

鋼床版 SFRC 舗装の接着剤接合部における輪荷重載荷時の応力性状

東京都立大学大学院 学生会員 ○松本稔将 東京都立大学大学院 正会員 村越潤
 施工技術総合研究所 正会員 小野秀一

1. はじめに

鋼床版の疲労き裂に対する版全体の応力軽減策として、既存のアスファルト舗装を剛性が高くかつ比重のほぼ同じ鋼繊維補強コンクリート(以下、SFRC)舗装に置き換え、デッキプレートと一体化させる補強工法が提案され、既設鋼床版に適用されている。SFRC 舗装の適用性については広く検討が行われているが、輪荷重載荷時に発生する応力性状に対する接着剤接合部の耐久性に関する知見は依然として少ない。本稿では、実際の鋼床版 SFRC 舗装と同一諸元で製作された実大試験体を対象として FEM 解析を行い、接着剤接合部の損傷の要因となる可能性のある、輪荷重載荷による主たる作用であるせん断応力と、負曲げによる舗装ひび割れ部等に作用する引張応力を検討した結果を報告する。

2. 解析方法

解析には汎用有限要素解析ソフトウェア MSC.MARC.2020 を用い、静的弾性解析とした。図-1 に解析モデルの寸法形状及び橋軸方向の載荷位置を示す。図中の橋軸直角方向の載荷位置については、後述するケース①の場合である。過年度に載荷試験が実施された、SFRC 舗装を有する鋼床版実大試験体を対象にモデルを作成した。鋼床版は、U リブ 10 本(横リブ支間長支間側 6 本、短支間側 4 本)、縦桁 3 本で構成されており、デッキ厚 12mm、横リブ間隔 2150mm、U リブ幅 300mm×高さ 220mm×厚さ 6mm である。縦桁に関して、横リブ間の中央位置には、垂直補剛材が設置されている。SFRC 舗装厚は 75mm、接着層厚は 1mm である。図-2 に要素分割の状況を示す。モデルはすべてソリッド要素で作成し、接着層は厚さ方向に 4 分割(要素厚 0.25mm)としている。接着層近傍では、SFRC は厚さ 0.5mm、デッキは厚さ 1mm で分割している。縦桁 ST-4 上には負曲げに伴う鉛直方向の舗装ひび割れを想定した。ひび割れ部はデッキ上面まで二重節点として力の伝達が行われないようにモデル化した。

荷重は、F 荷重 1 組 (200kN) に衝撃係数 0.4 を考慮し、図-3 に示す接地範囲に等分配した。載荷範囲は同試験体

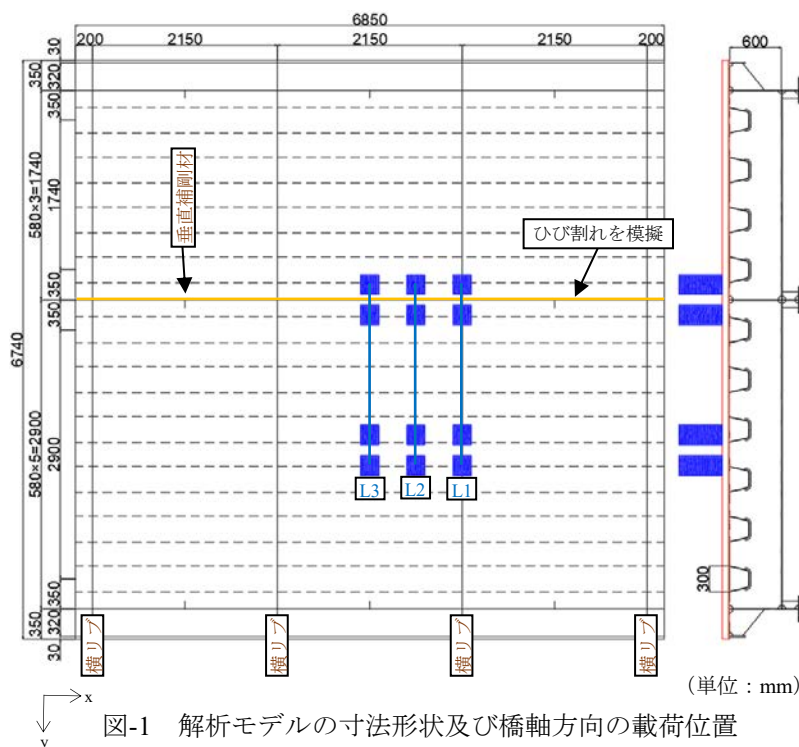


図-1 解析モデルの寸法形状及び橋軸方向の載荷位置

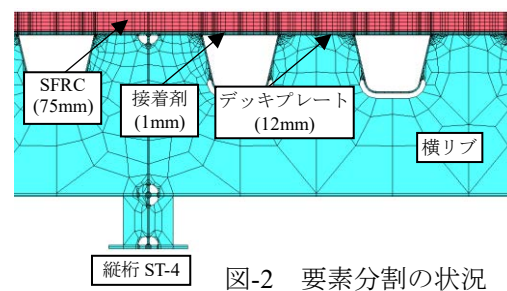


図-2 要素分割の状況

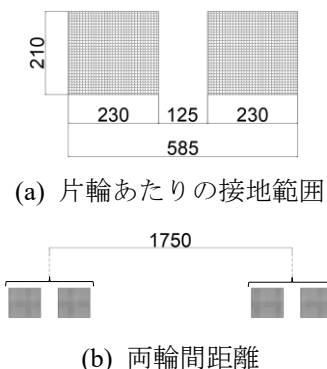


図-3 接地範囲と両輪間距離 (単位: mm)

キーワード 鋼床版, 疲労, SFRC, 接着剤, FEM 解析

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学 TEL : 042-677-2782 E-mail : matsumoto-toshimasa@ed.tmu.ac.jp

で実施した静的載荷試験で使用した輪荷重走行試験機のタイヤ接地面積より設定した。なお、2 載荷面の距離を 1750mm として橋軸直角方向に 2 箇所載荷している(計 280kN)。載荷位置はせん断応力と引張応力が大きくなる場合を想定して、橋軸方向(図-1)を 3 断面(L1:横リブ上, L2:縦桁 1/4 支間, L3:縦桁 1/2 支間)、橋軸直角方向(図-4(2))を 4 ケース(①:片輪の軸中心線が縦桁 ST-4 直上と一致する場合, ②:両輪中心線が縦桁 ST-4 直上と一致する場合, ③:両輪中心線が横リブ長支間中央と一致する場合, ④:両輪中心線が横リブ短支間中央と一致する場合)とし、計 12 ケースとした。ケース名は L1~L3 及び①~④を用いて、例えば L1-①と表す。境界条件は、縦桁ウェブ直下を橋軸方向全長において x , y , z 方向に固定、回転自由とした。表-1 に材料特性(弾性係数及びポアソン比)を示す。接着層については、接着剤が健全な場合を想定して弾性係数を 2000N/mm^2 とした²⁾。

表-1 材料特性

	弾性係数	ポアソン比
SFRC	35000N/mm^2	0.2
接着剤	2000N/mm^2	0.2
鋼材	200000N/mm^2	0.3

解析モデルについては、同試験体を使用した静的載荷試験結果(鋼床版のデッキ下面及び U リブ下面のひずみ計測値)と解析結果を比較し、大きな相違がないことを確認している。

3. 解析結果

(1) せん断応力

図-4(a)に接着層に発生する各ケースのせん断応力 τ_{yz} 最大値と発生位置を示す。L1-③のケースにおいて、横リブ部上で輪載荷位置に 2.9N/mm^2 のせん断応力が発生している。一般部では、ほとんどのケースで、ひび割れを導入した縦桁 ST-4 上に沿って発生しており、L3-④の輪荷重に近接する位置では最大 2.6N/mm^2 であった。なお、同位置の縦桁 ST-4 には垂直補剛材が設置されている。ここで、著者らが実施した静的せん断試験及びせん断疲労試験結果¹⁾によると、せん断応力 2.6N/mm^2 は接着剤接合部のせん断強度の 50%前後の値に相当し、健全な状態であれば供用期間中に疲労破壊する可能性は低いと考えられる。

(2) 引張応力

図-4(b)に接着層に発生する各ケースの引張応力 σ_z 最大値と発生位置を示す。ST-4 上のひび割れ部ではせん断応力の場合と同様に、L3-④のケースで引張応力が最大 (8.5N/mm^2) となっている。局所的な応力であり、接合部の疲労耐久性への影響については、今後詳細に検討していく必要がある。

本研究の一部は、日本学術振興会科研費基盤研究(c)(一般)18K04326 の補助を受けて実施した。ここに記して関係各位に感謝の意を表す。

参考文献 1) 松本他:鋼床版 SFRC 舗装における接着剤接合部のせん断疲労挙動に関する実験的検討, 土木学会論文集 A1, Vol.76, No.5, pp.72-83, 2020.5. 2) 村越他:デッキ進展き裂を有する鋼床版に対する SFRC 舗装のき裂進展抑制効果, 土木学会論文集 A1, Vol.75, No.5, pp.194-205, 2019.5.

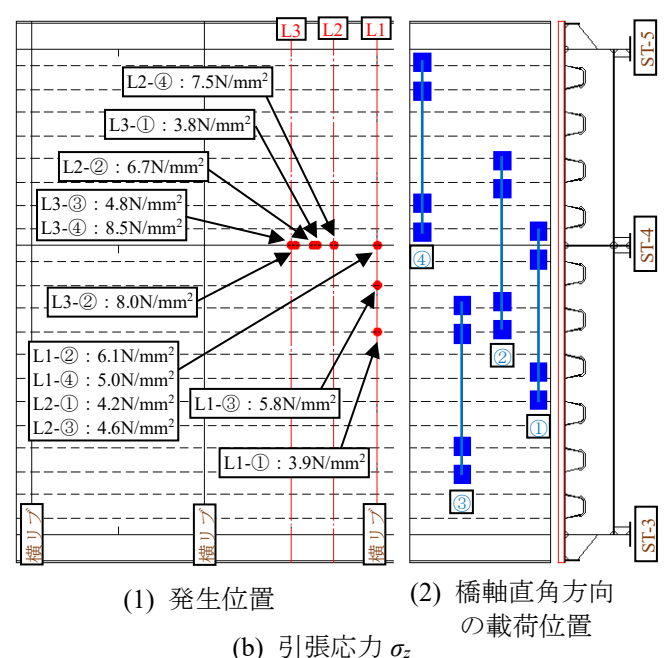
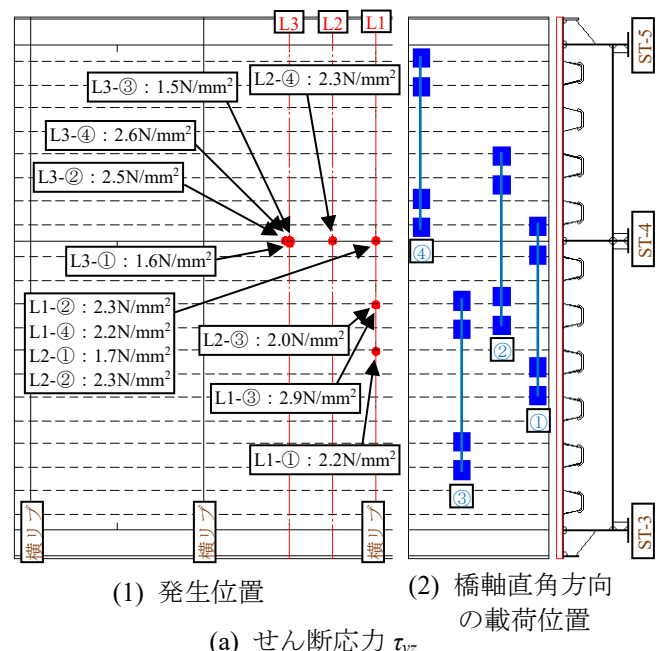


図-4 接着層に発生する各ケースの応力最大値と発生位置