

大阪産業大学工学部

正会員

森脇 良一

トピー工業（株）鉄構事業部

正会員

林 健治

トピー工業（株）鉄構事業部

正会員

○坪井 健一

1. はじめに

建築の鋼構造の分野では、溶接継手の塑性変形能力に及ぼす影響因子を調べ、その定量化を計るとともに継手の変形能力を確保する観点から、性能照査規定の中に継手の塑性変形能力を評価・照査する規定が盛り込まれようとしている。土木の鋼構造の分野でも、先の大震災を契機として、その必要性を指摘する動きがあるが、その研究は始まったばかりであり、大きな課題である^{1)、2)}。本報告は、溶接継手の塑性変形能力を定量化する第一歩と位置付け、2、3 の検討を行った結果を述べるものである。

2. 実験概要

供試材には板厚19mmのSM490A鋼板を使用した。その化学成分と機械的性質を表-1に示す。溶接継手に見られる強度的不均質が部材の変形能力に及ぼす影響を調べるために、図-1に示すような溶接継手（横ビードにC、縦ビードにL、十字ビードにJの記号を用いる）を対象として、切欠き付き引張試験体を製作し、その引張試験を実施した。ここで、切欠き付き引張試験体の長さ $L=1000\text{mm}$ 、板幅 $W=80\text{mm}$ 、リガメント幅 $b=40\text{mm}$ とし、切欠き底の曲率半径 r を4mmと300mmの2段階に変化させ、応力集中係数 α を2.95 (N2)、1.05 (N4)とした。なお、片側に60°のV開先を切削加工により挿入し、電流280amp、電圧30volt、溶接速度50cm/minの溶接条件で CO_2 溶接により3層溶接し、裏面をガウジングした後、同様に溶接を行い、変形が生じないように配慮した。表-2の記号の末尾の記号CとBは切欠きを溶接金属内とボンド部に挿入したケースを表している。

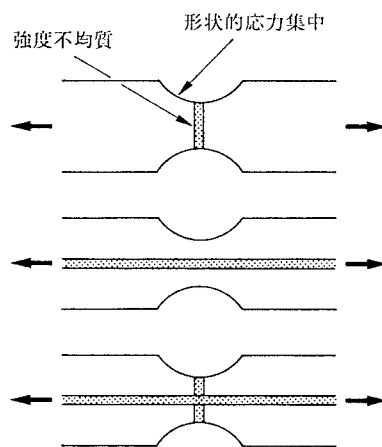


図-1 対象とする継手の力学状態

3. 実験結果と考察

平滑材 (L、C、J) と切欠き材の引張試験の結果を表-2に示す。ここで、最大荷重時の伸び δ を素材の降伏時伸び δ_y で無次元化した値 (δ/δ_y) を塑性変形能力と、最大荷重時までのネット応力-伸び曲線下の面積を素材の降伏点と δ_y で無次元化した値 (E_u) をエネルギー吸収能と定義した。図-2は、各材の公称応力-公称ひずみ曲線を表す。鋼素材S19よりもC、L、Jの順に伸びが低下しているが、継手では、溶接が施されていない切欠き材 (N4-PSとN2-PS) と比較して同程度の塑性変形能力を有している。各材はすべて延性破壊により破断したため、強度的不均質の影響が顕著に現れなかったものと推察される。なお、ボンド部の塑性変形能力は、N2-Jの場合を除いて溶接金属の値よりも幾分低下している。

均質な切欠き材では、 δ/δ_y と E_u との間に線形関係が成立する¹⁾。図-3は、平滑材と切欠き材について両者の対応を調べたものであり、何れの場合も、試験体形状、荷重レベル及び強度的不均質とは無関係に線形関係が成立している。但し、荷重が小さい範囲では、 E_u は δ/δ_y の2乗に比例する。

4. おわりに

以上の結果から明らかなように、 δ/δ_y と E_u との関係は引張部材の一つの特徴とも考えられる^{1)、2)}。

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) 林、森脇：切欠き材の変形能力に及ぼす予ひずみの影響、鋼構造年次論文集、Vol. 6、1998

Yoshikazu MORIWAKI, Kenji HAYASHI and Kenichi TSUBOI

表-1 供試材の化学成分と機械的性質

板厚 (mm)	試験片 記号	化学成分 (%)						降伏点	引張強度	降伏比	全伸び	一様伸び	絞り	エネルギー 吸収能
		C x100	Si x100	Mn x100	P x1000	S x1000	Ceq x100	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	YR	δt (%)	εu (%)	q (%)	$E_u^{1), 2)}$
19	S19	16	35	143	16	9	41	368.6	507.7	0.726	32.7	20.8	65.1	147.5(0.924)

注：1) 最大荷重時までの仕事量を降伏点と降伏時伸びで無次元化したものである。
2) 括弧内の数値は仕事量を引張強度と一様伸びの値で無次元化したものである。

表-2 強度的不均質部を有する平滑材と切欠き材の引張試験結果

試験体 記号	降伏応力 ¹⁾ σ_{ny} (MPa)	引張強度 ¹⁾ σ_{nu} (MPa)	一様伸び ε_{nu} (%)	全伸び δ_{nt} (%)	最大荷重時伸び $\delta^{2)}$ (mm)	絞り q (%)	エネルギー 吸収能 $E_u(Eu^*)^{3) 4)}$	パラメータ m ⁵⁾
L	436.3(1.18)	543.9(1.07)	10.9	21.0	14.92(69.40, 0.599)	55.5	95.03(0.595)	1.369(0.993)
C	356.0(0.97)	510.2(1.01)	13.1	27.9	18.34(85.32, 0.736)	67.9	106.98(0.670)	1.254(0.910)
J	465.3(1.26)	567.7(1.12)	10.4	20.9	12.90(60.02, 0.518)	52.4	86.11(0.539)	1.435(1.041)
N4-L	435.5(1.18)	559.6(1.10)	1.1	8.2	13.07(24.32, 0.210)	49.0	33.80(0.212)	1.390(1.009)
N2-L	510.1(1.38)	665.0(1.31)	0.1	3.8	6.10(11.34, 0.098)	37.3	17.60(0.110)	1.552(1.122)
N4-C-C	399.1(1.08)	549.9(1.08)	2.2	9.3	17.50(32.57, 0.281)	50.3	43.43(0.272)	1.333(0.968)
N2-C-C	524.6(1.42)	659.6(1.30)	0.5	3.9	7.31(13.61, 0.117)	21.2	21.70(0.136)	1.594(1.162)
N4-J-C	456.9(1.24)	582.2(1.15)	1.2	9.3	15.83(29.46, 0.254)	48.4	42.97(0.269)	1.459(1.059)
N2-J-C	599.6(1.63)	686.2(1.35)	0.2	3.3	5.71(10.62, 0.092)	21.4	18.48(0.116)	1.740(1.261)
N4-C-B	423.9(1.15)	583.4(1.15)	1.8	8.3	12.55(23.36, 0.202)	56.8	26.81(0.168)	1.148(0.832)
N2-C-B	584.6(1.59)	655.0(1.29)	0.2	4.2	5.37(9.99, 0.086)	42.5	14.84(0.093)	1.485(1.081)
N4-J-B	379.9(1.03)	541.5(1.07)	1.5	7.3	13.89(25.84, 0.223)	41.0	41.52(0.260)	1.607(1.166)
N2-J-B	559.6(1.52)	641.0(1.26)	0.1	3.5	6.41(11.93, 0.103)	30.2	21.32(0.134)	1.787(1.301)

注：1) 括弧内の数値は、素材の値で無次元化したものである。
2) 括弧内の数値は、素材（平滑材）の降伏時伸びと一様伸びで無次元化した値を示す。
3) 最大荷重時までの仕事量を素材の降伏時伸びと降伏点で無次元化したものである。
4) 括弧内の数値は、素材（平滑材）の一様伸び（ δu ）と引張強度で無次元化した値を示す。
5) E_u と δ/δ_y の関係を表す。また、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。

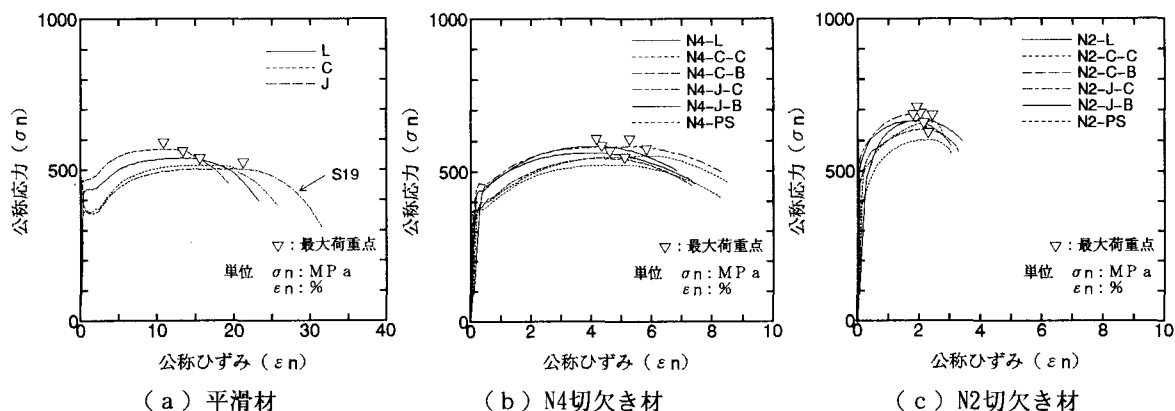


図-2 強度的不均質部を有する平滑材と切欠き材の公称（ネット）応力-公称（負荷）ひずみ曲線

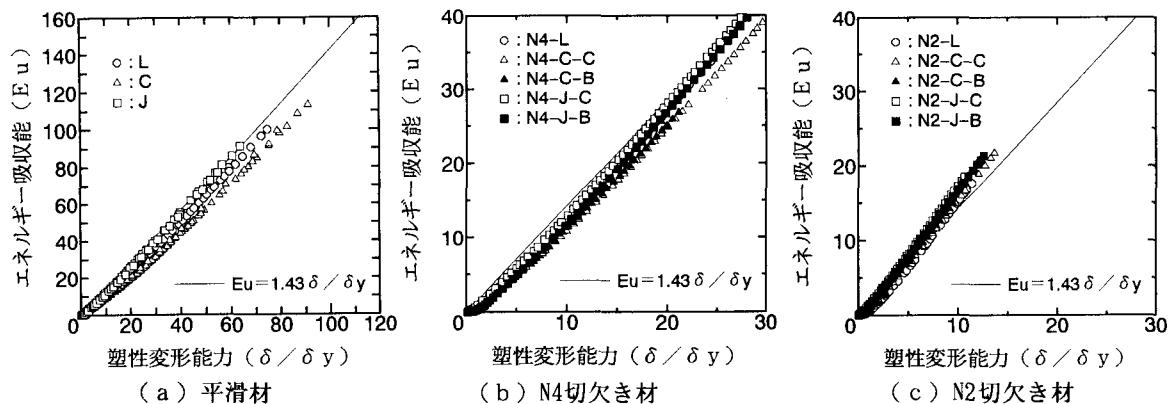


図-3 強度的不均質部を有する平滑材と切欠き材の塑性変形能力とエネルギー吸収能の関係