

Uリブ溶接部を対象とした疲労亀裂周辺の主応力方向の検討

岩手大学 学生会員 ○星川 翔 岩手大学大学院 正会員 堀合 聡
 岩手大学大学院 学生会員 千葉慎二 岩手大学大学院 学生会員 姥神 翔
 岩手大学 正会員 大西弘志

1. はじめに

社会基盤を構成する鋼構造物の損傷問題では、大きく分けて、鋼材の腐食や疲労による亀裂・破断等が挙げられる。このうち、疲労は主に鋼構造物の溶接部に多く見られ、亀裂が進展すると部材の破断にもつながる重大な損傷である。主部材に発生した亀裂や進展性が見られる亀裂に関しては、早急に対策を取らなければならないが、主部材に至る可能性が少ないものや、進展性の無い亀裂は直ちに問題になることはないため、その対策の要否について正しく判断しなければならない。しかし、溶接部は部材が組み合わさり点検が困難な箇所であると言える。更には被覆材による防食処理によりその下にある亀裂を発見することは難しい。

現在、鋼構造物の点検は目視点検が主体で行われている。疲労亀裂の点検も基本的には目視で行われ、必要に応じて磁粉探傷試験や浸透探傷試験などの非破壊検査を組み合わせ点検されている。しかし、目視点検では点検者の経験や能力に左右される他、磁粉探傷試験では表面もしくは表面付近、浸透探傷試験では表面に亀裂が生じていない場合は検出することができない。そこで、本研究では、Uリブ溶接部を対象とした振動疲労試験を行い、亀裂周辺の主応力方向から、亀裂の有無を定量的に確認することができないか検討を行った。

2. 振動疲労試験

本研究で使用した試験体の寸法を図1に示す。試験体の材質は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に相当するリブを角度78°で溶接したものである。また、ひずみゲージの貼付位置を図2に示す。

試験体による振動疲労試験は、名古屋大学で開発された振動疲労試験機を使用した。本研究では、山田らが行った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。振動試験機の概要と実際の試験機の写真を図3に示す。事前に試験機を行って得られたひ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を調整することで、荷重の大きさを調整した。また、コイルばねで試験体を押し

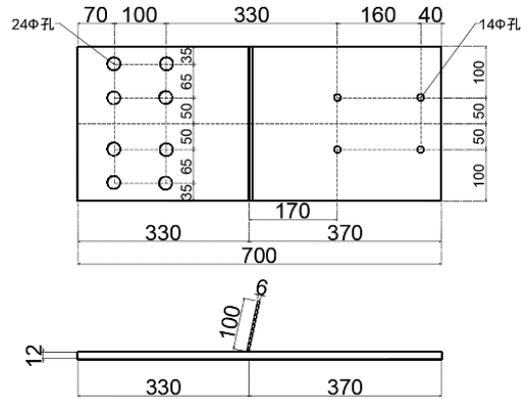


図1 試験体概要

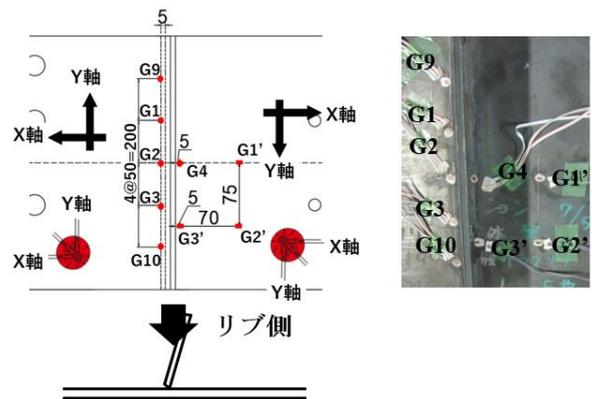


図2 ひずみゲージ貼付位置

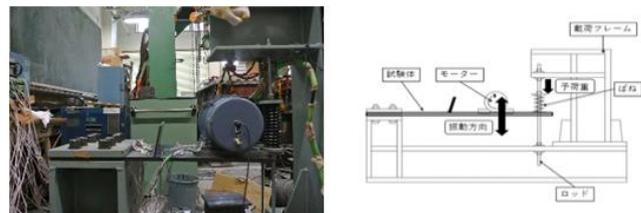


図3 振動疲労試験機概要

表1 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

試験体	公称応力 (MPa)	繰り返し数 (回)
No.1	99.7	1,941,900
No.2	79.1	20,324,700
No.2a	100.0	2,422,200
No.3	122.9	1,549,400

下げた状態で疲労試験を行うことにより、試験体に与える応力比を部分片振り ($R > 0$) として疲労試験を行った。各試験体の試験開始時の公称応力と試験終了時の繰返し回数を表 1 に示す。試験終了条件は、長手直角方向 (Y 軸) の応力値が長手方向 (X 軸) の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 (0.04mm ϕ) 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。なお、No.2 は繰返し回数の上限值 2000 万回を超えても終了条件を満たさなかったために、公称応力を変えて No.2a として再度試験を行った。

3. 試験結果

振動疲労試験により測定した No.1, No.2a, No.3 の G1~G4 のひずみデータから計算して得られた X 軸からの主応力角度の変化を表したグラフを図 4 に示す。通常、亀裂が発生していないとき、主応力方向は X 軸を向いているが、亀裂が発生した場合、主応力方向は亀裂を避けるような向きになる。よって、本検討において X 軸を 0° とし、角度が変化した時点を亀裂発生点とした。

図 4(a)より No.1 では、どの値も繰返し回数約 150 万回まで大きな変化は見られないが、その後各値が X 軸方向から離れている。ただし、G4 のみ繰返し回数約 190 万回で主応力角度が約 180° 増加している。

図 4(b)より No.2a では、どの値も繰返し回数約 50 万回まで大きな変化は見られないが、その後各値が X 方向から離れている。No.1-G4, No.3-G1 で見られる急激な角度の変化は見られない。

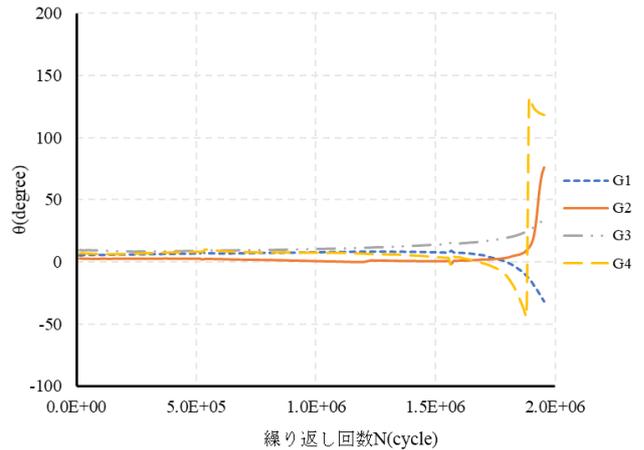
図 4(c)より No.3 では、どの値も繰返し回数約 80 万回まで大きな変化はないが、その後各値が X 軸方向から離れている。ただし、G1 のみ繰返し回数約 130 万回で主応力角度が約 180° 増加している。

また、この 3 試験体での振動疲労試験を通して、実橋において疲労亀裂発生点に比較的近いと思われる閉断面リブ溶接部の内側の G4 ゲージ位置だけでなく、外側の G1, G2, G3 ゲージ位置でも亀裂進展に伴う主応力方向の変化を確認することができた。

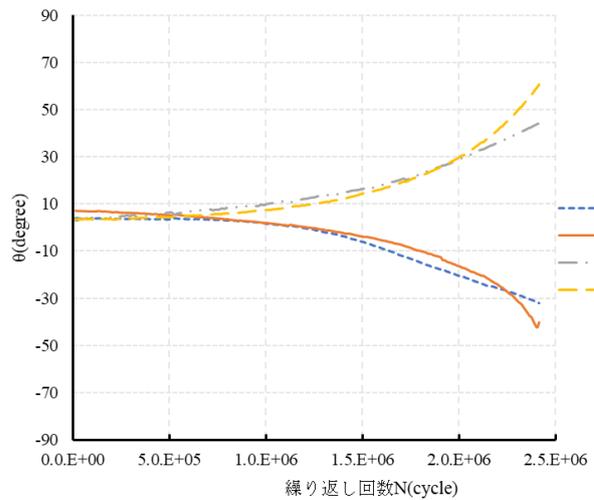
4. 考察

本研究から以下のことが結論付けられる。

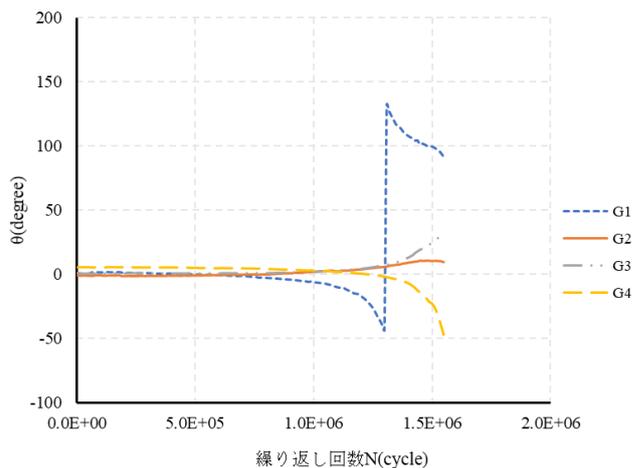
- (1) U リブ溶接部の疲労亀裂周辺の主応力方向の変化を確認することができた。
- (2) 実橋においてゲージ位置が閉断面リブ溶接部の外側であっても亀裂の判定は可能であることを明らかにした。
- (3) 疲労亀裂の発生過程において主応力方向の変化を確認することは亀裂の判定に有効な方法になり得ることを明らかにした。



(a) No.1 の主応力角度の変化



(b) No.2a の主応力角度の変化



(c) No.3 の主応力角度の変化

図 4 各試験体の主応力角度の変化

参考文献

- 1) 山田健太郎, Ya Samol : U リブすみ肉溶接のルートキ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.