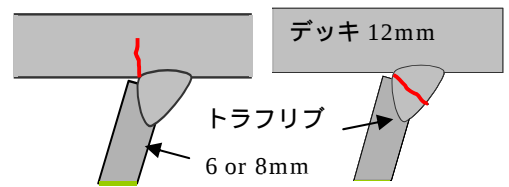


疲労損傷を受けた鋼床版における SFRC 補強後の疲労耐久性検証試験

首都高速道路(株) 正会員 ○下里哲弘, 若林登、(株)高速道路総合技術研究所 正会員 稲葉尚文, 富田芳男
 施工技術総合研究所 正会員 小野秀一, 渡辺真至

1. はじめに

トラフリブ形式の鋼床版において、デッキとトラフリブ溶接ルート部から図1に示すような疲労亀裂が多数発生している。その亀裂が急激に進展すると路面陥没の恐れがあり、抜本的な対策方法の確立が急務である。このタイプの疲労亀裂は、板厚 12mm のデッキ貫通方向に進展するタイプ(以下、「デッキ貫通方向亀裂」とデッキとトラフリブとの溶接を破断するタイプ(以下、「のど破断亀裂」)の2つある。また、のど破断亀裂は進展するとトラフリブ方向またはデッキ方向に分岐する。¹⁾ 筆者らはデッキとトラフリブ溶接部の疲労対策として、鋼床版上面に厚さ 40~50mm の鋼繊維補強コンクリート(以下、「SFRC」)をエポキシ樹脂接着により鋼床版と合成させる補強工法を提案している。²⁾ しかしながら、重交通下の既設鋼床版は、既に疲労亀裂が多数発生しており、疲労損傷を受けた鋼床版に対し、SFRC 補強の疲労耐久性を検証する必要がある。本研究では、予めデッキ貫通方向亀裂と のど破断亀裂を導入した実物大鋼床版試験体を用いて SFRC 補強後の疲労損傷鋼床版の疲労耐久性を検証する。



[デッキ貫通方向亀裂] [のど破断亀裂]

図1 対象の疲労亀裂

2. 疲労試験方法

(1) 試験方法

荷重方法は、これまで筆者らが実施した鋼床版疲労試験シリーズ²⁾³⁾⁴⁾と同様に、輪重 69kN(軸重 137kN)のタンデム軸ダブルゴムタイヤで荷重した。疲労試験状況と試験体を写真1に示す。荷重回数は 100 万往復(400 万軸荷重)とした。なお、デッキとトラフリブの溶接は 50%の溶込みとした。試験ステップは、デッキ貫通方向亀裂導入の移動荷重疲労試験、のど破断亀裂の人工導入、静的荷重試験(SFRC 補強前)、SFRC 施工(40mm厚)、静的荷重試験(SFRC 補強後)、移動荷重疲労試験(水浸)とした。



写真1 移動荷重疲労試験状況

(2) デッキ貫通方向亀裂の導入

デッキ貫通方向亀裂を導入するため上述の荷重条件で鋼床版ままの試験体の移動荷重疲労試験を実施した。デッキ貫通方向の亀裂検出として、デッキ上面から斜角探傷法による超音波探傷試験(UT)を実施した。疲労試験の結果、荷重回数 50 万往復時にデッキ貫通方向亀裂が板厚内に検出され、荷重回数 97 万往復時で深さ約 8mm まで進展し、デッキ貫通方向亀裂を板厚内に内在させた状態で試験終了した。また、その他複数の小さな内在亀裂が UT 検出された。なお、のど破断亀裂は発見されなかった。

(3) のど破断亀裂の導入

のど破断亀裂は、図2・写真2に示すようにストップホール間(SH)の溶接部をプラズマ切断し、人工的に導入した。

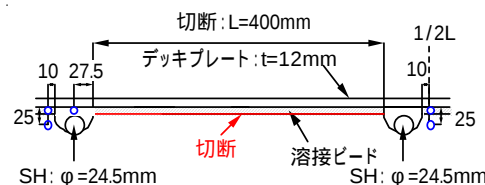


図2 のど破断亀裂導入
とストップホール



写真2 のど破断亀裂の導入

(4) SFRC の施工

SFRC 厚は橋面舗装基層厚相当の 40mm とし、デッキと SFRC の接合はエポキシ系接着剤を使用した。また、高速道路上での急速施工を考慮し材齢 3 時間で必要強度が発現する超速硬セメントを用いた。

キーワード 鋼床版, 疲労亀裂, SFRC, 移動荷重疲労試験, 疲労耐久性向上

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 首都高速道路(株)保全・交通部鋼構造物疲労対策 G Tel.03-3539-9567

3. 試験結果

(1) 応力低減効果

図3にSFRC補強前後におけるストップホール部(以下、「SH」)のデッキ下面応力測定結果の1例を示す。図より、SH部のデッキ下面橋軸直角方向応力は、SFRC補強によって1/10以下まで応力が低減した。橋軸方向についても同様に十分な応力低減効果があった。また、トラフリブ応力についても橋軸方向・鉛直方向ともに応力は低減しており、SFRC補強効果が確認された。

(2) 疲労耐久性

図4に疲労試験中のSH部の応力状態を示す。SH部の応力は大きな変動はなく、磁粉探傷試験(MT)でも亀裂の発生はなかった。また、SFRCを撤去しデッキ上面からのMTでも亀裂の発生はなかった。よって、のど破断亀裂の対策として、SH+SFRC補強は一定の疲労耐久性を有していると言える。

また、疲労試験中および終了後のUTの結果、デッキ内在亀裂の進展はなかった。写真3に疲労試験終了後のデッキ内在亀裂箇所の破面観察調査結果を示す。調査結果より、内在しているデッキ貫通方向亀裂の進展はUT同様なかった。なお、疲労試験終了時のSFRCは微細なひび割れが多数発生していたが、鋼床版との付着力は低下していなかった。

次に、デッキ内在亀裂を半楕円表面亀裂と仮定し、亀裂高さを a と亀裂長さを $2b$ の関係 $a/b = 1/5$ とし、下式を用いて応力拡大係数範囲 ΔK を試算した。図5に亀裂進展方向をデッキ貫通とした場合の応力範囲 $\Delta\sigma$ と亀裂高さ a の関係を示す。今回の疲労試験の内在亀裂高さ $a = 7.5\text{mm}$ 、応力範囲をデッキとトラフリブ溶接止端から 10mm 離れのデッキ下面橋軸直角方向の測定値 16MPa とした場合、亀裂進展下限界曲線(平均設計曲線)以下であり、進展しない結果となった。

$$\Delta K_{th}(=2.9) \geq F_e \cdot F_s \cdot F_t \cdot F_g \cdot \sigma \sqrt{\pi a}$$

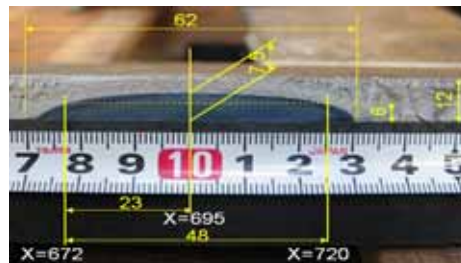


写真3 デッキ貫通方向亀裂の破面

4. おわりに

疲労損傷を受けた実物大鋼床版試験体にSFRCを敷設し、軸重 137kN の水浸移動輪荷重疲労試験を行った結果、SFRC補強は、既に亀裂がデッキ板厚内に内在している鋼床版の疲労対策として十分な疲労耐久性を有することを確認した。また、点検で多数発見されている溶接のど破断亀裂の疲労対策として、亀裂処理方法としてストップホール工法を行い、更にSFRCで補強しデッキ剛性を向上させれば、一定の疲労耐久性を確保できることを確認した。謝辞：本疲労試験シリーズに関しては、「首都高速道路の鋼構造物の点検・補修・補強に関する調査研究委員会（委員長：法政大学 森教授）」にて審議して頂き、貴重なご意見、ご指導を頂きました。ここに感謝の意を表します。参考文献：

1) 牛越ら：鋼床版デッキプレートとトラフリブ溶接部に発生した亀裂の進展性状と応急対策状況（土木学会第61回年次学術講演会）、2) 下里ら：鋼床版の移動載荷疲労試験（土木学会第60回年次学術講演会）、3) 小野ら：鋼繊維補強コンクリート敷設により補強された鋼床版の輪荷重疲労試験（土木学会第61回年次学術講演会）、4) 下里ら：鋼床版の溶接補修とその効果の確認試験（土木学会第61回年次学術講演会）

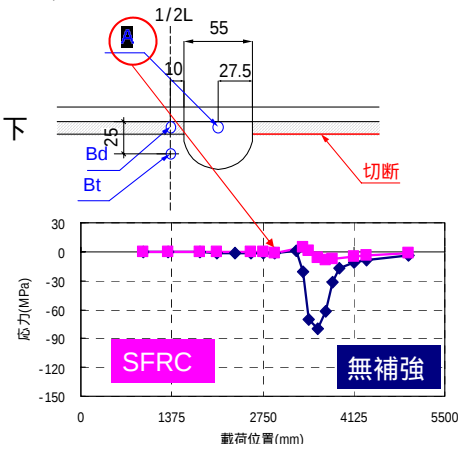


図3 SFRC補強前後の応力状態

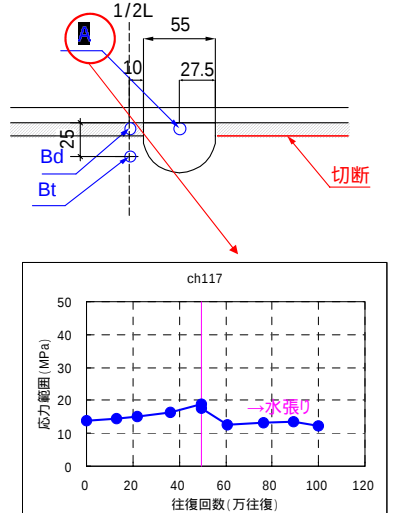


図4 疲労荷重回数と応力変化

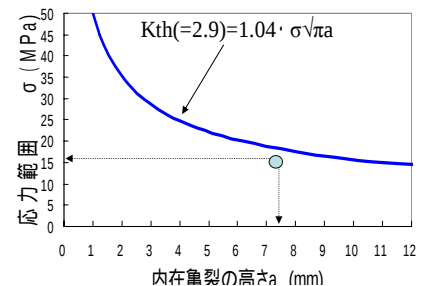


図5 亀裂進展曲線