

円形鋼管を平板にすみ肉溶接した継手の疲労き裂進展モニタリング

名古屋大学 学生員 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 学生員 中野 隆

1. 背景と目的

鋼管を相互に溶接した K 型継手や T 型継手のような構造は、海洋構造物や鋼管トラス橋に用いられるが、その疲労強度や疲労き裂進展挙動は応力の状態が複雑になりその挙動が必ずしも明確ではない。そこで、本研究では、平板に円形鋼管をすみ肉溶接した比較的単純な試験体で引張疲労試験を行った。疲労き裂進展のモニタリングから、鋼管を用いた構造の疲労き裂進展挙動を明らかにする。

2. 試験体と荷重条件

本試験で用いた試験体は板厚 9.2mm、板幅 200mm、板長 900mm の SM490A 鋼板を主板とし、それに付加物を溶接した試験体を用いた。溶接する付加物としては、STK400 鋼管の外径 89, 114, 165mm の 3 種類であり、主板への取り付け方などを変化させ次の 6 種類の試験体を作成した。

- ・鋼管の外周を脚長 6mm のすみ肉溶接で主板へ取り付けたもの (P89N, P114N, P165N)

- ・外径 165mm の鋼管の外側を脚長 6mm、内側を脚長 3mm ですみ肉溶接したもの (P165D)

- ・主板に直径 89.5mm の孔をあけ、外径 89mm の鋼管を貫通させた状態で鋼管の外周上を脚長 6mm のすみ肉溶接したもの (P89P)

- ・比較として、板厚 9.2mm 長さ 200mm の平板をすみ肉溶接した面外ガセット継手 (G200AW)

本疲労試験はアムスラー型疲労試験機(最大出力 980kN)を用いて行い、4.5Hz で載荷した。最小荷重 49kN、最大荷重を 245kN とし、一定の荷重範囲で引張の繰り返し荷重を載荷した。

3. 疲労き裂のモニタリング

疲労き裂の進展挙動を追う方法として、従来から用いられているダイマーキング、ビーチマーキングに加えて、本試験ではき裂検出塗料を用い、疲労き裂進展挙動のモニタリングを行った。

き裂検出塗料とは、エポキシ樹脂系の防食塗料中に、染料が含まれたマイクロカプセルを混入させた特殊な塗料である。この塗料を溶接止端近傍に塗布することで、疲労き裂が発生・進展した際に、塗料に含まれるマイクロカプセルが割れ、中に含まれる染料が表面へ流出し、写真-2 のように疲労き裂を発見することが可能となる。本試験では、繰り返し荷重を載荷中にき裂検出塗料により、疲労き裂進展の状況を記録した。

さらに、ダイマーキング、ビーチマーキングによって破面に残



写真-1 試験体

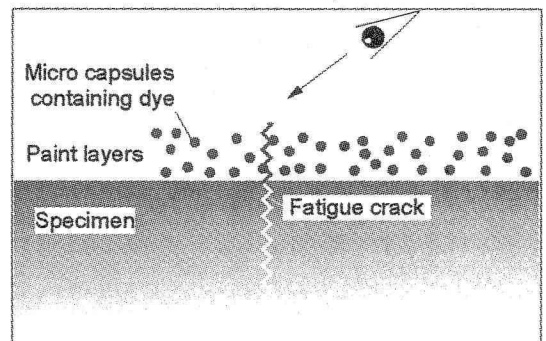


図-1 き裂検出塗料

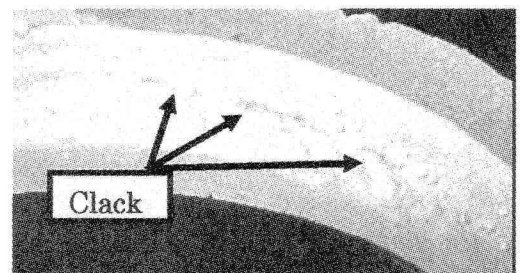


写真-2 き裂検出塗料

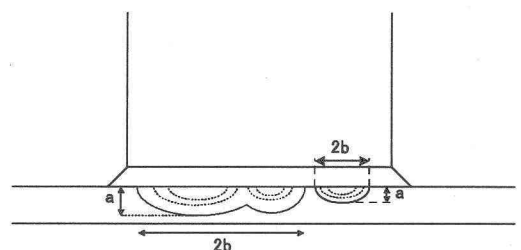


図-2 疲労き裂の形状

された疲労き裂の形状を観察した。疲労き裂は通常半楕円き裂形状であり、図-2のようにき裂深さを a 、き裂幅を $2b$ としてそれぞれ測定した。

4. 疲労試験の結果

鋼管を溶接した試験体の疲労き裂は、溶接線上に多数発生し、溶接線に沿って進展した後、作用応力と垂直な方向に進展をした。隣り合う疲労き裂は、別々の平面上をそれぞれ進展し、き裂が重なりあったところで段差を生じて合体する。疲労き裂はこのようなき裂の合体を繰り返しながら進展し、破断に至った。

鋼管を平板に貫通させた P89P は、疲労き裂の発生位置が他の試験体とは異なり、写真-4 のように溶接線に直行した溶接表面より発生した。溶接表面から生じた疲労き裂はのど厚方向へ進展し、鋼管を貫通して破断した。これは溶接表面の凸凹を起点として発生したものと思われる。

図-3 に、繰り返し数 N と疲労き裂の板厚方向の深さ $a(\text{mm})$ の関係を示した。このグラフの傾きは疲労き裂の進展速度を表しており、疲労き裂が小さいうちは遅く、破壊に近づくに連れて速くなる様子が確認できる。試験体ごとで、疲労寿命には違いが見られるが、疲労き裂の深さが $2\sim 3\text{mm}$ になると、その後はすぐに破断に至る様子はどの試験体も同じである。

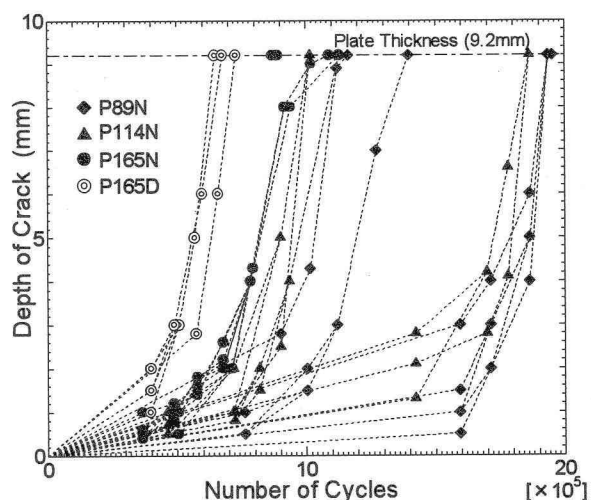


図-3 N-a グラフ

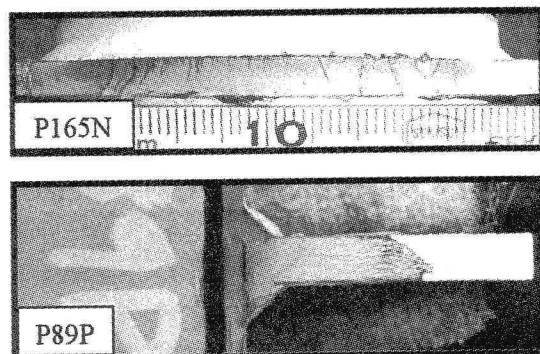


写真-3 疲労き裂の破面

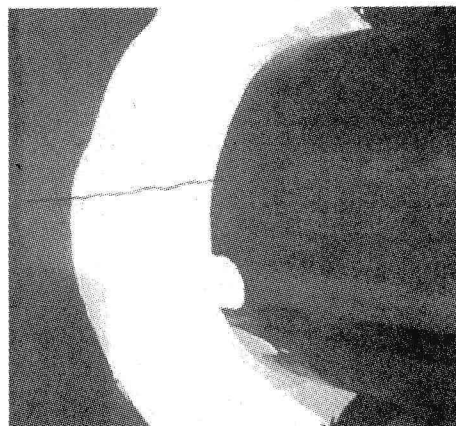


写真-4 P89P の疲労き裂

5. まとめ

本試験より得られた結果をまとめると以下ようになる。

- ・平板上に鋼管を取り付けた試験体の疲労き裂は、鋼管周上に多数発生し、それぞれが合体を繰り返しながら進展し、破断に至る。
- ・鋼管を平板に貫通させた試験体の疲労き裂は、溶接表面から発生し、鋼管を貫通して破断に至った。
- ・疲労き裂の進展速度はき裂の進展が進むに連れ、速くなる。

参考文献

- 山田・加藤・岡部・金・小塩：作用応力に斜めに溶接された面外ガセット継手の疲労試験，構造工学論文集，vol.47A，pp1039-1045，2001。
- 山田・肖・金・館石：すみ肉溶接止端近傍の応力に着目した付加物溶接継手の疲労強度解析，構造工学論文集，vol.48A，pp1047-1054，2002