

溶接継手部の疲労強度に対する主応力方向の変動の影響

○東京工業大学 学生会員 朴 宇龍
 東京工業大学 学生会員 平林 雅也
 東京工業大学 フェロー 三木 千壽

1. はじめに

橋梁中の溶接継手部の主応力は、荷重の移動によりその方向と大きさが変化する。本研究では溶接継手部の疲労き裂の発生および発展などの疲労特性に対して、主応力の方向および大きさの変動が及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、移動荷重をシミュレートした大型試験体に対する疲労試験と、詳細な FEM による主応力解析を行った。

2. 実験方法および試験体

本研究では図 1 に示すような形状および寸法を有する桁試験体を用いた。桁試験体には、板厚 12mm 長さ 200mm の面外ガセットを、水平、垂直、45° の角度で傾けて、非仕上げのすみ肉溶接により配置している。疲労試験における移動荷重は、図 2 に示すように、三連アクチュエータの载荷波形をサイン波とし、位相をずらして载荷することで再現した。個々の荷重範囲は北・南アクチュエータで 200kN、中アクチュエータで 250kN とした。

3. 移動荷重による主応力の方向および大きさの変動

溶接止端部の名称および、静的载荷試験において各アクチュエータでの载荷時に生じた最大主応力のベクトル表示を図 3 に示す。载荷点の内側にあるガセット（図 3-(d)～(f)）では主応力の方向が水平軸に対して上下に変化することが分かった。また、その振れ幅は 15 度～20 度程度となった。载荷点より外側にある水平ガセット（図 3-(g)）では主応力方向の変動は 1 度以下であり、単一方向载荷の疲労試験における応力挙動と同様となった。

4. 疲労試験結果

き裂は、引張側の水平・斜めガセット溶接止端部から発生した。478,000 回および 600,000 回で斜めガセットの止端 (b), (f) からき裂が発生、650,000 回、800,000 回、828,000 回で水平ガセットの止端 (a), (g), (e) からき裂が発生し、1,028,000 回で試験体下フランジが破断して実験を終了した（表 1）。公称応力範囲で整理した S-N 線図を図 4 に示す。図 4 には小型試験体による疲労試験¹⁾の結果を併せて示す。主応力が変動しない水平ガセットおよび主応力が変動する斜めガセット

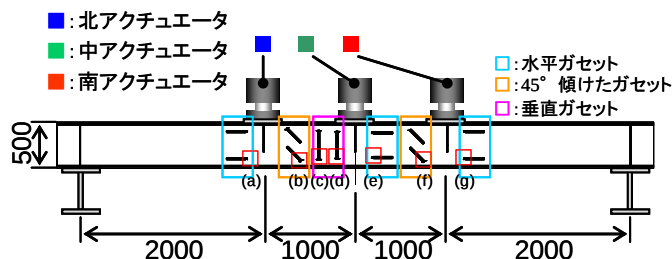


図 1：試験体設置図

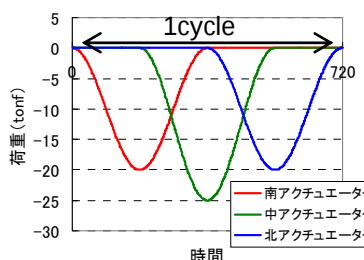


図 2：载荷パターン

表 1：疲労試験の結果

サイクル数	場所
478,000	(b)
600,000	(f)
650,000	(a)
800,000	(g)
828,000	(e)

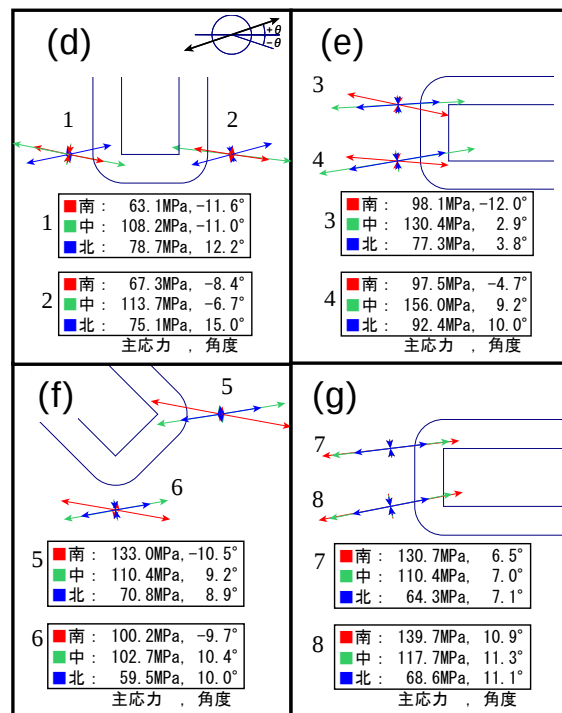


図 3：止端に生じる主応力

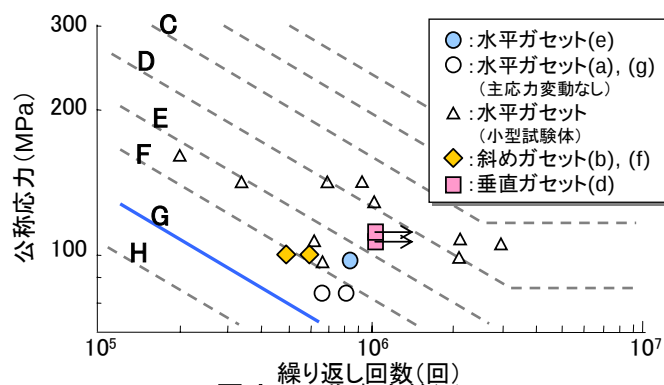


図 4：公称応力範囲

キーワード：溶接継手、疲労き裂、主応力、移動荷重

連絡先：東京工業大学 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL:03-5734-2596

トは G 等級以上、主応力が変動する水平ガセットは F 等級以上となり、主応力の変動するガセットの方が長寿命となった。これは、き裂進展において支配的と考えられるモード I の方向が、主応力方向の変動のためにねじれ、一定とならないため、き裂の進展が遅くなるためであると考えられる。

水平ガセットで、桁試験体と小型試験体の結果を比較すると、桁試験体の方が明らかに疲労強度が低くなった。これは、構造物に近い桁試験体の主応力の多軸性や拘束度が、小型試験体と異なるためであると考えられる。

5. FEM を用いた主応力解析

試験体を対象構造物として、汎用有限要素解析プログラム ABAQUS を用い、FEM 解析を行った。図 5 に示すように、シェル要素で全体モデルを作成し、ソリッド要素で継手止端部の詳細モデルを作成し、全体モデルの解析結果を用いたブーミング解析により、詳細モデルの解析を行った。総要素数・節点数は全体モデル、詳細モデル共に 6 万程度である。想定した载荷荷重は、静的载荷試験と同様に北・南アクチュエータで 200kN、中アクチュエータで 250kN とした。

図 6 に止端部近傍での応力分布を示す。これより、载荷するアクチュエータによって、応力集中の大きさと位置は変化することがわかる。図 7 に回し溶接コーナー部に生じる主応力の変化を示す。ある角度の止端で応力集中が最大となり、その止端において最大の主応力が生じることがわかった。

6. 主応力ベースの疲労試験結果の考察

応力集中が生じる範囲はガセットの中心線からずれているので、最大主応力ベースのホットスポット応力²⁾ (図 8) を用いる。G 法を用いた主応力ベースのホットスポット応力による疲労寿命を S-N 線にプロットしたものを図 9 に示す。この場合のホットスポット応力範囲は、移動荷重時での、最も高い値を用いる。すべてのガセットが D 等級以上となり、ガセットの種類における、顕著な差は見られなかった。なお、疲労設計において非仕上げの止端部のホットスポット応力に対する疲労等級は E 等級である。

7. 結論

- ・ 最大主応力の大きさと方向が変化するような溶接継手の疲労強度は、変化しない継手に比べ安全側となる。
- ・ 最大主応力の大きさと方向が変化するような溶接継手の疲労強度は、小型試験体に比べ非安全側となる。
- ・ 移動荷重下において、値が最高となる最大主応力ベースのホットスポット応力を用いることで疲労照査が行える。

参考文献

- 1) Kengo Anami : FATIGUE STRENGTH IMPROVEMENT OF WELDED JOINTS MADE OF HIGH STRENGTH STEEL, Dissertation of Tokyo Institute of Technology, pp.25-69, 2000
- 2) E. Niemi : Structural HOT-SPOT Stress Approach to Fatigue Analysis of Welded Components, IIW XIII-1819-00

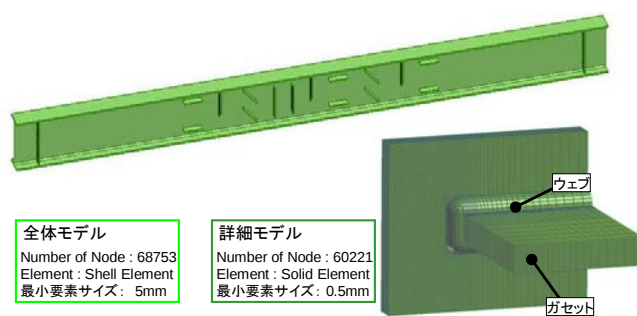


図 5 : FEM 解析モデル

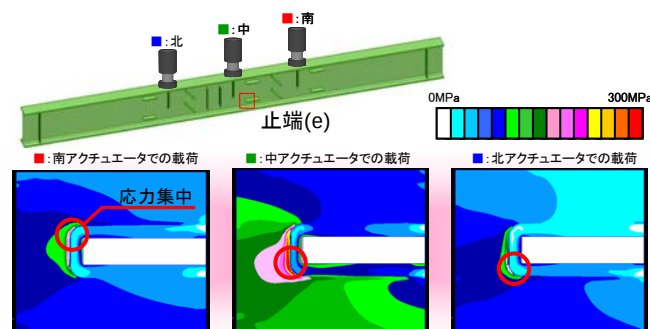


図 6 : 移動荷重により生じる応力集中点の変化

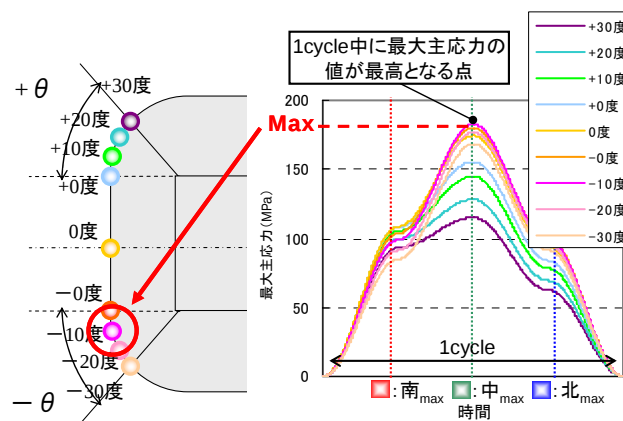


図 7 : 値が最高となる最大主応力が発生する点

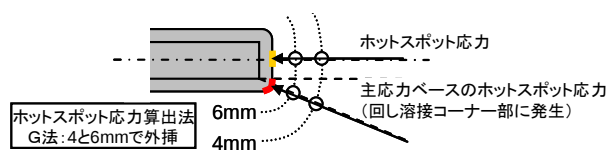


図 8 : 主応力ベースホットスポット応力の考え方

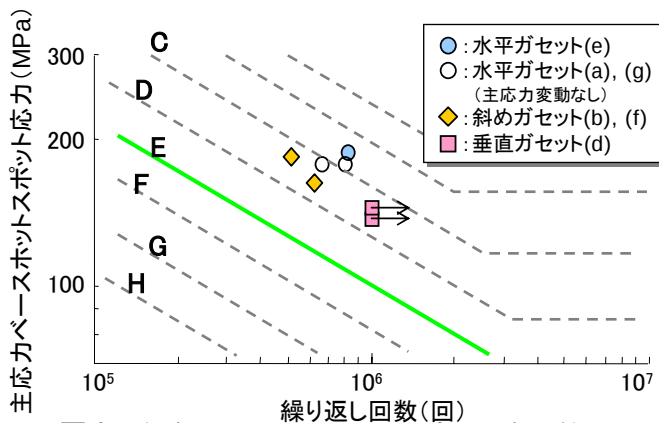


図 9 : 主応力ベースホットスポット応力範囲