

## 新技術紹介

# SH 型貫入試験

表土層調査技術研究会

### はじめに

急傾斜地崩壊対策工法の設計を実施する際には、対象斜面について、①崩壊可能性のある表土層や風化土層の厚さおよび強度、②斜面形状(傾斜・地形)、③土質・地質の状況、湧水の状況等を把握する必要がある。とくに表土層や風化土層の厚さについては、同一斜面内においても地形や位置により異なるため、より安全で経済的な(コスト縮減)工法を選択・設計するには、面的・立体的な把握が必要である。しかし今までこれらの点について、事前の表土層調査が十分には行われてこなかった経緯がある。

SH 型貫入試験は、従来の地質調査手法では困難であった斜面表層部の土層状況を詳細に調査し、斜面の土層状況を立体的に把握可能とした調査手法である。斜面表層の土層状況調査に SH 型貫入試験を導入することで、斜面崩壊対策の精度向上を図ることが期待される。また、設計根拠のあるデータを蓄積・整理することは、斜面保全技術のさらなる発展・進歩ならびに技術の伝承にも貢献できるものと考えられる。

現在、SH 型貫入試験の技術基準と標準積算資料の整備が、「全国がけ崩れ地すべり対策協議会」によって進められているところである。以下に当研究会で策定した調査基準を示し、SH 型貫入試験の概要を紹介する。

### SH 型貫入試験を用いた調査基準(案)

#### 1. 総則

##### (1) 試験の目的

この試験は、SH 型貫入試験機を用いて主に表層崩壊の可能性のある深さ、樹木の根系が進入する深さ等を効率よくかつ精度よく把握することで、より安全で経済的な工法を選択するとともに、施工の安全を確保することを目的とする。

##### (2) 適用範囲

斜面保全対策(急傾斜地崩壊対策事業、道路法面保全対策、河川法面保全対策、住宅造成事業等)

を実施する際に適用する。

##### (3) 用語の定義

SH 型貫入試験とは、質量  $5 \pm 0.05$  kg (3 kg と 2 kg に分割) のハンマーを  $500 \pm 10$  mm の高さから自由落下させ、1 打撃ごとのコーンの貫入量から Nd/drop 値を求める試験をいう。

#### 2. 試験機の構成

SH 型貫入試験機は、貫入コーン、貫入ロッド、

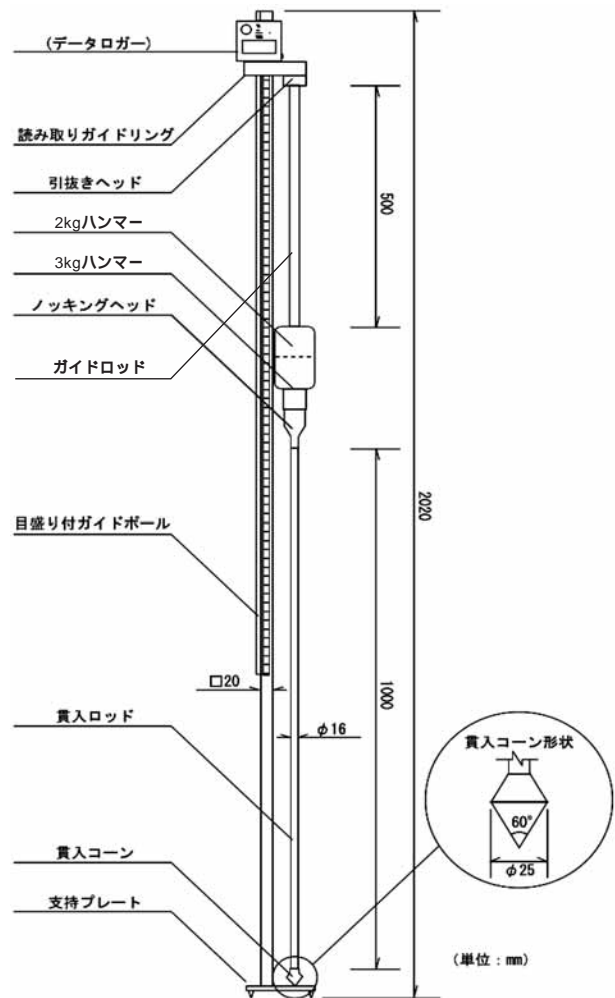


図1 SH 型貫入試験機

ノッキングヘッド、分割ハンマー、ガイドロッド、ガイドポールおよびガイドリングから構成される。

- (1) 貫入コーン：鋼製で、先端角  $60 \pm 1^\circ$  および底面積  $490 \pm 10 \text{ mm}^2$  のもの。
- (2) 貫入ロッド：外径  $16 \pm 0.2 \text{ mm}$  の鋼製で、長さ  $1000 \text{ mm}$  のもの。
- (3) ノッキングヘッド：鋼製で、ハンマーの打撃を受け止める構造を有するもの。
- (4) ハンマー：鋼製で質量  $3 \pm 0.03 \text{ kg}$  のものと、着脱可能な  $2 \pm 0.02 \text{ kg}$  のもの。
- (5) ガイドロッド：外径  $16 \pm 0.2 \text{ mm}$  の鋼製で、ハンマーを  $500 \pm 10 \text{ mm}$  の高さから自由落下させることができるもの。
- (6) ガイドポール： $20 \text{ mm}$  のアルミ製角柱でコンベックスルール1級の、 $1 \text{ mm}$  ごとの目盛を有するもの。
- (7) ガイドリング：高機能プラスチック製で、厚さ  $30 \text{ mm}$ 、外径  $60 \text{ mm}$  のもの。

### 3. 試験方法

SH型貫入試験は、次の手順で実施する。

- (1) 貫入ロッドの先端に貫入コーンを取り付け、上部にノッキングヘッド、ガイドロッド、ハンマー（ $3 \text{ kg}$ ）を取付け本体に平行にガイドポールを取り付ける。
- (2) 試験機の支持プレートを地面に固定し、調査地点に鉛直に保持する。
- (3) ハンマーを  $500 \pm 10 \text{ mm}$  の高さから自由落下させ、1打撃ごとの貫入量をガイドポールの目盛から  $\text{mm}$  単位まで読み取り記録する。データロガーを使用した場合には、自動的に1打撃ごとの貫入量を  $0.1 \text{ mm}$  まで記録する。
- (4) ハンマーは  $3 \text{ kg}$  のもので試験を開始し、1打撃ごとの貫入量が  $3 \sim 4 \text{ mm}$  の状態を20回程度確認したら、 $2 \text{ kg}$  ハンマーを付加して  $5 \text{ kg}$  の状態で試験を継続する。
- (5)  $5 \text{ kg}$  ハンマーによる打撃で、1打撃ごとの貫



写真1 3 kg ハンマー



写真3 5 kg (合体) ハンマー



写真2 3 kg ハンマーに2 kg ハンマーを装着



写真4 データロガー装着時

入量が3~4mmの状態を20回程度確認または2mm以下の状態を10回確認して試験を終了する。

(6) 貫入深さは5mを限度とする。一般に3mを超えるとロッドの周面摩擦が大きくなるだけでなく、試験終了後のロッドの引き抜きが困難になることがある。

4. 試験結果の整理

1打撃ごとの貫入深さから貫入抵抗 Nd/drop 値を求め、深度との関係を整理する。試験開始時に自重沈下があった場合には貫入深さを記録する。

(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ある。この試験では次式を用いて1打撃ごとにNd/drop値を求める。  
Nd/drop =

$$1$$

3kg+2kgハンマー1打撃におけるコーン貫入量(mm) × 100(mm) ····· (1)

(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ある。この試験では次式を用いて1打撃ごとにNd'/drop値を求める。  
Nd'/drop =

$$1$$

3kgハンマー1打撃におけるコーン貫入量(mm) × 100(mm) ····· (2)

(3) Nd/drop 値と貫入深さの関係図

ここで、Nd/drop と Nd'/drop との関係は次式が示されている<sup>3)</sup>。

$$Nd/drop = 0.5 Nd'/drop \cdot \cdot \cdot \cdot (3)$$

したがって結果の整理においては、3kgハンマー打撃時の貫入深データを貫入抵抗 Nd'/drop 値に換算した値と深度との関係を図示するとともに、Nd'/drop 値を上記の(3)式によってNd/drop 値に変換した上で、3kg+2kgハンマー打撃時の貫入抵抗 Nd/drop 値と同じグラフ上にNd/drop 値で表示し、一貫した基準で測定値を解析することができるようにする。SH型貫入試験のグラフ例を図2に示す。

5. 斜面調査の流れ

SH型貫入試験を実施する場合、次のような流れで調査を行い対象斜面の土層状況を把握する。

(1) 斜面概査

対象斜面の地形図(縮尺1:500~1000)と踏査により、斜面規模・地形・傾斜変換点等、SH貫入試験の試験位置を設定するための基本的斜面状況を把握する。

(2) 測線, 測点の設定

概査結果を踏まえてSH型貫入試験の試験位置を設定する。斜面縦断方向の土層厚分布の把握には後述の土層厚断面図が有効となるが、それを作成するための測線を既存の測量測線または対象斜面の典型的・特徴的位置に設定する。対象斜面の土層状況を

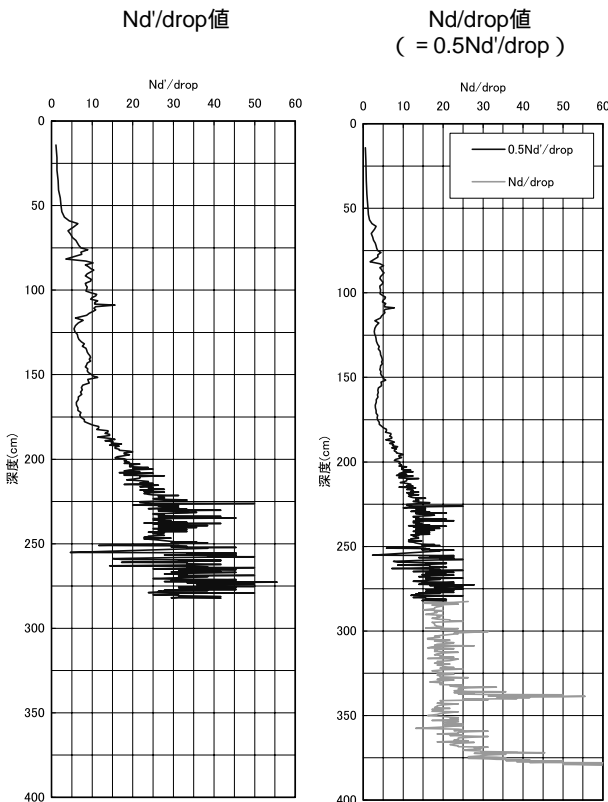


図2 SH型貫入試験のグラフ(Nd/drop図)例

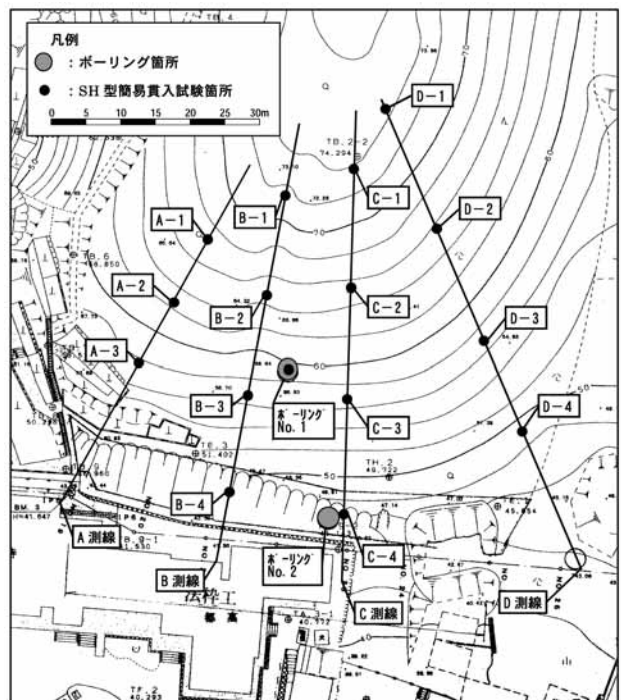


図3 測線, 測点の設定例<sup>5)</sup>

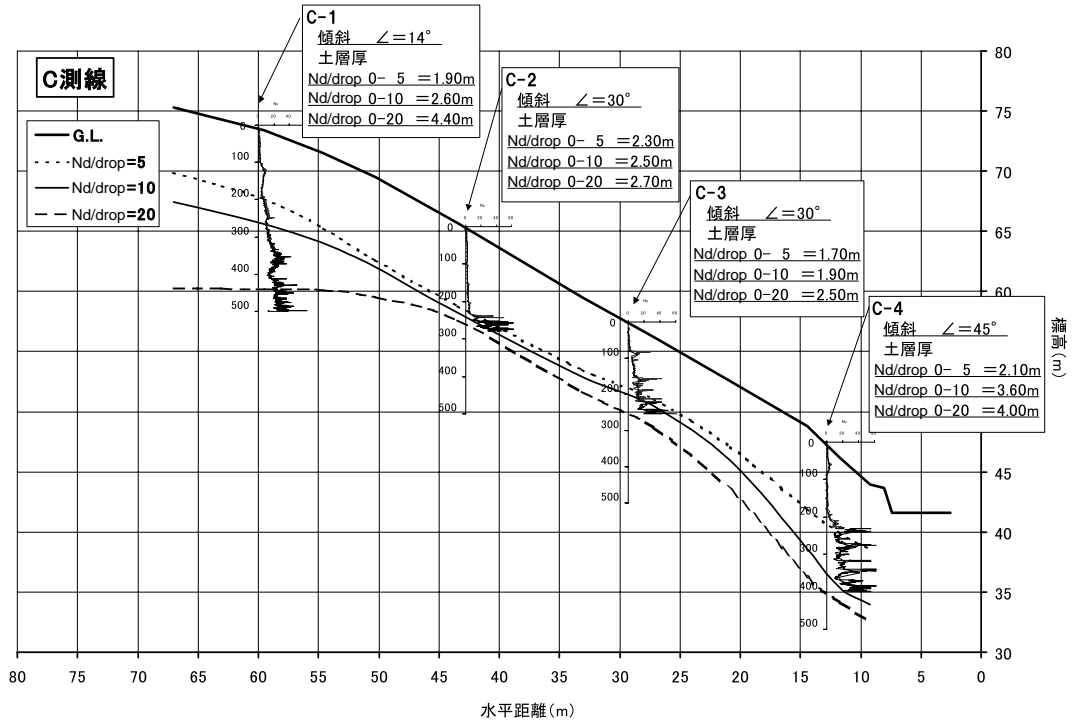


図4 推定土層厚断面図例<sup>5)</sup>

土層厚のスケールは標高の3倍

表1 SH型貫入試験結果に基づく土層の分類例

名称	特徴
I層	表層付近に存在する Nd/drop 値が5以下で深さ方向の Nd/drop 値の変動が極めて小さい層
II層	I層の下に存在し Nd/drop 値が5~20の範囲で変動する層
III層	II層の下に存在し Nd/drop 値が20~50の範囲で変動し深さ方向の Nd/drop 値の変動が大きい層
IV層	Nd/drop 値が50以上のSH型貫入試験機では計測できない層

面的・立体的に把握するには、試験位置の間隔は5~10m程度とすることが望ましい。図3に測線、測点の設定例を示す。

(3) 試験実施

設定した試験地点でSH型貫入試験を実施する。礫や転石の影響で貫入停止したと考えられた場合には、必ずその近傍で再試験を行う。必要に応じてソイルコアサンプラーにより試料採取を行う。

(4) 地形測量

土層厚断面図を作成するため、設定した測線の地形測量を行う。(既存の測量の測線上に設定した場合この工程は省略される。)

(5) 試験結果グラフ作成

試験データを一打撃毎のグラフ(Nd/drop図)としてとりまとめる。ソイルコアサンプリングを行なった場合には、観察結果から土質区分を行い柱状図としてとりまとめ併記する。

(6) 土層厚分布および土層状況の推定

SH型貫入試験、地形測量、ボーリングとの対比結果を総合し、縦断方向の土層厚分布を推定したものを「土層厚断面図」として表示する。また、測線上以外の試験データも含めて総合的に考察し、斜面

全体の土層状況を検討する。図4に推定土層厚断面図の例を示す。

(7) 表層崩壊すべり面の推定

小山内ほか(2005)は、「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」:国土技術政策総合研究所資料第261号において、6地区のがけ崩れ発生斜面で70点に及ぶSH型貫入試験を実施し、崩壊地内外の貫入抵抗値(Nd/drop)を測定した。その結果を既存の研究を含めて整理・検討し、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ことを報告した。また、表1のように土層を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た。このことから、Nd/drop値によって表層崩壊すべり面の推定が可能となった。

6. ソイルコアサンプラーによる試料採取

必要に応じて、SH型貫入試験での貫入コーンをφ20mmのソイルコアサンプラー(写真5)に付け替え、土層のサンプルを採取する。ノッキングヘッドにあらかじめ穿孔されている穴へ棒を差し込み、



写真5 ソイルコアサンプラー



写真6 採取状況



写真8 SH型貫入試験による調査を実施した斜面での工事例(神奈川県)



写真7 採取試料

回転させることで、地山とサンプルとの縁切りを行う(写真6)。サンプル採取状況を標尺と並べる形で写真撮影(写真7)したあと、サンプルを標本瓶に収納する。なお、礫や転石の影響で貫入停止したと考えられた場合には、再度その近傍で試験を行う。

#### 参考文献

- 1) 小川義厚・滝田喜久男(1986): 簡易貫入試験の適用における2,3の問題点, 第25回地すべり学会研究発表講演集, 154 - 156
- 2) 川満一史(2002): 改良型簡易貫入試験機の開発, SABO vol.73 jun 2002 14 - 19
- 3) 吉松弘行・川満一史・瀬尾克美・長谷川秀三・村中重仁(2002): 斜面の表層構造調査用の簡易貫入試験機について, 平成14年度砂防学会研究発表会概要集, 392 - 393
- 4) 地盤工学会(2004): 簡易動的コーン貫入試験, 地盤調査の方法と解説, 274 - 278
- 5) 山下勝・吉岡英幸・漆崎隆之・長谷川秀三・内田太郎(2004): 急傾斜対策事業における風化土層厚の把握と対策検討例, 平成16年度砂防学会研究発表会概要集, 218 - 219
- 6) 小山内信智・内田太郎・曾我部匡敏・寺田秀樹・近藤浩一(2005): 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, 国土技術政策総合研究所資料第261号

- 7) 本田尚正・奥村武信・多田泰之(2005): 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, 砂防学会誌, vol 59, no 2, 21 - 29
- 8) 長谷川秀三・川九邦雄・今川映二郎(1981): 長谷川式土壌貫入計による緑化地の土壌調査, 昭和56年度日本造園学会春季大会研究発表要旨, 43 - 44
- 9) 小嶋伸一・笹原克夫(1995): 土研式簡易貫入試験測定間隔の検討について, 平成7年度砂防学会研究発表会概要集, 301 - 302

#### 表土層調査技術研究会会員名簿

株式会社 日さく  
 日特建設株式会社  
 ジオグリーンテック株式会社  
 ダイトウテクノグリーン株式会社  
 株式会社 興和  
 国土防災技術株式会社  
 技研興業株式会社  
 株式会社高島テクノロジーセンター  
 土質コンサルタント株式会社  
 日本建設技術株式会社  
 株式会社富士ボーリング  
 ライト工業株式会社  
 事務局  
 〒194 0013 東京都町田市原町田1 2 3  
 ダイトウテクノグリーン(株)内  
 TEL 042 721 1703 FAX 042 721 0944  
 E mail: sh ken@daitoutg.co.jp