

## 制振鋼を利用した荷重計測

新しい技術  
○○○○○○○○○○○○浦 辺 浪 夫\*・丸 山 久 助\*<sup>2</sup>

## Transient Load Measurement with Devices Made by High Damping Steel

Namio URABE and Kyūsuke MARUYAMA

制振鋼製の打撃刃を取り付けた計装化シャルピー衝撃試験で計測した荷重-時間記録を図1に示す。比較のため市販のニッケルクロムモリブデン鋼(SNCM8鋼)製打撃刃による同一試験条件で計測した荷重-時間記録を図2に示すが、両者を一瞥することにより制振鋼製打撃刃を使用したことの効果は明瞭である。図1の制振鋼製打撃刃による荷重記録にはほとんど振動が認められず、同記録からは図中矢印で示したように試験片の全面降伏荷重( $P_Y$ )や最高荷重( $P_M$ )を容易に決定することができる。一方図2のSNCM8鋼製の打撃刃による荷重記録には大きな振動が重畳し、特に荷重の立ち上がり部分の振動は著しく大きく降伏荷重の決定はまず不可能である。

シャルピー衝撃試験において荷重を測定できるように計装化する試みは古くから行われてきたが<sup>1)</sup>、最近では振り子の中央部分にある着脱可能な打撃刃を計装化する方法が一般的ようである。これは打撃刃に4枚の半導体歪みゲージを貼付してホイーストンプリッジを構成

し、試験片に加わる荷重を電気出力に変換して測定する方法である。ただし荷重記録に重畳する振動は降伏荷重や破断荷重を決定する際には常に問題となっており、これを除去する方法としては、歪みゲージからの出力を電氣的なフィルター回路を通して振動の振幅を軽減させたり<sup>2)</sup>、あるいは一度計算機に記憶した荷重信号を移動平均法により平滑化させたりする方法が検討されてきている<sup>3)</sup>。しかし処理が不適確であつたり不十分であつたりすると、振動の除去はまったくできなかつたり荷重の絶対値自身が小さくなつてしまつたりする。

そこで筆者らは振動を除去するためには振動源の振動を絶つことが鉄則であるとの考えから計装化打撃刃を高振動減衰能を持った材料で置き代えることを試みた。強度および振動減衰能ともに優れた材料として強磁性型の制振鋼<sup>4)</sup>(商品名トランカロイ)を選定して打撃刃を製作し、半導体歪みゲージで計装化したもので試験片に加わる荷重を測定した一例が図1である。ただし刃先の硬度は若干不足したので、この部分のみ浸炭窒化処理によ

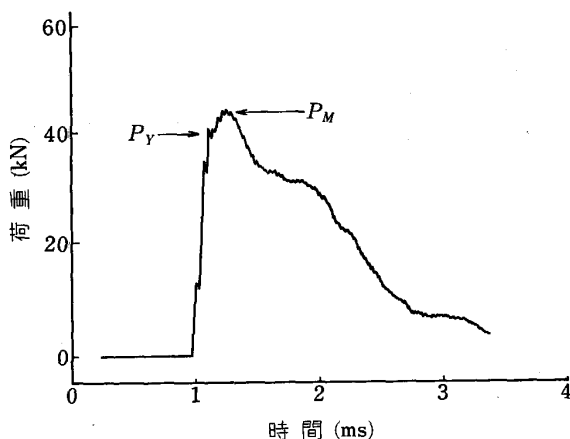


図1 制振鋼製打撃刃によつて測定した荷重-時間記録

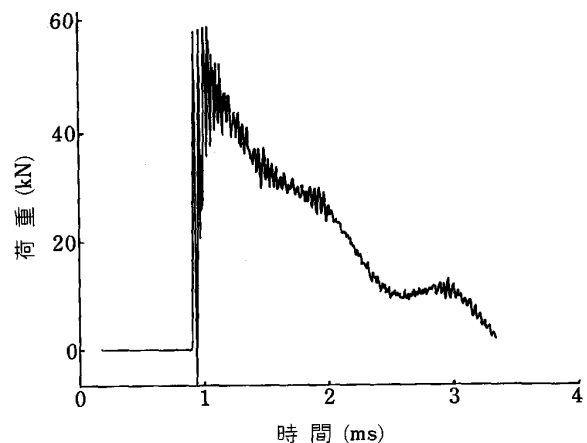


図2 市販の打撃刃によつて測定した荷重-時間記録

昭和62年7月1日受付 (Received July 1, 1987) (依頼新しい技術)

\* 日本鋼管(株)鉄鋼研究所 Ph. D. (Steel Research Center, Nippon Kokan K. K., 1-1 Minamiatarida-cho Kawasaki-ku Kawasaki 210)

\*<sup>2</sup> 日本鋼管(株)鉄鋼研究所 (Steel Research Center, Nippon Kokan K. K.)

り硬度をヴィカース硬度で 600~800 に調整して使用した。

ところでシャルピー衝撃試験では静止している試験片に毎秒 5~6 m の速度で振り子が衝突するのでその衝突のはずみで試験片は振動を開始し打撃刃と接触したり離れたりにしているのではないかとの懸念や、試験片も実際には図 2 の記録のごとく大きく振動しているのではないかとの疑問が生じる。しかし前者の懸念については以下の実験結果<sup>5)</sup> が否定する。試験片と打撃刃を導線で連結し両者の接触をスイッチング機構とする回路に電流を通じて実験した結果では、打撃刃が最初に試験片に当たつてから試験片が破断するまで電流は連続して流れており、打撃刃と試験片は試験中互いに離れることなく常に接触していたことを示していた。

後者の疑問に対しては試験片にも半導体歪みゲージを貼つてその挙動を調査した結果<sup>5)</sup> が解答を与える。その結果の一例を図 3 に示す。実線は SNCM 鋼製の計装化打撃刃による荷重-時間記録であり、破線は無切欠きのシャルピー試験片の最大曲げ応力の発生する位置に貼付した歪みゲージによる荷重-時間記録である。この試験は振り子の持ち上げ角度は正規の角度より小さくした、いわゆる低角打撃試験での結果である。試験片の振動は打撃刃のそれと比較すると無視できるほど小さく、荷重は時間とともに滑らかに増加している。同様の結果は疲労予き裂を付した試験片による破壊靱性試験でも得られている<sup>6)</sup>。打撃刃によつて打撃された試験片の応力拡大係数の時間変化を反射コースティック法で直接求めたそれは図 3 の試験片に貼付した歪みゲージで測定した荷重記録のようにほとんど振動が認められなかつたのに対し、打撃刃を計装化して測定した荷重記録を静的な負荷試験に用いられる公式に代入して得られた応力拡大係数にやはり大きな振動が重畳していた。

(余談になるが、使用した制振鋼自身の切欠靱性を測

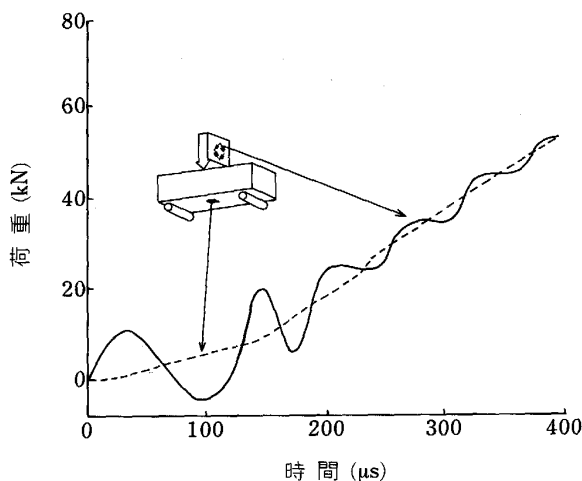


図 3 試験片と打撃刃の振動の比較

定するために SNCM 鋼製の打撃刃を用いて記録した荷重-時間曲線には、若干小さくはなるものの依然顕著な振動が認められた。)

以上の実験結果を基にしてシャルピー衝撃試験時に起こる現象は以下のように推定できる。打撃刃がまず試験片に当たると打撃刃の歪みゲージの貼つてある部分は試験片に押されて圧縮される。一方、試験片は試験片支持台(アンビル)によつて両端を支持され中央部を打撃刃によつて押されて曲げ変形を開始する。そして試験片が破断するまで両者は変形し続け、それに伴つて荷重は増加する。この両者の変形をばねに例えてみると、打撃刃のばね定数は試験片のばね定数と比べて 60 倍ほど大きい。従つて時間の経過とともに振り子と試験片支持台の距離が狭くなるにつれて両者のばねは縮み、それにつれて荷重は増加する。しかし両者の最初の衝突による過荷重のため打撃刃は弾性振動を開始しており、この打撃刃により試験片は打撃刃の振動の変位と同じ変位を持つて強性振動をさせられる。ただし試験片のばね定数は小さいので試験片に加わっている平衡荷重と比較して振動による変動分は無視できる程度であるので滑らかな荷重-時間曲線となる。しかし打撃刃のそれはばね定数が大きいので試験片と同じ変位の振動でも平衡荷重に重畳する振動振幅は大きくなるのである。

以上の考察から制振鋼製打撃刃による滑らかな荷重記録(図 1)は試験片に加わる正しい荷重履歴を示していると考えられる。

シャルピー衝撃試験で制振鋼を利用することにより好結果を得たので、これらの知見を落重式引張試験機および加速度計に應用することを試みた。落重式引張試験機では落重錘が受け治具に衝突しこの荷重が荷重伝達棒を伝播し試験片を負荷する。試験片に加わつた荷重は更にロードセルに伝播しここで計測される。この形式の落重試験機についてロードセル、荷重伝達棒、受け治具および落重錘すべてを制振鋼で製作したもので置き代えてみた。その結果はシャルピー衝撃試験を上まわる好結果であつた。すなわち図 1 に見られるような軽微な振動も更に少ない滑らかな荷重-時間曲線が得られた。これは落重式試験機ではすべての振動源および振動伝達径路に当たる部材を制振鋼製のもので置き代えた理由によるものであろう。一方前述したシャルピー衝撃試験においても試験片支持台等を制振鋼製のものに取り代えることにより更に重畳する振動の少ない結果が期待できる。

加速度計に関しては市販の加速度計と、振動子のみを制振鋼製のもので造り代えた加速度計を疲労試験機のアクチュエーターに取り付けその応答波形を比較することにより性能を検討した。市販の加速度計には振動を減衰させる目的で高粘度のダンパー用油が封入されているが、記録した応答波形にはアクチュエーターで加えた正弦波形に加えて高周波の振動が重畳していた。一方、制

振鋼製の加速度計では油を封入していないにもかかわらず高周波の振動はほとんど認められなかつた。一般に衝突等の過渡現象を加速度計で計測する際には、重畳する高周波の振動の解釈が問題となる。すなわち、この高周波の振動は被測定体の実際の振動に追従しているものかまたは振動子の共振等の特性によるものであるかの判断が難しい。しかし制振鋼製の加速度計を使用することにより、この問題は解決できるものと考えられる。

## 文 献

- 1) 田中 実, 梅川 莊吉: 日本金属学会誌, **21** (1957), p. 221
- 2) 原子炉圧力容器用超厚鋼材の安全性に関する試験研究 (日本溶接協会編) (1978)
- 3) 小林俊郎: 日本金属学会会報, **12** (1973), p. 546
- 4) 牛腸横男, 浦辺浪夫, 高坂洋司: 応用機械工学 (1981) **3**, p. 48
- 5) N. URABE: Trans. Iron Steel Inst. Jpn., **18** (1978), p. 279
- 6) J. K. KALTHOFF: Proc. SESA/JSME Joint Conf. on Experimental Mechanics (1982), p. 1119