

鋼床版トラフリブの取替えによる補修の効果と応力性状の確認

(財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○齋藤 豪 首都高速道路(株) 非会員 鳥羽 正樹
 首都高速道路(株) 正会員 木ノ本 剛 首都高速道路(株) 非会員 大道 裕紀

1. 目的

近年、重交通下で供用する鋼床版トラフリブ形式の橋梁に多数の疲労き裂が発見されている。このうち、デッキプレートとトラフリブの溶接部に生じた疲労き裂(図-2)について、その対策は応急的なものではストップホール施工によるき裂の進展防止があり、恒久的な対策としては損傷部のトラフリブを新しい部材に取替える補修がある。トラフリブの取替えにより新規に部材を設置する場合は、新たな応力集中を生じる可能性や、施工条件など不確定な要因により期待した補修効果が得られない場合がある。そこで、トラフリブ取替え前後に実応力を計測することにより、補修による応力性状の変化を調査し、その効果を確認した。本論文は、その結果について報告するものである。

2. 損傷概要と補修内容

計測箇所は、箱桁内に設置された3本のトラフリブのうち山側ウェブに隣接する輪直下のトラフリブ(図-1)である。山側の溶接線が図-2のとおり横リブ交差部を跨いで破断しており、先端には応急補修としてスカラップおよびストップホールが施工されていた。この損傷部のトラフリブをスカラップ位置から切断し、図-3, 4のような新しい部材に取り替えた。

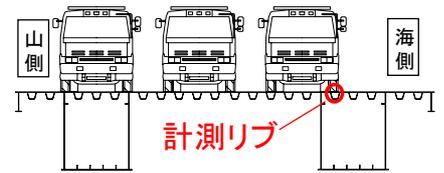


図-1 計測した橋梁の断面図

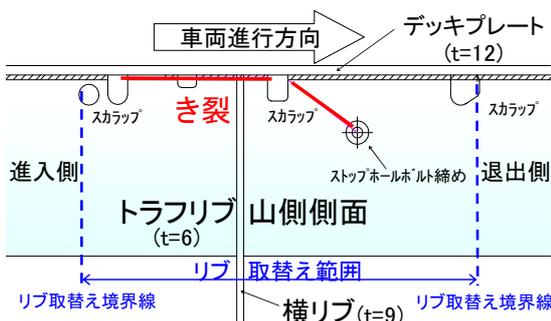
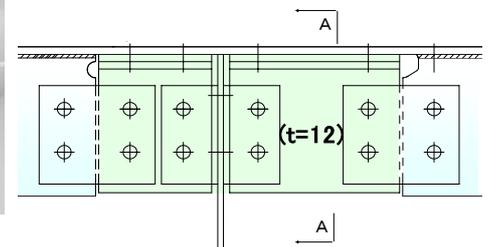
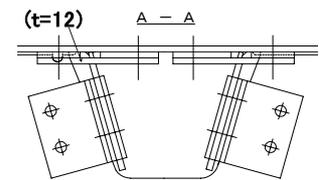


図-2 取替え前の損傷と応急補修状況

図-3 取替え後の状況

図-4 リブ取替え後のリブ形状

3. 計測概要

計測は一般交通車両による動波形を平日に72時間測定し、このデータをレインフロー法により頻度解析した。また、この動波形より応力性状を確認した。主な計測位置と目的は、以下のとおりである。①取替え境界部：取替え境界部は溶接破断部先端に位置し高い応力が生じていると考えられ、また、取替え後には新たな応力集中を生じる可能性がありその確認を行う。②横リブ：トラフリブ破断により鋼床版の剛性が低下していると考えられ、取替え後のトラフリブの機能回復による応力低減効果を確認する。③既設リブと新設リブの応力伝達：新規に設置したリブと既設リブ(退出側境界部)の発生応力を比較し、応力伝達状態を確認する。④リブ健全部：輪荷重の荷重位置の特定を目的として、同一ラインで損傷がないトラフリブ(リブ支間長1/4)の応力を計測する。また、この部位を健全部として取替え部の応力範囲と比較する。

4. 計測結果の評価方法

(1) 頻度解析結果 得られた応力頻度より等価応力範囲を算出した。打切り限界は安全側としてH'等級(変動振幅応力)7MPaを用いた。

(2) 応力性状の評価 一般交通車両による動波形から輪直上荷重時の主応力方向や相対的な応力範囲比を取
 キーワード 鋼床版, トラフリブ, 疲労き裂, 補修, 応力計測

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-10-11 (財) 首都高速道路技術センター構造管理部 TEL 03-3578-5757

替え前後で比較することにより評価した。

(3) 輪載荷位置の影響 輪の載荷位置により応力性状が異なるため、山側リブウェブ直上載荷、海側リブウェブ直上載荷、リブ中央シングルタイヤ載荷の3パターンに分けて整理を行った。

(4) 舗装の剛性変化の影響 取替え前の計測は夏季(8月)、取替え後の計測は冬季(11月末)に行っており、舗装の剛性が温度の影響により異なると考え、リブ健全部の測定点の等価応力範囲の比較を行った。冬季は等価応力範囲が取替え前の約9割となっており、計測結果はこの影響を受けることを考慮する必要がある。

5. 計測結果

(1) 頻度解析結果 頻度解析より得られた等価応力範囲を表-1に示す。リブ取替えにより等価応力範囲は、デッキプレートで約4割、トラフリブで約6割、横リブで約5割に低減された。これは舗装の剛性変化を考慮しても十分に低減効果があったと評価できる。また、健全部との比較においても発生応力は小さくなっている。

(2) 応力性状の変化 ここではリブ中央にシングルタイヤが載荷されたパターンの結果を挙げる。
 ①取替え境界部：図-5より、取替え前においてデッキプレートに大きな圧縮応力が作用する。取替え後は、取替え前の約2.5倍の作用応力(健全部の応力範囲より算出)の波形を用いているが、デッキプレートの発生応力は大きく低減されていることがわかる。
 ②横リブ：図-6に示すとおり取替え前では溶接部の破断により山側に大きな応力が作用していたが、取替え後は海山両側共ほぼ均等な鉛直方向の圧縮応力となった。測定点において最小主応力が鉛直方向になった理由は、鋼床版の剛性回復により局所的な変形によるせん断応力が抑えられ、鉛直力による面内応力のみになったことによると考察する。なお、取替え前後とも、横リブ表裏での面外曲げは生じていないことを確認している。
 ③図-7に既設リブと新設リブの応力の時刻歴変化を示す。グラフはほぼ同じ動きをしており、応力伝達が確実にされていることがわかる。
 ④他の載荷パターンにおいてもデッキプレートの応力は低減され、横リブの最小主応力が鉛直方向になることが確認されている。

6. まとめ

リブ取替え補修により、取替え境界部および横リブに発生する応力は低減された。取替え境界部に新たな応力集中は確認されなかった。取替え後、横リブ測定位置では、輪直上載荷時に鉛直方向の圧縮応力が生じる。新設リブに応力は伝達されている。なお、この箇所はリブ取替え計測後、さらに鋼床版上面に鋼繊維補強コンクリート(SFRC)を敷設する補強を行っており、応力計測によりその補強効果を確認する予定である。

表-1 リブ取替え前後の等価応力範囲とその比率

| 部位 | 測定点 | 方向 | 取替前 σ_e | 取替後 σ_e | 健全部 σ_e | 取替後/取替前 | 取替後/健全部 |
|-------|-----|----|----------------|----------------|----------------|---------|---------|
| デッキ | a点 | 橋直 | - | 9.4MPa | 17.6MPa | - | 53% |
| プレート | b点 | 橋軸 | 22.8MPa | 8.6MPa | - | 38% | - |
| トラフリブ | c点 | 橋軸 | 19.8MPa | 12.2MPa | - | 62% | - |
| | d点 | 鉛直 | 22.8MPa | 11.5MPa | 17.5MPa | 50% | 66% |
| 横リブ | e点 | 水平 | 22.2MPa | 11.4MPa | - | 51% | - |
| | e'点 | 鉛直 | 14.3MPa | 11.9MPa | - | 83% | - |
| | f点 | 斜め | 26.1MPa | 9.0MPa | - | 34% | - |
| | f'点 | 斜め | 22.9MPa | 9.5MPa | - | 41% | - |

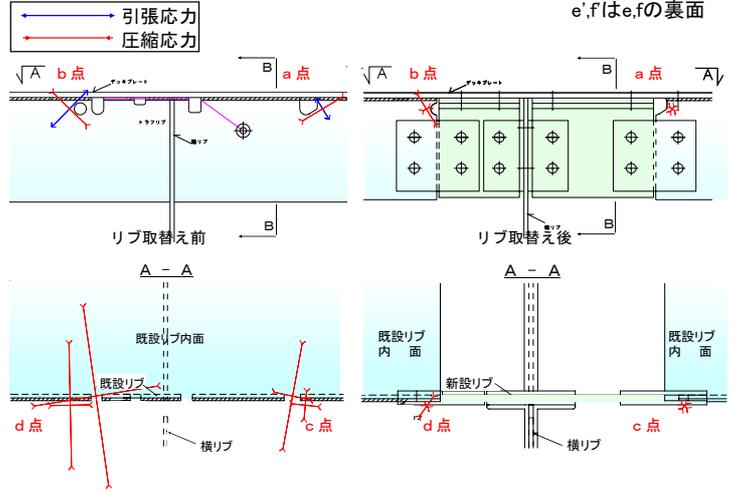


図-5 輪直上載荷時のリブ取替え境界部の主応力

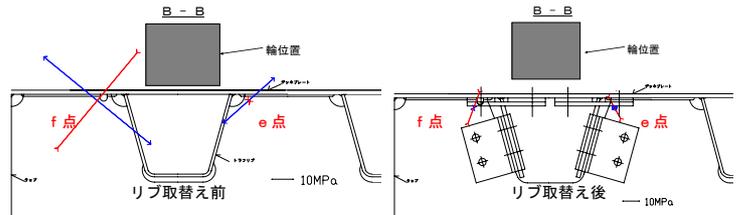


図-6 輪直上載荷時の横リブの主応力

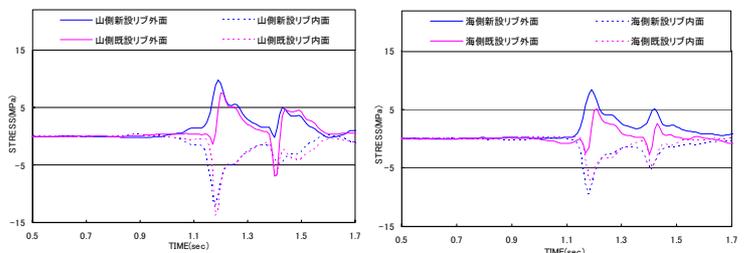


図-7 新設リブと既設リブの動波形

参考文献 1)小野ら：既設鋼床版の疲労性能向上を目的とした補強検討 土木学会論文集 No.801/ I -73,213-226,2005.10