4. がけ崩れ発生斜面における貫入試験結果の考察

4.1 土層断面観察結果とNc値の関係

3章では、がけ崩れ発生斜面における貫入試験結果を示した。その上で、調査を実施 した6斜面はいずれも、貫入試験結果に基づき4つの層に斜面土層は分類することがで きることを示した。一方、従来から、土壌学や地質学等の分野では、土層断面や露頭の 観察に基づき、土層、岩盤を複数の層に分類する手法が用いられ、広く利用されてきた。 そこで、本章では、まず、3章で貫入試験を実施した斜面のうち2箇所(小坂赤坂、鴨 居)で土層断面観察を実施したので、その結果を報告する。なお、本研究ではほかの箇 所では実施していない。

小坂赤坂及び鴨居の2地区で実施した土層断面調査を図4.1、図4.2にそれぞれ示す。 小坂赤坂地区では、I層は、根系が多く見られ、礫が含まれる表土層に相当し、II層は、 クラックに根系が進入している強風化砂岩層に相当することが分かった(図4.1)。一方、 鴨居地区では、I層は根系に富む表土層及びクラックに富む強風化泥岩層に相当する部 位であり、II層は強風化泥岩層であることが分かった。



図 4.1 小坂赤坂地区の Nc 値の鉛直分布と土壌断面観察結果



図 4.2 鴨居地区の Nc 値の鉛直分布と土壌断面観察結果

逢坂(1996)はこれまでの研究を整理し、図 4.3に示すような Nc 値と同区分の関係 を示した。逢坂(1996)が整理した図から地質によらず Nc 値が 10 までの部位が土層 に相当し、特に、Nc 値が 5 (ないしは 3)までが「表層土」または「軟土層」に、Nc 値が 5 (ないしは 3)から 10 までが「下層土」、「崩積土」、「硬質土」に相当すること が多いことが分かる。さらに、新第三紀層の調査地では、Nc 値 10~20 が強風化層に あたり、Nc 値 20 以上の部位が弱風化層(または軟岩)に相当する。一方、花崗岩山地 では、Nc 値が 50 以上の部位が基岩にあたるとされている。

本研究で示した新第三紀層の貫入試験に基づく土層分類(鴨居、逆谷、極楽寺)およ び鴨居で示した Nc 値と土壌断面観察結果の関係は、過去に行われた新第三紀層の貫入 試験に基づく Nc 値と土層分類と概ね一致しているといえる。すなわち、①Nc 値が 5 以下、5~20(これまでの研究では 5~10 と 10~20 に分類されていることが多い)、20 ~50、50 以上に分類できること、②Nc 値が 5 以下、5~20 はそれぞれ表土層、下層土 から強風化岩にあたることの 2 点で概ね一致している。この結果は、地質がほぼ同じ斜 面における土層構造の特徴は類似している可能性が高いことを示している。

また、本研究で実施した 6 斜面の貫入試験結果に基づく土層分類(表 4.1)と逢坂

(1996)が整理した図(図 4.3)より、I層は「表層土」、II層は「下層土」及び「強風化層」、III層は「弱風化層」、IV層は「基岩」に当たると考えられる。さらに、本研究結果及び逢坂(1996)の整理した図から、地質によって、各層の境界となる Nc値は多少異なるものの、概ね近い値を取る可能性が高いことが指摘できる。

	甘油ル山も反応	Nc値											
研先有	基隘地負	0	0.5	3	5	7 1	0	20 2	25	30	40	5	0
大久保・上坂 (1971)	新第三紀 黒色泥岩	表層		崩利	遺土	強風化層			弱風化層				
奥西・飯田 [*] (1978)	花崗岩		Ĩ	軟弱層									基盤
沖村・田中 [*] (1980)	花崗岩		I A層	В	II III 層 B		III・IV BC層	V D層			基盤		
山寺ほか (1986)	新第三紀層・ 関東ローム層	砂地 軟弱地	普通土 準軟岩		硬質土		強風化層 軟岩		硬	硬岩			
太田・鈴木 (1986)	新第三紀層		表層土	-	崩積土	ローム	御殿峠レキ層 御殿峠レキ層 上部風化部 弱風化部 ローム層深部 弱風化部						
望月・松本 (1986)	花崗岩		軟土帯		硬土帯				基盤				
逢坂・塚本 (1988)	中古生層・ 花崗岩・ 新第三紀層	表層土層			下層	土層	風化層			基盤			

図 4.3 土層区分と Nc 値の関係(逢坂(1996)より作成)

表4.1 土層区分とNc値

地名	地質	I層	II層	III層	IV層
小坂赤坂	砂岩(第三紀~第四紀)	5以下	$5 \sim 20$	$15 \sim 50$	50以上
鴨居	泥岩(第三紀)	5以下	$5 \sim 20$	$15 \sim 50$	50以上
逆谷	泥岩(第三紀)	5以下	$5 \sim 15$	$5 \sim 50$	50以上
台	砂岩(第四紀)	5以下	$5 \sim 20$	$15 \sim 50$	50以上
極楽寺	泥岩(第三紀)	5以下	$5 \sim 20$	$20 \sim 50$	50以上
手広	砂岩(第四紀)	5以下	$5 \sim 30$	$20 \sim 50$	50以上

4.2 貫入試験に基づくすべり面位置の推定

次に、簡易貫入試験が、崩壊深推定において有効であるかどうかを検討する。まず、 3章で示した結果に基づき、すべり面の位置の特定を試み、その上で、既存の研究成果 と比較・検討し、簡易貫入試験を用いた崩壊する恐れのある層厚推定の可能性を検討す る。

4.2.1 各斜面のすべり面位置の特定

3.1.2 で示したように、小坂赤坂地区の崩壊地内の表面付近に Nc 値が 5 以下の部位 が見られ、崩壊地外同様、その下には Nc 値が 5~20 で変動する II 層に相当する層、 その下にごく薄い Nc 値が 15~50 で変動する III 層に相当する層(ただし、A2 の地点 ではこの層の存在は明らかではない)が存在した。崩壊地内の II 層、III 層に相当する と考えられる部位は、Nc 値の絶対値、変動の幅、層の厚さは、崩壊地外の II 層、III 層の傾向と一致した。これらの結果から、小坂赤坂地区の表層付近の Nc 値が 5 以下の 部位は崩壊地外のI層に相当すると考えられる。すなわち、小坂赤坂地区ではI層の最 深部または II 層の上部をすべり面とする崩壊が発生したと考えられ、すべり面の Nc 値は 5~10 程度であったと考えられる。

鴨居、台、極楽寺の各地区は、崩壊地内の地表面直下に薄く Nc 値が 5 以下の層が存 在する場合がある。Nc 値が 5 以下の層の下には(また地表面直下に Nc 値が 5 以下の 層が存在しない場合は、地表面直下には)、Nc 値及び層厚から、II 層、III 層、IV 層に 相当すると考えられる層が順にみられた。この結果から、小坂赤坂地区同様、鴨居、台、 極楽寺の 3 地区で表層付近の Nc 値が 5 以下の部位は崩壊地外の I 層に相当すると考え られる。すなわち、これらの地区では、I 層の最深部または II 層の上部をすべり面とす る崩壊が発生したと考えられ、すべり面の Nc 値は 5~10 程度であったと考えられる。

逆谷地区においては、地表面直下に Nc 値が 5 以下の I 層に相当すると考えられる層 が 20~30 cmの厚さで存在した。一方、崩壊地外では 70~170 cmの厚さで存在している ことから、逆谷地区のがけ崩れは、Nc 値が 5 以下の I 層内の深い部分にすべり面が生 じる崩壊であったと考えられ、すべり面の Nc 値は 5 程度であったと考えられる。

手広地区の斜面上部の崩壊地内においては、地表面直下に Nc 値が 5 以下の層が薄く 存在した。この層の以下は、崩壊地外の II、III、IV 層とほぼ同じ特徴、厚さを有した 層が存在した。この結果から、手広地区の斜面上部の表層部に見られる Nc 値が 5 以下 の層は I 層に相当すると考えられ、手広地区の斜面上部では、I 層深部をすべり面とす る崩壊が生じたと考えられ、すべり面の Nc 値は 5 程度であったと考えられる。一方、 斜面下部では、崩壊地内においては、地表面直下に Nc 値が 5 以下の層は存在せず、Nc 値が 10 程度の層が薄く存在し、その下に、崩壊地外の III 層とほぼ同じ特徴、厚さを 有した層が存在した。この結果は斜面下部では II 層深部にすべり面があったと考えら れ、すべり面の Nc 値は 10~20 程度であったと考えられる。

以上の結果より、3 章で示したように崩壊地の内外で、データロガーを使用し、Nc 値の鉛直分布を高い分解能で計測した結果、Nc 値の絶対値及びその変動様式に基づき、 すべり面が生じた土層内の位置を推定できることが分かった。

4.2.2 調査結果の比較

次に、4.2.1 で求めたすべり面の斜面土層内の位置及び Nc 値を表 4.2 にまとめた。

極楽寺地区は、鴨居地区から約 20km 離れた地点に位置し、地質はほぼ等しい。鴨居 地区では平成 16 年 3 月 31 日の降雨でがけ崩れが発生したのに対し、極楽寺地区では 平成 16 年 10 月 9~10 日の台風によってがけ崩れが発生した。両地区の結果を比較す ると、崩壊地外の測定結果およびそれに基づく土層分類はほぼ同じであった。さらに、 両地区では、崩壊が発生した降雨が異なるにもかかわらず、いずれの場合も I 層深部ま たは II 層上部の Nc 値が 5~10 程度の部位ですべり面が生じたことがわかった。

表4.2 すべり面の位置とNc値

2000			
地名	地質	層	Nc値
小坂赤坂	砂岩(第三紀~第四紀)	I層深部またはII層上部	$5 \sim 10$
鴨居	泥岩(第三紀)	I層深部またはII層上部	$5 \sim 10$
逆谷	泥岩(第三紀)	I層深部	5程度
台	砂岩(第四紀)	I層深部またはII層上部	$5 \sim 10$
極楽寺	泥岩(第三紀)	I層深部またはII層上部	$5 \sim 10$
壬亡	动些(笠町幻)	I層深部	5程度
于瓜	砂石 (弗四和)	II層	$10 \sim 20$

4.2.3 これまでの研究との比較

これまでに貫入試験と風化土層土壤構造の観察、崩壊地周辺における貫入試験、Nc 値と風化土土壌の物性値(間隙率、飽和透水係数、粘着力、内部摩擦角等)の関係式と 崩壊発生予測モデルを組み合わせた数値シミュレーションなどから、明らかにされたす べり面の Nc 値を表 4.3 にまとめた。この表より、検討手法、基盤地質によらず、すべ り面の Nc 値は 5~15 とされてきた。また、近年行なわれた崩壊発生から数年経過した 崩壊跡地内で行なわれた貫入試験結果からも、すべり面の Nc 値は 5~10 程度であると 考えられるとされた。さらに、降雨時に発生する地下水位面が発生する面の Nc 値もほ ぼ同様な 5~20 の値であることが報告されてきている(表 4.3)。

表 4.2 と表 4.3 の比較から分かるように、本報告の結果はこれまで報告されてきた値 と概ね一致した。また、遠藤ら(1989)は、新第三紀層ではすべり面の Nc 値が 10 程 度であるとしており、本報告(鴨居、逆谷、極楽寺)とほぼ一致する結果が得られてい る。この結果及び鴨居及び極楽寺の比較から、地質がほぼ同じ斜面においてはすべり面 の Nc 値は、比較的近い値となる可能性が考えられる。

以上の考察をまとめると、表層崩壊のすべり面の Nc 値は 5~20 の範囲であることが ほとんどで、10 程度のことが多いと言える。

表4.3 す	べり面、地	下水位発生面のNc値		
対象	Nc値	根拠	地質	参考文献
すべり面				
	10	Nc値の急変点がすべり面になるとし、導出	新第三紀層	遠藤ら(1989) ¹⁴⁾
	10	土壌断面等の観察からB層下面がすべり面となるとし、土壌断 面観察と貫入試験の結果を対比させ導出	中生代堆積岩	水山・小菅(1993) ¹⁵⁾
	14	土壌断面等の観察からB層下面がすべり面となるとし、土壌断 面観察と貫入試験の結果を対比させ導出	花崗岩	水山・小菅(1993) ¹⁵⁾
	10	崩壊地周辺の貫入試験結果	斑レイ岩	平松ら(1998) ¹⁶⁾
	$2 \sim 50^{*}$	崩壊地周辺の貫入試験結果	火砕流堆積物	稻垣(1999) ¹⁷⁾
	10	崩壊地周辺の貫入試験結果	花崗岩	稲垣(2000) ¹⁸⁾
	9	Nc値と土壌の物理性に関する関係式と浸透計算、斜面安定 計算から算出	砂岩	平松ら(2001) ¹⁹⁾
	10	崩壊地内における貫入試験	砂岩	市川・松倉(2001) ²⁰⁾
	$5 \sim 10$	崩壊地内における貫入試験	花崗岩	松倉ら(2002) ¹⁰⁾
	$5 \sim 10$	崩壊地内における貫入試験	片麻岩	松倉ら(2002) ¹⁰⁾
地下水面	発生箇所			
	20	土壌断面観察と貫入試験の結果を対比させ導出	礫層と泥岩の互層	太田(1988) ²¹⁾
	$5 \sim 10$	Nc値と土壌の物理性に関する関係式と浸透計算から算出	花崗岩	バットリー(1996) ¹⁾
	$5 \sim 10$	貫入試験結果と地下水位観測結果を対比	花崗岩類	Shanley et al. $(2003)^{9}$

*Nc値が2から50まで急変し、その2から50に急変する部位をすべり面としたと考えられる