

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、記録計器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、時間領域によつて次の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  $f_m$  と入力値  $f_0$  との差を  $f_0$  で割つ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

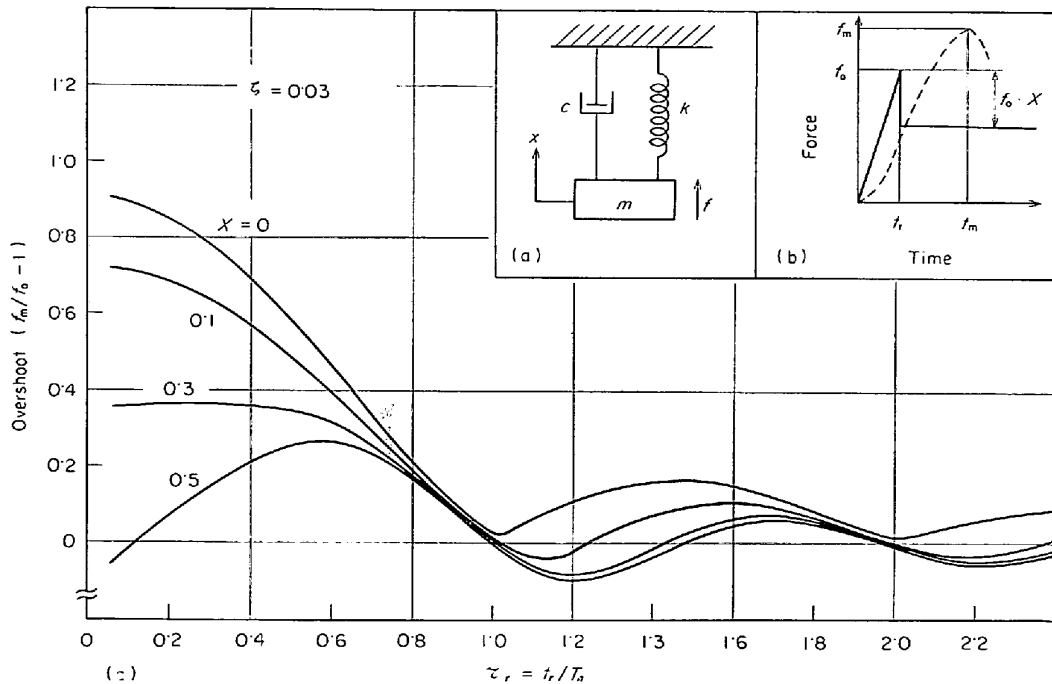


Fig. 1. (a) Diagram of vibrating system with a single degree of freedom. (b) Force-Time curves. A solid line is a input force signal and a broken line is its response. (c) The change of overshoot parameter ( $f_m/f_0$ ) with  $\tau_r = t_r/T_n$  and  $X$ .

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

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

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

ここで

$$\zeta = c/2\sqrt{mk}, \quad q = \sqrt{1-\zeta^2}, \quad \alpha = \tan^{-1}(\zeta/\sqrt{1-\zeta^2}),$$

$\tau = t/T_n, \tau_r = t_r/T_n, T_n = 2\pi/\omega_n, \omega_n = \sqrt{k/m}$  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  $\zeta$ , 固有振動数  $\omega_n$  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  $\zeta$  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  $\omega_n$  は限定されるため大体  $\tau_r$  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  $\tau_r$  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