

バルブプレートを補剛リブとする鋼床版の疲労特性に関する研究

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○的場栄孝, 服部雅史 フェロー 松井繁之
 京都国道事務所 正会員 伊藤正一
 (財) 海洋架橋・橋梁調査会 正会員 古市亨

1.はじめに

我国を含め全世界的に既設鋼床版の疲労損傷が多数報告されている。今後、鋼床版を合理的に維持管理していかなければならない。合理的な維持管理手法の確立を目指し、輪荷重走行試験機を用いた疲労試験を行い、鋼床版の破壊性状ならびにき裂進展メカニズムを明らかとした¹⁾。疲労き裂は、縦リブと横リブ交差部、または、縦リブとデッキプレートの隅肉溶接部から発生した。き裂周辺部および鋼床版各部材の応力性状を明らかとするため、さらに3次元FEM解析を行った。実験およびFEM解析より鋼床版の疲労耐久性について検討した。

2.実験概要

輪荷重走行試験機を用いて疲労試験を行った。既設鋼床版(2体)、新規製作鋼床版(2体)、計4体の試験体を用いた。既設鋼床版は供用停止した橋梁より切り出された鋼床版(以下Oタイプ)であり、約27年間分の累積疲労損傷を受けている。新規製作鋼床版とは工場で新規に製作され、既設鋼床版と同寸法、同溶接形状をもつ鋼床版(以下Nタイプ)である。試験体寸法を図1に示す。本試験体の縦リブと横リブの交差部は突合わせで隅肉溶接されており、交差部にはスカラップが設けられていない。

図2に示すように、ダブルタイヤが床版中央の2本の縦リブ上に乗る走行コースA、中央の1本の縦リブを跨ぐ走行コースBとし、床版のタイプ名の後にA、Bを付けて試験体を分類している。載荷荷重は、基本荷重を147kNとし、試験体の状態により206kNに増加させている。電場技法と呼ばれるFSM(Field Signature Method)をにより、疲労き裂の発生をモニタリングした²⁾

3.疲労試験結果

1) コース A 中央の縦リブ直上を走行

縦リブと横リブ交差部の Crack1~Crack3(図3)に疲労き裂が発生した。き裂は縦リブのバルブ先端部から発生し、デッキプレート上面に向かって進展した。O-AはCrack1のみ、N-AはCrack1~Crack3と複数の交差部にき裂が発生した。O-Aのき裂進展経緯を図4に示す。O-Aは、Crack1の箇所のみき裂が発生し、その後、き裂は急激に伝播して交差部は破断した。

2) コース B

縦リブとデッキプレートの隅肉溶接部の Crack4(図3)に疲労き裂が発生した。き裂は橋軸方向に溶接ビードに沿って伝播した。また、幾つかの箇所において、疲労き裂は板厚方向へも伝播し、き裂はデッキプレート上面へ貫通した。Crack1~Crack3は発生していない。

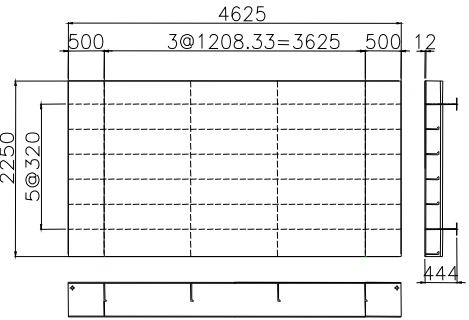


図1 試験体寸法

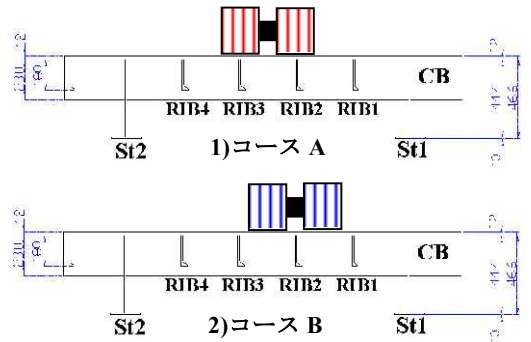


図2 走行位置

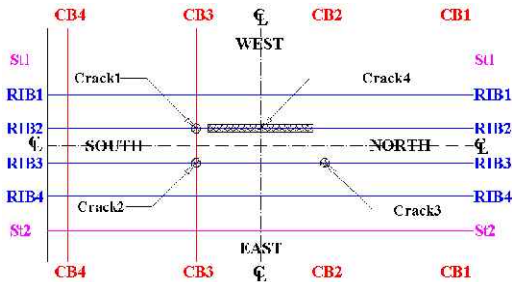


図3 き裂発生位置および各部材名称

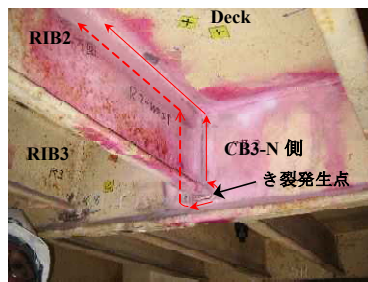


図4 O-A き裂発生点および進展経緯

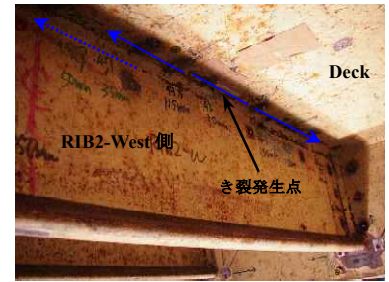


図5 O-B き裂発生点および進展経緯

4.き裂周辺部の FEM 解析

汎用有限要素解析プログラムを用いて3次元FEM解析を行った。図6にモデルの概略図を示す。鋼部材はシェル要素を用いている。但し、縦リブのバルブ部はソリッド要素を用いてモデル化(図7)している。

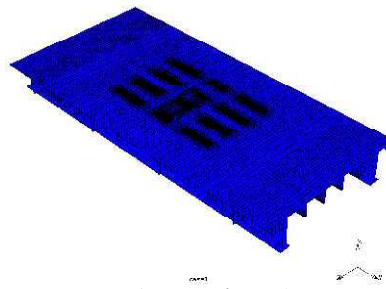


図6 解析モデル全体図

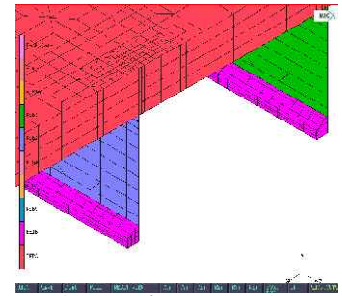


図7 解析モデル バルブ周辺部

1)コース A 中央の縦リブ直上を走行

疲労試験の結果より、縦リブのバルブ先端部からき裂が発生する可能性が高いと予想し、Crack1 周辺の橋軸方向応力(図8)に着目した。溶接止端から2.5mmの位置の解析値とし、輪荷重はCB3直上に载荷している。図9よりバルブ先端部に大きな引張応力が作用していることがわかる。これは、縦リブの変形が横リブによって拘束されるため、面外方向へ変形すること、また、バルブ周辺部の縦リブの剛性が特に高いこと、これら2点の要因により、バルブ先端部に応力が集中すると推定される。次に、バルブ周辺部のMAX, MIN 値(図9参照)の応力変動(98kN換算値・橋軸方向へ輪荷重を移動)を図10に示す。縦リブ下フランジと比較してバルブ先端部の応力範囲が大きい。ゆえに、縦リブ直上を走行した場合、まず、縦リブ・横リブ交点における縦リブのバルブ先端部から疲労き裂が発生しやすいと予想される。

2)コース B 縦リブを跨いで走行

デッキプレート・縦リブの隅肉溶接部の止端から疲労き裂は発生した。この溶接部近傍にはデッキプレートの局所的な板曲げによる応力集中が生じていると予想され、この応力集中によりき裂が発生したと考えられる。そこで、溶接止端近傍に応力集中GAGEを貼り付け(図10)、応力集中の変化を検討し、さらにFEM解析により実験結果を補完した。

隅肉溶接止端近傍におけるデッキプレート下面の橋軸直角方向応力の橋軸直角方向分布を図11に示す。なお、輪荷重を床版中央に载荷している。実験値・解析値ともにデッキプレートの局所的な変形により、溶接止端近傍に圧縮の高い応力集中が生じているのを確認した(図11)。次に、その圧縮応力の変動(98kN換算値)を図12に示す。溶接止端より10mm離れた位置における橋軸直角方向応力の変動とする。引張応力は全く作用せず、局所的に大きな圧縮応力が作用していた。

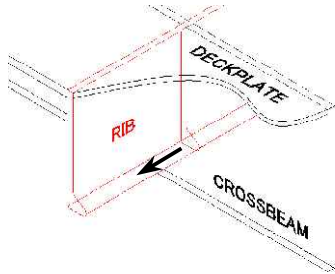


図8 着目した応力成分

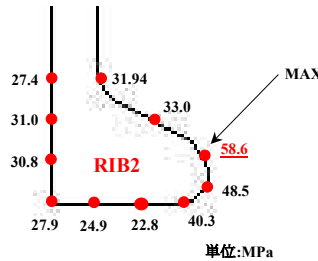


図9 Crack1 周辺応力

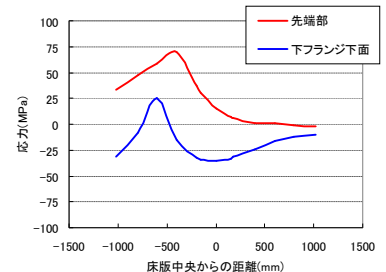


図10 応力変動 (Crack1)

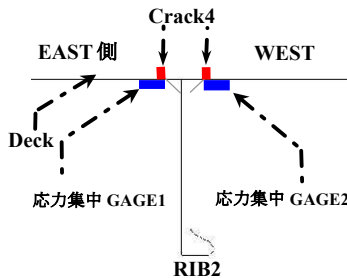


図11 GAGE 貼付け位置

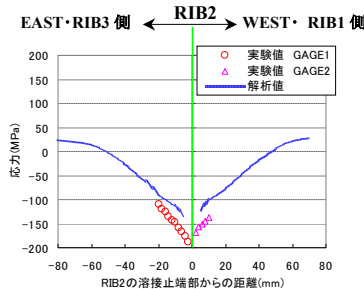


図12 デッキプレート下面応力分布

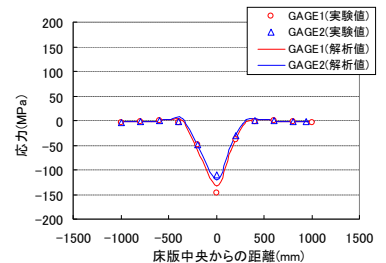


図13 応力変動 (Crack4)

5. まとめ

- ・ き裂周辺部の応力挙動を実験結果およびFEM解析により明らかとした。
- ・ 縦リブ・横リブ交差部から発生するき裂は、バルブ先端部から発生する可能性が高い。
- ・ デッキプレートの局所的な板曲げによりデッキプレートと縦リブの隅肉溶接止端には非常に大きな圧縮応力が作用する。

参考文献

1) 的場 栄孝, 服部 雅史, 松井 繁之 バルブプレートと補剛リブとする鋼床版の疲労耐久性に関する研究 平成18年度関西支部