

高応力三軸度の影響を考慮した鋼材の延性破壊性状に関する実験的研究

名城大学大学院 学生会員 ○ 方 星
 名城大学 フェロー 葛 漢彬

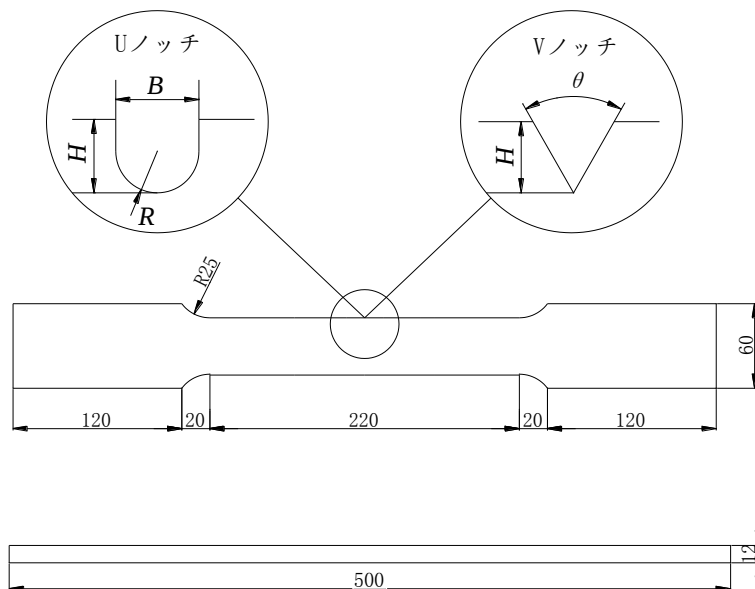
1. 序論

1995 年の兵庫県南部地震では、多くの鋼構造物にて脆性的な破壊が生じた。切り欠きのような欠陥が存在する場合、応力が集中しやすく、応力三軸度が高くなるため、脆性的な破壊が生じやすいと考えられている。鋼構造物の延性き裂発生により引き起こされる脆性的な破壊は、鋼構造の重要な破壊現象の一つであり、溶接鋼構造物の脆性的な破壊を防止するためには、延性き裂発生メカニズムの解明は重要である。

そこで本研究では、片側にノッチを有し、応力状態の異なる場合の溶接構造用鋼の延性き裂発生メカニズムの解明のため、異なるノッチの角度やノッチ半径を有する試験片に単調引張载荷を行うことで、溶接構造用鋼の延性き裂の発生、進展までの現象に及ぼす影響について検討する。

2. 実験概要

本研究に用いた試験片は片側にノッチを有する試験片とノッチを有しない母材試験片である。試験片はいずれも鋼種 SM490Y の鋼板より板厚 12mm で製作している。本研究で用いたノッチは角度の異なる V ノッチ ($\theta=30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ および 134°) とノッチ半径の異なる U ノッチ ($R=2\text{mm}, 3\text{mm}, 4\text{mm}, 5\text{mm}$ および 6mm) の 2 種類を用いる。ノッチ底部の応力状態 (例として応力三軸度) はノッチの形状に伴い変化する。また同一形状のノッチの場合でもノッチ半径と角度の違いによりノッチ底部の応力状態は異なる。本研究で用いた試験片の設計図を図-1 に、試験片の様子を図-2 に示す。実験は 2000kN の万能試験機を用いての単調引張载荷で行い、荷重と変位(標点間距離 200mm の伸びをオーム型変位計により測定)のデータを破断まで取得した。実験中はマクロカメラ 2 台を万能試験機の前に設置し、同じ角度で延性き裂発生と進展の様子を撮影している。本実験でのき裂発生・進展の定義は、目視でノッチ底部に黒点を確認できた時点としている。



Note: $B=2R$, $H=6\text{mm}$

図-1 設計図



(a) U ノッチ試験片



(b) V ノッチ試験片

図-2 試験片の様子

キーワード 延性き裂, 応力三軸度, 切り欠き, 応力集中

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL 052-838-2342

表-1 母材の材料特性

母材	$E(\text{GPa})$	ν	$\sigma_y(\text{MPa})$	$E_{st}(\text{GPa})$	$\varepsilon_{st}(\%)$	$P_u(\text{kN})$	$\sigma_u(\text{MPa})$	伸び率(%)
	207.1	0.287	390.5	5.00	1.48	260.4	547.6	24.2

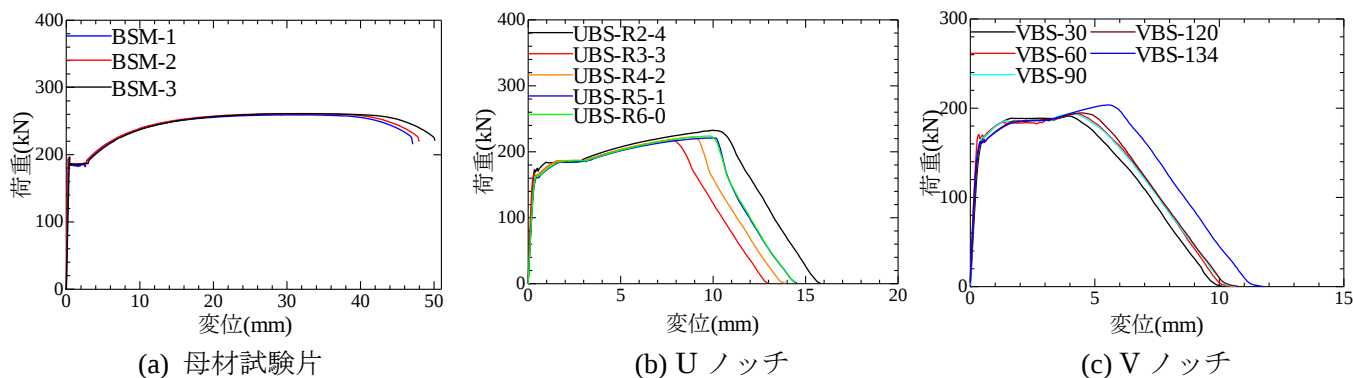


図-3 各試験片の荷重-変位曲線

表-2 実験結果

試験片	き裂発生変位	破断変位	破断荷重	最小断面積
	(mm)	(mm)	(kN)	(mm^2)
VBS-30	1.1	10.1	180.7	388.6
VBS-60	1.2	10.6	182.7	400.4
VBS-90	1.3	10.7	184.9	400.7
VBS-120	2.3	10.7	186.1	387.9
VBS-134	4.3	11.8	196.4	380.9
UBS-R2-4	9.9	15.8	232.7	418.3
UBS-R3-3	7.3	13.1	216.3	396.7
UBS-R4-2	8.9	13.9	222.6	389.9
UBS-R5-1	9.3	14.5	220.3	387.1
UBS-R6-0	10.0	14.6	221.7	397.2

Note: VBS は V ノッチを有する試験片, UBS は U ノッチを有する試験片である.

VBS-○は, ○=ノッチ角度 θ , UBS-R○-□は, ○=ノッチ半径 R , □= (ノッチ深さ H - ノッチ半径 R) を表している.

3. 実験結果

3本の母材引張試験の平均値より得られた材料特性を表-1に示す. 母材試験片とUノッチ試験片およびVノッチ試験片の荷重-変位曲線を図-3に示す. 図-3より, Uノッチの半径とVノッチの角度の減少に伴い, き裂発生時の変位が短くなっていることが確認できる. これはノッチの半径と角度が減少することで, ひずみが集中しやすくなったため, き裂発生時の変位が短くなっていると考えられる. しかし, UBS-R2-4のき裂発生変位が長くなっているが, これはUBS-R2-4試験片のノッチ深さ H が製造誤差で設計値よりも小さく, 最小断面積が大きくなったため, き裂発生が遅くなったと考えられる. 表-2より, UノッチとVノッチの実験結果を比較すると, ほぼ同程度の断面積を有する場合でも, 異なるVノッチの方がき裂発生時の変位が短くなっている. これはVノッチの方がノッチ底部に応力が集中しやすく, 高応力三軸状態になりやすいため, Uノッチと比べてき裂発生が早いと考えられる.

4. 結言

ノッチの角度と半径が小さいほどノッチ底部に応力が集中しやすく, 高応力三軸状態になりやすいため, き裂発生が早いと考えられる. 今後の予定として有限要素解析を行い, 高応力三軸度下におけるき裂発生, 進展, 破断までの影響を解明して高応力三軸度下でも適用可能な延性破壊モデルを提案していく.

参考文献: 1) Kang, L., Ge, H.B., and Kato, T.: Experimental and ductile fracture model study of single-groove welded joints under monotonic loading, Engineering Structures, Vol.85, pp.36-51, 2015.