

鋼床版箱桁橋の垂直補剛材・デッキプレート回し溶接部の疲労き裂に対する対策検討

パシフィックコンサルタンツ(株)	正会員	○吉岡	利樹
パシフィックコンサルタンツ(株)	正会員	高木	達弘
パシフィックコンサルタンツ(株)	正会員	中村	桂久
パシフィックコンサルタンツ(株)	正会員	肖	志剛

1. 背景および目的

鋼床版箱桁橋の垂直補剛材とデッキプレート接合部（図-1）については、軸重の作用位置により局部的な応力集中が発生し、比較的短期間に疲労き裂が発生する可能性が以前より指摘されている¹⁾。そこで本報告では当該箇所の応力集中を緩和する簡便な対策工法を示し、疲労き裂のない実橋を模擬したモデルにおける応力低減効果の確認、有効性の検証を行った。

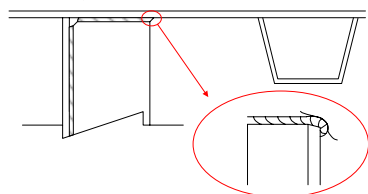


図-1 着目箇所とき裂イメージ

2. 対策工法の提案

従来、当該箇所の疲労き裂に対する補修工法としては、当て板工法、ストップホールなどが用いられている。当て板工法は路面施工による交通規制を伴う問題があり、またストップホールは桁内からの上向き削孔となる他、デッキ上面の防水層等への影響が懸念されるなどの問題がある。桁内からの当て板補強工についても過去に報告されている²⁾が、著者らは桁内からのより簡便な施工で、かつ当該箇所の応力集中を緩和できる工法を検討した。

そこで、鋼桁橋の主桁上フランジと横桁との接合部への疲労強度向上策として、過去に貝沼ら³⁾がその有効性を解析的に検証した半円孔対策工に着目し、垂直補剛材上端付近を円孔に切り欠く工法（円孔案）を提案する。

3. 対策工の有効性検証

3.1 削孔位置および形状に関する検証

半円孔削孔（図-2）は、削孔中心が補剛材端面となるために現場削孔機器（磁気ボール盤）の位置固定が難しく、施工性に問題がある。

そこで半円孔案で円孔の削孔中心をウェブ側にずらした案（図-3）を提案した。この円孔案は、半円孔案と比較してデッキの鉛直方向変形性能が大きく、当該

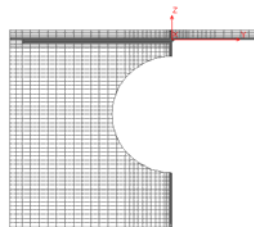


図-2 半円孔案

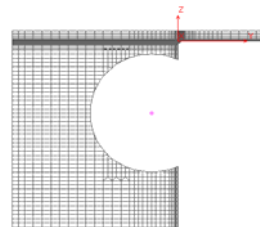


図-3 円孔案

箇所の応力集中の緩和が期待できるほか、削孔機の作業性向上にも寄与する。

垂直補剛材上端付近において、削孔位置、径を変化させた場合のデッキ下面橋軸直角方向応力度の相違をFEM解析により確認する。モデルの構造諸元は実橋を模擬したものとし、デッキ厚 12mm、補剛材は橋軸直角方向 175mm×厚み 10mm、ウェブ厚 10mm、補剛材上端の回し溶接の脚長を 4mm とする。また、FEM 解析には要素はソリッド要素を用い、メッシュサイズは溶接近傍で最小 1mm とした。境界条件はモデル下端で鉛直変位拘束とし、1N/mm²の等分布荷重を与える（図-4）。

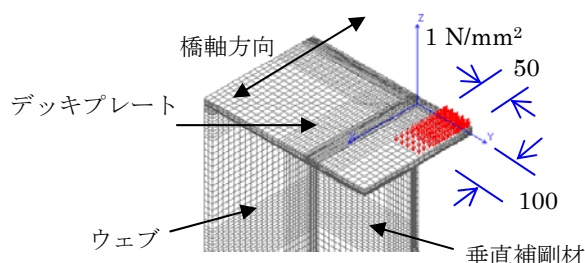


図-4 载荷状況（1/2 モデル）

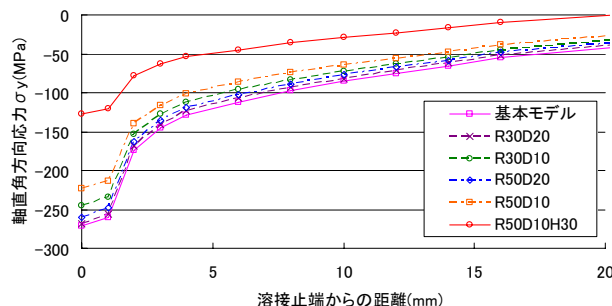


図-5 デッキ下面橋軸直角方向応力度

円孔の半径を R、円孔上端とデッキ下面との離れを D、円孔中心と補剛材コバ面との距離を H とし、また無対策のものを基本モデルとして定義し、デッキ下面の

キーワード 疲労き裂, 鋼床版, 対策工

連絡先 〒451-0046 名古屋市西区牛島町 2 番 5 号 トミタビル パシフィックコンサルタンツ(株) TEL 052-589-3111

橋軸直角方向応力の解析結果を図-5に示す。

図-5に示す結果より、円孔案（R50D10H30モデル）が最も応力度の低減を図れることが確認できる。

3.2 実橋解析モデルによる解析的検証

前述の円孔案の有効性を検証するため、実橋に即した解析条件での応力低減程度を確認する。

荷重は輪荷重 100kN を、舗装による荷重分散効果を考慮し、軸方向 340mm×直角方向 640mm に载荷する。また、輪荷重の移動を想定し、载荷位置を橋軸方向にずらした静载荷とする。橋軸直角方向载荷位置は、载荷中心が垂直補剛材コバ面直上にくる位置である。

当該箇所でのき裂は軸重による橋軸直角方向の板曲げの影響が大きいと考えられるため、溶接止端部から 5mm の位置のデッキ下面橋軸直角方向応力を、円孔の有無別に図-6に示す。対象垂直補剛材位置を $x=0\text{mm}$ 、ダイヤフラム位置を $x=-7500\text{mm}$ 、 -3000mm 、 1500mm 、 6000mm とする。ダイヤフラム間に 1500mm 間隔で垂直補剛材が存在するものとした。

図-6より、円孔施工により応力度のピーク値が -223.1MPa から -119.4MPa となり、46.5%の応力低減効果があることが確認される。

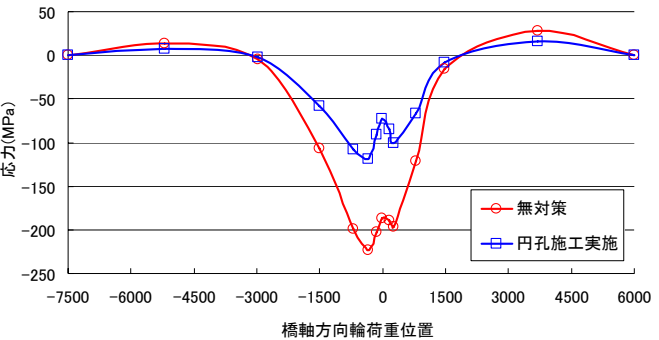


図-6 デッキ下面直角方向応力度

3.3 削孔による円孔周縁部への影響

円孔施工の問題点として、円孔周縁部の応力集中が挙げられる（図-7）。そこで、円孔周縁部の接線方向応力による疲労寿命と、回し溶接部の橋軸直角方向応力によるデッキ下面の疲労寿命の比較を行う。

解析モデルは基本的に 3.2 と同様とする。また、円孔周縁部の疲労強度はグラインダー仕上げを前提とし A 等級（帯板、表面および端面、機械仕上げ）、回し溶接部の疲労強度は既往の研究⁴⁾より当該箇所の H.S.S.に対して B 等級とし、マイナー則を適用する。なお、H.S.S.は溶接止端部から $0.4t$ および t 離れた点での応力を外挿することにより求める。

表-8に示す疲労寿命の比較結果より、円孔施工時は円孔周縁部の疲労寿命により 74 万回の疲労寿命という結果となり、円孔施工を行わない場合の回し溶接部の

疲労寿命 29 万回と比較すると 45 万回余り延伸されることとなる。

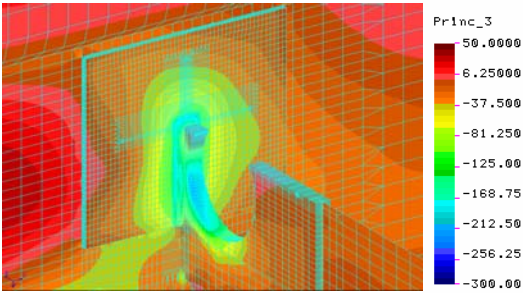


図-7 応力コンター図（周縁部応力集中）

表-8 円孔周縁部と回し溶接部の疲労寿命

	円孔周縁部	回し溶接部デッキ下面 (円孔未施工)	回し溶接部デッキ下面 (円孔施工)
対象応力	接線応力	HSS	HSS
応力範囲 (MPa)	265	297	159
疲労強度等級	A等級 (190MPa@200万回)	B等級 (155MPa@200万回)	B等級 (155MPa@200万回)
疲労寿命 (万回)	74	29	184

4. 結論および今後の課題

4.1 結論

・円孔を施工することにより、き裂がない状態での実橋を模擬したモデルに対して、応力度を 46.5%低減させることが可能である。

・円孔施工による円孔周縁部の疲労寿命は、円孔施工を行わない場合のまわし溶接部疲労寿命よりも長くなる。

4.2 今後の課題

・本対策の実橋への適用を念頭に置き、FEM 解析だけでなく、実橋での応力低減効果を確認する必要がある。

・すでに発生しているき裂を存置した状況下での、応力度低減効果の確認と余寿命の推定を行う必要がある。

・き裂発生後に円孔施工を行った場合の、デッキ下面のき裂貫通までの疲労寿命と、円孔周縁部の疲労寿命の比較検討を実施する必要がある。

謝辞

本検討は、名古屋大学大学院環境学研究科の山田健太郎教授のご指導のもと遂行された。ここに感謝の意を表します。

参考文献

1) 実橋測定による鋼床版主桁ウェブ垂直補剛材上端の疲労検討（土木学会第 43 回年次学術講演会）

2) 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（土木学会第 60 回年次学術講演会）

3) 鋼 I 桁橋の主桁上フランジと横桁の取合部の応力緩和による疲労強度向上策（土木学会構造工学論文集 Vol.43A）

4) 森猛，東京工業大学 学位論文，1987.2，溶接橋梁部材の疲労亀裂進展寿命に関する研究