

腐食損傷を有する鋼床版デッキプレートの応力性状と疲労耐久性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 フェロー会員 貝沼重信
九州大学 学生会員 鄭 暎樹 阪神高速技術(株) 正会員 塚本成昭

1. はじめに 鋼床版のデッキプレート上面に路面からの凍結防止剤を含む雨水が漏水・滞水することで、著しい腐食損傷が発生した事例が報告されている。この腐食損傷を長期間放置すると、腐食孔の応力集中部を起点とした疲労き裂が発生することが懸念される。著者らは実橋のデッキプレートの腐食損傷を導入した鋼床版モデルを対象とした FE 応力解析を行い、腐食損傷部の平均腐食深さと最大主応力の相関について検討した¹⁾。本研究では腐食損傷が鋼床版デッキプレートの疲労耐久性に及ぼす影響を定量評価することを目的とし、実橋のデッキプレートの腐食損傷を導入した鋼床版モデルを用いて、アスファルトの舗装剛性、および走行位置のばらつきをパラメータとした FE 応力解析を行った。また、この解析結果に基づき、都市内高速道路橋を対象として、鋼床版のデッキプレートが腐食損傷を有する場合について疲労耐久性を評価した。

2. 解析方法 解析対象は橋軸方向に 3 パネル有する鋼床版モデルとし、鋼床版の緒元には既設橋梁の標準寸法（デッキプレート厚：12mm，U リブ厚：6mm）を用い、U リブ本数は 5 本とした。解析モデルは 8 接点ソリッド要素を用いて構築し、アスファルト舗装（舗装厚：80mm）およびデッキプレートと U リブを接合する溶接ビード（脚長：6mm）をモデル化した。なお、アスファルト舗装とデッキプレートとの境界の節点は共有した。最小要素寸法は導入する腐食損傷部では $0.4 \times 0.4 \times 0.4\text{mm}$ とした。

鋼床版の解析モデルを図-1 に示す。車両走行時にデッキプレートと U リブの溶接近傍において発生するデッキプレートの面外曲げによる応力集中について検討するため、着目する溶接線のスパン中央部におけるデッキプレートに腐食表面（平均腐食深さ d_{mean} ：7.59mm）を導入した。この腐食表面は予備解析の結果に基づき、60mm（橋軸直角方向） $\times$ 100mm（橋軸方向）の矩形領域とした。境界条件については、鋼床版の橋軸直角方向側の両端部を完全拘束し、鋼床版の橋軸方向の連続性を考慮するため、デッキプレート、U リブおよびアスファルトの端部の橋軸方向変位を拘束した。本解析では夏季、春秋期および冬季のアスファルト舗装の剛性をそれぞれ 500，1500，5000 N/mm² とし、ポアソン比は 0.35 とした²⁾。荷重の载荷条件については、図-2 に示すように、阪神高速道路神戸線の実交通車両データ（輪数：16,774 車線/日）³⁾から算出した等価輪重 37.1kN を用いて、ダブルタイヤの後輪 1 輪とした。タイヤの接地面は $200 \times 200\text{mm}$ とした。荷重の载荷位置は、図-3 に示すように、着目した溶接線を基準に走行位置のばらつきを考慮して、橋軸直角方向に $\pm 600\text{mm}$ の範囲内で 9 ヶ所とした。応力解析は Marc2012 を用いて、線形弾性解析として行った。

3. 解析結果 解析モデルによらず、最大主応力が最大となる位置は、腐食損傷部のデッキプレート上面に生じていた。腐食損傷の平均腐食深さ d_{mean} を 7.59mm としたデッキプレート表面の着目部における影響線を図-4 に示す。図の縦軸は、腐食損傷部のデッキプレート上面に生じた最大主応力の最大値、横軸は着目した溶接線から载荷位置中央までの距離を示している。図中には阪神高速道路の実輪数が着目した溶接線から標準偏差 150mm で正規分布したと仮定したヒストグラムを示す。各季節の解析結果と走行輪のヒストグラムを図-4 に示す。

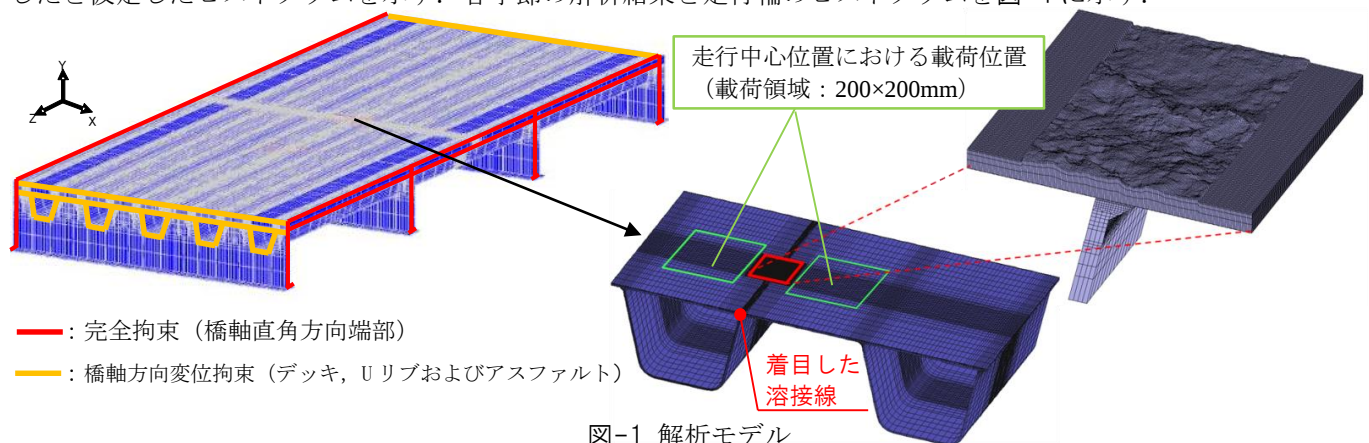


図-1 解析モデル

キーワード：鋼床版デッキプレート、平均腐食深さ、FE 応力解析、最大主応力、疲労寿命

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

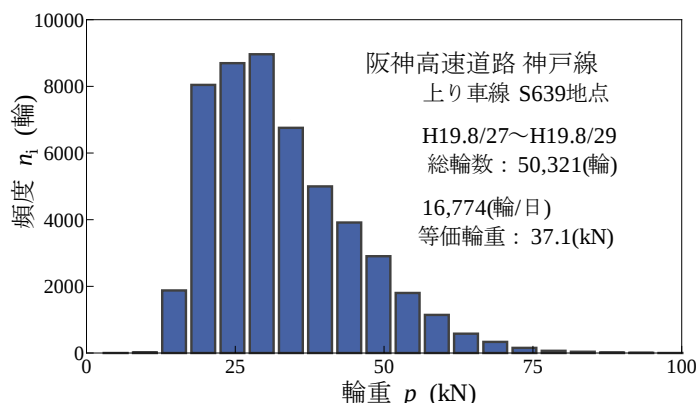


図-2 阪神高速道路の交通車両の軸重測定

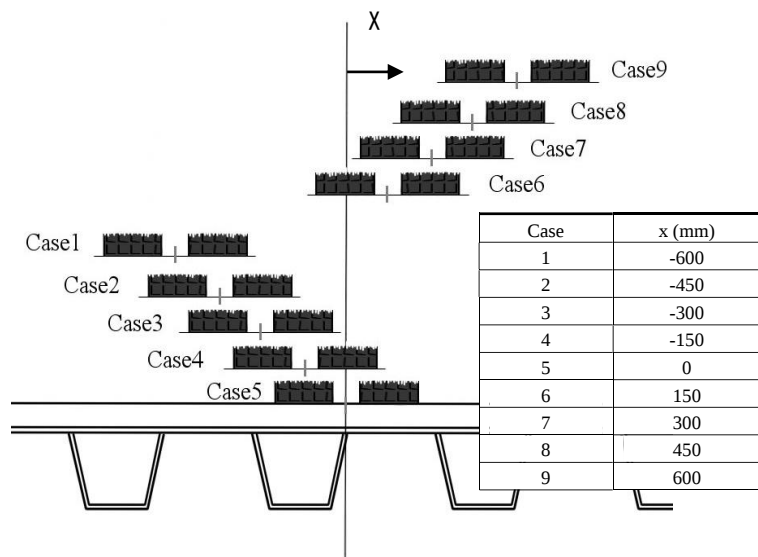
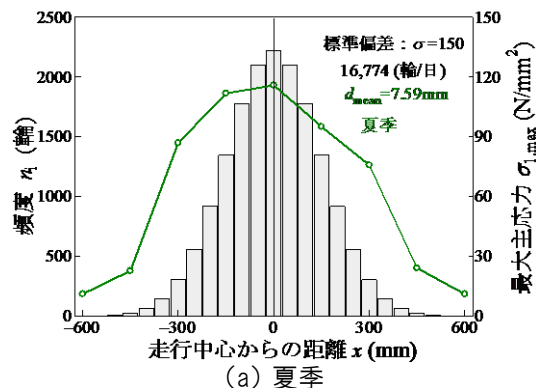


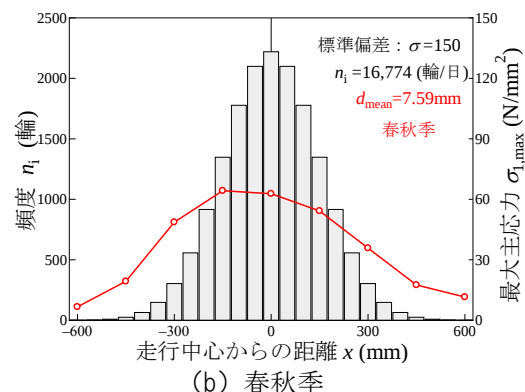
図-3 橋軸直角方向の载荷位置

表-1 疲労寿命算出結果

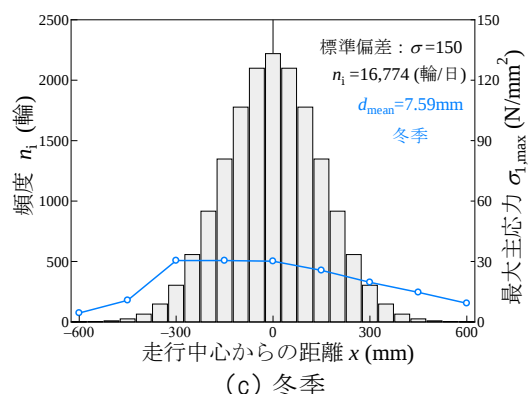
平均腐食深さ d_{mean} (mm)	累積損傷比 D (day)	疲労寿命 N_f (year)
0	1.17×10^{-5}	235
4.22	9.92×10^{-5}	28
7.59	4.89×10^{-4}	6



(a) 夏季



(b) 春秋季



(c) 冬季

図-4 疲労損傷比 D の算出

デッキプレートの疲労寿命は、影響線と考慮した輪数の頻度分布が重なった領域を疲労損傷に寄与する応力頻度分布と仮定して算出した。また、デッキプレートの疲労強度等級には A 等級を用いた。累積損傷比 D は修正マイナー則を適用することで各季節毎に算出した。

腐食損傷の無い無腐食モデルと平均腐食深さ d_{mean} が 4.22mm の腐食損傷を導入したモデルの疲労寿命の算出結果を表-1 に示す。デッキプレートの板厚が 12mm の場合の疲労寿命は、腐食により板厚が 35%減少すると 1/9, 63%減少すると 1/42 に減少すると考えられる。

4. まとめ デッキプレートの平均腐食深さが約 7.5mm となるとデッキプレートの疲労寿命は、無腐食に対して 1/42 となる。本解析ではデッキプレートの疲労強度等級を A 等級として疲労寿命を算出したが、今後、腐食したデッキプレートの面外曲げ疲労試験を行うことで、疲労強度を明らかにして、再度、疲労寿命を算出する予定である。

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) 鋼床版の疲労, (社) 土木学会, 2010
- 3) 高田佳彦, 木代穰, 中島隆, 薄井王 : BWIM を応用した実働荷重と走行位置が鋼床版の疲労損傷に与える影響検討, 土木学会構造工学論文集, Vol. 55A, pp.1456-1467, 2009