

224 光干渉法による切欠先端のひずみ分布におよぼす試験片形状の影響

東京工業大学 田村 博
加藤 昇
○金 永植

1. 緒言

溶接構造用鋼など延性材料の破壊挙動を解明するためには、切欠先端領域における平面上および厚み方向のひずみ分布におよぼす試験片の厚さ、切欠先端半径など試験片形状の影響を把握する必要がある。従来から、切欠先端のひずみ分布の解析のため、理論的、実験的研究結果が多く報告されている。しかし破壊条件に影響すると考えられる、より重要な因子である切欠先端の厚み方向のひずみ挙動に関する研究は極めて少なく、これらひずみ挙動と試験片形状との相関性については不明な点が多い。前報⁽¹⁾では光干渉法により、三点静的曲げ試験における切欠先端のひずみ分布の測定について報告したが、本実験では同じく切欠先端で生じる平面上および厚み方向のひずみ挙動を連続観察し、これらひずみ挙動と試験片形状との相関性を明らかにした。

表1. 供試材の化学成分および機械的性質

2. 供試材および実験方法

供試材には表1の化学成分および機械的性質のHT 80鋼を用いた。試験片の寸法、形状は図1に示す。切欠先端半径 R_0 は、疲労き裂と0.2 mmのスリットとした。また、切欠の深さは6 mmとしたが、疲労き裂の場合は先端半径0.2 mm、深さ2 mmのスリットを入れたのち、その先端に4 mmの疲労き裂を入れた。さらに、薄板にした場合の曲げによる座屈を防ぐため、種々の厚みのところに図1の点線のような0.2 mm厚さの円形スリットを入れることによって、実際の試験片厚さを2、4、7、10 mmに変えて実験を行なった。試験片は600℃で1時間、応力除去焼鈍を行なったあと、表面をラップ仕上げした。実験装置および実験方法は前報と同じである。

chemical composition(%)									mechanical properties		
C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	V	Y.S. (kg/mm ²)	T.S. (kg/mm ²)	Elong. (%)
.15	.25	.99	.013	.006	.26	.51	.45	.04	80	85	32

図2は負荷状態で切欠先端で生じる厚み方向の平均ひずみと応力比 $\frac{\sigma_m}{\sigma_y}$ (σ_m : 公称応力, σ_y : 降伏応力) との関係を示した。この図によれば、応力の増加に伴う厚み方向の平均ひずみの増加は、試験片の厚さが大になるほど緩慢になる。また、一定の応力を越えると厚み方向のひずみの増加率は大きくなる。このような曲線上の変曲点では、切欠先端の厚み方向の拘束力が解放され、平面ひずみ状態から平面応力状態に変わると考えられる。この点で応力を除いたあと切欠先端で生じる塑性領域を調べた結果、その塑性領域は試験片厚さの約 $\frac{1}{2}$ であった。従って、本実験厚さの範囲内においては、塑性領域の大きさが試験片厚さの約 $\frac{1}{2}$ になると、平面ひずみ状態から

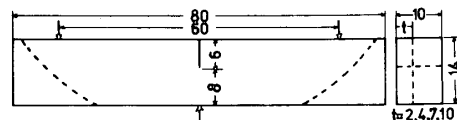


図1. 試験片の寸法(mm)

図2は負荷状態で切欠先端で生じる厚み方向の平均ひずみと応力比 $\frac{\sigma_m}{\sigma_y}$ (σ_m : 公称応力, σ_y : 降伏応力) との関係を示した。この図によれば、応力の増加に伴う厚み方向の平均ひずみの増加は、試験片の厚さが大になるほど緩慢になる。また、一定の応力を越えると厚み方向のひずみの増加率は大きくなる。このような曲線上の変曲点では、切欠先端の厚み方向の拘束力が解放され、平面ひずみ状態から平面応力状態に変わると考えられる。この点で応力を除いたあと切欠先端で生じる塑性領域を調べた結果、その塑性領域は試験片厚さの約 $\frac{1}{2}$ であった。従って、本実験厚さの範囲内においては、塑性領域の大きさが試験片厚さの約 $\frac{1}{2}$ になると、平面ひずみ状態から

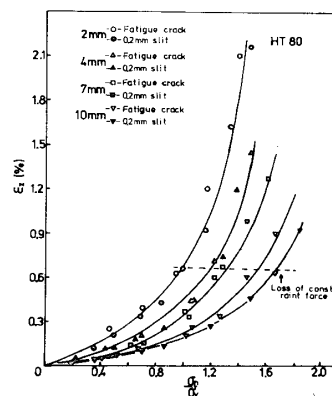


図2. 厚み方向のひずみ挙動

平面応力状態に移ると思われる。さらに疲労き裂と0.2mmスリット切欠の影響は7mm以下の試験片の厚さでは表われていない。しかし10mm試験片厚さの場合は、スリット切欠の方は疲労き裂よりも高い応力で平面ひずみ状態が続くということがわかる。

図3は負荷状態の厚み方向のひずみ ϵ_z と、除荷時の厚み方向の残留ひずみ ϵ_z' の比 $\frac{\epsilon_z}{\epsilon_z'}$ と応力比 $\frac{\sigma_y}{\sigma_y}$ の関係を示したものである。 $\frac{\epsilon_z}{\epsilon_z'}$ の値は、試験片の厚さならびに切欠の先端半径によって大きく影響する。即ち、試験片の厚さが大になるほど弾性ひずみ成分が大きくなるし、同じ試験片の厚さに対しては0.2mmスリット切欠よりも、疲労き裂の方が弾性ひずみ成分が大きくなる。

図4では、疲労き裂の試験片に対して切欠先端の厚み方向の変形量 δ_z とCOD、至との相関性を示した。CODの測定は、き裂先端の様子を2倍に拡大して撮影し、そのFilmを30倍のコンパレーターで切欠先端から0.1mm離れた所の開口量を直接測定した。この図によれば、切欠先端の厚み方向の変形量とCODは切欠先端で表面のひずみがある一定の大きさに達した後では、試験片の厚さに関係なく一定の直線性をもって増加した。従ってこの関係は、

$$\delta_z = C_1 \delta_z + C_2$$

で表現できる。ここで C_1 は材料によって決まる定数で、 C_2 は試験片の厚さによって決まる定数である。本実験材料の、HT80鋼においては、 $C_1 = 1.29$ であった。

図5には厚み方向の変形量と塑性領域の大きさとの関係を疲労き裂試験片に対して示した。厚み方向の変形量は負荷状態で測定した値であり、塑性領域の大きさは除荷後塑性域の一番大きな所の中を取った。これによれば、塑性域の大きさは、試験片の厚さに関係なく、厚み方向の変形量に対して直線性を持つ。この傾向はスリット切欠の場合においても全く同じであった。

4. まとめ

以上、光干渉法を用いて切欠先端の厚み方向の変形量および塑性領域を測定して試験片厚さ、切欠先端半径との相関性を明らかにした。今後はさらに、多くの材料に対して同様な相関性を求めることによって、平面ひずみ、あるいは平面応力状態の境界条件の決定、さらには厚み方向のひずみからCODの連続的な測定などについて、十分検討を行いたい。

1) 田村、加藤、金：光干渉による切欠先端のひずみ分布の測定、溶接学会講演概要20集、P.142

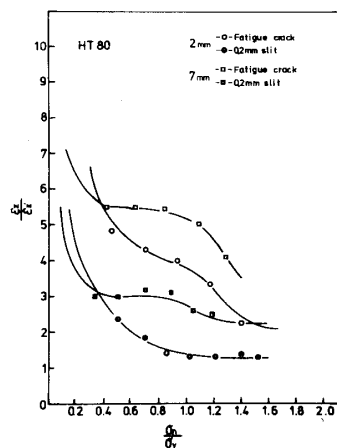


図3 $\frac{\epsilon_z}{\epsilon_z'}$ vs. $\frac{\sigma_y}{\sigma_y}$

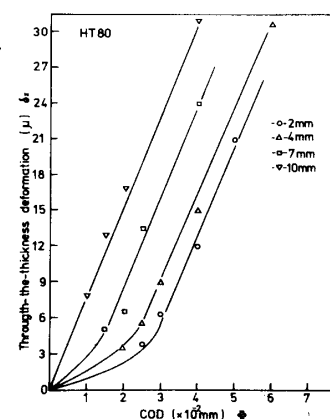


図4. 厚み方向の変形量 vs. COD

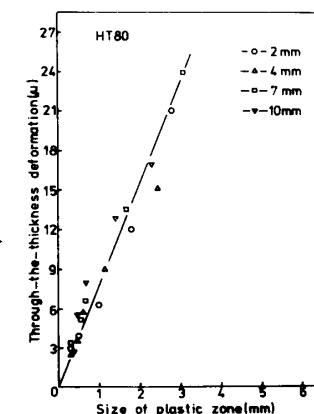


図5. 厚み方向の変形量 vs. 塑性域