寄 書

UDC 620.178.157 : 620.172.224.24.088

衝撃試験における上部降伏点の測定誤差*

川西 哲夫**・酒井 拓**・作井 誠太***

Error in Measurement of Upper Yield Stress in Impact Test

Tetsuo KAWANISHI, Taku SAKAI, and Seita SAKUI

金属の衝撃試験における測定精度は第1にロードセル、動歪計、記録計などの測定系の動的特性により、第2に応力波伝播の問題によって決まる。本報告は第2の問題を考慮する必要のない条件下で、鉄鋼の上部降伏点の測定精度が第1の問題によってどのように影響されるかを検討したものである。

一般のロードセルによる応力測定系は棒の縦振動として取扱うのが正しいが、ここでは振動の高次モードを無視し、1自由度系で近似して解析した。外力 $f(t)$ を Fig. 1(b) の実線のごとく与えた場合の Fig. 1(a) のような1自由度振動系の運動方程式は、時間領域によって次の2つの式にわけられる。

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x = \frac{f_0}{t_r} \cdot t \quad (0 < t \leq t_r) \dots\dots (1a)$$

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x = f_0(1 - X) \quad (t_r < t) \dots\dots (1b)$$

ここで m , c , k はロードセルと試験片取付具を含めた系の等価質量、等価減衰係数、等価ばね定数である。 x は変位を表わし f_0 , t_r は Fig. 1(b) の実線で示す外力の最大値と立上り時間である。 X は上部、下部降伏点の差と上部降伏点との比である。このときのロードセルの出力波形に相当するバネの両端に働く力 f は、Fig. 1(b) の破線のように応答する。この破線の最大値 f_m と入力力の最大値 f_0 との差を f_0 で割った値が求めるオーバーシュートである。途中の計算はすべて省略して式(1)の解を f/f_0 の形で示す。

* 昭和46年11月17日受付

** 電気通信大学

*** 電気通信大学 工博

Fig. 1. (a) Diagram of vibrating system with a single degree of freedom.
 (b) Force-Time curves. A solid line is a input force signal and a broken line is its response.
 (c) The change of overshoot parameter (f_m/f_0) with $\tau_r = t_r/T_n$ and X .

$$\frac{f}{f_0} = x_0 \left[\frac{1}{q} \cdot e^{-2\pi\zeta\tau} \cdot \cos(2\pi q\tau + \alpha) \right] \\ + (v_0 + 2\zeta x_0) \left[\frac{1}{q} \cdot e^{-2\pi\zeta\tau} \cdot \sin 2\pi q\tau \right] \\ + (1-X) \left[1 - \frac{1}{q} \cdot e^{-2\pi\zeta\tau} \cdot \cos(2\pi q\tau - \alpha) \right], \\ (t_r < t) \dots\dots\dots (2)$$

$$x_0 = \left(1 - \frac{\zeta}{2\tau_r} \right) - \frac{e^{-2\pi\zeta\tau_r}}{2\pi q\tau_r} [\sin 2\pi q\tau_r \\ - 2\zeta \cdot \cos(2\pi q\tau_r - \alpha)] \dots\dots\dots (3a)$$

$$v_0 = \frac{1}{2\pi\tau_r} \left\{ 1 + \frac{\zeta}{q} \cdot e^{-2\pi\zeta\tau_r} [\sin 2\pi q\tau_r \\ - 2\zeta \cos(2\pi q\tau_r - \alpha)] - e^{-2\pi\zeta\tau_r} [\cos 2\pi q\tau_r \\ + 2\zeta \cdot \sin(2\pi q\tau_r - \alpha)] \right\} \dots\dots\dots (3b)$$

ここで

$$\zeta = c/2\sqrt{mk}, \quad q = \sqrt{1-\zeta^2}, \quad \alpha = \tan^{-1}(\zeta/\sqrt{1-\zeta^2}), \\ \tau = t/T_n, \quad \tau_r = t_r/T_n, \quad T_n = 2\pi/\omega_n, \quad \omega_n = \sqrt{k/m}$$

であり、便宜上式(2), (3)のすべての量は無次元量としてある。これよりロードセルを構成する応力測定系の減衰係数比 ζ , 固有振動数 ω_n ならびに t_r と X で示される外力の形状を知れば、オーバーシュートを計算で

求めることができる。計算結果の要点は次のようにまとめられる。減衰係数比 ζ が 0.01 から 0.08 の間で変化してもオーバーシュートにはあまり影響しない。Fig. 1(c) は $\zeta=0.03$ と一定にしたときの f_m/f_0 が $t_r/T_n = \tau_r$ と X とによつてどのように変化するかを示している。 f_m/f_0 はおよそ $\tau_r=1$ を周期として変化している。衝撃試験では立上り時間 t_r が非常に小さくなるが、一方ロードセルを構成する応力測定系の ω_n は限定されるため大体 τ_r が 2 以下となる。したがつて衝撃試験ではオーバーシュートがかなり大きく、その大きさは τ_r と X によつて大きく変化することがわかる。実際の実験条件に近いたとえば $\zeta=0.03$, $\tau_r=0.6$ (実験装置と変形速度によつて決定される。) の場合の f_m/f_0 の値は、 X が 0.1 から 0.3 の間で変化すると仮定しても 1.39 から 1.30 の間で変化する。すなわち経験的に知られている X の変化の範囲内では、上記の装置による応力の測定誤差はだいたい 35% 程度となり、これだけの補正をしてやれば真の上部降伏点がほぼ $\pm 5\%$ の誤差で求めることができる。

文 献

- 1) C. H. CHIANG: J. Inst. Metals, 98 (1970), p.78