

土木研究所資料

第 468 号

茶臼山地すべりにおける地下水検層試験報告書

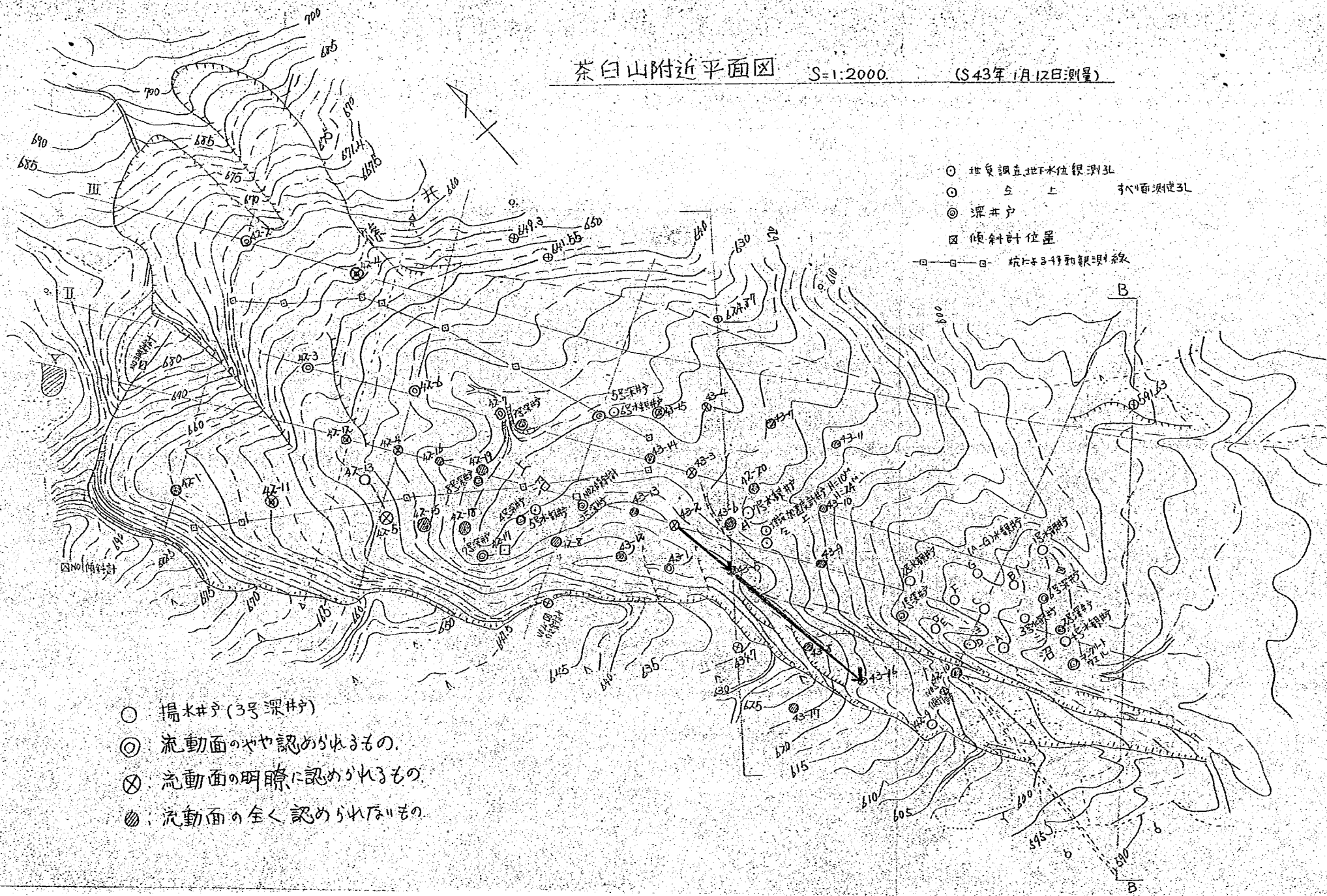
昭和 43 年 3 月

建設省土木研究所

茶白山附近平面図

S=1:2000

(S43年1月12日測量)



- 地質調査地水位観測孔
- 全上 断面観測孔
- ◎ 深井戸
- 傾斜計位置
- 坑はり移動観測線

- 揚水井(3号深井)
- ◎ 流動面のやや認められるもの
- ⊗ 流動面の明瞭に認められるもの
- ⊙ 流動面の全く認められるもの

茶白山地すべりにおける地下水検層試験報告書

建設省土木研究所 新潟試験所

目 次

はじめに	(1)
1. 43年度実施した地下水検層試験	(2)
1-1 調査地点	(2)
1-2 調査結果	(2)
1-3 まとめ	(6)
2. 揚水試験(長野県砂防課資料)	(8)
3. 対策工法の検討	(9)
3-1 地下水位と移動の関係	(9)
3-2 排水隧道の検討	(10)
4. あとがき	(11)

① はじめに

茶白山地すべりの対策工法として排水工事を採用する場合、地すべり地内の地下水の分布状況を明らかにする必要がある。昭和42年度は上沼より上部の斜面において地下水検層試験を実施して、この地域における地下水の流動状況を明らかにした。昭和43年度は上沼下部と二沼上部との間の地下水の流動状況を把握する目的で17孔のボーリング孔で、昨年度同様地下水検層試験を実施した。本報告書は、これらの地下水検層試験結果、ならびに長野県砂防課が実施した地下水位観測、揚水試験結果などを総括して考察し、茶白山地すべり地域内の地下水の分布状況ならびに排水工の基本計画について検討する。

1. 43年度実施した地下水検層試験結果

1-1 調査地点

試験のために行なった調査ボーリング孔の位置は、平面図(図-1)に示すごとくで、上沼の下流端で横断方向に右岸側から43-12, 43-13, 43-14, 43-15を最上列に約20m下流側に43-1, 43-2, 43-3, 43-4を第2列、さらに約20m下流側に43-5, 43-6, 43-7を第3列、さらに約25m下流側に43-8, 43-9, 43-10, 43-11を第4列目として、43-17は右岸側不動地内、43-16は境界付近に位置している。

すなわち、今年度実施された試験地点はすべて上沼と二沼の中間地帯に位置するものである。

1-2 試験結果

地下水検層器は、特に地下水の自然電導度の高い茶白山地すべり地での試験のために前年度試作した移動電極型を用いた。

測定結果は、各ボーリング孔毎に一定時間毎の電導度分布を同一座標上にプロットし、深度～電導度変化曲線図を作成し整理された。そして電導度の変化特性から地下水の流動面を判定し、ボーリング柱状図と対比し、地下水の流動径路を地質構造的に検討した。

43-1; 水面は-11.50mで、礫分の多い崩積土層中に位置し孔内水の自然電導度は $42 \times 10^2 \mu\text{U}/\text{cm}$ でかなり高い値を示すが、水面から孔底まで電導度はほぼ均一である。電導度変化は-11.50~-13.0mの間に認められるのみで、これは礫混りの砂からなる崩積土層中に位置する水面部分に比較的確の流速の大きい流れがあることを示している。他の部分では地下水の流動はほとんど認められない。

43-2; 水面は-8.50mで崩積土層中に位置し、孔内水の自然電導度は $22 \times 10^2 \mu\text{U}/\text{cm}$ でやや高い値を示すが、ほぼ全面にわたって均一である。電導度変化は-28.50mの位置に典型的なピーク状に現われている。こ

れは風化凝灰岩中に位置するキレッツ水と判定しうる。他の部分では地下水の流動はほとんど認められない。

43-3； 水面-1.0.0 mで凝灰岩礫を主とする崩積土層中に位置し、孔内水の自然電導度は $10 \times 10^2 \mu\text{V}/\text{cm}$ で、他と比較して非常に低く、上部斜面の融雪期の地表水の電導度に近い値であることから雨水の影響を直接受けているものと思われる。また、電導度分布は全面にわたってほぼ均一である。電導度変化は-1.0~-1.2 mに明瞭な変化が認められる。これは、ちょうど凝灰岩礫層と砂層の境界付近に当り、ここを流れる地下水流の存在が確認される。他の部分には顕著な地下水流は認められない。

43-4； 水面は-4.5.0 mで崩積土層中に位置し、孔内水の自然電導度は水面付近では $8.5 \times 10^2 \mu\text{V}/\text{cm}$ で低い値を示すが、深度の増加につれて電導度も増加する傾向が明らかに認められるが全般に低い値である。このことから、上部と下部では地下水流の系統が異なるものとみなしうる。

電導度変化は水面付近に明瞭に認められるが、他の部分には認められない。しかるに約26日経過後には、水面付近では自然電導度にもどっており、流速の大きいことを裏付けているが、短時間ではまったく変化の認められなかった深い部分でも、かなり変化が認められる。このことから、砂層および風化凝灰岩中でも非常に緩慢ではあるが全面的な地下水の流動があるものと推定される。

43-5； 水面は-12.5.0 mで崩積土層中に位置し、孔内水の自然電導度は三段階に明らかな変化を示している。このことから、一応深度により三つの異なった地下水流の存在することが考えられる。

すなわち、-2.3 mまでの比較的電導度の低い、したがって雨水に近い地下水層、-2.3~-3.5 mの中間層、-3.5 m以下の比較的電導度の高い層である。

電導度変化は、-2.3 m付近にきわめて明瞭にピーク状に現われているほか、-3.0 m、-3.5 mにわずかに変化が認められる。-2.3 m付近は崩積土中の土層と砂層の境界部にあたるが、ピークの形態から脈状のかなりシャープな流れを有する地下水流の存在が推定される。

43-30, -35 m 付近にもわずかではあるが脈状の地下水流があるものと推定される。他の部分には顕著な流動面は認められない。

43-6 ; 水面 - 1.0 m, 砂層からなる崩積土層中に位置し, 孔内水の自然電導度は $8 \times 10^2 \mu\text{V}/\text{cm}$ できわめて低い値で, しかも全面にわたってほぼ均一である。電導度変化はほとんど認められないので, この地点での地下水の流動は非常に小さいことが推定される。

43-7 ; 水面は - 1.65 m で深く, 風化凝灰岩層中に位置している。自然電導度はやや高めであるが, 全面的にほぼ均一である。電導度変化は乏しく, 顕著な流動面は見当らない。

43-8, 9, 10 ; 電導度変化は短時間の間には共に認められないが, 約 2 6 日経過後には, 43-9 は孔底部を除いては完全に自然水の値に復元しており, 43-8, 10 もかなり明瞭な変化が認められる。電導度の変化部がまったく直線的に復元していることから, これらは一応, 食塩の沈降による変化と区別されるもので, きわめて緩慢ではあるが地下水の流動があるものと見なしうる。

しかも, この流動層は砂層崩積土中の凝灰岩層にわたってかなり全面的な規模を有している。

43-11 ; 水面 - 6.7 m は風化凝灰岩層中に位置し, 孔内水の自然電導度は $2.2 \times 10^2 \mu\text{V}/\text{cm}$ でかなり高い。電導度変化は - 1.3 m 付近にわずかにピーク状に認められるが明瞭でない。むしろこれより上部に全面的な変化が認められる。したがって, 地下水流は一応水面から - 1.3 m までの凝灰岩中を層状に流下しているものと判定しうる。

43-12 ; 水面 - 1.6 m で崩積土層中に位置し, 孔内水の自然電導度は $2.0 \times 10^2 \mu\text{V}/\text{cm}$ でかなり高いが, 全面的に均一な値を示している。電導度変化は水面から - 2.2 m 付近と - 4.3 m 付近にわずかに認められる。

このことから水面付近をほぼ層状に崩積土層中を流れる地下水ならび - 4.3 m 付近の凝灰岩中を脈状に流れる地下水が推定される。

43-13 ; 水面は - 2.2 m で崩積土層中である。孔内水の自然電導度は

$17.5 \times 10^2 \mu\text{V}/\text{cm}$ でやや高いが、全面的に均一な値を示している。電導度変化は水面付近に明瞭に認められるが、他の部分では異常なバラツキを示している。したがって、 $-2.3 \sim -2.4 \text{ m}$ 付近の砂岩礫層中を流れる地下水流が一応推定されるが、他は判定不能である。

43-14；水面 -3.7 m で崩積土層中に位置している。孔内水の自然電導度は $8 \times 10^2 \mu\text{V}/\text{cm}$ で低い値を示すが、全面にわたって均一である。電導度変化はまったく認められず、地下水の顕著な流動はない。

43-15；水面は -4.5 m で崩積土層中に位置している。孔内水の自然電導度は $14 \times 10^2 \mu\text{V}/\text{cm}$ で、中間的な値を示すが、ほぼ全面にわたって均一である。

電導度変化は水面付近および $-1.1 \text{ m} \sim -1.2 \text{ m}$ に認められる。水面付近の変化は孔壁からの落水水によるものと判定されるが、 $-1.1 \text{ m} \sim -1.2 \text{ m}$ 区間のピークはキレット水の存在を示すものである。

43-16；水位 -1.20 m で崩積土層中に位置している。孔内水の自然電導度は水面から -40 m までは $5 \times 10^2 \mu\text{V}/\text{cm}$ で非常に低く、これより下部で漸増する傾向を示している。電導度変化は水面付近および -40 m 付近にピーク状の変化が認められる。したがって、 $-1.3 \text{ m} \sim -1.5 \text{ m}$ 付近の崩積土層中を流れる地下水流ならびに -40 m 付近の風化凝灰岩中を脈状に流れる地下水の存在が推定される。

43-17；水面 -1.9 m で凝灰岩中に位置している。孔内水の自然電導度は $16.5 \times 10^2 \mu\text{V}/\text{cm}$ で中間値を示しているが、全面にわたってほぼ均一である。電導度変化はまったく認められず、地下水流動はないものと推定される。

1-3 まとめ

以上、今回実施した地下水検層試験結果をとりまとめ、地質断面図にプロットすると図-2のごとくとなる。

これによれば、上沼と二沼の中間地帯における地下水の流動形態は四つに大別される。

すなわち、

- ① 崩積土層中にのみ流動面を有するもの、43-1, 43-3, 43-4がこれに属している。
- ② 崩積土層中ならびに基岩層中の二層に流動面を有するもの、43-12, 43-15, 43-16などがこれに属している。
- ③ 風化基岩層中にのみ流動面を有するもの、43-2, 43-5, 43-11等がこれに属している。
- ④ 全面にわたってまったく流動面が認められないもの、43-6, 43-7, 43-8, 43-9, 43-10, 43-14, 43-17などがこれに属する。

ここで、③に属す流動形態を有するグループ中で特にシャープな流動面の認められたボーリング43-5について、ピークの流速計算を行なった。この流速計算は次のごとき仮定のもとに行なったもので、まず流動区間を単位長さ1 mとし、直径5 cmの円筒中に地下水が流入し孔内水と完全に混合したのち流出するものとするれば、流速と時間濃度は(1)式で表わされる。

すなわち、

$$V_a = -\frac{V}{S} \ln \frac{C}{C_0} \dots \dots \dots (1)$$

S : 単位容積の垂直断面 = $5 \times 100 = 500 \text{ cm}^2$

V : 単位容積 = $(5/2)^2 \times 3.14 \times 100$
 $= 1,962 \times 10^3 \text{ cm}^3$

C : t 秒後の孔内水の濃度 = 2.9 %

C₀ : 孔内水の初期濃度 = 5.8 %

t : $30 \times 60 \text{ sec}$

$$V_a = \frac{1.46 \times 10^{-3}}{0.5} \text{ cm/sec}$$

したがって、地下水としては ~~非常に低い~~ キレツ水といえる。

④に属しているものは、^{新着の流速の計算}短時間の間ではまったく流動面が見当たらないが、43-8, 43-9, 43-10のごとく長時間経過後には、電導度の変化が認められる。43-8を例にとり、この濃度変化から前記と同様の式を用いて

流速を算定すると、

$$V_a = 6.47 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$$

となる。

この値は、シルト質の砂の透水係数 $10^{-3} \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$ にほぼ一致しており、しかも電導度の変化が水面から孔底に到るまでほとんど均一であることから、一応シルト質層を流下する地層水の流速を示さすものと考えてよからう。

つぎに流動径路であるが、各地点により流動形態は非常に異なっており、しかも隣接した地点での流動形態にほとんど類似性が認められない。すなわち、崩積土層中あり凝灰岩層中であり、特に地下水の流動を支配するような地層の存在は認めがたく、全般に流動径路を推定することは困難である。

例外として、43-2、43-5の二カ所の隣接したボーリング孔で共にシャープな流動面が認められた。この二点を結ぶ線上は地形的に陥没帯を形成しており、しかもこの線の延長上の43-16にもシャープな流動面が認められる。これらの点を結ぶ線が右岸側不動地と交わる付近で、近年新たな地すべり運動が見られるなどの現象も認められる。したがって、この陥没帯に沿ったかなり卓越した地下水流の存在が推定される。

2. 揚水試験結果

長野県砂防課によって実施された地下水位観測、揚水試験など多くの資料があるので、地下水検層結果と比較検討した。

上沼付近では深井戸を利用した揚水試験が行なわれている。上沼付近は、地質的には比較的単純な三層構造を有するもので、表層部は緩やかな粘土および砂を主体とした崩積土層によって覆われ、その下に比較的密な砂を主体とした崩積土層がかなりの厚さに存在し、さらにその下部に風化砂岩、凝灰岩の互層からなる基岩があらわれる。上沼付近の深井戸(4, 7, 8号)はこのような地質構造を有する斜面上に位置する。しかし揚水試験結果によれば、揚水による影響圏はかなり限られた範囲にのみ現われる。すなわち、4号深井戸の揚水

による影響圏は42-8および3号深井戸に限られ、7号深井戸の揚水による影響圏は42-17のみで近接した42-18に影響がまったく認められない。また8号深井戸の揚水による影響圏は42-18、42-19に限られている。

42年度の地下水検層試験によれば、この上沼周辺部での地下水は卓越した流動面を有していない。特に42-8、42-17の地点ではまったく流動が見あたらなかったが、揚水試験によれば、毎分数十リットルの揚水量が確保されるなど滞水層の存在は確認された。しかるに、この滞水層が砂を主体とするゆるい崩積土層であるならば、揚水試験の影響が隣接する各孔に現われるはずであるが、前述のごとき結果から見ると、この砂層は比較的良好な状態にあり、地下水はこの砂層中に不規則に分布するゆるい砂層またはキレツを流れているものと推定される。

したがって、上沼周辺部における地下水は、特に大規模な地下水の流動径路によって供給されていることはほとんど考えられず、砂を主体とする崩積土層ならびに風化岩層中に網目状に貯留する地下水塊と想定される。

3. 対策工法の検討

3-1 地下水位と移動量の関係

代表断面における昭和39年～昭和43年の間の水位と移動量の関係を見ると、かなり明瞭な相関関係が認められる。この資料をもとに、縦軸に月間移動量を対数目盛で、横軸に地表からの月間の平均水位を普通目盛でプロットし、地下水位～移動相関図とした。(図3-1)この図によればかなりのバラツキが認められるが、一応の傾向として、地下水位が浅いときは移動量が大きく、深くなれば移動量が小さくなる傾向を示している。

したがって、この代表断面に関する限りでは月間最大移動速度200 cm/月を約10 cm/月程度にするためには、地下水位を地表より15 m以上低下せなければならぬことになる。

すなわち、斜面の移動を緩和させるために必要な水位低下は非常に大規模なものとなる。しかもある地点の移動速度は上部・下部の隣接する部分の移動速

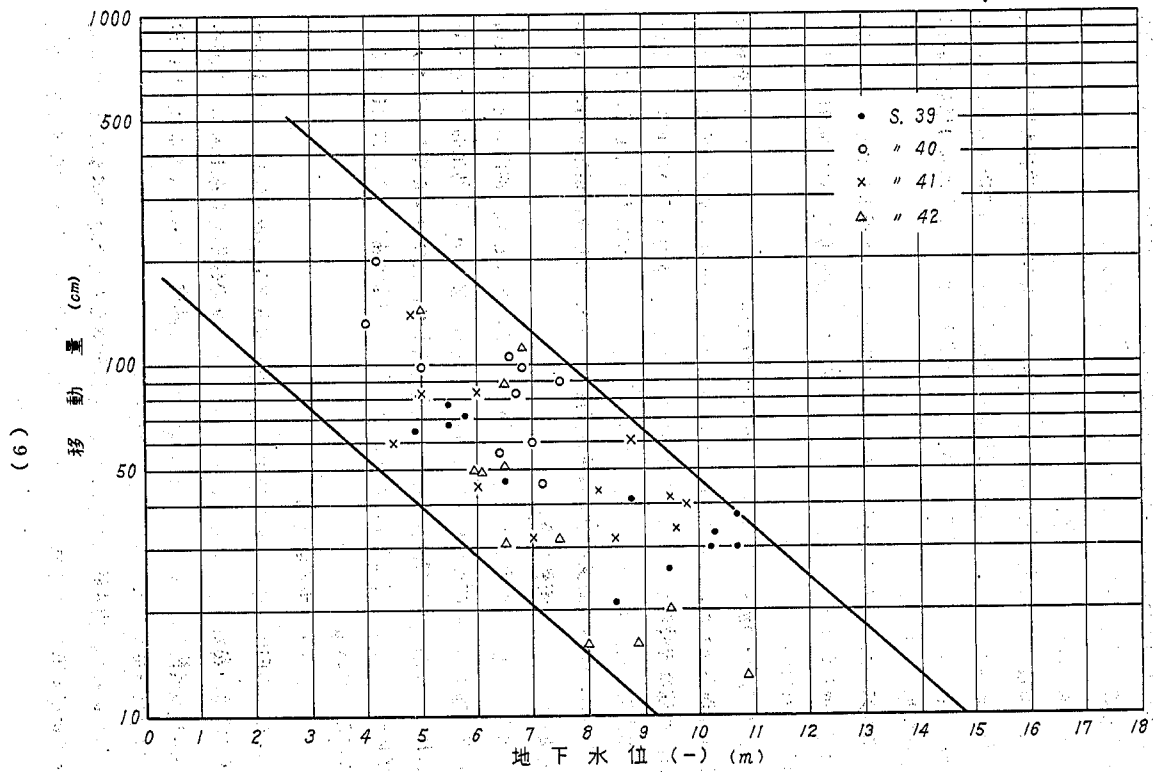


圖 - 1 地下水位一移動量關係圖 (1ヵ月移動量一平均水位)

度によって影響を受けることは当然であって、地下水位を低下させる場合にはかなり広範囲な地域の地下水を一挙に低下させることが必要となる。

3-2 排水隧道の検討

茶臼山地すべりの対策工法として、従来から深井戸のポンプ揚水による排水が行なわれており、地すべりの移動速度緩和にかなりの効果が認められているが、しかしポンプ揚水には多くの問題点の残されていることが長野県砂防課によって指摘されている。

これによれば、まず第1に、1カ所の深井戸によって揚水しうる地下水量は非常に限られており、また地下水低下の見られる範囲もきわめて部分的にしか認められない。

第2に、砂の流入による埋没、維持管理の問題などである。これを調査結果により検討すれば、1-2の節で触れたごとく、茶臼山地すべり地内の地下水は、明確な流動層や流動面、あるいは流動径路などを有さない地下水で、しかも滞水層や流動面の深度、形態は複雑で地点による差がいちじるしく、このような場合、「点」の排水である深井戸揚水の効果的な位置の選定を調査の上から決定することは困難である。

過去にも計画されたことのある「線」の排水、すなわち、茶臼山地すべり斜面中の地下水を数断面で横断的にカットする排水隧道がより効果的であると思われる。しかも現在では従来の支保工と比較して、防錆メッキをしたライナープレートなどの利用により、耐久性が高く、工事も非常に安全に施工しうるようになってきている。

3-2-1 排水隧道の位置

現在、茶臼山地すべりの対策工法は、地すべり発生地帯と呼ばれる最上部地区の斜面の安定化を計ることによって、地すべりの根源である上部から下部への土砂の供給を防ぐ目的で行なわれており、深井戸による排水もこの主旨に沿って上沼一带に施工されているものである。

したがって、排水隧道も位置的には上沼を中心とした地すべりの上部ブロックの安定を主目的に計画されるべきで、自然排水などの条件を考慮した上で決

定しなければならぬ。

3-2-2 隧道の深度

一般に地下水は、透水性の異なる二層の境界面に沿って、流水やすいことから、崩積土層と岩層との境界直下の岩層中に掘削するのが好ましい。

4. あとがき

今回の報告書は地下水検層試験結果を主として、揚水試験結果、水位～移動量の関係をもとに、地すべり対策の一部にも触れたが、地下水の流動形態および分布などは地下水追跡試験などによって、さらに確実な資料を得ることが望ましい。

なお、この調査整理にあたって、長野県砂防課望月技師および渡地すべり研究室長の御教示を頂き、心から謝意を表わすものである。

~~~~~

### [ 参 考 文 献 ]

地すべり No. 15 ; 茶臼山地すべり地上部の地下水について

松村正義、望月功一

茶臼山地すべりにおける地下水検層報告書 ( I )

土木技術資料 Vol. 10, No. 2 ; 地下水検層法, 渡 正亮, 中村浩之,

中島 彬

" Vol. 10, No. 2 ; ラジオアイソトープの希釈による地下水  
流速の垂直分布の測定, 蔦田 実, 荒木美民, 阿部辰教

( 試験担当者 )

総 括 ..... 研究員 酒 井 淳 行

現 場 試 験 ..... " " " " " "

近 藤 政 司

白 石 一 夫

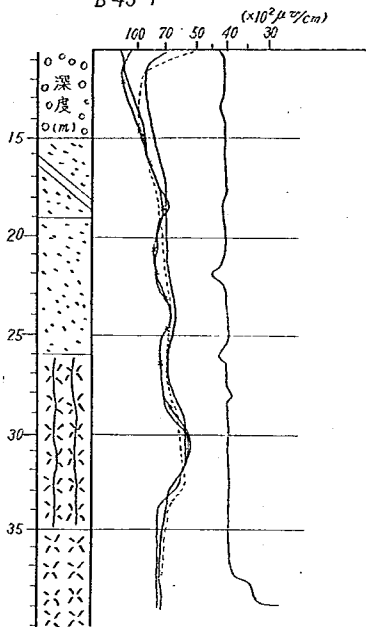
( 備 考 事 項 )

試験中に発生した事象は、試験官に報告し、試験官の指示に従うこととする。

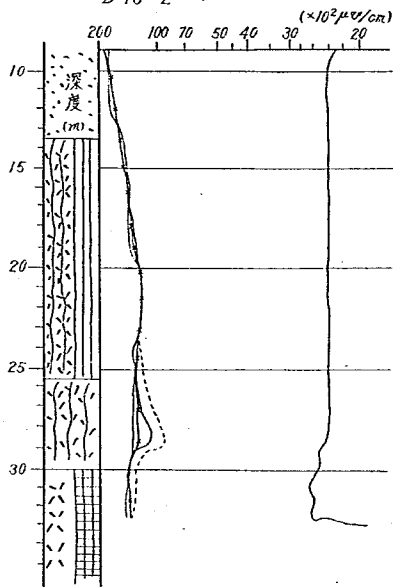
試験中に発生した事象は、試験官に報告し、試験官の指示に従うこととする。

試験中に発生した事象は、試験官に報告し、試験官の指示に従うこととする。

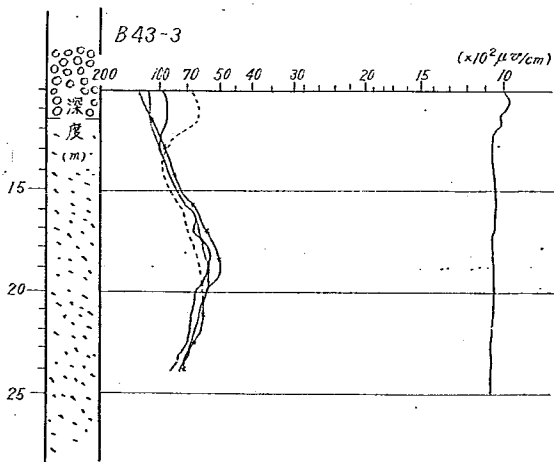
B 43-1

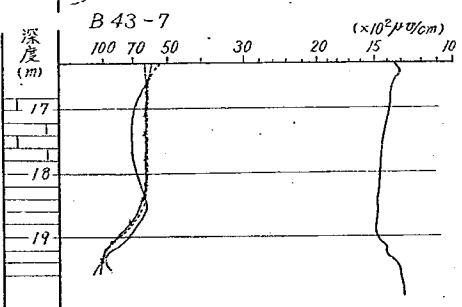
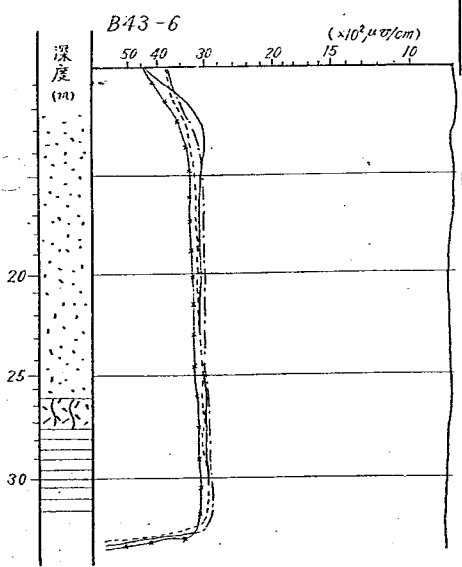
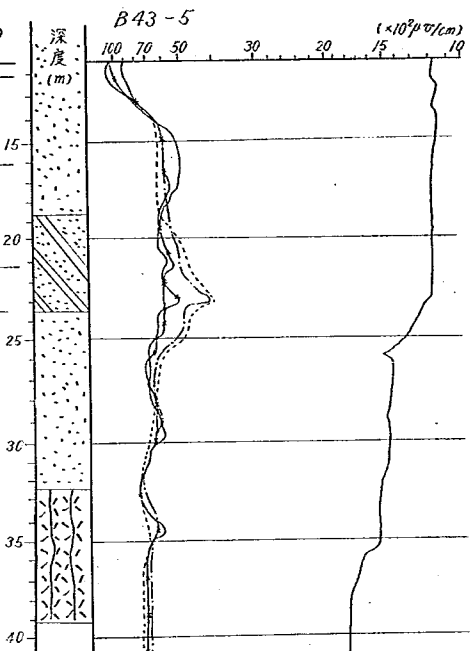
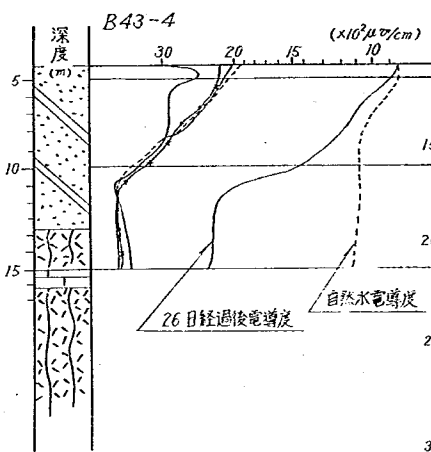


B 43-2

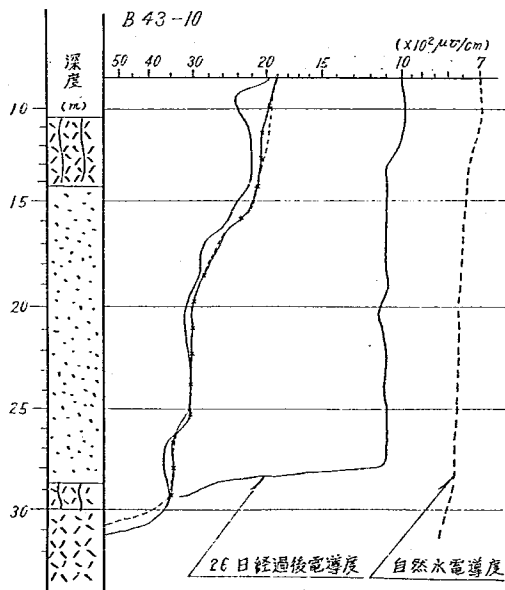
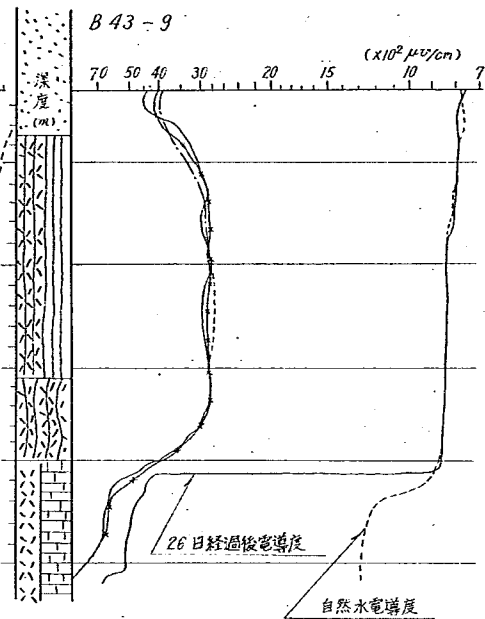
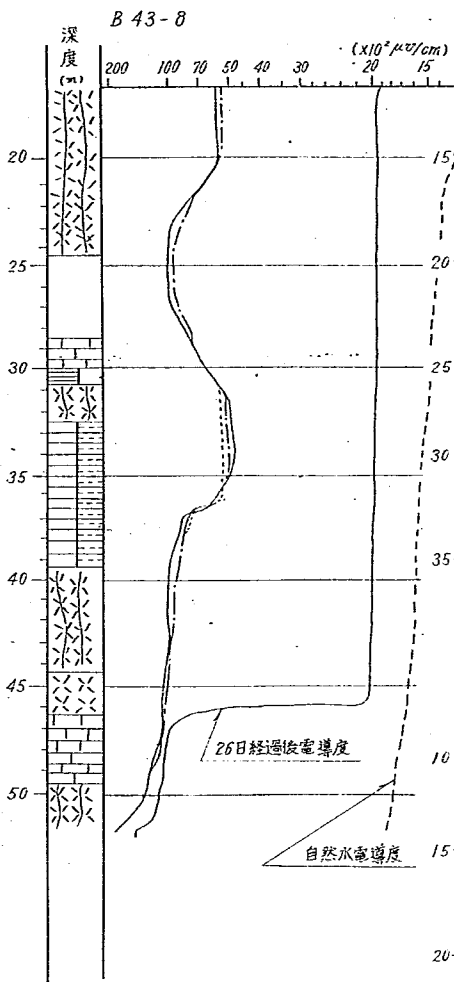


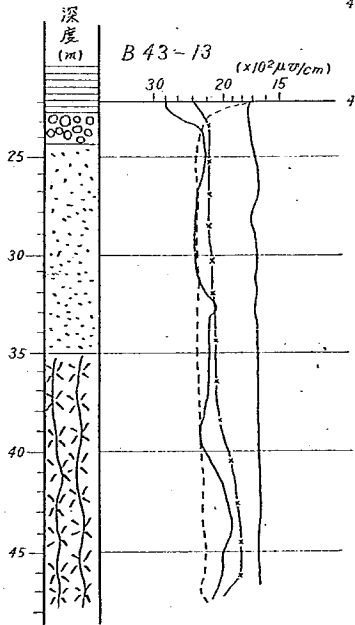
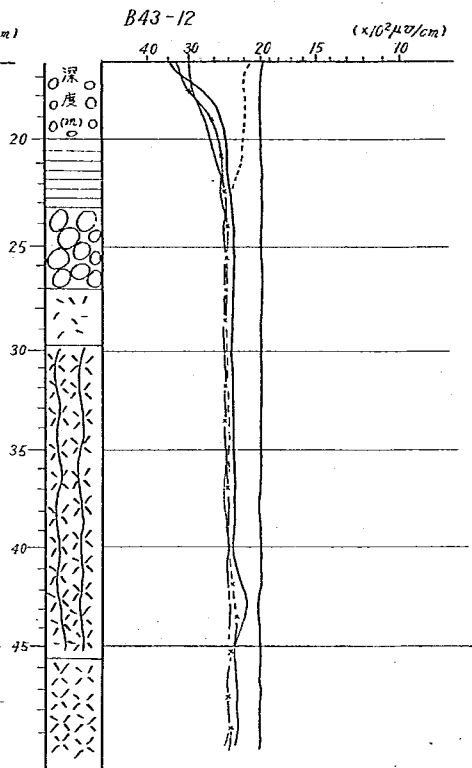
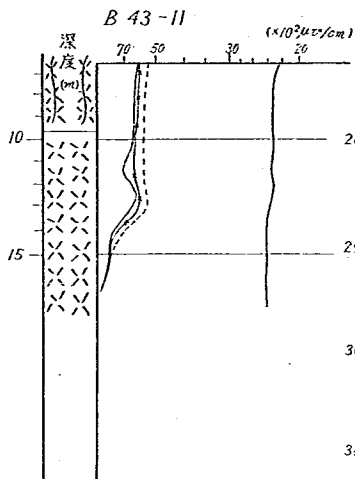
B 43-3

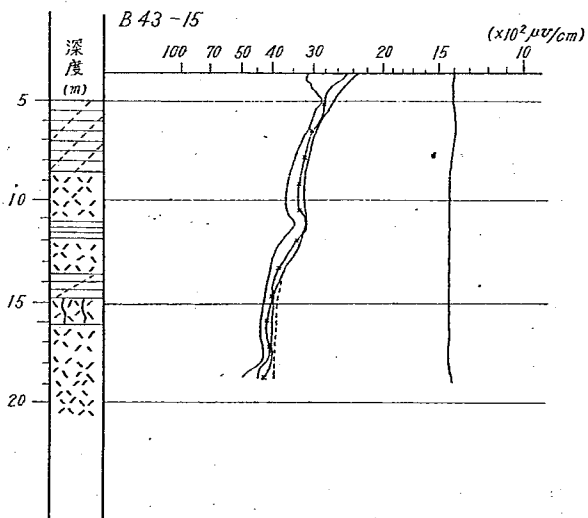
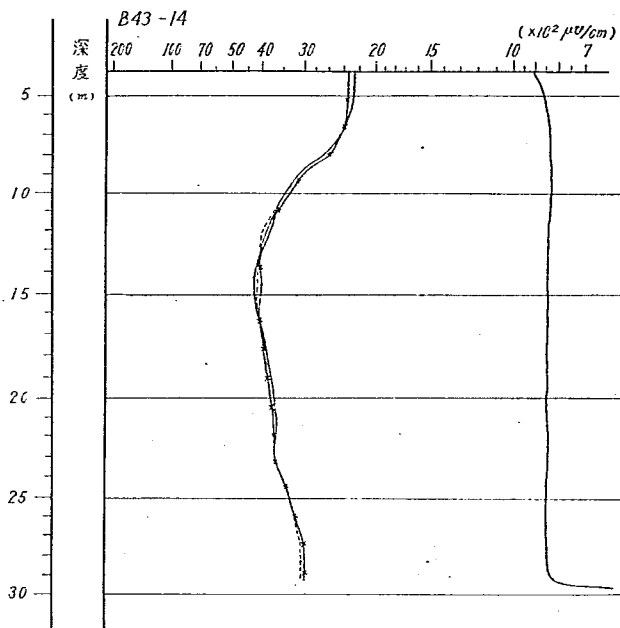




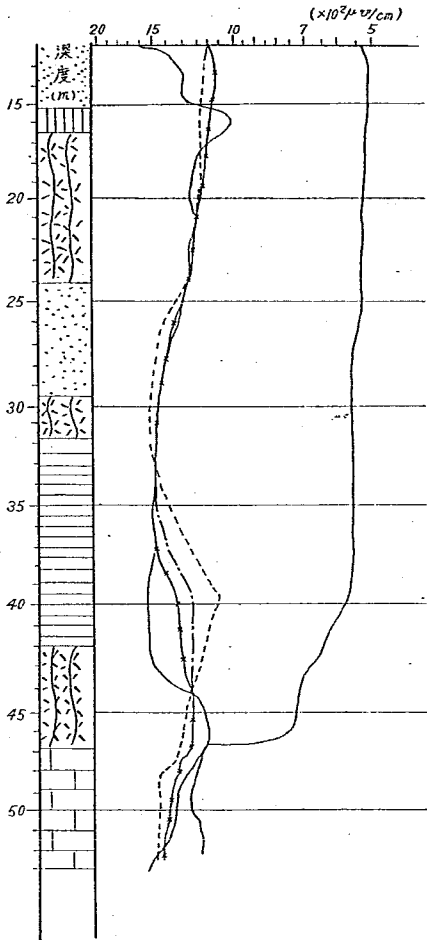




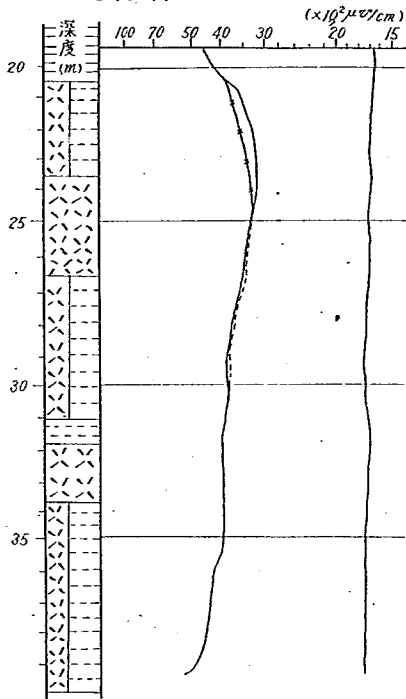




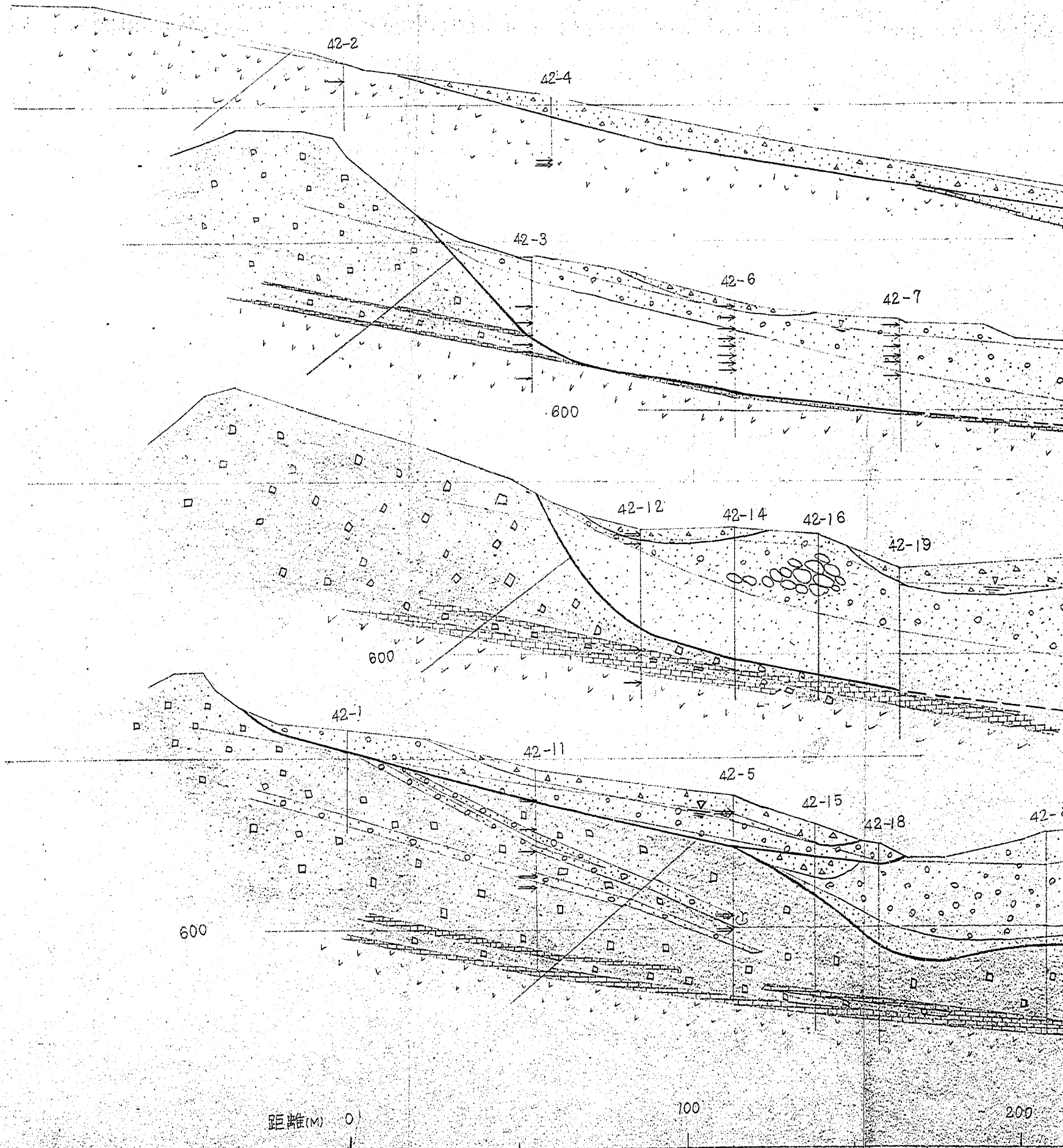
B43-16



B43-17

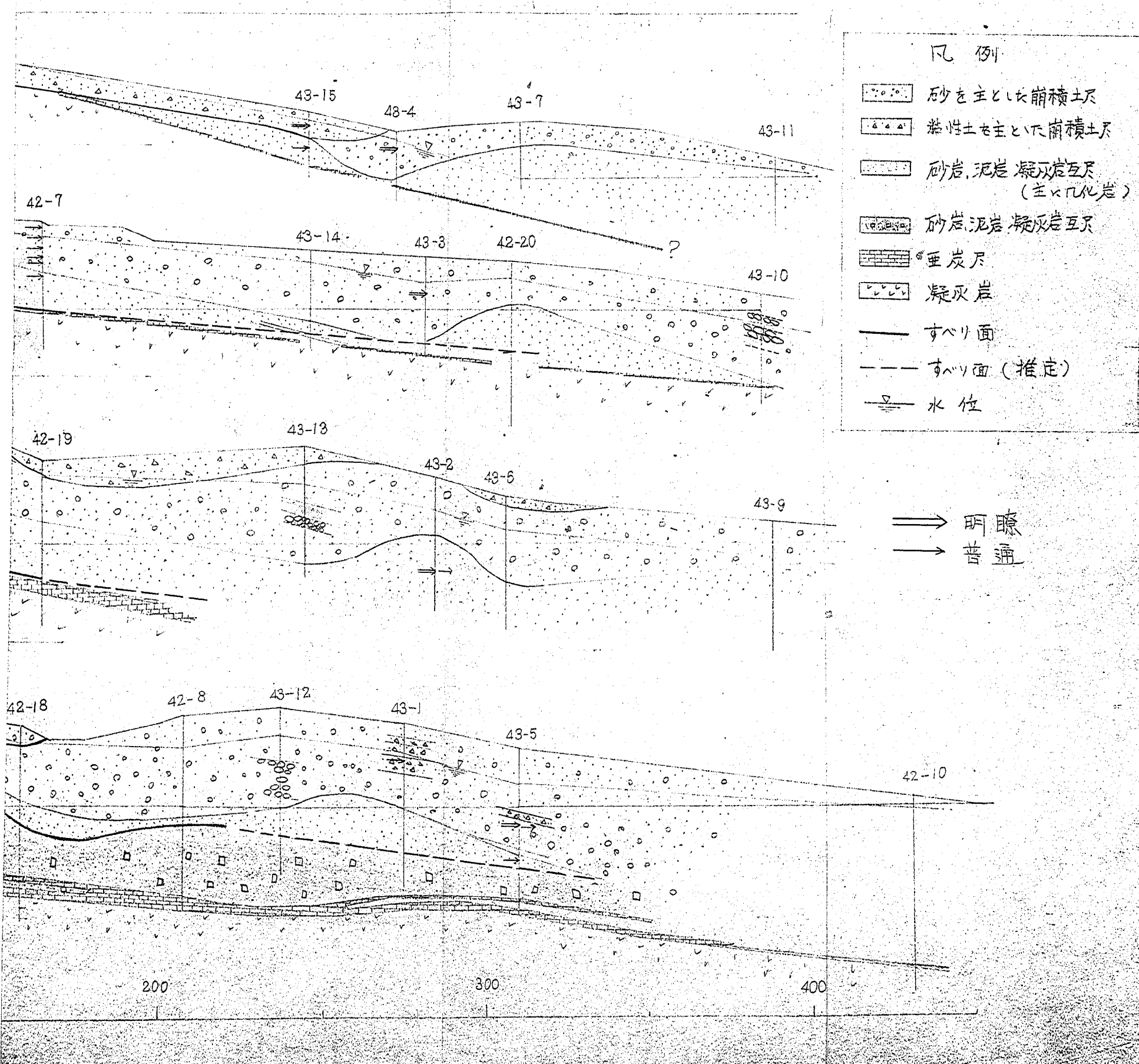


地下水検査結果  
推定地質断面  
Sc



# 検層結果 断面对比図

Scale 1:1000



## 凡例

- 砂を主とした崩積土
- 粘性土を主とした崩積土
- 砂岩、泥岩、凝灰岩互層 (主×凡化岩)
- 砂岩、泥岩、凝灰岩互層
- 垂炭層
- 凝灰岩
- すべり面
- すべり面 (推定)
- 水位

⇒ 明瞭  
⇒ 普通