

板曲げを受ける面外ガセット溶接継手の疲労き裂の発生・進展挙動

法政大学大学院 学生会員 ○木村 直登
法政大学 フェロー 森 猛

1. はじめに

鋼橋に生じる疲労き裂の中には、面外曲げによる圧縮応力の繰返しにより生じるものも少なくない。例えば、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材の溶接部のデッキプレート側に生じる疲労き裂である。圧縮繰返し応力ではき裂が閉じ、き裂は進展しないと考えられる。しかし、溶接部には引張残留応力が生じており、この引張残留応力が原因で面外曲げ圧縮繰返し応力によって、疲労き裂の発生・進展が生じたと考えられる。

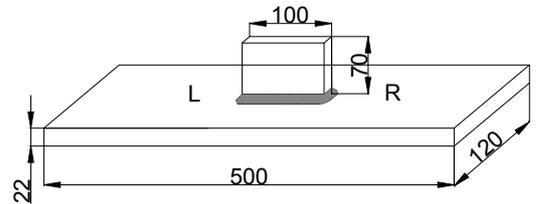


図1 試験体の形状と寸法

本研究では、面外ガセット溶接継手が板曲げ引張繰返し応力と、板曲げ圧縮繰返し応力を受ける場合の疲労き裂の発生・進展性状の相違について検討する。

2. 疲労試験

試験体は図1に示す片面面外ガセット溶接継手である。主板には板厚22mmの溶接構造用圧延鋼材 SM490（降伏応力：375N/mm²，引張強度：529N/mm²，伸び：26%）を用いた。面外ガセットの溶接は、CO₂法（電流：240A，電圧：34V，溶接速度：27～28cm/min）を用いて、すみ肉溶接で行っている。

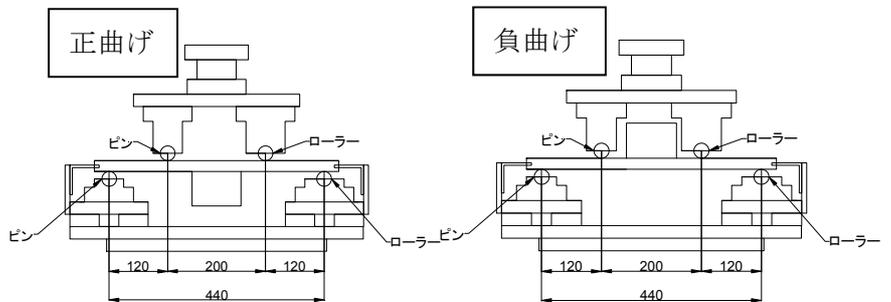


図2 試験体設置状況

表1 疲労試験結果

試験体	応力範囲 (N/mm ²)	荷重繰返し数 (×10 ⁴)	き裂発生位置
T1	150	97.5	L,R
C1	150	727.8	L,R
T2	120	173.8	L,R
C2	120	813.2	L,R
T3	100	357.4	L,R
C3	100	810.7	L,R
T4	150	99.0	L,R
C4	150	470.6	L,R
T5	120	167.3	L,R
C5	120	556.6	L
T6	100	385.1	L,R
C6	100	868.1	L,R

疲労試験は、動的能力100kNの電気油圧サーボ式材料試験機を用いて、支間440mm，荷重点間距離200mmの4点曲げで行った。応力範囲Δσは100，120，150N/mm²の三段階であり，図2に示すようにガセットのない面に載荷する場合を正曲げ，ガセット面を載荷する場合を負曲げとし，それぞれ2体ずつ，計12体の試験を実施した。正曲げ試験体をT，負曲げ試験体をCと呼ぶ。下限荷重は，すべての試験体で1kNとしている。

疲労試験結果を表1に示す。C5試験体を除いて両側(L,R)の溶接部からき裂が発生しており，溶接部に沿って進展した後，板幅方向に主板を進展した。正曲げ試験体ではき裂が主板の板幅を貫通し，負曲げ試験体では板幅を貫通する前にき裂の進展が停留した。疲労破面の例を写真1に示す。負曲げ試験体のき裂形状比(a/b)は0.4以上であったのに対し

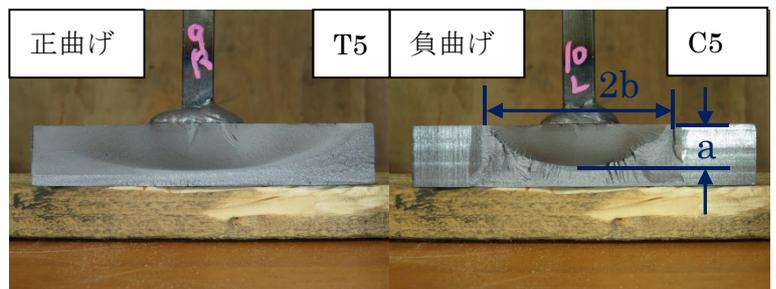


写真1 疲労破面写真

キーワード 面外ガセット溶接継手，板曲げ，引張・圧縮，疲労き裂進展挙動

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町3-7-2 法政大学大学院デザイン工学研究科 TEL 042-387-6287

し、正曲げ試験体ではき裂形状比は 0.3 以下であった。

3. き裂進展曲線

図 3 に溶接止端から 5mm および 15mm 離れた位置に貼付したひずみゲージから求めた荷重繰り返し数に伴うひずみ範囲減少率 α ($= (\Delta\varepsilon_0 - \Delta\varepsilon_n) / \Delta\varepsilon_0$, $\Delta\varepsilon_0$: 初期ひずみ範囲, $\Delta\varepsilon_n$: 繰り返し数 n 回時のひずみ範囲) の変化を示す。図 4 に示す FEM 解析で求めたひずみ範囲減少率とき裂深さの関係からき裂深さと荷重繰り返し数の関係を求めた。その結果の例を図 5 に示す。負曲げは正曲げに比べて、き裂の発生が若干遅い。しかし、き裂発生後のき裂進展曲線はほぼ同じとなっている。他の試験体においても同様の結果であった。

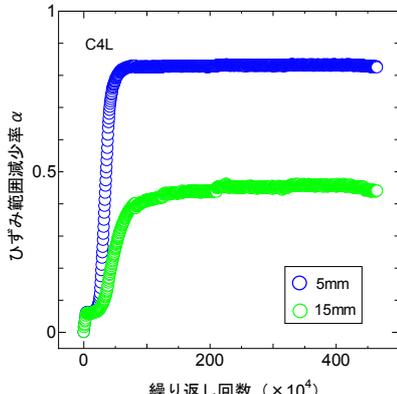


図 3 ひずみ範囲減少率 α と荷重繰り返し数の関係

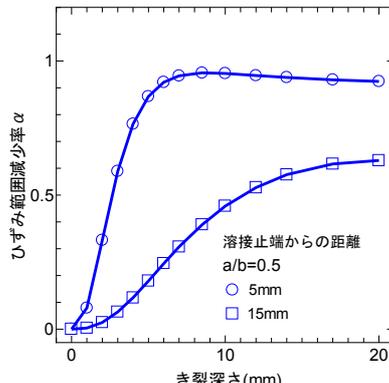


図 4 ひずみ範囲減少率 α とき裂深さの関係

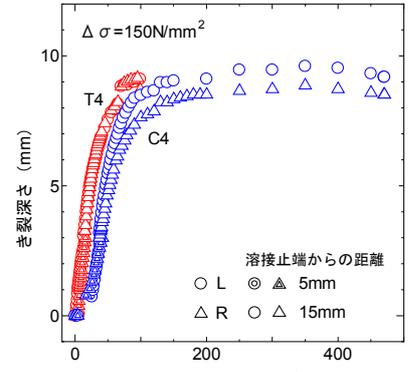


図 5 き裂進展曲線

4. 正曲げと負曲げの疲労き裂の発生・進展性状の相違

荷重とひずみの関係からき裂開閉口挙動を観察した。正曲げではき裂が常に開いていた。負曲げ試験で得られた関係の例を図 6 に示す。このように負曲げではき裂の開閉現象が確認できる。図 6 中の傾きが変化した荷重よりも下でき裂が閉じていると考えられる。き裂開閉口荷重とき裂深さの関係の例を図 7 に示す。き裂深さ 2mm 以上になるとき裂の開閉口が生じ、8mm 以上になるとすべて閉口している。これがき裂停留の原因と考えられる。

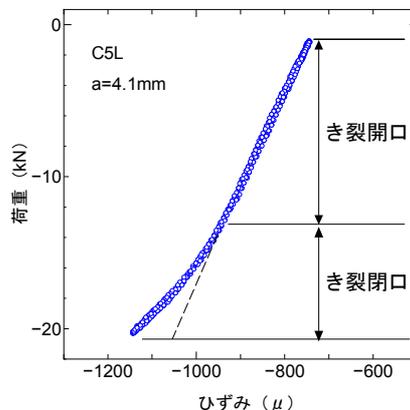


図 6 荷重とひずみの関係

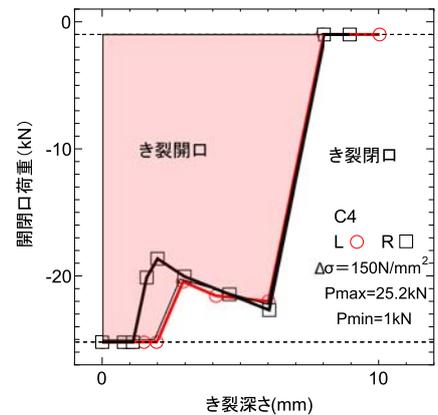


図 7 開閉口荷重とき裂深さの関係

図 8 にき裂の進展領域ごとの疲労寿命と応力範囲の関係を示す。() 内の数値は正曲げの各疲労寿命に対する負曲げの疲労寿命の比を表している。正曲げに比べて負曲げの疲労き裂発生寿命 (0~1mm) は 2.5~6.3 倍と長い。1~3mm, 3~6mm までの負曲げの疲労き裂進展寿命は正曲げの 1.5 倍以下であり、疲労き裂進展寿命の差は小さい。

5. まとめ

正曲げに比べて、負曲げの疲労き裂発生寿命は長い。しかし、1mm から 6mm までの疲労き裂進展寿命は正曲げと負曲げでほぼ同じである。負曲げではき裂の進展が停留する。

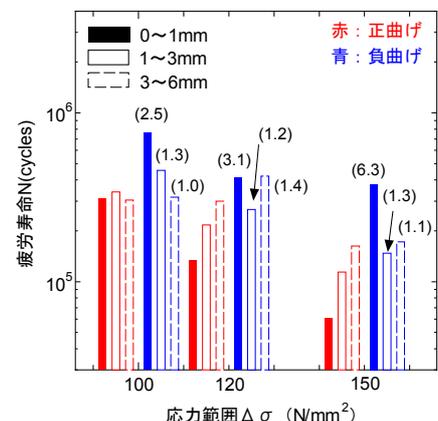


図 8 疲労寿命