

簡易貫入試験による急傾斜斜面における崩壊深推定手法の検討

国土技術政策総合研究所
ジオグリーンテック株式会社

小山内信智、内田太郎、曾我部匡敏
長谷川秀三、漆崎隆之

1 はじめに

急傾斜地崩壊危険箇所における土砂災害の予防、対策工の計画・施工に際して、崩壊可能性のある風化土層の厚さを知ることは極めて重要である。風化土層厚の分布は地表面地形に関係なく、同一斜面内においても位置により異なるため、面的な把握が必要である。これまで、急傾斜地崩壊危険箇所における風化土層厚を推定する際には、対象斜面において実施されたボーリング結果を基に検討・設計されることが多かった。しかし、ボーリング調査は、斜面上で多点の調査の実施が難しい上に、貫入力が大きすぎるため斜面崩壊の大部分が発生する表層 1~2m 程度の風化土層の状況把握には適さない面があった。そこで、比較的簡易に、斜面上の多くの点で表層 1~2m 程度の風化土層厚が測定可能となるように軽量(人力で扱える)かつ貫入力の小さい簡易貫入試験機が開発され(大久保・上坂、1971)、斜面土層構造、盛土構造の調査に用いられてきた。しかしながら、簡易貫入試験による崩壊深の推定手法は、その有効性が指摘されてきているものの、確立されていないのが現状である。そこで、本研究では、これまで国総研ほかの研究成果を基に、簡易貫入試験を用いた崩壊深の推定手法を提案する。その上で、実際の崩壊事例に適用し、同手法の妥当性を検証することとした。

2 手法の提案

2.1 これまでの研究成果

山下ら(2004)などは、山地斜面において格子状に簡易貫入試験を実施し、簡易貫入試験により面的な土層構造及び土層厚の空間分布を明らかにできることを示した。

また、内田ら(2004)では、静岡市小坂赤坂地区、神奈川県横須賀市鴨居地区の 2 地区のがけ崩れ発生斜面において面的に簡易貫入試験を実施した。なお、内田ら(2004)は、近年改良された 1 打撃ごとの貫入量が測定できる SH 型貫入試験機(吉松ら、2002)を用いた。はじめに、内田ら(2004)は、崩壊地の周辺の崩壊していない箇所において、簡易貫入試験を実施し、いずれの地区も土層は表 1 に示す 4 層に分類できることを示した。続いて、崩壊地内の崩土が堆積していない箇所において、簡易貫入試験を実施した。その結果、崩壊地内の地表面付近には崩壊地外の II 層に相当すると考えられる層が存在し、そこより深い部分には III 層、IV 層が見られることを示し、調査した 2 箇所で生じたがけ崩れは、I 層と II 層の境界または II 層内をすべり面とするがけ崩れであったことを明らかにした。

表 1 土層の分類例

名称	特徴
I層	表層付近に存在するNc値が10以下でNc値のばらつきの小さい層
II層	I層の下に存在し、Nc値が5~20の範囲でばらつく層
III層	II層の下に存在し、Nc値が20~50で範囲であり、深さ方向にNc値が増加する層
IV層	Nc値が50以上のSH型貫入試験機では計測できない層

注)本表を作成するに当たって、内田ら(2004)は1打撃ごとの貫入量からNc/drop値を用いて作成しており、ここで言うNc値はNc/drop値のことである

2.2 崩壊深推定手法の提案

山下ら(2004)などの結果より、簡易貫入試験を用いることにより、急傾斜斜面における面的な土層構造の分布が把握できることが、内田ら(2004)の結果より、SH 型簡易貫入試験機を用いてがけ崩れ発生斜面の内外で貫入試験を実施すると、すべり面が土層のどの位置に相当したかを明らかにすることができることが分かった。一方で、深さ方向の貫入抵抗値の分布はある程度類型化できるものの、気候、地質等によって異なることが明らかにされてきている(逢坂、1996)。今後、内田ら(2004)のような調査を継続することによって、一般的なすべり面推定手法が確立される可能性はあるが、現時点で全国一律のすべり面の貫入抵抗値を設定するのは困難であると考えられる。そこで、本研究では以下に示すような、事前のがけ崩れ発生斜面で調査を行い、対象とする地域の土層構造の特徴、すべり面の発生部位を明らかにした上で、調査対象斜面の貫入試験を実施し、崩壊深を推定する手法を提案する。

提案手法

調査対象斜面の周辺に地質、植生等の条件が類似している斜面ですべり面が露出している斜面を抽出する(以下、「参照斜面」と呼ぶ)。
参照斜面の崩壊地外(崩壊地の周辺)において、貫入試験を実施し、いくつかの層に区分するなどして、土層構造の特徴を把握する。
次に、参照斜面の崩壊地内において、貫入試験を実施し、崩壊地内のすべり残っている土層の構造の特徴を把握し、すべり面が崩壊地外の土層のどの部位に相当したかを明らかにする。
調査対象斜面において貫入試験を実施する。
調査対象斜面の貫入試験結果より明らかになった土層構造が、参照斜面の崩壊地外の土層構造と概ね一致する特徴を有することを確認し、参照斜面の調査結果を基にすべり面の生じると考えられる部位を特定し、崩壊深を推定する。

3. 提案手法の妥当性の検討

3.1 調査手法

2.2で提案した手法の有効性、妥当性を検証する目的で神奈川県横須賀市鴨居地区、鎌倉市極楽寺地区、台地区、手広地区におけるがけ崩れ発生斜面で調査を実施した。調査斜面のうち鴨居地区は平成16年3月31日の降雨でがけ崩れが発生したのに対し、残りの3箇所はいずれも平成16年10月9～10日の台風22号によりがけ崩れが発生した。また、鴨居地区から鎌倉市の3地区は北西におよそ20kmの位置にある。調査斜面の基岩地質は、鴨居地区及び極楽寺地区が新第三紀中新世の泥岩、台地区及び手広地区が第四紀更新世の凝灰質砂岩であり、いずれの地域も新生代の堆積岩である。

そこで、本研究では鴨居地区を提案手法で言う「参照斜面」とし、鎌倉市の3斜面を提案手法で言う「調査対象斜面」と想定し、調査を実施した。すなわち、鴨居地区の結果を基に、鎌倉市の3地区における崩壊深の推定が可能であったか否かを検討し、提案手法の妥当性を検証する。そこで、崩壊規模が比較的小さい極楽寺、台の2地区では崩壊地内5点、崩壊地外3点、崩壊の規模が大きい手広地区では崩壊地内9点、崩壊地外5点で簡易貫入試験を実施した。なお、鴨居地区の詳細な結果は内田ら(2004)を参照されたい。

3.2 調査結果及び提案手法の適用

2.1でも述べたように、鴨居地区では土層は表1に示す4層に区分でき、I-II層境界又はII層内にすべり面が生じたと考えられた。そこで、参照斜面の結果に基づき、II層内のどの位置ですべり面が生じたか明らかではないため、崩壊深を推定するにあたってはII層-III層境界面の深さとする。こととする。

一方、図1～3(図中の N_c' 値は3kgの重錘を用いた値で、 $N_c = 0.5N_c'$ の関係が得られている(吉松ら、2002))に示したように、崩壊地外の調査から鎌倉市の3箇所はいずれも、4層に分類できた。ただし、各層の厚さは場所によって異なった。例えば、台地区ではI層1.9～3.0m、II層0.9～1.7m、III層は0.2m程度であったが、極楽寺ではI層0.6～0.9mであるが、II層、III層はともに0.1～0.2m程度であり、層が極めて薄かった。

また、崩壊地内部の調査では、台地区では崩壊地内の地表面付近にはII層に相当する層が残っていた。それに対して、極楽寺、手広では調査地点の約半数で地表面付近にII層に相当する層が存在したが、残りの半数では地表面付近にII層は見られず、III層が存在した。しかしながら、これらの地点におけるIII層の厚さは、崩壊地外のIII層の厚さとほぼ等しいことから、II層-III層境界面付近ですべり面が生じたと考えられる。すなわち、参照斜面である鴨居地区の調査結果を基に、鎌倉市の3箇所の崩壊深は事前に推定できたと考えられる。

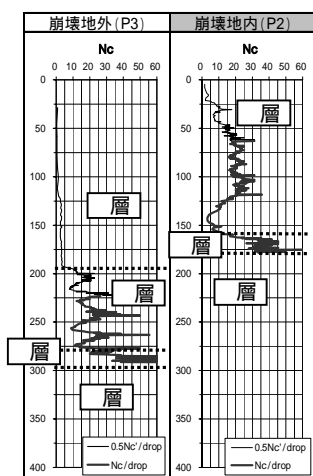


図1 台地区の貫入試験結果

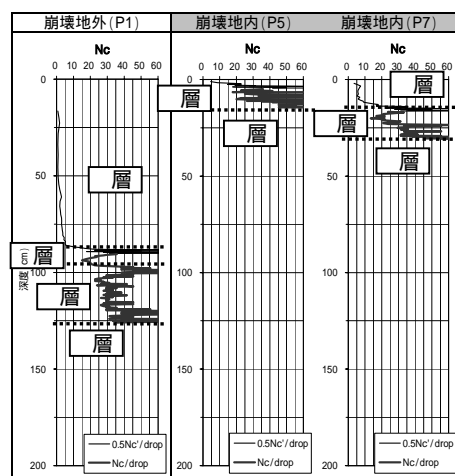


図2 極楽寺地区の貫入試験結果(注:縦軸拡大)

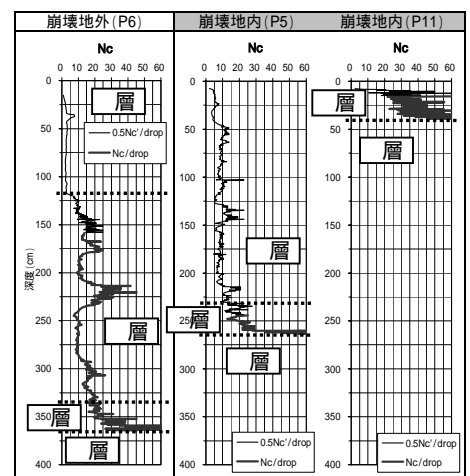


図3 手広地区の貫入試験結果

4 まとめ

本研究では事前に調査対象箇所の近隣で生じたがけ崩れ発生斜面で調査を行い、対象とする地域の土層構造の特徴、すべり面の発生部位を明らかにした上で、調査対象斜面の貫入試験を実施し、崩壊深を推定する手法を提案した。その上で、神奈川県において調査を実施し、提案手法で概ね崩壊深を推定できることを確認した。ここでは、参照斜面が1斜面だけであったが、参照斜面の数を増やすことでより崩壊深の推定精度が向上する可能性が考えられる。さらに、ここでは20km離れた地点を参照斜面としたが、より近隣の参照斜面の結果を用いた場合においても、崩壊深の推定精度は向上する可能性が考えられる。

最後ではあるが、本調査に多大な協力をいただいた神奈川県砂防海岸課の方々には深く謝意を表します。

参考文献 大久保駿・上坂利幸(1971)土木技術資料, 13(2), 83-87 / 吉松弘行ら(2002)平成14年度砂防学会研究発表会概要集 392-393 / 山下勝ら(2004)平成16年度砂防学会研究発表会概要集 218-219 / 内田太郎ら(2004)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 / 逢坂興宏(1996)水文地形学(恩田ら編), 15-23