

反発硬さ関係式におよぼす
圧子球保持軸部の影響

正石 橋 達 弥 (新潟大学)

正 下 田 茂 (新潟大学)

1. 目的

多様な反発硬さ試験(機、法)が開発されてゆくに、使用される圧子のひとつの型として先端球圧子(図1(a))があり、その圧子球保持軸部が反発硬さ関係式にどのような影響を及ぼすかを、定量的に解析し把握しようとするものである。

2. 解析

衝突中に圧子球と試料との接触部に蓄えられるエネルギーはHertzの弾性接触理論により式(1)で与えられる。

$$WHR = (3/5)f(E)F_m^2/d \quad \text{--- (1)}$$

Ho, Hr: 落下高さ、反発高さ W, M: 圧子の重さ、質量

Ei, Es, μi, μs: 圧子球と試料のヤング率、ポアソン比
f(E) = ((1-μi²)/Ei) + ((1-μs²)/Es)

F, Fm: 衝突力、最大衝突力 d: 永久くぼみ直径

一方、衝突中に先端球圧子の保持軸部に蓄えられる弾性エネルギーを算定するためには、まず先端球圧子の衝突時の挙動を振動的に考察する必要があり、それによると圧子の振動系としては、1自由度のモデル(図1(b))に帰着できることがわかり、運動方程式(2)

$$(d^2 \lambda / dt^2) + \{(Cs' / Mt') d \lambda / dt\} + \{(Ks' / Mt') \lambda\} = F / Mt' \quad \text{--- (2)}$$

を得る。時間比Tr = Tn / Tiを導入すると式(2)は式(3)と

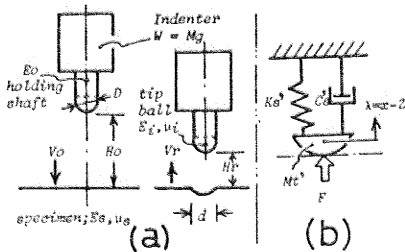
$$\{(Tr / 2\pi) d^2 \xi / d \tau^2\} + \{(hTr / \pi) d \xi / d \tau\} + \xi = A(t) / A(t)_m \quad \text{--- (3)}$$

λ: 保持軸部の変位 Mt': 先端球部の相当質量 Ks':

Cs': 保持軸部の相当ばね定数、減衰係数 ωn, Tn:

圧子の固有円振動数、固有周期(=2π/ωn) Ti: 衝突

持続時間 A(t) = F / Mt', A(t)m = Fm / Mt', h = Cs' / (2ωn)



$$Mt'), \tau = t / Ti, \xi = \omega n^2 \lambda / A(t)_m$$

なる。この式でTr << 1のときには第1項、第2項は第3項に対して無視できることになり、式(4)を得る。

$$\lambda = A(t) / \omega n^2 = F / (\omega n^2 Mt') = F / Ks' \quad \text{--- (4)}$$

これは保持軸部の動きが衝突力に比例することを意味するから、衝突中に保持軸部に蓄えられるエネルギーUsは式(5)で与えることができる。

$$Us = \int_0^{\lambda_m} F d \lambda = F_m^2 / (2Ks') = Ck F_m^2 \quad \text{--- (5)}$$

Ck: 保持軸部の弾性効果係数
Ck = 1 / (2Ks')

よって圧子の反発エネルギーを接触部と保持軸部に蓄えられる弾性エネルギーに等しいとおけば、先端球圧子の反発エネルギー関係式(6)を得る。

$$WHR = \{(3/5)f(E)/d\} + Ck F_m^2 \quad \text{--- (6)}$$

3. 実験結果と考察

式(1), (6)を次式のように改め、実測値などを代入

$$(3/5)d(WHR/F_m^2) / f(E) \rightarrow Co \quad \text{--- (7)}$$

$$(3/5)d\{(WHR/F_m^2) - Ck\} / f(E) \rightarrow Ct \quad \text{--- (8)}$$

して算出した結果を、Coを白まる印、Ctを黒まる印として図2に示す。保持軸部の弾性効果係数Ckを含む式(8)によるCtの値は0.6±5%内程度に収まり、解析の妥当性が示された。またCkの影響はHoが大きいくほど、試料が軟らかいほど顕著になることが明らかにされた。これらの点はD型シヨア圧子(ハンマ)でも確認された。

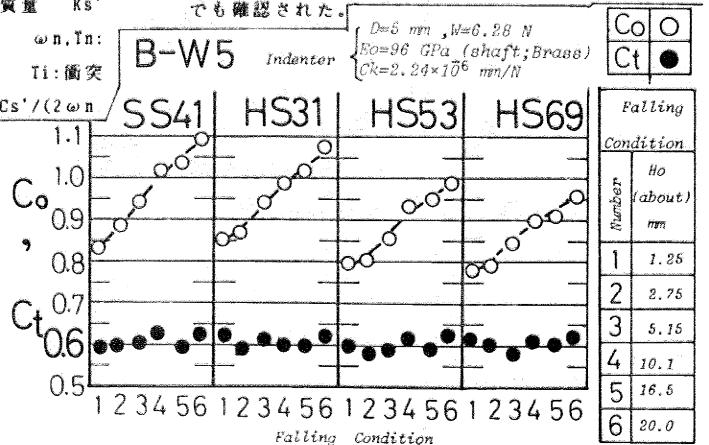


図1 先端球圧子の衝突および振動モデル 図2 保持軸部の弾性効果係数Ckが反発エネルギー関係式に及ぼす影響