

面外ガセットすみ肉溶接継手・ルート破壊の疲労強度評価法の検討

法政大学 学生会員 ○斎藤 遼

法政大学 正会員 森 猛

1. はじめに

鋼橋に用いられる継手の中でも疲労強度が低いとされる面外ガセットすみ肉溶接継手の疲労破壊起点は、形状の急変による応力集中に起因して、溶接止端部となるのが通常である。しかし、疲労強度改善のために溶接止端にグラインダー仕上げやピーニング処理を施した場合には、溶接ルート部が疲労破壊の起点となることもある。溶接ルート部から発生した疲労き裂を表面に現れるまでに検出することは難しいため、その防止は鋼構造物を維持管理する上で重要である。そのためには、ルート破壊する場合の疲労強度評価方法を確立することが有効である。

本研究では、面外ガセットすみ溶接継手がルート破壊する場合の疲労強度評価法について、ホットスポット応力の概念に基づいて検討する。具体的には、ルート破壊した試験体の疲労試験データ収集し、それらの試験体の FEM 解析を実施することにより疲労破壊起点のホットスポット応力を求め、疲労試験データを再整理する。そして、主板厚、溶接サイズと溶接脚長比をパラメータとした FEM 解析を行い、それらがホットスポット応力に及ぼす影響について検討する。

2. 疲労試験データの収集

文献検索より、8 種類の寸法・形状の面外ガセットすみ肉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。それらの試験体に 12-12-10 のように記号を付けた。これは、主板厚が 12mm、主板側の溶接脚長が 12mm、ガセット側の溶接脚長が 10mm であることを意味している。

写真 1 にルート破壊した試験体の破断状況と破面の例を示す。ルート破壊する場合の疲労き裂の起点は、写真 1 に示すように、未溶着部先端上部（ガセット板側）の中央付近と判断できる。すなわち、この位置がホットスポットとなる。

主板の公称応力範囲で整理した疲労試験データを図 1 に示す。図中には、鋼構造協会の疲労設計指針で定められている溶接ままの面外ガセットすみ肉溶接継手が止端破壊する場合の疲労強度等級 F、G に対応する設計疲労強度曲線も示している。ここで得られた疲労強度は、止端破壊する場合の疲労強度よりも十分に高く、溶接ままではルート破壊が生じにくいことを意味している。ただし、30-16-4 試験体での疲労強度は低く、溶接ままの状態でもルート破壊する可能性がある。事実、この継手は溶接ままの継手であった。なお、この継手の溶接サイズ 4mm は、道路橋示方書のすみ肉溶接サイズ ($\sqrt{2t}$ t : 主板厚、7.8mm) を満たしていない。

図 1 に示すように、主板の公称応力範囲で整理した場合の疲労試験データのばらつきは大きく、主板厚に比べて溶接サイズが小さい場合、またガセット側の溶接脚長に比べて主板側の溶接脚長が長い場合に疲労強

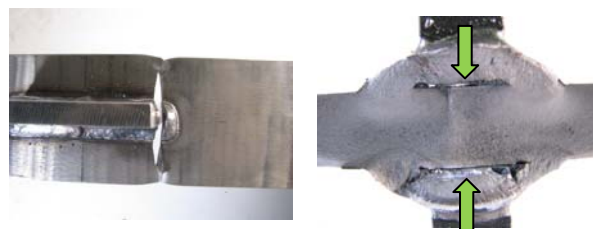


写真 1 ルート破壊

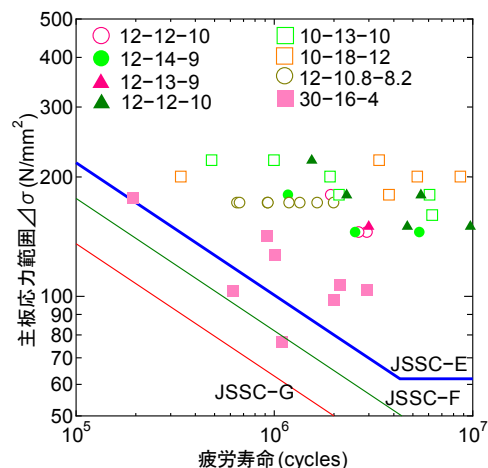


図 1 主板応力範囲で整理した疲労試験データ

キーワード 面外ガセットすみ肉溶接継手 ルート破壊 疲労強度評価 ホットスポット応力

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学デザイン工学部 TEL 03-5228-1453 E-mail mori@hosei.ac.jp

度が低い傾向が認められる。

3. 疲労強度評価法の検討

ホットスポット応力は、疲労破壊起点の局部形状による応力集中を含まず、構造的応力集中を含む応力である。そしてホットスポット応力範囲を用いる場合の疲労強度等級は E とされている。具体的には、板厚に比例した複数の参照点での応力を外挿して破壊起点(ホットスポット)でのホットスポット応力を求める。しかし、ここでのホットスポットに対しては、板厚が定義できないため、国際溶接学会の疲労設計指針に従い、ホットスポットから 4、8、12mm 離れた位置を参照点とし、2 次曲線でホットスポット応力を求めることとした。

ここで対象とした試験体に対して FEM 解析を行うことにより未溶着部上部(ガセット板の下面)の応力分布を求め、ホットスポット応力を算出した。その例を図 2 に示す。このようにして求めたホットスポット応力で整理した疲労試験データを図 3 に示す。主板応力範囲で整理した場合と比べて、試験データのばらつきは小さく、1 つのデータを除き、E 等級を満たしている。

主板厚、溶接脚長、そして脚長比(主板側脚長/ガセット側脚長)がホットスポット応力に及ぼす影響を明らかにする目的でパラメトリックな FEM 解析を行った。その結果を図 4 と 5 に示す。図の縦軸は、ホットスポット応力範囲を主板の公称応力範囲で無次元化したものである。溶接サイズ s と主板厚 t の比が大きくなるしがって、無次元化応力は小さくなっているものの、ルート破壊が懸念される s/t が 1 以下の領域では、ほぼ 1 となっている。また、脚長比が大きくなるにしたがって、無次元化応力は小さくなっている。

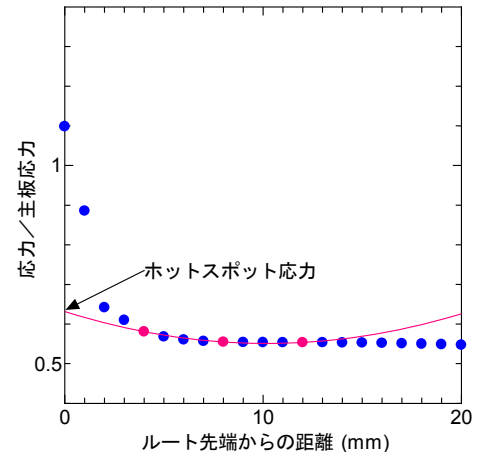


図 2 ホットスポットの計算例

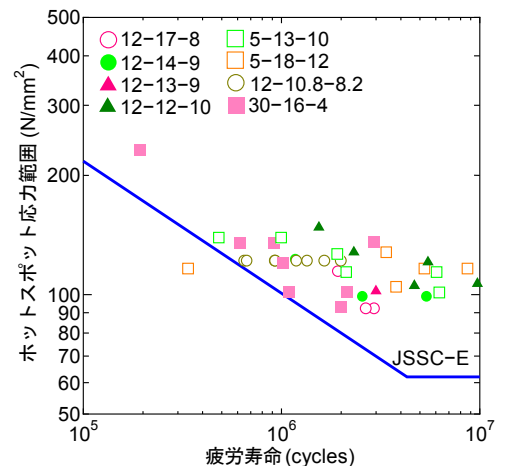


図 3 ホットスポット応力範囲で整理した疲労試験データ

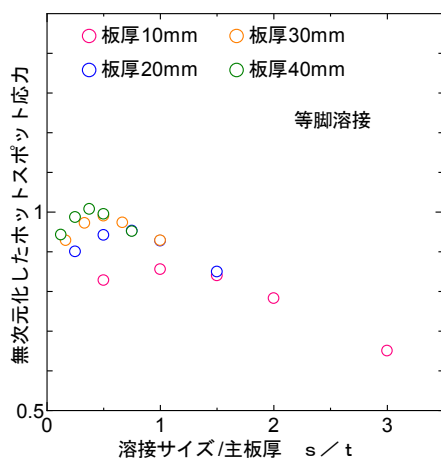


図 4 ホットスポット応力に対する溶接サイズと板厚の影響

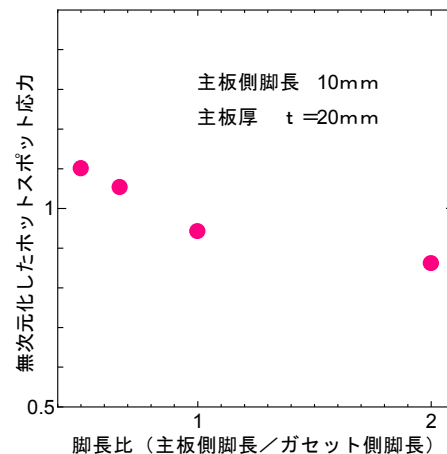


図 5 ホットスポット応力に対する脚長比の影響

4. まとめ

面外ガセットすみ肉溶接継手がルート破壊する場合の疲労強度評価を、主板の応力範囲を用いてその疲労強度を E 等級として行うことを提案する。