

腐食した鋼床版デッキプレートの応力集中に関する解析的検討

九州大学 学生会員 ○指宿幸平
九州大学 正会員 貝沼重信
九州大学 学生会員 鄭 暎樹

1. はじめに 鋼床版のデッキプレート（以下、デッキ）において、舗装路面から雨水が漏水・滞水することで、腐食損傷が生じる場合がある。この損傷を長期間放置した場合、腐食孔に高い応力集中が生じ、疲労き裂が生じることが懸念される。既往の研究¹⁾では、空間統計学的手法で生成した腐食モデルのFE応力解析を実施し、板厚減少量と応力集中の関係を検討した。本研究では腐食損傷を有する実鋼床版デッキを対象としたFE応力解析を行うことで、平均腐食深さと最大腐食深さの関係、および平均腐食深さと最大主応力の関係を定量的に明らかにした。

2. 腐食表面性状 腐食した鋼床版のデッキから切出した6体の試験体の腐食表面性状をレーザーフォーカス深度計（スポット径 30 μm, 分解能 0.05 μm, 測定ピッチ: 0.2mm）で測定した。腐食生成物の除去後における試験体の腐食表面性状の例を図1に示す。また、試験体の平均腐食深さ d_{mean} と最大腐食深さ d_{max} の関係を図2に示す。ここでは、各試験体に対して、 d_{max} の大きい順に5つのデータを抽出した。図中の実線は、 d_{mean} に対する d_{max} の回帰曲線である。この曲線はデータの傾向を良く表しているため、 d_{mean} から d_{max} を精度良く推定できると言える。

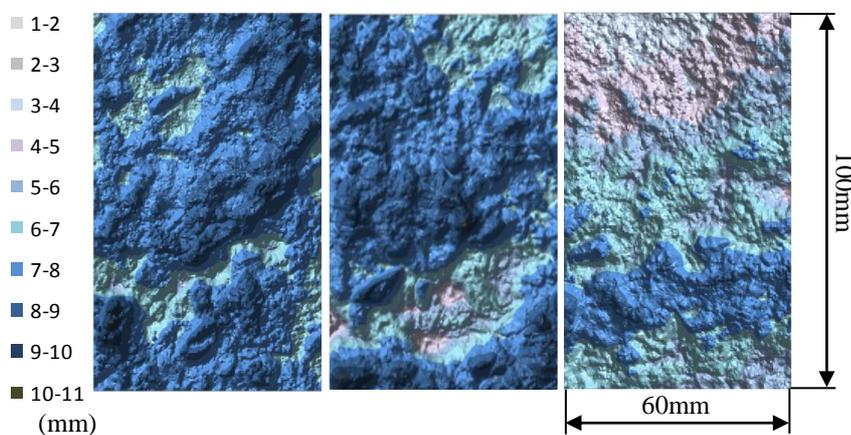


図1 デッキプレートから切り出した試験体の例

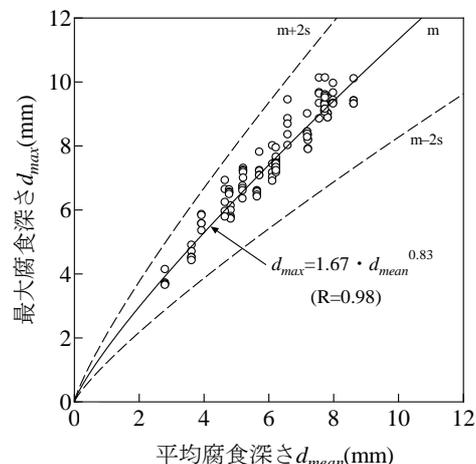


図2 平均腐食深さと最大腐食深さ

3. 有限要素応力解析 解析モデルは鋼床版1パネルを対象とした。鋼床版の緒元には標準寸法（デッキ厚: 12mm, Uリブ厚: 6mm）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、その物性値は、夏季の値²⁾（ヤング率: 500N/mm², ポアソン比 0.35）とした。本解析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走行面側の応力集中について検討することとした。

解析モデルと解析条件を図3に示す。解析モデルには8節点ソリッド要素を用いた。境界条件については、図3(a)に示すように、解析モデルの橋軸直角方向の端部を全自由度拘束した。また、橋軸方向の端部については、デッキ、Uリブおよびアスファルトの断面を橋軸方向に拘束した。解析モデルのデッキは、腐食による減厚のみを導入する場合と腐食表面性状も加えて導入した場合の2種類とした。表面性状を予備解析の結果に基づき、腐食表面は図3(b)に示すように、60mm（橋軸直角方向）×100mm（橋軸方向）の矩形領域とし、着目する溶接線の中央部に導入した。また、最小要素寸法は0.4×0.4mmとした。荷重条件は図3(b)に示すように、道路橋示方書の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³⁾からタイヤの接地面積とした。また、載荷位置は着目部であるUリブ直上のデッキの局部曲げが最大となる位置とするため、Uリブを跨ぐ位置とした。

デッキの走行面側に導入した腐食表面に発生する主応力 σ_1 の分布と最大主応力 $\sigma_{1,max}$ の発生位置を図4に示す。Uリブとデッキ側の溶接止端部に位置するデッキ上面において、Uリブ接合を支点にした板曲げによる高い応力集中が発生している。また、 d_{mean} の増加とともに、 $\sigma_{1,max}$ が増加する傾向にある。

キーワード 鋼床版デッキプレート, 平均腐食深さ, 最大腐食深さ, FE応力解析, 最大主応力

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡744番地 ウエスト2号館1104号室 TEL:092-802-3392

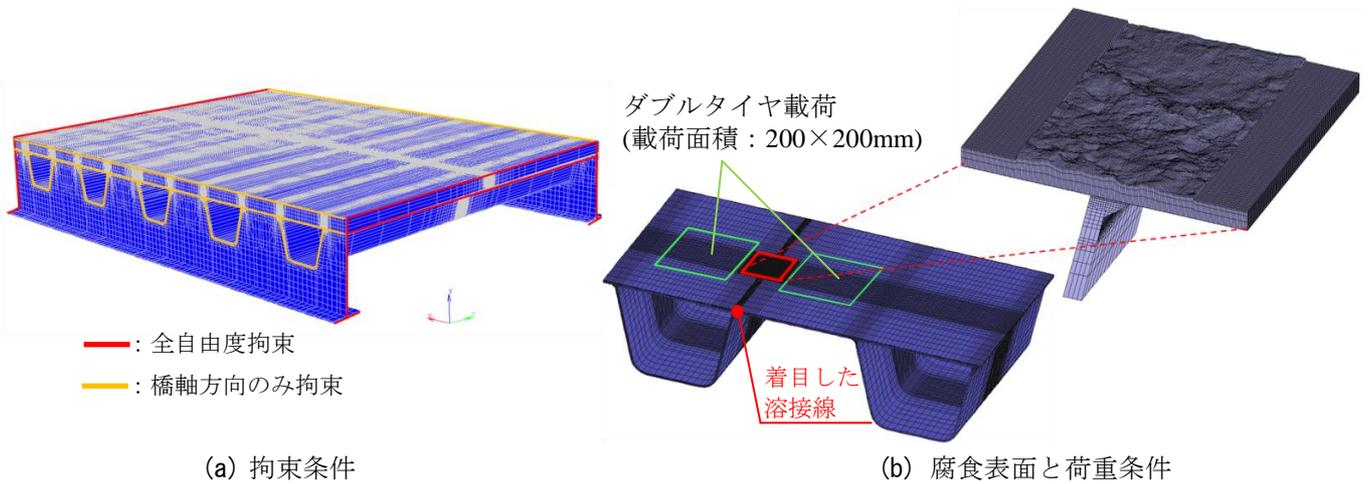


図3 解析モデルと解析条件

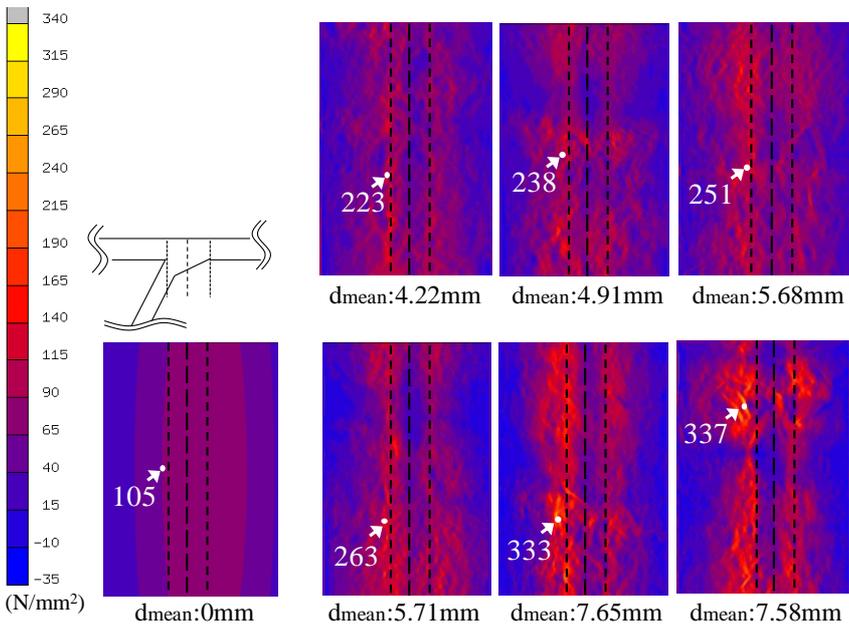


図4 主応力 σ_1 の分布と最大主応力 $\sigma_{1,max}$ の発生位置

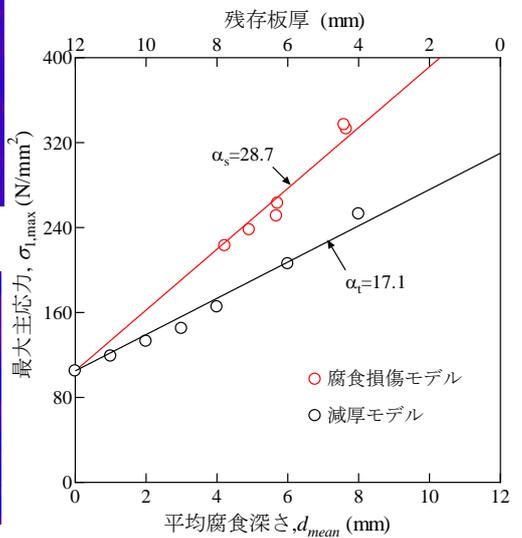


図5 平均腐食深さ d_{mean} と最大主応力 $\sigma_{1,max}$

平均腐食深さ d_{mean} と腐食表面の最大主応力 $\sigma_{1,max}$ の関係を図5に示す。ここでは、腐食によりデッキを減厚させたモデルとこのモデルに腐食表面性状を加えたモデルの2種類について示している。腐食表面性状の導入の有無に関わらず、 d_{mean} と $\sigma_{1,max}$ は線形関係にあり、図中の実線で示す回帰直線で表すことができる。デッキを減厚させたモデル、および腐食表面性状を加えたモデルの回帰直線の傾き α は、それぞれ 17.1 および 28.7 になっており、腐食表面性状を導入することで、 $\sigma_{1,max}$ は約 1.7 倍増加している。図中の回帰直線から、例えば、デッキ 12mm の板厚が腐食により 50% 減少した場合、腐食表面性状を考慮すると、腐食前のデッキプレートの $\sigma_{1,max}$ は約 2.6 倍増加すると考えられ、疲労寿命は約 1/20 に減少すると推定される⁴⁾。

4. まとめ 腐食損傷を有する鋼床版デッキプレートの平均腐食深さと最大腐食深さの関係、および平均腐食深さと最大主応力の関係を定量的に明らかにした。今後は、腐食したデッキプレートの疲労試験を実施し、腐食損傷と疲労挙動の関係を明らかにする予定である。また、車両の走行位置やそのばらつき、および季節変動におけるアスファルトの舗装剛性を考慮した鋼床版のFE応力解析を行い、この解析結果と疲労試験結果に基づきデッキプレートの平均腐食深さから疲労寿命の推定手法を提案する予定である。

参考文献 1) Y. S. Jeong, S. Kainuma, J. H. Ahn : Structural response of orthotropic bridge deck depending on the corroded deck surface, Construction and Building Materials, Vol.43, pp.87-97, 2013. 2) 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. 3) 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. 4) S.Kainuma and N.Hosomi : Fatigue Life Evaluation of Corroded Structural Steel Members in Boundary with Concrete, International Journal of Fracture, Vol.158, No.1, pp.149-158, 2009.