

III-391

圧縮力を用いた破碎試験による砂粒子の破碎性状

群馬大学 正会員 ○永瀬英生
群馬大学 正会員 榎戸源則
群馬大学 正会員 鶴飼恵三

1. はじめに： 砂粒子の破碎性状に大きく影響を及ぼす要因に、粒子の硬さ、粒径、粒形、粒度のような粒子自身の性質に関するものがある。しかし、これらの要因の粒子破碎に及ぼす影響を定量的に評価する問題については、まだほとんど議論されていない。本研究では、これまで実施してきた砂粒子が直接圧縮力を受ける破碎試験⁽¹⁾を継続して行い、まず、実際に破碎に関係する試料の重量として推定されるものをその結果の整理に用いてみた。さらに、これらの結果を用いて、粉体工学と土質工学でそれぞれ考案されている粒子破碎量を算出し、この試験における粒子破碎性状を比較検討してみた。

2. 試料と実験方法： 試料には風化花こう岩質まき土と火山灰質山砂を使用した。それぞれの試料を草木まき土および榛名山砂と称することにす。草木まき土は、風化がかなり進行しているため、指先でも容易に押しつぶされるような脆弱なもので、榛名山砂は軽石を比較的多く含むものである。これらの物理的性質については文献⁽²⁾を参照されたい。なお、試験にはふるい分けられた試料を用いた。

実験方法は以下の如くである。(1)図1に示すような試料を一層だけ敷き詰めた装置を、圧密試験の載荷装置にセットする。(2)2.3kgfや5.6kgfの荷重を2分間隔で段階的に加え、ダイヤルゲージで垂直変位を測定する。(3)載荷終了後ふるい分け試験を行う。ただし、5回の試験で得られるものを合わせて1つのふるい分け試料とした。

3. 破碎に関係する試料の重量の推定方法： 図1に示すように、一層だけ試料を敷き詰めた場合、平べったい粒子は圧縮力を全く受けないことが予想される。圧縮力を実際受ける、つまり破碎に関係する試料の重量を推定するためには、このような粒子の重量を試料重量から除外する必要がある。そこで、次のような仮定を設けて、圧縮力を受ける試料の重量を近似的に求めてみた。(1)載荷前におけるステンレス板間の距離を最大粒径 x_{max} とする。(2)粒子一つ一つの高さの平均値が平均粒径 $\bar{x}$ に等しいとする。(3)ふるい分け試験での通過重量百分率に対応するものとして、粒子高さに関する重量百分率を考え、最大粒径 x_{max} と平均粒径 $\bar{x}$ におけるその重量百分率の値がそれぞれ100%と50%に等しいとして、その2点を通る、粒子高さに関する加積曲線を描く。ただし、その曲線形を決めるにあたり、試験に用いた試料の元々の通過重量百分率の間では、対数正規確率紙上において、最大粒径 x_{max} および平均粒径 $\bar{x}$ の値とそれぞれの粒子高さに関する重量百分率の関係は直線であると仮定した。(4)粒子高さに関する加積曲線を用いて、最大粒径 x_{max} と $\bar{x}$ から垂直変位 D を差し引いた値

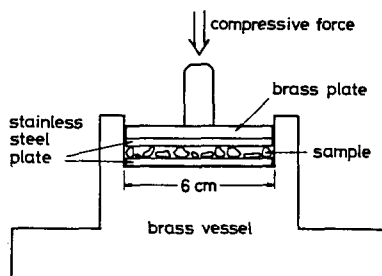


図1 破碎試験に用いた装置

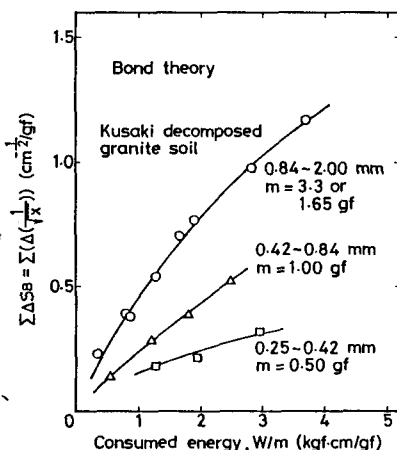


図2 Bond理論への適用例
(草木まき土)

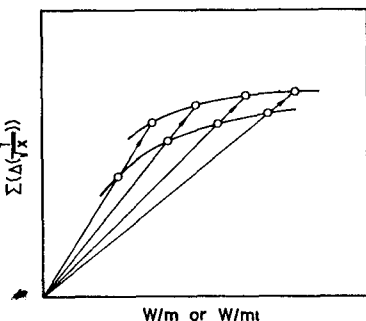


図3 試料重量の補正による曲線の変化

の間に存在する粒子が直接圧縮力を受けるとして、その試料重量 mt を求めた。

4. 実験結果と考察：

図2は、試料の全重量を用いて、草木まき土の試験結果を、Bond理論⁽¹⁾⁽³⁾に適用した例を示すものである。縦軸は、粒子破砕量に相当する値、すなわち粒径の平方根の逆数にし、その変化を総和した値を、横軸は破砕に消費されるエネルギーを表す。粒径の減少に伴い、破砕は生じ難くなる傾向がうかがえる。図3には試料重量が変わった場合の曲線の変化が示してある。縦軸と横軸はともに1gf当りの値を示すため、試料重量が減少すると、プロットされた点は原点を通る直線上を矢印の方向へ動く。破砕に係る試料の重量 mt を用いて、図2の結果を整理したのが、図4である。幾分ばらつきはあるものの、全体の傾向に大きな変化は認められない。図5は榛名山砂の結果をBond理論に適用して得られたものである。この図には参考までに豊浦砂の結果も示してある。全体の傾向は図4と同様であるが、粒径の違いによる破砕の起こりやすさの度合は異なるようである。

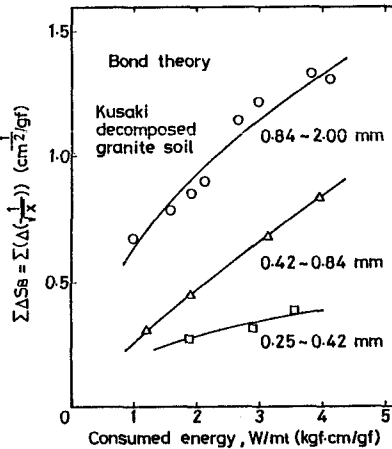


図4 Bond理論への適用例（草木まき土）

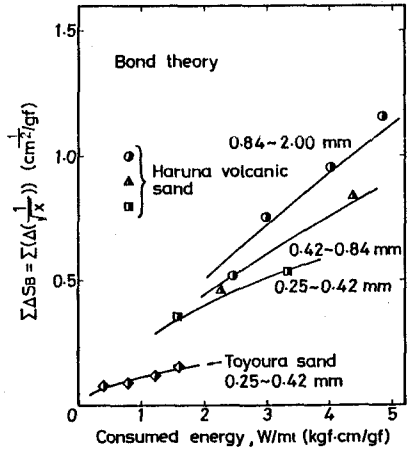


図5 Bond理論への適用例（榛名山砂）

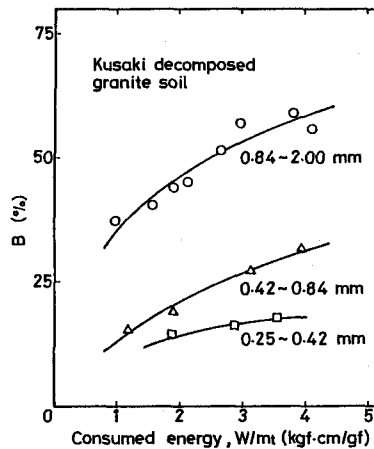


図6 Marsalによる粒子破砕量Bと消費エネルギーの関係（草木まき土）

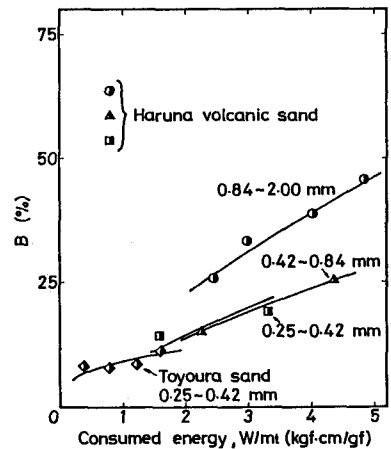


図7 Marsalによる粒子破砕量Bと消費エネルギーの関係（榛名山砂）

砂の結果をBond理論に適用して得られたものである。この図には参考までに豊浦砂の結果も示してある。全体の傾向は図4と同様であるが、粒径の違いによる破砕の起こりやすさの度合は異なるようである。

図6と7は、図4と5に示したデータと同一のものを用いて、Marsalの考案している粒子破砕量Bの値と消費エネルギーの関係を表したものである。ここで求めた粒子破砕量Bの値は、例えば0.84～2.00mmの試料の場合、載荷後に0.84mmのふるいを通過するすべての重量百分率を表す。したがって、この値とMarsalの考案している値とは、厳密な意味合いが異なる場合がある。図によると、榛名山砂のデータにおいて、粒径の小さい場合、傾向は明瞭でないが、おおむねBond理論に適用した結果と同一の傾向を示していることが分かる。

5. まとめ： 砂粒子が直接圧縮力を受ける破砕試験を行い、破砕に関係する試料の重量を推定して、その結果をBond理論への適用とMarsalによる粒子破砕量Bの値の算出に使い、破砕試験による粒子破砕性状を調べてみたところ、双方の傾向はおおむね一致することが判明した。

6. 参考文献： (1)永瀬英生，都筑信也（1989）：砂粒子の破砕試験，第24回土質工学研究発表会，(2)永瀬英生，花井好機，三澤伸吾（1987）：まき土の三軸圧縮試験，第22回土質工学研究発表会，pp.335-336，(3)山口梅太郎，西松裕一（1967）：岩石力学入門，東京大学出版会，pp.90-95。