

内部欠陥を有する溶接継手試験体の 走査型電子顕微鏡を用いた疲労破面観察

建設省土木研究所 正会員 田中正明
同 上 正会員 西川和廣
同 上 正会員 高橋 実

1. はじめに

近年，鋼少数主桁形式の採用等により厚板の適用例が増加し，厚板溶接継手における内部欠陥の合否判定基準の策定が求められている．この状況を踏まえて，欠陥の種類や位置寸法の違いが疲労強度に及ぼす影響を明らかにするために，各種の内部欠陥を人工的に挿入した溶接試験体に対する疲労試験¹⁾を実施している．

本論文はその一環として，走査型電子顕微鏡(以下，SEMと称する)を用いた疲労試験体破面の観察による，亀裂の発生位置，伝播経路，および破面性状の調査結果について報告する．

2. 疲労試験体

参考文献1)より，図-1に示す多数の試験体に対する疲労試験結果が得られている．これらの試験体内，計13体に対して疲労破面のSEM観察を実施した．ここでは板厚50mmのCR(初層割れ)，LF(融合不良)，およびBH(群集ブローホール)の3種類の欠陥種類からそれぞれ1体ずつを選択した計3体について，観察結果を記述する．

3. SEM観察の方法

疲労試験体をSEM観察可能な寸法に切断加工し，破面をアセトンおよび超音波洗浄により脱脂，洗浄した後に観察を行った．観察は目的によってマクロ組織の観察(倍率15倍)とミクロ組織の観察(倍率100倍~5,000倍)の2種類を実施した．

4. SEM観察の結果

(1) CR試験体

本試験体ではビーチマーク試験を実施している¹⁾ので，所定の载荷回数毎の亀裂形状が写真-1のように破面から観察できる．破面から計測したビーチマークの寸法と载荷繰り返し数を用いて，正規载荷部およびビーチマーク部の载荷1サイクル当たりの亀裂進展量が算出可能である．この値と，5,000倍のSEM観察によって求めた最小ストライエーション間隔の比較を表-1に示す．

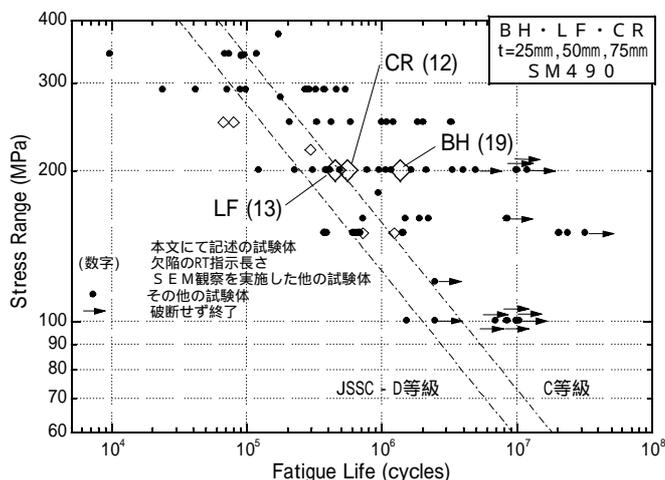


図-1 疲労試験結果(S-N図)¹⁾

表-1 最小ストライエーション間隔の比較

測定位置		最小ストライエーション間隔 (μm)	
記号	種別	SEM観察により計測	ビーチマーク試験結果より算出
A	正規载荷部	0.25 ~ 0.3	0.07
B	ビーチマーク部	0.2	0.01

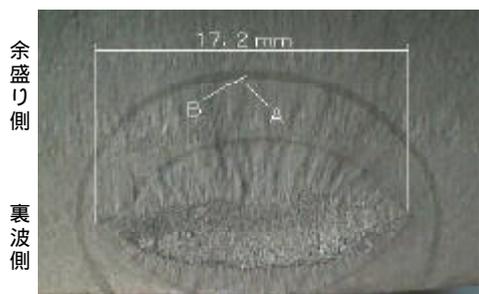
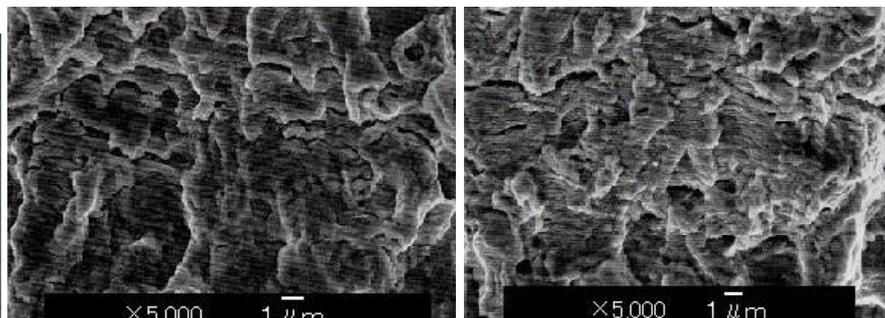


写真-1 CR試験体の欠陥近傍の破面



(A) 正規载荷部 (B) 半減载荷部(ビーチマーク部)
写真-2 CR試験体疲労破面のミクロ組織(×5,000)

キーワード：疲労試験，溶接欠陥，疲労破面，SEM観察，ビーチマーク

構造橋梁部橋梁研究室 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 0298-64-4919 FAX 0298-64-0565

余盛り側

裏波側



写真-3 LF試験体の破面全体

この結果、SEM観察によるストライエーション間隔が、必ずしも1回あたりの進展量に対応するものではないことが分かる。また、正規載荷部とビーチマーク部の比較では両者の差異は小さく、破面上の任意の位置においてストライエーション間隔のみからビーチマークを検出するのは非常に困難であることが分かる。

(2)LF試験体

写真-3に破面全体写真を示す。板厚中央付近に、初期欠陥を中心にして裏波側端部まで達する楕円形の模様が観察できるが、これは亀裂が大気に解放される前後で破面性状が異なることに起因していると考えられる。ミクロ観察結果より、大気解放前の破面は通常の疲労破面とは異なる擬劈開的破面であることが分かった。

また、破面の裏波側から10mm前後の位置に水平方向の段差が見られるが、これは溶接金属(写真上側)と熱影響部(下側)の境界線にほぼ一致している。ミクロ観察により、それぞれの領域を個別に進んだ亀裂が、合流点で段差を生じながら伝播した様子が確認された。

写真-4に欠陥近傍のマクロ写真を示す。初期欠陥の周囲の複数箇所から亀裂が発生し、放射状に伝播した様子が分かる。

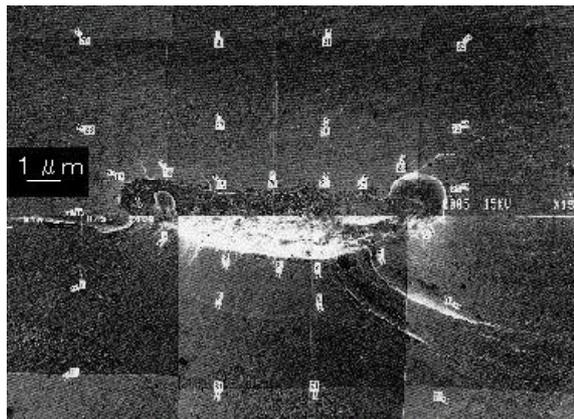


写真-4 LF試験体の欠陥近傍マクロ組織(×15)

(3)BH試験体

写真-5に破面全体写真を示す。初期欠陥から発生した亀裂により破断に至っているが、亀裂の進展する方向が余盛り側に偏っていることが分かる。

写真-6は写真-5における欠陥付近の拡大画像である。数個のブローホールが群集しているが、亀裂の発生点の一つのブローホールの近傍であることが判明した。最初に発生した亀裂が拡大し、隣接するブローホールに達するとそこから亀裂が発生し、合体するという過程を繰り返して進展した様子が分かる。

余盛り側

裏波側



写真-5 BH試験体の破面全体

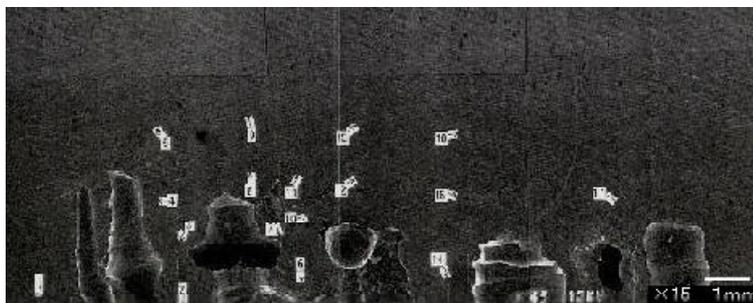


写真-6 BH試験体の欠陥近傍マクロ組織(×15)

4.まとめ

本研究では、疲労試験体の破面に対してSEM観察を実施した。その結果、破面性状や亀裂の発生位置、伝播経路の把握に非常に有効であることを確認した。一方、肉眼で目視困難なビーチマークをSEM観察により識別するのは

困難であることが判明した。このことからビーチマークの詳細な調査は肉眼、実体顕微鏡、およびSEM観察から総合的な判断を行う方法が有効であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 高橋実, 西川和廣, 上仙靖, 田中正明, 川間重一, 三木千壽:「内部欠陥を有する板厚50mmおよび75mmのV形開先突合せ多層盛り溶接継手の引張疲労強度試験」, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集, 2000年9月(掲載予定)