

鋼製橋脚横梁支点直下ダイヤフラムの疲労損傷に対する補修・補強法の検討

首都高速道路株式会社 正会員 梶原 仁
 川田工業株式会社 正会員 〇八木貴之 溝江慶久
 高知工科大学 正会員 穴見健吾

1. はじめに 首都高速道路における最近の構造物定期点検から、鋼製橋脚横梁の支点直下ダイヤフラム（以下、ダイヤ）と横梁上フランジ（以下、上フランジ）の溶接部に疲労き裂の発生が確認されている¹⁾。これらの中には、上フランジ方向に進展しているものもあるため、早急に策を講じ、支承陥没の危険を回避する必要がある。そこで著者らは、確認された種々のき裂パターンと構造ディテールとの相関分析や、車両走行によるダイヤへの荷重伝達特性を把握するための実働応力計測を実施してきた²⁾。本文は、引き続き実施した疲労試験の結果と補修・補強策の検討成果について報告するものである。



写真-1 試験体と支持方法

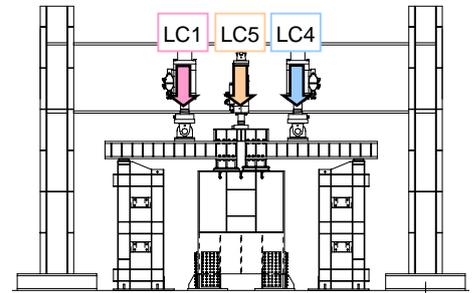


図-1 試験体と荷重方法

2. 試験方法 試験体には、撤去された実構造物の一部を用いた（写真-1参照）。荷重には、実働応力計測と事前の静的荷重試験の結果をもとに、実働

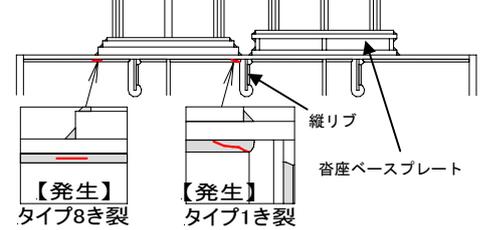


図-2 き裂発生位置

応力が再現されるようなジャッキの運動による移動荷重手法を採用した（図-1参照）。なお、最大荷重は、所定回数内でき裂が発生するように配慮し、いずれの荷重点においても450kNとした。また、支持条件は実構造物を再現したものではないが、着目するダイヤ上フランジ溶接部の応力性状には当該接合部の局部変形が大きく影響し、全体変形の影響は小さいことを解析的に確認している。

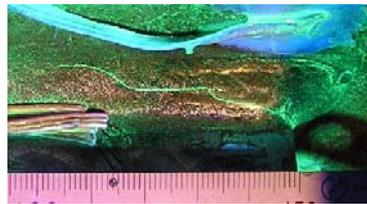


写真-2 タイプ1き裂

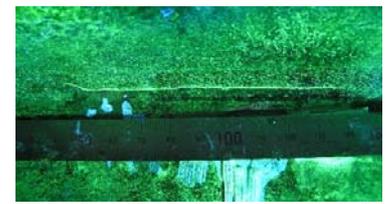


写真-3 タイプ8き裂

3. 疲労試験 疲労き裂の発生・進展メカニズムを把握するため、250万回の繰返し荷重を実施した。繰返し荷重により試験体に発生した疲労き裂の位置を図-2に示す。中央の縦リブとダイヤの交差部にあるスリットのまわし溶接止端から発生したき裂は、実構造物で最も多く確認されているき裂タイプ（以下、タイプ1き裂）である。き裂発生点付近の鉛直応力、き裂長さとの関係を図-3に、き裂状況を写真-2に示す。また、図-2に示した沓座ベースプレート端部直下のダイヤと上フランジのすみ肉溶接部から発生したき裂は、実構造物においてタイプ1き裂に次いで多く確認されているき裂タイプ（以下、タイプ8き裂）である。き裂発生点付近の鉛直応力、き裂長さとの関係を図-4に、き裂状況を写真-3に示す。なお、タイプ8き裂については溶接部を対象に穿孔調査を行い、

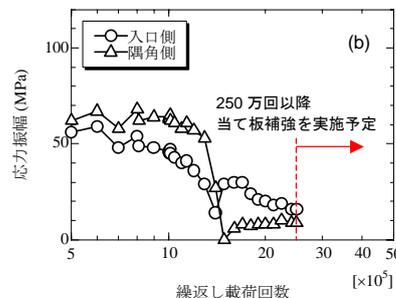
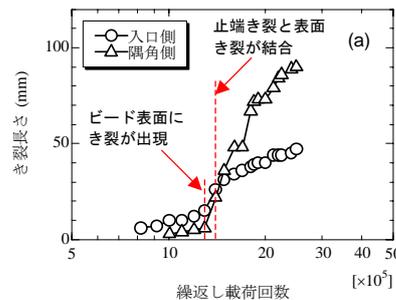


図-3 タイプ1き裂の進展状況

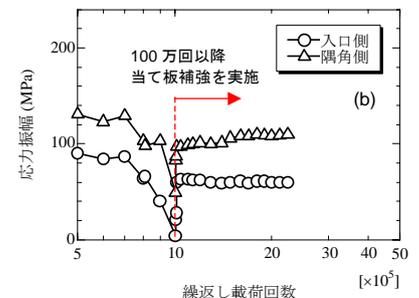
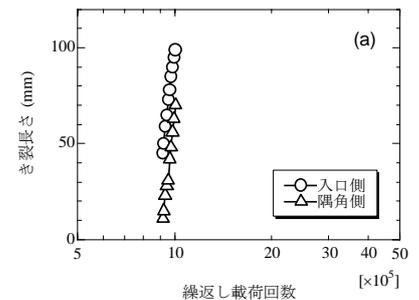


図-4 タイプ8き裂の進展状況

キーワード：支点直下ダイヤフラム，疲労損傷，補修・補強
 連絡先：首都高速道路(株) (〒100-8930 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1 Tel：03-3539-9546 Fax：03-3502-5676)

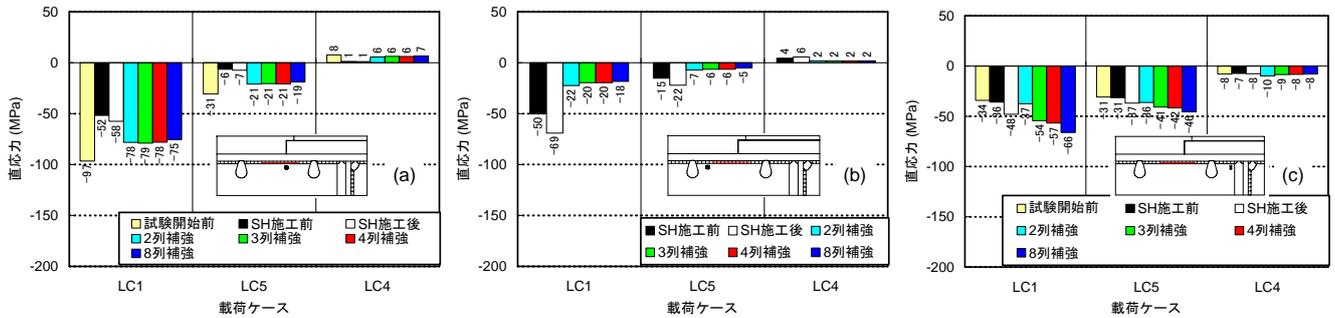


図-6 タイプ8き裂に対する補強効果

き裂の発生が溶接ルート部からであることを確認している。また、タイプ1き裂は溶接止端から発生したが、その進展速度は遅く、その後、止端き裂と独立に現れたビード水平方向のき裂と結合して進展速度を早めた（図-3(a)参照）。ルートき裂であったタイプ8き裂の進展速度（図-3(b)参照）を鑑みると、タイプ1き裂は止端き裂とルートき裂の連成からなると推測できる。

4. タイプ8き裂に対する補修・補強検討 タイプ8き裂の発生点では鉛直方向の応力成分が卓越していた。そのため、補修・補強策として、き裂の両先端部にストップホールを設けた後、図-5に示す補強部材を設置した。これは、沓座からの作用鉛直力を補強部材を介してダイアに伝達させることで、き裂の発生・進展に関わるルート部の応力低減を図ったものである。補強部材のボルト列数をパラメータとした静的载荷試験の結果を図-6に示す。き裂発生点では補強により鉛直方向応力の伝達が回復し、応力値は試験開始時の約80%となった（図-6(a)参照）。また、き裂先端部の応力は補強前の約40%に低減した（図-6(b)参照）。さらに、スリット端ではボルト列数が多いほど作用応力が增大したが（図-6(c)参照）、これはスリット変形を含めたダイアの面内曲げ挙動の拘束度に起因した結果と考えられる。

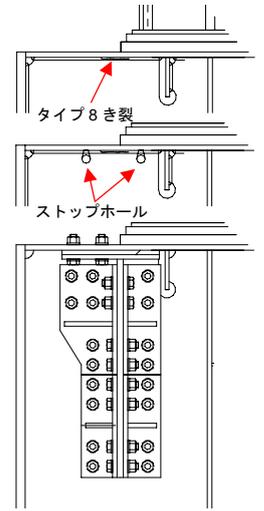


図-5 タイプ8き裂の補強方法

5. タイプ1き裂に対する補修・補強検討 前述の通り、タイプ1き裂は止端き裂とルートき裂の連成と考えられる。そのため、本き裂に対する補強構造は、まわし溶接止端と溶接ルート部の両者の応力に対して低減効果を発揮する必要がある。そこで、補強構造に要求されるパラメータを模索・抽出するため、試験に先んじて図-7に示すFEM解析を実施した。検討した補強モデルの概念を図-8に、解析結果を図-9に示す。これより、ダイアと縦リブを連結してスリットの面内変形を拘束する①の補強構造では、まわし溶接止端の応力振幅は改善されるものの、溶接ルート部の応力低減には効果が小さいことがわかる。しかしながら、①に加えて上フランジとダイアを連結する②の補強構造では、まわし溶接止端と溶接ルート部の両者の応力低減に効果を発揮することがわかる。本解析結果をもとにして、実部材を用いた補強効果の確認を今後実施する予定である。

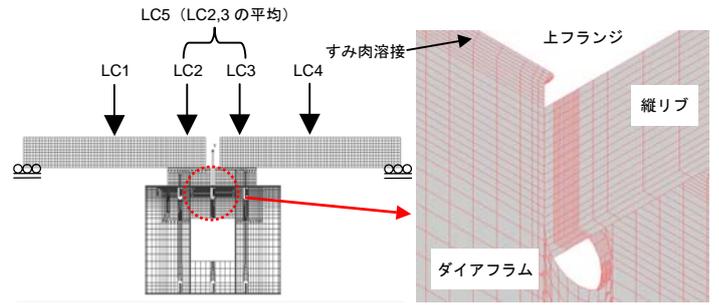


図-7 FEM解析モデル

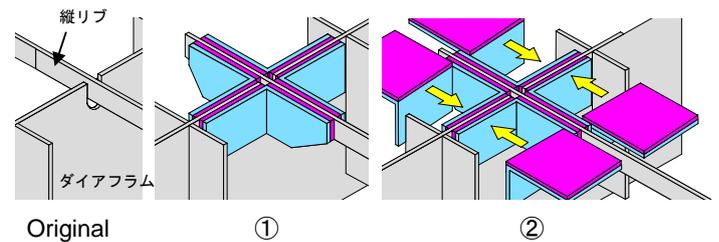


図-8 補強モデル概念図

6. おわりに 実働応力を再現した疲労試験から実構造で主に確認されているき裂の発生・進展状況を把握した。また、試験結果を反映して、同き裂に対する補修・補強策について検討した。その結果、タイプ8き裂のき裂進展に対して有効な補強策を示すことができた。タイプ1き裂に対する補強効果の立証は、上記検討成果をもとに今後実施する予定である。

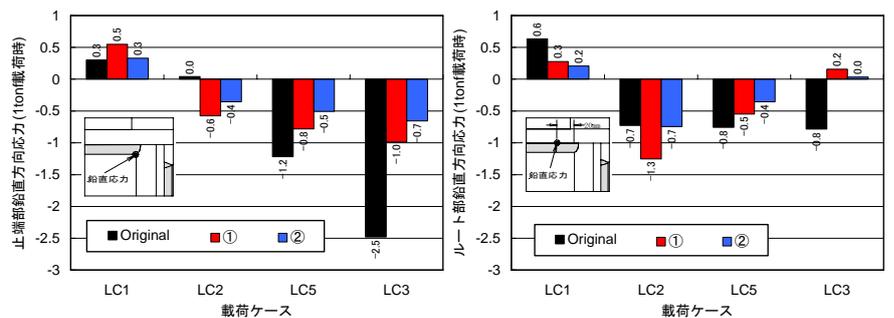


図-9 タイプ1き裂に対する補強効果

【参考文献】 1) 木ノ本ら：鋼横梁支点直下ダイヤフラム溶接部の疲労損傷原因の一考察，第59回年次学術講演会
 2) 竹瀬ら：鋼製橋脚支点直下ダイヤフラムディテールの疲労挙動，第60回年次学術講演会