

切欠き付き引張り材の変形能力と素材の力学的特性

岐阜大学工学部 正 員 森脇 良一

岐阜大学工学部 学生員 長村 徹 トビー工業(株) 正 員○中沢 隆史

1. まえがき 最近、土木鋼構造物の分野において、巨大地震でも構造物が崩壊しない耐震設計法の必要性が認識し始められ、より耐震性を考慮した構造物を建造する機運が高まりつつある。このような背景の下に許容応力度設計法からより合理的な限界状態設計法への移行が着々と進められ、一部ではあるが道路橋示方書の規定に盛り込まれている。また、種々の限界状態に対する構造物の安全性や健全性に関する研究も活発に行われている。しかしながら、これらの研究は、疲労限界状態における構造物の健全性に関する研究を除き、主に、圧縮部材の耐荷力に関するものが多く¹⁾、引張部材の終局限界状態における力学的特性を調べた研究²⁾は非常に少ない。

本報告は、引張部材の塑性変形能力を明かにすることを主な目的として、切欠き付き引張り材（以下、切欠き材と呼ぶこととする）の引張試験を通してその変形能力に及ぼす素材の力学的特性の影響を調べ、限界状態設計法に関する基礎資料を提供するものである。

2. 実験概要 供試材（素材）の機械的性質を表-1に示す。ここで、一様伸びは無縁遠標点距離に対応するひずみと定義し、バルバの方法³⁾により求めた。また、エネルギー吸収能は最大荷重時までの仕事量（荷重-伸び曲線下の面積）と定義し、降伏点と一様伸びで無次元化した値を算定した。

引張部材として切欠き材を考え、長手（軸）方向に荷重を負荷した。試験体の寸法と形状は図-1の通りであり、応力集中の大きさを変化させた4種類（応力集中率 α が1.05、

1.95、2.95、9.95の4ケースであり、簡略のためN4、N3、N2、N1の記号を以下に用いる）の試験体を用いて引張試験を実施した。伸びの測定は差動トランス型変位計を

表-1 供試材の機械的性質

鋼 種	試験片番号	降伏点 σ_y (kg/mm ²)	引張強度 σ_u (kg/mm ²)	降伏比 r	全伸び (%)	一様伸び ϵ_u (%)	絞り q (%)	エネルギー吸収能 E _u
SM41A	S4-1	29.79	43.92	0.678	34.7	27.4	56.8	1.218
SM41A	S4-2	27.99	44.40	0.630	37.2	29.6	55.7	1.493
SM58	S6	55.58	63.64	0.873	22.4	13.8	59.4	1.029
HT80	H8	74.56	80.56	0.926	15.8	8.6	41.2	0.828

表-2 切欠き材の引張試験結果

鋼 種	試験片番号	降伏応力 σ_y (kg/mm ²)	引張強度 σ_u (kg/mm ²)	全伸び (%)	一様伸び ϵ_u (%)	絞 り q (%)	エネルギー吸収能 E _u
SM41A	S4N1-1	33.04(1.11)	47.30(1.08)	2.1	0.2	31.7	9.628
	S4N2-1	33.06(1.15)	50.44(1.05)	2.9	0.6	47.2	19.637
	S4N3-1	32.01(1.21)	49.50(1.15)	3.4	0.7	48.9	16.615
	S4N4-1	32.38(1.18)	45.37(1.10)	8.1	4.0	53.0	37.556
SM41A	S4N1-2	32.18(1.11)	45.53(1.15)	2.0	0.3	26.3	7.265
	S4N2-2	28.80(1.03)	49.89(1.12)	3.4	1.1	43.6	23.551
	S4N3-2	29.40(1.16)	50.35(1.15)	3.7	0.8	47.3	31.102
	S4N4-2	30.89(1.17)	46.22(1.15)	8.6	5.6	53.7	52.727
SM58	S6N1	67.20(1.07)	73.28(1.13)	2.0	0.0	45.8	2.206
	S6N2	64.33(1.03)	73.47(1.13)	1.9	0.0	50.7	2.638
	S6N3	63.25(1.14)	72.81(1.14)	2.4	0.0	57.6	3.655
	S6N4	57.13(1.16)	65.73(1.13)	4.9	1.2	57.2	6.431
HT80	H8N1	88.06(1.09)	88.79(1.03)	0.7	0.0	21.6	0.331
	H8N2	87.57(1.10)	93.04(1.04)	1.1	0.0	29.7	1.314
	H8N3	86.86(1.03)	91.35(1.03)	1.6	0.0	35.0	1.346
	H8N4	77.13(1.03)	84.35(1.05)	3.3	0.0	41.7	3.915

注) 括弧内の数字は、素材の値で無次元化したものを示す。

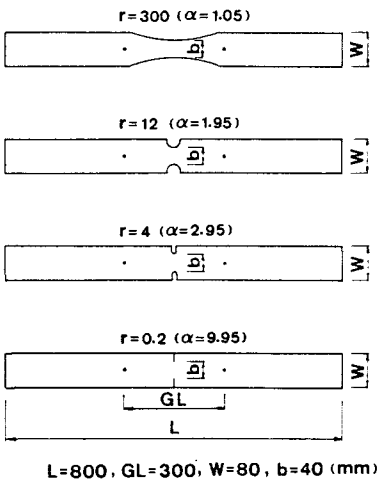


図-1 切欠き材の形状と寸法

用い、標点距離を300mmとした。また、切欠き周辺部のひずみをモアレ法により測定し、切欠き前方のひずみ分布を求めた。なお、以下の図中でS4、S6、H8は、それぞれSM41、SM58、HT80鋼材を用いて製作した試験体を示す。

3. 結果と考察 引張試験を通して得られた結果を表-2に示す。同表から明かなように、切欠き材の降伏応力や引張強度は

塑性拘束（切欠きの存在により切欠き周辺部の変形が拘束されることを意味する）の影響を受け、素材の強度よりも大きな値となっている。一方、一様伸びは非常に小さく、応力集中率が高いほど、また、高強度鋼ほど低下し、試験体全体に渡る一様な伸びを十分に期待することができない（これは切欠きが深く、リガメント部に塑性変形が集中したためである）。図-2はN1とN4の場合の純断面の応力-ひずみ曲線を表す。高張

力鋼ほど変形能力が小さく、最大荷重時以降の降下曲線の傾きが急になり、ねばりのない変形特性を示す。また、応力集中が高くなると、変形能力が低下し、低強度鋼でも変形能力が著しく減少している。図-3、図-4はそれぞれ切欠き材の変形能力に及ぼす降伏比と応力集中率の影響を調べたものである。降伏比 r が大きくなると、変形能力は急激に低下し、 $r=1$ で変形能力はほぼ零に漸近している。応力集中率の低い材ほど降伏比に鋭敏であり、低下の度合いが著しい。また、応力集中率が高いほど変形能力は低下し、低強度鋼ほど顕著である。このような結果は、表-2のエネルギー吸収能においても認められ、本実験の範囲内では、変形能力とエネルギー吸収能は一対一対応する。図-5は、モアレ法により得られた最大荷重時における切欠き前方の引張軸方向ひずみの分布を示す。応力集中率 $\alpha=1.05$ の場合、リガメント中央付近で素材の一様伸びを越える領域が見られ、滑らかな分布形状を示す。逆に、 $\alpha=9.95$ では切欠き底近傍で一様伸びを越える領域が存在し、分布形状が急峻である。また、高張力鋼ほど分布形状が急になり、ひずみ集中を生じ易いことが認められた。いずれの場合も、一様伸びを越える領域が存在し、素材の一様伸びは切欠き材の変形能力と密接に関連するものと推察される。

参考文献 1) 森脇ら、第45回土講、I-17、2) 青木ら、建論、No.320、3) 堀川、土木材料I、共立出版

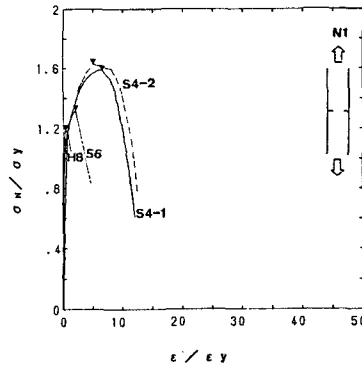


図-2(a) 応力-ひずみ曲線 (N1)

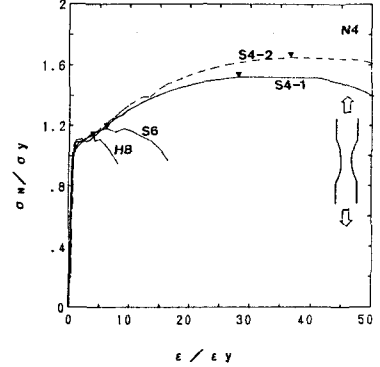


図-2(b) 応力-ひずみ曲線 (N4)

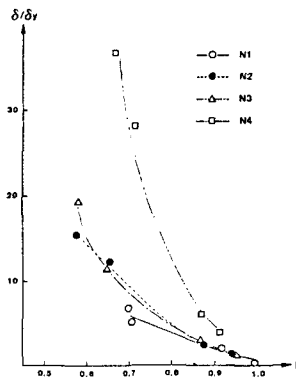


図-3 変形能力と降伏比の関係

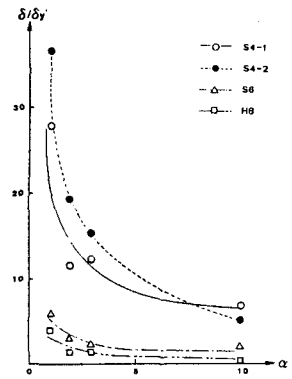


図-4 変形能力と応力集中率の関係

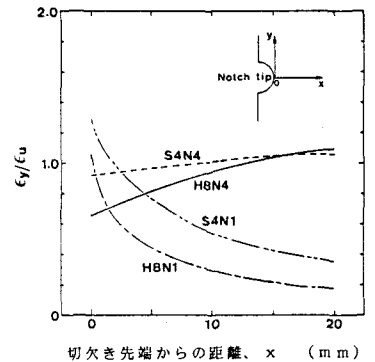


図-5 切欠き前方のひずみ分布