

引張試験における伸び率についての二、三の考察*

清水 達 次

1. 緒 言

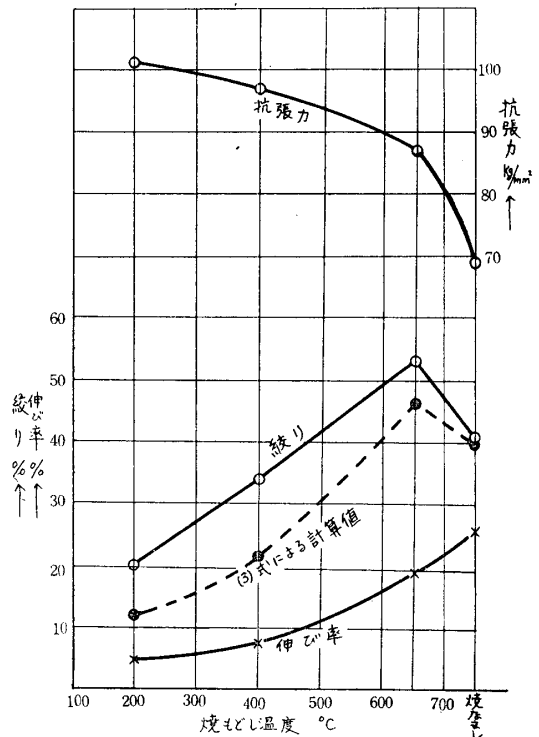
金属材料の引張試験を数多く行なって来た実験結果から、引張試験を行なうに当って、また試験結果を求めるに当って二、三注意すべきことを考察したので報告する。

J I Sの規定では「伸び」という語は、伸びた長さの元の長さに対する百分率のことであるがここでは伸びた長さの意味に使い、百分率の方は「伸び率」という語を使うことにする。

2. 伸び率と絞りの相比例しない例について

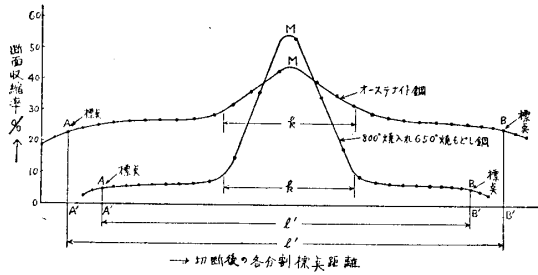
引張試験後に伸び率を測定する場合、あらかじめ標点距離を規定してその間の伸び率を測定する約束になっている。この標点距離は各国それぞれ異なるし、またこの場合大きく現われている「局部伸び」を全標点距離に関連させるので、これが妥当な伸び率を表わしているとは考えられない。すなわち標点距離の長さによって伸び率の値が変わることになるので、伸び率をうんぬんするに当っては用いられた試験片の寸法、あるいは少なくとも直径と標点距離の関係を明示することが必要であるのに案外これが行なわれていない。

次に材料のねばさを考える場合、伸び率の方が絞りより測定し易いためもあるであろうが一般には伸び率だけを考える傾向がある。しかし伸び率は前記のごとく規定しているために、下記の例に示すように伸び率と絞りは必ずしも比例しない場合もあるので、伸び率と絞りは両方考えてこそ意義があることになる。その例としては、硬鋼材を800°Cより油焼入れして各温度に焼もどし、四号試験片にて試験した結果を第1図に示すが、650°Cに焼もどしたものは焼なまし材より伸び率は小さいのに絞りは大きくなっている。これはソルバイト組織のものは「一般伸び」があまりないのに局部収縮が大きいためである。低炭素鋼ではこれ程にはならないが。またこれと反対の状態を示すものにオーステナイト組織の高マンガン鋼の例¹⁾がある。オーステナイト鋼の場合には初め試験片全体が伸びるので一般伸びが大きいが局部収縮が案外起らないので、伸び率の大きい割に絞りが小さい結果となる。すなわちこの材料だと標点距離の長短による伸び率の差は少いことになる。この有様を実際に図示するとよくわかる。著者が先に機械学会で発表²⁾したように横軸に試験片の切断後の分割標点距離をとり、縦軸に各標点箇所の断面収縮率をとって図示すると第2図のようになる。ただし試験片には尺度目盛機にて2mm毎に正確な標点をつけた。その論文で



第1図 硬鋼の焼もどし温度による機械的性質の変化

*昭和29年4月、金属学会、東京大会にてこの1部は発表。



第2図 各分割標距離と断面収縮率

くさんの実験結果から四号試験片標準型で $k=23\sim 27\text{mm}$ の範囲で $k=24.5\text{mm}^2$ と一定にとっても差し支えないので、規格の伸び率とは違ったとり方になるけれども、試験後一定なる k の長さになるのにその元の長さ (L とする) はいくらであったかを求めて $\frac{k-L}{L} \times 100\%$ を伸び率とする。これは次のように計算することが出来る。

第3図に示すように試験前の長さが L 、直径が d_0 であったとし、これが最大荷重までに一般伸びを起して L' になり直径が d_g になったとする。これが更に破断までに局部収縮をおこして長さが k になり絞り部の最小直径が d_m になったとする。いま試験前とあとの体積は等しいと仮定すると、試験後の材料の形は簡単に考えると二つの截頭直円錐を合したものと考えられるのでその体積は計算出来る。その結果次の式が成立する。

$$\frac{1}{12} \pi k (d_g^2 + d_g d_m + d_m^2) = \frac{\pi}{4} d_0^2 \times L \quad (1)$$

左辺は両底面の直径をそれぞれ d_g 、 d_m とした場合の二つの截頭直円錐の体積を表わしている。

$$(1) \text{式から } L = \frac{1}{3} k \frac{d_g^2 + d_g d_m + d_m^2}{d_0^2} \quad (2)$$

伸び率は $\frac{k-L}{L} \times 100\%$ であるから計算すると

$$\text{伸び率} = \frac{3d_0^2 - (d_g^2 + d_g d_m + d_m^2)}{d_g^2 + d_g d_m + d_m^2} \times 100\% \quad (3)$$

となって k や L は消去される。ただし d_g はいまままでの実験結果から絞り位置より測って $\frac{1}{2}d_0\text{mm}$ の位置の直径とする。(3)式によって局部収縮箇所だけを考えた伸び率が求まるが、第1図に示す各焼もどし材について(3)式による伸び率を求めて図中に書くと点線のようにになる。この値には一般伸びと局部伸びが同様に加味されているから絞りと比例的であり数値も絞りに近くなる。しかしこれは伸び率の一つの考え方を示したに過ぎない。ともかく引張試験結果より材料のねばさを考える場合には必ず伸び率と絞りの両方を同程度に考える必要があることを注意したい。

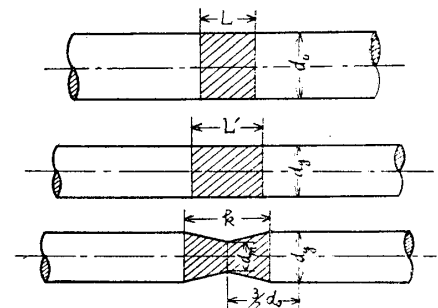
3. 伸び率に及ぼす平行部の長さの影響

標点距離の長さの違いによって伸び率の変ることは周知の通りであるが、次に標点距離は同じ長さでも試験片の平行部の長さが異なると伸び率が多少違ってくるので注意すべきである。

いま一例として、硬鋼棒材より直径14mm、標点距離は50mmとして、平行部の長さを60, 80, 100, 120mm と変えた試験片を作って引張試験後、伸び率を測定した時の結果を示すと第4図の

証明したごとく面積 $AMBB'A'A$ が伸び率を表わしていることになるので面積(伸び率)を比較すればオーステナイト鋼の方が大きいことはわかるが、絞りは650°C焼もどし鋼の方が大きい。

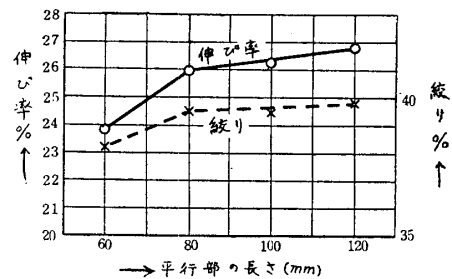
以上のような理由から伸び率と絞りが比例的になるように表わすために、局部収縮の起った場所(第2図では k の長さ)だけを考慮して伸び率を考へることも無意味ではないであろう。ところで k の値はた



第3図 引張試験片変化の様子

ようになる。これによると平行部の長さが規定の60mmの時は約24%であるものが80mmにする
と約26%になり、これ以上の長さでは僅かしか増していない。

点線は絞りを示しているがこれも同じような傾向になっていることから伸び率の変化も当然のことと考えられる。すなわち平行部の長さが短いものは両端の影響が標点近くには勿論のこと、絞りまでにも現われてその結果伸び率が小さくなると思われる。故にJIS規格の平行部の長さをもう少し長く規定すれば良いように思う。



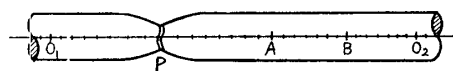
第4図 平行部の長さとお伸び率、絞りの関係

要するに試験片を規格通りに製作することが大切であって二号試験片で四号試験片を兼ねる場合には伸び率が多少大きく出ることを見せねばならないし、また材料の都合により標準試験片と直径が異なるものを使用する場合には標点距離は勿論のことであるが平行部の長さも相似の法則によって定めなければならない。たとえば四号試験片の場合、直径 $D = 14\text{mm}$ 、標点距離 $L = 50\text{mm}$ 、平行部の長さ $P = \text{約}60\text{mm}$ であるから、 $D = 10\text{mm}$ とした場合、 $L = 3.54D \doteq 36\text{mm}$
 $P = \frac{60}{14} \times D = 4.28D \doteq 43\text{mm}$ としなければならない。

4. 伸び率の推定値について

JISでは引張試験後、試験片が中央部で切断しなかった場合には伸び率が小さく現われるので、標点間の中央で切断した場合の伸び率になおしてこれを推定値と称し、少しでも真に近い伸び率が求められるよう規定しているがこの推定値が実際どのくらい真の伸び率に近づくものか検討してみた。

実験としては、同じ材料で四号試験片をたくさん作り2mm毎に分割標点をつけて引張試験を行ない、分割標点を横軸にとって切断位置を表わし、縦軸に伸び率とその推定値を求めて、両者の関係を図に示してみた。推定値の求め方はJIS規格に従って、すなわち第5図から

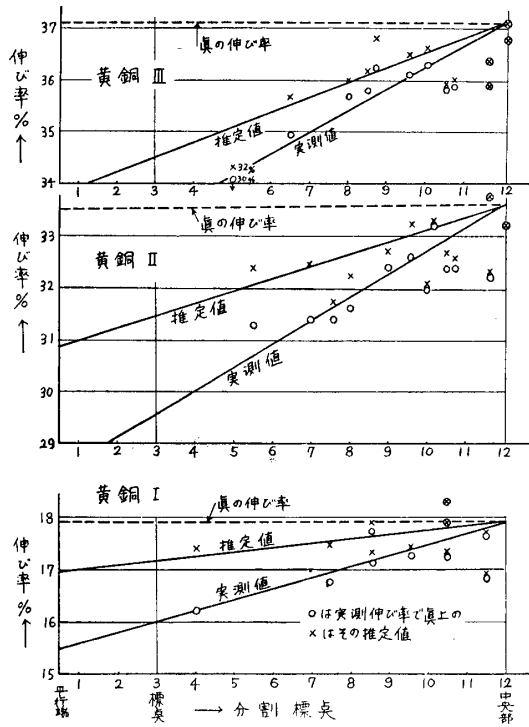


第5図 推定値の求め方

$$\text{推定値} = \frac{O_1A + 2AB - \text{元の標点距離}}{\text{元の標点距離}} \times 100\%$$

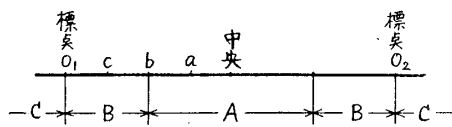
材料の種類としては黄銅三種類、硬鋼、軟鋼などである。その結果を第6図、第7図に示す。図は試験片の左半分の方に切断位置が来るようにして左半分を横軸に表わしている。試験片の切断位置はやはり中央部附近に集まりなかなか種々の位置で切れないので困った。特に軟鋼や硬鋼はこの性質が強いので図中の線を引くのにやや無理もあるが大体の傾向は出ていると思う。第6、7図を見ると端の方で切断したものは推定値を求めることによって補正はされるけれども真の伸び率とはだいぶ差があることが解る。この理由は、試験片が端の方で切断する場合にはやはり切欠作用の原因になる欠陥があったために応力が集中し一般伸びや局部伸びが十分出なかったためであろう。これは絞りの値(図には示さなかったが)を見ても小さく出ていることから理解出来る。また中央部に近い方で切断したものは推定値を求めても実測伸び率より大して増していないのは当然である。

このような結果からJIS規格による推定値をせきかく求めても、求めないよりは良いぐらい



第6図 切断位置の違いによる伸び率の変化(I)

の意味しかないように思われる。そこで著者は第6, 7図より実測伸び率と、真の伸び率の関係を求めてその補正曲線を作ってみた。これを第8図に示す。試験片を8等分して標点間の中央から標点距離の $\frac{1}{8}$ の位置、 $\frac{1}{4}$ の位置、 $\frac{3}{8}$ の位置、次に標点位置(それぞれ第9図



第9図 切断位置のとり方

のa点, b点, c点, o₁点にあたる)の四つの位置で切断したとして関係を求めると第8図のa線, b線, c線, o₁線の各線が得られる。この図より切断した位置をみておよその真の伸び率を知ることが出来る。たとえば実測伸び率が30%の時、切断位置が標点間の中央から標点距離の $\frac{3}{8}$ の位置であったとすると真の

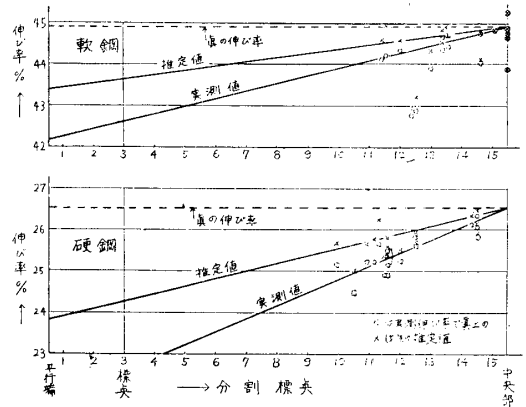
伸び率は第8図のc線から33%であると補正值が求められる。

5. 結 言

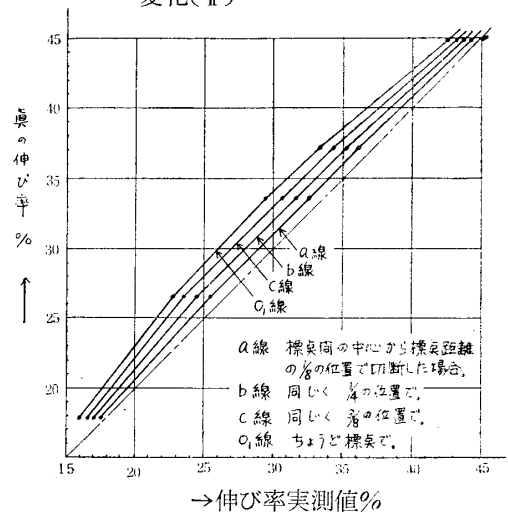
引張試験における結果から材料の性質を判断するに当たって伸び率と絞りが必要とも比例的な関係にあるとは限らない例をあげて著者の一つの伸び率の考え方を示し、また伸び率が平行部の長さに影響されることを述べて引張試験実施上の注意をし、次にJIS規格の伸び率の推定値を検討して推定値が真の伸び率とはだいぶん差のあることを示し、実測伸び率と真の伸び率との補正曲線を作った。最後に推定値の実験に尽力された内川和彦君に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 例えば 日本金属学会, 新制金属講座 材料編 鉄鋼(1) 39頁
- 2) 清水達次 井手正俊, 機械学会論文集23巻131号518頁(昭和32-7)



第7図 切断位置の違いによる伸び率の変化(II)



第8図 伸び率実測値と真の伸び率の補正曲線