



#### 4. 硬さについて

衝突方式によって得る硬さを、静的な押し込み硬さに対して、動的硬さという。これにも定義の仕方により各種あり、工・商業上では(5) いるものには、圧子の反発率を用いるのが硬さがある。Taborは接触部の弾性回復はHertzの理論に従う等の考えで、圧子・試料、実験条件を含んだ  $P_{dm}$  の定式化を図った。飯塚は、Taborの式に修正を加えたが、両者の提案している式は平均接触圧力の式である。

さて、試料の硬さとは、本来Taborのいう所の、試料の降伏応力:  $\gamma$  (耐力), 引張り強さ:  $\sigma_B$  等の機械的性質と関連して、意味をなすわけでは、圧子形状、実験方法が定まれば、その試料にとって常に同じ値が得られるべき普遍性がある。(例 Hv) ゆえに、球圧子による  $P_{dm}$  は図3のよう、条件の変化で変る。(例 HB) そこで、球圧子においても、圧子条件に依らず試料のみで依存する値を算出する式が求められべき「硬さ」の式といえるわけである。

4.1 Ht と  $P_{dm}$  球と平面との静的な接触に際しては、完全塑性体ではその  $P_{dm}$  が試料の  $\gamma$  の1.1倍位に達した時、接触下部の試料内部で塑性流動が始まるという(5)。これが衝突時にも成り立つとすれば、 $Ht < 1$  (塑性接触) から  $Ht = 1$  (弾性接触) に達した時の  $P_e$  は本来試料のみで依存する値である。

よって、衝突方式では、この  $P_e$  を求め得るべきと予想できる。この観点から、測定で得た  $Ht, P_{dm}$  を用いて、7種の試料に共通し、 $P_e$  の簡単な表式化ができれば、種々の検討を行なった。最終的な結果を図4に示す。各試料共、高さ  $Ht$  ( $h_{oa} \approx 125cm$ ) でのデータは若干不安定だが、 $D, W, h_{oa}$  に依らず、ほぼ一直線上に分布する。BS5 圧子による HS100, 91.4 に対する  $P_{dm}$  の漸減する値は、図2で示した試料の表面における Hv 値の低下に対応するものと思われる。  $P_e$  の決定法としては、図4に示す (例 HS81.3) のように、実験点群を通る直線を  $Ht=1$  に延長した点の  $P_{dm}$  とする。その試料の  $P_e$  とする。  $Ht \sim \log P_{dm}$  の傾きは、各試料毎に少し異なるが、その平均値から式(4.1.1)、したがって  $P_e$  は式(4.1.2)とされる。

$$(Ht_1 - Ht_2) / \log(P_{dm2} / P_{dm1}) = \frac{3}{2} \quad (4.1.1) \quad P_e = P_{dm} \cdot 10 \exp\left\{\frac{2}{3}(Ht - 1)\right\} \quad (4.1.2)$$

#### 5. $P_e \sim \gamma, \sigma_B$ の関係、および動的硬さの定義

$P_e$  を汎用されている Hv, および Hv を介して  $\gamma, \sigma_B$  の関係について考える。Hv と  $\gamma, \sigma_B$  については、Taborを始めとして数多くの研究があるが、 $200 < Hv < 700$  の範囲では、 $Hv \approx 30\sigma_B (\approx 3\gamma)$  の関係が報告されている(7)(8)。図5中の式は、文献(7)に紹介されている植田によるもので、5種の炭素鋼・合金鋼に対する  $Hv \sim \sigma_B$  の関係式である。よって、 $P_e$  と Hv の関係から Hv を介して  $\gamma, \sigma_B$  の関係を論じ得るため図5に  $\log Hv \sim \log P_e$  ( $\log \sigma_B, \log \gamma$ ) を示す。ほぼ完全な直線性を示していることが分り、Hv と  $P_e$  の換算式は、式(5.1)のようになされる。

$$Hv = 6 \cdot P_e \exp(1/1.21) \quad (5.1)$$

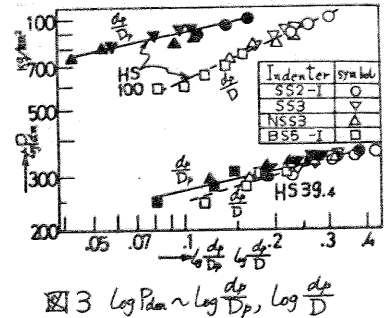


図3  $\log P_{dm} \sim \log D_p, \log \frac{dp}{D}$

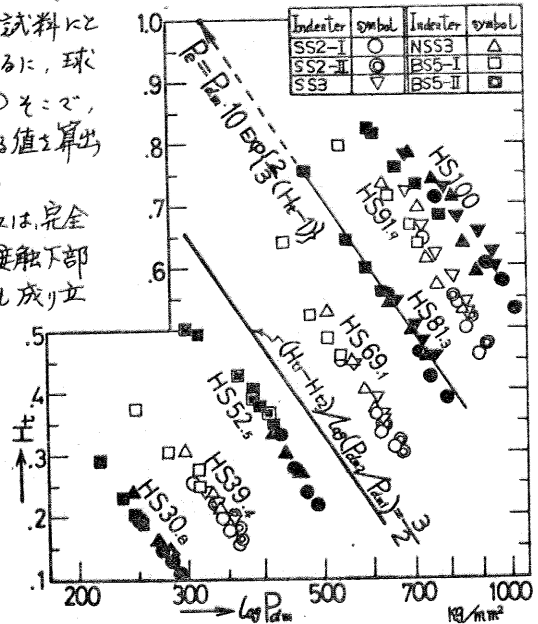


図4  $Ht \sim \log P_{dm}$

図4に示す (例 HS81.3) のように、実験点群を通る直線を  $Ht=1$  に延長した点の  $P_{dm}$  とする。その試料の  $P_e$  とする。  $Ht \sim \log P_{dm}$  の傾きは、各試料毎に少し異なるが、その平均値から式(4.1.1)、したがって  $P_e$  は式(4.1.2)とされる。

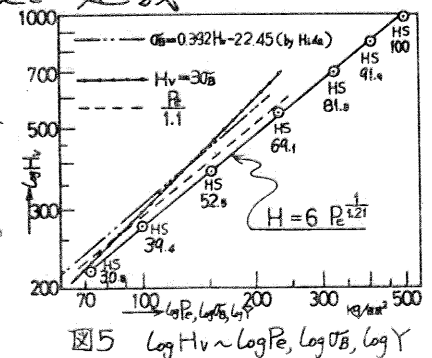


図5  $\log Hv \sim \log P_e, \log \sigma_B, \log \gamma$

図中の破線は  $\log H_v \sim \log (Pe/1)$  を示すが、種別による結果は近い。用いた試料が理想的な完全塑性体ではない等のことを考えると、この  $Pe$  により試料の  $Y(0B)$  の値がかなり正確に推定できるものと理解でき、そのことより、明確な物理的意味を有する数値として、 $Pe$  を「動的硬さ」と定義することにした。

## 6. $Pe$ の $F_m$ , $hra$ による表式について

本研究の目的は、先端球圧子と試料の衝突における諸量の関係式を確立し、 $F_m$ ,  $hra$  の2測定量を基本として、短時間に、容易に、かつ自動的に試料の機械的強度を得る多目的試験機を開発することにある。その意味から前報までにおいては、 $F_m$ ,  $hra$  による  $f(E)$  の式を示した。

本報では高い  $H_t$  の範囲も含めて(前述の  $dp$  の測定法で)、各圧子・試料に対する  $A_t = dp / \{15w(hra - hk)D^2 f(E)\} \sim H_t$  と図7に示す。図7には  $C_0 = w(hra - hk + \delta p) / \{f(E)F_m^2/dp\} \sim H_t$  を示す。 $C_0$  が0.6の値をとるとは前報までと同じだが、 $0.6 < H_t$  の範囲では、前報で与えた曲線  $H_t^{-0.25}$  より  $A_t$  は低目である。式(6.4)のより、 $P_{dm} \propto A_t^{2.5}$  と  $P_{dm}$  への  $A_t$  の影響が大きいことを考え、本報では図中に示すように、 $A_t$  を2本の式で表示することにする。

以上から、前報までに得られた関係式(6.1)、(6.2)と式(6.3)より、目的とする  $F_m$ ,  $hra$  の2測定量による  $Pe$  の式は、式(6.5)で表示される。

$$\frac{dp}{\{15w(hra - hk)D^2 f(E)\}^{0.2}} = A_t \quad (6.1)$$

$$\frac{w(hra - hk + \delta p)}{f(E)F_m^2/dp} = 0.6 \quad (6.2)$$

$$P_{dm} = 4F_m / \pi d^2 \quad (6.3)$$

$$P_{dm} = \{4/5\pi(F_m^2/wD)\} / \{[(hra - hk)(hra - hk + \delta p)]^{0.5} A_t^{2.5}\} \quad (6.4)$$

$$Pe = P_{dm} \cdot 10 \exp\{(2/3)(H_t - 1)\} \quad (6.5)$$

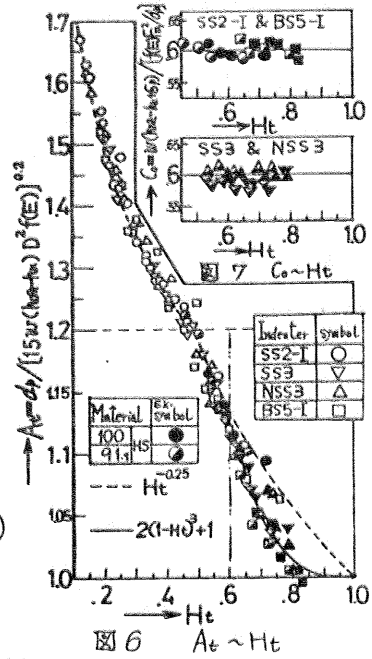


図6  $A_t \sim H_t$

## 7. 結論

以上の結果を総合すると次に示すように、まとめることができた。

- (1) ヨア用硬さ基準片(裏)8種に対し、圧子荷重を変えて  $H_v$  の測定を行なった。全般的に均値であったが、HS100, 91.9は極く表層で  $H_v$  値( $Whv=0.1kg$ )の低下が見られた。HS21は著しく不均値のため本報には除外した。
- (2) HS21を除く基準片に対し、種々の圧子条件による衝突実験を行ない、 $F_m$ ,  $hra$  の2量を得た。 $D$  が大きい  $H_t$  が高い範囲での  $dp$  の測定は、陰影法の採用により可能となった。
- (3) 試料の硬さとは、圧子形状、方法が定まらざるは、圧子条件に依らず試料のみに依る値を付けなければならないという点から、 $H_t \sim P_{dm}$  の適切な関係を探ることにより、塑性接触から弾性接触へ移行する時の平均接触圧力:  $Pe$  の式を得た。また、 $\log H_v \sim \log Pe$  は直線関係にあり、 $200 < H_v < 1000$  の範囲での  $Pe$  と  $H_v$  の硬算式を与えることができた。
- (4)  $H_v$  を介して  $Y(0B)$  を考えると、 $Pe$  により試料の  $Y(0B)$  の値がかなり正確に推定できることから、前述の  $Pe$  の物理的意味はさらに明確となり、この点から、 $Pe$  を「動的硬さ」と定義することにした。
- (5) 短時間に、容易に、自動計測が可能である条件として、 $F_m$ ,  $hra$  の2測定量による  $Pe$  の式を示した。

## 参考文献

- (1) 石橋・下田, 機講論集, No.782-1, 42 (1978 室蘭)
- (2) 石橋・下田, 機講論集, No.797-1, 4 (1979 福井)
- (3) 本多・田中, 東北理料報告, 15
- (4) 大正ば 佐藤, 金属の研究, Vol.1, No.8 (大正13)
- (5) Tabor, D, Proc. Roy. Soc. A192 (1948); The Hardness of Metals
- (6) 飯塚, 計量研報告, Vol.20, No.4 (1971)
- (7) 山本, 飯塚共著, 硬さ, コロナ社
- (8) 吉沢編, 硬さ試験法とその応用, 裳華房