母材打撃ハンマーピーニングによる継手疲労強度向上に関する研究(第2報) 母材打撃ピーニングによる止端部応力の変化

JFE スチール正会員 森影 康,正会員 中西克佳非会員 伊木 聡,正会員 村上琢哉JFE エンジニアリング正会員 鞆 一, 非会員 土居 真

1.緒言

橋梁および造船分野においては継手疲労強度向上が重要な課題であり,近年,球形の先端を用いて止端を 打撃することによって,止端形状の平滑化と圧縮残留応力の導入により疲労き裂発生の抑制を実現するハン マーピーニングや超音波ピーニング<sup>1)2</sup>処理が提案されている。

また,エアー工具を用いたピーニング処理を溶接継手の母材側に施して疲労き裂発生後の開口部を埋めることにより,その後の疲労き裂進展を著しく抑制させる ICR(Impact Crack Closure Retrofit Treatment)技術<sup>3</sup>が考案されている。

前報においては,ICR 技術を応用した母材打撃ハンマーピーニン グを施した角回し溶接継手の疲労強度向上効果を示した。本研究に おいて,このエアー工具を用いた母材打撃ハンマーピーニング技術 について,その圧縮残留応力導入効果を主に有限要素法解析(FEA) により検証した。



## 2.実験および解析方法

打撃部付近の残留応力を計測するために実験に用いたエアー工 具は,不二空機(株)製フラックスチッパFCH-20を使用した。 ピン(タガネ)の先端は,平坦の矩形(3mm×3mm)とし,角部 には0.5mmのR(丸み)をつけた。図1に示す板厚12mmのSM490Y 鋼板の片面に240A-30V-40cm/minの条件でガセットを溶接して, 残留応力測定用の溶接継手を作製した。ピーニングは打撃痕の端と 溶接金属とのすき間が1mm以下となるように実施した。ピーニン グ施工後の溶接継手を用いて,X線による溶接止端近傍の残留応力 測定を実施した。

一方,図1に示した角回し溶接継手をベースとして,図2に示す 実験で用いた角回し継手の1/4モデルを作成して有限要素ソルバー ABAQUSを用いた3次元FEAを行い,溶接止端近傍におけるピー ニング後の残留応力を計算し導出した。先端ピンの端と溶接止端の 距離は0mmとした。ピーニング前には,溶接後の溶接止端近傍に おける引張残留応力を模擬するため,溶接金属に1500の昇温-冷却による熱ひずみを与えた。図3には,先端ピンによる溶接部の 母材側への押込の様子を示す。ハンマーピーニングによる打撃痕の 形成を模擬するため,実験で用いた先端形状と同様の形状のピンに ついて,母材側を表層から0.2mm静的に押し込んだ後に引抜くこ とによりピーニングを再現した。押込-引抜後の打撃痕の深さは 1.98mmであった。この結果を実験結果と比較した。この押込-引 抜が終了した時点,および試験片のX方向に150MPaおよび250MPa の引張応力を付与した後の溶接止端近傍の応力分布を調査した。





キーワード:疲労 , 溶接継手 , ピーニング

〒273-0002 千葉県千葉市川崎町1番地 TEL:043-262-2446 FAX:043-262-2117

3.結果および考察

3次元 FEA によるピーニング前後における溶接止端付近の残留応力分布計算結果を図4に示す。ピーニング(押込み-引抜き)前は溶接止端近傍において引張側の残留応力が導入されていたが, ピーニング後の 溶接止端近傍においてはほぼ圧縮側に転じていた。溶接止端の位置においては, ピーニング前には約 480MPa の引張応力であったが, ピーニング後に約330MPa の圧縮応力を示していた。

3次元 FEA により母材打撃ピーニングを模擬したピンの押込み - 引抜きを施した角回し溶接継手のピーニング部近傍の残留応力の計算結果を,打撃痕近傍におけるX線を用いた残留応力測定結果と比較して図5に示す。3次元 FEA による計算結果は,実測による残留応力分布と良い一致を示した。

実験および FEA の結果より,圧縮残留応力のピークは,打撃痕より 1mm 程度はなれた位置に存在して いることがわかった。また,3次元 FEA の結果より,先端ピンで母材側を押込んだ後,引抜いて打撃痕を形 成することによって,溶接止端においても圧縮残留応力が存在することがわかった。

押込み - 引抜き後,150MPa 引張付与時,250MPa 引張付与時の各段階における,角回し溶接継手の溶接 止端の応力を,溶接まま(ピーニング前)と比較して図6に示す。ピーニング後に150MPa の引張付与を施 した後でも溶接止端は圧縮の応力を示しており,250MPa の引張付与を施した後においても,溶接ままに比 べて非常に小さな引張応力となっていた。

4. 結言

エアー工具の先端を平坦型として,溶接金属を打撃せずに溶接止端近傍の母材側を打撃することにより, 溶接止端部に強い圧縮残留応力を導入できることを実験による計測および技術計算により確認した。また, ピーニング施工後に150MPa 引張応力を付与した場合でも,溶接止端は圧縮応力となることを確認した。

参考文献

1)野瀬哲郎 , 島貫広志 , 中島清孝 , 鈴木環輝 : 溶接構造シンポジウム講演論文集(2006),219-222

- 原純哉,下田太一郎,出口貴則,毛利雅志,福岡哲二,小汐啓介,加野大地:船舶海洋工学会講演会論文 集,10 (2010),599-602.
- 3) 石川敏之,山田健太郎,柿市拓巳,李薈:土木学会論文集 A Vol.66 No.2(2010), 264-272

