疲労き裂の発生による主応力の挙動変化

岩手大学　学生会員　○三浦　真季
岩手大学　学生会員　横澤　幸貴
岩手大学　学生会員　桑原　優
岩手大学　正会員　大西　弘志

1. はじめに

鋼材表面に切り欠きや溶接ビード等の形状が急変するような応力集中部が存在すると,そこが疲労き裂の起点となる.き裂の起点となる溶接止端部等の形状変化部に作用する応力は，公称応力と比べ，応力集中の影響を受けて高くなる[1)]．一般的な疲労き裂は主応力方向に対して直角に発生し,進展することが既に知られているが,疲労き裂発生後のき裂近傍における主応力の挙動の詳細は明らかにされていない．そこで,本研究では,ガセットプレートの溶接止端部から疲労き裂が発生した時のき裂近傍における主応力の挙動を明らかにすることを目的とし,振動疲労試験を実施した.

2. 試験概要

本研究では振動疲労試験機[2)]（図 1）を使用し試験を行った.この試験機は試験体を片持ち梁式に固定し,自由端側に設置した偏心モーターにより試験体に曲げ応力を発生させるものである.偏心モーター内のおもりの位置，載荷装置の試験体への取り付け位置，モーターの回転速度を変化させることにより,試験体に発生する応力の大きさや周波数を調整することが可能である.この試験機ではモーターの回転振動のみでは応力比 R=-1（両振り）の疲労試験になる．そこで本研究では試験体の先端に設置したコイルばねで試験体を押し下げて疲労試験を行うことにより,応力比を R>0（部分片振り）として疲労試験を行った.

試験体の寸法を図 2 に示す.試験体は,長さ 700mm，幅 300mm，板厚 12mm の鋼板に，高さ 100mm，幅 340mm，板厚 12mm のガセットプレートをすみ肉溶接で溶接したものである.使用鋼材は SS400 である.ひずみゲージの貼付位置を図 3 に示す．主応力は G1～G5(FRA-1-11)を用いて測定した.疲労試験時の公称

図 1　振動疲労試験機

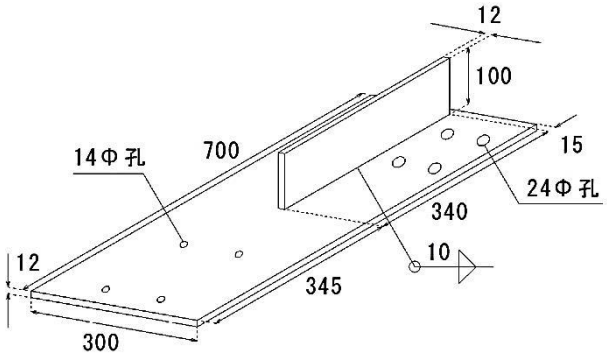


図 2　試験体寸法

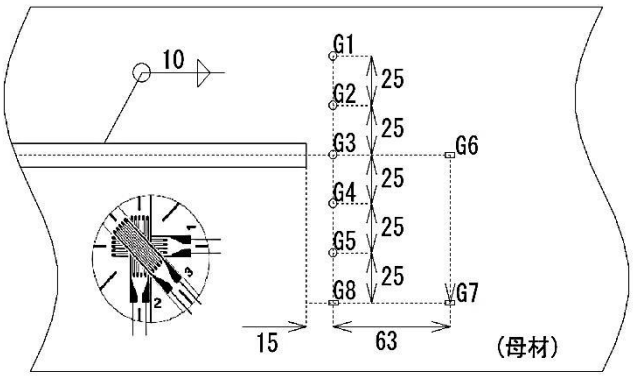


図 3　ゲージ位置

応力範囲は G6～G8(FLA-1-11)で測定したひずみから応力を算出することにより求めた.

本研究では試験体に繰り返し載荷を行い,ガセットのすみ肉溶接止端から疲労き裂を発生させ,疲労き裂がガセットプレート中心から片側 21mm まで進展す

キーワード：疲労き裂，主応力，振動疲労試験
連絡先：〒020-8551　岩手県盛岡市上田 4-3-5　　岩手大学　工学部　社会環境工学科　構造工学研究室

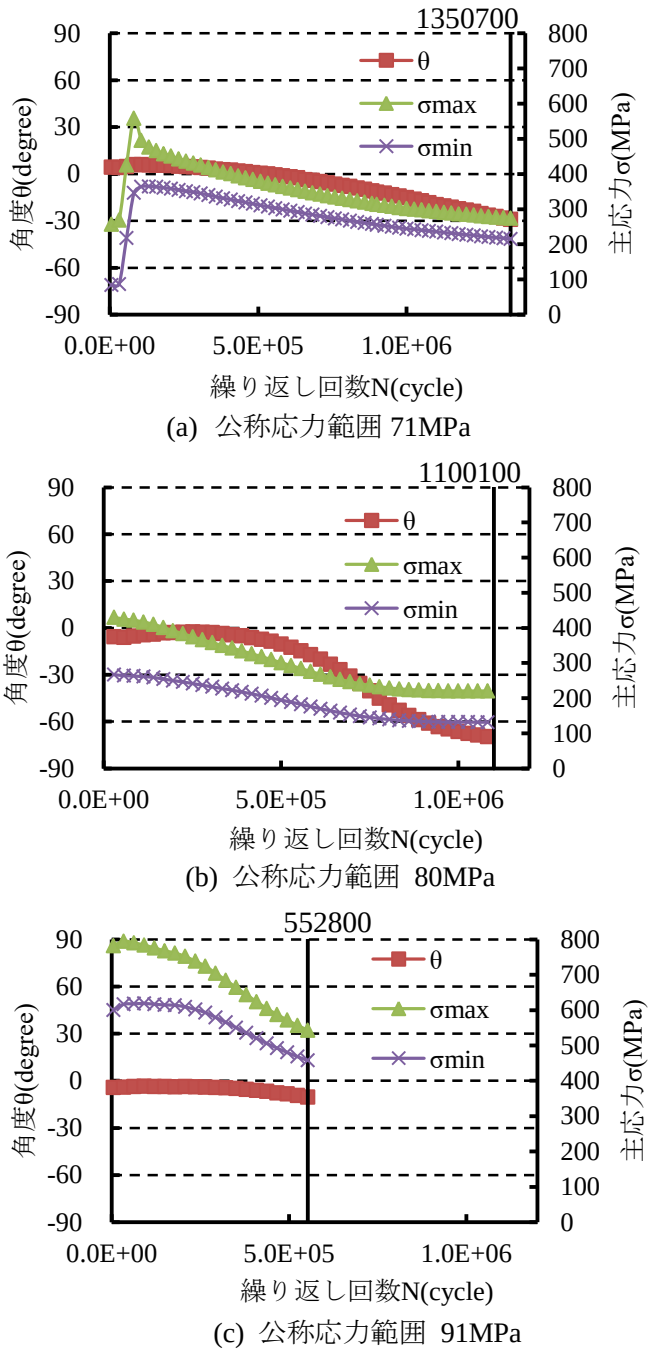
る間の主応力の挙動を測定した.

3. 試験結果

今回の試験では, 3 体の試験体に作用させる公称応力範囲を 71MPa，80MPa，91MPa に設定し，疲労載荷を行った. 疲労き裂長がガセットプレート中心から片側 21mm まで進展するのにかかった繰り返し回数はそれぞれ 1,350,700 回，1,100,100 回，552,800 回であった.

図 3 に示すように, 長辺方向を第 1 軸, 短辺方向を第 2 軸とし, 主応力方向が第 1 軸から時計方向に回転した角度を主応力角度 θ とした.

G3 の位置における繰り返し載荷回数と最大主応力の大きさ及び角度の関係を図 4 に示す. 振動疲労試験であるため荷重の大きさに波ができる. 本研究では 1 波長中の荷重最大値の際の最大主応力を σ max，荷重最小値の際の最大主応力を σ min とした. 本来であれば, 繰り返し載荷開始直後の G3 位置の主応力角度は第 1 軸方向と一致すると考えられるが, 今回の試験ではいずれの公称応力範囲の場合でも第 1 軸方向との傾きが生じていた. これは図 5 に示すように, 回し溶接部の形状に凹凸があるため, 溶接が突出している部分に向かって主応力方向が傾いたものと考えられる. また，(a)において繰り返し載荷開始時から約 8 万回までは主応力角度が正方向に増加し, その後は負方向に増加している. 溶接凸部に疲労き裂が発生した後, 溶接止端に沿って溶接凹部方向に疲労き裂が進展していくため, それに伴うように主応力角度も遷移していくと考えられる. 同様の傾向が(b)では約 25 万回, (c)では約 9 万回のときに確認できた.



(a) 公称応力範囲 71MPa

(b) 公称応力範囲 80MPa

(c) 公称応力範囲 91MPa

図 4 繰り返し回数と最大主応力の大きさ及び角度の関係

4. まとめ

今回の試験で, 疲労き裂の発生により主応力の角度に変化が発生することが分かったが, 回し溶接部の施工状況が均質でない試験体で得られた結果であるため，そうでない場合の検討が必要である.

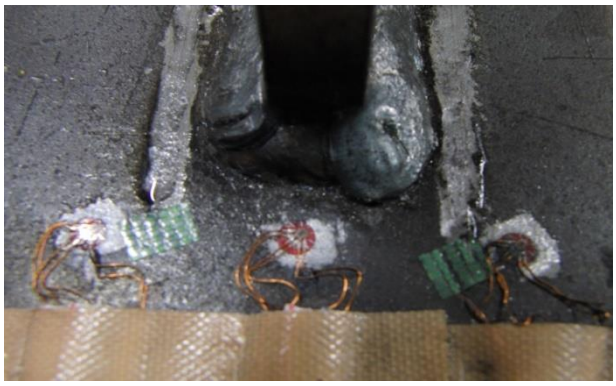


図 5 溶接ビード形状

参考文献

1) 社団法人日本道路協会：鋼橋の疲労，1997.5
2) 山田聡ほか：簡易型振動疲労試験機の開発と適用試験，トピー鉄構技報 No.24 pp.15-22，2008
3) 横澤幸貴ほか：スタッドピン定着部の疲労耐久性, 構造工学論文集 Vol.61A，2015.3