

取替用高性能鋼床版パネルの疲労強度

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

鋼床版構造は他の床版に比して軽量であり、多くの利点を有する。劣化した床版の更新に着目すれば、取替鋼床版の適用によって、急速施工、路幅拡張、耐震性向上など、様々な利点を享受できる。しかし、鋼床版は疲労き裂対策が必要とされており、特に縦横リブ交差部は疲労き裂数が多い。これに対して筆者らは、疲労寿命100年を達成する取替用高性能鋼床版パネルとして、平リブ（縦リブ）と横リブとの交差部を全周溶接とした構造を提案した。構造決定はホットスポット応力評価による断面形状選定¹⁾、疲労試験による性能確認²⁾に基づいている。しかし既報では、提案構造の疲労き裂発生に至っていない。そこで本報は、提案構造をホットスポット応力で評価した際の疲労強度を明確化することを目的とした。

2. 実大鋼床版パネルによる疲労試験の方法

図1に試験体を示す。縦横リブ交差部の組立を可能にするため、設計溶接ルートギャップを2mmとし、溶接脚長を6から8mmに増やして溶接のど厚を確保した(図2)。ギャップの実計測値が2mmを超える箇所では、超過分だけ溶接脚長を増加させた。

図1に荷重位置を示す。まず、着目部をリブ2とし、輪荷重走行疲労試験を行った。輪荷重は設計荷重の約2倍の196kNとした。次に着目部をリブ3に移し、ダブルタイヤ2組のタンデム配置を模擬した定点荷重疲労試験を行った(図3)。荷重範囲は846kN、応力比は0に近い条件とし、デッキプレート上に敷いたゴム板の上面に荷重した。続いて着目部をリブ4、荷重範囲を623kNとして同様に疲労試験を行った。

各疲労試験開始時には静的荷重を行い、着目部近傍のひずみを計測した。

3. 静的挙動の確認(有限要素解析による再現性)

図4にホットスポット応力の影響線を示す。ホットスポット応力は溶接部近傍の応力を外挿した値であり、計測ひずみ、および有限要素解析結果から求めた(図5)。実験、解析値の影響線は同様の傾向を示した。このことから有限要素解析による静的挙動の再現性が確認できた。ただし実験値による最大圧縮ホットスポット応力は解析値のそれに比して-19%であった。解析で用いたシェル要素モデルが溶接部形状を再現できないことが、要因の一つと考えられる。

4. 疲労試験の結果

表1に疲労試験結果、図6に発生したき裂の写真を示す。リブ3、4の何れに着目した場合も、横リブ側

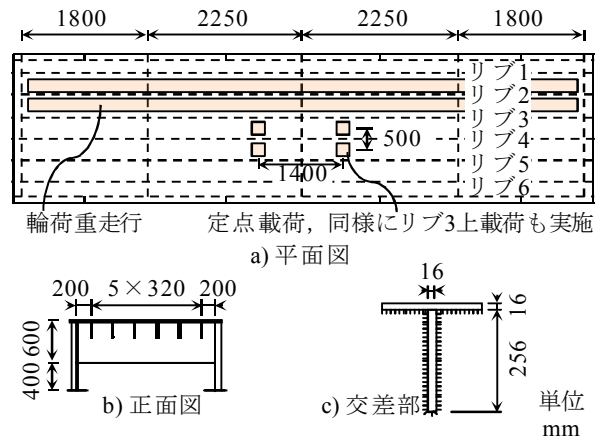


図1 試験体および荷重位置



図2 試験体の溶接部の様子



図3 定点荷重疲労試験の様子

キーワード 鋼床版, 床版取替, 疲労試験, 溶接継手, ホットスポット応力, 縦横リブ交差部
連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富20-1, Tell:080-4602-1353

溶接止端から疲労き裂が発生した。疲労寿命は、き裂が溶接止端から母材に進展を開始した時点とした。

5. 有限要素解析による疲労強度評価の妥当性

図7に今回の疲労試験、および既往の様々な疲労試験の結果³⁾を、補正ホットスポット応力範囲($\Delta\sigma_h$)で整理して示す。 σ_h は、薄板を用いた場合、および曲げ応力が作用する場合の疲労強度上昇を考慮するため、次式で補正したホットスポット応力である。

$$\sigma_h = (t/25)^{0.25} (\sigma_{h,m} + 0.8\sigma_{h,b})$$

ここで t は鋼板厚、 $\sigma_{h,m}$ 、 $\sigma_{h,b}$ はそれぞれホットスポット応力の面内(膜)、面外曲げ成分を示す。

今回の結果は何れもE等級を満たした。このことから補正ホットスポット応力とE等級によって、提案構造を安全側に評価することができると考えられる。

図7のプロットは溶接止端形状ごとに色分けしている。Type-A, Cに着目すると、本報による提案構造の試験結果はD等級、既往の試験結果はC~E等級に分布していた。また、一連の鋼床版の試験結果³⁾はC~D等級に分布し、既往の結果分布の95%区間にあった。以上から、Type-A, Cの疲労強度は、補正ホットスポット応力で精度良く評価できると考えられる。

一方で、提案構造の縦リブ側溶接止端を含む、Type-Bの結果は、A等級を超えて分布していた。これらの結果を理解するためにはさらなる検討が必要と考えられる。

6. まとめ

耐疲労構造として提案された、平リブ・全周溶接交差部構造の定点荷重疲労試験を実施した。その結果、ホットスポット応力とE等級を用いて提案構造の疲労強度を精度よく評価できることがわかった。ただし、鋼板コバ面の溶接止端(Type-B)の疲労強度は極端に安全側に評価される場合があることが分かった。

謝辞

本報告は東京都市大学総合研究所「都市基盤施設の再生工学センター」に設置された「取替用高性能鋼床版パネル開発研究会」による検討結果である。会員会社は下記の通りである。ここに謝意を表す。会員会社: IHIインフラシステム, エム・エムブリッジ, 川田工業, 神戸製鋼, 駒井ハルテック, JFEエンジニアリング, JFEスチール, 三井造船鉄構エンジニアリング, 宮地エンジニアリング, 横河ブリッジ, 新日鐵住金。

参考文献

- 1) 横関ら: 土木学会論文集 73(1), 206-217, 2017
- 2) 渡邊ら: 第71回土木学会年次学術講演会講演, I-384, 2016
- 3) Yokozeki and Miki: Welding in the World 61(3), 539-550, 2017

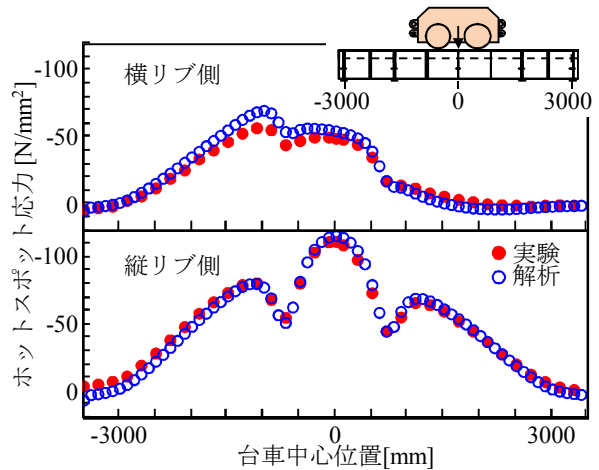


図4 リブ2交差部のホットスポット応力の影響線

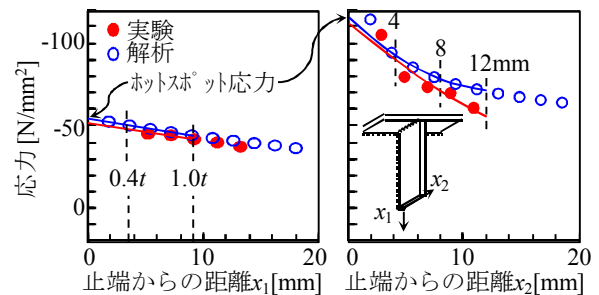


図5 リブ2交差部のホットスポット応力算出

表1 疲労試験結果

| 着目リブ | 荷重範囲 [kN] | 载荷回数 [$\times 10^6$ 回] | 試験結果 |
|------|-----------|-------------------------|----------------|
| 2 | 196 (輪荷重) | 2.00 | き裂無し, 試験終了 |
| 3 | 846 (定点) | 0.41 | リブ3き裂発見, N_f |
| 3 | 846 (定点) | 0.49 | 試験終了 |
| 4 | 623 (定点) | 0.37 | リブ3き裂ストップ・ホール |
| 4 | 623 (定点) | 0.67 | リブ4き裂発見 |
| 4 | 623 (定点) | 0.86 | N_f , 試験終了 |

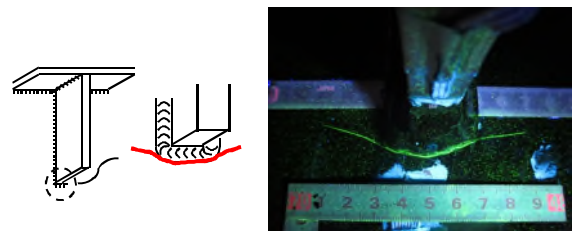


図6 発生した疲労き裂 (横リブ側溶接止端)

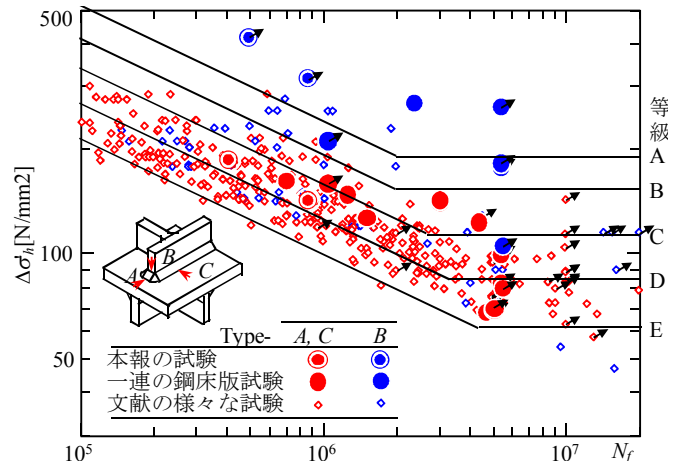


図7 疲労試験結果のホットスポット応力による整理