

名古屋工業大学 学生員 森下 博
 名古屋工業大学 正 買 長谷川 彰夫
 名古屋工業大学 正 員 松 浦 聖

1. まえがき

鋼構造物では、地震時等の過大な外力により塑性変形を受ける可能性がある。本研究ではモデルとして両側切欠き材、溶接継手（横突合せ及び十字隅肉溶接継手）を用い、あらかじめ塑性変形を与えた上で弾性範囲内の荷重に対する鋼構造要素の疲労寿命及びき裂進展状況を実験的に調べた。同様の試験を塑性変形を与えない切欠き材、溶接継手（virgin材と呼ぶ）について実施し、両者の比較検討を行なった。

これまでに塑性変形をもつ鋼材の試験片についてのこの種の研究¹⁾はある程度行なわれているが必ずしも十分ではなく、今回はこれらの結果の確証を得るとともに、主として溶接継手に塑性変形を与えた場合の疲労挙動を調べるために試験を行なった。

2. 試験方法

試験片の製作に用いた鋼材はSS41であり、ミルシートによる機械的性質と化学成分を表-1に示す。試験片は板厚9mmでA～Dシリーズまであり、長手方向が原板の圧延方向と一致するように採取した。切欠き部は機械加工により精度0.1mmを確保した。溶接継手は突合せ溶接ではサブマージーク溶接、隅肉溶接では手溶接を用い、溶接条件はこの程度の継手に関し標準的な仕様とした。図-1にその形状と寸法を示す。試験は電気油圧式動的材料試験機（最大荷重25ton）を用いて行なった。

まず、Aシリーズ（平滑材）を用いて静的試験を行ない、降伏応力及び引張強さの平均値としてそれぞれ29.0、46.9 kg/mm²を得た。次に疲労試験はB（両側切欠き材）、C（横突合せ溶接継手）、D（十字隅肉溶接継手）の試験片を用いて定荷重片振引張で行なった。荷重を与える際の応力設定はBシリーズでは最小断面の、C、Dシリーズでは平滑部の平均応力をもとに最大応力29.0、26.5、23.4 kg/mm²の3種、最小応力3.0 kg/mm²として与えた。波形はサイン波で周波数は試験機の能力から5 Hzとした。なお、塑性変形を与えた試験片（塑性履歴材と呼ぶ）はその平滑部に2%のひずみを与えた。この塑性ひずみは鋼種SS41の場合、ひずみ硬化開始点前後に相当する。

き裂進展速度の測定試験はBシリーズを用い、試験片表面にフラッグゲージ（共和KV-5B、0.2mm間隔）を貼付し、0.2mm進むごとにき裂長さとし繰り返し数を測定した。この時の応力設定は最大応力26.5 kg/mm²、最小応力3.0 kg/mm²である。波形、周波数は疲労試験と同様である。

表-1 使用鋼材の機械的性質と化学成分

	機 械 的 性 質			化 学 成 分				
	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	C ×100	Si ×100	Mn ×100	P ×1000	S ×1000
SS41	29	43	31	10	19	66	19	12

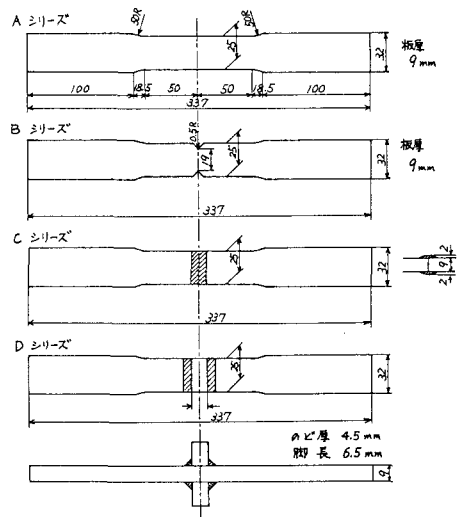


図-1 試験片の形状と寸法

3. 試験結果及び考察

疲労試験結果を図-2～4に示す。両側切欠き材の疲労寿

命の結果を図-2に示す。この結果によれば両側切欠き材では塑性履歴材の方が virgin 材より明らかに疲労寿命が大きい。これは塑性履歴材が塑性履歴を受けた後、切欠き底に圧縮残留応力が発生し、繰り返し引張応力を受けた場合にもその緩和が遅いことによるためと思われる。また試験片の避けられない偏心により virgin 材ではき裂が偏心の大きい側から常に発生しているのに対し、塑性履歴材では必ずしもそうではなかったこともある程度影響していると思われる。

横突合せ溶接継手及び十字隅肉溶接継手の疲労寿命の結果をそれぞれ図-3, 4に示す。この結果によれば溶接継手では両側切欠き材にみられるような塑性履歴の有無による疲労寿命の相違が明確にあらわれず、 virgin 材、塑性履歴材とも結果にばらつきがみられる。これは塑性変形の影響を上回る形で溶接上端部の形状のばらつきや微細な欠陥が影響し疲労寿命を左右したものと推測される。

次に両側切欠き材のき裂進展速度の測定結果を図-5に示す。これをみると 0.2mm のクラックが発生するまでに virgin 材より塑性履歴材の方が多くの繰り返し回数を有し、いったん 0.2mm のクラックが発生した後ではき裂進展状況にはほとんどその違いはみられない。今、0.2mm を初期き裂長とすれば塑性履歴はき裂発生寿命あるいは微視的なごく初期のき裂進展過程に大きく貢献し、き裂進展寿命に影響を及ぼすことは少ないと判断される。

4. 結語

切欠きを有する鋼構造要素では塑性変形を受けることによって疲労寿命が高まる傾向にある。これはき裂進展寿命というより、主としてき裂発生寿命が大きくなるためと思われる。

一方、溶接継手では溶接部の形状のばらつきや微細な欠陥の不可避的存在のため、塑性変形を受けたことによる影響は顕著にあらわれない。

本研究は試験片の数も限られており、塑性履歴も 2% ひずみの一種類の範囲で限られた範囲での結果である。今後の検討を課題としたい。

(参考文献)

1) 片桐、岩佐、杉浦、中沢、小林、引張予加工を与えた低炭素鋼板の疲労き裂進展挙動、日本機械学会講演論文集、NO. 740-10, 1974-11

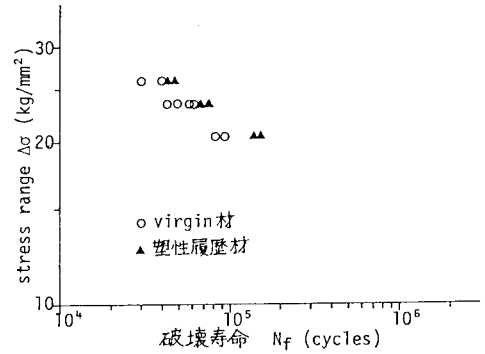


図-2 両側切欠き材の疲労 (B シリーズ)

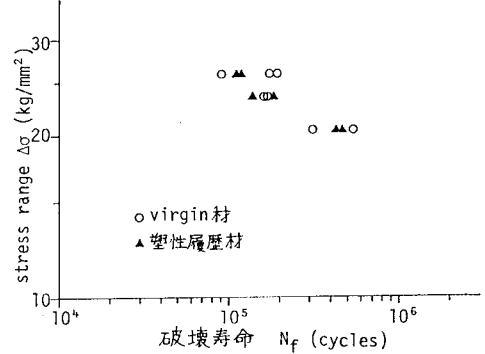


図-3 横突合せ溶接継手の疲労 (C シリーズ)

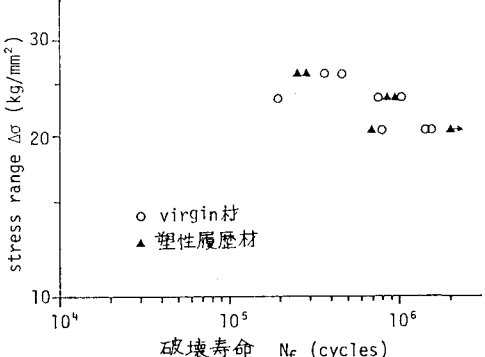


図-4 十字隅肉溶接継手の疲労 (D シリーズ)

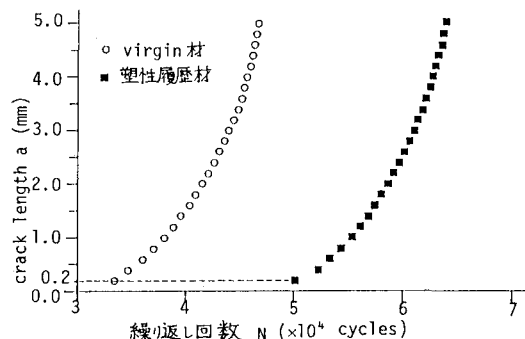


図-5 き裂進展曲線 (両側切欠き材)