

板曲げ疲労試験による鋼床版の U リブ溶接部周辺の応力範囲に関する検討

岩手大学 学生会員 ○柿崎 捷吾 岩手大学 正会員 大西 弘志
 株式会社 中央コーポレーション 正会員 堀合聡 株式会社 中央コーポレーション 千葉 慎二
 岩手大学大学院 学生会員 姥神 翔 岩手大学大学院 学生会員 星川 翔

1. はじめに

鋼床版はコンクリートを用いた構造に比べ、重量が小さく急速施工が可能なため、地盤が強固でない都市内などで多く採用されている。鋼床版では繰り返し荷重による疲労亀裂の発生が、維持管理上の重大な問題となっている。疲労亀裂はその多くが溶接部付近から発生し、進展する。疲労亀裂の発生・進展様式にいくつかの形式があるが、その中でも鋼床版のデッキプレートに貫通する疲労亀裂は、亀裂がデッキプレートを貫通すると路面を陥没させる恐れがあり、利用者に大きな影響を及ぼす可能性があるため、早期に対処する必要がある。従来、疲労亀裂の検査は目視により行われており、必要に応じて浸透探傷試験や磁粉探傷試験などを組み合わせた点検が行われる。しかし、目視検査は点検者の経験や技量に左右されるほか、浸透探傷試験や磁粉探傷試験においても、鋼板内部の疲労亀裂には十分な対応ができない。これらの問題に対処するために、本研究では目視点検や非破壊検査の補助的手段として、経験の少ない点検者でもより簡易に亀裂を発見できる方法を検討してきた。

先行研究として堀合ら¹⁾の研究では、面外ガセット溶接継手を用いた振動疲労試験及びFEM解析により試験体長手方向(X軸)、長手直角方向(Y軸)の応力比(Y値/X値)を確認することで亀裂の有無を判定できることを示した。本検討ではこの手法を用い、鋼床版の U リブ溶接部を模した試験体で振動疲労試験を行い、疲労亀裂付近の 2 方向の応力範囲の軸方向応力比を比較することで、亀裂を定量的に発見できるかどうかを検討した。

2. 振動疲労試験

本研究で使用した試験体の寸法を図 1 に、ひずみゲージの貼り付け位置を図 2 に示す。材質は SM400A とし、鋼床版のデッキプレートを模した板厚 12mm、幅 300mm、長さ 700mm の母材に、U リブの板厚 6mm に相当するリブをデッキプレートに対して 78°の角度で溶接したものである。

振動疲労試験は図 3 に示す疲労試験機を使用した。本研究では山田ら²⁾が行った U リブの板曲げ疲労試験を参考にし、リブが上向きになるように試験体を設置した。疲労試験に際しては試運転を行って得られたひ

疲労 U リブ 応力範囲

連絡先 s0816009@iitate-u.ac.jp

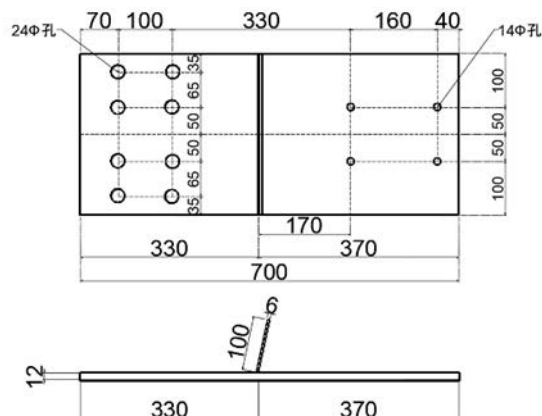


図 1 U リブ試験体概要

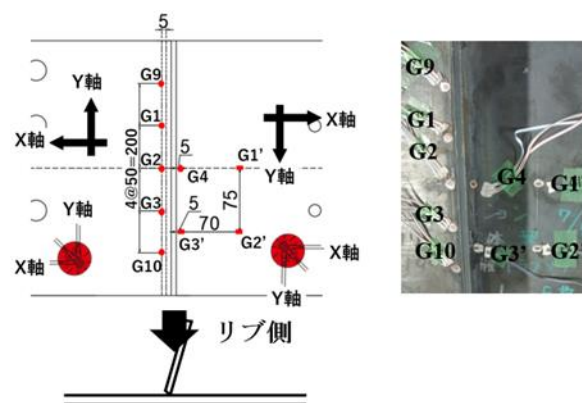


図 2 ひずみゲージ貼り付け位置

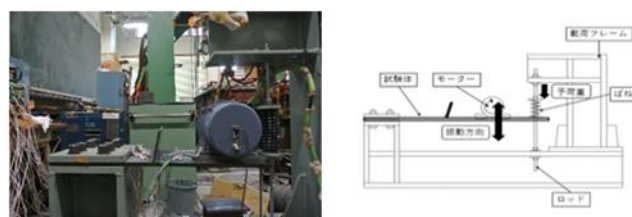


図 3 振動試験機概要

表 1 試験条件

試験体番号	公称応力(MPa)	繰り返し回数(回)
No.1	99.7	1,941,900
No.2	122.9	1,549,400
No.3	99.8	2,001,900

ずみから求めた応力が目標公称応力となるように振動数や試験体先端のばねによる荷重を調整することで、応力振幅を調整した。本研究では試験体先端に設置したばねで試験体を押し下げた状態で疲労試験を行うことにより、部分片振り($R>0$)の疲労試験としている。各試験体の試験開始時の公称応力と試験終了時の繰り返し回数を表 1 に示す。試験終了条件は、堀合ら¹⁾が行った実験を参考にし、長手直角方向(Y 軸)の最大応力値が長手方向(X 軸)の最大応力値よりも大きくなった場合、またはリブのない平面側に亀裂検出用のエナメル銅線(0.04mmφ)を貼り付け、溶接部付近から発生した亀裂が板厚方向に進展し、貫通するまでとした。

3. 試験結果

振動疲労試験における、各試験体のリブ外側の溶接部中央に位置する G2 ゲージでの長手方向(X 軸)と長手直角方向(Y 軸)の応力範囲及びその比を図 4 に示す。

測定結果よりいずれの試験体においても、亀裂の発生、進展に伴い、X 軸の応力範囲は大きく減少し、Y 軸の応力範囲はやや増加した。そして、それに伴い軸応力比は増加する傾向がみられた。

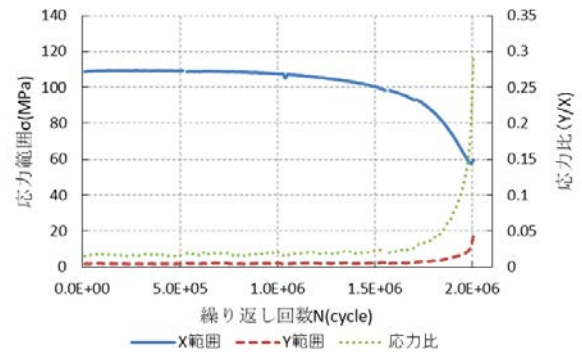
また、亀裂の発生、進展が確認できた試験体のうち No.1 に関して、亀裂の起点であると考えられるリブの中央部付近のゲージ位置における軸応力比を図 5 に示す。図 5 については軸応力比が大きく増加した繰り返し回数 150 万回以降の範囲を示している。図 5 より G1 ~G4 ゲージのいずれにおいても、軸応力比の増加がみられた。また、軸応力比の挙動から初めに亀裂は G4 ゲージ位置と G1 ゲージ位置の間の G4 ゲージ寄りに発生し、これが長手直角方向に進展したことで、まず G1 ゲージ、G2 ゲージに影響を及ぼし、その後 G3 ゲージに広がるように進展し続けたと考えられる。

実橋での U リブは閉断面であるため、ひずみゲージをリブ内側に貼り付けるのは困難である。しかし、試験体 No.1 の結果からリブ外側のゲージ位置、つまり G1~G3 ゲージ位置でも亀裂の発生、進展による各軸方向の応力比の増加を確認することができた。そのため、リブ外側の溶接部に貼り付けたゲージでも亀裂の判定が可能であると考えられる。

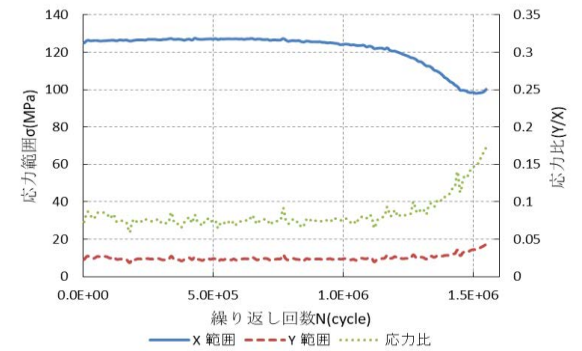
4. 考察

本研究から以下のことが結論付けられる。

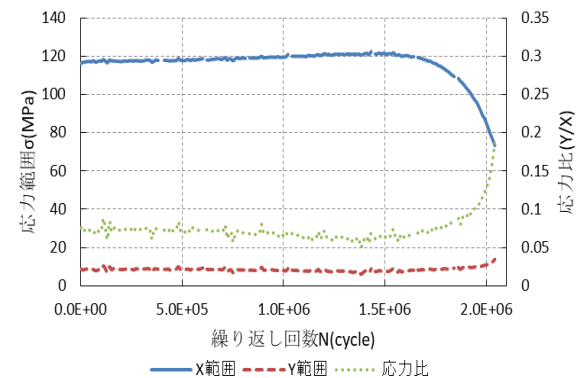
- (1) 疲労亀裂の発生過程において応力範囲における軸方向応力比の変化を確認することは亀裂の発生、進展の判定に有効な方法となり得ることを明らかにした。
- (2) 実橋においてゲージ位置がリブ溶接部の外側であっても亀裂の判定は可能であることを明らかにした。



(a) 試験体 No.1



(b) 試験体 No.2



(c) 試験体 No.3

図 4 各試験体 G2 ゲージの応力範囲及び軸応力比

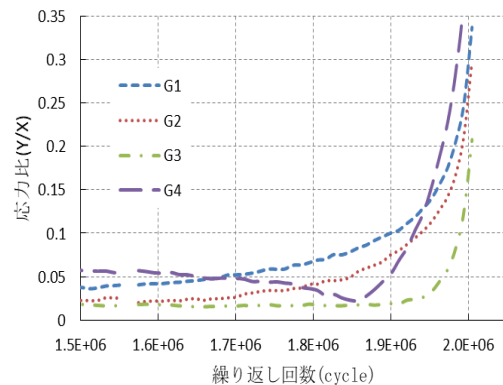


図 5 リブ側ゲージ位置での軸応力比(No.1)

参考文献

- 1) 堀合聡, 桑原優, 三浦真季, 大西弘志: 疲労亀裂発生に伴う主応力の挙動, 日本材料学会信頼性シンポジウム, 2017.12.
- 2) 山田健太郎, Ya Samol: U リブすみ肉溶接のルートき裂を対象とした板曲げ疲労試験, 土木学会構造工学論文集 Vol.54A, 2008.3.