

(124) 衝撃引張試験における切欠の影響について

(高速衝撃試験機による鉄鋼材料の
引張特性の測定—II)

東京工業大学

工博 作井誠太・中村正久・○布村成具

Notch Effects at Various Impact-Loading Speeds.

(Measurement of the tensile properties of steels by high-speed impact-testing machine—II)

Dr. Seita Sakui, Tadahisa Nakamura
and Shigetomo Nunomura

I. 緒 言

各種の構造材料が衝撃荷重をうける機会是非常に多い。機械および構造物には複雑な形状をなすものが多く、そこには各種の切欠効果を生じる。この切欠効果は荷重速度が大となれば、静的な場合に比較していちじるしいことが予想される。このことに関しては変形速度約 5 m/s の Charpy 衝撃曲げ試験によつて非常に歴大詳細な報告がある。しかし曲げ応力と同様に基本的な引張応力における切欠効果について、高い変形速度で系統的に取扱つた報告は少い。著者は前報に報告した高速引張衝撃試験機を用い主として軟鋼の切欠試験片について変形速度 100 m/s までの実験を行ない、二、三の注目すべき結果を得たのでここに報告する。

II. 実験の概要

実験は主として 0.11%C, 0.20%Si, 0.59%Mn, 0.025%P, 0.019%S の低炭素キルド鋼について行なつた。試料は分塊、圧延した 102 mmφ, 122 mmφ のビレットより 25 mmφ の丸棒を鍛造し、900°C, 1 h 加熱後炉冷した完全焼鈍状態のもの（結晶粒度 ASTM 7.5）から Fig. 1 に示すごとく試験片を作製した。切欠半径 $\rho=0.10$ mm 以下のものはグラインダー加工によつた。切欠形状の精度は拡大投影器により検査した。

試験機は前報に述べた回転部総重量約 2.3 t の円板の回転エネルギーによるもので、最大荷重 10 t 試験変形

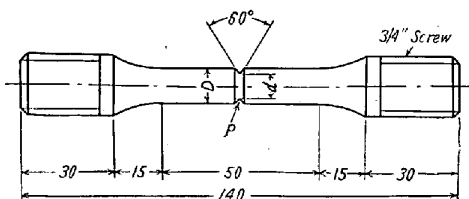


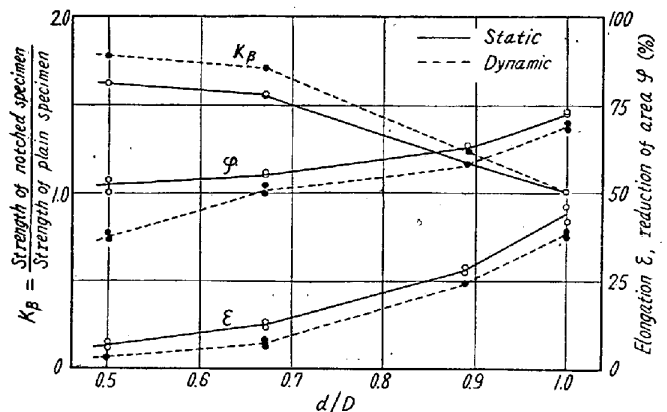
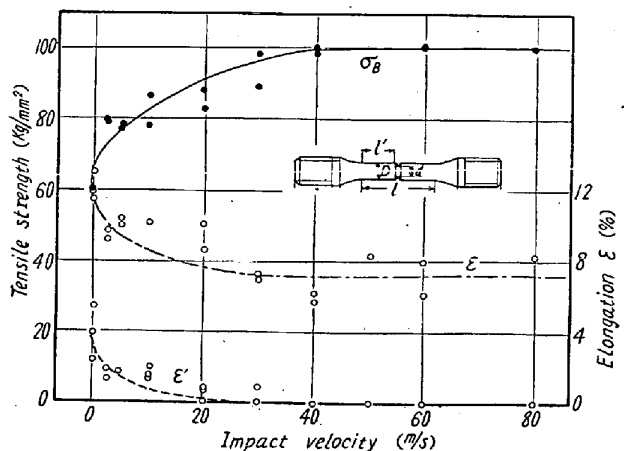
Fig. 1. Shape and size of the test piece.

速度範囲 2.5 m/s~140 m/s のものである。試験結果として一般の引張試験値の他につぎの値 K_β を求めた。

$$K_\beta = \frac{\text{切欠試験片の引張強さ}}{\text{平滑試験片の引張強さ}}$$

(1) 切欠部直径 d および切欠半径 ρ をおのおの 8 mmφ, 0.50 mm として外径 D を変え、 d/D (切欠の割合) と K_β , 伸び ϵ および断面収縮率 φ との関係を静的および動的 (変形速度 10 m/s) に測定した結果を Fig. 2 に示す。応力集中と変形拘束によつて全測定値を通じて $K_\beta > 1$ であつた。この実験の範囲において切欠の形状の影響としての特異点は認められなかつたので以下の実験には $d/D=2/3$ を用いることとした。

(2) $d/D=2/3$ とし切欠半径 ρ を ∞ , 2.0 mm~0.05 mm に変化させた場合の変形速度の影響を調べた実験のうち、 $\rho=0.50$ mm の場合の実験結果を Fig. 3 に示す。 ϵ および ϵ' はおのおの切欠部を含む部分および含まぬ部分の伸び率で切欠部の変形量は変形速度 30 m/s

Fig. 2. Effects of d/D ratio on K_β , elongation and reduction of area ($\rho=0.50$ mm, $d=8$ mmφ).Fig. 3. Variations of tensile strength and elongations of the parts including and excluding the notched portion vs. impact velocity ($\rho=0.50$ mm).

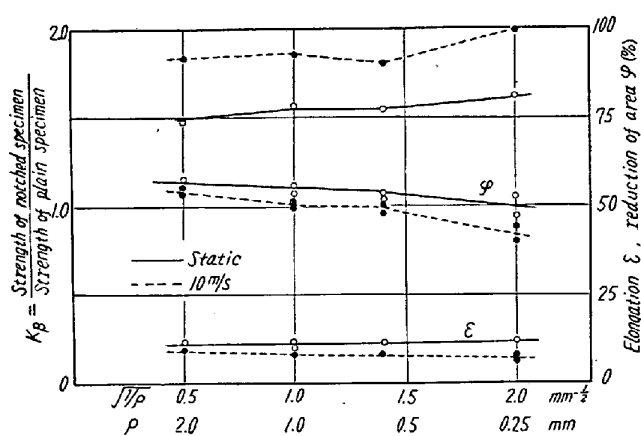


Fig. 4. Effects of the radius of curvature at the root of the notch on K_β , elongation and reduction of area ($D=12$ mm, $d=8$ mm)

まで大きく変化し、それ以上の変形速度ではほとんど変化しないことを示している。これは変形の拘束および材料の降伏比がこの変形速度の範囲で変化すると考えれば理解できる。Fig. 4 は $d/D=2/3$ 変形速度 0~80 m/s において切欠半径 ρ を変数とした試験のうち、変形速度 10 m/s および静的引張試験の結果を示す。一般に K_β は NEUBER の形状係数の算出基準 $\sqrt{a/\rho}$ ($a=d/2$) および $\sqrt{t/\rho}$ ($2t=D-d$) の値の大なる時、すなわち ρ の値の低い時大となる。この傾向は変形速度の高いほどいじりやすい。断面収縮率は K_β とほぼ逆の傾向を示し、伸び率は切欠半径によつてはほとんど変化しない。常温における衝撃引張破断において、一部静的引張破断においても金属光沢を呈する脆性破断面が非光沢灰色の延性破断面と混合して存在することが観察された。両者が共存する場合、脆性部は中心部に円形をなし延性部がこれを取囲む。この脆性領域の割合は K_β と同様にほぼ形状

係数および変形速度の大きさにしたがって変化している。

(3) $d/D=2/3$, $\rho=0.50$ mm にて d を 6 mm ϕ , 8 mm ϕ , 10 mm ϕ と変化し、静的および 10 m/s の変形速度で試験を行なった。上述の脆性破断割合は静的引張試験の $d=6$ mm ϕ , 8 mm ϕ および動的引張試験の $d=6$ mm ϕ では認められず、動的引張試験の $d=10$ mm ϕ の 83% 最大まで分布した。この時 K_β , 伸び率, 断面収縮率を Fig. 5 に示す。同図より認められるごとく、静的引張試験においては、各値とも d の値によつてほとんど変化がないのに対して、動的引張試験 (Fig. 5 点線) では $d=6$ mm ϕ で K_β , 断面収縮率が大きく変化した。

III. 結 言

1. 有溝衝撃引張試験を行ない、高変形速度下における切欠試験片の挙動を調べた。切欠部の見掛け上の強度は応力集中と変形の拘束を受け上昇する。当然破断までの変形量は少なく、吸収エネルギーが少なく破断する。
2. 切欠試験片の衝撃引張試験において、切欠部を含まない部分と含む部分との伸び率の変化を調べ、変形速度の高くなる時、降伏比の上昇のいちじるしいことを認めた。
3. 応力集中下における変形拘束の効果は静的引張試験に比較して動的な場合は高い。とくに切欠半径 ρ の鋭い場合、その影響は大きい。
4. d/D , ρ を一定とし切欠部直径 d を変化した時、 K_β , 伸び率, 断面収縮率とも静的試験ではほとんど変化のないのに対して、 $d=6$ mm ϕ の時、動的測定において顕著な K_β の増加、および断面収縮率の減少を示した。
5. 破断面の観察より形状係数が比較的大で、変形速度の高い場合に、常温の試験においてさえ脆性破面が現われることを認めた。この部分の全破面に対する割合は切欠係数の増加および変形速度に依存する。

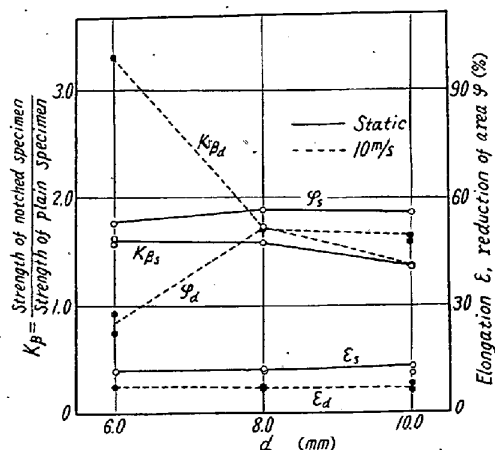


Fig. 5. Effects of the minimum diameter of specimens on K_β , elongation and reduction of area. ($d/D=2/3$, $\rho=0.50$ mm).