

鋼床版のデッキプレートの腐食損傷が応力集中に及ぼす影響に関する解析的検討

九州大学大学院 学生会員 ○城 大樹

九州大学大学院 正会員 貝沼 重信

(株)東京鐵骨橋梁 正会員 細見 直史

1. はじめに 鋼床版のデッキプレート（以下、デッキと呼ぶ）の上面に路面からの雨水が漏水・滞水することで、腐食損傷が生じた事例がある。この腐食損傷を長期間放置すると、デッキに腐食孔を起点とした高い応力集中が生じることで、疲労損傷が発生することが懸念される。そこで、本研究では箱桁橋から切り出した腐食部材の表面性状がデッキの腐食損傷に相当すると仮定して、その損傷がデッキの応力集中に及ぼす影響について、有限要素応力解析を実施することで解析的に検討した。

2. 腐食表面性状 箱桁橋から切り出した3体の腐食部材の表面を対象として、レーザーフォーカス深度計（スポット径 $30\mu\text{m}$ 、分解能 $0.05\mu\text{m}$ ）で測定することで、腐食表面性状のデータを収集した。測定ピッチは 0.2mm とした。腐食生成物除去後の腐食部材の表面性状を図-1(a)に示す。また、腐食試験体3体の腐食表面性状および最大腐食深さ d_{max} を含む断面の腐食深さ分布を図-1(b)～(d)に示す。3体の試験体の平均腐食深さ d_{mean} は $1.5\sim 2.0\text{mm}$ であり、最大腐食深さ d_{max} は $3.2\sim 3.9\text{mm}$ であった。また、いずれの試験体も所々に局部腐食が生じているが、ほぼ全面腐食が支配的となっている。

3. 有限要素応力解析 解析モデルは鋼床版1パネルとした。鋼床版の緒元には標準的な寸法を用い、Uリブ本数は5本とした。また、 80mm のアスファルト舗装をモデル化し、その物性値については、夏季値（ヤング率： 850N/mm^2 、ポアソン比 0.35 ）を採用した¹⁾。解析モデルの要素分割例を図-2(a)に示す。デッキ厚は、腐食前については 12mm 、腐食後については前述した平均腐食深さ分だけ減肉した。本研究では車両走行時にデッキとUリブの溶接部近傍において発生するデッキの局部曲げによる応力集中について検討することとした。そこで、着目する溶接線のスパン中央部におけるデッキ上面に腐食部材の表面性状を導入した。腐食部の要素分割例を図-2(b)に示す。解析モデルには8節点ソリッド要素を用い、節点数および要素数は、それぞれ99万および86万とした。着目する腐食部分の最小要素寸法は $0.4\times 0.4\times 0.4\text{mm}$ とした。荷重条件は道路橋示方書T荷重におけるダブルタイヤ後輪軸重を参考にして 100kN とし、その載荷面積は既往の研究²⁾ からタイヤの接地面積とした。また、載荷重および載荷面積を $1/2$ としたシングルタイヤ載荷も用いた。載荷位置は着目部に最もデッキに局部曲げが発生する位置とするため、ダブルタイヤ載荷については着目する溶接線を跨ぐ位置とし、シングルタイヤ載荷については、Uリブの両溶接の中央とした。

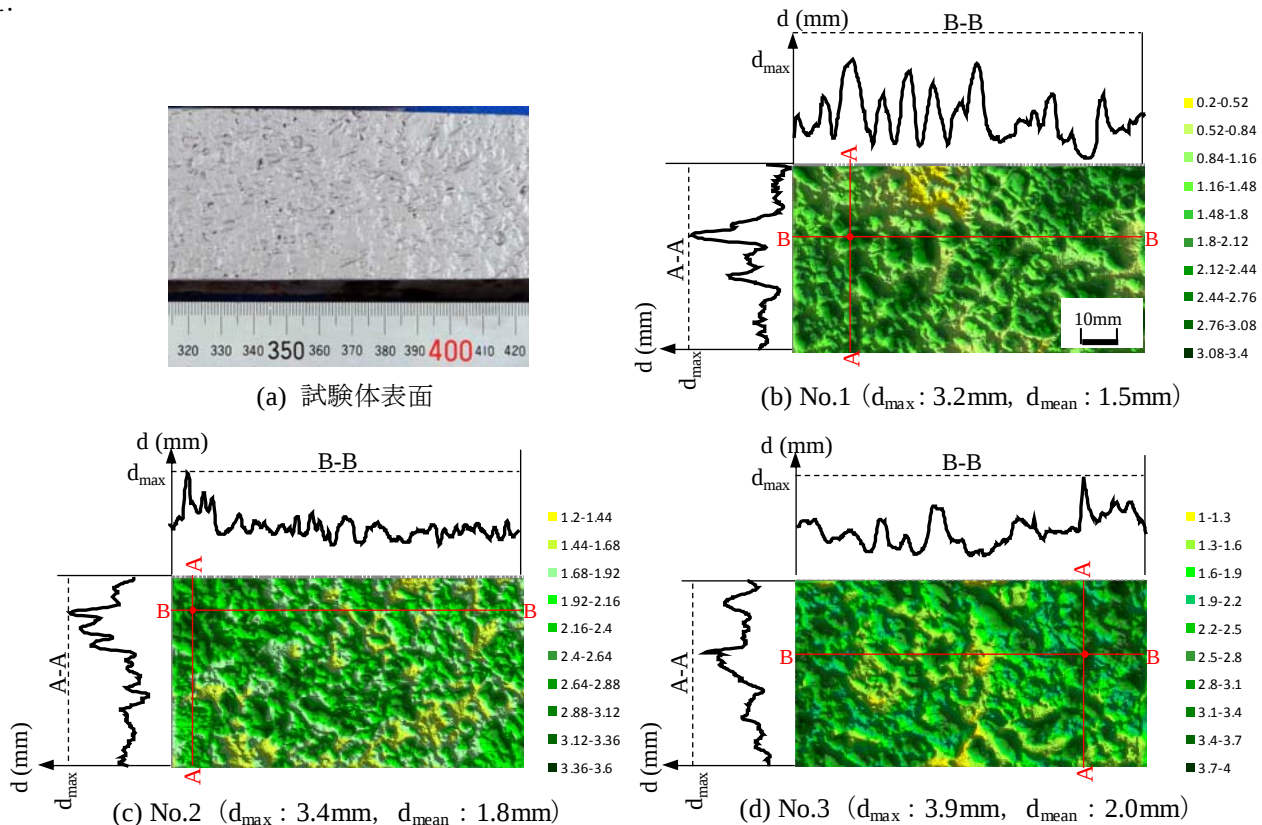


図-1 さび除去後の試験体の表面性状

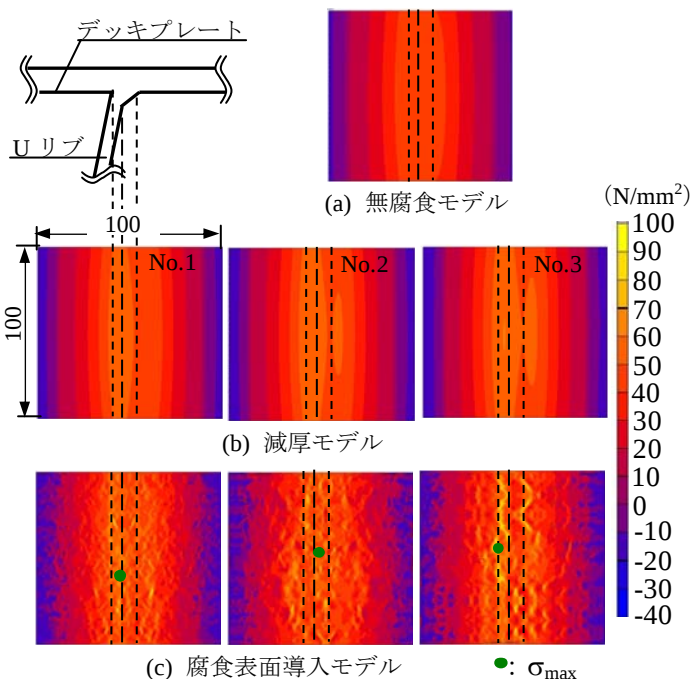
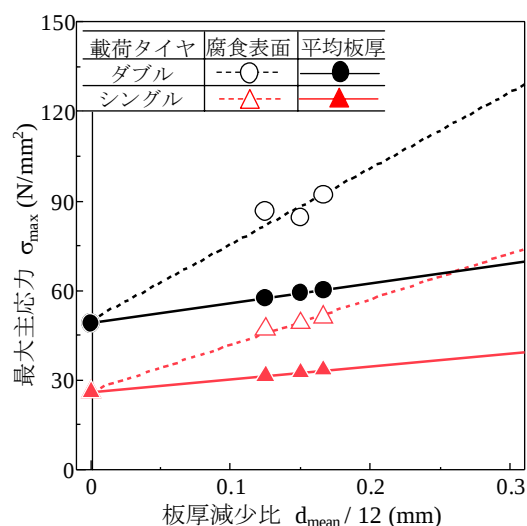
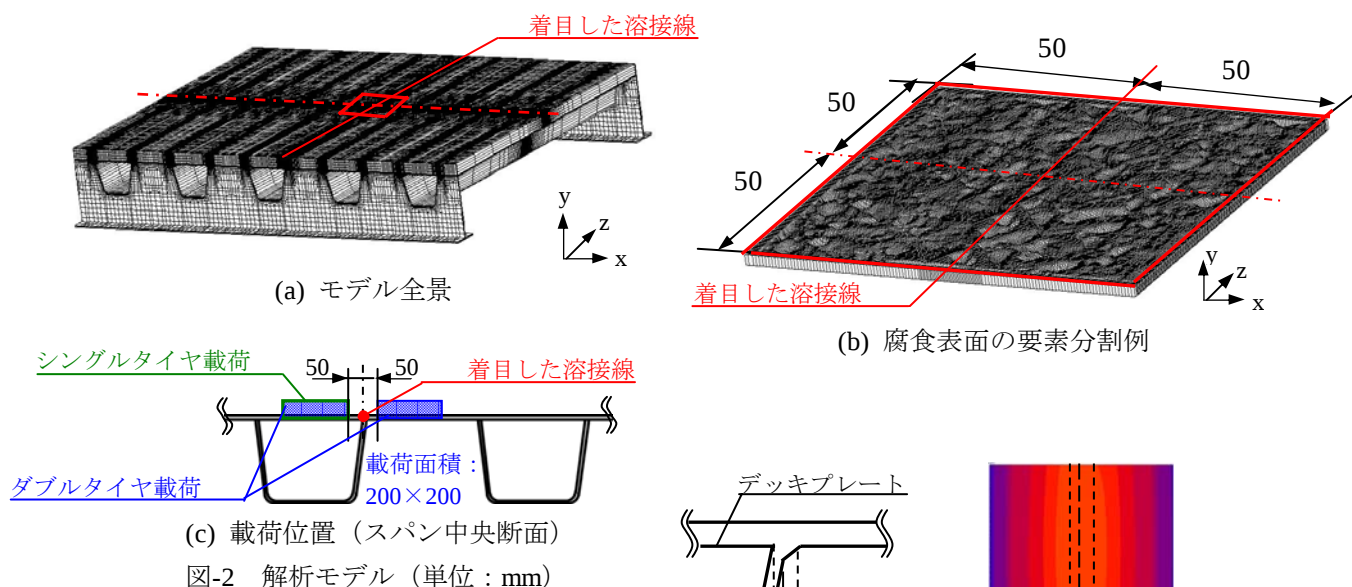


図-3 板厚減少比と最大主応力

図-4 ダブルタイヤ荷重時のデッキ表面の主応力分布

境界条件として、解析モデルの橋直方向端部を完全拘束とし、橋軸方向端部のデッキ、Uリブおよびアスファルトの断面を橋軸方向変位拘束とした。無腐食時のデッキ厚 12mm に対する平均腐食深さ d_{mean} の比と最大主応力 $\sigma_{\max}$ の関係を図-3 に示す。無腐食時のデッキ上面における最大主応力は、ダブルタイヤ荷重時がシングルタイヤ荷重時に対して 1.9 倍となっており、荷重荷重と同程度の倍率となっている。そこで、以下では着目部の発生応力が厳しくなるダブルタイヤ荷重について検討した結果を示す。デッキ上面に導入した腐食表面に発生する主応力分布と最大主応力の発生位置を図-4 に示す。Uリブ、およびデッキ側の溶接止端部に位置するデッキ上面において、高い応力集中が発生している。無腐食のデッキ上面における最大主応力は、デッキ厚を平均腐食深さ 2mm 分だけ減厚することで、1.2 倍に増加する。このデッキ厚の減少の発生応力に対して、腐食表面の凹凸による影響により、最大主応力は 1.5 倍増加する。また、腐食によるデッキの板厚減少および腐食孔による応力集中により、無腐食の場合に比べて、平均板厚減少が約 2mm の場合の最大主応力 $\sigma_{\max}$ は約 2 倍増加する。これは、平均腐食深さが 2mm 程度の腐食損傷が生じた場合、応力集中から推定される疲労寿命が腐食前の約 1/8 になることを意味している。

4. まとめ 腐食深さが 2mm 程度の損傷がデッキプレートに生じた場合、ダブルタイヤ荷重時には腐食後の最大主応力は腐食前の約 2 倍になる。今後は空間統計シミュレートした腐食表面を本研究の鋼床版モデルに導入することで、平均腐食深さや最大腐食深さが応力集中に及ぼす影響を定量的に評価する予定である。

1) 笠原篤, 岡川秀幸, 菅原照雄: アスファルト舗装混合物の動的性状とその舗装構造の力学的解析への利用, 土木学会論文報告集, 第 254 号, 1976. 2) 貝沼重信, 山田健太郎, 上仙靖, 岩崎雅紀, 西山武宏: 縦リブの疲労き裂が鋼床版に及ぼす影響の実測と解析, 構造工学論文集, Vol.42A, pp.927-936, 1996.