

走行位置のばらつきを考慮した鋼床版の疲労損傷に対する補強効果の評価

大阪大学大学院 学生員 ○服部雅史
大阪大学大学院 正会員 鎌田敏郎

大阪大学大学院 正会員 大西弘志
大阪工業大学 フェロー 松井繁之

1. はじめに

近年、鋼床版の疲労損傷が多数報告されており、疲労損傷に対する予防的な補強方法が提案されている。その際、一般に補強効果の評価は、表1のように荷重位置をある1つの点もしくはある1つの走行位置に限定した評価が行われている。

ここで、鋼床版の橋軸直角方向の応力の影響線は複雑な形状となり、Uリブ幅半分程度の載荷位置の変化でも応力値は大きく変化する。また、補強前後では荷重伝達経路に変化が生じることにより、橋軸直角方向の応力の影響線形状が変化することも考えられる。そして、実際の交通荷重は橋軸直角方向にばらつきがある。

以上のことより、車両の走行位置のばらつきを考慮した補強効果の評価が必要であると考えた。本研究では、走行位置のばらつきを考慮した鋼床版の疲労に対する補強効果の評価方法の提案と、その有用性の検証を、FEM解析を用いて行った。

2. 走行位置のばらつきを考慮した補強効果の評価方法

車両の走行位置のばらつきは車線幅 B 、道路によって決まる定数 α に依存した正規分布に従うことが知られている。荷重が一定であるとする、車両の走行に起因する着目点の応力範囲は走行位置の違いにより異なる。そこで、任意の位置 x を走行した場合に発生する応力範囲を $\Delta\sigma(x)$ とする。Miner の線形被害則を用いて、正規分布に従い発生する任意の位置での応力範囲 $\Delta\sigma(x)$ から、 $x=0$ の走行位置を1回走行する際と等価な応力範囲を求めると(1)式ようになる。

$$\Delta\sigma_e = \left[\int_{-\infty}^{\infty} \{\Delta\sigma(x)\}^m \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\alpha B} \exp\left(-\frac{x^2}{2(\alpha B)^2}\right) \cdot dx \right]^{\frac{1}{m}} \approx \left\{ \sum_{i=1}^k (\Delta\sigma_i)^m \cdot p_i \right\}^{\frac{1}{m}} \quad (1)$$

ここで、 $\Delta\sigma_e$: 等価応力範囲 m : S-N 曲線の傾きに対応する定数

(1)式の最右辺は簡単のため k 個の代表的な走行位置について、走行位置に対応する応力範囲 $\Delta\sigma_i$ 、走行確率 p_i より求めた近似的な等価応力範囲である。

(1)式を用いて補強前後における等価応力範囲をそれぞれ求め、走行位置のばらつきを考慮した補強効果の指標とする。

$$F_d = \left(\frac{\Delta\sigma_{e,n}}{\Delta\sigma_{e,r}} \right)^m \quad (2)$$

ここで、 F_d : 走行位置のばらつきを考慮した補強効果の指標

添え字 n : 補強前 添え字 r : 補強後

以下の検討では、 $B=3250\text{mm}$ 、 $\alpha=0.096$ 、 $k=7$ 、 $m=3$ とし、走行位置はUリブ幅の半分(160mm)の間隔で設定した。また、補強前の等価応力範囲は着目点の等価応力範囲が最も厳しくなる載荷位置について求め、補強後の等価応力範囲は補強前と同じ載荷位置で求めている。

キーワード 鋼床版、疲労、補強効果の評価、走行位置のばらつき

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 TEL 06-6879-7618

表1 既往の補強効果の評価方法

	荷重(走行)位置		評価指標
	補強前	補強後	
評価方法①	着目点応力が最大となる載荷位置	補強前と同じ位置	応力
評価方法②	着目点応力が最大となる載荷位置	着目点応力が最大となる載荷位置	応力
評価方法③	着目点応力範囲が最大となる走行位置	補強前と同じ位置	応力範囲
評価方法④	着目点応力範囲が最大となる走行位置	着目点応力範囲が最大となる走行位置	応力範囲

3. 解析モデル

解析モデルを図1に示す。Uリブ4本，横リブ1本，端横リブ2本を有する鋼床版の部分モデルとした。全体をシェル要素で，着目点付近を部分的にソリッド要素でモデル化している。デッキ厚12mm，Uリブ寸法320×6×240mm，Uリブ中心間隔640mm，横リブ間隔2400mm，溶接溶け込み量はUリブ板厚25%である。

応力の着目点は，実橋で確認されているデッキ貫通型およびビード貫通型き裂の発生起点近傍であり（図中の σ_{dr} ， σ_{br} ），仮想き裂に対して（図中の点線）直角方向成分により評価した。

4. 評価の対象とした補強方法

本研究では，Uリブとデッキの溶接部の補強方法として提案されている，デッキ上面にゴムラテックスモルタルを打設し合成版とする補強¹⁾（以下，上面補強）と，Uリブ内にモルタルを充填し，Uリブ間に逆U字型の鋼板を接着する補強²⁾（以下，下面補強）の2つについて補強効果を評価した。上面補強に対する解析モデルは，文献1)と同様の寸法および材料定数となるようにソリッド要素でゴムラテックスモルタルをモデル化し，デッキと節点を共有することで剛結とした。下面補強に対する解析モデルは，文献2)と同様の寸法および材料定数となるようにモルタルおよび逆U字型の鋼板をそれぞれソリッド要素およびシェル要素でモデル化し，デッキおよびUリブと節点を共有することで剛結とした。

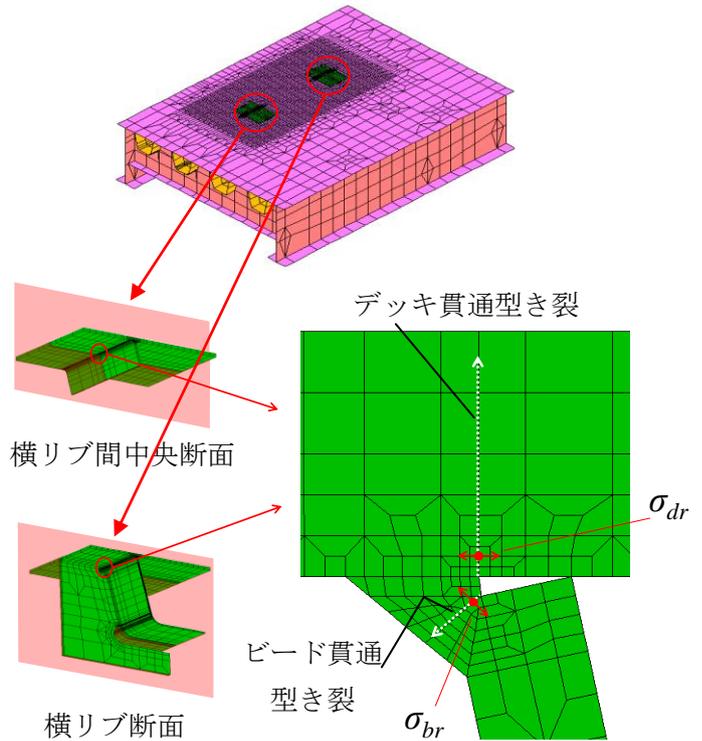


図1 解析モデル

5. 本評価方法の有用性

表1に示した既往の補強方法の評価方法および本研究で提案した評価方法を用いて，上面補強および下面補強のそれぞれに対して(2)式により補強効果の指標を求めた。その結果を表2に示す。

本評価方法は他の評価方法と比べると，表中の緑色以外のケースにおいて補強効果を最も小さく評価している。ここで，本評価方法は既往の評価方法①～④に比

べ，走行位置のばらつきを考慮している点で実橋での荷重状態に最も近く，より厳密に補強効果を評価するものである。最も実橋の荷重状態に近い本評価方法が他の評価方法に比べて補強効果を小さく評価しているということは，他の評価方法では危険側の評価を行っていることになる。

6. まとめ

- ・ 走行位置のばらつきを考慮した鋼床版の疲労に対する補強効果の評価方法を提案した。
- ・ 既往の評価方法では場合によっては危険側の評価になることを示し，本評価方法の有用性を示した。

参考文献

1) 青木ら：ゴムラテックスモルタルを用いた合成鋼床版の疲労耐久性の検討，土木学会第62回年次学術講演概要集，2007。
 2) 青木ら：Uリブ内面モルタル充填による既設鋼床版の疲労耐久性向上検討，土木学会第63回年次学術講演概要集，2008。（投稿中）

表2 補強効果の評価結果

補強方法	検討断面	評価 応力	評価方法	評価方法	評価方法	評価方法	本評価方法
			①	②	③	④	
上面補強	横リブ 間中央	σ_{dr}	623.3	623.3	175.6	175.6	142.2
		σ_{br}	8.3	5.2	8.3	5.2	4.0
	横リブ	σ_{dr}	46.8	46.8	46.8	46.8	40.4
		σ_{br}	12.9	10.8	12.9	10.8	9.9
下面補強	横リブ 間中央	σ_{dr}	311.8	135.8	235.5	187.7	137.6
		σ_{br}	1616341.6	106.3	979781.4	106.3	136.7
	横リブ	σ_{dr}	7697.1	4897.7	7697.1	4897.7	3520.0
		σ_{br}	905871.1	1038.5	160395.5	593.1	845.3