

名古屋工業大学 学生員 柴山 昌和  
 名古屋工業大学 正 員 後藤 芳顯  
 東京大学 正 員 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。このような塑性履歴を実験的に与えた鋼構造要素として切欠き部・溶接部について、すでに疲労試験を行いその特性の検討を行った。このうち、鋼切欠き部については、あらかじめ塑性変形を受けたことにより、切欠き底に残留圧縮応力が発生し、疲労寿命が向上するという比較的明確な結果が得られた。しかしながら、上記の実験で与えた塑性履歴は、ひずみ硬化開始前後に相当する、切欠き部中央断面で 2.8% (平滑部で2%) のひずみ1種類のみであり、他の大きさの塑性履歴を与えた場合、残留応力の大きさの変化および材料の劣化の影響も考えられ、塑性履歴の影響は必ずしも明らかでない。本報告では、さらに与える塑性履歴の種類を増やし、これが疲労特性に与える影響を実験的に検討した。なお、塑性履歴の種類としては前回と同じ2.8%ひずみの他に、最小断面に降伏点近傍の平均応力を与えた場合、およびひずみ硬化開始後で引張り強さに近い7.5%ひずみを与えた場合を対象とした。

2. 試験方法：試験片の製作に用いた鋼材はSS41材であり、ミルシートによる機械的性質と化学成分を表-1に、試験片の寸法を図-1に示す。

試験片の製作方法および疲労試験の方法は前回と同様とし、引張り片振試験の応力設定は、降伏応力 $\sigma_Y$ と引張り強さ $\sigma_B$ を用い、有効断面に最大応力としてそれぞれ、 $\sigma_Y$ 、 $\sigma_B/2$ 、 $(\sigma_Y + \sigma_B/2)/2$ 、の3種類を与え、最小応力は $3 \text{ kgf/mm}^2$ とした。試験片は以下に示すように塑性履歴を与えないものと、3種類の塑性履歴を与えたものとした。

- Case 1. 塑性履歴を与えない。
- Case 2. 最小断面に $\sigma_Y$ の平均応力を与える。  
(切欠き中央部のひずみ0.2%)
- Case 3. 切欠き部中央断面に2.8%のひずみを与える。
- Case 4. 切欠き部中央断面に7.5%のひずみを与える。

表-1 SS41材の機械的性質と化学成分

	機械的性質			化学成分(%)				
	Y.P. kgf/mm <sup>2</sup>	T.S. kgf/mm <sup>2</sup>	伸び %	C x10 <sup>2</sup>	Si x10 <sup>2</sup>	Mn x10 <sup>2</sup>	P x10 <sup>3</sup>	S x10 <sup>2</sup>
SS41	32	46	28	12	19	67	14	7

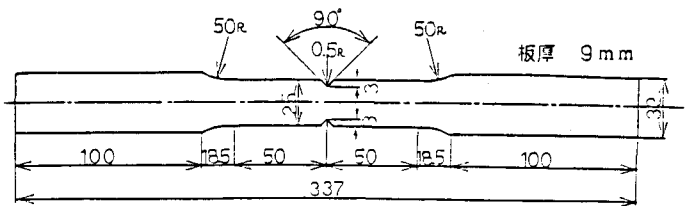


図-1 試験片の形状と寸法

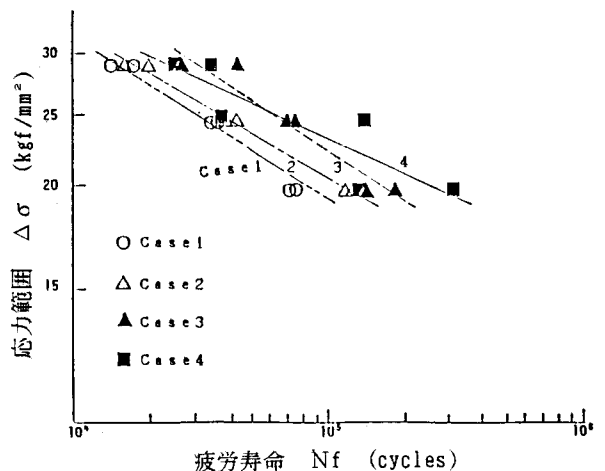


図-2 疲労試験結果

ここで塑性変形はいずれもひずみ制御で与えた。き裂進展速度の測定には試験片表面にクラックゲージ(0.2mm 間隔)を貼付し、き裂が2mm進むごとに繰り返し回数を測定した。

3. 結果および考察: Case 1~4の疲労試験より得られた結果を図-2に示す。直線は最小二乗法により求めた50%破壊確率に相当するS-Nf線である。結果より、Case 2を見ると、わずかではあるが塑性履歴を与えないCase 1より疲労寿命が向上しているが、Case 2より変形の大きいCase 3ほどは疲労寿命は向上していない。これはCase 2では応力集中により切欠き底に発生した残留圧縮応力によりCase 1より疲労寿命は向上するが、Case 3に比べて残留応力が小さいためCase 3ほど疲労寿命は向上しないものと思われる。Case 3とCase 4を見ると、ばらつきが大きい、明らかに塑性履歴を与えないCase 1より疲労寿命が向上している。またCase 3とCase 4を比較すると、両者の疲労寿命に明確な差はない。原因としては、まずCase 4の方が与えるひずみの絶対値は大きい、塑性域の進展により切欠き底でのひずみと他の部分とのひずみの差はCase 3とあまり変わらず、この差に起因する残留応力の大きさもあまり変化しないことが考えられる。さらに、次に述べるき裂進展状況からもわかるように、塑性変形の大きいCase 4では材料が劣化した影響も考えられる。

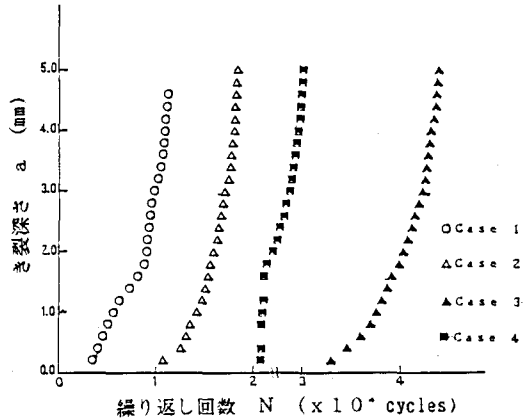


図-3 疲労き裂進展曲線 ( $\Delta\sigma = 29.0 \text{ kgf/mm}^2$ )

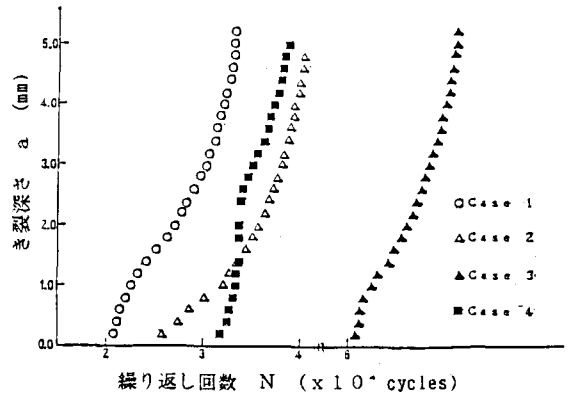


図-4 疲労き裂進展曲線 ( $\Delta\sigma = 24.5 \text{ kgf/mm}^2$ )

き裂進展状況を図-3、4に示す。Case 1、2、3の比較より残留応力は、初期き裂発生までには効果があるが、き裂進展時におよぼす影響は小さいことがわかる。Case 4ではき裂進展速度が他のCaseより明らかに速い領域と他のCaseと変わらない領域がある。これは、Case 4では引張り強さに近い非常に大きな外力を受けたため、材料が劣化した部分とそうでない部分ができ、劣化した部分ではき裂進展速度が、速くなったものと考えられる。

4. 結論: 塑性履歴を受けたことにより切欠き底に発生する残留圧縮応力は、初期き裂発生には効果があるが、き裂進展寿命の向上には効果が小さい。しかしながら、ある限度以上の大きな変形を与えたときは、切欠き部の材料が劣化し、き裂進展寿命は低下する。

<参考文献>

1) 増山・長谷川・後藤・松浦: 塑性履歴を受けた2、3の鋼構造要素の疲労寿命 第39会年次学術講演会講演概要集 I-130 1984