

106A 球圧子による反発硬さ理論

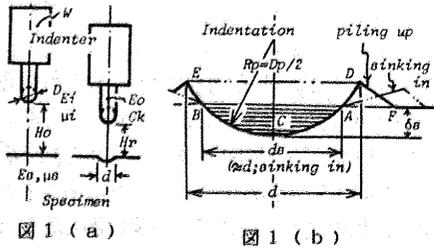
[反発硬さ数に及ぼす圧子・試料条件の影響]

正 石 橋 達 弥 (新潟大学)      正 下 田 茂 (新潟大学)  
 正 古 川 徹 (新潟大学)      学 吉 田 秀 敏 (新潟大学院)

1. 目的

本研究は広範囲な実験結果を、十分かつ定量的に説明し得る、球圧子による反発硬さ理論式を導き、今後の反発硬さ試験や方法の検討、多様性に富んだ反発硬さ試験機の設計などに役立てようとするものである。

2. 反発硬さ理論式



2・1 記号 W, H<sub>0</sub>, H<sub>r</sub>, D, C<sub>k</sub>: 圧子の重量, 落下高さ, 反発高さ, 先端球直径, 保持軸部の弾性効果係数 H: 反発率 (= H<sub>r</sub>/H<sub>0</sub>) F<sub>m</sub>: 最大衝突力 H<sub>k</sub>: 保持軸部の弾性効果による相当反発高さ (= C<sub>k</sub> · F<sub>m</sub><sup>2</sup>/W) H<sub>c</sub>: 接触面間反発率 (= (H<sub>r</sub> - H<sub>k</sub>)/(H<sub>0</sub> - H<sub>k</sub>)) d, d<sub>s</sub>, δ<sub>s</sub>, D<sub>p</sub>, V<sub>p1</sub>, V<sub>p2</sub>, f(d/D<sub>p</sub>): 永久くぼみ直径, 試料面を基準とした時の直径, 深さ, くぼみの凹球面直径, 永久くぼみ体積の第1次近似値 (= π d<sub>s</sub><sup>4</sup>/(32 D<sub>p</sub>)), それの真の値 (= V<sub>p1</sub> · f(d<sub>s</sub>/D<sub>p</sub>)), 補正関数 E<sub>1</sub>, E<sub>s</sub>, μ<sub>1</sub>, μ<sub>s</sub>, f(E): 球と試料のヤング率, ポアソン比, 弾性パラメータ (= (1 - μ<sub>1</sub><sup>2</sup>)/E<sub>1</sub> + (1 - μ<sub>s</sub><sup>2</sup>)/E<sub>s</sub>) P<sub>m1</sub>: 動的平均接触圧力(動的硬さ) (= 0.102 × 4 F<sub>m</sub>/(π d<sup>2</sup>) MPa) P<sub>v1</sub>: 動的平均塑性変形圧力(動的塑性硬さ) (= 0.102 W(H<sub>0</sub> - H<sub>r</sub>)/V<sub>p1</sub> MPa) C<sub>v1</sub>: 動的平均圧力比 (= P<sub>v1</sub>/P<sub>m1</sub>) P<sub>v1</sub>, X<sub>v1</sub>: 球圧子の動的押込みによる最終塑性硬さ, 塑性硬化指数

2・2 反発硬さ理論式 Hertzの弾性接触論より式(1)より, よってP<sub>m1</sub>は式(2)となる。ここで圧子球と試料との弾性変移過程における諸量の関係が、衝突の場合に成立つとすると式(4), (5)となり, H<sub>c</sub>は式(6)のように, d, F<sub>m</sub>, W(H<sub>0</sub> - H<sub>k</sub>)は式(7)~(8)のように表わされる。したがって、圧子・試料条件とP<sub>m1</sub>との関係を表わす衝突関係基本第1式: 式(9)を得る。これらの式を満足するP<sub>m1</sub>を求めれば、衝突関係諸量: d, F<sub>m</sub>, H<sub>0</sub>[式(10)], H<sub>r</sub>[式(11)]などは全て定まる。

$$d = \left[ \frac{5 f(E) F_m}{(1/D) - (1/D_p)} \right]^{1/3} \quad \text{-----(1)}$$

$$P_{m1} = 0.102 \left[ \frac{80}{(3\pi^2)} W(H_r - H_k) / (f(E) d^3) \right]^{1/2} \quad \text{---(2)}$$

$$\frac{P_{m1}}{P_{v1}} = \frac{f(ds/D_p)}{f^2(d)} \left[ \frac{(P_{m1}/0.102)}{W(H_0 - H_r)} V_{p1} - \frac{5 H_r - H_k}{8 H_0 - H_r} \right] = \frac{1}{C_{v1}} \quad \text{---(3)}$$

$$P_{m1} = P_{v1} d (d/D_p)^{3/2} = P_{v1} d \left\{ (d/D) - 3 f(E) F_m / d^3 \right\}^{3/2} \quad \text{---(4)}$$

$$f(P_{m1}) = (3\pi/4) f(E) (P_{m1}/0.102) + (P_{m1}/P_{v1})^{1/2} \quad \text{---(5)}$$

$$H_c = \left[ 1 + \frac{5}{8} \frac{4 C_{v1} f(ds/D_p) (P_{m1}/P_{v1})^{1/2}}{3\pi f(E) f^2(d) (P_{m1}/0.102)} \right]^{-1} \quad \text{---(6)}$$

$$d = D f(P_{m1}), F_m = (\pi/4) D^2 f^2(P_{m1}) (P_{m1}/0.102) \quad \text{---(7)}$$

$$W(H_r - H_k) = (3\pi^2/80) f(E) (P_{m1}/0.102)^2 D^3 f^3(P_{m1}) \quad \text{---(8)}$$

$$\frac{W H_0}{D^3} = \frac{\pi^2}{16} \left( \frac{P_{m1}}{0.102} \right)^2 f^4(P_{m1}) \left[ \frac{C_k D + (3/5) f(E)}{f(P_{m1}) H_c} \right] \quad \text{---(9)}$$

$$H_0 = \left\{ (3/5) f(E) / (d H_c) + C_k \right\} F_m^2 / W \quad \text{---(10)}$$

$$H_r = \left\{ (3/5) f(E) / d + C_k \right\} F_m^2 / W \quad \text{---(11)}$$

3. 実験および計算結果と考察

図2は圧子先端球直径DとD型ショア硬さ数[式(12)]との対応を示したものであるが、反発硬さ理論式(9)からの算出値と飯塚による実測値とは十分かつ定量的に一致していることがわかる。

$$H_s D = 140 H \quad \text{---(12)}$$

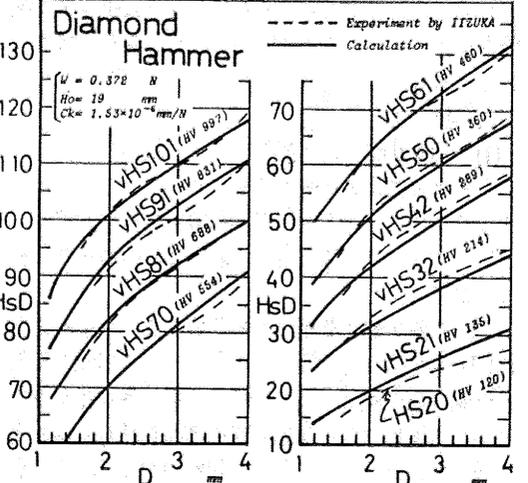


図2 D型ショア硬さ数と先端球直径との関係