的載荷試験と疲労試験を行った．

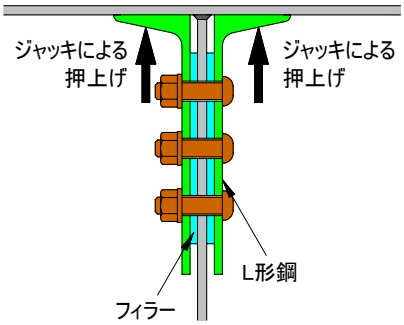
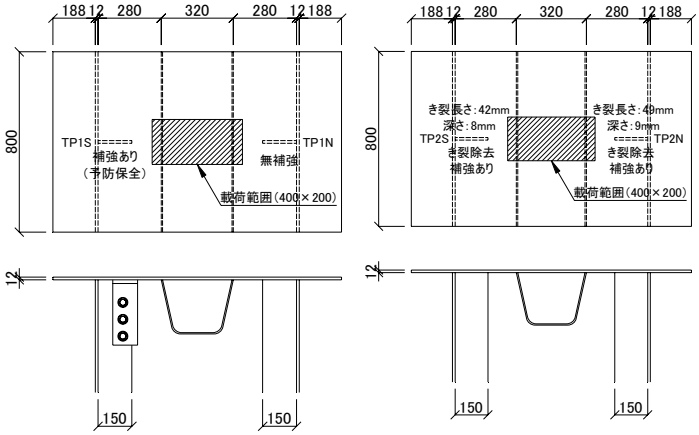


図-1　補強概要

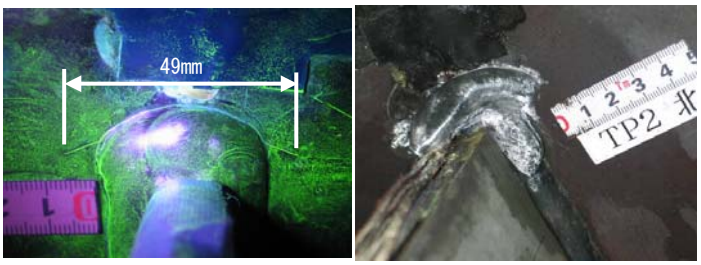
2．施工手順：　L 形鋼は，1）垂直補剛材の孔あけ（L 形鋼設置用 3 箇所＋油圧ジャッキ固定治具用 1 箇所），2）L 形鋼のフランジ面へ鉄粉入りのエポキシパテを塗布，3）フィラープレートおよび L 形鋼の取り付け，4）油圧ジャッキの設置および加圧（圧力：20N/mm^2），5）加圧状態で L 形鋼設置用ボルト（2 本）の本締め，6）油圧ジャッキの撤去，7）L 形鋼設置用ボルト残り 1 本の本締め，という手順で設置した．補剛材 1 箇所あたりの作業時間は 2 名で 30 分程度である．

3．試験体：　試験体の形状と寸法を**図-2** に示す．試験体は中央に 1 本の U リブを設置し，その両側に幅 150mm×板厚 12mm の補剛材を配置している．廻し溶接部中央での溶接脚長は，デッキプレート側で 13.3mm，垂直補剛材側で 8.1mm であった．TP1S は予防保全を想定して試験開始前に L 形鋼を設置，TP1N はき裂の進展状況を確認する目的で無補強とした．TP2S はき裂を 40mm 程度進展させた後グラインダでき裂を除去し L 形鋼を設置，TP2N はき裂を約 50mm 進展させ除去した後に L 形鋼を設置した．グラインダで切削した深さは，TP2S で 8mm，TP2N で 9mm である（**写真-1**）．



（a）TP1　　（b）TP2

図-2　試験体の形状



（a）き裂除去前　　（b）き裂除去後

写真-1　き裂除去状況（TP2N）

4．静的載荷試験：L 形鋼の設置による止端部応力の低減効果を確認する目的で，TP1S において静的載荷試験を行った．対象とするのは廻し溶接部のデッキプレート側止端部に生じるき裂である．垂直補剛材側止端部にき裂が発生する可能性もあるが，そこからデッキプレートに進展していく事例も多い．以上のことから，本試験ではデッキプレート側止端からき裂を発生させるように，U リブ直上の 400mm×200mm の範囲（**図-2** の斜線部分）に 65kN を載荷した．ひずみゲージは，

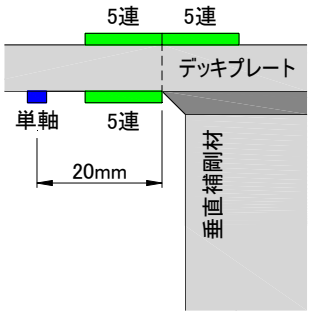


図-3　ゲージ位置

キーワード：鋼床版，垂直補剛材，疲労き裂，補修・補強
連絡先：〒108-0023　東京都港区芝浦 4-18-32　TEL：03-3451-1144　FAX：03-5232-3335

図-3 に示すように，デッキプレート上下面の廻し溶接近傍に 5 連ゲージ，デッキプレート下面の止端から 20mm 離れた位置に単軸ゲージを貼り付けた．載荷試験より得られたデッキプレート下面の応力分布を**図-4** に示す．止端に最も近いゲージ（止端から約 2mm）の応力は，補強前で-252N/mm^2，補強後で-182N/mm^2 となり，補強により止端部応力は約 30%低下した．

５．疲労試験：静的載荷試験後，TP1 試験体，TP2 試験体ともに疲労試験を行った．TP1 は荷重範囲 55kN，載荷速度 3Hz，TP2 は荷重範囲 60kN, 載荷速度 3Hz としている．これらの荷重範囲は，すべての試験対象部位においてデッキプレート下面の止端から 2mm の位置での補強前の応力範囲が 200N/mm^2 程度となるように設定した．載荷位置は静的載荷試験と同じである．615 万回まで載荷して試験を終了した．

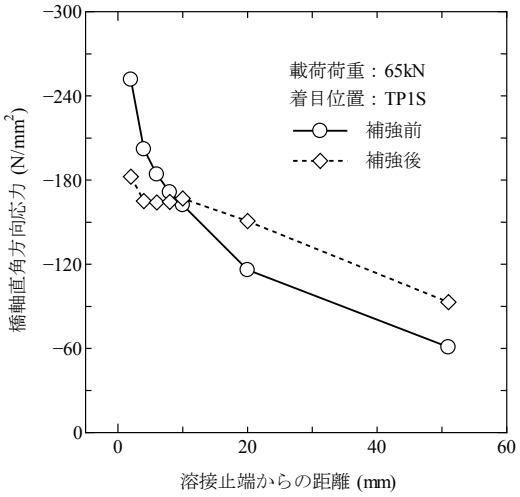


図-4　デッキ下面の応力分布

デッキプレート側止端から 2mm 位置のデッキ上面応力の変化を**図-5** に示す．予防保全として試験開始前に補強を行った TP1S におけるデッキプレート上面の応力は，**図-5** に示すように単調増加し，き裂発生を示すような明確な応力の変化は見られないが，188 万回時に磁粉探傷試験により，廻し溶接止端部でのき裂が確認された（**写真-2**）．き裂発生回数は明確でないが，下記の無補強 TP1N, TP2S, および TP2N に比べれば疲労寿命が増加したと考えられる．

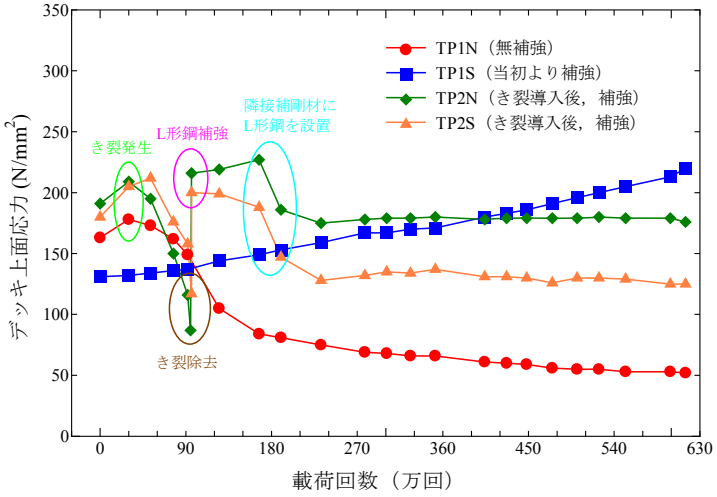


図-5　デッキ上面応力の変化

試験開始時には無補強であった TP1N, TP2S, および TP2N は比較的早期に疲労き裂が発生した．TP1N および TP2S では載荷回数 30 万回で応力がそれぞれ 10%増，14%増に変化していることから，この間にき裂が発生したと推定される．また，TP2N では，載荷回数 77 万回で応力が 21%減少していることから，この間にき裂が発生したと推定される．TP2S および TP2N は 96 万回時にき裂除去および補強を行った．き裂除去時には最大で 400N/mm^2 の応力が生じていたものの，補強を行うことにより最大応力は半減した．なお，載荷回数 167 万回～190 万回の間に応力が約 20%減少しているが，これは試験データの蓄積を目的として行った隣接補剛材への L 形鋼の設置が影響しているためである．TP2S および TP2N の補強後，500 万回近く載荷したが，き裂が進展したと判断できるような応力の大幅な変化は認められなかった．

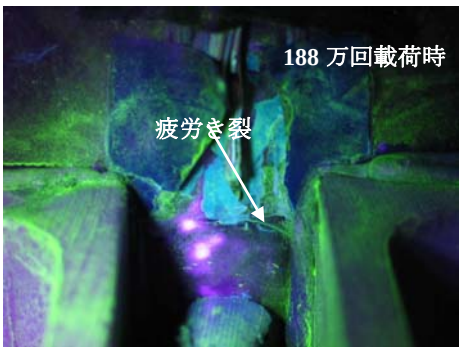


写真-2　き裂発生状況（TP1S）

６．おわりに：以上の結果をまとめると以下の通りとなる．1）予防保全として L 形鋼補強を適用すれば疲労寿命は大幅に増加する．2）き裂を除去し，L 形鋼補強を行えばその後のき裂の進展は抑制できる．なお，本検討は（独）土木研究所と（株）東京鐵骨橋梁との「鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究（その 6）」の一環として実施したものである．

参考文献：1) 公門，森ら：鋼床版垂直スティフナーすみ肉溶接部の疲労を考慮した補強方法，第 60 回年次学術講演会概要集，1-501，2005.