

円形鋼管を平板にすみ肉溶接した継手の疲労強度評価

名古屋大学大学院	学生会員	中野 隆	名古屋大学	学生会員	佐々木 裕
名古屋大学大学院	正会員	山田健太郎	名古屋大学大学院	正会員	小塩 達也

1. はじめに

鋼管を用いた溶接継手は、荷重に対して溶接線の傾きが変化するため、溶接近傍の応力状態は複雑となる。鋼管を用いた T 型継手、K 型継手などに対して、これまで様々な疲労試験が行われているが、疲労挙動に対して不明確な部分が残されているのが現状である。本研究では、比較的単純なモデルである「円形鋼管を平板にすみ肉溶接した継手」を対象として、引張疲労試験を行い、鋼管溶接継手の疲労挙動を分析した。また同時に、1mm 法、ホットスポット応力法 (HSS 法) などを用いて、解析により疲労強度評価を行い、鋼管の寸法、溶接方法が疲労強度へ与える影響を詳細に検討する。

2. 疲労試験概要

試験体は、写真 1 と図 1 に示すように、 $200 \times 900 \times 9.2$ mm の SM490A 鋼板を主板として、円形鋼管がすみ肉溶接された継手を用いた。外径が 89, 114, 165 mm (管厚 3.2mm, 4.5mm, 4.5mm) の 3 種類の STK400 鋼管を用いて、外周を脚長 6mm のすみ肉溶接で主板に取り付けた (P89N, P114N, P165N)。また、孔あけした平板に 89mm の鋼管を貫通させ、すみ肉溶接した継手 (P89P)、165mm の鋼管を用いて外周を脚長 6mm、内周を 3mm のすみ肉溶接した継手 (P165D) も製作した。比較のために、長さ 200mm 板厚 9.2mm の平板を面外にすみ肉溶接した、面外ガセット継手 (G200AW) の疲労試験も併せて行った。各モデル 3 体ずつ、計 18 試験体を対象とした。

疲労試験はアムスラー型疲労試験機 (最大出力 980kN) により、4.5Hz (毎分約 270 回) の繰り返し载荷を行った。最小荷重 49kN、最大荷重 294kN、全ての試験体を同じ荷重範囲の 245kN に設定した。試験体表面には図 1 に示すように、主板の端から 10mm の位置に $0.04\text{mm} \phi$ のウレレット被覆銅線を貼付した。疲労き裂の進展により、銅線が切断された際の繰り返し数を、ここでは疲労寿命と定義した。



写真 1 試験体

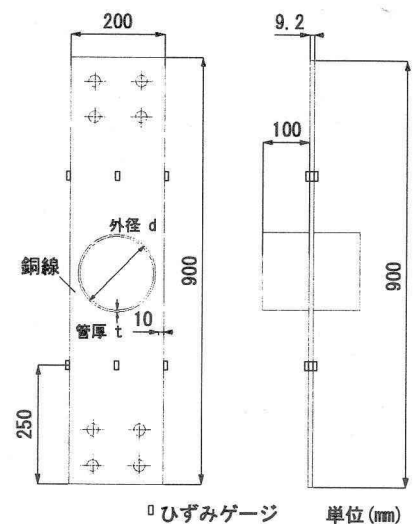


図 1 試験体図面

3. 疲労き裂の発生位置と進展挙動

疲労き裂の発生位置と進展挙動は以下の 2 つのタイプに分類される。

○タイプ 1 (P89N, P114N, P165N, P165D)

破断状況の例を写真 2 に示す。疲労き裂は、溶接止端の複数箇所より発生した後、溶接線に沿って進展した。疲労き裂が板厚を貫通した後、溶接線から離れて母材に進展し、破断に至った。疲労破面 (写真 3) には十数個の段差が形成されており、半楕円形のき裂が板厚方向へ合体を繰り返しながら進展していく様子が確認された。鋼管の寸法、内周のすみ肉溶接の有無は、き裂の発生位置と進展挙動に影響しなかった。

○タイプ2 (P89P)

破断状況の例を写真4に示す。疲労き裂は、溶接線に直行して溶接表面より発生した。また、疲労破面(写真5)より、のど厚方向へ半楕円形状で進展している様子が確認された。

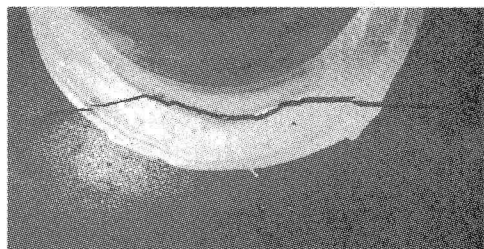


写真2 破断状況 (P114N)

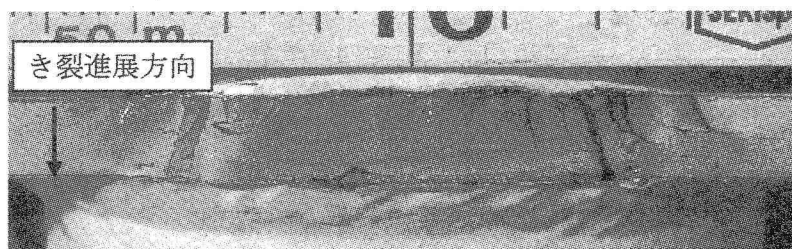


写真3 疲労破面 (P114N)

4. 疲労強度の比較

試験体のSN線図を図2に示す。同図には、面外ガセット継手の既往の疲労試験結果も併せてプロットした。図中のL,W,Tはそれぞれ、ガセット長、主板の板幅、板厚を表す。

P89N, P114N, P165Nを比較すると、鋼管の径が大きくなるにつれ、疲労寿命が短くなる傾向にあることがわかる。P114NはP89Nに対して、平均値で約10%, P165Nは30%疲労寿命が短くなっている。JSSCでは、鋼管外径100mmを超える継手に対してG等級、100mm以下の継手に対してF等級と分類しているが、本疲労試験結果では、どの鋼管サイズの試験体も2等級以上長い疲労寿命であった。

鋼管の内周にもすみ肉溶接したP165Dは、P165Nと比較して、20%程度疲労寿命が短くなっている。また、P89PはF~E等級程度の疲労寿命であったが、穴あけによる応力の上昇を考慮し、純断面で算出した応力範囲でプロットすると、C等級程度となる。G200AWは、F等級程度であり、既往の試験結果と同程度の疲労寿命であった。鋼管を溶接した継手と比較すると疲労寿命は短かった。



写真4 破断状況 (P89P)

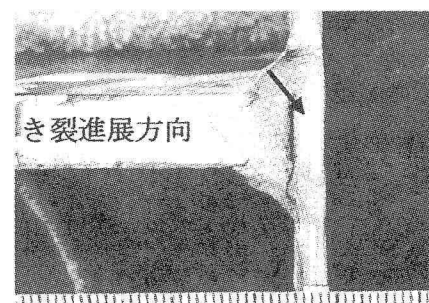


写真5 疲労破面 (P89P)

5. まとめ

引張疲労試験により、円形鋼管を平板にすみ肉溶接した継手の疲労寿命を求めた。各試験体の疲労寿命に関して、以下のことが明らかになった。

- ・鋼管の外径が大きくなるにつれて、疲労寿命は短くなる。
- ・鋼管の内周、外周を共に溶接することにより、疲労寿命は短くなる。
- ・鋼管を平板に貫通させたP89Pの疲労寿命は、純断面による応力範囲で評価すればC等級程度となる。

今後、本疲労試験で確認された、鋼管の寸法、内周溶接の有無、貫通させた溶接方法が疲労強度に与える影響について、解析的に検討を行う。

参考文献

- 1)Xiao Z.G, K.Yamada: A method of determining geometric stress for fatigue strength evaluation of welded joints. International Journal of fatigue, pp.1277-1293, 2004

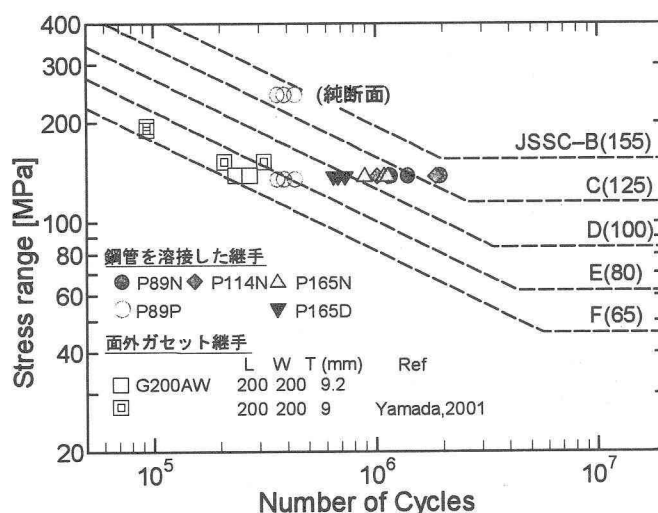


図2 SN線図