

簡易貫入試験機の分割型ランマーの試作とその性能評価

鳥取大学農学部 ○本田 尚正, 奥村 武信
 京都大学防災研究所 多田 泰之

1. はじめに

簡易貫入試験機は、土研式貫入試験機を急傾斜地の地盤調査に活用できるよう小型軽量化したものであり(大久保ら, 1971), 急斜面にかつ狭小な区域において、①据付、調査、撤去、移動といった一連の作業が少労力かつ容易に行えること、②面的な広がりをもった地盤調査が実施可能であること、③表層と基層の境界を容易にとらえて判断できること、等の利点を有することから、これまでとくに地表面下3~4m程度以浅の表土層厚の探査に数多くの実績を上げてきた(たとえば飯田ら, 1979; 恩田, 1989; 逢坂ら, 1992; 多田, 2002)。

さらに近年、その簡便性と山地における機動性を活かし、同試験によって得られる貫入抵抗値(Nc 値:5kg 重錘が高さ50cmから落下することにより先端コーンが10cm貫入するのに要する打撃回数)から、土の乾燥密度 γ_d 、内部摩擦角 ϕ' および粘着力 c' といった斜面土層の物理的なパラメータを推定しようとする試みも多くなされている(たとえば逢坂ら, 1992; 小川, 1997; 平松ら, 2000; 多田, 2004)。しかし、同試験機の5kg重錘による衝撃力は、表土層内の貫入抵抗の分布特性や微細な土層構造の変化等を調べるには過重であり、表土層厚を決定するには適しているが、表層土の物理的なパラメータを推定するには、貫入抵抗の分解能は概して悪い。

そこで著者らは、簡易貫入試験の分解能の向上を目的として、1kgから5kgまで1kg単位で分割可能な重錘「分割型ランマー」を試作した。そして、鳥取大学農学部附属蒜山演習林(岡山県川上村)内に試験地を設けてその性能評価を行ったので、ここに報告する。

2. 分割型ランマーの構造

分割型ランマーを写真-1に示す。また、これまでに実用化されている簡易貫入試験機のうち、代表的な機種と今回試作品との比較を表-1に示す。それらを参考にして、分割型ランマーの特徴について述べると次のとおりである。

- ① 分割型ランマーはW1~W4の4部材で構成され、5kg時の形状(直径、高さ)は、これまで使い慣れた従来型の5kgウエイトとほとんど同じである。
- ② 各重量での部材の組合せは、次のとおりである。
 1kg: 部材W1(1kg)のみ、
 2kg: 部材W1と部材W3(1kg)との組合せ、
 3kg: 部材W1と、部材W2(2kg)または部材W3プラスW4(1kg)との組合せ、
 4kg: 部材W1と、部材W2プラスW3との組合せ、
 5kg: 部材W1~W4の4部材すべてを使用。
- ③ 部材W1(高さ220mm)は、ランマーが貫入ロッドに沿って落下する際、ランマーとロッドとの間の摩擦の条件に差異が生じないようにするため、すべての重量の組合せに共通して使用している。
- ④ 部材の連結はネジ込みによる。すべての部材でネジの形状を統一した。
- ⑤ ランマーの材質には、耐食性にすぐれたステンレスSUS304を使用した。

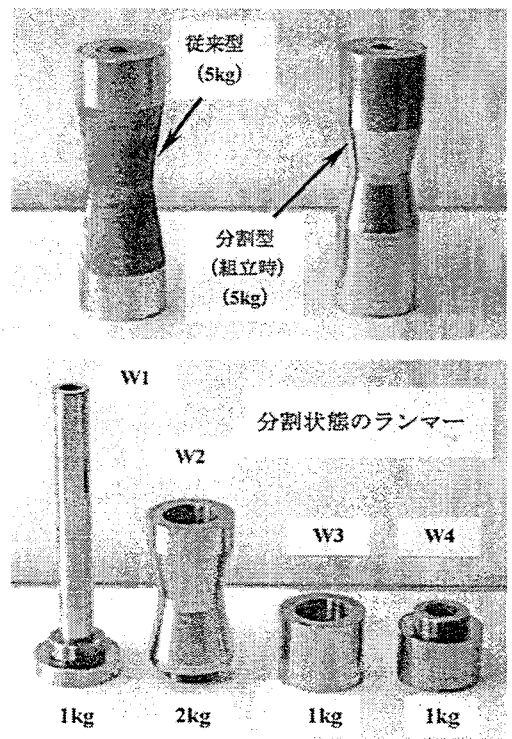


写真-1 分割型ランマーの外観

3. 分割型ランマーによる簡易貫入試験の実施

分割型ランマーの性能評価のため、鳥取大学農学部附属蒜山演習林内の一斜面(平均勾配29.2°)を利用して簡易貫入試験を実施した。なお、試験地周辺はスギ植林地で、地質は大山・蒜山火山群から供給された安山岩質の角礫、亜角礫からなる凝灰角礫岩質で、強度の風化を受けている。また、表層には黒色火山灰土(クロボク)が1m程度堆積している。

表-1 代表的な簡易貫入試験機と今回試作品との比較

機種名	土研式 貫入試験機	簡易貫入試験機			長谷川式 土壌貫入計
		従来型	今回試作品	改良型 (川崎, 2000)	
先端コーン径	φ30mm	φ25mm			φ20mm
貫入ロッド径	φ25mm	φ16mm			φ16mm
重錘の重量	5kg (固定)	5kg (固定)	1~5kg (分割可)	3kg+2kg (着脱可)	2kg (固定)

簡易貫入試験は、以下の手順で行った。

- ① 最初に、最軽量の1kg重錘を用いて貫入試験(落下高さ50cm)を行い、「打撃数4回で貫入量が1cm未満」を限界貫入深度と判定して、重錘重量を1kg追加する。ここで「打撃数4回で貫入量1cm未満」を限界値としたのは、それが5kg重錘によるNc=40(先端コーンを10cm貫入させるのに40回の打撃を必要とする土層の硬さ)以上に相当するからである。以下、同様のルールで順次重量を追加しながら、重錘重量が5kgになるまで貫入試験を行う。
 - ② 次に、上記①の調査地点の近傍で重錘重量2kgから貫入試験をスタートさせ、以下、①と同様のルールおよび手順で試験を続ける。最後に、重錘重量5kgからスタートする貫入試験を行って、その調査地点での試験が終了する。
 - ③ データ整理にあたっては、各重量に対応した貫入抵抗値は、5kg重錘での貫入抵抗値と同様に「当該重量重錘が高さ50cmから落下することにより先端コーンが10cm貫入するのに要する打撃数」で定義する。
- これらの手順にしたがって、本研究では総本数104本、貫入深の累計長381.44mの簡易貫入試験を実施した。

4. 結果および考察

図-1は、各重錘重量による貫入抵抗値 (N_c 値) の深度分布の一例を示している。図-2は、横軸に重錘重量1~4kgの場合の N_c 値、縦軸に同じく5kg, 3kgまたは2kgの場合の N_c 値をとり、異なる重錘重量による N_c 値の相互関係を示し、試みに直線近似式と相関係数も記載した。なお、これらの図では、5kg重錘による N_c 値は「 N_{5kg} 」、3kg重錘では「 N_{3kg} 」のように表記した。

図-1によれば、 N_{4kg} と N_{5kg} の間に大きな差異はみられない。両者の倍率は、図-2の近似直線式にしたがえば $1.52 (=1/0.6575)$ である。次に、 N_{3kg} と N_{5kg} では倍率 $2.20 (=1/0.4552)$ であり、図-1においても N_{3kg} と N_{5kg} の間に差異が認められる。とくに、深度0.5~1.0m程度までのクロボク土層に着目すると、5kg重錘や4kg重錘による貫入抵抗値よりも増して土層内の硬軟の違いが確認できる。さらに、 N_{2kg} と N_{5kg} では倍率 $4.19 (=1/0.2385)$ 、 N_{1kg} と N_{5kg} では倍率 $10.18 (=1/0.0982)$ であり、クロボク土層内の硬軟の違いも、ともに N_{3kg} の場合以上に明確に出現している。このように、分割型ランマーによる軽量重錘の使用によって貫入抵抗の分解能が向上し、その効果はとくに表土層内において顕著に現れていることがわかる。

一方、 N_{1kg} と N_{5kg} の相関係数 ($r=0.3323$) は $N_{2kg} \sim N_{4kg}$ の場合と比べて概して悪い。これは、1kg重錘と5kg重錘では重量の差が大きいことに起因している。そこで、 N_{5kg} との直線近似の相関性が最も高い N_{2kg} ($r=0.9037$) と、 N_{1kg} との相互関係についてみると、相関係数は $r=0.7535$ まで向上した。このことから、異なる重錘重量による N_c 値の相互関係を直線近似式で表わすことに関しては今後さらなる検討が必要であるものの、分割型ランマーを用いての異なる重錘重量による N_c 値は、 N_{2kg} の仲介によって一連の相互関係を提示することが可能であるといえよう。

次に、分割型ランマーの活用方法の一例として、長谷川式土壌貫入計との互換性について考察する。

川満(2002)は、表層部の根系の発達状況等、地表面付近の微妙な構造を簡易貫入試験機によって詳細に把握するため、3kg重錘と簡易貫入試験機の $\phi 25$ 先端コーンを用いた測定を行い、それ (N_{3kg} に相当) によって浅い深度の地下構造を長谷川式土壌貫入計と同等に把握できることを示した。このことと、前述のとおり、1kg~3kg重錘の使用によって深度1.0m程度の表土層内における貫入抵抗の分解能が著しく向上することから、分割型ランマーによる N_c 値を用いれば、長谷川式土壌貫入計相当の分解能をさらに高めることができると考えられる。

図-3は、横軸に N_{2kg} および N_{1kg} 、縦軸に同じく N_{3kg} をとり、それぞれの N_c 値の相互関係を示したものである。概して、 N_{2kg} と N_{3kg} の相関性は高く、 N_{1kg} と N_{3kg} のそれは若干低い。これは2kgと3kg、1kgと3kgといった重錘重量の差によるものであるが、前出の1kg重錘と5kg重錘ほどには、重量差による影響はみられないことから、 N_{3kg} の貫入抵抗値を N_{2kg} および N_{1kg} によってさらに詳細に分解表示することは可能であるといえよう。

5. おわりに

分割型ランマーの信頼性の向上と実用化にあたっては、今後、さまざまな地質での簡易貫入試験の実施、長谷川式土壌貫入計による測定値と N_{1kg} 、 N_{2kg} および N_{3kg} との詳細な比較など、さらなる現地データの蓄積と比較検討が必要である。

参考文献: 川満一史(2002):改良型簡易貫入試験機の開発, SABO, Vol.73 June, p.14-19.

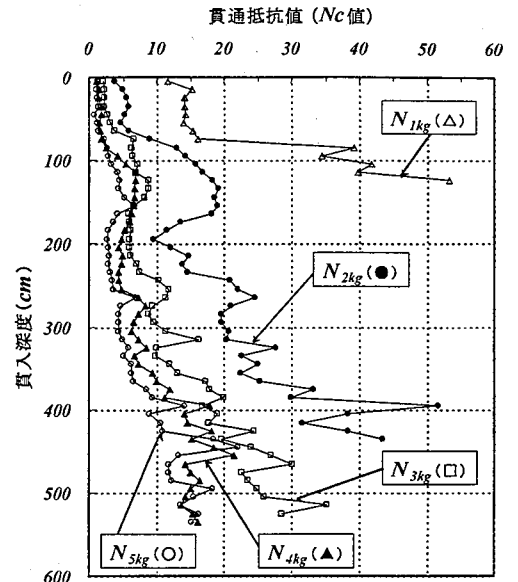


図-1 貫入抵抗値の深度分布の一例

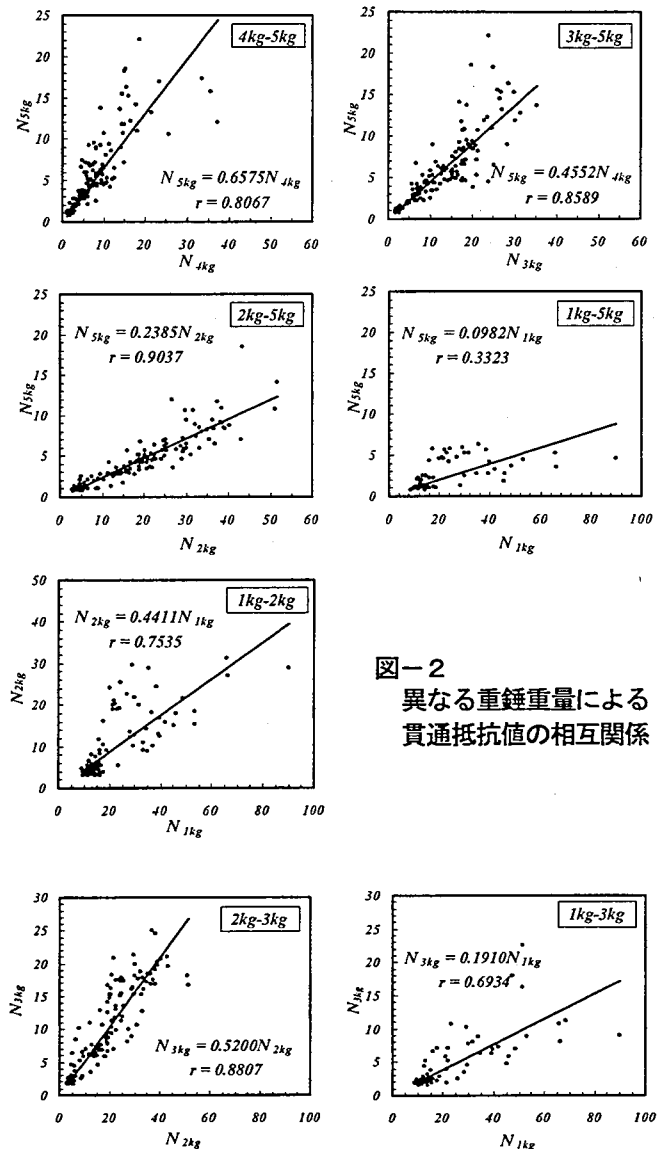


図-2 異なる重錘重量による貫通抵抗値の相互関係

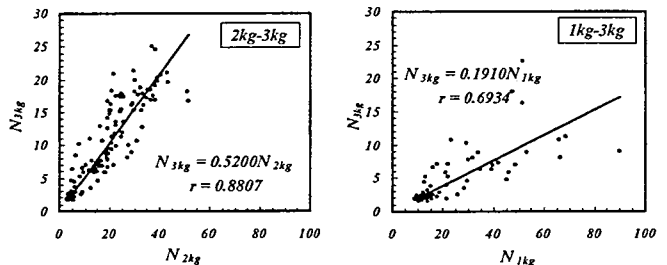


図-3 1kg~3kg重錘による貫入抵抗値の相互関係