

SH型貫入試験

(表層構造調査用簡易貫入試験)

綱木 亮介

つなきりょうすけ

(一財) 砂防・地すべり技術センター

斜面保全部 部長

藤川 富夫

ふじかわ とみお

表土層調査技術研究会 副会長

1. はじめに

近年、地震や台風などの自然災害の規模が大型化しつつあります。一方、我が国は、国土の大半が山地及び台地で構成され、土地利用の範囲が山麓部分や河川近くにまで拡大せざるを得ない状況で、毎年発生する台風や豪雨に伴う土砂災害や水害により、多大な被害をうける環境下にあります。

本年6月に国交省水管理・国土保全局から「河川砂防技術基準（調査編）」の改訂版が公開されました。その中に斜面の崩壊の位置、規模や表層部の弱層を調査する方法として表層構造調査用の簡易貫入試験という目新しいサウンディング手法が紹介されています。これに該当するのが本稿で紹介するSH型貫入試験です。「SH型貫入試験」は、従来の調査方法では困難であった地盤の表層部とくに上層の軟らかい地層状況を詳細に調査し、斜面などの土層状況を立体的に把握するために開発された技術です。この試験法の特長は①2kgと3kgに分離することが可能な5kgの重錘を50cmの高さから自由落下させることと、②1打撃ごとの先端コーン貫入量を小型のデータロガーに自動記録することで、一打撃毎の貫入抵抗Nd/drop値をパソコンで算出する方法によって、精度の大幅な向上と人為的ミスを排除していることにあります。その適用範囲は、急傾斜地の斜面調査から堤防の変状部調査、地中空洞調査など多分野に及びつつあります。

福井市で開催された砂防学会において、平成19年度砂

図-1 SH型貫入試験機概要

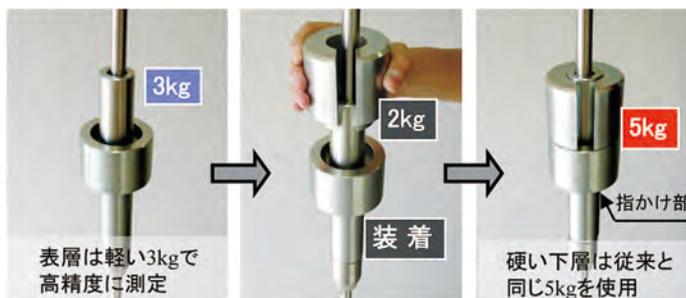
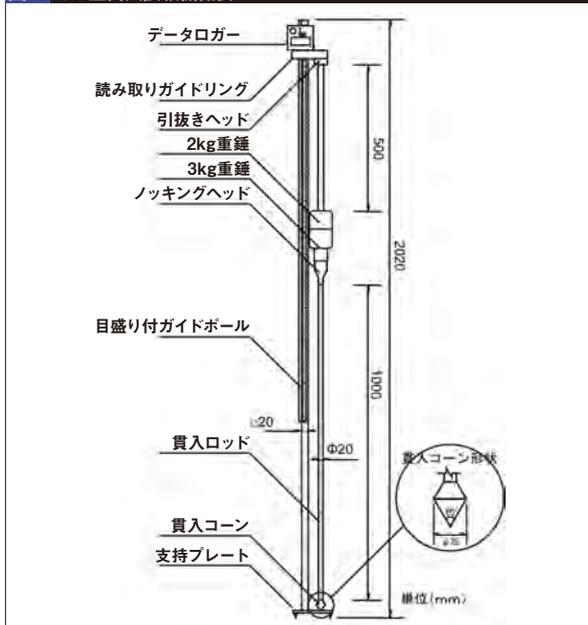


写真-1 着脱式重錘 従来型(5Kg)を3Kgと2Kgに分割
下部を長くした指掛け持ち上げ式に改良して指つめを防止

防学会賞「砂防技術賞」を受賞しました。

2. 試験方法と試験機について

SH型貫入試験は、打撃用重錘は3kgと2kgに分解できるタイプのため、N値10以下の軟弱層を詳細に把握することが可能となりました。貫入コーンを最初軟らかい土層を3kgの打撃力で貫入させ、硬くなってきたら2kgを追加して5kgの打撃力で貫入させることで、表層部の微細な構造を把握します。

2つの重錘が完全に一体化しないと5kgのエネルギーがコーンに伝わらないため、この2つの重錘は嵌合合体方式となっています。試験機は貫入部であるロッドと打撃用重錘、それを支持するガイドポール、および貫入量を自動記録するデータロガーから構成されています(図-1)。試験深度は5m程度までとしています。

試験する位置を決めたら、貫入ロッドを鉛直に立て、

図-2 SH型貫入試験の方法

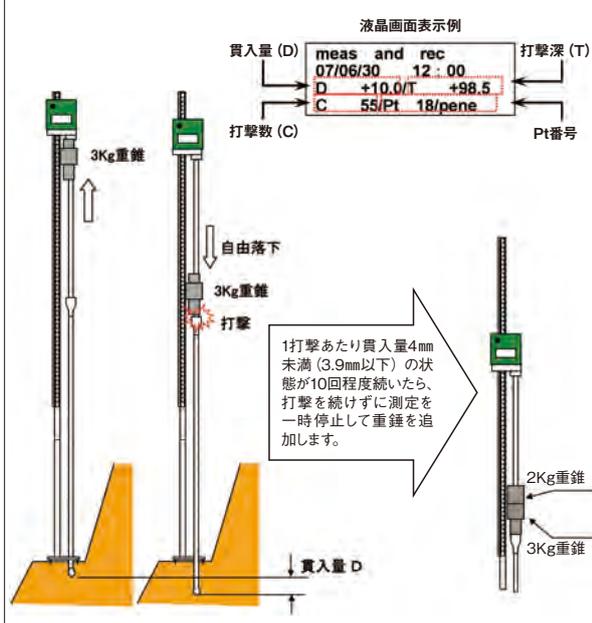


図-3 試験結果のグラフ例

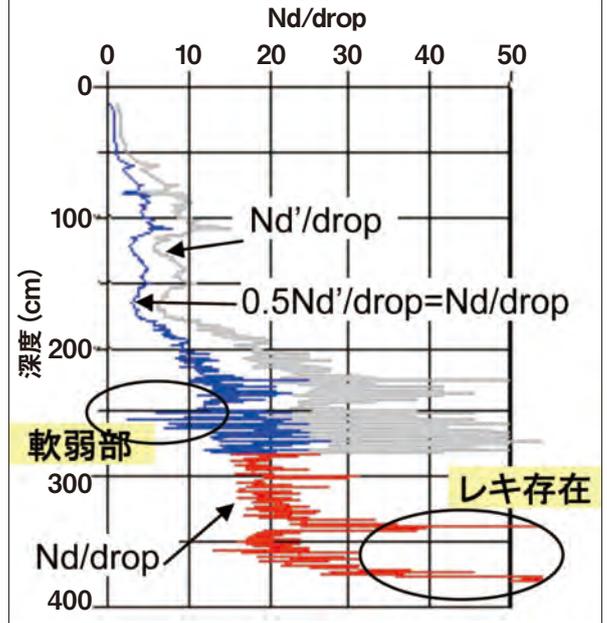


表-1 データロガー仕様

寸法	80×97×91mm
重量	670g(電池込)
電源	単三乾電池1本
測定可能時間	20時間以上(新品アルカリ電池使用時)
メモリ容量	約40,000打撃相当
測定分解能	0.1mm
PC接続	RS232C



写真-2 データロガー

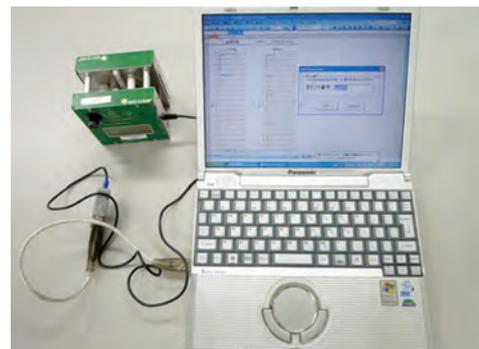


写真-3 専用ソフトによる自動図化

表-2 SH型貫入試験の特長

測定方法	3kgと、5kgの重錘(2kgの重錘を追加)を50cmの高さから落下させ、1打撃ごとの貫入量を自動記録しNd/drop値を求める。
取扱い	3kgの重錘を使用し、軽量で調査の肉体的負担が少ない。 また指つめの防止対策を講じており安全に調査することが可能である。
記録方法	データロガーにより1打撃ごとの貫入量を0.1mmの精度で自動記録できる。 人為的ミスがなく正確で客観的なデータが得られる。
N値換算	1打撃ごとにN値に換算することが可能である。 N値10以下で最小Nd/drop値：N値=1：1

データロガーを上部にセットした後3kg重錘を50cm持ち上げ自由落下させて先端コーンを貫入させていきます。このときデータロガーは1打撃毎の貫入量を自動的に記録します(図-2)。また、従来の簡易貫入試験機で起きやすかった指つめ事故を防止するためにSH型貫入試験機の重錘部には把持部があり安全性も高められています(写真-1)。1打撃毎のデータを0.1mmの高精度で自

動記録できるデータロガーによって、人的なエラーを排除すると共に高精度な読み取りで作業効率の向上がはかられています(写真-2、表-1)。

また測定ノイズ等を自動で補正できるグラフソフトを開発し(写真-3)、資料整理の大幅な省力化がはかれ、従来の簡易動的コーン貫入試験に較べてトータルコストが低減できます。表-2に以上のようなSH型貫入試

図-4 3kg打撃と5kg打撃の関係

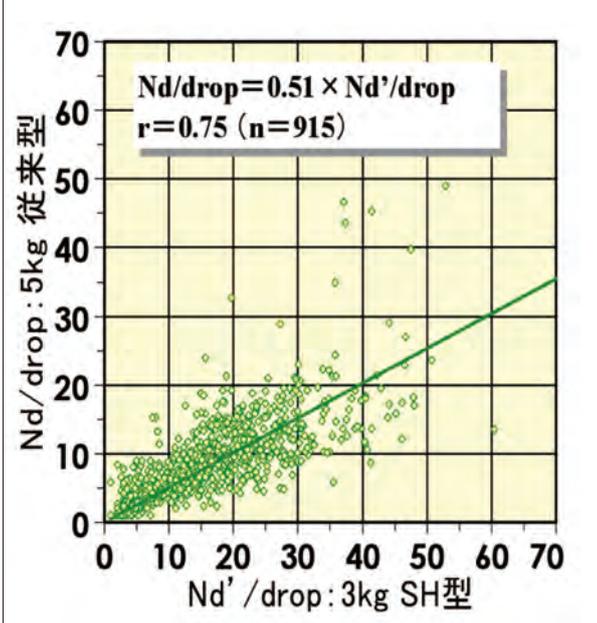
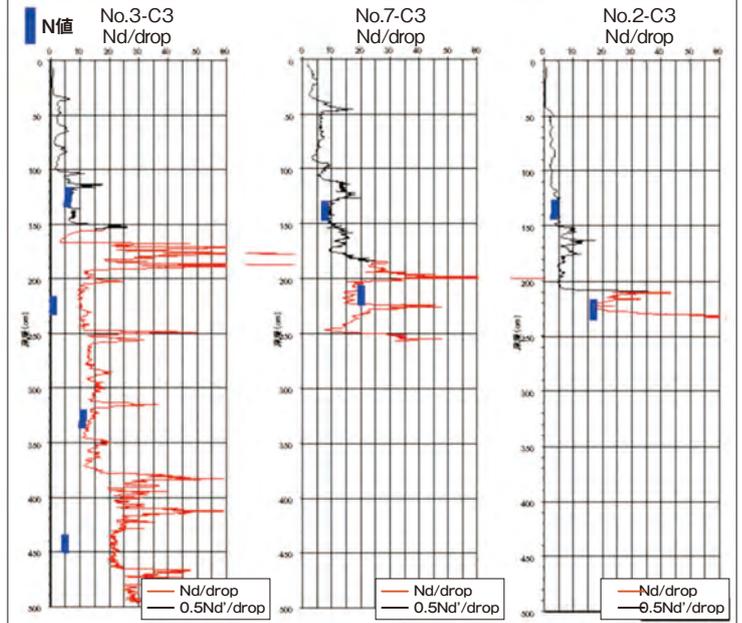


図-5 標準貫入試験 (N値) とNd/drop値の比較例



験の特長を整理しました。

現地試験の結果はパソコンにデータロガーを接続することで1打撃毎の連続グラフとして図化されます。このグラフを見ることで、軟弱部や礫の存在状況が詳細に判別することが可能です(図-3)。

3. 試験結果の整理とN値との相関

1打撃ごとの貫入深さから貫入抵抗Nd/drop値は以下のように算出されます。なお試験開始時に自重沈下があった場合にはその分の貫入深さで補正されます。

1) Nd/drop値

Nd/drop値とは、質量5kgのハンマーを500±10mmの高さから自由落下させ、コーンを100mm貫入させるのに要する打撃回数です。この試験では次式を用いて1打撃ごとにNd/drop値を求めています。

2) Nd'/drop値

Nd'/drop値とは、質量3kgのハンマーを500±10mmの高さから自由落下させ、コーンを100mm貫入させるのに要する打撃回数です。この試験では次式を用いて1打撃ごとにNd'/drop値を求めています。

3) Nd/drop値とNd'/drop値の関係

Nd/dropとNd'/dropとの関係は次式が示されています(図-4)。

グラフとして出力する場合は、Nd'/dropをNd/drop

に換算して一本の連続グラフとして図化しますが線の色を変えて3kgと5kgの違いが分るようになっています。

従来型の簡易動的コーン貫入試験では、急傾斜地で実施した調査から地層の種類と硬軟に関わらず、Nd = (1~3) Nの関係がほぼ適用できることが示されています。SH型貫入試験の場合には、標準貫入試験併用のボーリング調査結果と対比した結果、表層のNd/drop<10の柔らかな土層では、Nd/drop値が最小となる深度での貫入抵抗値(:(Nd/drop) minと表現)は、(Nd/drop) min ≒ Nの関係がほぼ成立することがわかっています(図-5)。ただし確認・精査するためには、調査地において標準貫入試験を行った箇所の直近でSH貫入試験を行い対比することが推奨されます。

4. ソイルコアサンプラーによる試料採取

SH型貫入試験の特徴の一つとして、試験箇所の地中の土を直接目視確認するために、ソイルコアサンプラーが準備されています。土試料採取は、Nd/drop値と土層状況の関係を把握する上で有効です。特に設計を行う際、粘性土か砂質土かを判断する根拠となるため、代表的な試験箇所で、Nd/drop<10までの区間(または深さ2mまで)、SHソイルコアサンプラーによる試料採取を推奨しています。サンプラーによる試

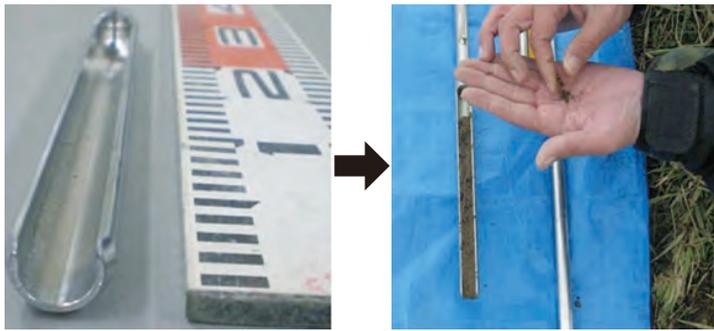
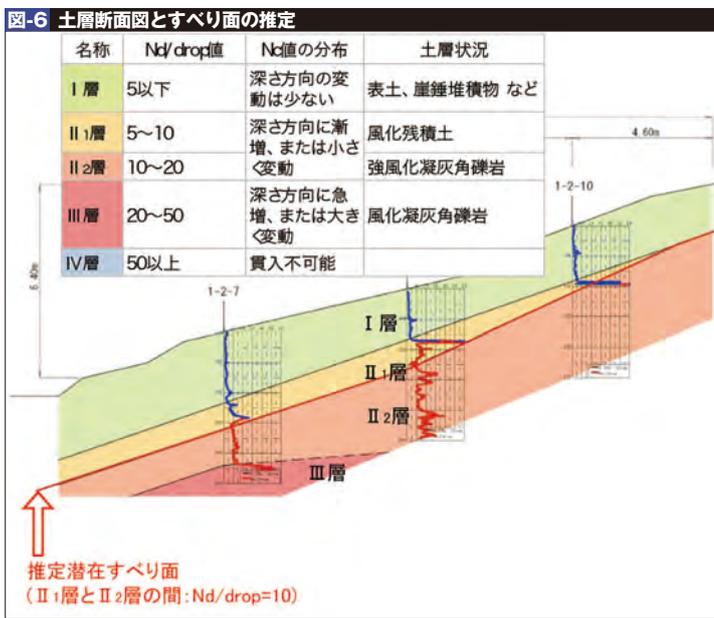


写真-4 ソイルコアサンプラーによる試料採取



料採取の方法は、SH型貫入試験での貫入コーンをφ20mm、L=250mmのSHソイルコアサンプラーに付け替え、3kgハンマーで打撃し、20cmごとに土層のサンプルを採取します。地山と採取試料の縁切りはノッキングブロックの穴へ引き抜き棒を差し込み回転させることで行います。サンプル採取状況を標尺と並べる形で写真撮影した後、土質や色調等を確認して土層図にし、各土層を代表するサンプルを標本瓶に収納します

写真-4。

5. 適用分野

1) 表層崩壊すべり面の推定

国土技術政策総合研究所の小山内らは、6地区のがけ崩れ発生斜面での70点に及ぶSH貫入試験で崩壊地内外の貫入抵抗値 (Nd/drop) を測定し、結果を既存

の研究を含めて整理・検討した結果、急傾斜地崩壊では地質によらず、すべり面のNd/drop値は10程度であり、Nd/drop値が20以上の層は崩れずに斜面上に残っていると報告しています。また、土層をNd/drop値によってI層～IV層の4層に区分し、どの土層境界で崩壊が発生したかを判定する方法を示しました。これにより、Nd/drop値の深度方向の分布状況による表層崩壊すべり面の推定を行うことが出来ます(図-6)。また表層崩壊が予想される場所でSH型貫入試験を実施することで、崩壊土層厚を的確に把握して合理的な待ち受けよう壁の設計が可能となります。

他にも、花崗岩地帯の道路法面での崩壊対策工事において、崩壊法面と残存法面で面的なSH型貫入試験を行い、Nd≤10の地層が崩壊したというデータが得られています。

その対策として、Nd≤10の地層が分布する法面、即ち、対策工が必要不可欠な範囲に対してのみ、鉄筋挿入工+吹付法砕工を計画し、施工が行われました。

2) その他の適用分野

SH貫入試験の特長を活かすことで、河川堤防内の空洞や弱部の存在や広がりなどの変状調査をすることが可能です。また、道路の陥没箇所の原因調査にも使用されています。その他昨年3月11日に発生した東北地方大地震の時には浦安の液状化した地域で試験を行い、深度5mまでの範囲で地震後も変わらずに強度が低いことから再液状化の可能性等が把握できました。

おわりに

これまで標準貫入試験などでは分らなかった表層部のN値や状況がより正確に分るようになり、急傾斜地の調査や自然斜面の対策設計がより効率的に進めることができます。調査孔が径25mmと小さいことで堤体に影響を与えることなく堤防内の変状調査もできますので、現場での活用を期待します。

参考引用文献

- ★「簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究(小山内ら)」国土技術政策総合研究所資料第261号
- ★「斜面の表層構造調査用の簡易貫入試験機について(吉松ら)」平成14年度砂防学会研究発表会概要集
- ★「SH型貫入試験による自然斜面調査(吉村ら)」平成24年度砂防学会研究発表会概要集