

デッキ貫通き裂の疲労寿命に対するデッキプレート増厚の効果

日本橋梁建設協会 正会員 川畑篤敬 井口進 内田大介
平山繁幸 宮下敏 松下裕明

1. はじめに：近年，鋼床版橋梁において，デッキプレート・Uリブ溶接部の溶接ルート部からデッキプレートの板厚方向へ進展するき裂（以下，デッキ貫通き裂）の発生事例が多数報告され，その発生メカニズムや補修・補強方法について様々な機関で検討されている．このような中，昨年末に国土交通省より「大型車の輪荷重が常時載荷される位置直下においては，デッキプレートの板厚は16mm以上とすることを標準とする」という事務連絡が配布された．本稿では，デッキ貫通き裂に対して，デッキプレートの板厚（以下，デッキ厚）を16mmとした場合の疲労寿命向上効果について解析的に検討した結果を報告する．

2. デッキ厚16mmの応力低減効果：実際にデッキ貫通き裂が発生した橋梁を対象としたFEM解析を行い，デッキ厚12mmを16mmとした場合の応力低減効果について検討した．解析対象は，3径間連続鋼床版箱桁橋と単純箱桁橋2連からなる橋長405.8mのI橋である．I橋は，1980年に供用を開始し，2005年（供用開始から25年経過）にUリブ支間部を中心にデッキ貫通き裂が発見され，き裂の発生原因の解明を目的として荷重車による動的載荷試験が実施されている¹⁾．解析モデルを図-1に示す．モデル化の基本的な思想は文献2)と同じである．

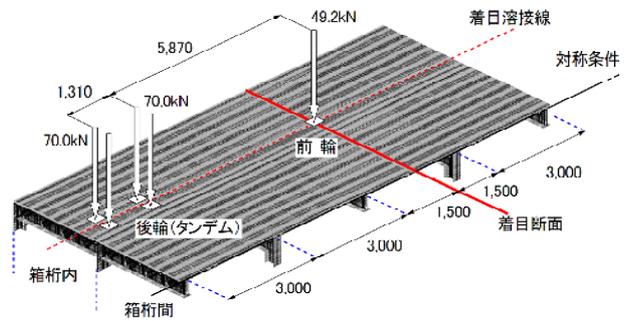


図-1 解析モデル

まず，解析手法の妥当性を確認するために，動的載荷試験で用いた荷重車がUリブ直上を走行した際の解析結果とひずみ測定結果を比較したものを図-2に示す．計測ひずみは，別報³⁾での検討結果で，疲労き裂の発生起点である溶接ルート部の応力を参照できることを確認したデッキプレート側の止端から5mmの位置の橋直方向ひずみである．動的載荷試験は暑中に実施されており，デッキプレート下面の温度が47.5℃と高温であったため，アスファルト舗装のヤング率を100N/mm²としている．参照ひずみ位置での解析値と実測値はよく一致しており，本稿で用いる解析手法は妥当であると言える．

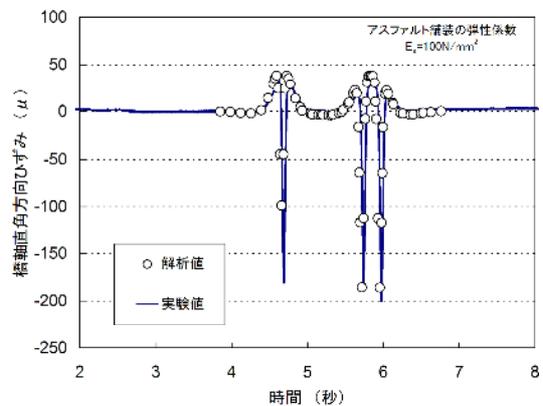


図-2 解析結果と測定結果の比較

次にこの解析モデルを用いて，デッキを増厚した場合の応力低減効果について検討した．アスファルト舗装のヤング率の温度依存性を考慮して，夏季を500N/mm²，春秋を1500N/mm²，冬季を5000N/mm²と想定した．荷重は，鋼道路橋の疲労設計指針に記載されている大型トラック（図-3）の強度を与えた．橋軸方向に125～750mm間隔でシングルタイヤとダブルタイヤを別々に連行載荷し，それらの結果を重ね合わせることで車両通過時における着目部の応力波形と応力範囲を得た．橋軸直角方向は実際の走行位置のばら

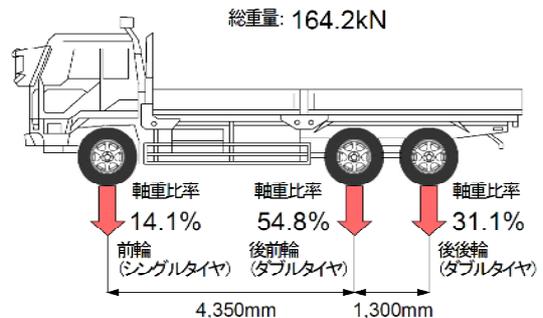


図-3 想定する大型トラックの諸元

つき(標準偏差±150mm)を考慮できるよう9種類の走行位置とした(図-4)。

各季節での解析結果に対し、S-N線の傾きを表す係数を $m=3$ と仮定し、走行位置のばらつきを考慮した等価ひずみ範囲を算出した。デッキ厚を12mmから16mmへ増厚した場合のひずみ低減率(デッキ厚16mmの等価ひずみ範囲/デッキ厚12mmの等価ひずみ範囲)は夏季で0.652、春秋期で0.739、冬季で0.828であった。次に橋梁位置付近での月平均気温より夏季を3ヶ月、春秋期を5ヶ月、冬季を4ヶ月と仮定して計算した通年でひずみ低減率は0.680となった。このことから、デッキ厚を16mmとすれば溶接ルート部の応力範囲は通年で32%低減されると言える。

3. デッキプレート貫通寿命と大型車交通量の関係：
 前述の事務連絡では、参考資料として、平成17年の道路交通センサスの結果を基に、デッキプレート貫通寿命(き裂発見までの供用年数)と大型車交通量の関係を示している。本稿では、参考資料の基となった表-1に示す8橋の供用後の道路交通センサス全データを追加調査して、デッキプレート貫通寿命と大型車交通量の関係を再整理するとともに、前章での解析結果を基にデッキ厚を16mmとした場合の関係も求めた。その結果を図-5に示す。図中のデッキ貫通き裂橋梁とは表-1に示す8橋を示している。D12寿命のうち、下限とはき裂が発見されるまでの車線あたりの累積大型車交通量が最も少なかったS橋のデータを基準としたライン、平均とは8橋の平均値を基準としたラインである。I橋D16予測とはデッキ厚12mmの場合のデッキ貫通寿命に係数(1/0.680³)を乗じて求めた値を表している。D16寿命とはI橋のひずみ低減率が8橋全てに適用できると仮定した場合の関係である。I橋の場合、デッキ厚が12mmではデッキプレート貫通寿命が25年であるのに対し、デッキ厚を16mmとすることにより80年の寿命となるものの、疲労設計指針で設定している設計供用年数100年には届かなかった。下限のラインと比較した場合、寿命が100年となる大型車交通量は、デッキ厚12mmで400台以下、デッキ厚16mmで約1,300台以下となった。また、平均のラインと比較した場合には、デッキ厚12mmで830台以下、デッキ厚16mmで約2,700台以下であった。なお、ここで示したひずみ低減率は、デッキ貫通き裂の発生寿命への影響が大きい。き裂の進展については、デッキ厚を12mmから16mmへ増厚すると遅くなるという研究成果もあり⁴⁾、実際にき裂がデッキを貫通するまでの寿命はここで推測したものよりも長くなると考えられる。

4. まとめ：ひずみ計試験を行ったI橋を対象として、デッキ厚を12mmから16mmへ変更することによるデッキ貫通き裂に対する疲労寿命の向上効果について解析的に検討した。本稿での検討結果は、一橋梁に対して大型トラック1台が通過した際のひずみ低減率をベースとしており、各橋梁の車種、軸重構成により疲労寿命の向上効果も異なる可能性がある。また、き裂の進展寿命の評価や疲労寿命の設定方法については今後の課題である。

参考文献：1)国総研資料 No.471, 2008. 2)井口ら：アスファルト舗装の損傷が鋼床版の局部応力性状に与える影響，鋼構造論文集，Vol.15，No.59, 2008. 3)井口ら：鋼床版のデッキとUリブ溶接部の局部応力の評価位置に関する解析的検討，第65回土木学会年次学術講演会(投稿中)，4)国総研資料：損傷状況を考慮した鋼床版の構造形式見直しに関する研究(発刊予定)。

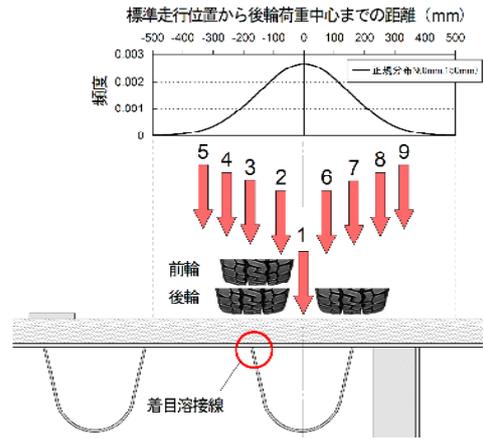


図-4 橋直方向の荷重位置

表-1 デッキ貫通き裂が確認された橋梁の概要

橋梁名	デッキ厚 (mm)	Uリブ厚 (mm)	横リブ間隔 (mm)	片側車線数	完成年	き裂発見までの年数
A橋	12	6	2,000	2	1995	10
H橋	12	6	3,000	2	1993(供用)	12
Y橋	12	6	2,500	3	1989(供用)	16
C橋	12	8	2,500 損傷部1,250(桁端)	3	1978(供用)	24
I橋	12	8	3,000	3	1980	25
K橋	12	8	2,070	2	1986	19
S橋	12	8	2,750	1	1986(供用)	13
T橋	12	8	2,950	3	1979	24

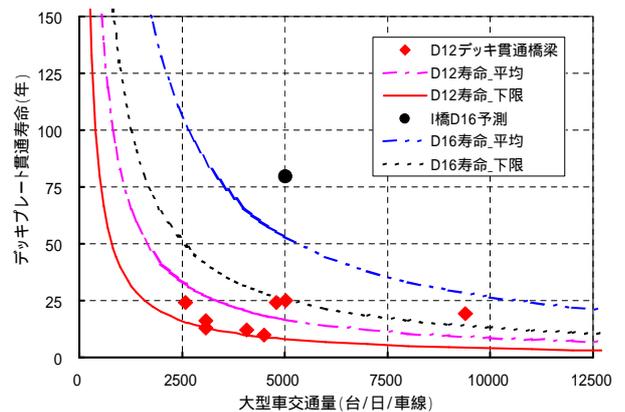


図-5 デッキ貫通寿命と大型車交通量の関係