

## P-4. 65 型貫入試験の提案

### Proposal of 65-type Penetration Test

木村隆行、高田正治（エイトコンサルタント）

Takayuki Kimura, Masaharu Takada

#### 1. はじめに

地すべり災害などでは、微細なコア観察によりさまざまな情報が得られるため、オールコア採取が原則となっている。しかし、現場では他の情報も含めて、総合的に判断したいことが多い。原因は完全なコアがなかなか得られないためでもある。掘削技術は向上しているが、それでも完全なコアを上から下まで得られることは少ない。部分的にどうしても欠陥コアが入ってしまい、そこがたまたますべり面らしき深度と一致した場合、判断が困難になるケースもある。

標準貫入試験を用いた場合、コアが不連続になり、かつ、径が 35mm と小さいため、地すべりのコア観察には不向きといわれている。しかし N 値の分布は得がたい強度分布の情報であり、地すべり土塊の判定に有効であることも多い。そこで、65mm 打込みサンプラーを用いてオールコア採取を行なう時、標準貫入試験の同じ方法で試験を行い、オールコアと N 値の両方を得る目的で、この研究を行ったので報告する。

#### 2. コア観察以外の判定手法

地すべりでは、一度動いて豪雨に遭遇しない限り動かない地すべりも多い。また、対策検討が急務で観測期間がほとんどないケースもある。そのような場合、コア観察のみで判断できる場合もあるが、判断に迷うことも多い。コア観察は基本だが、それに付加する他の情報があれば、判断がより総合的にできるメリットがある。

鴨井(2002)<sup>1)</sup>によれば、完全なコアばかりではないという現実と、標準貫入試験の N 値分布が極めて有効であることを指摘している。平田ら(2004)<sup>2)</sup>によると、オールコアに針貫入試験を併用した事例を紹介している。諏訪ら(2004)<sup>3)</sup>磯野ら(2005)<sup>4)</sup>によると、コアの pH や色彩値などを用いた評価点ですべり面を推定する方法を提案している。丸山・花岡(2006)<sup>5)</sup>によると、新第三紀泥岩の地すべりでスメクタイト強度がすべり面判定に有効であることを示している。その他多くの研究者が、コア観察以外の手法を併用し、より客観的な評価ですべり面を総合的に検討すること提案している。これらはコアそのものの品質が現場ではかなり問題を含むものである点と、客観的評価という点で、有意義な成果を得ている研究と考える。この内、地すべり現象を力学的問題として考えると、N 値はかなり有効な強度指標であり、直接的な指標といえる。しかし、35mm という小径と、不連続になりやすいという問題点が克服でき難い点で、敬遠されやすいことも事実である。この問題点を解決する手法が、65 型貫入試験を併用したオールコアボーリングである。

#### 3. 標準貫入試験との抵抗値比較

従来、大型貫入試験は礫地盤に対して適用が検討され、効果的であることが検証されている。ただ、その場合、外径 73mm 内径 50mm で 100kg のハンマーを 150cm 落下させる手法をとっており、通常の標準貫入試験の打込みツールを使用していない。そのため貫入エネルギーは、標準貫入試験の 1.5 倍になっている。

当研究では、標準貫入試験と同じ打込みツールを用い、同じ荷重 63.5kg 同じ落下高さ 75cm とし、先端のサンプラーのみ外径 65mm 内径 49mm の市販の 65 型打込みサンプラーを用いた。その刃先角度は標準貫入試験器と同じ 20° である。

この単位面積当たりの動的貫入抵抗値 R は下式で示される。

$$R=WH/AS \quad (1)$$

R：単位面積あたりの動的貫入抵抗 W：荷重 H：落下高さ A：貫入面積 S：貫入長  
貫入器の周辺摩擦がほとんど無視できる小さい値と考えると、標準貫入試験の N 値に対して 65 型貫入試験では、貫入エネルギーが 0.75 になり、30cm あたりの打撃回数  $N_{65}$  の 0.75 倍が N 値に等しくなると考えられる、この比較を、大型貫入試験と合わせて表-1 に示した、

$$N=0.75N_{65} \quad (2)$$

N：標準貫入試験の 30cm 打撃回数  $N_{65}$ ：65 型貫入試験の 30cm 打撃回数

また、従来の大型貫入試験では貫入エネルギーは 1.5 倍になるが、既往の研究では 1.6 倍という相関式<sup>6)</sup>や、密な砂では 1、5 倍、礫混じり土で 2、0 倍<sup>7)</sup>という値が報告されている。つまり、礫混じり土の N 値(標準貫入試験)は、大型貫入試験を基準にすると、同じ打撃エネルギーで対比して、礫がない値に比べ 1.34 倍 (2.0/1.5) 程度、過大になっている可能性がある。

表-1 各貫入試験の貫入抵抗値対比表

区分	標準貫入試験	大型貫入試験	65 型貫入試験
記号	N	$N_L$	$N_{65}$
内径 d (mm)	35	50	49
外径 D (mm)	51	73	65
面積 A (cm <sup>2</sup> )	10.8	22.2	14.3
荷重 W(kgf)	63.5	100	63.5
落下高さ H(cm)	75	150	75
貫入量 S(cm)	30	30	30
$R=WH/AS$ (kN/m <sup>2</sup> )	1441	2207	1087
N 値換算係数	1.00	1.53	0.75

#### 4. 標準貫入試験と 65 型貫入試験の比較

地すべり地において、標準貫入試験と 65 型貫入試験の比較実験を行った結果を図-1 に示した。その結果、下記のようにコアの土質により別の相関が得られた。

$$\text{礫混じり粘土状} \quad N=0.71N_{65} \quad (3)$$

$$\text{粘土質礫状} \quad N=1.58N_{65} \quad (4)$$

データにバラツキはあるが、礫混じり粘土状の箇所では、ほぼ貫入エネルギーの差とほぼ等しく、データが多くなれば 0.75 倍に近くなると考えられる。現段階では、基本的には式(2) で考えていれば良いと判断する。

しかし、粘土質礫状の箇所では、粘土状の箇所の約 2 倍であり、標準貫入試験の N 値がかなり過大評価になっている傾向が認められた。現時点では、データのバラツキがあるので、概ね  $N=1.5N_{65}$  と考えていけばよいと判断する。

このことは、地すべり調査の地盤が、通常の堆積地盤よりはるかに不均質で、風化岩や風化礫、破碎帯などが混在する地盤であることと関係すると考えられる。貫入するシューの内径が大きいため、地盤の脆弱部をより適正に把握しやすい特徴があり、地すべり調査には標準貫入試験より適していると考えられる。

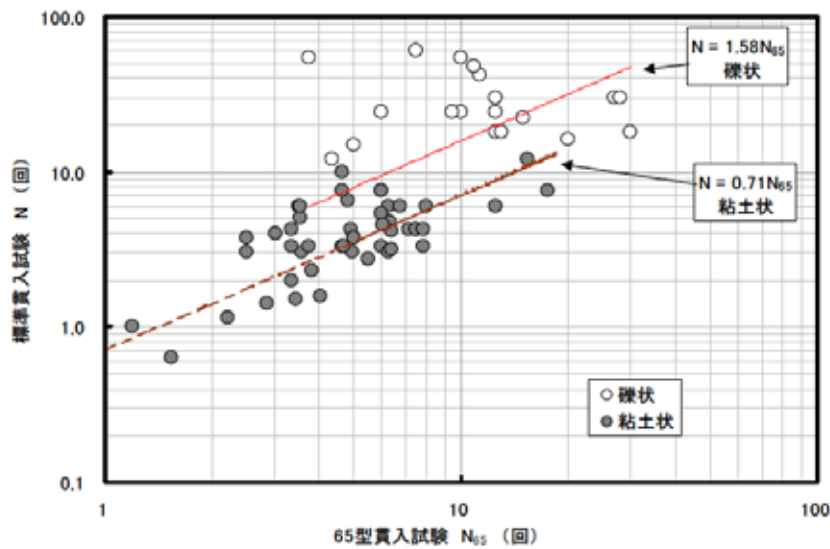


図-1 65型貫入試験と標準貫入試験の比較

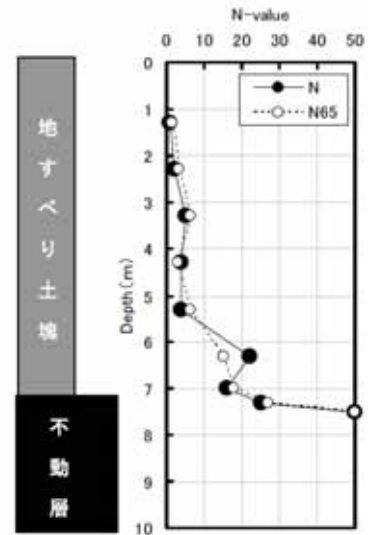


図-2 調査事例

現時点での N 値との相関は、概略値として(5)式や(6)式で代表させることができると考えるが、礫状コアでは本来の N 値そのものが過大に出ており、むしろ、(5)式で考えていたほうが、真実に近い可能性がある。つまり、破碎部分の地すべり面やその弱層を把握するためには、理論上の(5)式で統一して評価した方が、地すべり調査としては有効と考えられる。

$$\text{礫混じり粘土状 (理論値)} \quad N=0.75N_{65} \quad (5)$$

$$\text{粘土質礫状 (観測値の概略傾向)} \quad N=1.5N_{65} \quad (6)$$

また、N 値の小さい領域でも、65 型貫入試験は標準貫入試験より貫入エネルギーが小さいため、より詳細な変化が把握しやすい。つまり、調査精度という観点から考えても、より精度の高い詳細な強度分布が把握可能であり、かつ、オールコアのコア採取となるため連続コア観察も可能でもある。図-2 は、地すべり調査で標準貫入試験と 65 型貫入試験を併用した一例で、図-3 と図-4 は、その N や  $N_{65}$  と pH と酸化還元電位の相関である。このように、すべり面を客観的に評価する手法として、65 型貫入試験の有効性を検証できたと考えられる。

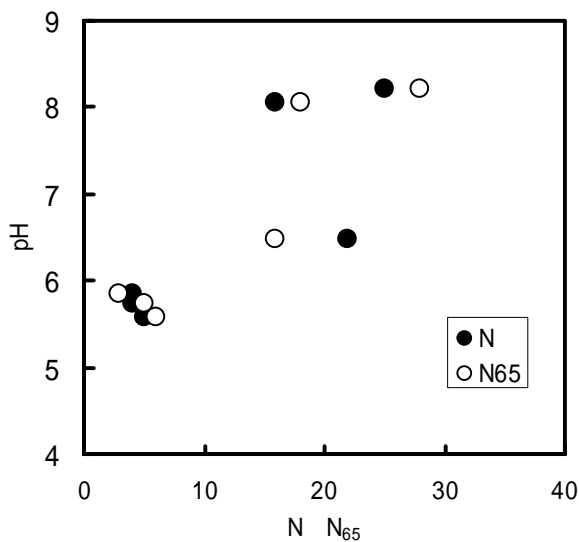


図-3 N および  $N_{65}$  と pH の相関

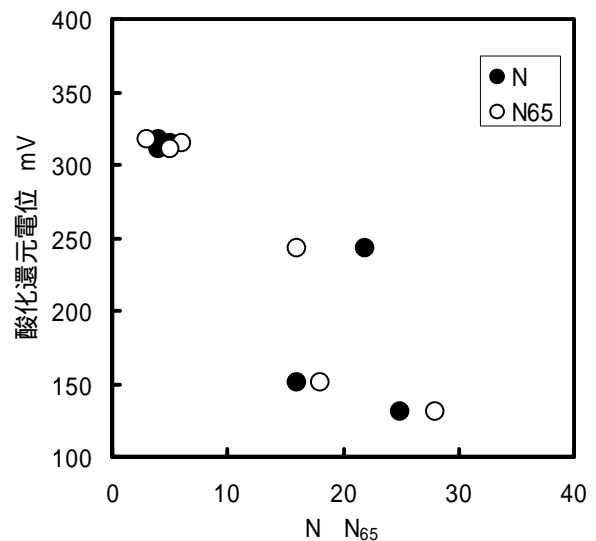


図-4 N および  $N_{65}$  と酸化還元電位の相関

## 5. まとめ

オールコアボーリングの場合、W コアチューブで掘削するか、無水のシングルコアチューブで掘削するか、打込みサンプラーで掘削するか、およそ3種類が多いと考えられる。このうち、W コアチューブでは、圧力と送水の微妙なバランスで良好なコアが得られる場合と、マトリックスを流してしまいスライムしか残っていないコアを目にすることもある。技量と経験で、大きな差が生じる。また、無水の場合、採取率は向上しても、こね返してマトリックスの観察ができないコアになる場合もある。打込み式の場合、状況によってはコアが縮んだり伸びたりする場合がある。いずれにしても、コアの採取技術は、現場ではかなりの困難を伴っており、完全なコア取得は至難の業である。このオールコアボーリングのひとつの手法である打込み式採取方法を行う時、標準貫入試験と同じ手順で打撃回数をカウントすることで、N 値指標を得ることに研究の着眼点がある。そのことで、N 値分布とコア観察の両方が得られるからである。ここでは標準貫入試験と区別するため、65 型貫入試験と呼び、得られた 30cm 打撃回数を  $N_{65}$  とした。

この研究によって、以下のことが判明した。

- ・標準貫入試験の N 値に対して 65 型貫入試験では、礫混じり粘土ではおよそ  $N=0.75N_{65}$ 、粘土質礫状ではおよそ  $N=1.5N_{65}$  の相関が考えられた。これらの相関は、現段階の目安であり、今後、データの蓄積が必要と考えている。
- ・風化礫や破碎帯などが混在しやすい不均質な地すべり調査では標準貫入試験よりもより詳細な把握が可能で、弱部の把握がしやすい手法であることが判明した。
- ・上記の点で、地すべり調査のみならず、通常的地盤調査にも有効であることが考えられた。つまり、65 型貫入試験を通常的地盤調査に使用した方が、調査精度が向上すると考えられた。

このように、地すべり調査では、コア観察も行えることから 65 型貫入試験は有効な調査手法であり、今後、多くの現場で採用されることを提案したい。

また、現在は浅い深度の地すべりに適用しているので、今後、深い深度の地すべりや、さまざまな種類の地すべりに適用し、更に通常的地盤調査への拡大も含めて、今後、研究を継続していきたい。

## 参考文献

- 1) 鴨井幸彦(2002)：地すべり面調査における標準貫入試験の効用,第 41 回日本地すべり学会研究発表会,pp.241-244
- 2) 平田晴昭,西俊憲,樽石静(2004)：針貫入試験による地すべり移動土塊の判定,第 43 回日本地すべり学会研究発表会,pp515-516
- 3) 諏訪陽子,磯野陽子,木村隆行,楠本岳志(2004)：四国秩父帯大規模地すべりにおける鉱物学的・化学的特徴,第 43 回日本地すべり学会研究発表会,pp45-48
- 4) 磯野陽子,木村隆行,徳丸孝明,丹生谷太,玉井克明,酒井俊典(2005)：四国御荷鉾帯,田浪地すべりのスベリ面評価,第 44 回日本地すべり学会研究発表会,pp93-96
- 5) 丸山清輝,花岡正明(2006)：泥岩地帯における地すべり土塊の風化に関する検討,土木技術資料,48-4,pp58-63
- 6) 大森勇(1994)：N 値と他のサウンディング,土木技術,VOL.49,No3,pp91-96
- 7) N 値の話(1998),理工図書,pp35-37
- 8) 木村隆行,高田正治(2006)：65 型打込みサンプラーによる地すべり土塊の評価,第 45 回日本地すべり学会研究発表会,pp395-398
- 9) 木村隆行,高田正治(2006)：65 型貫入試験による地すべり土塊評価の検討,日本応用地質学会平成 18 年度研究発表会,講演論文集