集水井集水工法によるすべり面付近の間隙水圧の変動特性 —埼玉県児玉郡児玉町平沢地すべり地を例として—

The Characteristics of Pore Water Pressure Fluctuation on the Slip Surface Based on
Drainage Well Works: Study of Tairasawa Landslide Area, Saitama Prefecture.

曹 崇 銘* 太 田 猛 彦* 竹 内 美 次**
Tsung-Ming TSAO Takehiko OHTA Yoshitsugu TAKEUCHI
松 浦 純 生** 落 合 博 貴**
Sumio MATSUURA Hirotaka OCHIAI

Abstract

Pore water pressure fluctuation is proved to be an important cause of landslide movement in landslide areas, but it is difficult to observe the mechanism of pore water pressure fluctuation at the various depth of slip surface. The purpose of this paper is to examine the pore water pressure fluctuation in shallow and deep stratum at the slip surface. The data used in this study was collected at Tairasawa landslide area during 1983~1985. Two observational methods are considered. (1) The pressure heads were measured in the vertical observation borehole with a screened section at the designated depth of slip surface. (2) The horizontal borehole of drainage wells were drilled for confined groundwater in a screened section at the same depth of slip surface. The rainfall, pressure head and drainage discharge were observed before and after the drainage well works.

The results indicated that after drilling a horizontal borehole, the pore water pressure was low in shallow and deep stratum at the slip surface. It is possible to judge the effects of drainage well works by comparing the drop of pore water pressure before and after the works. Furthermore, the drop of pore water pressure at the slip surface have two significant characteristics. First, the dropping variation of pore water pressure is corresponding to drilling depth and seepage water in a horizontal borehole. Secondly, the dropping effects of pore water pressure can be clearly prove when the drilling direction of a horizontal borehole near the vertical observation borehole.

キーワード: 集水井, 間隙水圧, 集水ボーリング, すべり面

1. はじめに

地すべりの発生原因は、降雨、融雪などによる間隙水圧の上昇がすべり面付近のせん断の抵抗力を著しく減じ、地すべり土塊の安定に直接影響を与え、地すべり運動が活発化する。地すべりの誘因となる間隙水圧を排除するため、地すべり抑制工として集水井の地下水排除工が広く施工されている。現在、集水井による地下水排除工は、集水井の井筒と全孔ストレーナの集水ボーリングを併用し地下水を排除する排水工法である。

従来、集水井による地下水排除工の効果を評価するためには集水井付近に設置した全孔ストレーナ観測孔の

地下水位変化を利用し行われている。その効果は井戸理論公式を安定計算に導入することにより検討されてきている。また図-1の断面図に示すように地下水位の低下量 Δh の関係と集水ボーリングの施工密度についても多くの研究^{1,2)}が行われている。

図-1 地下水位の低下効果

* 東京大学大学院農学生命科学研究科

** 農林水産省林野庁森林総合研究所

一般に地すべり地の地下水挙動は、水文地質構造の複雑さが原因となり、個々の調査地点や深度において異なった挙動を示すことが多い。従来、地下水位の観測には、ボーリング孔に多孔管を立て込んだ観測井の地下水位変化を測定する方法が用いられてきた。しかしこの方法では全孔ストレナー観測孔の地下水位は複数の滞水層の圧力水頭が混在した結果を計ることになり、実際にすべり面に作用する間隙水圧を見逃すことになってしまうという指摘³⁻⁵⁾がされてきた。このため、現在ではボーリング孔のすべり面付近に部分ストレナー加工された多孔管を入れ、ストレナー区間に間隙水圧計を設置して圧力水頭の計測をする例が多くなってきた^{6,7)}。

一方、集水井を掘削し井内から集水ボーリングを打設し地下水を排除することは、一般的に行われている。通常の集水ボーリングでは、ボーリング孔全長にわたってストレナー加工を行う場合が大半である。しかし、集水ボーリングの効果を評価・検討するためには、すべり面付近に部分ストレナー加工された集水ボーリングによって地下水排除を行い、これと合わせて間隙水圧の変化も測定することが望ましい。これにより他の地下水流動層からの地下水がすべり面に作用する地下水に及ぼす影響が緩和され、施工前後の間隙水圧の挙動はより精密に計測できると考えられる。

そこで今回の研究では、埼玉県児玉町平沢地すべり地（平沢区）を対象とし、すべり面付近の間隙水圧の変動特性を把握するためすべり面付近に部分ストレナー区間を設け、層別水位計を用いた圧力水頭（間隙水圧）を測定した。また、それに対応する深度に集水井から部分ストレナーによる集水ボーリングを施工し、集水ボーリング施工前後の圧力水頭の変動を観測した。これらの結果を基に、集水ボーリングの施工が圧力水頭の変動に与える影響を明らかにし、さらに圧力水頭の時系列変動と集水ボーリング孔の掘削延長・方向との関係を検討して集水井の施工効果の評価を試みた。

2. 平沢地すべりの概要及び観測方法

今回の観測対象とした平沢地すべり地は、図-2に示すように埼玉県児玉町内小山川支流の平沢川右岸に発生

図-2 試験地の位置図

した面積 30 ha の地すべり地である。図-3, 4 に示すように山頂直下は $40 \sim 60^\circ$ の急斜面で、その下部が $10 \sim 20^\circ$ の台地状地形となっている。山腹斜面は急～緩～急と続き、緩斜面は田畑として利用され、湿地帯や湧水地がみられる。緩斜面と急斜面の境界付近（中部ブロックの滑落崖付近）に $1 \sim 2$ m の段差が連続している。地質は長瀬系三波川変成岩地帯に属し、黒色片岩と緑色片岩の互層をなしており、軟弱で固結度が低い。この地すべり地では、集水井の施工効果を判定することを目的とした調査が 1981 年から 1990 にかけて森林総合研究所によって行われた。本研究は地すべり地における①降雨量、

図-3 平沢地すべり地形及び集水井配置図

②圧力水頭、③集水ボーリング孔の掘削工程表、④バルブの操作実験などのデータを基に、その相互関係について考察を行った。

2.1 移動層及び地下水流動層の調査

地すべり現象としては、山腹斜面に発生しているき裂、地表の凸凹、民家の傾き、町道の陥没、平沢河岸の崩壊性の地すべりがみられる。図-4に示すようにボーリングコア判定、弾性波探査等の結果から地すべり土塊の浅層地すべり（深度10～15m）は①を移動土塊として黒色片岩、緑色片岩の風化土で粘土化が進んでおり、深層地すべり（深度20～25m）は②を移動土塊として黒色片岩、緑色片岩が破碎され、軟質化し、岩相のみられる部分と礫混じり粘土状となっている部分が互層を成している。亜基岩層では黒色片岩、緑色片岩が見られ、上部層に比べると硬質の棒状コアの岩相が多く介在している。また滑落崖等がみられる地形的な特徴やパイプ歪計、地盤傾斜計等による土塊移動状況から地すべり地は上・中・下（末端部）ブロックに区分される。上部ブロックは旧地すべり地で杉林であり、中・下部ブロックは主として広葉樹で地すべり性の変動が認められる。

地下水は地下水検層、簡易揚水試験の結果によると地下水流動層が調査ボーリング全孔（25孔）で認められる。特に表-1に示す上部ブロックのBV57-2、3、4、

8の各孔は地下水が豊富に賦存していることが確認される。更に現地調査から上部ブロックには湿地帯、湧水点（18箇所）がある。上部ブロックは地下水涵養帯であり、しかも地下水の経路となって地下水が集まり易い水文地質構造からなっているものと考えられる。したがって、上部ブロックからの地下水は中部～下部ブロックの地すべり地に供給され、地すべり活動を助長しているものと推定される。

2.2 部分ストレーナーの集水ボーリング

中部～下部ブロックへの地下水の供給を遮断する目的で1983年には上部ブロックに集水井1号（深さ25m）を施工し、1984年は下部ブロックに集水井2号（深さ15m）を施工した。集水井の井筒は周辺の地下水の侵入及び集水井内部の水の周辺への漏水を防ぐため、ライナープレート製井筒を組み立てながら余掘り空間にモル

表-1 地下水流動層の優勢なボーリング孔

ボーリング孔	解析区間 (m)	流入量 (cc/min)
BV57-2	G.L. 9.25～16.25	6559
	22.00～22.5	326
BV57-3	29.00～30.25	594
BV57-4	17.25～27.00	5805
	31.75～32.5	317
	38.75～39.5	401
BV57-8	14.25～25.00	3327

図-4 試験地のA-A'断面図及び地すべり移動層

タルを注入している。各集水井の集水ボーリング孔は1984年に完成した。図-5に示すように集水井1号の集水ボーリングは調査ボーリングBV 56-7孔で検出された三層の地下水流動層を集水井の三段集水ボーリング(上・中・下段)に対応して流動層内の地下水を排除させることを目的とする。井筒から扇状に掘削された長さ55mの集水ボーリングは先端10mのみに部分ストレーナー区間を設け地下水排除(自由・被圧地下水)を行った。集水井1号の集水ボーリング孔配置は図-6に示す。

一方、図-4に示すように地すべり地の活動ブロックは、中部ブロックから下部ブロックの末端部にかけて認められた。これらのブロックの動きに対応するため、下部ブロックにある二つのすべり層の間に次の集水井2号

を設置した。図-7に示すように集水井2号による集水ボーリングは、移動層のすべり面及び調査ボーリングBV 58-5孔で検出された二層の地下水流動層に対応する

図-6 集水井1号の集水ボーリング孔配置

図-5 集水井1号の部分ストレーナー集水ボーリングの観測方法

図-7 集水井2号の部分ストレーナー集水ボーリングの観測方法

ために、二段（上段の長さ 20 m、下段の長さ 35 m）の全長の異なる集水ボーリングによって行われている。集水井 2 号の集水ボーリングは集水井 1 号と同様に掘削延長の先端 10 m のみに部分ストレーナー区間を設け地下水排除を行った。集水井 2 号の集水ボーリング孔配置は図-8 に示す。

集水井施工前後の水頭低下効果を評価するため、各集水井の集水ボーリングの先端付近にはまえもって圧力水頭観測孔が設置された。上部ブロックは集水井 1 号内の上・中・下段の集水ボーリングを 3 層の圧力水頭観測孔（上層孔 15 m、中層孔 25 m、下層孔 35 m）に対応して設置した（図-5）。そして、圧力水頭観測孔の先端 4 m のみに部分ストレーナー区間を設け水位計を用いて圧力水頭を観測している。また下部ブロックは集水井 2 号内の上・下段に設置した集水ボーリングを 2 層の圧力水頭観測孔（上層孔 18 m、下層孔 27 m）に対応させて上記

図-8 集水井 2 号の集水ボーリング孔配置

と同様に 4 m の部分ストレーナー区間を設けて圧力水頭を観測している。

図-9 は集水ボーリング孔及び圧力水頭観測孔のストレーナー区間のパッカー処理とせん孔配置位置を模式的に示したものである。パッカー処理の目的はストレーナー区間に他の流動層からの地下水の流入をしゃ断するため、ボーリング孔に挿入するパイプ（塩ビ管）のストレーナー区間前に布パッカーを設置した。パッカーの施工方法は長さ約 50 cm の布パッカーをパイプの外壁周りに固定させて注入するためのホースを一端に付設した。パイプに処理した布パッカーをボーリング孔内に挿入した後、布パッカーに付設した注入ホースから液体ミルクを布パッカーに加圧で注入する。そして、この布パッカーを膨張させてパイプの外壁周りと孔壁間に密着させてストレーナー区間のみに流入する地下水を保持する。

3. 観測結果及び考察

最近の地すべり学会誌において丸山ら（1996 年）は以下の二点を指摘している。すなわち、地下水排除工の効果を定量的に評価するためには①現在行われている地下水位の観測を間隙水圧の観測に切り替えること、②地下水排除工の施工前から十分な地下水位・間隙水圧の観測を行い、施工後のデータと比較することが必要であるとしている。

本研究の試験地はまさに丸山らの指摘した問題点を克服した試験地といえる。すなわち、平沢地すべり地にお

図-9 ストレーナー区間のパッカー処理とせん孔配置位置図

ける間隙水圧の観測は、集水井の掘削前の1983年から行われており、1984年に集水井が施工された。観測期間は①施工前の調査（1983年）及び②集水井施工後の調査（1984年から1985年まで）の二期に分けて間隙水圧のデータを比較することにより、集水井掘削そのものの効果を明らかにする。

①施工前の調査（1983年）：地すべり対策工事は、一般に緊急を要するため、施工効果判定に必要な施工前調査は、必ずしも十分な期間にわたって実施されとは限らない。特に降雨条件は、季節的な変動を伴うため、長期間の観測が必要である。そのため、あらかじめ一年以上の降雨量や圧力水頭などのデータを収集した（集水井1号に対応する観測データは、1983年1月から1984年1月まで、集水井2号に対応する観測データは、1983年10月から1984年11月まで行った）。

②集水井施工後の調査（1984年から1985年まで）：この調査は、集水井の集水ボーリング孔の掘削によるすべり面に作用する圧力水頭の低下特性を捉えるため、また集水井施工後のバルブの閉止操作や降雨の影響などによる圧力水頭の変動を調査するために行った。

3.1 集水井施工前の圧力水頭の変動

すべり面付近に作用する圧力水頭を正確に求めることは、地すべり抑制工事の施工効果判定や安定解析を行う際に非常に重要である。流動層別の水位計を用いた圧力水頭の観測結果は、図-10-aに示すように、1983年1月から10月まで上部流動層内で観測期間平均-1.07m（上層孔の深さ15m）、下部流動層内で同-5.89m（中層孔の深さ25m）亜基岩安定層内で同-9.31m（下層孔の深さ35m）であった。1983年8月下旬の台風により秩父気象観測所で連続降雨422mmが観測され、三層孔（上・中・下層孔）の圧力水頭がそれぞれ-0.38m、-5.12m、-8.90mまで上昇した。また、全孔ストレーナー観測孔での地下水位の観測結果は、各孔とも台風がもたらした集中豪雨によって最高水位を記録した。特に上部ブロックは水位の変動幅が大きく台風時には2～10mの水位上昇がみられた。このことにより、この斜面の上部ブロックでは、圧力水頭の上昇が降雨に鋭敏に反応していることが確認された。

さらに、この斜面の下部ブロックで工事予定の集水井2号付近に15m離れて設置された上層孔（深さ18m）と下層孔（深さ27m）の観測結果（図-10-b）によると、1983年10月から1984年7月までの観測期間で上層孔平均水頭-11.5m、下層孔平均水頭-12.9mが観測された。そのうちの上層孔の水頭変動は、図-10-bに示すように、1984年3月から7月までの降雨期間に対し鋭敏に上下することがわかった。

一方、集水井の井筒の掘削が観測孔の圧力水頭に与え

る影響をみると、図-10の説明番号①、②、⑩、⑪に示すように、集水井1号の井筒の掘削期間には、三層孔とも圧力水頭に与える影響が見られなかった。それは集水井の余堀り空間にモルタルを注入して集水井周辺の地下水の侵入及び集水井本体からの漏水を防ぐ効果によるものと考えられる。

3.2 集水ボーリング孔の掘削による圧力水頭の低下

図-10に示すように、集水井1号での三段集水ボーリング孔の掘削は、降雨の影響を避けるために1984年の1月と8月に二つの施工期に分けて行った。最初に集水井内の下段集水ボーリング孔の施工に着手し、1月から10本の集水ボーリング工事を行った。下段の集水ボーリング孔の掘削中に同年の2月から中段の集水ボーリング工事と同時に着工した。③と④の掘削期間をみると、三層孔の圧力水頭の低下が明瞭に認められる。集水ボーリング施工に伴う圧力水頭の低下量は、施工前後の3ヵ月平均圧力水頭の観測結果の差として、それぞれ1.6m（上層孔）、4.9m（中層孔）、17.2m（下層孔）である。特に下層孔での圧力水頭は大きく低下した。つぎに、図-10の⑤、⑥と⑦の掘削期間では、それぞれ下段3本、上段9本と中段3本の集水ボーリングが施工された

図-10 集水井施工による層別圧力水頭の変動関係

が、⑥の上段 9 本の集水ボーリング孔の施工後のみ三層孔の圧力水頭の低下が認められた。三層孔の圧力水頭の低下量はそれぞれ 0.53 m, 1.34 m, 0.24 m が得られた。特に中層孔に対応している強風化片岩層で一番大きく約 1.34 m の低下量がみられた。一方、集水井 2 号の観測孔の圧力水頭は、⑫の下段 12 本と⑬の上段 11 本の集水ボーリング施工により 6.65 m (上層孔), 8.06 m (下層孔) の低下がみられた。以上の計測では、いずれも深層の圧力水頭が浅層のものより低下の割合が大きい。

3.3 掘削延長・方向による圧力水頭の変動

図-11 は集水井 1 号下段での各集水ボーリング孔の掘削方向と水頭の変動関係を図示したものである。集水ボーリング孔の掘削方向が集水井付近の圧力水頭に与える影響を検討するため、圧力水頭の時系列変動と施工期間との関係を①から⑫までの関連図で示している。まずこの関連図の関連番号①の図を見ると、①の上図は集水井 1 号付近の平面図であり、集水井 1 号に近い観測孔の水頭値を①の下図に示した。下図は水頭値とともに井筒

の掘削工事期間を塗色して示している。また、図-12 は集水井 1 号下段及び中段の集水ボーリング孔の掘削に伴う圧力水頭の低下関係を示す。以下の解析は図-11 と図-12 を対照しながら、掘削延長・方向による圧力水頭の変動を検討する。

まず、図-12 の下段の集水ボーリング孔の掘削状況を検討する。1984 年 1 月 13 日から 4 月 24 日にかけて 10 本の掘削工事が行われた。下段の No.1 孔の掘削（掘削方向は図-11 の③に示す）は、1 月 13 日から始まり、16 日に掘削延長 17~18 m 付近での湧水 4 ℓ/min と共にボーリング機のケーシングが締め付けられた。ケーシングを引き抜き再び最初から掘削し直した。この時の圧力水頭が急に低下した。そして 17 日に掘削延長 27.5 m の硬い石英混り岩石で湧水 30 ℓ/min があり、圧力水頭が徐々に低下した。No.2 孔の掘削（図-11 の④に示す方向）は、21 日に掘削延長 14~17 m 付近における湧水 3 ℓ/min で圧力水頭が徐々に低下していた。No.1 孔及び No.2 孔のボーリングを実施していない数

図-11 集水井 1 号の下段集水ボーリング孔の掘削方向と水頭の変化関係（その 1）

日間（25日～29日の間）にも圧力水頭が低下していた。No.5孔の掘削（図-11の⑤に示す方向）は、掘削方向が水頭観測孔に向っており、掘削が容易で圧力水頭は急に2.81 m低下した。この間、上層孔及び中層孔の水位は変化しなかった。No.11孔の掘削（図-11の⑥に示す方向）は、全孔ストレナー観測孔BV 57-4に向っており、2月9日から掘削が始まり、10日に掘削延長32 m付近で湧水60 l/minがありこの時、このBV 57-4孔は地下水位の低下が見られた。その後、掘削延長35 m付近でケーシングが切断され、掘削作業が中止になった。13日に最初から掘削し直し、14日夜掘削延長39 mまで順調に進んで掘削したが、15日に油圧ポンプ故障修理のため、再び掘削作業が中止され、18日から再開して掘削延長55 mまで掘削された。次にNo.11孔に近いNo.10孔、No.9孔の掘削（図-11の⑦、⑧に示す方向）で、BV 57-4孔の地下水位が急に17.7 m低下した。No.4孔及びNo.3孔の掘削は、掘削方向が変わって圧力水頭観測孔に向っており、No.4孔掘削（図-11の⑩

に示す方向）により集水井1号下層孔の水頭が多少低下し、さらにNo.3孔の掘削（図-11の⑫に示す方向）で7.01 m低下した。以上の掘削状況と圧力水頭の低下特性を見ると、圧力水頭の低下は集水ボーリングが観測孔の数m以内に達したときと削孔中に湧水が発生したときに発生している。集水井1号の西側に掘削したNo.1孔からNo.5孔までの5本の集水ボーリング孔が三層孔の水頭の変動に関わっていた。しかし、南側で掘削すると三層孔の圧力水頭はあまり明瞭な変化を示さないことがわかった。一方、BV 57-4孔の地下水位の低下は集水ボーリング孔のNo.9孔とNo.11孔の掘削が大きく影響した。

最後に、図-12に示す中段の集水ボーリング孔の掘削に伴う圧力水頭の変化を検討する。1984年2月8日から5月11日にかけて10本の工事が行われたが、そのうちの5本は掘削孔の時間と番号が確認できないので点線で示した。最初に掘削した5本の状況について説明する。No.3孔の掘削は2月8日から始まり、11日に掘削

図-11 集水井1号の下段集水ボーリング孔の掘削方向と水頭の変化関係（その2）

図-12 集水井1号の集水ボーリング掘削による孔内湧水と圧力水頭の低下関係

延長16.5 m付近で湧水10 ℓ/minと共にケーシングが締め付けられ掘削作業がしばらく中止になった。そして23日に最初から掘削し直し、28日までに掘削延長55 mを掘削した。しかし中層孔の圧力水頭の低下が見られなかった。その後、No. 4孔からNo. 7孔まで順番に4本を掘削した。その結果、中層孔での圧力水頭がそれぞれNo. 4孔で2.10 m, No. 5孔で0.63 m, No. 7孔で1.07 m低下した。その期間に、上層孔での圧力水頭も中段と下段の集水ボーリング孔の掘削により徐々に低下していたことが認められた。なお、No. 7孔の掘削時には下段のNo. 4孔も同時に掘削しているので、その影響も考えられる。

3.4 全孔ストレーナー観測孔の地下水位変動

集水ボーリング孔の掘削に伴う全孔ストレーナー観測孔内の地下水位変動は、図-13に示すように、BV 57-4とBV 58-5のみに19 m, 8.7 mの水位低下が認められた。しかし、集水井1号での三層孔に近いBV 56-7孔の水位は、ほとんど変化がなかった。以上の結果からみると、集水ボーリング孔の集水効果を全孔ストレーナー観測孔の地下水位から評価することは困難なことが予想される。その原因として、一般に地すべり地では地すべり移動によって土塊が攪乱されているため地下水の経路、流量などの水文条件が複雑であり、しかも、地すべり地

の地下水の挙動は、個々の調査地点や深度において異なった挙動を示すことが多い。

3.5 バルブの閉止操作による圧力水頭の影響

斜面内のすべり面付近の圧力水頭の挙動を施工前と類似した地下水環境を再現するため、バルブの閉止操作実験を行った。バルブの閉止操作実験は、井内に設置した集水ボーリング孔すべての孔口にバルブを取り付け、バルブを閉じることによりその排水機能を一時的に停止させ集水井別の圧力水頭観測孔の変動を捉えることが目的である。

図-10に示すように、集水井1号の3段バルブは、1985年2月中旬から2週間閉止し、その後三日間だけ開放した。その後4月下旬まで長期に閉止し、4月中旬以降に下段のみ開放した。また実験期間中は集水井2号のバルブは常時開放された状態であった。その結果として、集水井1号の三層孔の圧力水頭の変動はバルブを閉止した影響で圧力水頭が鋭敏に上昇していた。バルブを開放するまでの上昇幅はそれぞれ1.97 m, 3.35 m, 2.38 mが認められた。なかでも中層孔に対応する強風化片岩層の圧力水頭の上昇量が最も大きい。強風化片岩層は破碎、レキ化が進み、透水性が高いためと考えられる。なお、閉止による下層孔(深度35 m)の圧力水頭上昇の応答時間は、上層孔と中層孔よりやや遅くなるこ

図-13 全孔ストレーナー観測孔の地下水位変動

とがわかった。

一方、本実験の期間中、集水井2号の下層孔（深度27m）の圧力水頭が鋭敏に上昇していることが確認された。集水井2号のバルブを閉止しなくても下層孔の圧力水頭が鋭敏に上昇したことは、バルブ閉止前の一週間累積降雨量33mmの降り方にも注目すべきであり、一概に集水井1号の影響が表われたとは言えないものの何らかの影響が指摘できよう。

4. あとがき

平沢地すべり地における集水井施工前後の圧力水頭の観測結果から集水井の掘削に伴うすべり面付近の圧力水頭の変動の解析を行い、集水井の掘削そのものの効果を明らかにした。施工前の調査では降雨や圧力水頭などの季節変化データが得られ、その結果と施工後のデータとを比較して集水井の地下水排除効果を定量的に明らかにした。さらに、集水井ボーリング孔

掘削中のすべり面付近に作用する圧力水頭の低下特性を捉えるため、掘削中の湧水の現象、また掘削方向と圧力水頭の変動関係や降雨の影響などの解析を行い、以下の結果を得た。

- 1) 集水井ボーリング孔の施工前後における圧力水頭の低下状況は、集水井1号の三層孔及び集水井2号の二層孔の観測結果をみると、深層の圧力水頭が浅層のものより低下量が大きい。
- 2) 集水井ボーリング孔の掘削と圧力水頭の低下特性を見ると、圧力水頭の低下は集水井ボーリングが観測孔の数m以内に達したときと削孔中に湧水が発生したときに起っている。圧力水頭の低下効果は観測孔に近いところまで掘削した集水井ボーリング孔が大きく影響した。
- 3) バルブ閉止の操作実験による集水井1号の三層孔の圧力水頭の変動は、バルブ閉止の影響で三層孔の圧力水頭が鋭敏に上昇し、その中の中層孔に対応する強風化片岩層の水頭上昇量が最も大きい。

謝辞

この研究を進める上で森林総合研究所地すべり研究室から観測データ・調査報告書などを提供していただいた。北海道支所梁瀬秀雄所長にいろいろお世話いただいた。また、東京大学の鈴木雅一助教授、執印康裕助手に多大な御助言を戴き深く感謝の意を表します。以上の方々に対し厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 奥園誠之・緒方春樹：地すべり地における地下水排除工の効果とその調査法，基礎工，Vol.13，No.2，pp.33-39，1985
- 2) 丸山清輝・北島義則：地すべり地における集水井の地下水排除効果に関する検討，地すべり，Vol.33，No.3，pp.13-18，1996
- 3) 岸本良次郎：地下水圧観測施設の一例（地すべり調査用），農業土木学会誌，Vol.36，No.10，pp.23-28，1969
- 4) 川上 浩：地すべり調査に関連する2，3の問題，地質学論集，第28号，pp.87-95，1986
- 5) 松浦純正・梁瀬秀雄：地すべり地における地下水調査の現状，地すべり研究の発展と未来，大明堂 pp.229-241，1996
- 6) 檜垣大助・丸山清輝・吉田克美・吉松弘行：地すべり地における間隙水圧変動の観測，地すべり，Vol.28，No.3，pp.9-16，1991
- 7) 吉田昭治・稲葉一成・中野俊郎・竹内伸一・佐藤修：地すべり斜面の自由地下水，地下水圧の観測と解析について，土と基礎第39巻12号，pp.29-34，1991
- 8) 林野庁森林総合研究所：地すべり対策調査報告書（埼玉県児玉郡児玉町平沢地区）1981～1985
- 9) 埼玉県農林部林務課：平沢地区地すべり調査（観測）＜埼玉県児玉郡児玉町大字太駄地内＞報告書，1982～1984
- 10) 埼玉県農林部林務課：平沢地すべり対策工事における地質掘削工程表，1984

集水ボーリング工の効果に関する定量的評価手法の提案

「地すべり」Vol. 35, No. 3 (通巻第 135 号) pp. 1～7, 1998 年 (平成 10 年) 12 月

鶴飼恵三, 蔡 飛, 若井明彦, 阪上最一

3 次元飽和—不飽和浸透流解析法とせん断強度低減 FEM を用いて, 集水横ボーリング工の効果を実量的に評価した。ボーリング工の設置間隔, 長さ, 方向などが斜面の安全率上昇に及ぼす影響が明らかにされた。

掘削粘性土斜面の安定解析に関する一考察

「地すべり」Vol. 35, No. 3 (通巻第 135 号) pp. 8～14, 1998 年 (平成 10 年) 12 月

馮 鉄群, 山上拓男

粘性土地盤中の掘削斜面が時の経過と共に安定性を減じる現象を実量的に表現する上で, 一般に行われているような飽和連成弾塑性有限要素解析は正しい結果を与えない。すなわち, 掘削除荷に伴って地盤が膨張するとき, 地表面から空気を吸い込み, 局所的に不飽和域が出現することを認めた解法をとらなければならない。

蛇紋岩地すべりに対する鉱物学的一考察

「地すべり」Vol. 35, No. 3 (通巻第 135 号) pp. 15～23, 1998 年 (平成 10 年) 12 月

横田公忠, 矢田部龍一, 八木則男

蛇紋岩地帯では地質境界部で多くの地すべりが発生している。本論文では, この理由を蛇紋岩の生成過程にまで遡って鉱物学的に検討している。具体的には, 顕微鏡観察, X 線回析, 蛍光 X 線分析により蛇紋岩の鉱物学的特性を調べ, また, 文献調査に基づく検討を行っている。それらの結果, 蛇紋岩の特性は蛇紋岩と磁鉄鉱それとブルサイトが共存しているところにあり, 風化に弱く細粒化しやすいが, すべり面と成り得る小さなせん断抵抗角を持つ粘土鉱物は生成されない。蛇紋岩体に隣り合って, 緑泥石層などが形成されやすく, これらはすべり面と成り得る粘土鉱物を生成しやすい。したがって, 蛇紋岩体との境界部で多くの地すべりが発生しやすいと結論できる。

集水井集水工法によるすべり面付近の間隙水圧の変動特性

—埼玉県児玉郡児玉町平沢地すべり地を例として—

「地すべり」Vol. 35, No. 3 (通巻第 135 号) pp. 24～33, 1998 年 (平成 10 年) 12 月

曹 崇銘, 太田猛彦, 竹内美次, 松浦純生, 落合博貴

本研究では, すべり面付近の間隙水圧の変動特性を把握するためすべり面付近に部分ストレナー区間を設け, 層別水位計を用いた圧力水頭 (間隙水圧) の測定と, それに対応する深度に集水井から部分ストレナーによる集水ボーリングを施工し, 集水ボーリング施工前後の圧力水頭の変動を観測した。これらの結果を基に, 集水ボーリングの施工が圧力水頭の変動特性に与える影響を明らかにし, さらに圧力水頭の時系列変動と集水ボーリング孔の掘削延長・方向との関係を検討して集水井の施工効果の評価を試みた。

アンカーを用いた梁のたわみ・応力解析

「地すべり」Vol. 35, No. 3 (通巻第 135 号) pp. 34～38, 1998 年 (平成 10 年) 12 月

柏原公二郎, 原 裕, 河内俊雄

岩盤切り取り面上の法枠にアンカー力を加えた場合の, 梁の変形と応力を求める式を, 二つのモデルについて導くことが出来た。

モデル 2 に対し Chang の計算法を用いると, 曲げモーメントはアンカー点で -4.5%, 有効長は +50% の誤差が生じ設計上不利な状態が発生する。