

## 段丘斜面における SH 型簡易貫入試験の実例

長野県木曾建設事務所  
 長野県砂防課  
 国土交通省 国土技術政策総合研究所  
 ジオグリーンテック株式会社

飯島 昭 ○長岡宏行  
 原義文 田下昌志 山本浩二  
 内田 太郎  
 漆崎 隆之

## 1. はじめに ー急傾斜地崩壊対策事業への SH 型簡易貫入試験の導入ー

急傾斜地崩壊対策事業の対象斜面について把握すべき内容は、①崩壊可能性のある風化土層の厚さ及び硬さ、②斜面形状(傾斜・地形)、③土質・地質の状況、湧水の状況等である。特に①の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、面的な把握が必要となる。

従来の急傾斜地調査はボーリングや地表踏査が主であった。ボーリングでは地質状況や標準貫入試験の N 値が得られるが、調査コストが高いため調査点数が限られ、急傾斜のため機械設置が難しく、斜面上の面的なデータが得られにくい。また標準貫入試験は貫入力が強すぎるため、斜面崩壊の大部分を占める表層崩壊の発生深度の推定には不十分な場合も生じる。

こうした状況のもと、神奈川県急傾斜地崩壊対策事業<sup>1)</sup>や国土省によるがけ崩れ発生斜面の土層構造調査<sup>2)</sup>において、斜面調査用に新しく開発された SH 型簡易貫入試験機<sup>3)</sup>による調査が行われその有効性が示されている。このような現状を踏まえ、長野県においても急傾斜地崩壊対策事業に SH 型簡易貫入試験を導入した。

## 2. SH 型簡易貫入試験機の概要

SH 型簡易貫入試験機は、簡易貫入試験機(以下、従来型)の改良型<sup>3)</sup>で、表層崩壊と関係の深い斜面表層の比較的軟らかい土層状況の的確な把握を図った機器である。従来型では 5kg である重錘を 3kg+2kg の着脱式とし、3kg 重錘使用時には軟らかい土層構造を高分解能で把握可能とした。なお、3kg 重錘使用時の Nc 値を Nc' 値と呼び、両者の関係は  $Nc = 0.5Nc'$  となる<sup>3)</sup>。硬い土層では、2kg 重錘を付加し 5kg とすることで従来型と同じ貫入力で調査可能である。また、SH 型簡易貫入試験機は一打撃毎(Nc'(Nc)/drop)に測定するため、薄い軟弱層や礫の影響が判る詳細なデータが得られる。ボーリングやスウェーデン式サウンディングと比較して本体が軽量であるため移動・設置が容易で急斜面でも調査可能であり、短期間で多点の調査ができる。ボーリング調査と SH 型簡易貫入試験を併用することにより、調査コストを低く抑えながらも、対象斜面全体の面的な土層状況を詳細に把握可能である。

## 3. 調査地及び調査方法

今回の調査地である長野県木曾郡上松町近所は木曾川支流中沢の右岸に位置し、比較的小起伏の山地とやや広い谷底からなり、尾根上も幅広く緩傾斜である。地質は主に花崗岩類であり、中～粗粒の黒雲母花崗岩である上松花崗岩が分布する。一般に花崗岩斜面における斜面崩壊タイプは表層崩壊が多い。また崩壊地にて簡易貫入試験を行った事例では、崩壊地脇の土層は  $Nc = 2$  以下の表土の直下に  $Nc = 50$  以上の岩盤があること<sup>4)</sup>、崩壊地内に露出したすべり面の硬さは  $Nc = 5 \sim 10$  程度であること<sup>5)</sup>等が報告されている。

調査対象は山裾の段丘面に民家が立ち並ぶ背後の斜面で、その範囲は延長約 300m、斜面長約 30m(比高約 20m)、平均勾配 34° である(図 1)。なお、山裾の数箇所湧水が確認された。調査はボーリングを 6 箇所行い、その結果を補完し斜面全体の土層状況を把握するため SH 型簡易貫入試験を 20 箇所実施した。ボーリング結果と SH 型簡易貫入試験による Nc 値との関係を合わせて風化土層厚の検討を行うため、ボーリング箇所の直近で SH 型簡易貫入試験を実施し両者の結果を対比した。

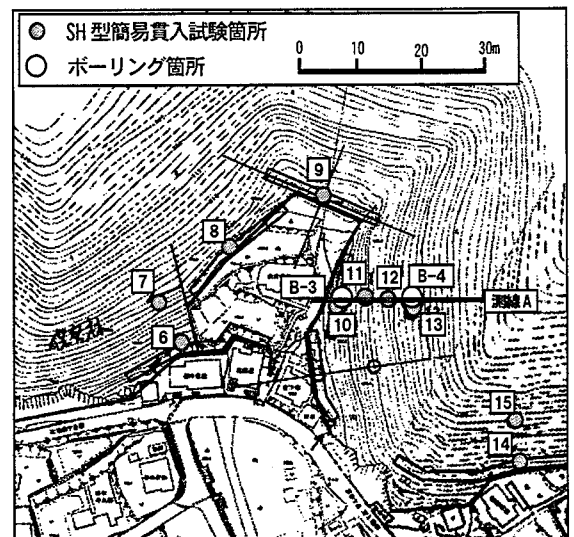


図 1 調査位置図(調査地の中央付近)

## 4. 調査結果と土層状況の把握

## 4.1 ボーリング結果との対比

ボーリング結果と SH 型簡易貫入試験結果の対比の一例を図 2 に示した。対比を全 6 箇所分行うことで、ボーリングによる土質及び N 値と Nc 値との対応が把握できた。SH 型簡易貫入試験の一打撃毎のグラフを判読し N 値と対応させ、礫による異常値を除いて検討した結果、土層の不均質性によると考えられる値の不一致が一部にあるものの、全般的には  $N \text{ 値} \approx Nc \text{ 値}$  と考えられた。この関係はローム層における事例<sup>1)</sup>と同様の結果である。

## 4.2 調査地の土層状況

①まず、ボーリング結果のみから推定した測線 A(図 1 参照)における地質断面を図 3 に示した。地層分布の概略が把握できるが、根拠となるデータが斜面の上下端 2 点のみであるため、斜面全体の土層分布を詳細には捉えられていない。

②次に、SH 型簡易貫入試験による崩壊深推定手法<sup>2)</sup>の土層区分法を用いた。この手法では、一打撃毎の詳細なグラフを用いて土層を以下のように区分する。[I 層] 表層付近に存在し Nc/drop 値が概ね 10 以下で Nc/drop 値のばらつきの小さい層、[II 層] I 層の下に存在し、Nc/drop 値が 5~20 のばらつき層、[III 層] II 層以下に存在し、Nc/drop 値が 20~50 の範囲で深さ方向に Nc/drop 値が急

増する層、[IV層] Nc/drop 値が 50 以上で本貫入試験機では測定不能な層。内田ら<sup>2)</sup>はこの土層区分法により表層崩壊の発生した砂岩と泥岩の 2 斜面においてすべり面を推定した結果、表層崩壊が発生したのは I 層の最深部または II 層の上部であり、すべり面の Nc 値は 10 程度であるとしている。

測線 A における SH 型簡易貫入試験結果を上記の土層区分法により区分し、その土層厚分布を図 4 に示した。貫入試験の多点実施により、斜面全体の表層土層の分布を詳細に把握できており、表層崩壊すべり面の推定に有効と考えられる。

③ボーリング結果と SH 型簡易貫入試験、及び両者の対比結果をもとに地質断面を推定した(図 5)。両結果を総合することで、地質の分布や斜面表層の土層厚分布をより詳細に把握できた。断面に分布する地質は表層より表土、一部にローム、崖錐堆積物、その下部には強風化花崗岩(マサ土・N $\geq$ 30)があり、その下部は基岩の上松花崗岩のマサ状風化岩であり、段丘面には段丘堆積物が存在する。

ここで予想される斜面崩壊は、表土及び崖錐堆積物の表層崩壊である。図 4 において表層崩壊すべり面と推定される I 層の最深部は、図 5 の表土層の下端～崖錐堆積物層内にあたり、また II 層の上部は崖錐堆積物層と強風化花崗岩層(マサ土・N $\geq$ 30)の境界付近となり、両手法による推定表層崩壊すべり面の位置は良く対応する。

このように、SH 型簡易貫入試験により表層崩壊すべり面を詳細に推定できる可能性が高い。そして、SH 型簡易貫入試験結果をボーリング結果の補完という形で利用することで、より精度良く推定できると考えられた。また、N 値と Nc 値の対応から物性値を推定可能であり、設計にも活用できる。

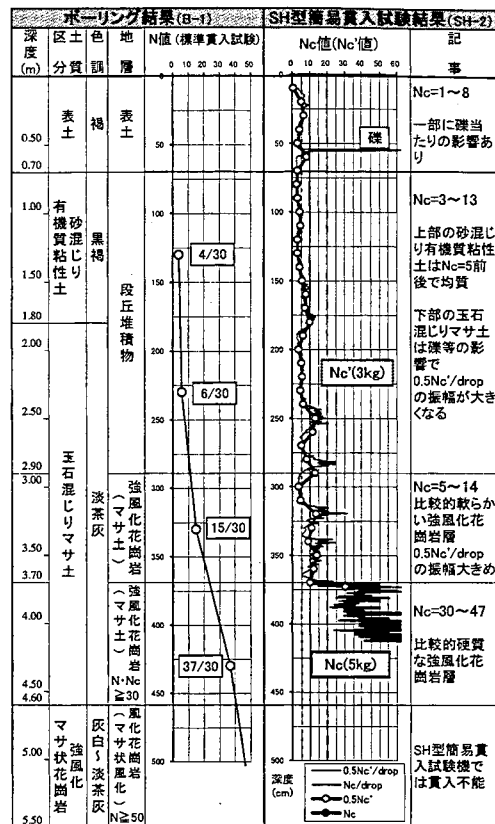


図2 ボーリングとSH型簡易貫入試験の対比

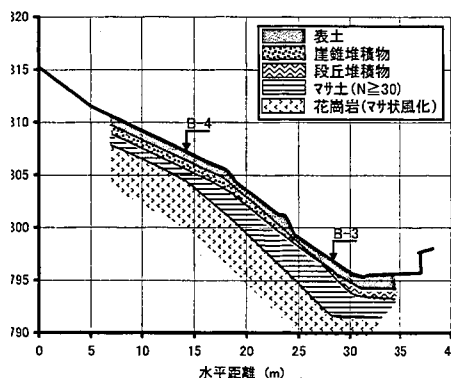


図3 地質断面(ボーリング結果より)

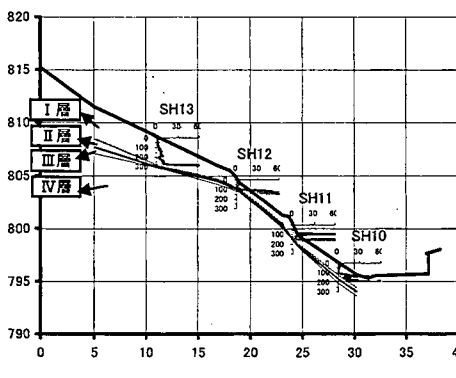


図4 崩壊深推定の土層区分(SH型結果より)

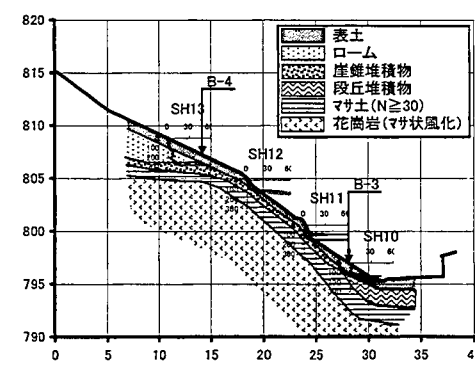


図5 詳細な地質断面(ボーリング及びSH型結果より)

## 5. コスト削減

今回のボーリング調査は 1 断面 2 箇所ずつ 3 断面計 6 箇所にて実施し、その結果と対比及び補完するため 1 断面 4 箇所ずつ 3 断面計 12 箇所の SH 型簡易貫入試験を実施した。しかし当斜面は小さな谷と尾根が連続していて、3 断面での調査で斜面すべての地質想定断面図を作成することは難しい。SH 型簡易貫入試験を 8 箇所追加し計 20 箇所実施することで 11 断面の地質断面図を作成できた。ボーリング調査により 11 断面の地質を判断するには最低でも 8 箇所を追加実施しなければならず、単純に調査費だけでも SH 型簡易貫入試験に比べ 10 倍ほど費用がかかり、また急斜面のためモルルール仮設を必要とするボーリング調査はかなり高額である。SH 型簡易貫入試験により地質推定が可能となればコスト削減の観点からも有効な調査方法といえる。

## 6. おわりに

土砂災害防止法の施行により、斜面崩壊の規模をより詳細に把握し、施設設計やレッドゾーンの設定を行う必要がある。SH 型簡易貫入試験は、かなりの低コストのため多地点で調査可能である。さらに今回の調査では、ボーリング調査結果と比較し補完した結果、N 値との間に良好な相関が得られ、強風化花崗岩層上部の表層崩壊すべり面を的確にとらえることができた。

## 参考文献

- 1) 山下勝・吉岡英幸・漆崎隆之・長谷川秀三・内田太郎(2004)：急傾斜地崩壊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
- 2) 内田太郎・小山内信智・曾我部匡敏・漆崎隆之・長谷川秀三・中野裕司(2004)：簡易貫入試験を用いた急傾斜斜面における崩壊深推定の試み，地盤工学会関西支部 地盤の環境・計測に関するシンポジウム論文集，19-24
- 3) 吉松弘行・川満一史・瀬尾克美・村中重仁・長谷川秀三(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) 稲垣秀輝(2000)：滋賀県南西部に分布する風化花崗岩の表層崩壊の特徴，応用地質，41(2)，103-112
- 5) 松倉公憲・田中幸哉・若月強(2002)：韓国ソウル郊外の花崗岩と片麻岩山地の土層構造と表層崩壊形状に与える基岩地質の影響，地学雑誌，111，416-425