

X線回折法を用いた残留応力計測による疲労き裂の検出

関西大学 正会員 ○石川 敏之, 田村 隆佳
 瀧上工業 正会員 奥村 徹, 正会員 松村 寿男
 パルステック工業 内山 宗久, 藤井 通之

1. はじめに

鋼構造物の溶接継手部近傍では、溶接によって引張の残留応力が生じているため、疲労き裂が生じると、引張の残留応力が開放される。したがって溶接部近傍の応力を計測できれば、疲労き裂の発生を予測できるものと考えられる。近年では X 線回折法による残留応力測定装置の小型化、可搬化により、現場での計測が可能になっている。そこで、本研究では、面外ガセット溶接継手の板曲げ疲労試験を行い、X 線回折法を用いた残留応力の計測によって、疲労き裂の発生・進展が検出できるかどうかを明らかにする。

2. 疲労試験

面外ガセット試験体は、板厚 12mm、幅 300mm の主板 (SM490Y) に、板厚 12mm、高さ 100mm のガセットプレートが、6mm の等脚長ですみ肉溶接されている。X 線回折

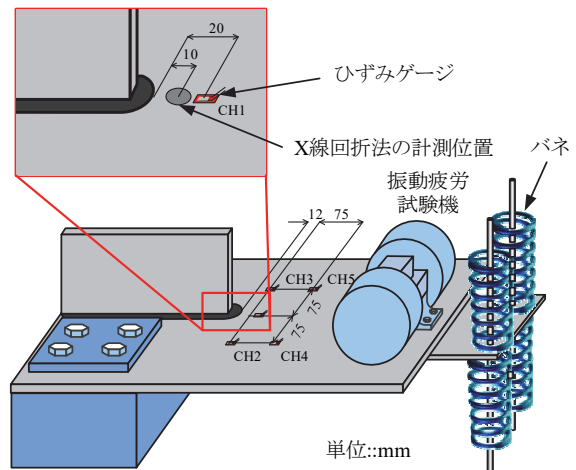


図-1 X線回折法の計測位置とひずみ計測位置

法による残留応力の計測位置およびひずみの計測位置を図-1 に示す。本研究では、板曲げ振動疲労試験機¹⁾を用いて疲労試験を行う。応力比 $R = 0, -1, -\infty$ として、CH2, 3 で計測されるひずみ範囲に弾性係数 $E_s=200\text{kN/mm}^2$ を乗じた応力範囲を $\Delta\sigma=120\text{ N/mm}^2$ として疲労試験を実施した。

X 線回折法を現場測定で用いる際、一般に電解研磨が行われており、その際、部分的な塗膜の剥離にベルトサンダーやディスクサンダーが用いられている。本研究ではこのような事前処理による影響を確認するために溶接のままの状態に電解研磨した試験体 AW($R = -1$)とディスクサンダーで研磨した後に電解研磨を行った試験体 AW-DS($R = 0, -1, -\infty$)を用意し疲労試験を実施した。本研究では、 $\phi 8\text{mm}$ の範囲を電解研磨し、電解研磨深さが $100\mu\text{m}$ となった。ディスクサンダー処理の範囲は $\phi 20\sim 30\text{mm}$ 程度で溶接止端は処理していない。

X 線回折法による残留応力計測は繰返し回数 1~7 万回ごとに実施し、磁粉探傷試験(MT)によってき裂の長さも計測した。試験体をセットした後および応力比 $R = 0, -\infty$ に対してはバネを押し下げあるいは押し上げて平均応力に合わせた後も X 線回折法により残留応力を計測した。

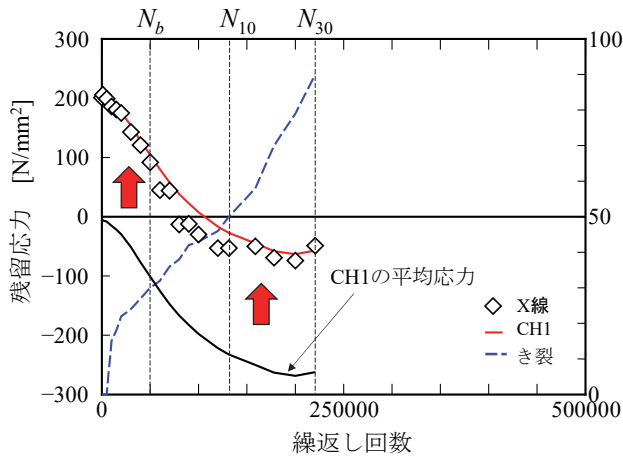
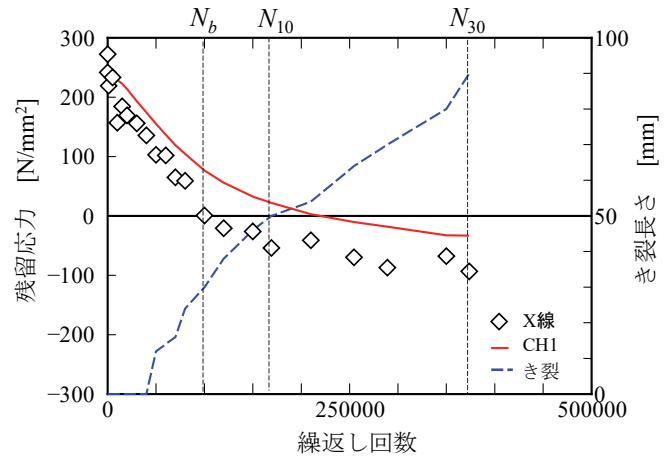
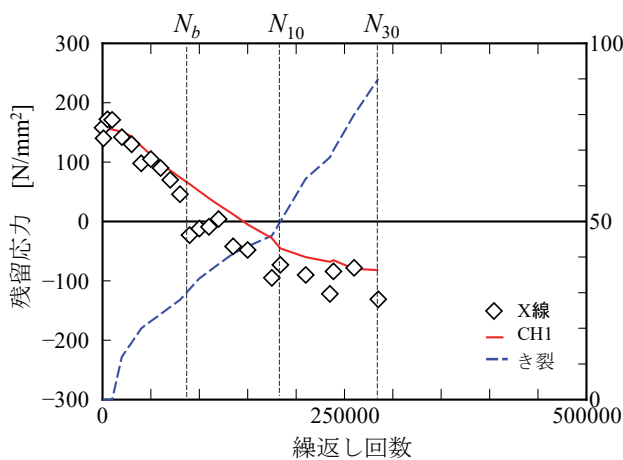
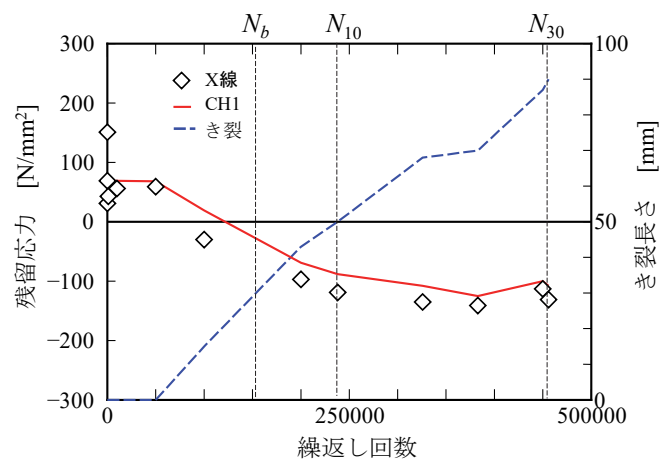
3. 疲労試験結果

疲労き裂は、まわし溶接部の止端から発生し、止端に沿って進展した後、主板に進展した。主板に進展した状態を N_b (き裂全長約 30mm)と定義する。疲労き裂が溶接止端から離れ、主板を 10mm 進展した段階を N_{10} (き裂全長約 50mm)、30mm 進展段階を N_{30} (き裂全長約 90mm)と定義する。 N_{10} から N_{30} に達する間に、試験体の裏面に疲労き裂が発生した。

図-2 に試験体 AW($R = -1$)に対する X 線回折法で計測された残留応力と繰返し回数の関係を示す。この図では、溶接止端部に最も近い CH1 のひずみゲージで計測した平均応力を黒の実線、X 線で計測した応力値を◇印で示している。また、図には計測した疲労き裂の長さを点線で示している。図-2 から、CH1 のひずみゲージで計測した平均応力と、X 線回折法により計測した残留応力が同様な傾向を示すことが確認できる。そこで、

キーワード 疲労き裂, 残留応力, X 線回折法

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL.06-6368-0926

図-2 試験体 AW($R = -1$)の残留応力の変化図-3 試験体 AW-DS($R = 0$)の残留応力の変化図-4 試験体 AW-DS($R = -1$)の残留応力の変化図-5 試験体 AW-DS($R = -\infty$)の残留応力の変化

繰返し回数 0 回における CH1 の初期の平均応力が X 線回折法で計測した初期の値に一致するように平行移動 (赤線) して X 線回折法とひずみゲージで計測した残留応力を比較する. 図より, ひずみゲージ位置が X 線回折法の計測位置より 10mm 溶接止端から離れているため, X 線回折法による計測値と比べて, ひずみゲージの場合の方が残留応力の低下度合いが小さい. しかし, 両者ともに, き裂が溶接止端を離れる N_b の段階で, 既に残留応力が低下していることが計測できている.

図-3~5 に, 試験体 AW-DS($R = 0, -1, -\infty$)の疲労試験結果を示す. 応力比を変化させた場合, X 線回折法により計測した位置では, 200N/mm²程度の残留応力が生じているが, 応力比 $R = 0$ の場合は, あらかじめ引張の応力を与えているので, X 線回折法で計測した残留応力も見かけ上, 上昇している. 同様に $R = -\infty$ の場合も, あらかじめ圧縮の応力を与えているので, 見かけの残留応力が低下している. このような初期の応力に差異があるが, いずれの応力比においてもき裂が発生すると見かけの残留応力が低下しているため, X 線回折法による残留応力計測によって, 疲労き裂の発生が評価できると考える.

4. まとめ

本研究では, 面外ガセット溶接継手の板曲げ疲労試験を行い, X 線回折法を用いた溶接止端近傍の残留応力の計測によって, 疲労き裂の発生を評価できることを明らかにした.

参考文献

- 1) 山田健太郎, 小藺江朋亮, 小塩達也: 垂直補剛材と鋼床版デッキプレートのすみ肉溶接の曲げ疲労試験, 鋼構造論文集, Vol.14, No.55, pp.1-8, 2007.