

III-30 粒状体の変形機構について

—— 特に粒子回転の影響について ——

信州大学 工学部 正会員 小西 純一

1. まえがき 粒状体の変形機構に関する従来の諸研究においては概ね粒子の回転の影響は無視できると考え、粒状体の変形は専ら「滑動」によるものと仮定している。変形中の砂粒子がいかなる運動を行っているかと直接確かめることはあつかいしが、2次元モデル実験では多数の粒子が回転していることを観察でき、これより類推して、実際の砂においても粒子の回転あるいは「転動」(rolling)が至る所で多数生じていると考えるのが自然である。このような粒子の回転あるいは転動が粒状体の変形に果たす役割について若干の考察を行ってみる。

2. 接点の状態 粒子の運動は、i) 粒子群の並進

回転とii) 粒子相互の相対変位・相対回転に分けて考えることができる。運動の結果、ある時点で次の3種類の接点が考えられる。すなわち、a) 生成接点、b) 消滅接点およびc) 存続接点である。さらに存続接点の状態として表-1の4種類が考えられる。

表-1 粒子接点の分類

名称	相対滑動 転動・滑動	接点の相対 モーメント	mobilized angle	
I 固定接点	X	X	X	$ \delta < \phi_n$
II 転動接点	O	X	O	$ \delta < \phi_n$
III 滑動接点	X	O	X	$ \delta = \phi_n$
IV 混合接点	O	O	O	$ \delta = \phi_n$

3. 転動接点の性質 滑動は Horne 1965 の述べているように粒子群と粒子群の境界で生じることができ、一つの滑動接点における運動が周囲の接点の運動を誘起せずに生じ得るが、転動は一般には一接点のみで生じ得ず、図-1の粒子Bが粒子Aの上でころがろうとすると、Bと接している粒子C、D、E等との間の接点においても、転動あるいは滑動を誘起し、さらにその周りの粒子にも影響が及ぶ。(コロンように2点で他と接する粒子の転動はそうならなくてもよいがこのような粒子は少ないであろう。) 一つの粒子の持つ接点の方向は、ランダムな粒状体においては確率的に決まるものであり、Horne (1965) や小田 (1972, 1974) の提案した確率密度関数 $E(\alpha, \beta)$ に支配されよう。一つの接点で転動しているとき同じ粒子上の他の接点でも転動している可能性が大きいとすれば、転動接点の方向も $E(\alpha, \beta)$ に支配され、滑動接点におけるような critical angle の存在は考えにくいように思われる。

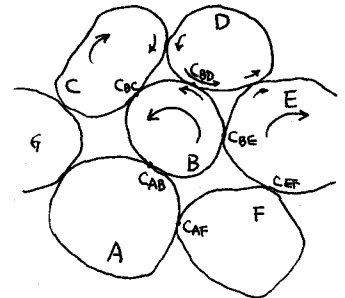


図-1

4. 転動接点におけるエネルギー損失 ころがり摩擦はすべり摩擦に比べてかなり小さい。2オーダー程度小さいとも言われている。したがって1接点当りのエネルギー損失も同じオーダーの差が生じると考えてよい。しかし、2次元光弾性モデル実験の結果より、滑動接点数は全接点数の1/10程度あるいはそれ以下と考えられる一方、ほとんどの粒子の回転が認められるので、各接点での転動エネルギー損失を全転動接点について合計した全転動エネルギー損失は、滑動エネルギー損失に対して無視し得ない大きさになる可能性があるだろう。

5. 異方性の発達と転動接点 粒状体に軸差応力が作用すると、最大主応力方向に接点の法線方向が集中してゆき、粒子接触の異方性が発達する (Horne, 小田)。Horne は $\beta_c = 45 + \frac{\phi_n}{2}$ 方向の接点におけるすべりから異方性を表わす比 m_1/m_2 を計算しているが得られた値は一種の極限值であり、小田の示した実測値に対し、過小あるいは過大となっている。これは、すべりを β_c 付近に限定したことあるいは転動粒子の存在を無視したことによるものと考えられる。

6. おまけ Rowe, Horne, 小田らの理論の近似度を上げるには粒子の転動を考える必要がある。3~5で述べたことより、応力-歪率ダイレイタシープロットの補正式を検討している。