### 鋼板の面外変形を伴って発生する疲労き裂の進展挙動

名古屋大学大学院(学生員)三浦聡史 名古屋大学エコトピア科学研究所 正会員 舘石和雄 名古屋大学大学院 学生員 鬼頭和也

# 1.はじめに

実橋にみられる疲労き裂には , 鋼床版における垂直補剛材とデッキプレートとの溶接部のように , 鋼板の面外変形が疲労 き裂の発生および進展に大きく影響しているケースも多いと考えられる、そこで、このような状況下での疲労き裂進展挙動 を明らかにすることを目的として,面外リブを取り付けた試験体主板を面外曲げ変形させることで,まわし溶接止端部に発 生する疲労き裂を再現する疲労試験を行った.

2. 試験方法

|試験体の形状および寸法を図-1 に示す .試験体は .主板に対してリブを完全溶け込み溶接によって接合させた形状である . 疲労試験には, 主板の長手方向の全長が690mm(ボルト孔間500mm)の試験体と890mm(ボルト孔間700mm)の試験体(以 後, それぞれ L500, L700 試験体と呼ぶ) を用いた. 疲労試験の様子を写真-1 に示す. 試験体2体を向かい合わせて, 鋼板 をスペーサーとして試験体両端にそれぞれ 2 枚ずつ挟み込んで,高力ボルトで固定している.上下試験体のリブを疲労試験 機に取り付け,繰り返し載荷を試験体に与えた.このとき,試験体まわし溶接部に圧縮域の応力が常時作用するような荷重 範囲を設定した.このようにして,リプに対して圧縮の繰り返し載荷を行うことで主板に面外変形を発生させ,かつ溶接止 |端部に圧縮応力を繰り返し作用させた.試験条件および試験名を表-1 に示す.なお,以前報告された引張応力を繰り返し作 用させた疲労試験<sup>1)</sup>の条件も合わせて示す.



図-1 試験体の形状および寸法 (unit; mm)



写真-1 疲労試験の様子



写真-2 き裂進展状況

### 表-1 疲労試験条件

	試験体	疲労試験名	荷重新国6N0	最大荷重(kN)	最小荷重な
	L500	L500-∆17	17	-1	-1
		L500-A12	12	-2	-1
	L700	L700-∆8	8	-2	-1
		L700-∆6	6	-2	-
	L500	REF. L500-Δ12T	12	15	

#### 3.疲労試験結果

すべての疲労試験で,疲労き裂は主板側のまわし溶接止端部から 発生し,溶接止端部に沿って進展した後,主板母材部に進展した. き裂進展状況の一例として L700- 8kN 試験でのサイクル数 170 万 回時のき裂を写真-2に示す.いずれのまわし溶接止端部から発生し

8 8 10 L700 REF. L700-△ 8T

た疲労き裂も,き裂発生からまわし溶接部止端に沿ってき裂が進展するまでの挙動は同様の傾向であった.しかし,板幅方 向き裂長が 22mm 程度となり,止端部から主板母材へとき裂が進展していく過程においては,()止端部に沿って進展した 後,進展速度がほとんど変化せずに主板母材へと進展するき裂,() )止端部に沿って進展したところでいったん進展速度が ·遅延し , その後主板母材へと進展するき裂 , ( ) 止端部に沿って進展したところで進展が停止し , 主板母材へは進展しない き裂の3タイプの進展過程がみられた図-2に疲労試験結果のS-N線図を示す図中には板幅方向のき裂長さが52mm(N52 とする)に達したときのサイクル数をプロットした.応力範囲は,はり理論による構造計算で得られた溶接止端部に発生する

応力範囲を公称応力範囲とした.なお,引張領域で行った疲 労試験結果も同時にプロットしている.試験体まわし溶接部 に圧縮領域の応力を作用させた疲労試験で得られた破断寿 命は,引張領域の応力を作用させた過去の試験結果と比べ, 概して大きいといえる.また,疲労試験結果として S-N 線 図上にプロットしていないが,圧縮領域の応力を作用させた 疲労試験では,主板母材部にき裂が進展せず,き裂長さが 52mmに達しない箇所が各疲労試験で必ず1箇所以上存在し た.

# 4. 硬化材注入による疲労き裂進展遅延効果

疲労き裂に対する補修方法のひとつとして,疲労き裂に硬 化材を注入することでき裂の進展遅延を狙う方法<sup>2)</sup>が報告 されている.今回は,この補修方法を溶接部から発生した疲 労き裂に適用した場合のき裂進展遅延効果について検証を 行った.硬化材注入を行った疲労き裂は,L700-8kN疲労 試験において疲労き裂が52mmに達した状態の2箇所のき裂 である(便宜上,一方のき裂をき裂A,もう一方をき裂Bと する.).疲労試験中,き裂が52mm程度にそれぞれ達した 段階で疲労試験をいったん停止し,き裂が最大に開口してい ると考えられる最大荷重(-2kN)載荷時に硬化材を注入し,そ の後,再び繰り返し載荷を継続した.なお,硬化材注入前後 において,最大最小荷重載荷時に疲労き裂の開口量をクリッ プゲージで計測した.硬化材注入前後のき裂開口変位量計測



図-3 板幅方向き裂長さとサイクル数の関係

位置と開口変位量,および注入後の開口変位量を注入前の開口変位量で除した開口変位低減率を表-2 にまとめた.硬化材注入後の板幅方向き裂進展状況を,板幅方向の疲労き裂長とサイクル数の関係として図-3 に示す.き裂A に対してはき裂進展遅延効果が認められたが,き裂B に対してはあまり効果が認められなかったといえる.このことから,硬化材注入によってき裂進展が遅延する場合としない場合があるが,その効果はき裂開閉口幅の低減量で推定できる可能性があるといえる.また,き裂B において,き裂進展遅延効果が認められなかったのは,き裂開口変位量計測で得られた開口変位低減率から考えると,硬化材がき裂に十分浸透していなかった可能性があると考えられる.

5.まとめ

主板の面外変形を伴って溶接止端部に圧縮応力を作用させた疲労試験を行った.試験体まわし溶接部に圧縮領域の応力を 作用させた疲労試験で得られた破断寿命は,引張領域の応力を作用させた試験と比べ,概して大きいといえる.さらに,疲 労き裂に硬化材を注入する補修方法を溶接部から発生した疲労き裂に対して適用した.硬化材注入後の開口変位量を大きく 低減させることができた疲労き裂に関しては,き裂進展遅延効果が確認された.硬化材注入によってき裂進展が遅延する場合 としない場合があるが,その効果はき裂開閉口幅の低減量で推定できる可能性を示した.

### 参考文献

- 1) 小坂田陽平、舘石和雄(2004): 面外変形により発生した溶接部の疲労き裂進展挙動, 土木学会第59回年次学術講演会, I-568, pp.1333-1334
- 2) 舘石和雄,北河一喜,稲葉尚文,冨田芳男(2006):局部加熱を併用した硬化材注入手法による鋼材の疲労き裂進展抑制, 土木学会論文集,No.808 / I-74, pp.193-198

謝辞 本研究は,社団法人日本鉄鋼連盟2005年度「鋼構造研究・教育助成事業」による学生研究補助を受けて行われたものであり,ここに記して謝意を表明します.