-271

き裂発生位置近傍のひずみ測定による疲労き裂の発生・進展の観察

法政大学大学院 学生会員 〇藤野 大地

法政大学 正会員 森 猛

1. 研究の背景と目的

溶接構造の疲労破壊過程は、き裂発生過程と進展過程に分けることができる.このような過程における疲 労き裂の挙動を明らかにすることは、溶接構造の疲労破壊に対する安全性を考える上で不可欠である.非破 壊で疲労き裂の発生・進展を観察する方法に、超音波試験や渦流探傷試験があるが、測定精度や測定の煩雑 さに問題がある.ひずみゲージを用いた方法も用いられている.そこでは、き裂発生位置と考えられる位置 から 5mm 離れた位置にひずみゲージを貼付し、ひずみの変動幅が初期値に比べて 5%減少した時点をき裂発 生寿命とすることがなされている.また、そのときのき裂深さは 1mm 程度とされている.しかし、これは 限られた実験的検討によって示された結果である.

き裂発生・進展により、き裂発生位置近傍の応力の伝達経路が変化するため、それらの位置のひずみが変化することは容易に想像できる.また、ひずみの変化はき裂発生 位置とひずみゲージ貼付位置の関係、さらにき裂の大きさや形状に依存するものと考 えられる.このような関係を利用すれば、複数の位置でひずみ測定を行うことによ りき裂の発生位置、寸法、形状を推定できるとも考えられる.

本研究では、複数位置でのひずみ測定による き裂発生・進展挙動の観察の可能性を調べる目 的で、十字継手をモデル化した試験体の疲労試 験を行い、き裂発生位置近傍に貼付した複数の ひずみゲージによるひずみ測定を行う.



2. 十字継手の疲労試験

供試鋼材は板厚 20mm の YP32 である. すみ肉溶接継手を模擬した試験体を板厚 20mm の鋼板から切り抜いて6体(以後 No.1~6 とする)準備した. 試験体の形状, 寸法を図1に示す. き裂の発生箇所を1箇所に

限定するために試験対象部位の止端半径を 1.0mm,他の 3 箇所 については止端半径を 5.0mm としている.疲労試験は,動的能 力 200kN の材料試験機を用い,試験体長手方向に繰返し荷重を 与えることにより行った.荷重波形は正弦波,繰り返し速度は 4~5Hz である.

ひずみ範囲の変化を求める目的でゲージレングス 1mm のひ ずみゲージを試験体 R 部の止端から 5mm 離れた位置(図1参 照)に3枚貼付した.ひずみ測定は,動ひずみ計を使い荷重繰 り返し2000回ごとに行い,荷重繰返しに伴うひずみ範囲の変化 を求めた.6体の内,2体の試験体(No.5,6)については,上限 荷重を一定としたまま所定の繰り返し数(ここでは5万回とし た)ごとに荷重範囲を半減するビーチマーク試験を行った.

疲労試験結果を図2に示す.き裂発生寿命は、従来と同じようにひずみ範囲が5%低下した時の荷重繰り返し数としている. 試験体 No.5 のひずみ範囲の変化(ひずみ範囲/初期ひずみ範囲)



と荷重繰返し数の関係を図3に示す.ゲージ①でひずみ範囲が最初に減少しはじめ、その直後に②のひずみ

キーワード:十字継手,ひずみ範囲,有限要素応力解析,き裂発生寿命 連絡先:〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学大学院デザイン工学研究科 TEL:03-5228-1429

-541-

ビーチマーク試験破面

範囲が減少している.この結果 から①に近い①と②の間からき 裂が発生したものと予想される. その後、③のひずみ範囲が若干 増加しているが,これはき裂先 端が③に近づき、その位置での 応力が高くなったためと考えら れる. 写真1には同試験体の疲 労破面を示している. 疲労き裂

は、ほぼひずみ測定結果からの予想通りに発生し、進展している.

写真1

3.3次元有限要素応力解析

き裂の発生位置、寸法とひずみ変化の関係を調べる目的で、図 4に示すようにき裂導入して、3次元有限要素応力解析を行った. 解析対象は疲労試験で用いた試験体であり、き裂の深さを発生位

置3か所(A, B, C)で, それぞれ 0.5mm, 1.0mm, 2.0mm, 3.0mm, 4.0mm として いる. き裂なしのモデルを含めて計16 のモデルを解析対象としている. き裂 の形状は半楕円として、そのアスペク ト比は 0.5 とした. 解析には, プリポ スト FEMAP とソルバーCAFEM を用 いた.き裂は二重接点で表現している. 溶接止端近傍の要素寸法は 0.1mm 程 度である. 鋼材のヤング率は 2.0 × 10⁵

N/mm², ポアソン比は 0.3 とした. 荷重はモデルの端部に等分布 荷重の引張応力を作用させた.

B からのき裂発生を想定した解析から求めたひずみ範囲とき裂 深さの関係を図5に示す.き裂発生位置に最も近い③位置でひずみ範囲が減少しはじめ、ついで②のひずみ

範囲が減少している.そして,①のひずみ範囲が増加している. このような関係を精査すれば、き裂の発生位置と寸法測定が可 能になるものと考えられる.図5に示した③でのひずみ範囲と き裂深さの関係と、図3に示したひずみ範囲と荷重繰返し数の 関係から, No.5 試験体のき裂深さと荷重繰返し数の関係を求め た. その結果を図6に示す. 図中には、ビーチマークを観察す ることによって求めたき裂深さと荷重繰返し数の関係も示して いる.ひずみ測定結果から推定したき裂深さは、実験結果とほ ぼ一致している.

4. 結論

3次元応力解析と複数のひずみ測定を利用することにより, 疲労き裂発生位置とその進展を計測できる可能性が高いことを 明らかにした.ただし、これを実現するためには、さらなる検 討が必要である.



図6 き裂深さと荷重繰り返し数の関係



2

き裂深さ(mm)

3



0.8

0.6

0.4

0

