

面外ガセット継手の疲労強度に及ぼすUIT処理の効果の検討試験

トピー工業 正会員 ○山田 聡

日鉄トピーブリッジ 正会員 宮下 敏 北川将士

新日本製鐵 正会員 島貫広志 田中睦人

1. はじめに

溶接継手の疲労強度向上を目的とした止端部処理についてはこれまで様々な検討が行われてきており、近年では、圧縮残留応力の導入と止端形状の改良の効果により疲労強度を向上させるUIT処理が着目されている。UITの効果はこれまでいくつかの引張疲労試験により確認されてきたが¹⁾、板曲げの条件下のデータは山田らの実験²⁾を除けばまだ少ない。そこで、溶接継手の中では比較的疲労強度の低い面外ガセット継手に着目し、UITの処理半径の違い(3R, 5R)、のど厚の違いをパラメータとしてUIT処理の効果を確認する基礎的な試験を行った。

2. 疲労試験

(1) 試験体と試験方法

疲労試験体の形状、寸法を図1に示す。鋼材はSM490を用い、CO₂半自動溶接で施工した。試験体は2系列あり、それらの詳細を表1に示す。Nシリーズ(基本形状)はガセットを脚長6mmですみ肉溶接した。UIT処理は3Rと5Rの2通りで、比較のために5Rのグラインダ仕上げも行った。Dシリーズはのど厚を確保するため脚長を12mmとし、き裂が想定されるまわし溶接ののど厚を増加させた試験体である。DシリーズではUITは3Rで施工した。これらの処理時間は、グラインダと比較して3Rは1/3程度、5Rはほぼ同等であった。

疲労試験は図2に示すように振動モータを用いた曲げ載荷方式で行った。載荷速度は20Hz、応力は過去の実験事例²⁾を参照し、図1に示したまわし溶接から75mmはなれた位置のゲージの値を基準とした。繰り返し数はき裂がまわし溶接部を離れ、母材上で10mmになった時点(N₁₀)とした。今回は曲げ応力下の基本的な挙動を把握するため、全ての試験で応力比は-1としている。

(2) 疲労試験結果

疲労試験の結果を表1に示した。処理半径についてまとめたS-N線図を図3に示す。また、のど厚に着目して整理したS-N線図を図4に示す。面外ガセットを脚長6mm程度のすみ肉溶接で取り付けたものを曲げ応力が生じるように繰り返し載荷した場合、まわし溶接止端から疲労き裂が発生する。止端をグラインダ仕上げ(5R)すると、N₁₀の繰り返し数はJSSCの疲労強度等級で1等級程度上回る。同継手にUIT施工(3R, 5R)すると、今回の曲げ載荷条件ではルートから破壊し、主板一般部の曲げ応力を基準に取るとN₁₀の繰り返し数は溶接ままより3等級程度

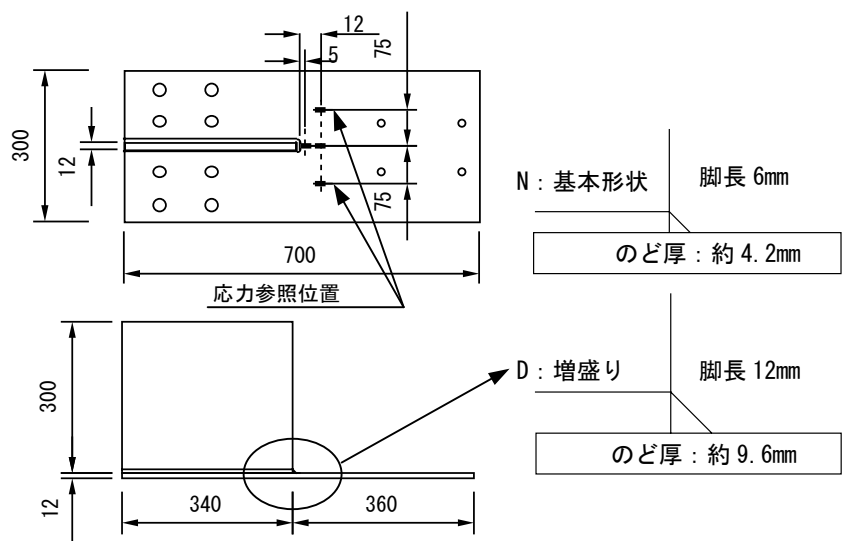


図1 疲労試験体

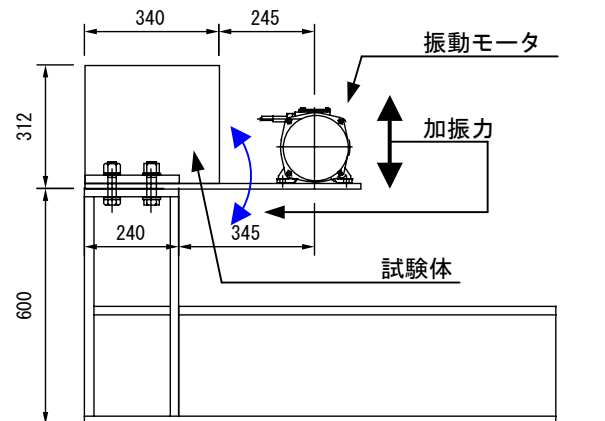


図2 疲労試験方法概要

キーワード UIT, 面外ガセット溶接継手, 曲げ疲労試験

連絡先 〒441-8510 豊橋市明海町1 トピー工業(株) 山田 聡(sat-yamada@topy.co.jp) TEL 0532-25-5354

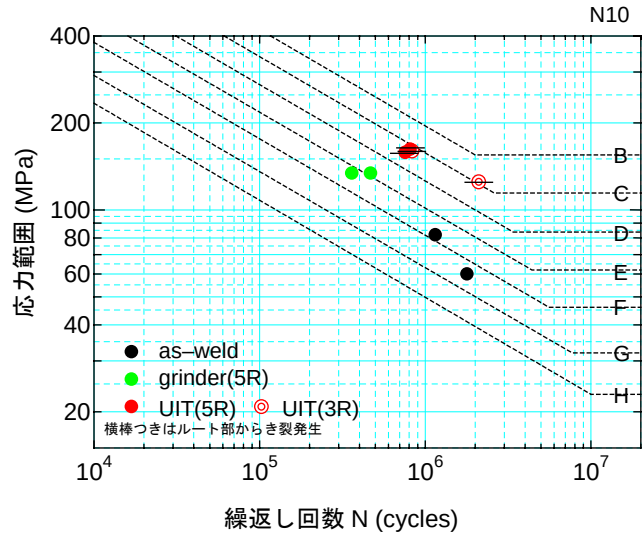


図3 UIT 処理半径による疲労強度

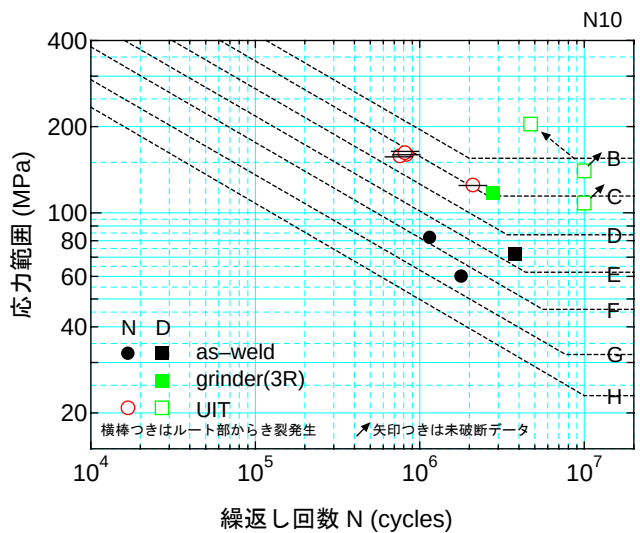


図4 のど厚の異なる場合の疲労強度

上回る。

同継手ではのど厚が増加するほど破断までの繰返し数は長くなり、のど厚を2倍程度に増やした試験体ではさらに1等級程度向上した。また、十分にのど厚を増加すると、疲労き裂の起点はルートから溶接止端側になることが想定される。

3. 残留応力と止端半径

X線による残留応力計測を行って、UIT 処理前後の試験体の残留応力の分布を把握した。結果を図5に示す。溶接ままの状態では溶接部近傍で降伏点に近い引張応力が計測された。3Rおよび5RでUIT 処理を行ったものは止端近傍5mm程度の範囲で降伏点に近い圧縮残留応力状態が確認され、両者はほぼ同様であった。

また、溶接止端の形状を印象材を用いて型を取って止端半径を計測した。溶接ままの場合、止端半径は平均で1.8mm程度、UITの3Rの場合は2.8mm程度(ピン径の実寸3mm)、5Rの場合は4.2mm程度(ピン径の実寸4.7mm)となり、ピンの実寸より0.2~0.5程度小さめになっていた。

4. まとめ

脚長6mm程度の面外ガセット継手に曲げ応力が作用する時(応力比-1)はUIT 処理するとルート破壊となり、疲労強度は溶接ままに比べ3等級程度向上した。のど厚を増加すると疲労強度は向上し、十分なのど厚の場合は止端き裂となってさらに1等級程度向上した。

表1 疲労試験体諸元と試験結果

試験体名	仕上げ方法	脚長	仕上詳細		応力範囲 (MPa)	破壊起点	繰返し数 N_{10} (回)
			UIT	Gr			
NA-1	溶接まま	6	-	-	82	止端	1,150,500
NA-2	溶接まま	6	-	-	60	止端	1,789,600
NG-1	G仕上げ	6	-	5R	134	止端	360,800
NG-2	G仕上げ	6	-	5R	134	止端	467,600
NU-1	UIT	6	3R	-	125	ルート	2,103,000
NU-2	UIT	6	3R	-	160	ルート	831,500
NU-3	UIT	6	5R	-	158	ルート	757,600
NU-4	UIT	6	5R	-	162	ルート	812,000
DA-1	増盛	12	-	-	72	止端	3,798,600
DG-2	増盛+G	12	-	3R	117	止端	2,775,900
DU-3	増盛+UIT	12	3R	-	108	未破断	>10,000,000
DU-4	増盛+UIT	12	3R	-	140	未破断	>10,000,000
↑再試験					204	止端	1,485,000

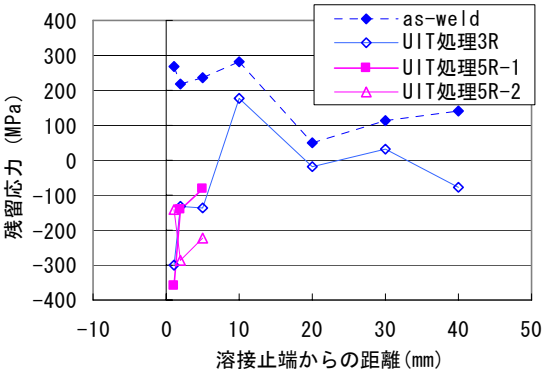


図5 X線による残留応力結果

参考文献：1)宇佐美，森，野瀬，田中：UITを施した面外ガセット溶接継手の板曲げ疲労試験，土木学会第64回年次学術講演会講演概要集，1-149，pp.297-298，2009.9. 2)柿市，山田，石川，田中，島貫，野瀬：UITを施した面外ガセット溶接継手の板曲げ疲労試験，土木学会第64回年次学術講演会講演概要集，1-148，pp.295-296，2009.9.