

## 67 簡易貫入試験による土層の物理性の推定

森林総合研究所森林環境部 ○吉永秀一郎・大貫靖浩

### 1. はじめに

山地斜面における土層の分布を推定するために、従来よりさまざまな手法が用いられているが、その中で土研式簡易貫入試験は比較的軽量であり、持ち運びが楽なため多く用いられている。土研式簡易貫入試験で明らかにされるのは、5 kgのおもりを50cmの高さから落下させた運動エネルギーでコーンを貫入させるのに対する土層の抵抗の垂直的な変化である。貫入に対する土層の抵抗は、梅田ほか（1987）が指摘するように土層が有する物理的性質に影響される。このことは逆に考えれば、貫入抵抗値から土層の物理性を推定することができる可能性を示唆している。

そこで本発表では、土研式簡易貫入試験による貫入抵抗値と土層の物理性との関係を検討し、その結果に基づき、貫入抵抗値から物理性を推定する手法について議論する。なお、従来より簡易貫入試験は多く実施されているが、貫入抵抗値の垂直的な変化の傾向によって斜面上に分布する軟弱な土層の厚さを推定したものが大半であり、貫入抵抗値が持つ物理的な意義を議論したものはない。

### 2. 調査地ならびに調査手法

第1表に示した6調査地域において、  
土研式簡易貫入試験を実施した。また、  
貫入試験を実施した地点で試孔を掘削し、  
断面を記載し、各土壤層位毎に400ccの  
円筒を用いて試料を採取した。採取した  
試料は加圧板法により水分特性曲線を測  
定した後、林野土壤調査法に従って物理  
性を測定した。なお本研究では貫入抵抗  
値を従来より広く用いられているNc10値（10cm貫入するのに要したおもりの落下回数）ではなく、梅  
田ほか（1987）が用いたdp値（一回の重りの落下による貫入深）で示した。Nc10値とdp値とは逆数関  
係にある。

第1表 調査地点一覧

地点名	断面数	試料数	地質
筑波	9	47	變成岩（筑波）・火山灰
片品	5	24	花崗岩・火山灰
太田	2	9	變成岩（日立）
富谷	5	22	新第三系砂岩
砂子	4	11	中生界頁岩・花崗岩・火山灰
小川	5	23	變成岩（竹貫）・火山灰
計	30	136	

### 3. 贫入抵抗値と土層の物理性との関係

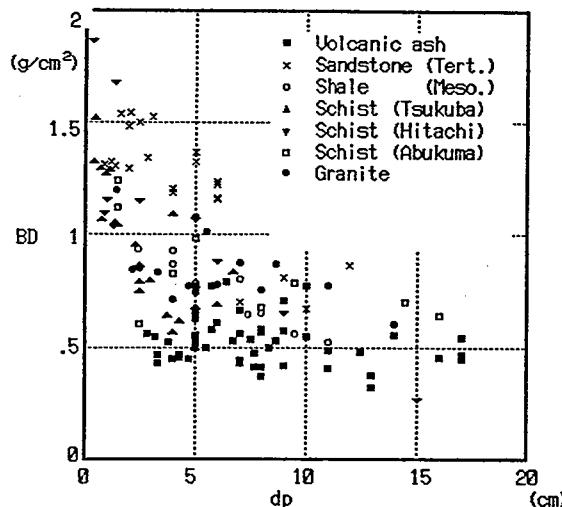
沖村・田中（1980）は神戸大式貫入試験器による貫入抵抗値と土層の乾燥単位体積重量との間に正の相関関係があることを示している。また梅田ほか（1987）は貫入抵抗値を単位体積あたりの仕事量に換算し、沖村・田中の結果に土壤硬度計の結果を加えて、同じく乾燥単位体積重量と貫入抵抗値との相関がよいことを指摘している。

そこで土層の各種の密度を示す値と土研式貫入試験器によるdp値との関係を検討する。全体としてみれば、乾燥単位体積重量とdp値との間には、ばらつきが大きいものの負の相関関係が認められる

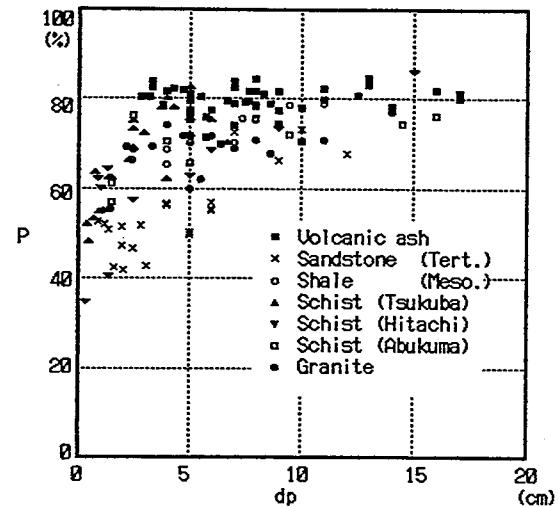
(第1図)。すなわち、土層の貫入抵抗が大きいほど、乾燥単位体積重量が大きい。この両者の関係を対数関係とみなすと、

$$B_D = 1.26 - 0.68 \times \log(dp) \quad (1)$$

という関係が認められ、その相関係数は0.70である。なお、ばらつきが大きいのはdp値が3~7の場合であり、そのときの乾燥単位体積重量のばらつきは最大で1を越す。



第1図 dp値と乾燥単位体積重量との関係



第2図 dp値と全孔隙率との関係

全孔隙率と乾燥単位体積重量とは、土粒子の真比重をY切片、乾燥単位体積重量の逆数を傾きとする直線関係があるので、全孔隙率とdp値との関係(第2図)は、第1図を上下に裏返したような分布傾向を示す。このようにdp値は土層の物理性を反映した値である。

ところで、乾燥単位体積重量ならびに全孔隙率は土層中に含まれている水分を考慮しない物理性の値である。しかし、実際に簡易貫入試験を実施するときには、対象とする土層は必ず水分を含んでいる。そこでdp値と湿潤単位体積重量との関係を検討した(第3図)。dp値と乾燥単位体積重量との関係に比べて、湿潤単位体積重量の方がばらつきが少なくなる。乾燥単位体積重量のばらつきが大きいdp値が3~7を示す土層の場合でも、湿潤単位体積重量の場合、他の値域におけるばらつきと同様に0.7程度である。湿潤単位体積重量と乾燥単位体積重量との差は現場における体積含水率である。ばらつきの大きなdp値が3~7の土層の湿潤単位体積重量と乾燥単位体積重量との差は、最大で0.6であり、特に乾燥単位体積重量が低いものはこの差が大きい。この値域の土層は土壤層位のB層に相当することが多い。B層では一般的に含水率が高く、また水分状態の変化が大きいことが知られている。そのことがdp値が3~7の値域で乾燥単位体積重量のばらつきに影響を与えていっているのであろう。

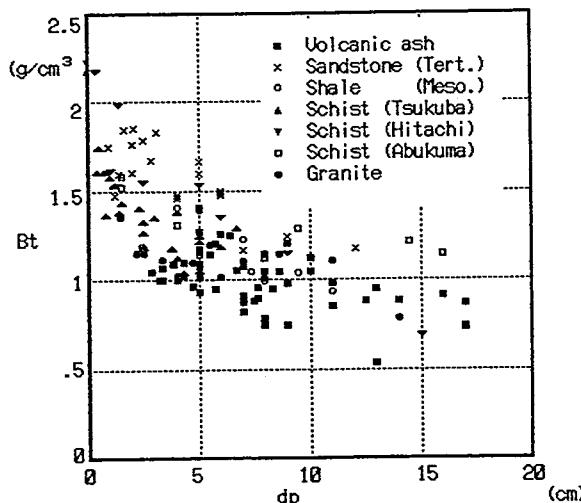
以上に述べてきたように、dp値などで示される「土層の堅さ」は、基本的には密度に影響された値であることがわかる。

#### 4. dp値と土層の物理性との関係に対する地質の影響

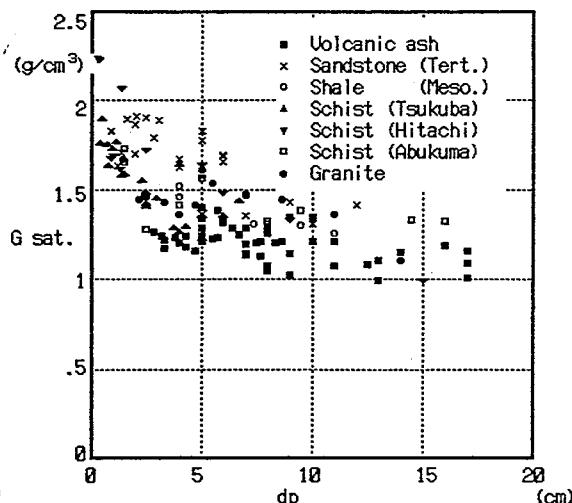
dp値と乾燥単位体積重量、湿潤単位体積重量との間に認められるばらつきは、実際の山地斜面上に分布する土層の性質自体のばらつきが大きなことと、それに加えて土層の母材である岩石の種類の差が影響していると考えられる。そこでdp値と物理性との関係を土層の母材の毎に整理すると、それぞれの母材毎に異なった分布傾向が認められた。

あるdp値に対して、乾燥単位体積重量、湿潤単位体積重量は幅を持って分布しているが、そのなかで新第三系の砂岩は、より上方にプロットされるのに対して、变成岩ならびに中生界の頁岩は中間に、火山灰は下方にプロットされることが多い。このことは、同じdp値ならば、新第三系の砂岩は密度が大きいのに対して、火山灰では密度が小さいことを示す。このことを土層の密度の側からみると、同じ密度ならば新第三系の砂岩は柔らかく（dp値が大きい）、变成岩ならびに頁岩は堅い（dp値が小さい）ことを示している。この結果は野外観察から経験的に知られている結果と調和している。各地質毎にdp値と乾燥単位体積重量との関係を検討すると、各地質毎に以下のような対数関係が認められた。

火山灰	$B_D = 0.62 - 0.01 \times \log(dp)$	(R = 0.23)
新第三系砂岩	$B_D = 1.57 - 0.60 \times \log(dp)$	(R = 0.72)
中生界頁岩	$B_D = 1.27 - 0.68 \times \log(dp)$	(R = 0.93)
筑波变成岩	$B_D = 1.16 - 0.70 \times \log(dp)$	(R = 0.87)
日立变成岩	$B_D = 1.40 - 0.78 \times \log(dp)$	(R = 0.86)
竹貫变成岩	$B_D = 1.11 - 0.41 \times \log(dp)$	(R = 0.65)
变成岩	$B_D = 1.22 - 0.64 \times \log(dp)$	(R = 0.80)
花崗岩	$B_D = 1.07 - 0.32 \times \log(dp)$	(R = 0.55)



第3図 dp値と湿潤単位体積重量との関係



第2図 dp値と飽和単位体積重量との関係

このように、新第三系の砂岩、頁岩、黒雲母片岩、結晶片岩ではばらつきが少なくなり、相関が良くなる。一方、花崗岩、火山灰では依然としてばらつきが多い。花崗岩に関してはこの原因は不明であり、今後試料を増加して検討したい。また、火山灰はdp値の変化に対して密度の変化が極めて小さく、乾燥単位体積重量で0.4～0.6、湿潤単位体積重量で0.8～1.3程度の値をとる。他の地質を母材とする岩石は、新鮮岩石の比重約2.7～2.9前後とほぼ同じ乾燥単位体積重量から、風化の進行にともなって軟弱化するとともに乾燥単位体積重量が減少してゆく。しかし、火山灰の場合には風によって運搬堆積した物質であるために、もともと高い乾燥単位体積重量を取り得ないこと、また現在地表下に認められる堆積物であっても、堆積時には地表に露出しており土壤化作用を受けて軟弱化した影響を受け継いでいるために乾燥単位体積重量が低く、値の変化が比較的少ないものと考えられる。

### 5. dp値による飽和単位体積重量の推定

土層が有するさまざまな物理性の中で、砂防・治山の分野で多く用いられるものの一つとして、斜面安定計算の時に用いられる飽和単位体積重量があげられる。ここでは、pF 0.5相当の水分状態の時の単位体積重量を飽和単位体積重量と仮定して、dp値との関係を検討する。

dp値と飽和単位体積重量との関係は、湿潤単位体積重量の時とのそれに比べて、よりばらつきが少なくなる（第4図）。ただし、地質毎の傾向は乾燥単位体積重量、湿潤単位体積重量の時と同様である。各地質毎のdp値と飽和単位体積重量との関係は

火山灰	$B_{sat} = 1.41 - 0.23 \times \log(dp)$	(R = 0.49)
新第三系砂岩	$B_{sat} = 1.92 - 0.39 \times \log(dp)$	(R = 0.68)
中生界頁岩	$B_{sat} = 1.68 - 0.37 \times \log(dp)$	(R = 0.82)
筑波變成岩	$B_{sat} = 1.67 - 0.47 \times \log(dp)$	(R = 0.86)
日立變成岩	$B_{sat} = 1.90 - 0.60 \times \log(dp)$	(R = 0.86)
竹貫變成岩	$B_{sat} = 1.64 - 0.30 \times \log(dp)$	(R = 0.64)
花崗岩	$B_{sat} = 1.63 - 0.33 \times \log(dp)$	(R = 0.64)
全試料	$B_{sat} = 1.76 - 0.52 \times \log(dp)$	(R = 0.73)

のようにまとめられ、dp値からおおよその飽和単位体積重量を推定することが可能になる。

### 参考文献

- 沖村 孝・田中 茂 (1980) 一試験地における風化花こう岩斜面の土層構造と崩壊深さに関する研究。新砂防、33、7-16。  
梅田修史・吉田瑞樹・竹下敬司 (1987) 山地で用いる貫入試験器の測定値の標準化。日林誌、69、289-293。