

I-A128

切欠き材の塑性変形能力に及ぼす予ひずみの影響

トピー工業株式会社 鉄構事業部 正会員 林 健治
大阪産業大学工学部 土木工学科 正会員 森脇 良一

1. まえがき

構造部材の変形能力は、残留応力や初期たわみなどの初期不整、溶接部の強度的不均質及び形状的不連続による応力集中¹⁾のほかに、溶接に起因する熱加工ひずみ、冷間曲げ加工ひずみや地震時の繰り返し塑性ひずみ²⁾等の予ひずみの影響を受け、鋼素材の変形能力よりも低下することが知られているが、構造部材の塑性変形能力に及ぼす予ひずみの影響を調べた研究³⁾は少なく、その定量化は重要な課題と考えられる。本報告では、予ひずみを受けた切欠き付き試験体の引張試験を通して、切欠き材の塑性変形能力に及ぼす予ひずみの影響を検討し、その定量化への第一歩とする。

2. 実験概要

供試材には板厚19mmのSM490A鋼板(記号:S19)を用いた。その化学成分と機械的性質を表-1に示す。同表には、後述の切欠き材の板幅と同じ大きさの板幅を有する広幅引張試験体の試験結果も併記している。予ひずみを受けた切欠き材の塑性変形能力を評価するために、鋼素材に予め冷間引張加工による塑性ひずみを導入し、切欠きなどの切削加工を行い、図-1に示す形状・寸法の試験体を製作して引張試験を実施した。ここで、切欠き先端の曲率半径 r を4mmと300mmの2段階に変化させ、切欠き底の応力集中係数 α をそれぞれ2.95、1.05とした。便宜上、試験体の記号をN19-80-2(N2)、N19-80-4(N4)とする。なお、試験体の長さ $L=1000$ mm、板幅 $W=80$ mm、標点距離 $GL=300$ mmとし、予ひずみ量は鋼素材の降伏ひずみを基準に、その0倍、5倍、10倍、20倍、30倍、50倍(記号:0D、5D、10D、20D、30D、50D)とした。

3. 実験結果と考察

予ひずみを受けた切欠き材の引張試験結果を表-2に示す。ここで、予ひずみ量は、冷間引張加工により実際に導入された値を示し、切欠き材の降伏応力 σ_{ny} と引張強度 σ_{nu} は、加工後の断面積を用いて、それぞれ部材の降伏時荷重と最大荷重を最小断面部分(ネット断面)における公称応力に換算した値を表す。全伸び δ_{nt} と絞り q は、鋼素材の場合と同様にして求め、一様伸び ε_{nu} は無限遠標点距離に対応するひずみとして算定した。また、最大荷重時の伸び δ は、パソコンに収録されたデータから算定し、平滑材の降伏時伸び δ_y あるいは素材の一様伸び ε_u で無次元化した値を塑性変形能力(δ/δ_y あるいは δ/ε_u)と定義した。エネルギー吸収能 E_u 、 E_u^* には、それぞれネット応力-伸び曲線下の面積を素材の降伏応力と平滑材の降伏時伸びで、素材の引張強度と一様伸びで無次元化した値を用いた。なお、 δ/δ_y と δ/ε_u は延性を、 E_u と E_u^* は靱性を表すパラメータである。

予ひずみを受けた切欠き材の見かけ上の降伏応力は、予ひずみの増加とともに上昇(図-2)し、また、引張強度も予ひずみの増加とともに微増している。ここで、何れも同一材料であるから、切欠き材の加工硬化特性はほぼ同じと考えて差し支えないので、予ひずみ導入後も塑性拘束係数は変化しない、ものと推察される。そこで、加工前の原断面積と加工硬化後の材料の降伏点を求め、その結果から予ひずみ材の降伏応力を再評価した結果を図-2に示す。同図より、塑性拘束係数は、断面積補正と降伏点補正を行うことにより予ひずみ量に影響を受けない、ことが確認された。一方、塑性変形能力(図-3参照)やエネルギー吸収能は、予ひずみの増加とともに減少するが、線形関係は成立しないようである³⁾。

Keywords: 切欠き材、塑性変形能力、予ひずみ

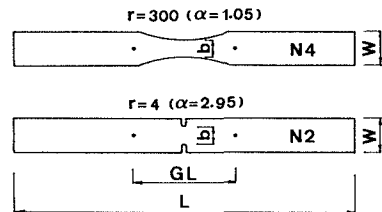
〒441-8510 愛知県豊橋市明海町1番地 TEL. 0532-25-9551 FAX. 0532-25-9557
〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1 TEL. 0720-75-3001 FAX. 0720-75-5044

4. あとがき

本実験により、予ひずみを受けた切欠き材についても、その塑性変形能力とエネルギー吸収能は一对一对応すること、塑性変形能力を予ひずみ導入後の材料の一樣伸びを用いて概算できることが確認されたが、その詳細は発表の当日に説明したい。

参考文献

- 1) 森脇、林：切欠き材の塑性変形能力について、鋼構造論文集、Vol. 2、No. 8、1995
- 2) 大倉ほか：繰返し塑性ひずみが鋼材の破壊靱性に与える影響、鋼構造論文集、Vol. 3、No. 11、1996
- 3) 林ほか：予ひずみを受けた鋼素材の変形能力と破壊靱性に関する研究、材料、No. 410、1987



図－1 試験体の形状と寸法

表－1 鋼素材の機械的性質

板厚 (mm)	試験片 記号	化学成分 (%)						降伏点 σ_y (MPa)	引張強度 σ_u (MPa)	降伏比 YR	全伸び δt (%)	一樣伸び ϵu (%)	絞り q (%)	エネルギー 吸収能 $E u^{1)}$
		C	Si	Mn	P	S	Ceq							
19	SI9	16	34	139	21	8	41	327.1	519.3	0.632	28.4	18.2	56.3	130.5(0.723)
19	SI9 ²⁾	16	34	139	21	8	41	328.2	511.6	0.642	26.8	19.1	50.7	143.5(0.790)

注：1)括弧内の数値は、引張強度と一樣伸びの値で無次元化したものである。

2)広幅引張試験体の結果をまとめたものである。

表－2 切欠き材の引張試験結果

試験体 記号	予ひずみ 量 ¹⁾ $\times \delta y$	降伏応力 ²⁾ σ_{ny} (MPa)	引張強度 ²⁾ σ_{nu} (MPa)	全伸び δnt (%)	一樣伸び ϵnu (%)	最大荷重時伸び $\delta^{3)}$ (mm)	絞り q (%)	エネルギー 吸収能 $E u(E u^*)^{4)}$	パラメータ $m^{5)}$
N19-80-2 (N2)	----	363.3(1.11)	625.2(1.28)	3.6	0.5	6.99(14.65;0.128)	36.7	24.30(0.134)	1.66(1.045)
	5.19	410.3(1.25)	632.3(1.29)	3.2	0.4	5.46(11.45;0.100)	38.4	19.62(0.108)	1.71(1.079)
	10.11	430.2(1.32)	634.8(1.29)	2.9	0.3	4.34(9.09;0.079)	36.1	15.49(0.085)	1.70(1.073)
	20.01	526.1(1.61)	642.8(1.31)	2.5	0.0	3.46(7.26;0.063)	34.3	12.69(0.070)	1.75(1.101)
	30.11	577.5(1.77)	650.4(1.33)	2.3	0.0	3.02(6.32;0.055)	31.8	11.27(0.062)	1.78(1.122)
N19-80-4 (N4)	----	335.2(1.02)	541.3(1.10)	8.3	2.1	12.37(25.94;0.227)	52.6	37.10(0.204)	1.43(0.901)
	5.30	361.5(1.11)	546.2(1.11)	8.3	1.7	11.38(23.87;0.208)	52.9	35.58(0.196)	1.49(0.939)
	9.91	378.2(1.16)	543.8(1.11)	7.7	1.4	10.64(22.30;0.195)	54.0	33.55(0.185)	1.50(0.948)
	19.82	446.9(1.37)	554.1(1.13)	7.2	0.5	7.94(16.65;0.145)	54.8	25.92(0.143)	1.56(0.981)
	30.69	512.5(1.57)	571.3(1.17)	6.4	0.3	5.99(12.56;0.110)	50.0	20.30(0.112)	1.62(1.018)
	45.42	554.9(1.70)	585.6(1.19)	5.9	0.0	3.95(8.28;0.072)	52.9	13.26(0.073)	1.60(1.009)

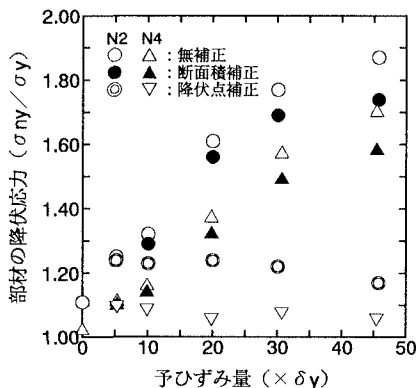
注：1)素材の降伏時伸び（ $\delta y=0.477\text{mm}$ ）の5、10、20、30、50倍を目標に予ひずみを導入した。

2)括弧内の数値は、素材の値で無次元化したものである。

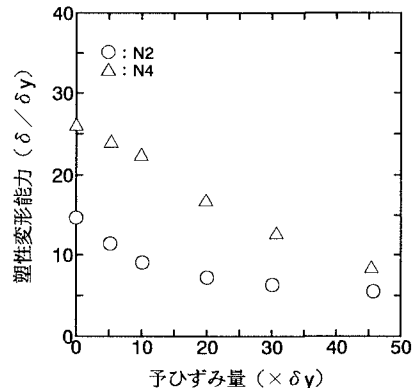
3)括弧内の数値は、素材（平滑材）の降伏時伸びと一樣伸びで無次元化した値を示す。

4)括弧内の数値は、素材（平滑材）の一樣伸び（ δu ）と引張強度で無次元化した値を示す。

5)括弧内の数値は、 $E u^*$ と $\delta / \delta u$ の線形関係を表す比例定数である。



図－2 塑性拘束に及ぼす予ひずみの影響



図－3 塑性変形能力に及ぼす予ひずみの影響