

車両走行位置分布を考慮した鋼床版縦横リブ交差部の疲労寿命検討

新日鐵住金(株) 正会員 ○横関 耕一, 富永 知徳
東京都市大学 フェロー 三木 千壽, 正会員 白旗 弘実

1. はじめに

鋼床版構造は直接輪荷重を受け、その縦横のリブが、曲げ、ねじり、断面変形等を伴って複雑に変形し、縦横リブ交差部ではリブ同士がお互いの変形を拘束して大きな応力が発生している。このため、縦横リブ交差部での発生応力は荷重の位置によって変化する。ここで、交通荷重の走行位置はある範囲内で移動することが知られている。そこで本報の目的は実測の走行位置を考慮し、鋼床版縦横リブ交差部の疲労寿命を検討することとした。さらに本報では、着目部で膜、曲げ応力の両者が発生すること、鋼床版が最低6mm程度の比較的薄い鋼板から成ることに鑑み、曲げと板厚が疲労に与える影響を考慮した。

2. モンテカルロシミュレーション手法

車両形式、車両荷重、走行位置をランダムパラメータとしたモンテカルロシミュレーションを実施し(図1, 2, 表1), 各車両によって発生する応力変動をホットスポット応力の影響面(図3)から求め、そ

れによる累積疲労損傷をレインフロー法によって計算することで縦横リブ交差部の疲労寿命を検討した。

対象構造は、既報^{2), 3)}に記したUリブとスリット有横リブとの交差部(US), 平リブとスリット有・無横リブとの交差部(PS, PN)の3種とした。それぞれの着目部とホットスポット応力の影響面を図3に示した。既報中では、曲げ応力および板厚の影響を考慮するため、 $\sigma'_h = (t/25)^{0.25}(\sigma_{h,m} + 0.8\sigma_{h,b})$ を用いて応力を補正した。ここで t , $\sigma_{h,m}$, $\sigma_{h,b}$ は鋼板の板厚, ホットスポット応力に占める膜, 曲げ成分である。疲労設計曲線は変動振幅のE等級, 及び実験結果^{2), 3)}を通る様にE等級をSN図のN方向に移動させたものとした。

車両はT荷重, および三木ら⁴⁾や国道357号線曙橋のデータ⁵⁾を参考に設定した図1, 表1のモデルとした。車重は対数正規分布に従うとした。走行位置は高田ら⁶⁾を参考に、標準偏差165mmの正規分布に従って分布するとした(図2)。ただし、T荷重の走行位置標準偏差は0, 165, 330mmと変化させた。全ケースで走

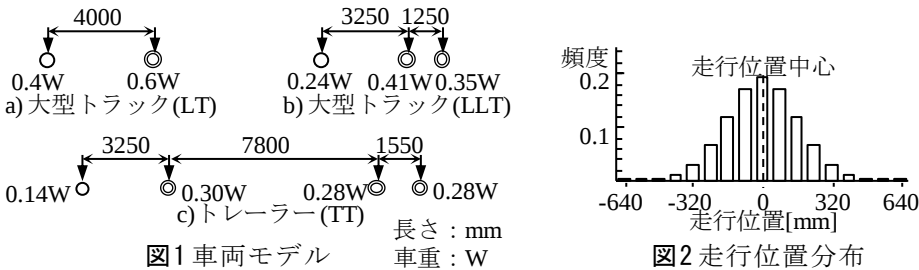


表1 車両特性

	P	W_{min}	μ	σ
LT	0.55	16	1.75	0.17
LLT	0.29	37	2.19	0.16
TT	0.16	50	2.33	0.21

P: 車両走行頻度, W_{min} : 最低車重[kN]
 μ , σ : 対数正規分布の平均値, 標準偏差

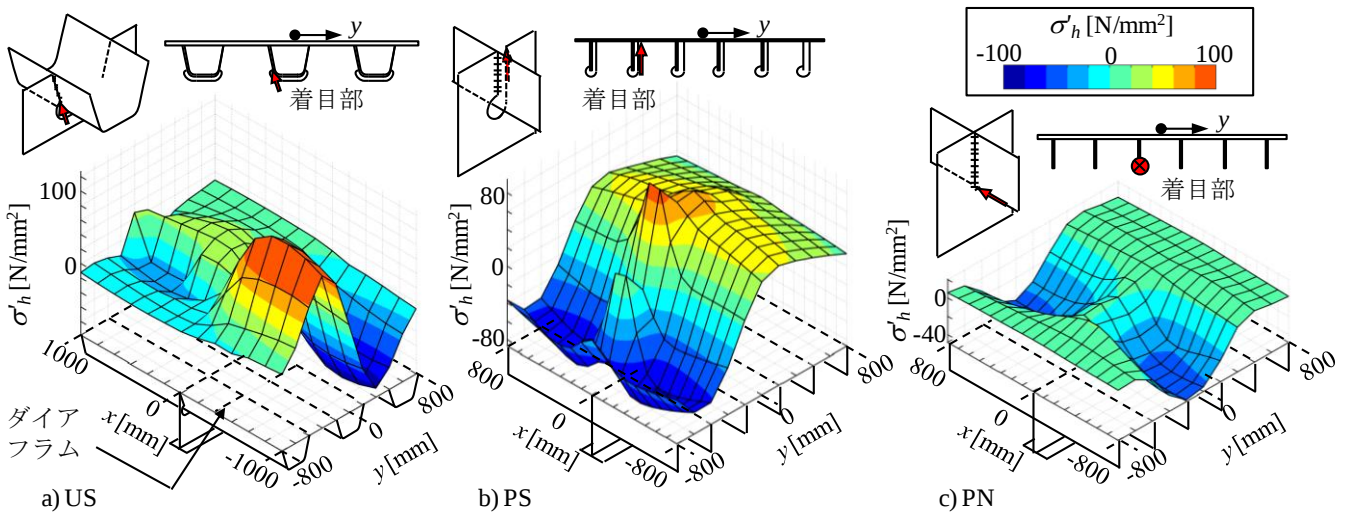


図3 対象構造の着目部と影響面

キーワード 鋼床版, 疲労, 縦横リブ交差部, 交通荷重, モンテカルロシミュレーション
連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富20-1, Tell:0439-80-3088

行位置中心を160mmピッチで動かし、疲労寿命が最短となるケースを探索した。また、板厚変更等により発生応力が変化した場合を想定し、応力影響面を、応力軸方向に0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2倍と変化させた場合について、シミュレーションを実施した。

3. シミュレーション結果

図4-a)にはT荷重の走行位置標準偏差とシミュレーション結果による疲労寿命の関係を示した。全構造で、走行位置標準偏差が大きいほど疲労寿命が向上した。図4-b)には対象構造をUS, 走行位置標準偏差を165, 330mmとした場合の、最短疲労寿命を得る走行位置分布を示した。また図4-c)にはUSの影響面に基づいて、各走行位置での最大、最小発生応力を示した。走行位置標準偏差が165mmの場合には、応力範囲が最大となる走行位置(-320mm), 走行位置標準偏差が330mmの場合には0mmを走行位置中心とする時に疲労寿命が最短となった。走行位置標準偏差が大きい場合には、正負のピーク応力が発生する位置の中間を走行位置中心とすることで、最大応力振幅が発生しやすくなると考えられる。以上から、走行位置標準偏差が大きくなるに従って、最大応力範囲の頻度は増加するが、疲労寿命は向上すると考えられる。本報の走行位置標準偏差は一般的な値以下と考えられるが、上記から、安全側の設定と言える。

図4に実交通荷重モデルを用い、影響面を応力軸方向に変化させた場合の、最大応力範囲($\Delta\sigma'_h$)と、シミュレーション結果から計算した、疲労寿命100年を達成するための許容ADTTとの関係を示した。ここでADTTはレーンあたり1日大型車交通量を示す。設計曲線をE等級とした場合、PNにおいて、 $\Delta\sigma'_h=61\text{N/mm}^2$ で、許容ADTT=4350台となった。部材寸法によっては、さらに長寿化可能と考えられる。一方でUS, PSでは、今回の検討範囲での最大許容ADTTは、332, 579台であった。設計曲線をE等級から試験結果ベースに変更すると、PS, PNでの許容ADTTは30, 7倍となった。

4. まとめ

モンテカルロシミュレーションによって実交通荷重下での縦横リブ交差部の疲労寿命を検討した。その結果、走行位置の分布幅が狭いほど、疲労寿命が短くなる結果を得た。また交差部をPNとし、最大応力範囲を 61N/mm^2 とした場合、疲労寿命100年を得るための許容ADTTは4350台であった。

参考文献

- 1) 横関ら; 土木学会年次学術講演会講演概要集, v70, I-530
- 2) Yokozeki et al.; Welding in the World, v60, i1, pp83-92
- 3) 石井ら; 土木学会年次学術講演会講演概要集, v70, I-527
- 4) 三木ら; 構造工学論文集, v32A, pp597-608
- 5) 玉越ら; 国土技術政策総合研究資料, n295
- 6) 高田ら; 構造工学論文集, v55A, pp1456-1467

謝辞

本報は「取替用高性能鋼床版パネル開発研究会(参加者下記)」による検討結果である。ここに謝意を表する。東京都市大学, 東京工業大学, 九州工業大学, 横河ブリッジ, IHIインフラシステム, エム・エムブリッジ, JFEエンジニアリング, 宮地エンジニアリング, 川田工業, 駒井ハルテック, 三井造船鉄構エンジニアリング, JFEスチール, 神戸製鋼, 新日鐵住金

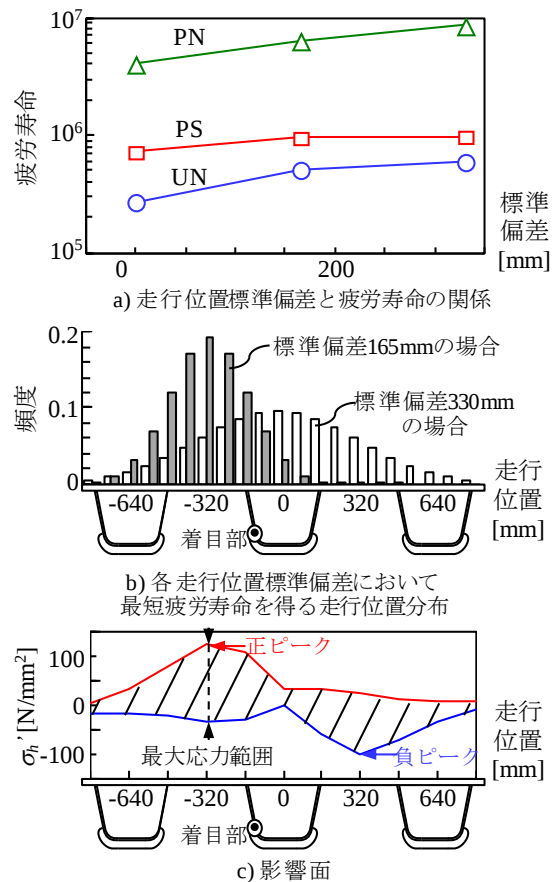


図4 T荷重によるシミュレーション結果

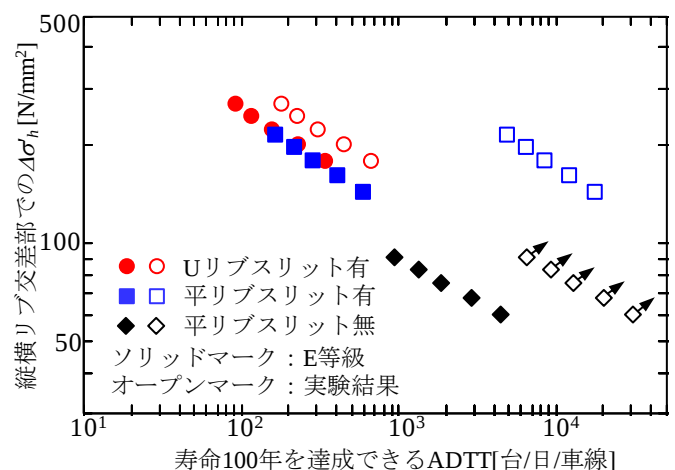


図5 実交通荷重モデルによるシミュレーション結果