

発表 6

SH型貫入試験を用いた崩壊発生斜面の地盤特性に関する研究
～平成18年7月長野県岡谷市土石流災害における崩壊発生斜面の地盤特性～

(財)砂防・地すべり技術センター 綱木 亮介

SH 型貫入試験を用いた崩壊発生斜面の地盤特性に関する研究 ～平成 18 年 7 月長野県岡谷市土石流災害における崩壊発生斜面の地盤特性～ 綱木 亮介 (財団法人砂防地すべり技術センター斜面保全部)

1. はじめに

斜面・法面の表層崩壊は、地すべりや深層崩壊を含む崩壊全体のおよそ 90%にあたるものであり、道路・防災・住宅分野に大きな影響を与えている現象である。

表層崩壊の恐れのある範囲を予測し、効果的な対策を設計・施工するためには(1)崩壊の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、(3)土質・地質の状況等を適切に把握する必要がある。

その把握にはこれまではボーリング調査が実施されてきたが、これは機械の設置が困難であるなどの理由から斜面上で多点の調査実施が難しく、また、その貫入力が強すぎることから、斜面表層付近の微細な構造が把握しきれない状況にあった。

このような中で、当財団は平成 14 年に SH 型貫入試験を開発した。この試験は、斜面表層付近の微細な構造を把握することが可能であるほか、地形条件の厳しい斜面や山間地に容易に搬入でき、簡易に調査を実施することができるもので、今後の表層崩壊対策に対し有効な調査手法の一つとなるものである。

本研究は、平成 18 年 7 月に長野県岡谷市小田井沢川で発生した土石流災害の上流域に存在する表層崩壊箇所において、現地調査を実施し、表層崩壊発生の機構を把握するとともに、今後の斜面の危険度判定手法を確立することを目的として試みたものである。

2. SH 方貫入試験機と既往の研究成果

本研究では SH 型簡易貫入試験を用いた。これは従来使われていた簡易貫入試験機を、重錘の重さを変更可能にし、1 打撃毎の貫入量を測定できるようにしたものである。

従来の簡易貫入試験機は 5kg の重錘を 50cm の高さから落下させ、先端角 60°、φ 25mm の円錐コーンを地中に貫入させて、コーンが 10cm 貫入するのに必要な重錘の打撃回数を N_c 値として表すものであった。

これに対し SH 型貫入試験は図-1 に示すように、5kg の重錘を 3kg と 2kg の着脱式の重錘に分割することによって、表層付近の微細な構造を従来より軽い 3kg の重錘の打撃で調査し、それより深い深度では 2kg の錘を追加し、従来と同じ 5kg の重錘で調査を行うものである。3kg で測定した結果を N_c' 値と呼んでいる。

吉松ら²⁾によると N_c' は N_c の 1.96 倍になることを示しており、本研究では $N_c=2N_c'$ として算出した。

また、従来の方法では 10cm を貫入するのに必要な打撃回数を N_c 値としていたのに対し、本手法では 1 打撃の貫入量を N_c 値に変換した値 N_c/drop を貫入抵抗値とし用いている。

Nc/drop 値は 10cm/1 打撃の貫入量(cm)で換算したもので、本報告で Nc 値と呼ぶものは、厳密には Nc/drop 値のことである。

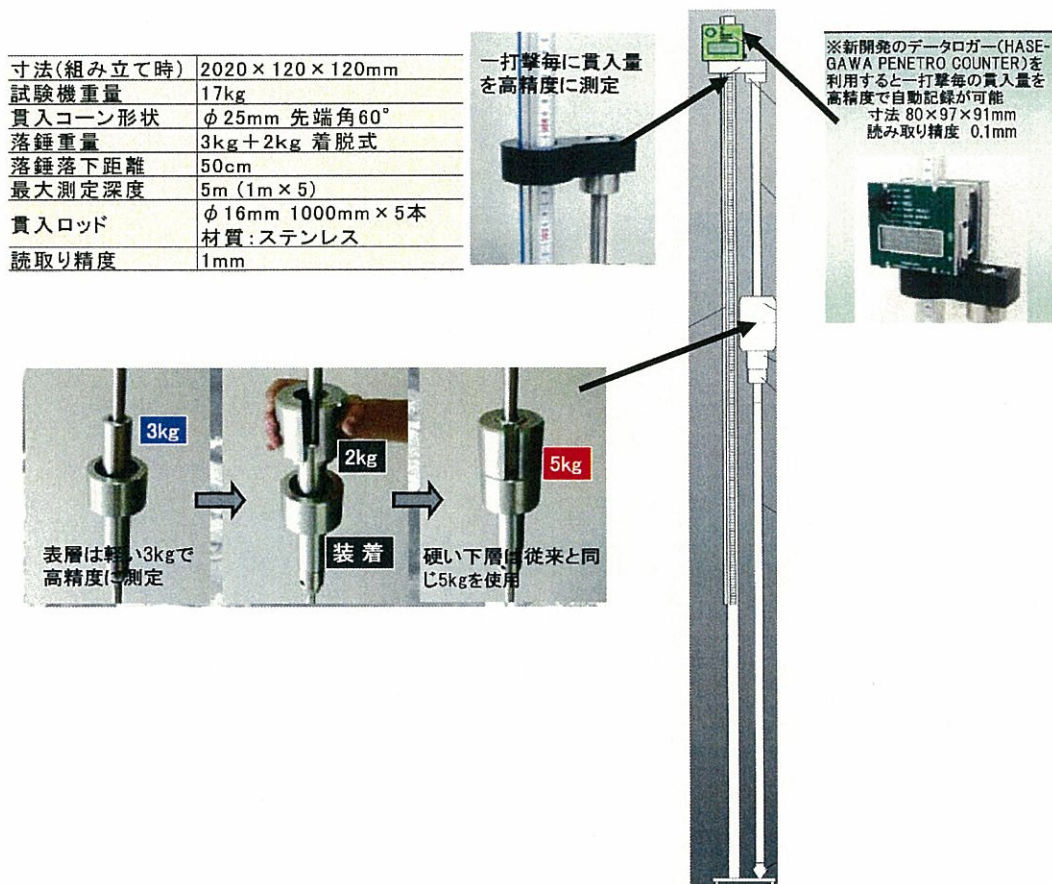


図-1 SH型貫入試験概要

SH型貫入試験を用いた調査と研究は、吉松ら²⁾が平成14年にSH型貫入試験の基本的な性能を発表して以来、平成16年には平松ら³⁾が砂防調査への適用性の研究、平成16年には内田ら⁴⁾が崩壊深推定、平成17年に小山内ら⁵⁾が崩壊深推定手法の検討を行うなど多くの研究が成されてきている。

それらの中で、例えば内田ら⁵⁾⁶⁾による研究では、斜面を貫入抵抗値よりI層からIV層の4つに区分し、表層崩壊のすべり面はI層の最深部またはII層の上部に発生することを明らかにしている。この研究では地盤の特性をNc値を用いて系統立てて区分しており、地質の差によらずあらゆる斜面に適用できる可能性があることから、本研究でも基本的にこの区分を取り入れて行っている。

一方、実務面においてはSH型貫入試験を一般的なものにするために、そ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。

3. 崩壊地における土層区分と崩壊面位置の確認

調査地

調査地は、平成18年7月の豪雨で土石流災害の発生した長野県岡谷市の小田井川沢流域を選定した。流域の上流部には、当時の豪雨により多数の表層崩壊が発生したが、その中で崩壊発生当時の状況が比較的良く残っている4箇所の崩壊を抽出し、その中で崩壊地1及び崩壊地4で調査を実施した(図-2)。なお、崩壊地の調査にあたっては、崩壊前の土層構成を把握するため、崩壊地内部とそ崩壊地外縁で実施した。

さらに、崩壊地と未崩壊地の状況を比較するため、崩壊地に近接し、かつ、崩壊地に比較的よく似た形状をもつ斜面を抽出し、それぞれ斜面1-2、斜面4-2として調査を実施した。

なお、今回未調査である崩壊地2、崩壊地3に就いても引き続き調査・研究を続けていく予定である。

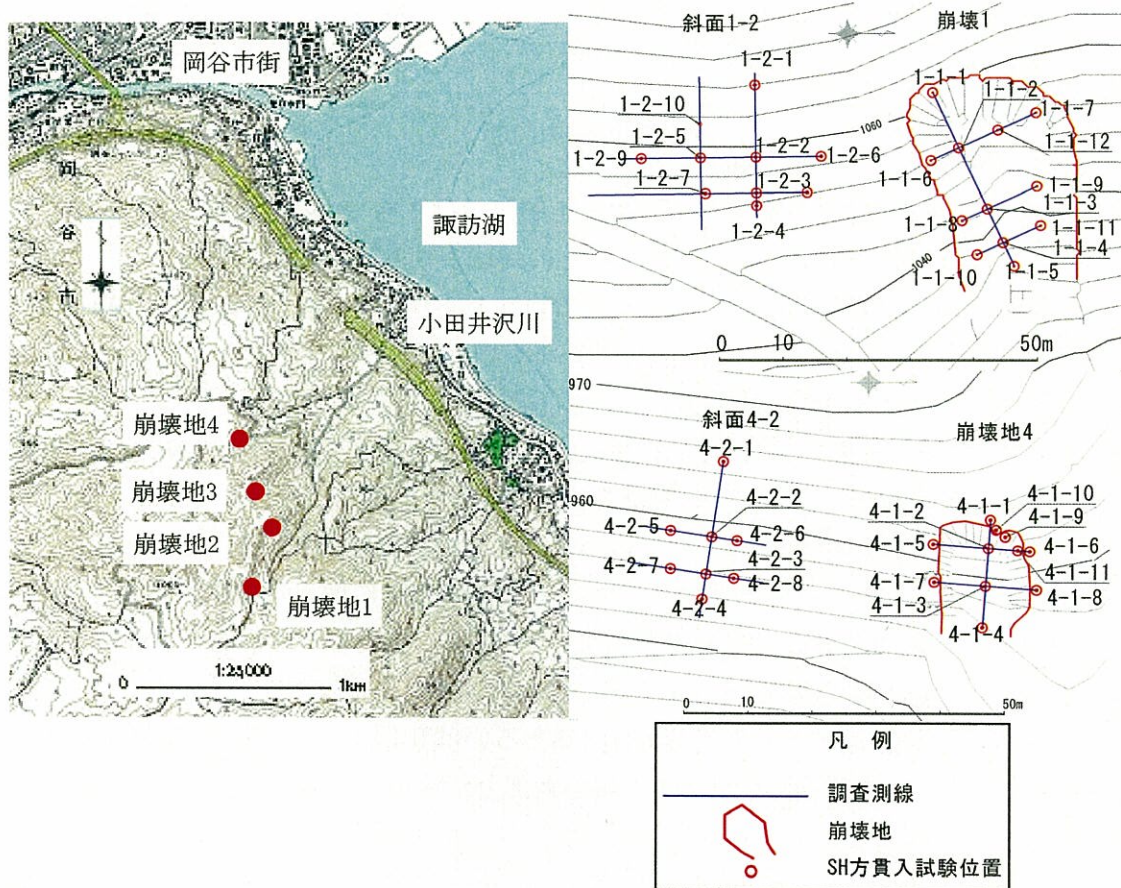


図-2 調査対象斜面とSH型貫入試験位置

現地調査結果

SH 型貫入試験結果と土層区分

図-3 及び図-4 に試験結果を示す。

土層区分に用いた調査結果は、崩壊地内では縦断測線上の 3 点を選定した。また、崩壊地外縁については I 層から III 層までが明確に区分できる 3 点を選定した。

内田ら⁴⁾は、がけ崩れ斜面における SH 型貫入試験の結果より土層を表-1 に示すように I 層から IV 層に区分し、表層崩壊は I 層の最深部または II 層の上部をすべり面として崩壊が発生、その Nc 値は 10 程度であることを明らかにした。

表-1 土層の分類例⁴⁾

名称	特徴
I 層	表層付近に存在する Nc 値は 10 以下で、Nc 値のばらつきの小さな層
II 層	I 層の下に存在し、Nc 値は 5~20 の範囲でばらつく層
III 層	II 層の下に存在し、Nc 値は 20~50 の範囲で、深さ方向に Nc 値が増加する層
IV 層	Nc 値が 50 以上、SH 型貫入試験では測定不可能

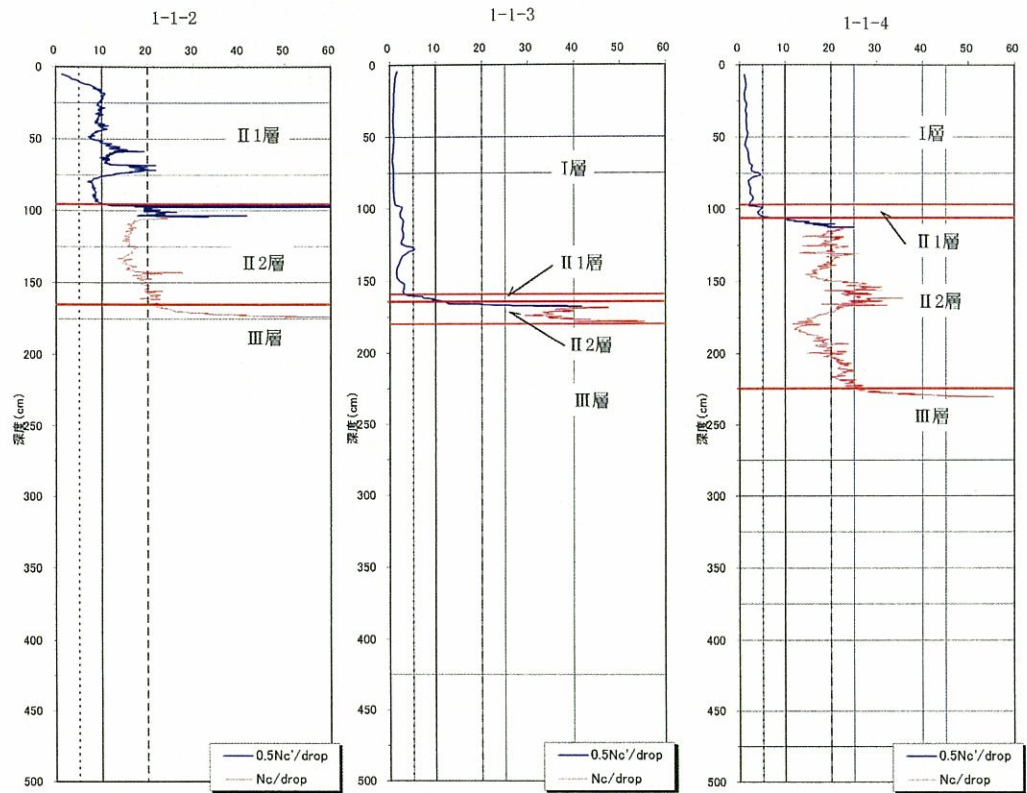
ここでは、この区分を参考に Nc 値の大きさ及びそのばらつき具合を考慮して崩壊地 1 及び崩壊地 4 における土層区分を行った。

図-3 に示す結果より、崩壊地 1 における土層区分は I 層で Nc 値は 0~5 とそのばらつきは小さい。II 層は後述するように地層との対比より II 1 と II 2 に区分した。II 1 層の Nc 値は 5~10 でそのばらつきはややある程度であり、II 2 層の Nc 値が 10~20 でそのばらつきは大きい。III 層の Nc 値は 20~50 でそのばらつきが大きく、また、深度増加とともにその値は急激に増える特徴がある。

図-4 に示す調査結果を見ると、崩壊地 4 における土層区分は I 層で Nc 値は 0~5 とそのばらつきは小さく、II 1 層の Nc 値は 5~10 でそのばらつきはややある程度である。II 2 層の Nc 値が 10~20 でそのばらつきは大きい。III 層の Nc 値は 20~50 でそのばらつきが大きく、かつ、深度増加とともにその値は急激に増える特徴がある。

崩壊地内と崩壊地外縁とで II 1 層の厚さを比べると、崩壊地内は 5cm~10cm であるのに対し、崩壊地外縁では 60cm~130cm である。

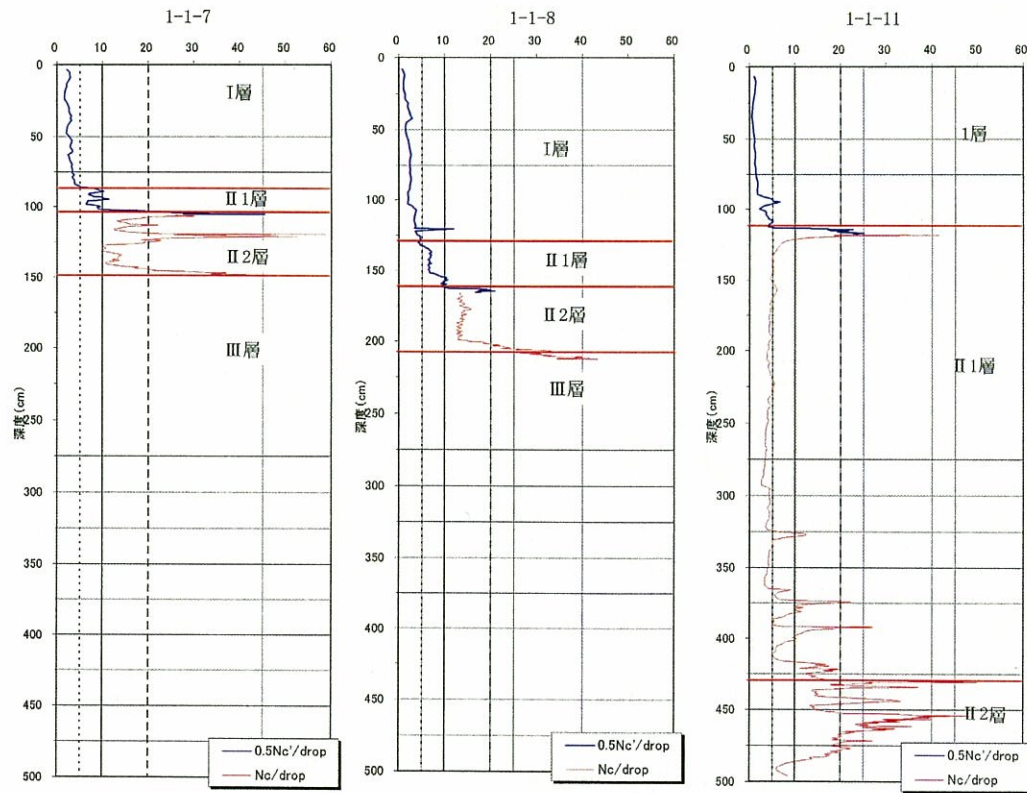
崩壊地 4 についてはすべり面は II 1 層内部あるいは II 1 層と II 2 層との境界に位置していたと考えられ、崩壊発生に伴い II 1 層の大部分が流出したものと推定できる。



(a)崩壊地内 1-1-2

(b)崩壊地内 1-1-3

(c)崩壊地内 1-1-4



(d)崩壊地外縁 1-1-7

(e)崩壊地外縁 1-1-8

(f)崩壊地外縁 1-1-11

図-3 崩壊地 1 における SH 型貫入試験と土層区分

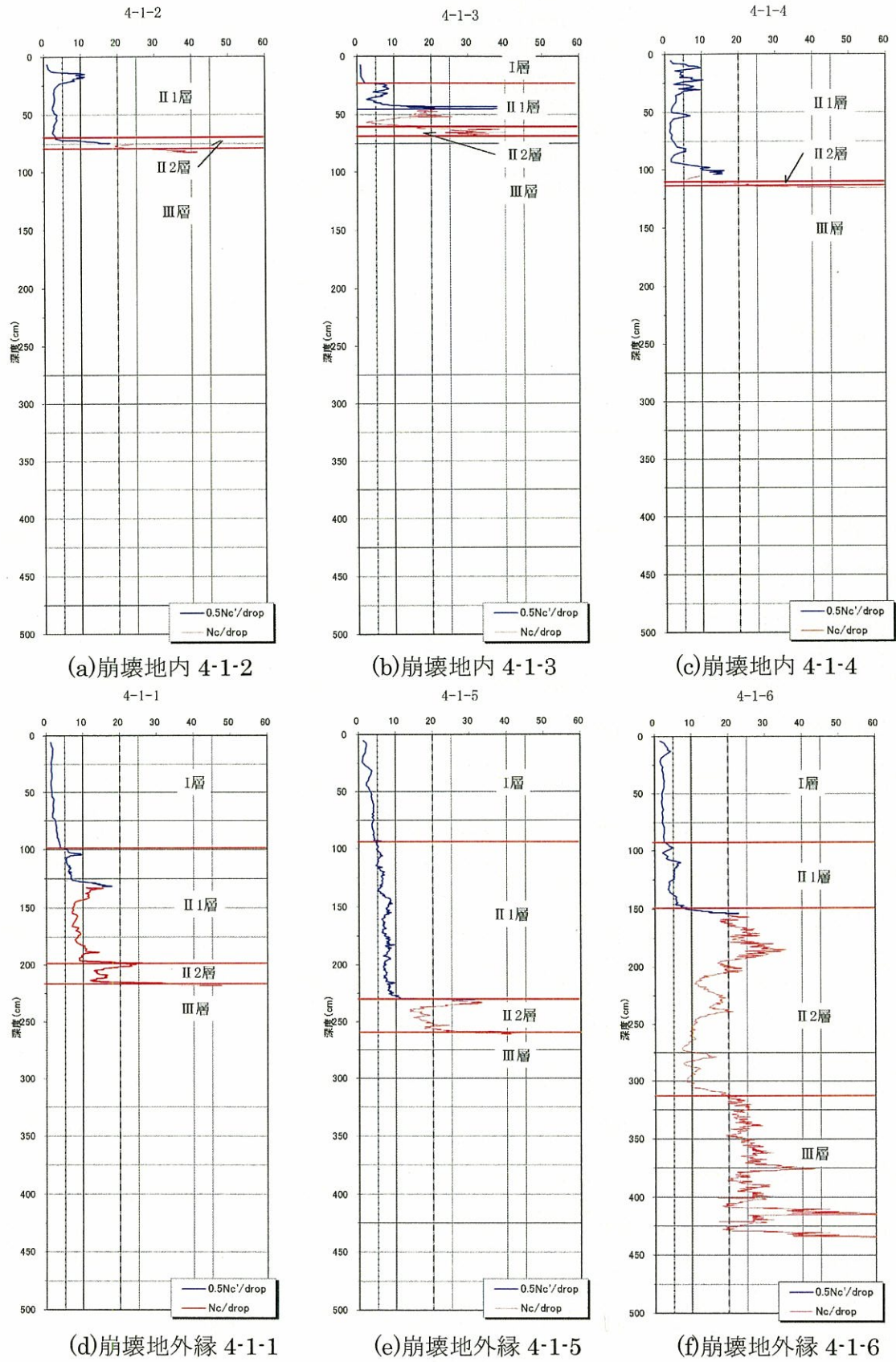


図-4 崩壊地 4 における SH 型貫入試験と土層区分

土層区分と地層との比較

SH 型貫入試験結果における土層区分と地層の対比を行うため、現地において地層の露出している箇所との比較を行った。なお、崩壊地1と崩壊地4は他の崩壊地に比べ、崩壊発生当時の状況が比較的良好に残っていること、地質の状況が肉眼で確認できる良好な露頭が存在することより調査地に選定した。調査結果を図-5(a)、(b)に示す。

崩壊地1では、地表下(以下 G.L.-と呼ぶ)0.50m まで表土、G.L.-0.55m から 2.55m まで強風化凝灰角礫岩、G.L.-2.55m 以深に風化凝灰角礫岩が分布している。

表土は根系が発達した茶褐色のローム質からなる。

強風化凝灰角礫岩は岩組織が残存し一部粘土化した地層で、ハンマーで容易に崩すことができる堅さである。これは、上位の表土に対して難透水層にあたる。

風化凝灰角礫岩は風化を受けているもののしっかりとした岩盤となっている。

それぞれの地層は Nc 値で表土が 0~5 で、強風化凝灰角礫岩が 10~20 で、風化凝灰角礫岩が 20~50 となっている。

崩壊地4では、G.L.-1.10 まで表土、G.L.-1.10~-1.70 から-1.78m まで風化残積土、G.L.-1.78 から-3.36m まで強風化安山岩、G.L.-3.36m 以深に風化安山岩が分布している。

表土は茶褐色のロームで G.L.-0.70m 付近まで根系が発達し、それ以深は根系の発達が悪い。また、G.L.-1.0m 付近にはパイピング跡が認められる。

風化残積土は基岩である安山岩が風化を受け土砂化した地層であり、土性はクレーロームで安山岩の礫をわずかに含んでいる。これは、上位の表土に対し難透水層にあたる。

強風化安山岩は、一部が風化により粘土化しているものの、本来の岩組織の大部分が残っている。

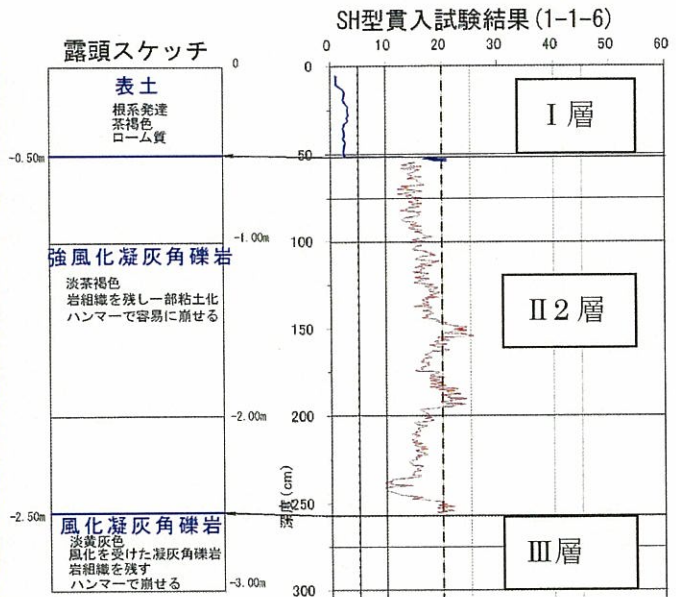
風化安山岩は安山岩が風化を受け淡黄灰色となっており、ハンマーの打撃で崩せる程度の堅さを持つ。なお、本箇所の安山岩は変質を受けている可能性があるが、本研究では貫入試験で得られた地層の堅さに主眼を置いていることから、その成因には言及せず風化程度で区分した。

それぞれの地層は Nc 値で表土が 0~3、風化残積土で 5~10、強風化安山岩で 10~20、風化安山岩で 30~50 となっている。

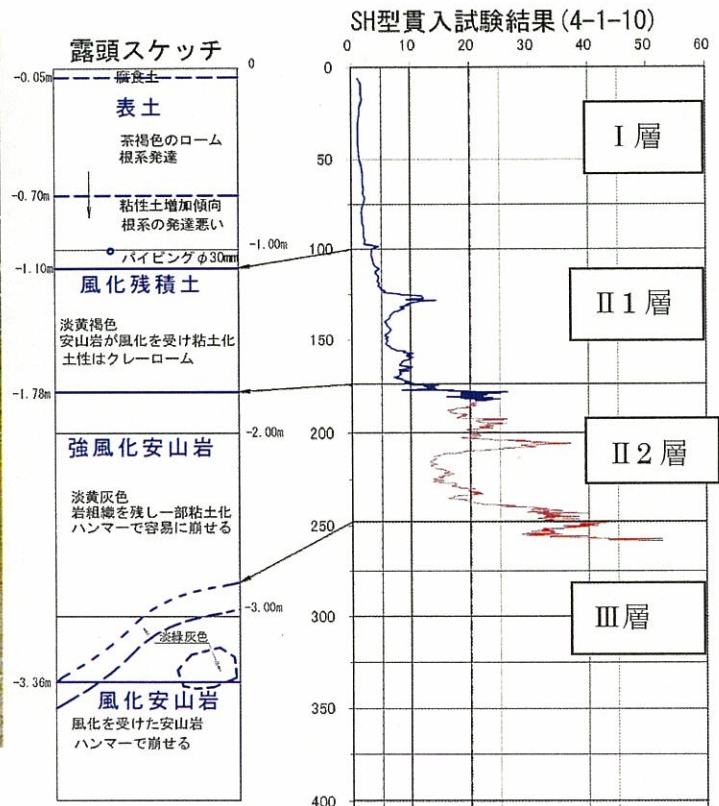
以上の結果、地層の区分と Nc 値の分布は良く一致していることから、表土は土層区分 I 層(Nc0~5)、風化凝灰角礫岩及び風化安山岩はを III 層(Nc 値 20~50)に区分する。

ここで、風化残積土は基岩である安山岩由来のものであるが、下位の強風化安山岩とは明らかに Nc 値が異なることから、内田ら⁴⁾における土層区分 II (Nc 値 5~20)について、風化残積土を土層区分 II 1(Nc 値 5~10)、強風化安山岩を土層区分 II 2(Nc 値 10~20)に細分する。

また、崩壊地1の露頭において風化残積土は確認できなかったが、他の調査箇所でも Nc 値が 5~10 と I 層とは異なる土層が確認されていることから、崩壊地4と同様に風化残積土の区分を設ける。



(a)崩壊地 1(試験 No.1-1-6 地点)



(b)崩壊地 4(試験 No.4-1-10 地点)

図-5 地層断面と SH 型貫入試験の対比

地層の分布状況と崩壊面の推定

(1) 崩壊地 1

崩壊地 1 は幅最大約 16m、長さ約 30m、崩壊の最大深さ約 3.5m である。

地層の分布を図-6 に示す。

図-7 に示す断面図より、縦断方向では風化残積土は崩壊地上部で厚さ約 1m で、崩壊地中部から下部にかけて薄く分布している。

横断方向（上部～中部）では、風化凝灰角礫岩及び強風化凝灰角礫岩が凹地型に分布し、また、右側上部には崖錘堆積物が左側上部には表土が 20cm～50cm で分布している。

崖錘堆積物は、径数 cm～数十 cm の凝灰角礫岩の礫を含むシルトからなるもので、これは、今回の崩壊以前に周囲の斜面から崩落し堆積したものと考えられる。

表土、風化残積土、強風化凝灰角礫岩及び風化凝灰角礫岩の特徴については前章(3.2.2)で述べたとおりであり、これらを加味して本地域の地層、土層区分を表-2 に示す。

表-2 崩壊地 1 における地層、土層区分

記号	名 称	分類※	Nc/drop値	特 徴
0V	表 土	I	0～5	淡褐色ローム、根系発達
M	崩 土	I	0～1	淡褐色ローム
Dt	崖錘堆積物	I	0～5	淡褐色、凝灰角礫岩の礫混じりシルト
TbW1	風化残積土	II 1	5～10	淡褐色、凝灰角礫岩が風化を受け粘土化した地層
TbW2	強風化 凝灰角礫岩	II 2	10～20	淡褐色、凝灰角礫岩が風化を受け一部粘土化、岩組織残す
Tbw	風化凝灰角礫岩	III	20～50	風化を受けた凝灰角礫岩 ハンマーの打撃で崩せる程度の堅さを持つ

※Nc/drop値区分による

ここで、図-7 の横断図を上部から下部にかけてみると、上部では崩壊地内に風化残積土(II 1 層)、強風化凝灰角礫岩(II 2)が分布しており、すべり面は II 1 層内部、II 1 層と II 2 層との境界付近に位置している。中部及び下部には I 層に相当する耕作土が分布し、崩壊のすべり面は風化残積土(II 1)に達していない。

これらのことより、崩壊は II 1 層の内部あるいは II 1 層と II 2 層の境界にすべり面ができることにより発生し、その崩土が中部及び下部の地層を巻き込んで流下していったものと考えられる。

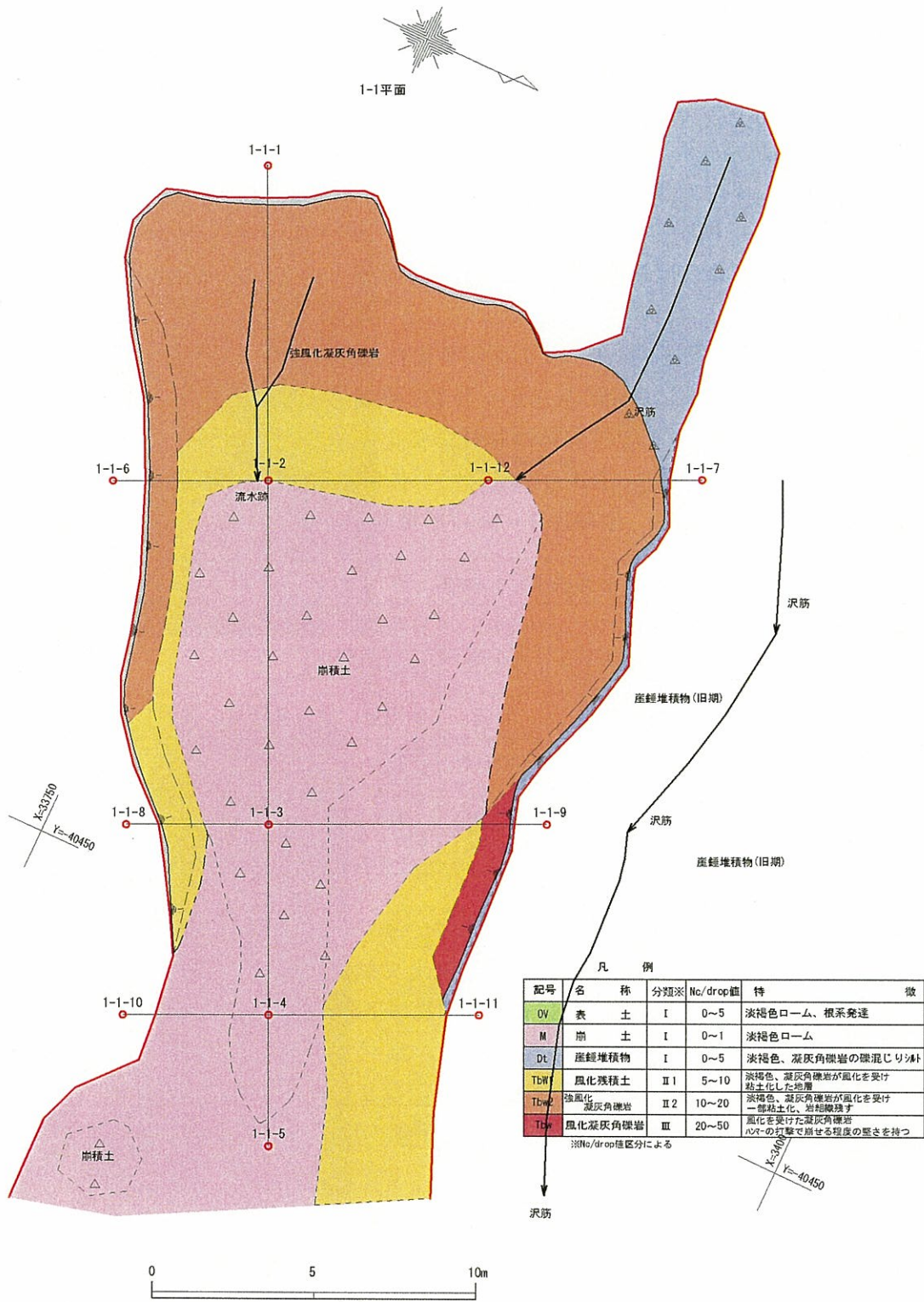


図-6 調査結果平面図(崩壊地 1)

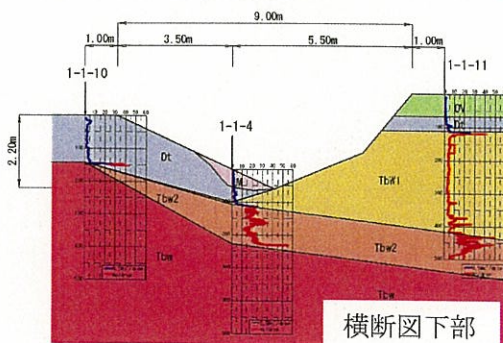
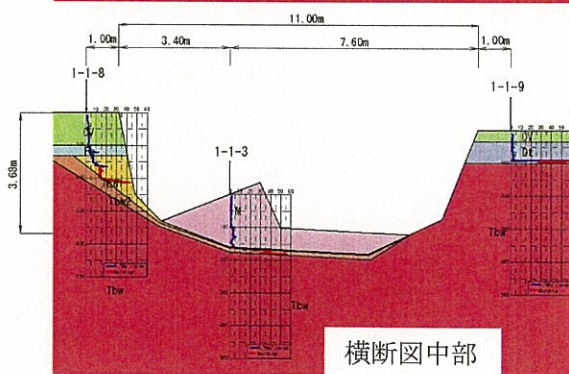
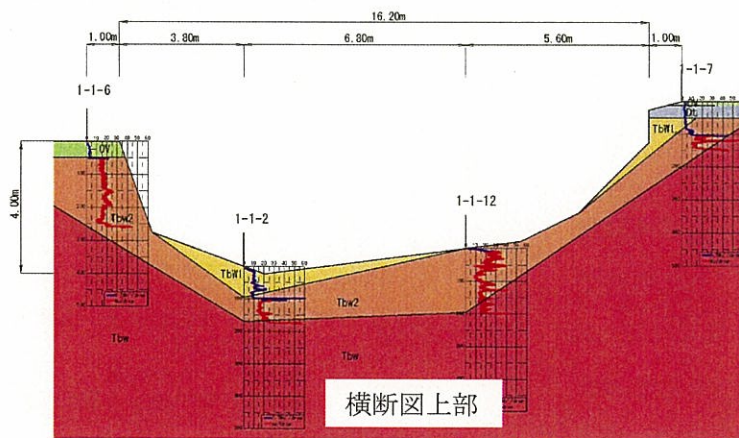
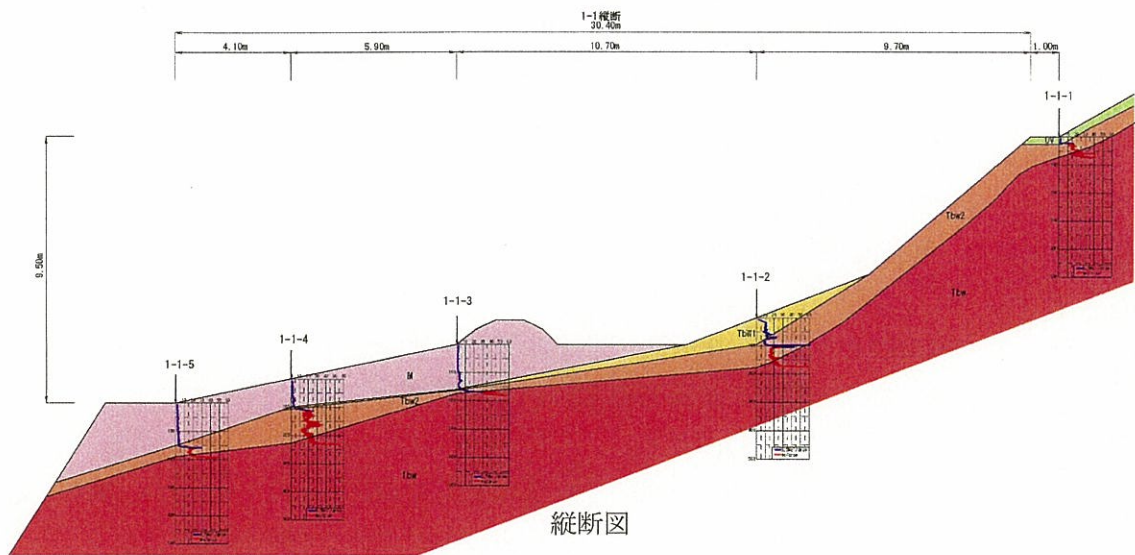


図-7 調査結果断面図(崩壊地 1)

(2)崩壊地 4

崩壊地 4 は幅最大約 14m、長さ約 17m、崩壊の深さ最大深さ約 3mである。

地層の分布を図-8 に示す。

崩土は崩壊地内にほとんど堆積しておらず、崩壊地下部にわずかに認められるのみである。

崩壊面には、風化残積土が広く分布し、一部に強風化安山岩及び風化安山岩が認められる。

図-9 に示す断面図をみると、横断図上部では強風化安山岩がやや凹型に、横断図下部では強風化安山岩及び風化安山岩がやや凹型に分布している。また、両横断図ともに崩壊面付近には風化残積土が認められる。

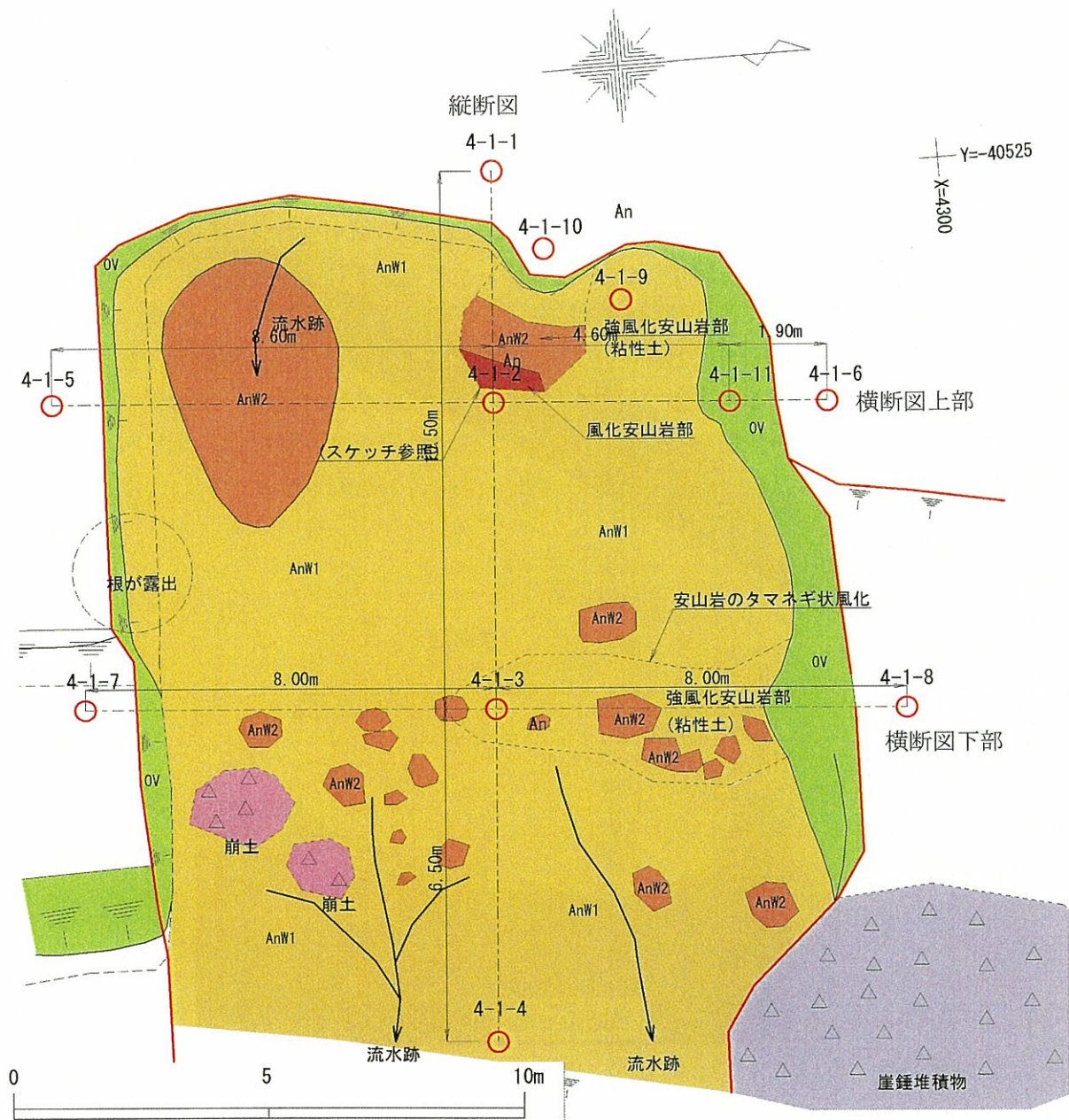
土層区分を表-3 に示す。なお、崖錘堆積物は本箇所では確認されていないが、隣接する斜面 4-2 における SH 型貫入試験で表土と異なる波形が確認され、区分した。

表-3 崩壊地 4 における地層、土層区分

記号	名 称	分類※	Nc/drop値	特 徴
OV	表 土	I	0~5	淡褐色ローム、根系発達
M	崩 土	I	0~1	淡褐色ローム
Dt	崖錘堆積物	I	0~5	淡褐色、安山岩の礫混じりシルト
TbW1	風化残積土	II 1	5~10	淡褐色、安山岩が風化を受け、粘土化した地層
Tbw2	強風化安山岩	II 2	10~20	淡褐色、安山岩が風化を受け、一部粘土化、岩組織残す
Tbw	風化安山岩	III	20~50	風化を受けた安山岩 ハンマーの打撃で崩せる程度の堅さを持つ

※Nc/drop値区分による

ここで、崩壊のすべり面の位置をみると、その大部分が風化残積土(II 1)に位置し、最深部では強風化安山岩(II 2)まで達していることから、崩壊のすべり面はII 1層内部にでき、崩壊が発生したものと考えられる。

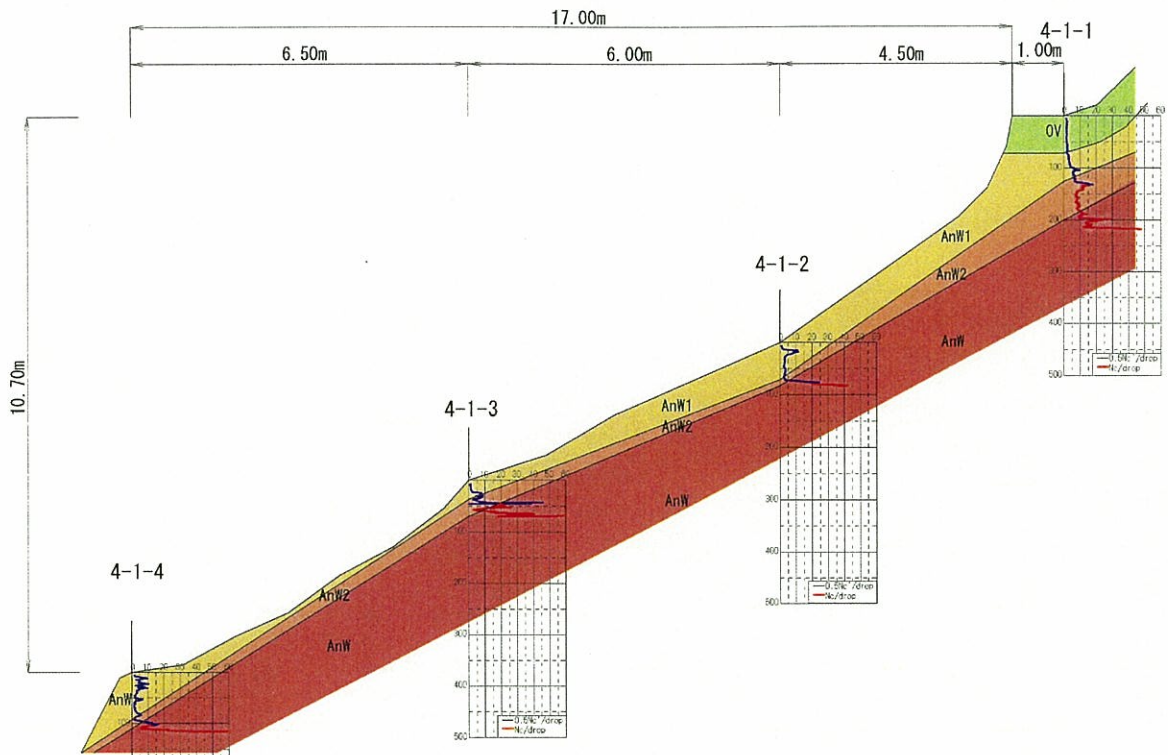


凡 例

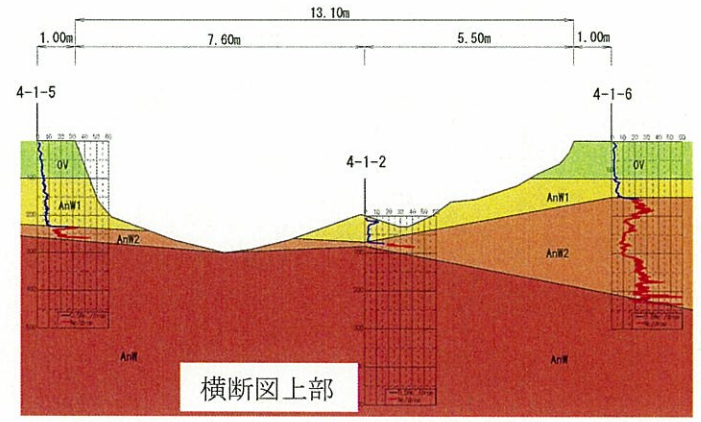
記号	名 称	分類※	Nc/drop値	特 徴
Ov	表 土	I	0~5	淡褐色ローム、根系発達
M	崩 土	I	0~1	淡褐色ローム
Dt	崖錘堆積物	I	0~5	淡褐色、安山岩の礫混じりシルト
TbW1	風化残積土	II1	5~10	淡褐色、安山岩が風化を受け、粘土化した地層
TbW2	強風化安山岩	II2	10~20	淡褐色、安山岩が風化を受け、一部粘土化、岩組織残す
TbW	風化安山岩	III	20~50	風化を受けた安山岩 ハンマーの打撃で崩せる程度の堅さを持つ

※Nc/drop値区分による

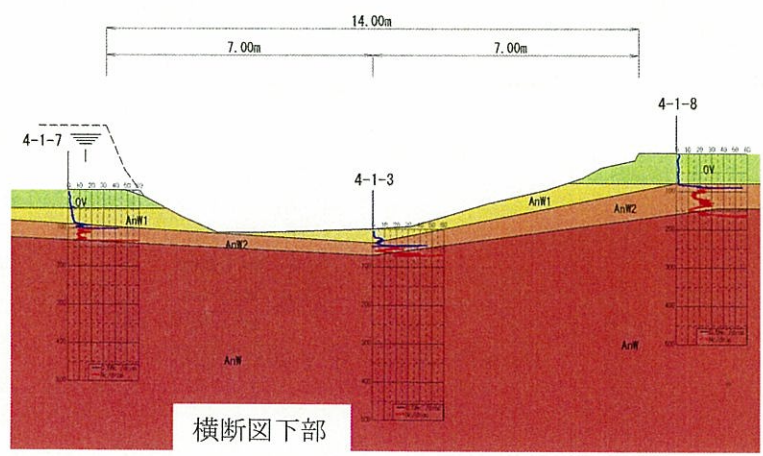
図-8 調査結果平面図(崩壊地 4)



縦断面図



横断面図上部



横断面図下部

図-9 調査結果断面図(崩壊地 4)

調査結果の考察

調査結果より、崩壊発生機構は以下のように推察できる。

(1)素因

- ① 盤岩(Ⅱ1層、Ⅱ2層、Ⅲ層)が凹型地形を成し、地下水が集まりやすい形状を呈している。
- ② 基盤岩(Ⅱ1層、Ⅱ2層、Ⅲ層)が上位のⅠ層に対して難透水層である。

(2)誘因

- ① 地表に降った雨がⅠ層に浸透するが、難透水層であるⅡ1層またはⅡ2層より深部には浸透せず、Ⅱ1層またはⅡ2層の上面境界付近にたまり、ある限度をこえると、その境界面の傾斜している方向へ流動する。
- ② Ⅱ1層境界上面を流動する地下水は、凹型の形状の中心付近に集まり、そこから上または横方向に急激に地下水の飽和帯が形成される。
- ③ 地下水の飽和帯がある限度を超えると、本来地盤の強度の低いⅡ1層内部、あるいは、Ⅰ層の最深部において、地盤の強度が低下し崩壊が発生する。

4. 崩壊地隣接斜面の地盤状況

本調査では崩壊斜面に隣接し、斜面形状が比較的似ている箇所においても崩壊地と同様の試験を実施した(図-10)。なお、崩壊地に隣接する斜面を斜面 1-2、斜面 4-2 とした。

斜面 1-2 では、図-11 に示すように上部から表土(I層)、崖錘堆積物(I層)、風化残積土(II1層)、強風下凝灰角礫岩(II2層)、風化凝灰角礫岩(III層)が分布している。

斜面傾斜に直角な方向における横断面を見ると II2層及び III層は、横断面上段では南側(図面左側)へ傾斜し、横断面下段では逆に北側(図面右側)へ傾斜するなど、明瞭な凹型形状は認められない。さらに、II1層は横断面下部でわかるように断続的に分布している。

斜面 4-2 では、図-12 に示すように上部から表土(I層)、崖錘堆積物(I層)、風化残積土、強風化安山岩、風化安山岩が分布している。

斜面傾斜に直角な方向における横断面を見ると II2層及び III層は、凹型形状を呈している。

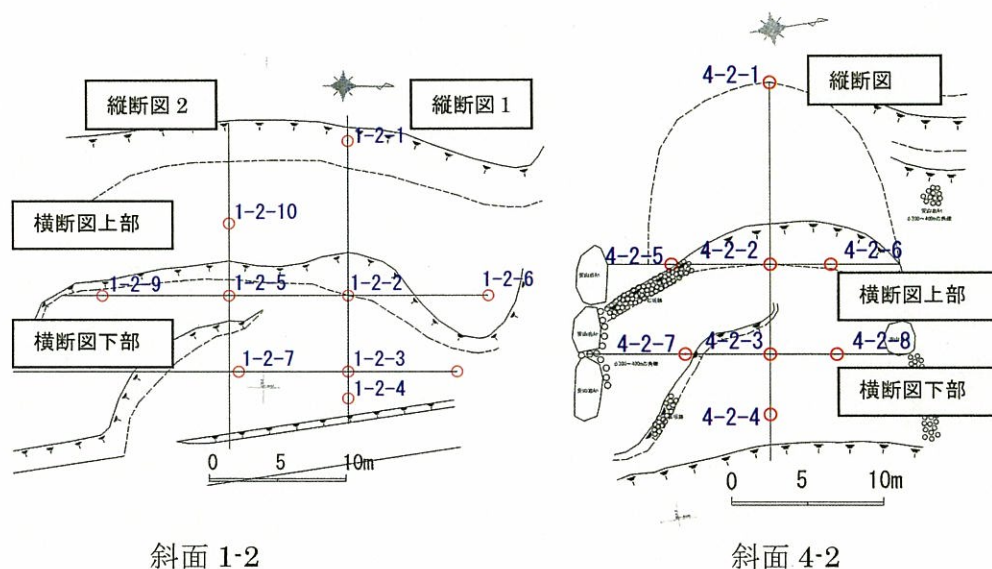


図-10 未崩壊斜面における調査位置

斜面 1-2 では、図-11 に示すように上部から表土(I層)、崖錘堆積物(I層)、風化残積土(II1層)、強風下凝灰角礫岩(II2層)、風化凝灰角礫岩(III層)が分布している。

斜面傾斜に直角な方向における横断面を見ると II2層及び III層は、横断面上段では南側(図面左側)へ傾斜し、横断面下段では逆に北側(図面右側)へ傾斜するなど、明瞭な凹型形状は認められない。さらに、II1層は横断面下部でわかるように断続的に分布している。

斜面 4-2 では、図-12 に示すように上部から表土(I層)、崖錘堆積物(I層)、風化残積土、強風化安山岩、風化安山岩が分布している。斜面傾斜に直角な方向における横断面を見ると II2層及び III層は、凹型形状を呈している。しかしながら、地層の分布が未確認な点があるので、今後追加調査を実施し確認したい。

凡 例				
記号	名 称	分類※	No値	特 徴
OV	表 土	I	0~5	淡褐色ローム、根莖発達
M	崩 土	I	0~1	淡褐色ローム
Fs	耕 作 土	I	0~5	淡褐色、凝灰角礫岩の例混じりシルト
Dt	崖錘堆積物	I	0~5	淡褐色、凝灰角礫岩の例混じりシルト
TbW1	風化残積土	II 1	5~10	淡褐色、凝灰角礫岩が風化を受け粘土化した地層
TbW2	強風化凝灰角礫岩	II 2	10~20	淡褐色、凝灰角礫岩が風化を受け一部粘土化、岩組織残す
TbW	風化凝灰角礫岩	III	20~50	風化を受けた凝灰角礫岩、ハンマーの打撃で崩せる程度の堅さを持つ

※No値区分による

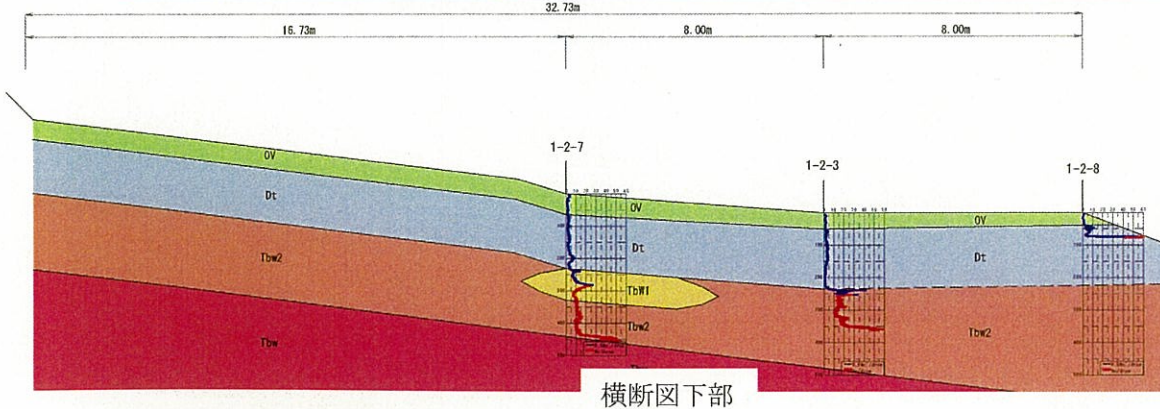
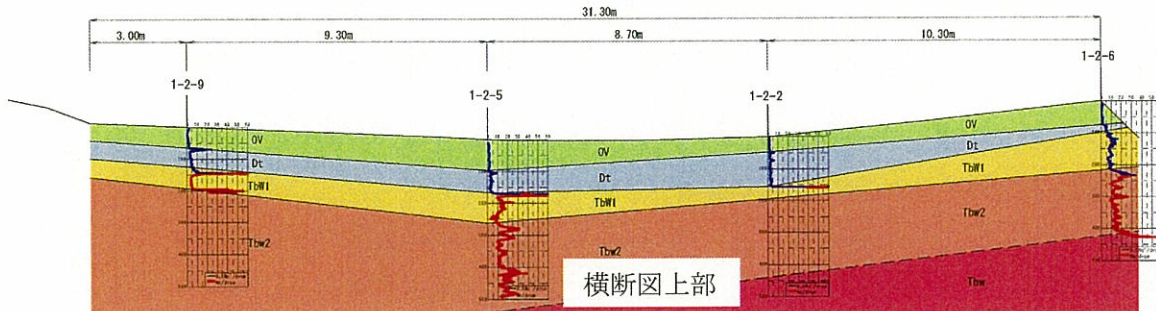
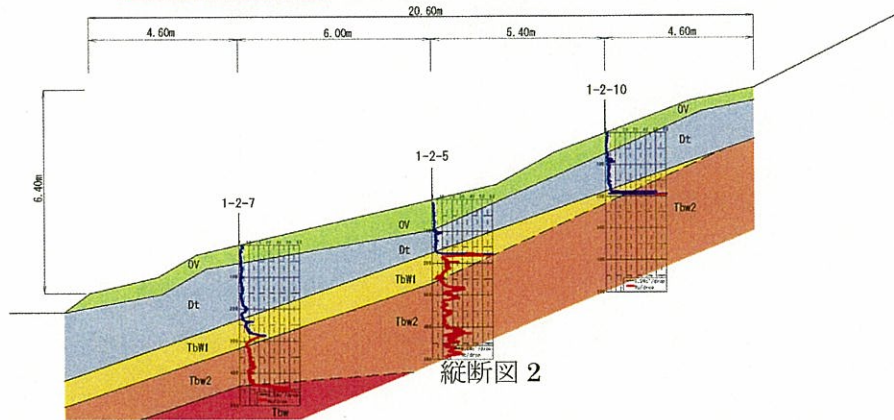
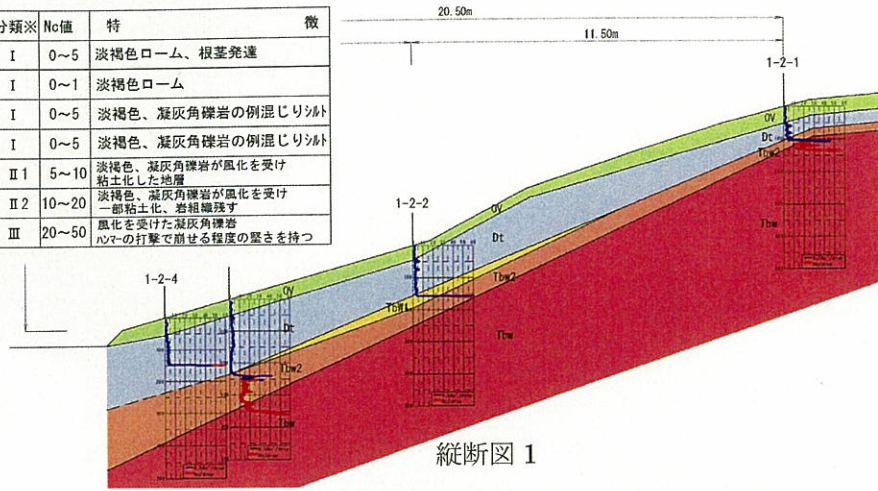


図-11 調査結果断面図(斜面 1-2)

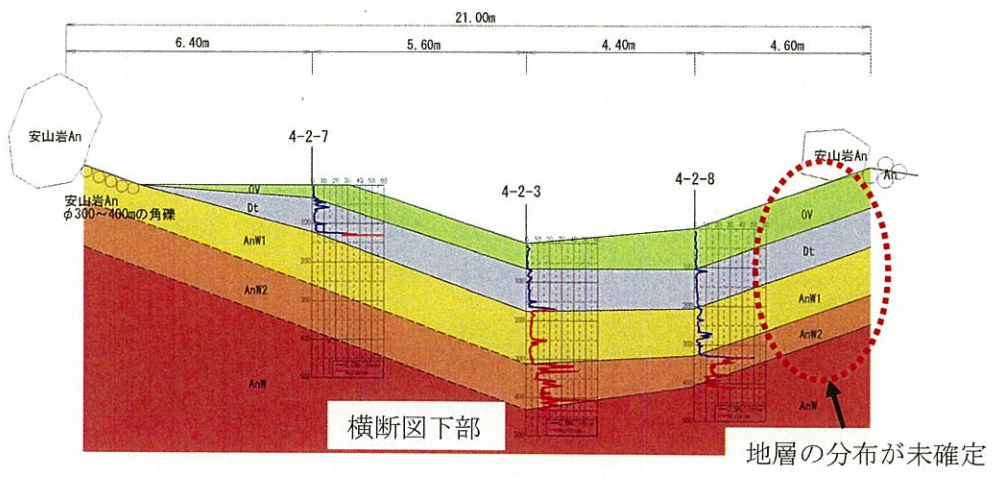
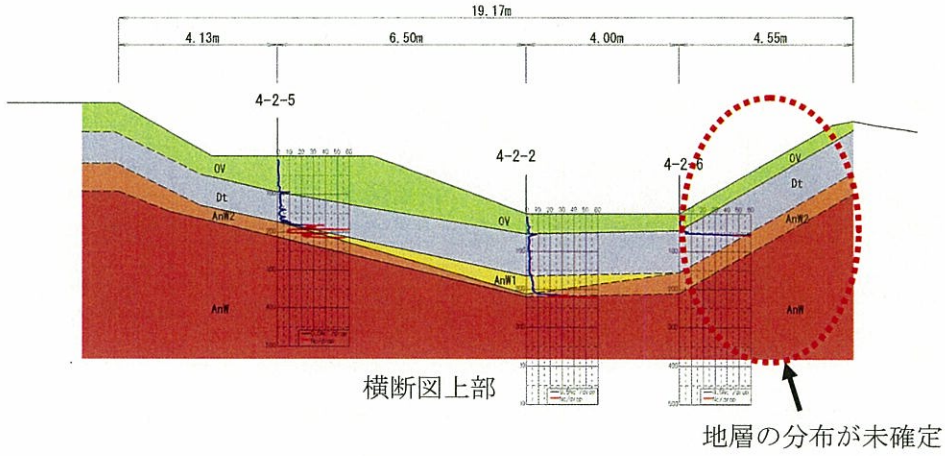
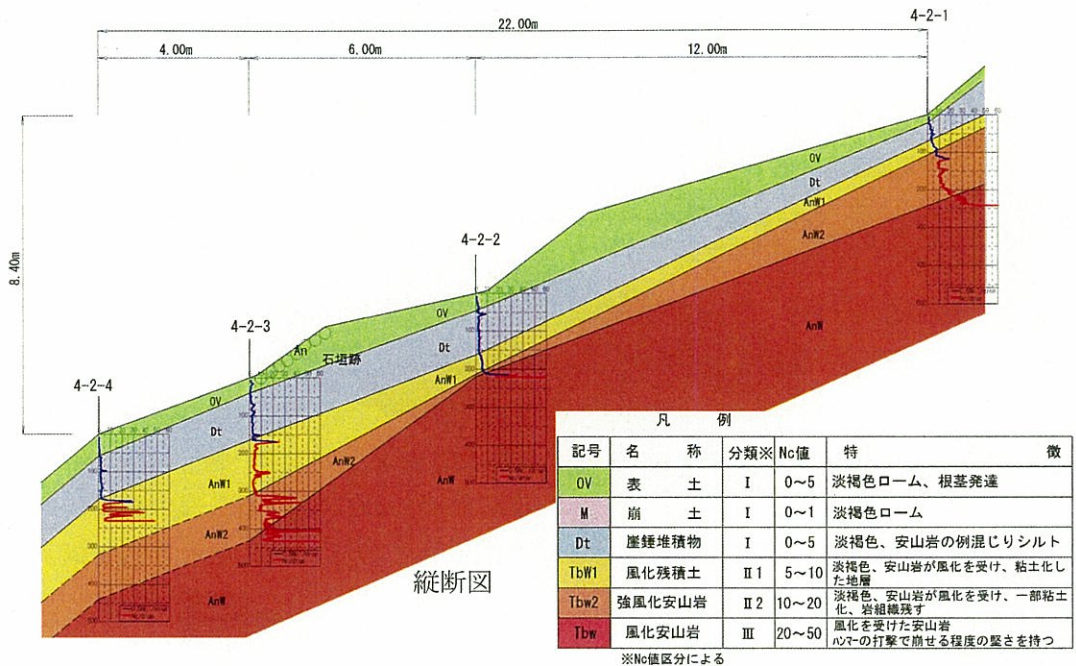


図-12 調査結果断面図(斜面 4-2)

5. 終わりに

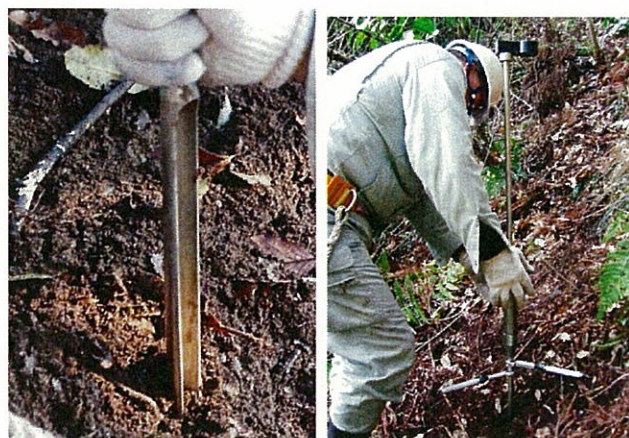
本研究においては、以下の様な実施方針にて試験を実施した。

地層・土層の空間的分布が把握できるよう SH 型貫入試験を格子状に実施した。格子間隔は崩壊地 1 の規模（幅最大約 16m、長さ約 30m）、及び崩壊地 4 の規模（幅最大約 14m、長さ約 17m）から、長さの短い幅方向を考慮して最大 10m 程度とした。試験の結果、以下の通りの結論を得た。

- (1) 崩壊地 1、崩壊地 4 の調査より II 1 層の内部、II 1 層と II 2 層との境界付近ですべり面が発生したことを確認した。
- (2) 崩壊地 4 の調査で、これまで II 層とされていた地層が II 1 層と II 2 層に区分することができ、すべり面が II 1 層内部で形成されたことがわかった。
- (3) 崩壊地の地層・土層の分布を見ると、斜面傾斜直角方向(横断方向)において、I 層の下位の II 1 層、II 2 層、III 層が凹型形状を呈していた。崩壊発生時には、その部分に浸透した降雨が集中し、地層が周囲よりも飽和状態となり崩壊発生に至ったものと考えられる。
- (4) 崩壊地露頭における地層と土層区分との対比の結果、崩壊地においては I 層の下位は、難透水層であることがわかった。

今後の課題として以下の事項が挙げられる。

- (1) 斜面 4-2 の地質が未確認な部分の試験を実施する。
- (2) 今回対象とした崩壊地 1、及び崩壊地 4 での調査・試験結果を踏まえ、更なるデータを蓄積していくため、崩壊地 2、及び崩壊地 3 にて試験を実施する。
- (3) 地層・土層の粒度組成、特に、透水性を確認するためにサンプリングを実施する。サンプリングにはボーリング調査でも可能であるが、経費が高額であること、山間部での調査の場合機材の搬入が難しいことなどから、容易に実施できない現状にある。サンプリングする地層・土層は、少なくとも I 層と II 層のみで良く、これらの地層は比較的軟らかいため、人力で簡易に行えるサンプリング(例えば図-13 に示すようなソイルコアサンプラー)を実施する。



採土部寸法	内径13mm 外径20mm×250mm
重量	260g
最大適用深度	3～5m
*SH型貫入試験機のコーンと取り替えて使用 打ち込み重錘3Kg,落距50cm	

図-13 簡易なサンプリング例(ソイルコアサンプラー)

謝 辞

本研究を実施するにあたり、長野県諏訪建設事務所整備課の皆様、花岡区小口渡明区長には現地調査にあたり多大なる御協力を頂いた。ここに記して感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 川満一史 ((財)砂防・地すべり技術センター)、改良型簡易貫入試験機の開発, H14年1月, SABO Vol. 73.
- 2) 吉松弘行・川満一史 ((財)砂防・地すべり技術センター)、瀬尾克美 ((株)総合防災システム研究所)、長谷川秀三・村中重仁 (ジオグリーンテック(株)), 斜面の表層構造調査用の簡易貫入試験機について, H16年6月, 平成14年度 砂防学会研究発表会.
- 3) 平松晋也・宮前崇 (高知大学農学部)、長谷川秀三・漆崎隆之 (ジオグリーンテック(株)), 改良自記型簡易貫入試験機の砂防調査への適用性, H16年6月, 平成16年度砂防学会研究発表会.
- 4) 内田太郎・小山内信智・曾我部匡敏 (国交省国土技術政策総合研究所砂防研究室) 漆崎隆之・長谷川秀三・中野裕司 (ジオグリーンテック(株)), 簡易貫入試験を用いた急傾斜面における崩壊深推定の試み, H16年12月, 地盤工学会関西支部主催「地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2004」.
- 5) 小山内信智・内田太郎・曾我部匡敏 (国交省国土技術政策総合研究所砂防研究室)、漆崎隆之・長谷川秀三 (ジオグリーンテック(株)), 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, H17年5月, 平成17年度 砂防学会研究発表会.
- 6) 小山内信智・内田太郎・曾我部匡敏・寺田秀樹・近藤浩一
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, H17年6月, 国土技術政策総合研究所資料.