

繰返し塑性ひずみ下における突合せ溶接継手の強度マッチング特性

○東京工業大学大学院 学生会員 休場 裕子
東京工業大学大学院 学生会員 福田 有樹
東京工業大学 フェロー会員 三木 千壽

はじめに

近年の鋼構造物の大型化，それに伴う鋼材の高強度化により，溶接継手をオーバーマッチングとすることが困難になってきている．溶接金属は，母材よりも高強度のものをを用いることが，通例とされている．しかし，近年の鋼材は，その基準を大きく上回る性能を有することもあり，意図せずアンダーマッチング継手となっていることも多分にある．

溶接金属の強度が母材の強度よりも低い場合，単調载荷の際，その伸び性能に影響を与えることが確認されているが，ある程度までのアンダーマッチングであれば許容できるという報告もある．また，溶接割れ防止の観点からもアンダーマッチングは有効であるとも言われている．しかし，構造物において最も考えられるべきである繰返し载荷において，その継手性能は明らかにされていない．

そこで，本研究では，特に塑性ひずみの繰返しに注目し，繰返し载荷試験により，強度マッチングの影響を検討した．また，溶接欠陥を模したドリル孔を開けた試験片も用意し，強度マッチングと欠陥感度の関係も検討した．

塑性ひずみ繰返し载荷試験概要

試験片は，溶接金属の強度と開先形状の組合せにより，6種類用意した．母材はSM570Q材で，通常用いられている溶接金属に加え，より低強度の490MPa級用および400MPa級の溶接金属を用いて，突合せ溶接を行った．

表-1に試験片の諸元を，図-1に試験片を示す．

溶接余盛は，その付加断面積の影響を除去し，かつ試験中の座屈を防ぐために，削除し，平滑試験片とした．また，試験片中央に板厚方向に貫通した直径2mmのドリル孔を開けた溶接欠陥の存在を模した試験片も用意した．

载荷は，標点距離20mmの変位計を用いて，そのひずみを基準に，変位制御で行った．変位計は，試験片中央に取り付けられ，その標点距離は，溶接部の最大幅とほぼ同等であった．ひずみ範囲は，1.2%と0.6%の2種類行い，いずれ

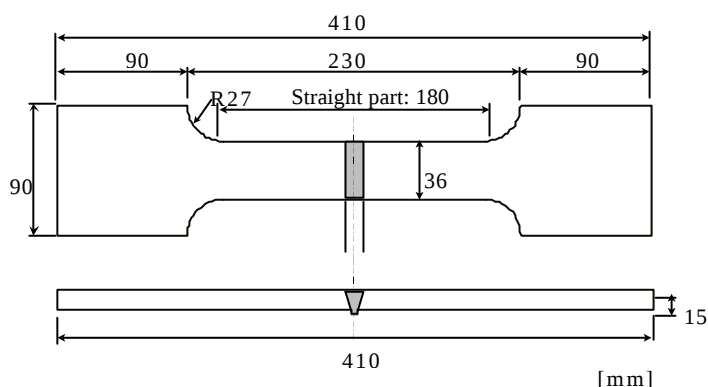


図-1 試験片

表-1 試験片の諸元

溶接金属 (対応母材強度 いふ)	01A 400MPa	DW-100 490MPa	DW-60 570MPa	X 開先	V 開先
開先形状					
X 開先	No.1	No.2	No.3	50° 2~3mm	35° 6~7mm
V 開先	No.4	No.5	No.6		

キーワード：突合せ溶接継手，強度マッチング，塑性ひずみ繰返し試験

連絡先（〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1 緑が丘 5号館 3F，TEL：03-5734-2596，FAX：03-5734-3578）

も最小ひずみは0%とした．1.2%のひずみ範囲は，座屈を起こさずに載荷できる最大のひずみ範囲であった．試験は，最大ひずみでの荷重が5トンを下回ったときを疲労寿命とした．載荷初期の荷重は，いずれも25トン前後であった．

繰返し塑性ひずみ下の溶接継手の強度

図-2に，繰返し載荷試験の結果を示す．結果は，縦軸にひずみ範囲，横軸に疲労寿命をとって，示されている．図中に，*で示してある試験体は，溶接部近傍の母材内でき裂が進展し，それ以外の試験片は，溶接部内でき裂が進展した．

a) 溶接金属の強度および開先形状の影響

1.2%のひずみ範囲において，溶接金属強度の影響をより大きく受けており，疲労寿命の範囲も広く分布している．400MPaクラス用の溶接金属を用いた，No.1とNo.4試験体は，いずれのひずみ範囲においても，極めて低い疲労寿命を呈している．逆に，490MPaクラス用の溶接金属を用いた試験体であるNo.2とNo.5は，通常の溶接継手であるNo.3とNo.6に迫る性能を呈している．

開先形状の違いは，490MPaおよび570MPaクラス用の溶接金属の試験体においては，X開先の方がより多少ではあるが高寿命の傾向があった．さらに，No.2試験体はNo.3試験体といずれのひずみ範囲においてもほぼ同等の性能を示した．今回の両開先には，溶接金属の量に大きな差はなかったため，これらは，X開先の方が，載荷断面内でより対称な材料分布をしていることに起因しているのではないかと考えられる．

さらに，490MPaクラスの試験片の大半において，き裂の進展箇所が，母材内であり，塑性ひずみの繰返しとき裂の進展により，応力-ひずみ関係も変化していることがうかがわれる．

b) モデル欠陥の影響

欠陥を模した直径2mmのドリル孔の影響は，ひずみ範囲1.2%の載荷において，特に，400MPaクラス試験体では，その疲労寿命が100回前後となるなど，No.2試験体を除くいずれの試験体にも顕著に見られた．

しかし，ひずみ範囲0.6%では，モデル欠陥の影響は極めて小さかった．490MPaクラスの溶接継手は，570MPaクラスの継手とほぼ同等であった．この範囲における，両クラスの疲労に対する性能の差は，ないと思われる．

これにより，塑性ひずみの範囲によっては，ある程度のアンダーマッチングは，逆に疲労強度を高める方向に働いている可能性もあるといえる．

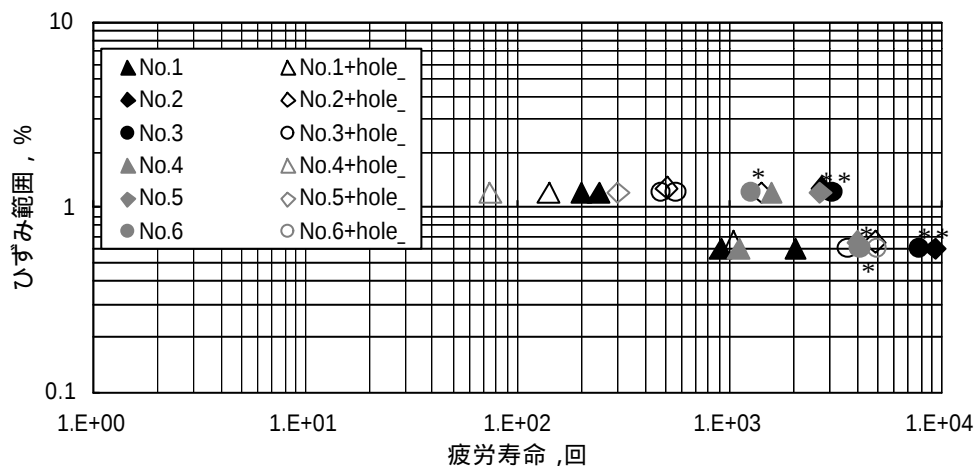


図-2 塑性ひずみ繰返し試験結果

まとめ

本研究で得られた結果を以下のようにまとめる．

1. 溶接金属強度・開先の組合せにより6種類の試験片を用意し，塑性ひずみ範囲の繰返し載荷実験を行った．
2. SM400クラスの継手は，顕著に低い疲労寿命を示したが，SM490およびSM570クラスの疲労寿命間には，明らかな差は見られなかった．
3. 開先形状の影響も，SM490およびSM570クラスにおいて見られ，X開先の方が，高い疲労寿命を得た．
4. モデル欠陥の影響は，0.6%のひずみ範囲においてSM490およびSM570クラスには，小さかった．
5. 総合的に見て，ひずみ範囲によっては，アンダーマッチングが許容できる可能性が示せた．