

## スカラップ部の溶接止端押圧による疲労特性向上方法の検討

日本製鉄 正会員 ○島貫 広志, 正会員 米澤 隆行

## 1. 背景と目的

近年は各種ピーニング処理(例えば文献 1)により, 鋼橋をはじめとする実鋼構造物の溶接止端部の疲労特性は格段に向上したが, 部材の配置によってはピーニング処理装置のアクセスが困難で止端処理が難しい場合があり, 構造物の疲労性能のボトルネックとなることが容易に想定される. 具体的には, ピーニング処理では処理装置を打撃する部位に対して垂直に近い角度で保持して処理を行うが, 例えば図 1 に示すような鋼橋の構造において下横構ガセットのスカラップ部では主桁ウェブ側の止端についてはある程度ピーニング処理が可能である. 一方, 下横構ガセット側の止端に処理する場合には垂直補剛材側から処理を行う必要があるが, 処理装置の構造・寸法上, 配置が困難である. また, 斜めから処理することはある程度可能ではあるものの, 角部の処理ではピン先が逃げてしまい, 適正な処理を施すことができないことが多い.

溶接止端からの疲労き裂発生を抑制するには止端部に圧縮残留応力を導入することが効果的であることから, ピーニング処理以外の方法でも圧縮残留応力を導入することができれば効果的であると考えられる. 古くから, 静的に溶接止端部付近を大荷重で押圧することで止端部に圧縮残留応力を導入し疲労特性を向上させられることが示されてきたが, 鋼橋等の施工の現場や施工後の追加疲労対策の施工現場を想定すると, 大荷重の荷重装置を現場に持ち込むことは困難である. そこで著者らは, スカラップ部の溶接止端を軽量かつ比較的簡易な治具で押圧し, 溶接止端部に押圧痕と圧縮残留応力を付与する方法を考案し, その効果について検証した.

## 2. 試験片形状

図1のようなスカラップ部の疲労特性について, 以前, 三木ら<sup>2)</sup>がスカラップ部の隙間を変えて行って例があり, 今回の疲労特性改善の評価はこの文献の試験体を参考に試験片を作製して実験的検討を行った. 検討に用いた試験体の形状を図 2 に示す. 止端疲労対策の難度を高めるため, 垂直補剛材とスカラップ内面部との間隙は 20mm より小さくなるよう設計した. 使用鋼材には板厚 16mm と 9mm の溶接構造用鋼として一般的な SM490B 材を用い, 溶接は橋梁の施工で一般的な FCAW 溶接により組み立てた. なお, こうした構造体は一般的にすみ肉溶接によって施工されるため, すべて脚長範囲を図 2b に規定した隅肉溶接とした. なお, 試験には, 溶接ままの試験体 AW とスカラップ部に下記の疲労対策を施した試験体 LC を二体ずつ準備した.

## 3. 疲労対策方法

図2の試験体のスカラップ止端を静的に押圧して止端部に圧縮残留応力を導入する方法を図3に示す. この方法では押し治具が図1の垂直補剛板に相当する部位との接触面を平面として, 反対側のスカラップ止端にあたる部位を 2mmR のかまぼこ状の形状とすることで, かまぼこ状の押し子の部分の面圧を高め, 垂直補剛板に相当する部位への面圧を小さくしている. このため, スカラップ止端部にのみ大きな押圧応力を与え塑性変形させることが可能となっている. なお, この押し治具は, 基本的にはテーパをつけた三枚の板構造となっており, 中央の状の板を垂直補剛板側の治具とスカラップ側の治具の間に割り込ませることでスカラップ止端を押圧することになる. 本試験では楔の先端角度を  $10^\circ$  と比較的小さくして, 挿入抵抗を緩和している.

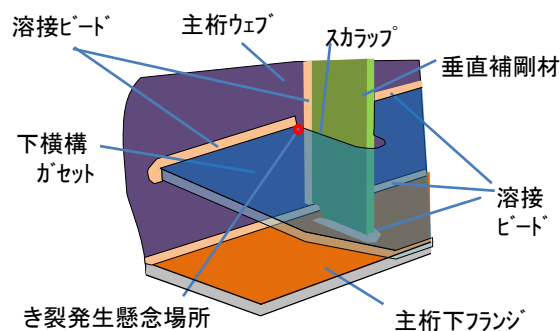


図1 疲労き裂を想定するスカラップ部の例

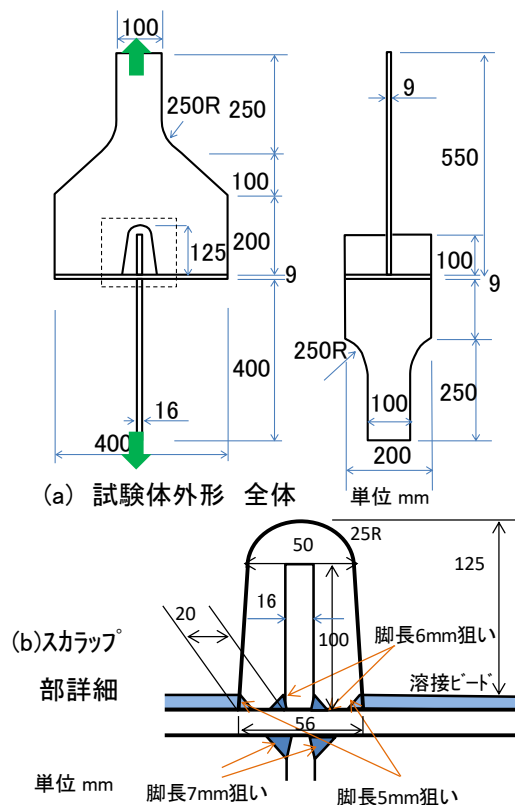


図2 スカラップ部を有する疲労試験体形状

キーワード 疲労強度, 残留応力, Local compression, スカラップ, 溶接止端  
連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 日本製鉄(株) 鉄鋼研究所 材料信頼性研究部

#### 4. スクラップ止端押圧処理

押圧処理の状況を写真1に示す。押圧処理時は摺動面にグリスを塗布し、摩擦ができるだけ生じないよう楔を押し入れた。スクラップ止端部への押圧深さは処理中及び処理後の確認のしやすさから 0.5mm 程度を目安にした。板厚中央付近の押圧部形状を計測した結果の例を図4に示す。スクラップ内部の溶接止端形状の波打ちのため、押し子の先端が止端に正確に当てられず測定位置では押圧位置は止端からの少しずれている。このずれ量は図4から判断して 1.5mm 以下程度であった。一般にピーニング処理を行った場合、打撃部周辺も数 mm 範囲にわたって圧縮残留応力が生じることから、本試験による押圧部付近も同様に圧縮残留応力が生じているものと考えられる。

#### 5. 疲労試験結果

溶接ままの試験体と上記スクラップ部止端押圧処理を行った試験体について 2 段階の荷重レベルで疲労寿命を比較した。試験片はスクラップのガセット止端以外からの疲労き裂の発生が予想されるため、評価部以外の止端については UIT 処理<sup>1)</sup>を行い、疲労き裂を抑制した。

この試験結果を図5に示す。疲労寿命を評価する溶接止端は各試験片について A, B の 2 か所ずつあるが、高荷重側の溶接まま試験体 AW2 では着目した止端から疲労き裂が生じたものの、その他はルート部からの疲労き裂が生じており、本検討の止端処理の効果の定量的な判断は難しいが、定性的には寿命延長効果があることが推察された。つまり、最大荷重 35kN の溶接まま試験片 AW1 と止端押圧試験片 LC1 の比較では AW1 で約 186 万回で疲労き裂がみられた(止端 5mm ゲージ 10% ひずみ低下)もののこのき裂が約 30mm に進展する 292 万回でももう一つの止端からはき裂がみられなかった。一方 LC1 では約 322 万回でルートき裂が発見された。このことから、処理止端は溶接ままの止端やルート部より発生特性が優れていることが推察される。また、最大荷重が 50kN のケースでも AW2 は二つの止端ともに約 18.6 万回で疲労き裂が確認され、78.8 万回で 30mm 程度に達しているのに対し、処理を行った LC2 では 40.3 万回でルートき裂が確認され、もう一つの止端は 66.6 万回でも止端、ルートともにき裂が生じなかった。以上のことから、スクラップ止端の押圧処理による疲労対策は疲労き裂の発生に対して抑制効果が認められたものの、ルート部からの疲労き裂が先行するケースが多く、本来の処理効果を楽しむにはルート部の疲労寿命延長が必要であることが明らかになった。

#### 6. まとめ

疲労き裂対策のためのピーニング処理の困難なスクラップ部の溶接止端に対して、比較的簡易な治具を用いた止端押圧処理による疲労寿命延長方法を提案しその効果を確認した。提案処理の寿命延長効果は見られたもののルートからの疲労き裂が先行するため効果の定量的な比較には至らなかった。本報告で紹介した方法はルートき裂発生抑制技術と組み合わせることで、より明確な効果が確認できるものと推察される。

**参考文献** : 1) G. B. Marquis ら: DOI 10.1007/ 978-981-10-2504-4, 2016. 2) 三木ら: 構造工学論文集, Vol.39A, 989-997, 1993.

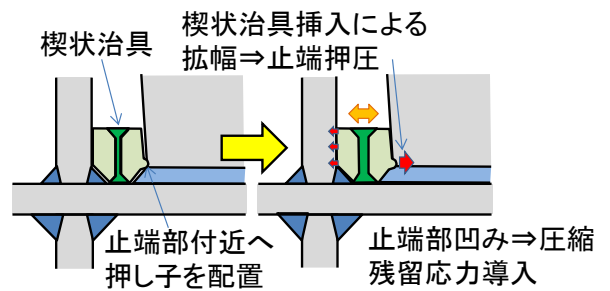


図3 スクラップ部押圧処理要領と治具形状概要

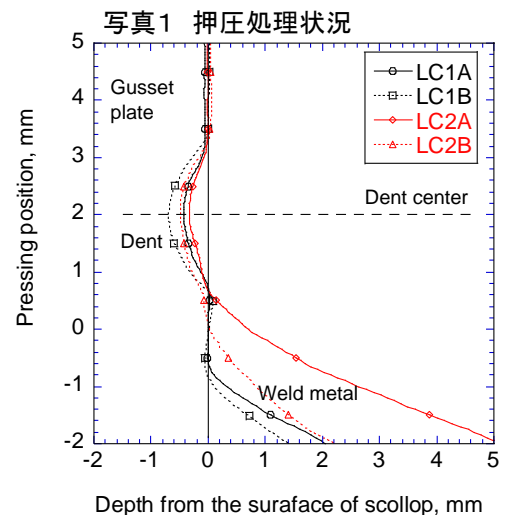


図4 押圧後の止端部断面形状の例

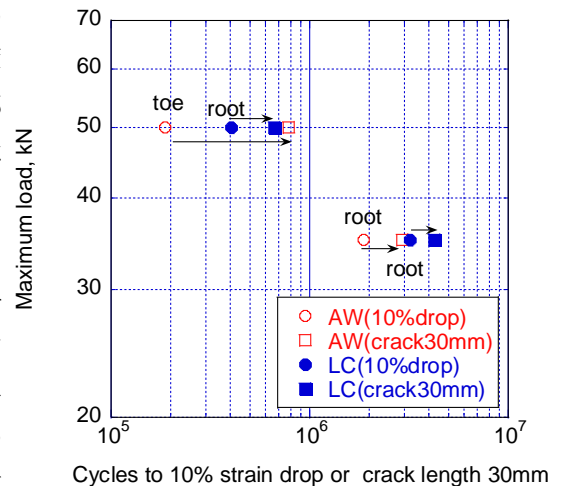


図5 処理の有無による疲労寿命の変化