

面外ガセット継手・溶接ルートからの疲労き裂発生・進展性状と有効切欠き応力の適用性

法政大学大学院 学生会員 ○遠藤 健太
 法政大学 正会員 森 猛
 法政大学大学院 学生会員 山本 一貴

1. はじめに

桁形式の鋼橋において、横桁や横構の仕口、水平補剛材に使用される面外ガセット溶接継手の疲労強度は低く、それらの箇所での疲労損傷事例が報告されている。面外ガセット溶接継手では形状の急変する溶接止端部に高い応力集中が生じ、そこを起点として疲労き裂が発生する。この継手の疲労強度を向上させるために止端部にグラインダ処理を施すと、ルートから疲労破壊が生じることがある。しかし、面外ガセット溶接継手がルート破壊する場合の疲労強度評価法は明らかにされておらず、その確立が望まれる。

本研究では、面外ガセット溶接継手試験体を用いた疲労試験を行い、ルートからの疲労き裂の発生・進展性状を明らかにする。また、昨年度と同じく、ルート破壊した既往の疲労試験データを整理し、疲労強度評価に対する有効切欠き応力概念の適用性について検討する。

2. 疲労試験

試験体の形状・寸法を図1に示す。試験体は、溶接のままのAW試験体と、AW試験体の溶接止端部の曲率半径が5mm程度となるように仕上げた5R試験体の2種類である。疲労試験は、動的能力500kNの材料試験機を用いて、応力比をほぼ0とした軸方向荷重下で行った。

疲労試験の結果を図2に示す。図中には、日本鋼構造協会の「鋼構造物の疲労設計指針」で規定されている疲労設計曲線も示している。5R試験体の疲労強度は、AW試験体よりも1～2ランク高くなっている。なお、未破断の試験体を除き、AW試験体はすべて、5R試験体では、11体中3体で止端部が疲労破壊の起点となっていた。5R試験体の残りの8体ではルート破壊が生じた。

疲労き裂の発生と進展の性状を調べる目的で、AW試験体1体、5R試験体4体の計5体でビーチマーク試験を行った。ビーチマーク試験は上限荷重を一定としたままで所定の繰り返し回数ごとに荷重範囲を半減させて行った。疲労破面の例を写真1と2に示す。破面上で黒く見える部分が応力範囲を半

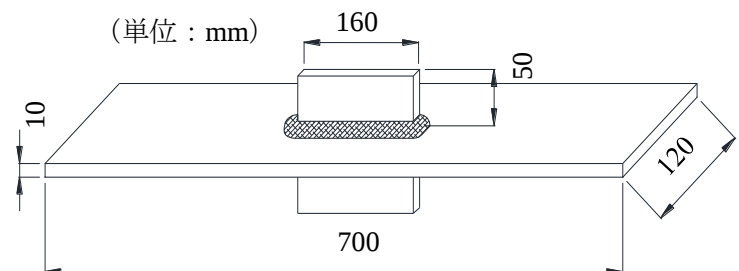


図1 試験体寸法・形状

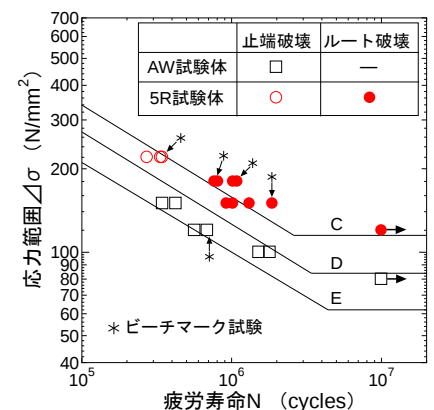


図2 疲労試験結果

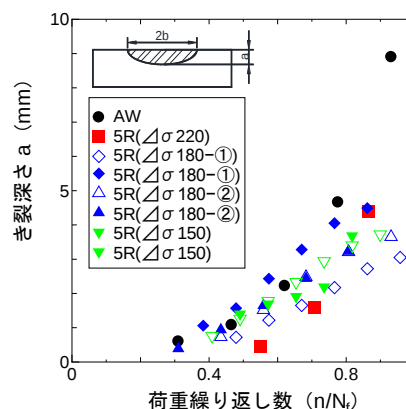


図3 き裂深さと

荷重繰り返し回数の関係

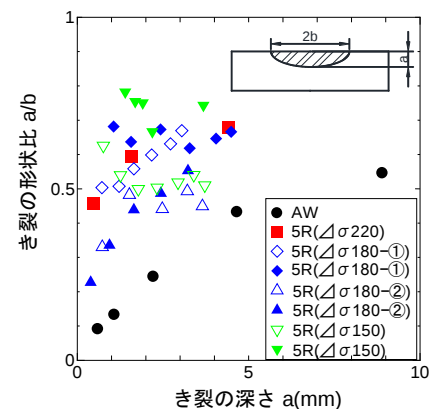


図4 き裂形状比と

き裂深さの関係

キーワード : 面外ガセット, 疲労き裂, ルート破壊, 有効切欠き応力

連絡先 : 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学大学院デザイン工学研究科 TEL 03-5228-1429

減した際に進展した部分である．これらのマークから，き裂深さと寿命比（荷重繰返し数／疲労寿命）の関係を求めた．その結果を図 3 に示す．いずれの場合も疲労寿命の 4 ～5 割の時点で深さ 1mm 程度のき裂が生じている．また，止端からき裂が生じる場合にはき裂が深くなるにしたがって進展が速くなっているのに対し，ルート部からき裂が生じる場合には進展速度がき裂深さに依存していない．図 4 はき裂の形状比とき裂深さの関係を示している．止端からき裂が生じる場合には，き裂が深くなるにしたがってき裂形状が扁平な半楕円形から半円形に近づいているのに対し，ルートから生じる場合にはき裂深さによるき裂形状の大きな変化は認められない．

3. 疲労強度評価応力の検討

文献調査とここで行った疲労試験より，計 57 体の面外ガセット溶接継手試験体がルート破壊する場合の疲労試験データを収集した．それらのデータを表 1 に示す応力パラメータで整理した結果を図 5 に示す．これらの応力パラメータの値は，3 次元弾性有限要素応力解析から求めたものである． $\Delta\sigma$ ， $\Delta\sigma_{hss}$ で整理した場合には疲労試験データのばらつきが大きく， $\Delta\sigma_{2mm}$ で整理した場合には比較的疲労試験データのばらつきが小さい．これは昨年度示した結果と同じである． $\Delta\sigma_{eff}$ は， $\Delta\sigma_{hss}$ と同様に公称応力が定義できない場合に国際溶接学会の疲労設計指針で疲労強度評価に推奨されている方法であるが，これによってもルート破壊する場合の疲労強度評価を行うことは難しい．

4. まとめ

ルートから発生する場合の進展挙動は止端破壊する場合と異なる．その疲労強度は公称応力範囲，ホットスポット応力範囲，有効切欠き応力範囲によっても整理することはできない．



写真 1 AW 試験体破断面

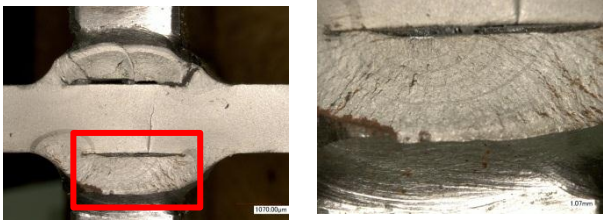


写真 2 5R 試験体破断面

表 1 各応力パラメータの説明

応力パラメータ	定義
主板公称応力範囲 $\Delta\sigma$	試験体に働く荷重を断面積で除した応力
有効切欠き応力範囲 $\Delta\sigma_{eff}$	溶接ルート先端の形状のばらつきと溶接ルートの塑性変形を考慮し、その位置に半径1mmの円孔切欠きの存在を仮定して求められる応力
ホットスポット応力範囲 $\Delta\sigma_{hss}$	4mm、8mm、12mm離れた位置を参照点とし、3点外挿により求める構造的な応力は含むが、局所的な応力を除いた応力
提案する参照点の応力範囲 $\Delta\sigma_{2mm}$	ルート部先端から長手方向2mm離れた位置での応力

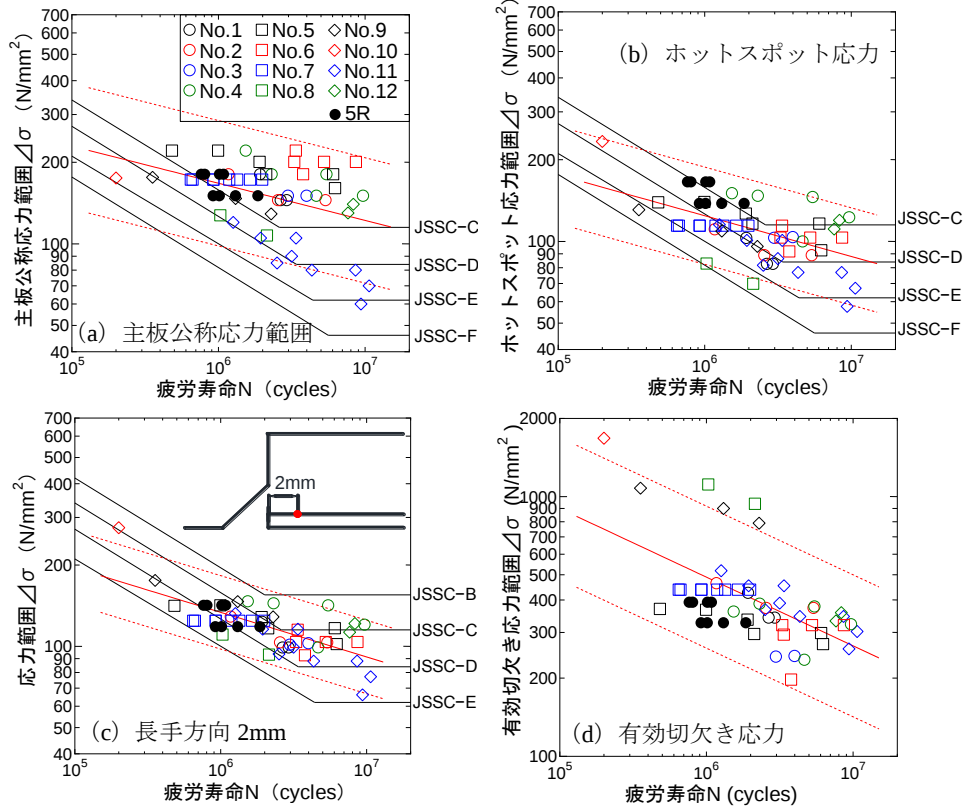


図 5 各応力パラメータで整理した疲労試験