

# 計装化シャルピー試験機を用いた炭素鋼等に対する材料物性の簡易評価法の開発

坂之上悦典、服部悟、三田好明

## 1 はじめに

製品設計においては、材料の弾性域を越えた降伏強度 ( $\sigma_Y$ ) が目安とされることが多いです。計装化シャルピー衝撃試験においては、材料が破壊に至るまでの荷重-変位曲線を得ることができるため、計測対象素材が脆性的か延性的かをグラフ形状により判断できます。そこで、一試料で衝撃荷重に対する荷重-変位曲線が得られる計装化シャルピー衝撃試験の特性を生かし、簡便に降伏応力  $\sigma_Y$  に近い弾性限を推定する手法について検討しました。

## 2 実験方法

用いた試料は当センターにて相談事例の多いFC250、FCD700、S45C-0、SCM435-0の4種です。計装化シャルピー衝撃試験機は(株)米倉製作所製 CHARPAC 50J を使用しました。

## 3 試験結果および考察

計測データの一例を図1に示します。試験機ハンマーと試験片との衝撃衝突によるハンマーの振動と考えられる一定周期のうねりを除いた波形を各種計測結果に調整データとして記し、各波形の調整データについて5次の近似曲線を用い検討を行いました。

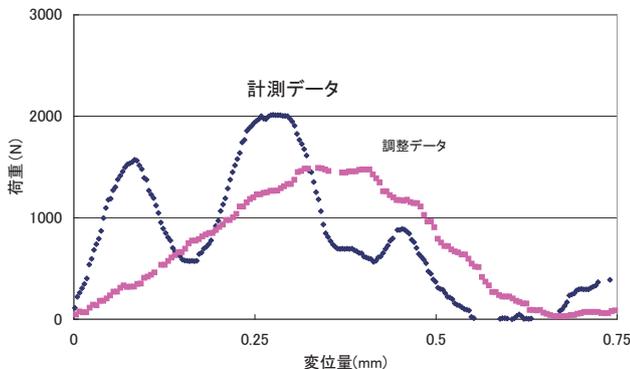


図1 計装化シャルピー衝撃試験による荷重-変位関係(材質:FC250)

衝撃試験片(板厚10mm)を中央部に集中荷重を受ける両端支持はりと考え、同一変位を与える平滑材(板厚8mm=10mm-2mm(ノッチ深さ))の集中荷重と比較し、その荷重比を形状係数としました。また、シャルピー衝撃試験において、荷重は短時間で作用するが、材種によりその作用時間は異なり、より長い時間のハンマーの作用を受けるものは、時間あたりの衝撃荷重を緩和していることとなります。この点を考慮して、衝撃に伴う同一変位を与える増加仮想荷重と実際の荷重との比を衝撃係数としました。

シャルピー試験片のノッチ底からのき裂発生、伝ぱを考えた場合、1)荷重が加わることで、ノッチ底近傍で弾性限まで変形、2)荷重増加に伴い、ノッチ底では塑性変形が始まり、塑性変形域の外側では弾性限まで変形が増大、3)塑性限を越えたノッチ底からき裂が発生、伝ぱが始まる、以上の現象が順次起こる

と考えられます。2)の塑性変形がローカルに発生する点および、3)のき裂発生位置については、き裂開口部変位の急変点であると考えられます。そこで、荷重-変位曲線について、2次微分、3次微分をとり、傾きの変化を表す点について検討をしました。2次微分が0となる近傍では傾きの傾向が変化し符号が変わります。これは、変形モードが変化する点と考えられこの点における変位を塑性限( $P_0$ )としました。塑性限を与える変位以下で弾性限を与える変位については、傾きの変化をあわす2次微分の変曲点が直接の変化点( $E_0$ )であると考えられます。一方、弾性域においては変位に対する変化の割合が一定もしくは一様に変化すると考えられるのに対し、塑性域では変位に対する変化の割合は、引張試験時における荷重-変位曲線が一樣でなく、また一定範囲の弾性域に対し塑性域が増加するため、2次微分は複雑に変化します。この点に注目して2次微分において変位開始時における接線と、塑性限における接線との交点を弾性限( $E_1$ )としました。以上の仮定(一例を図2に示す)により得られた弾性限、塑性限、形状係数、衝撃係数およびこれらに基づく計算弾性応力限と引張試験により得られた弾性応力限(FC250に関しては素材特性より0.1%耐力を採用)、シャルピー衝撃値を表1に示します。表より、計算弾性応力限は測定弾性応力限と良好な一致を得ました。

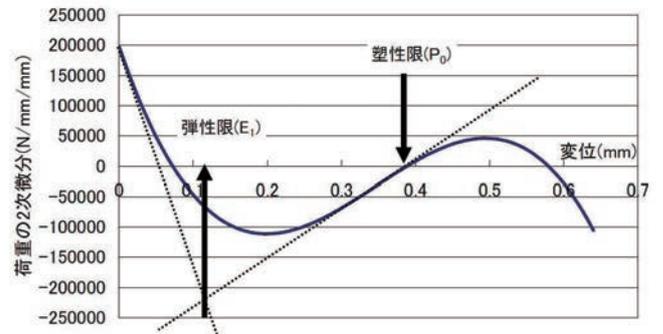


図2 変位の2次微分曲線からの弾性限および塑性限の推定

表1 衝撃試験波形より計算される弾性限と引張試験より測定された弾性限の比較

種類	番号	形状係数	衝撃係数	最大変位量 (mm)	計算弾性限応力 (Mpa)	測定弾性限応力 (Mpa)	割合 (%)
FC250	(a)	1.8	1.7	0.7	142	170	84
	(b)	1.8	1.7	0.7	142	170	83
FCD700	(a)	1.7	1.9	0.5	354	370	96
	(b)	1.7	2.0	0.4	357	370	97
SCM435	(a)	1.8	1.6	0.8	454	500	91
	(b)	1.8	1.6	0.8	377	500	75
S45C	(a)	1.9	1.0	1.5	426	420	101
	(b)	1.9	1.1	1.4	386	420	92

【お問い合わせ先】

京都府中小企業技術センター  
基盤技術課 材料・機能評価担当

TEL:075-315-8633 FAX:075-315-9497  
E-mail:kiban@mtc.pref.kyoto.lg.jp