

鋼材の破壊靱性値に対する塑性変形と切欠き方向の影響

法政大学 正会員 森 猛 東京鐵骨橋梁 正会員 田中雅人
 法政大学 学生員 山田祐三 東京鐵骨橋梁 正会員 入部孝夫
 東京鐵骨橋梁 山田浩二

1. はじめに

脆性破壊に対する抵抗値、破壊靱性値はシャルピー衝撃試験で得られる吸収エネルギーによって表すのが一般的である。鋼材の破壊靱性値は塑性変形を受けることにより低下することが知られているが、そこで使用された試験片は、鋼板の圧延方向に塑性変形を与え、鋼板側面の圧延直角方向に切欠きを有するものがほとんどである。しかし、脆性破壊の原因となる亀裂の向きおよび塑性変形の方法は、必ずしも前述の方法とは限らない。本研究では、圧延方向あるいは圧延直角方向に塑性変形を受けた鋼材の破壊靱性値の方向依存性（表面と側面、圧延直角方向に対する角度）ならびに破壊靱性値に対する塑性変形量の影響について検討する。

2. 実験方法

実験に使用した2種類の鋼板の材質はSM490YB（鋼材Ⅰ、鋼材Ⅱ）であり、ここでは鋼材Ⅰについてのみ述べる。鋼材Ⅰの降伏点は424MPa、引張強さは554MPa、伸びは25%である。この鋼板からその長手方向が圧延方向あるいは圧延直角方向となるように矩形の鋼板[800×116×19(mm)]を切り出した。この矩形鋼板に万能試験機を用いて0%、3%、6%、10%の塑性変形を与え、1時間250℃の時効処理を行った。このような処理を行った鋼材のミクロ組織の例を図1に示す。図中の①、②、③の意味は図2に示す通りである。時効処理後、鋼板の板厚中心部から図2に示すように鋼板の表面あるいは側面から切欠きの向きが圧延直角方向に対して0、45、90°の方向と一致するようなVノッチシャルピー衝撃試験片を採取した。試験片の形状および寸法は、JIS Z2202の4号試験片に従った。シャルピー衝撃試験の試験温度は-40、-20、0、20℃とし、1温度につき3体ずつ試験を行った。

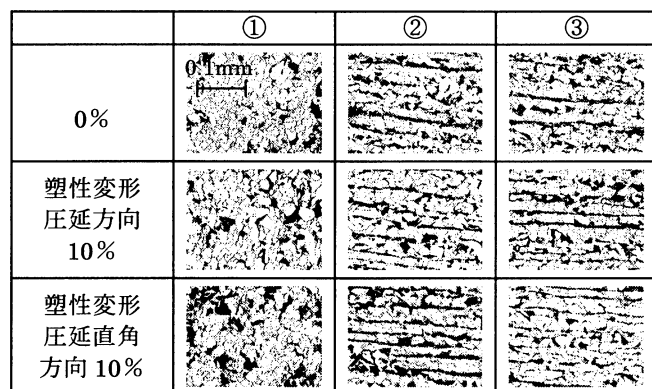


図1 鋼材のミクロ組織

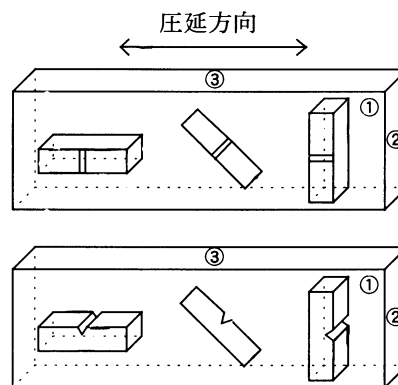


図2 試験片採取方向

3. 実験結果

(1) 塑性変形方向の影響：図3に鋼材の圧延方向と圧延直角方向に塑性変形を与えた場合の吸収エネルギーを比較した例を示す。図中のプロットは1温度につき3体の試験片で得られた吸収エネルギーの平均値である。いずれの試験温度においても塑性変形の方法による吸収エネルギーの顕著な差は認められない。他の塑性変形量、切欠き角度においても同じ結果が得られた。このことは、鋼材が引張塑性変形または、引張変

キーワード：破壊靱性値、シャルピー衝撃試験、塑性変形、切欠きの向き

連絡先 法政大学：〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 TEL 042-387-6279 FAX 042-387-6124
 東京鐵骨橋梁：〒302-0038 茨城県取手市下高井 1020 TEL 0297-78-1114 FAX 0297-78-2681

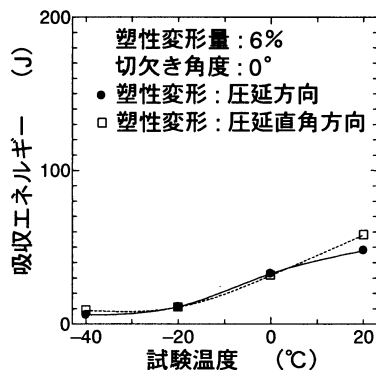


図3 塑性変形方向の影響
(側面切欠き)

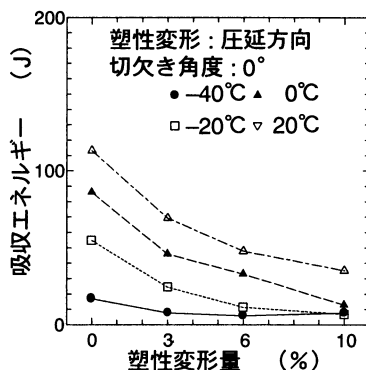


図4 塑性変形量の影響
(側面切欠き)

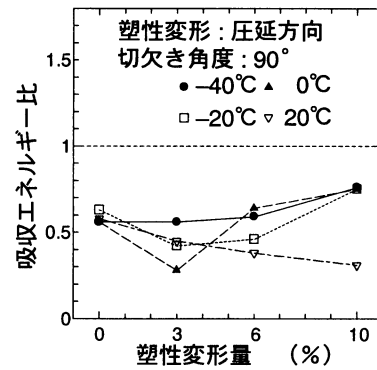


図5 切欠き角度の影響
(側面切欠き)

表1 平均吸収エネルギー比 (切欠き角度 0° を基準)

切欠き角度	側面切欠き		表面切欠き	
	塑性変形方向		塑性変形方向	
	圧延方向	圧延直角方向	圧延方向	圧延直角方向
45°	0.89	0.85	0.71	0.77
90°	0.81	0.76	0.45	0.62

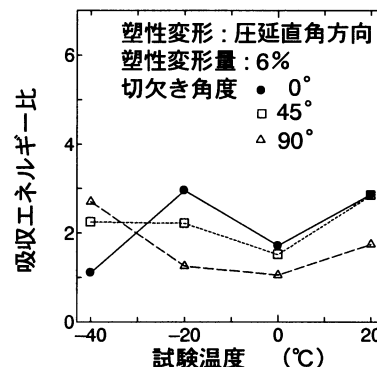


図6 側面切欠きと表面切欠き

形に伴う圧縮塑性変形を受けても吸収エネルギーに差はないことを意味している。

(2) 塑性変形量の影響：図4に吸収エネルギーと塑性変形量の関係の例を示す。塑性変形量が大きいものほど吸収エネルギーが低下している。これは、いずれの切欠きの向き、塑性変形方向においても同様であった。

(3) 切欠き角度の影響：図5は切欠き角度が吸収エネルギーに及ぼす影響を示したものである。図の縦軸は切欠き角度90°で得た吸収エネルギーを切欠き角度0°の吸収エネルギーで無次元化した吸収エネルギー比である。吸収エネルギー比は平均で0.45程度となっている。このような切欠き角度による吸収エネルギーの相違をまとめて表1に示す。従来行われてきた切欠き角度0°での吸収エネルギーに比べて、切欠き角度45°とすれば吸収エネルギーは、その0.71～0.89と低下し、切欠き角度90°とすれば吸収エネルギーはさらに低下し、その比は0.45～0.81となっている。

(4) 側面切欠きと表面切欠き：図6は、側面切欠きと表面切欠きの吸収エネルギーを比較したものである。縦軸の吸収エネルギー比は、表面切欠きで得た吸収エネルギーを側面切欠きで得た吸収エネルギーで無次元化したものである。表面切欠きの吸収エネルギーは側面切欠きの1～4倍程度となっている。このことは、他の塑性変形の向き・量においても同様であった。

4. まとめ

同様の実験を鋼材Ⅱ（降伏点 455MPa、引張強さ 553MPa、伸び 23%）についても行ったが、その結果は鋼材Ⅰと同様のものであった。また、脆性破面率からも各因子の影響について検討したが、結果は吸収エネルギーを用いたものと同じであった。

これまで行われてきた数多くの破壊靱性に関する研究では、塑性変形方向を圧延方向とし、切欠きを圧延直角方向に設けているが、ここでは切欠きを圧延方向に設けた場合に吸収エネルギーが最も低くなるという結果が得られた。このことは、従来の結果を基に亀裂が圧延方向に生じた場合の破壊靱性値を評価すると過大となることを意味している。破壊靱性について検討する場合には、ここで述べた方向依存性について十分注意する必要がある。