

馬場地すべり

(新井市遅屋敷地区)



(昭和56年 5月撮影)

昭和58年 3月

新潟県土木部砂防課

は じ め に

昭和56年1月25日未明新潟県新井市馬場地内に発生した地すべりは、一級河川関川水系馬場川ぞいに位置しており、この周辺は毎年地すべり災害に悩まされている地すべり多発地帯であります。特にこのたびの地すべりは住家の全壊8棟という大被害を与えました。

近年にない豪雪の中で発生した地すべりにより、被害を受けられた方々の御苦労は大変なことであったと思われませんが、そのなか復興に努力された皆様に深く敬意を表するものであります。

新潟県においては発生後直ちに埋そくした河川の復旧に着手し、地すべり対策事業により防止工事を施工してまいりました。これからも1日でも早く防止工事を概成させるべく努力してまいる所存であります。

ここに、地すべり発生以来行なってきた調査及び防止工事についての概要を集録して広く皆様方の御意見を伺って、今後の糧としたいと思う次第であります。

最後に国を始め御理解と御援助をいただいた関係各位に深く感謝申し上げる次第であります。

新潟県土木部砂防課長

目 次

1 地すべり地の概要.....	1
(1) 地形的背景.....	1
(2) 地質的環境.....	1
2 地すべりの状況.....	2
3 地すべり斜面の地下地質と地下水状況.....	5
(1) 地下地質.....	5
(2) 地下水状況.....	9
(3) すべり面.....	13
4 地すべり発生機構.....	16
(1) 素 因.....	16
(2) 誘 因.....	16
5 地すべり防止対策工.....	18

馬場地すべり

1 地すべり地の概要

(1) 地形的背景

馬場地すべり地は国鉄信越本線「新井駅」から南東方向へ約7km離れた新井市大字上馬場地内に位置する。

地すべり地一帯は標高200～500mの丘陵性山地であり、泥岩地帯特有の丸味を帯びたなだらかな山容を呈している。地すべり地の東方には、黒倉山(1,288.8m)、仏ヶ峰(1,140.0m)を主峰とする山稜が北東一南西方向に連なり、長野県との分水嶺をなしている。この急峻な山地と頸城平野との間にある丘陵性山地は、地質構造を反映し、北東から南南西方向にやや湾曲しつつ新井市大字長沢付近まで延びている。

馬場川をはじめとするこの付近の河川は丘陵地帯を直交する方向に開析している。調査対象の地すべりブロックは、馬場川左岸の緩斜面で、通称遅屋敷地区と呼ばれている。

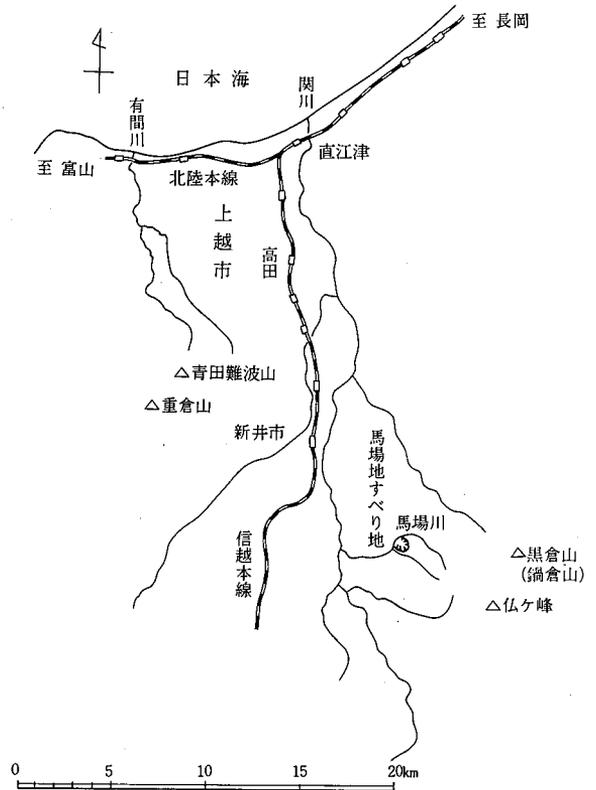


図-1 位置図

(2) 地質環境

馬場川流域の基盤は新第三紀中新世以降に堆積した椎谷層から魚沼層までの地層で構成され、それらの地層は北北東一南南西方向に帯状に分布している(図-2)。地質構造は、北北東一南南西方向に軸をもつ褶曲構造の発達と断層の存在により複雑である。

調査ブロックは背斜軸と向斜軸の間に位置し、椎谷層の泥岩を基盤としている。基盤はおおむね南北方向の走向で西側に傾斜し、地すべりに対してほぼ流れ盤になっている。

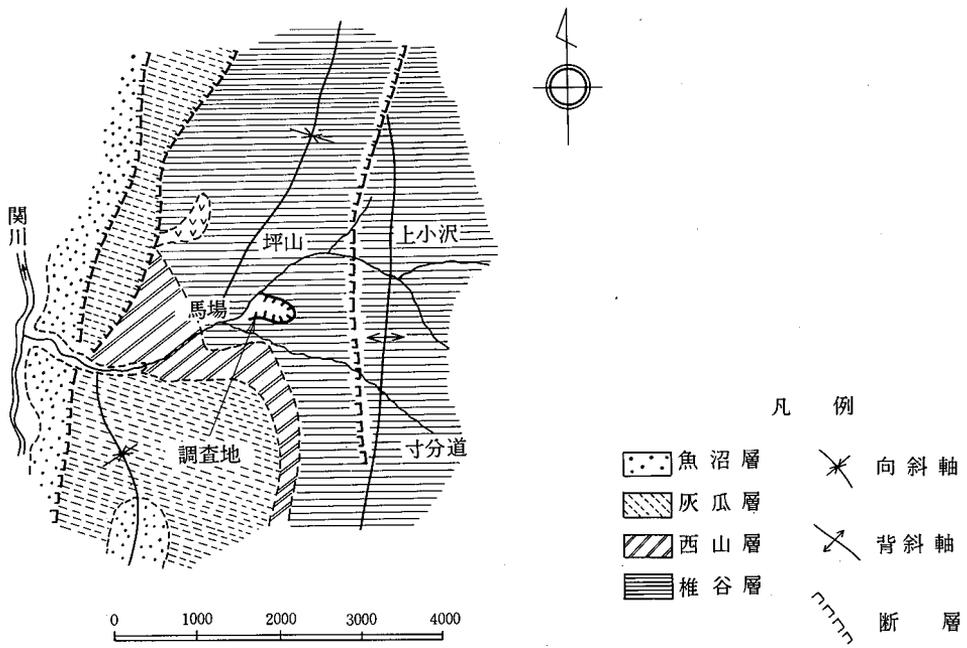


図-2 地質図

2 地すべりの状況

遅屋敷部落をまき込んだ地すべりの発生状況は以下のようであった。

昭和56年1月23日に、移動性高気圧の通過により冬型が弱まり、気温が急上昇し、24日午後からは雨が降り始めた。その後、25日の午前1時頃から、地すべり斜面は4m以上の積雪の下でゆっくりと移動し始め、25日夕方から速度を早め、同日午後9時頃から10時頃までの間に長さ400m、幅150m、平均深さ10m、土壌量60万 m^3 の規模で移動した。このため、住宅8戸をはじめ、市道および農地、農業施設に多大の被害が出た。被害の概況は次のとおりである。

- 被害状況
- 住家：全壊8棟
 - 非住家：全壊10棟
 - 道路：市道 250 m 流失
 - 河川：一級河川馬場川 300 m 埋そく
 - 農地：4 ha 流失
 - 農業用施設：農道 2ヶ所 500 m
 - 水路 2ヶ所 500 m
 - 頭首工 1基 流失

滑落した地すべりブロック（Aブロックと呼ぶ）は、引張り部に相当する上部ブロックと圧縮部に相当する下部ブロックとに細分される。

上部ブロックは落差5 m内外の急崖で画され、地表部の攪乱が著しく、凹凸に富んでいる。頭部には滑落崖が2段にできており、下段がいわゆる一次滑落崖で、上段が2日後に形成された二次滑落崖である。地すべり発生当初、一次滑落崖は垂直に近い角度で約15 mの落差を有していた。その後、地すべりが背後斜面へ拡大したため4 m程度の落差となり、傾斜も緩くなった。上部ブロックの平均勾配は15°前後であり、下部では南側に偏して隆起した緩い高まりが認められる。この高まりからさらに下方には、ブロックの延長方向と斜交して南東—北西方向に段差をもつ傾動地形がみられる。ブロック北側の小沢は夏場でも流水がみられ、その源は主に二次滑落崖からの湧水である。この小沢は上部ブロック下方では1 m以上も洗堀されている。

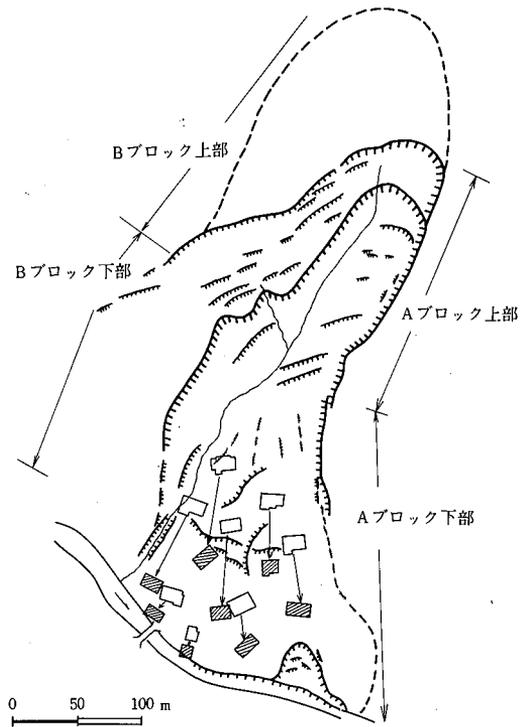


図-3 家屋の移動状況

下部ブロックは緩斜面から平坦面に移行する地形変移点から始まり、地すべり範囲は半扇状に広がっている。下部ブロックは隆起地形を中心として、上部の傾動地形と末端での侵食崩壊地形で特徴づけられる。つまり、下部ブロックの上部では移動した棚田がそれぞれ山側に傾動し、隆起部に近い下方の棚田は圧縮され、波状の凹凸をみせている。また、この棚田には傾動地形を断ち切る縦亀裂が断続的に放射状に入っている。これに対し、隆起部から続く下部斜面は、地表が著しく変形を受け、原地形をうかがうことは難かしい。末端は5～6 mの急崖をなして馬場川と接している。

地すべりの移動は、発生後2週間までが著しく、その後は小康状態を保つに至った。地すべりの水平移動量は、斜面全体の中央から下部にかけてもっとも大きく、水田等の移動状況から約50 mと推定される。また、垂直方向の変位量は上部ブロックで約5 mである。

Bブロックでは、Aブロックの北側側面と平行する形で、亀裂が北北西方向に多数生じている。最上部の亀裂はAブロックの二次滑落崖と連続している。

本地すべり地では昭和56年度より集水井、杭打工などの防止工事が施工されている。

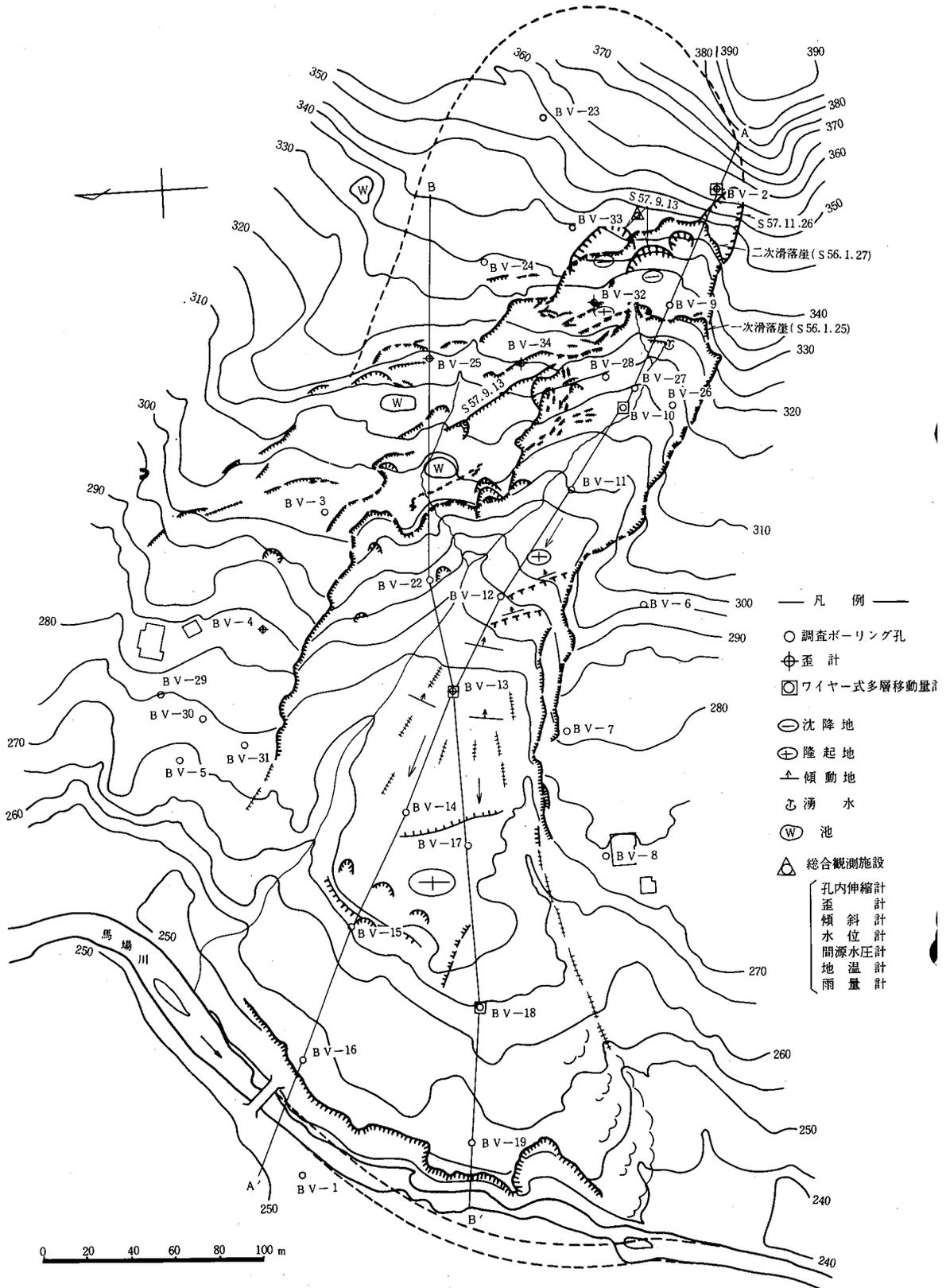


図-4 馬場地すべり地平面図

その後、昭和57年9月12日の台風18号のもたらした豪雨により、Aブロックの滑落崖直下で地すべりが再度発生した。この地すべりは延長約120mの規模で、上部ブロックの下部に施工された4号鋼管杭まで達した。地表部の移動量は上部で約20m、中部で約7mであった。旧滑落崖の前面に新たな滑落崖が生じ、その直下は沈降部となって湛水した。中部から下部にかけては土塊の押し出しによる波状地形が観察される。4号鋼管杭の直上部で施工中していた9号集水井は地すべり方向(西北西方向)に1.5mずれ、同方向に4°傾き、さらにこれと斜交する方向の南側へも2°程傾いている。これはブロック最上部の不安定土塊の再活動に誘発された北側斜面(Bブロック)方向からの押し出しの影響も受けているとみられる。さらにその後、11月26日に冠頭部が幅約15mにわたり再び崩壊し、背後斜面へ拡大した。この滑落崖には9月12日の地すべりで生じた滑落面と同じくN10°Wの走向、約50°Wの傾斜を示す滑らかな面が現われた。この滑落面は暗灰色の泥岩(やや軟質)から形成されており、泥岩の節理面にあたるものとみられる。

3 地すべり斜面の地下地質と地下水状況

(1) 地下地質

地すべり斜面の地下地質は、上位より崩積土、風化岩、基岩の3層に区分できる。

地下地質を構成する各層の性状は概略以下の通りである。

① 崩積土

本層は粘性土および(強)風化泥岩塊から構成される。

粘性土は泥岩起源の粘土もしくは礫混り粘土から構成され、全般に含水量多く軟質である。色調は茶褐～緑灰～暗灰色と変化に富む。径10～30mm大の泥岩の垂角礫のほか、泥岩の強風化物が岩塊として含まれることがある。

層厚は1～12mで、ブロック上部でやや厚くなっている。

② 風化岩

本層は泥岩の風化帯であり、風化の程度によって、強風化岩、風化岩、弱風化岩に区分した。

イ) 強風化岩

風化して角礫化とともに粘土化も進んでおり、ボーリング掘削に際しては無水掘りで容易に掘進できる。

コアは円筒状に採取され、容易にたわむ程度の弾力性を有する。また、コア内部は岩片混り粘土状を呈するなどして岩組織が不明瞭である場合が多い。色調は基岩と同じく暗灰色を呈する。

ロ) 風化岩

強風化岩と同様に無水掘りが可能である。岩組織が明瞭に認められる。また、強風化岩に比較して硬質であり、軟質な部分をも挟在するために硬軟の変化がみられる。軟質な部分は粘

土化したり岩片状に砕けている。一方、硬質な部分は風化が弱く送水掘りで棒状にコア採取される。

ハ) 弱風化岩

未風化泥岩が主体をなし、コアは送水掘りで10~40cmの棒状コアで採取される場合が多い。しかし、コアやせしたり、無水掘りの可能な風化部分を挟在したりしている。特別に粘土化した部分はみられない。

以上の風化岩層の厚さは5~20mの範囲にあり、ブロックの下部、特に南側で厚くなる傾向がみられる。

③ 基 岩

本層は未風化の泥岩から構成されている。泥岩は塊状無層理の硬質な岩であり、送水掘削により10~100cmの棒状コアとして採取される。しかし、上部ブロックの下部に位置するBV-11孔やBV-12孔では亀裂が発達しており、岩片状~短棒状のコアとして採取されることが多い。

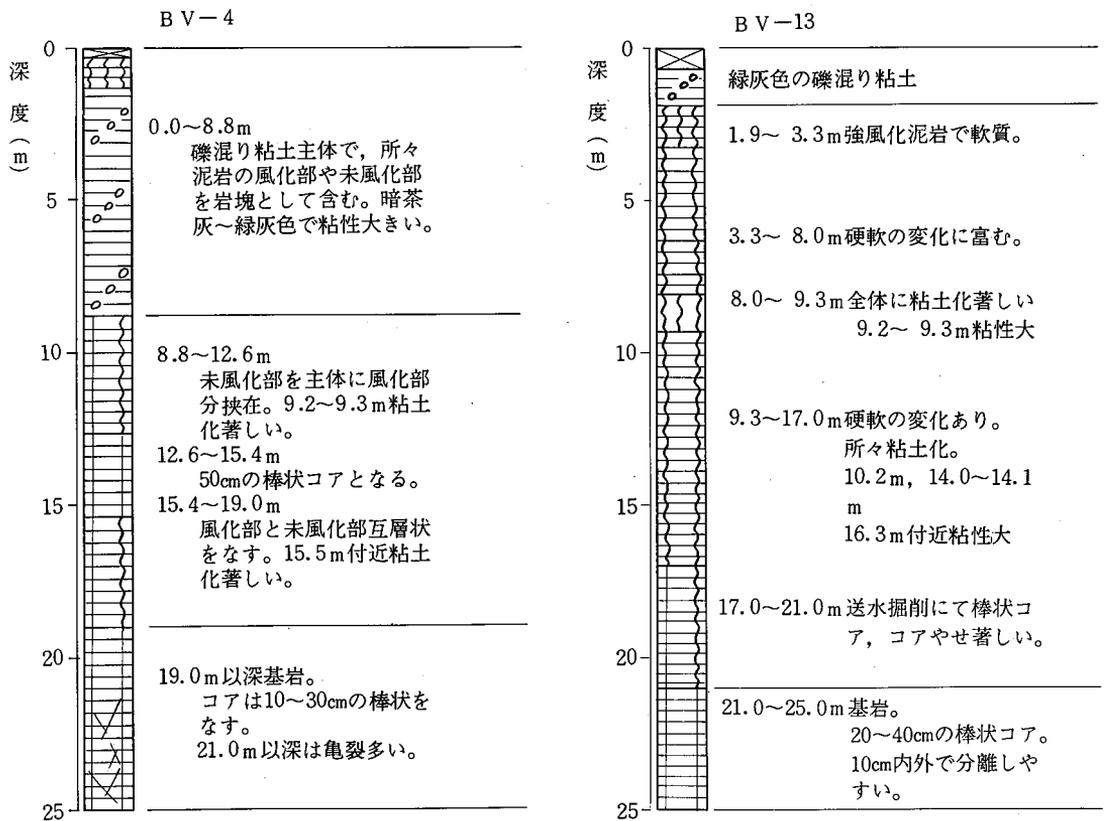
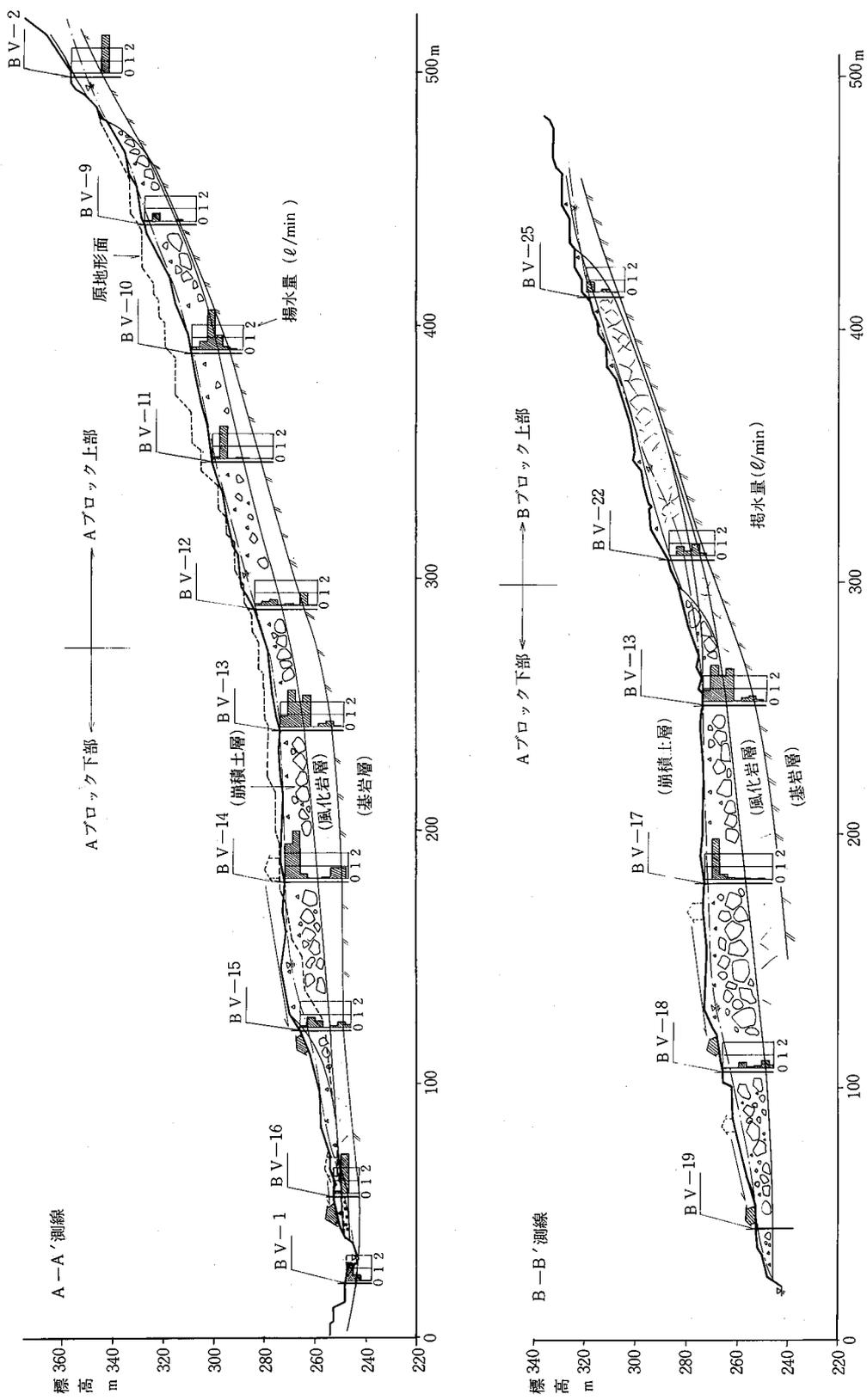


図-5 代表柱状図



図一6 地質縦断面図

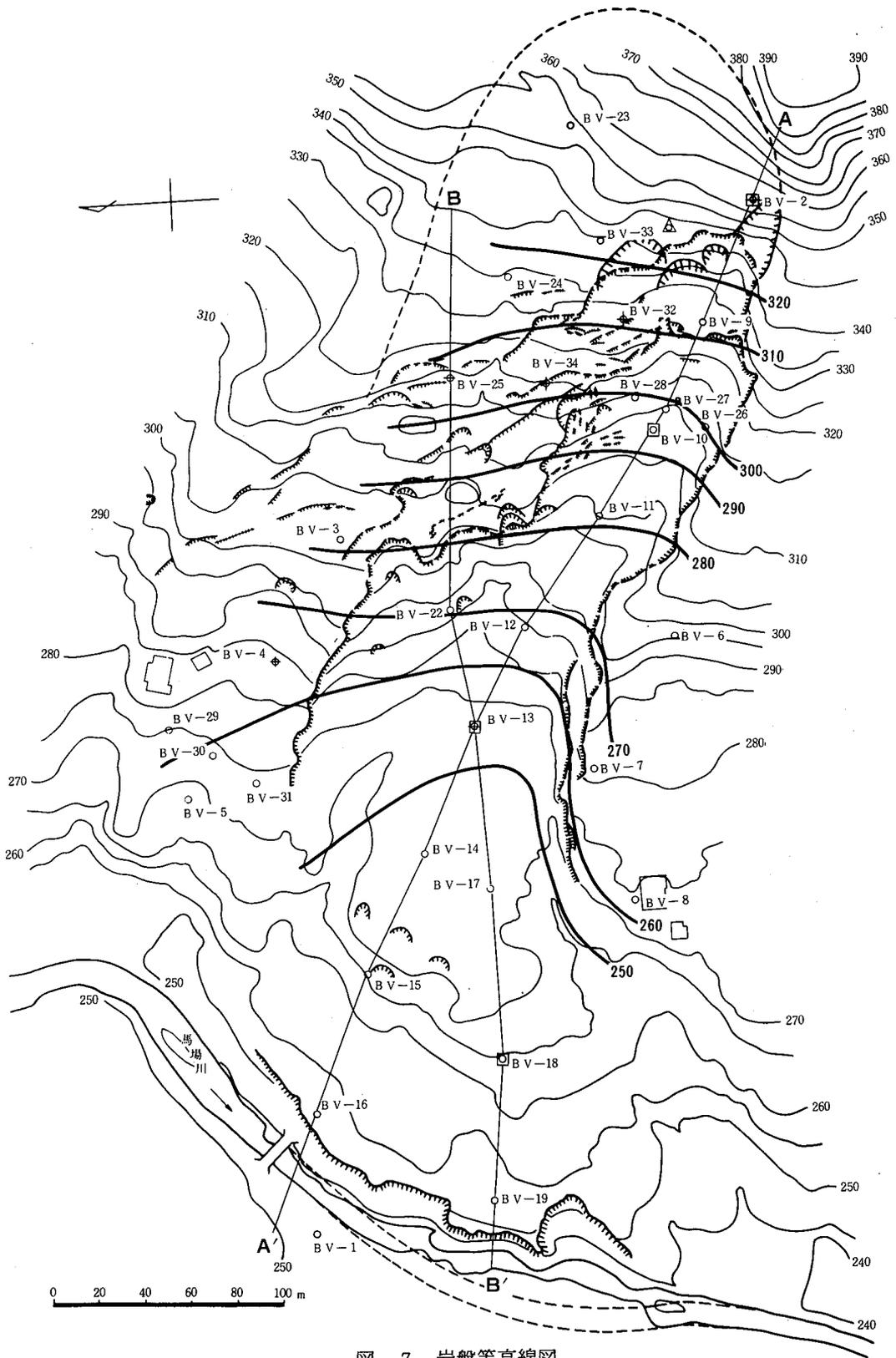


図-7 岩盤等高線図

着岩深度は10～30 mの範囲で変化し、地質縦断面(図-6)に示すように、基岩面の断面形状は斜面の傾斜に類似する。つまり、上部ブロックでは15～20°と急傾斜であり、下部ブロックでは5°前後と緩傾斜をなす。また、基岩面の形態は岩盤等高線図(図-7)に示すようにほぼ東から西方向に傾斜している。

(2) 地下水状況

揚水試験や地下水位観測の結果から判明した地下水状況を以下に列記する。

- ① 上部ブロックでは一次滑落崖より下の斜面で地下水が多く、深さ15 m付近までの揚水量は3～8 ℓ/min/3 mとなっている。地下水は粘性土からなる崩積土層に多く、しかも、“水みち、”の存在をうかがわせるように特定の区間に集中している。これらの区間で算定される透水係数は、揚水量2 ℓ/min/3 m以上の区間で $2 \sim 4 \times 10^{-4}$ cm/sec、特に6 ℓ/min/3 m以上の区間では $10^{-2} \sim 10^{-3}$ cm/secの高い透水性を示す。また、斜面の下部に下がるにしたがい地下水の賦存量は少なくなる。
- ② 下部ブロックでは上部で地下水が多く、下部つまりブロック末端部では極めて少なくなる。上部の地下水は粘性土および風化岩塊からなる崩積土層に賦存し、揚水量は2～8 ℓ/min/3 mであり、しかも幅広い範囲にわたっている。一方、下部での揚水量はBV-16孔を除き最大で0.5～0.8 ℓ/min/3 mと少ない。BV-16孔の旧河床礫部分では3 ℓ/min/3 m以上の揚水量が得られている。
- ③ ブロック外の北側斜面では上部斜面で地下水が少なく、下部斜面で多い。下部斜面の地下水は風化岩中に集中し、揚水量は2～5 ℓ/min/3 mである。
- ④ ボーリング孔内の水位から作成した地下水位(図-8)によると、水位等高線はおおむね地形等高線に類似した形態を示す。これは地下水が斜面上方からAブロック中央部に向かって流動することを示している。また、下部ブロック末端の水位等高線は、上部ブロックの等高線が山側に凸であるのに対し、谷側に凹となっている。これは揚水量の少ないことと合せ、下部ブロックの末端での地層の透水性が低いことを示唆している。

表-1 揚水試験結果表

孔番号	試験区間 (m～m)	揚水位 (m)	揚水量 (ℓ/min)	透水係数 (cm/sec)	孔番号	試験区間 (m～m)	揚水位 (m)	揚水量 (ℓ/min)	透水係数 (cm/sec)
BV-1	0～3	1.85	1.33	4.8×10^{-4}	BV-2	9～12	8.00	0.003	5.5×10^{-4}
	3～6	2.40	0.41	9.5×10^{-5}		12～15	11.00	3.80	4.6×10^{-4}
	6～9	5.00	0.018	2.3×10^{-5}		15～18	14.00	0.011	1.4×10^{-5}
		地下水位無し	—	18～20		17.00	0.005	1.1×10^{-5}	
BV-2	3～6	2.90	0.011	水位回復せず	BV-3	0～3	2.00	0	—
	6～9	5.00	0.004	〃		3～6	3.30	0.14	6.9×10^{-5}

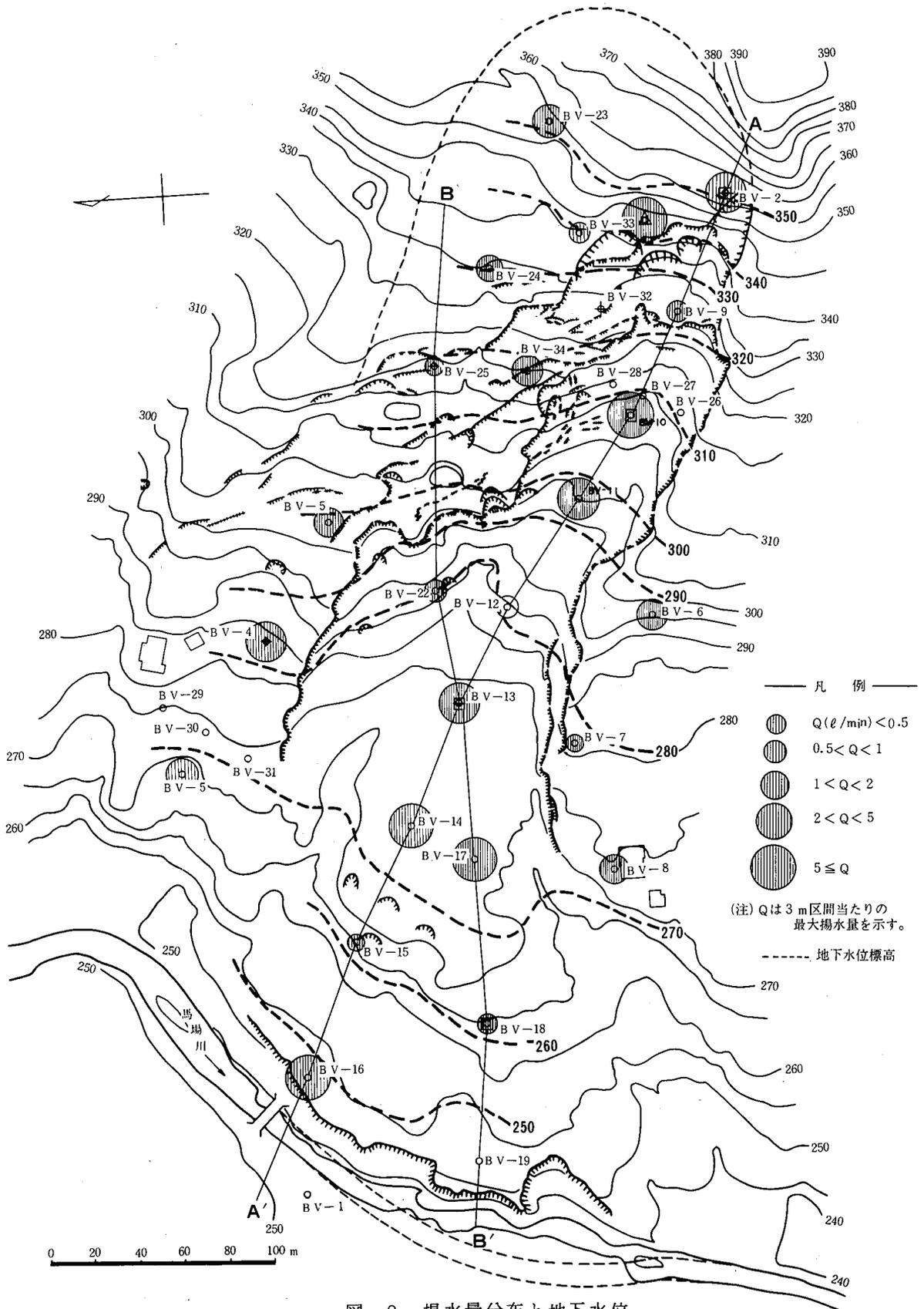


図-8 揚水量分布と地下水位

孔番号	試験区間 (m~m)	揚水位 (m)	揚水量 (ℓ/min)	透水係数 (cm/sec)	孔番号	試験区間 (m~m)	揚水位 (m)	揚水量 (ℓ/min)	透水係数 (cm/sec)
BV-3	6~9	5.00	0.40	8.2×10^{-5}	BV-8	3~6	2.80	1.42	1.5×10^{-4}
	9~12	8.00	0.14	2.4×10^{-5}		6~9	5.00	0.70	4.5×10^{-5}
	12~15	11.00	1.47	2.6×10^{-4}		9~12	8.00	0.001	1.4×10^{-6}
	15~18	14.00	0.93	3.7×10^{-5}		12~15	11.00	0.002	3.1×10^{-6}
	18~21	17.00	0.39	1.4×10^{-4}		15~18	14.00	0.001	2.4×10^{-6}
	21~25	20.00	0.036	水位回復せず		18~20	17.00	0.001	4.6×10^{-6}
BV-4	0~3	2.00	0.025	4.1×10^{-6}	BV-9	0~3	0.85	0.075	9.1×10^{-5}
	3~6	2.60	0.030	3.3×10^{-6}		3~6	2.00	0.665	2.7×10^{-4}
	6~9	6.04	0.041	2.4×10^{-5}		6~9	5.00	0.005	9.2×10^{-6}
	9~12	6.20	2.50	5.1×10^{-4}		9~12	8.00	0.002	6.7×10^{-6}
	12~15	11.56	2.00	1.9×10^{-4}		12~15	11.00	0.134	5.0×10^{-5}
	15~18	14.40	0.40	1.0×10^{-5}		15~18	14.00	0.009	3.1×10^{-5}
	18~21	16.46	0.37	1.6×10^{-5}		18~20	17.00	0.003	1.5×10^{-5}
BV-5	21~24	19.70	0.30	8.8×10^{-6}	BV-10	0~3	0.35	0.205	7.7×10^{-4}
	0~3	1.00	0.404	9.9×10^{-5}		3~6	2.00	0.67	8.5×10^{-5}
	3~6	2.00	0.063	1.5×10^{-5}		6~9	4.00	6.57	3.0×10^{-4}
	6~9	5.00	4.52	2.4×10^{-4}		9~12	8.00	1.20	6.7×10^{-5}
	9~12	8.00	0.0023	6.7×10^{-6}		12~15	11.00	0.279	6.9×10^{-5}
BV-6	12~15	11.00	0.002	6.7×10^{-6}	BV-11	15~18	14.00	0.012	2.0×10^{-5}
	0~3	2.00	0.001	1.2×10^{-6}		18~20	17.00	0.005	1.5×10^{-5}
	3~6	2.00	0.002	水位回復せず		0~3	0.80	0.113	5.6×10^{-5}
	6~9	5.00	1.34	4.1×10^{-5}		3~6	2.00	2.750	3.2×10^{-4}
	9~12	8.00	0.002	2.0×10^{-6}		6~9	5.00	0.003	1.2×10^{-5}
	12~15	11.00	0.001	4.1×10^{-6}		9~12	8.00	0.050	2.5×10^{-5}
	15~18	14.00	0.001	水位回復せず		12~15	11.00	0.057	1.9×10^{-4}
	18~21	17.00	0.002	2.8×10^{-6}		15~18	14.00	0.092	5.5×10^{-5}
21~24	20.00	0.003	5.5×10^{-6}	18~21	17.00	0.009	2.3×10^{-5}		
BV-7	24~27	23.00	0.002	9.2×10^{-6}	BV-12	21~24	20.00	0.004	1.4×10^{-5}
	0~3	1.60	0.051	1.6×10^{-5}		0~3	1.40	0.090	8.5×10^{-5}
	3~6	5.80	0.49	3.1×10^{-4}		3~6	3.36	0.220	3.4×10^{-5}
	6~9	5.00	0.40	9.2×10^{-5}		6~9	5.91	0.354	2.7×10^{-5}
	9~12	8.00	0.023	8.6×10^{-6}		9~12	11.30	0.016	4.1×10^{-5}
	12~15	11.00	0.034	1.3×10^{-6}		12~15	12.28	0.050	3.4×10^{-5}
	15~18	14.00	0.039	9.3×10^{-6}		15~18	16.79	0.033	1.5×10^{-5}
BV-8	18~20	17.00	0.041	8.5×10^{-6}	18~21	17.19	0.940	2.6×10^{-5}	
	0~3	水位無し		—	21~25	24.47	0.028	1.6×10^{-5}	

孔番号	試験区間 (m~m)	揚水位 (m)	揚水量 (ℓ/min)	透水係数 (cm/sec)	孔番号	試験区間 (m~m)	揚水位 (m)	揚水量 (ℓ/min)	透水係数 (cm/sec)
BV-13	0~3	1.50	0.81	4.3×10^{-4}	BV-18	0~3		水位低く試験不能	
	3~6	2.00	2.51	2.1×10^{-4}		3~6		"	
	6~9	5.00	2.09	1.6×10^{-4}		6~9	4.66	0.378	4.2×10^{-5}
	9~12	8.00	2.49	1.8×10^{-4}		9~12	8.13	0.036	1.7×10^{-5}
	12~15	11.00	0			12~15	10.79	0.059	2.2×10^{-5}
	15~18	14.00	0.15	1.5×10^{-5}		15~18	13.54	0.540	2.4×10^{-5}
	18~21	17.00	0.33	1.9×10^{-5}		18~20	16.92	0.189	9.5×10^{-5}
	21~25	20.00	0.03	水位回復せず					
BV-14	0~3	0.65	3.00	9.2×10^{-4}	BV-22	0~3	2.18	0	—
	3~6	2.00	7.70	1.1×10^{-3}		3~6	3.15	0.714	6.9×10^{-4}
	6~9	5.00	0.365	3.0×10^{-5}		6~9	8.30	0.390	2.9×10^{-4}
	9~12	8.00	0.028	2.5×10^{-5}		9~12	8.80	0.820	4.0×10^{-5}
	12~15	11.00	0.042	1.7×10^{-5}		12~15	13.93	0.220	1.6×10^{-5}
	15~18	14.00	0.040	1.5×10^{-5}		15~18	17.50	0.026	2.4×10^{-5}
	18~21	17.00	0.807	1.5×10^{-5}					
	21~25	20.00	0.804	1.8×10^{-5}					
BV-15	0~3	1.10	0.060	5.2×10^{-5}	BV-23	0~3	2.44	0	—
	3~6	2.00	0.716	2.1×10^{-4}		3~6	2.53	0.094	—
	6~9	5.00	0.499	4.1×10^{-5}		6~9	5.55	0.386	3.2×10^{-5}
	9~12	8.00	0.009	1.5×10^{-5}		9~12	8.57	1.718	7.5×10^{-5}
	12~15	11.00	0.060	1.7×10^{-5}		12~15	12.73	0.240	2.2×10^{-4}
	15~18	14.00	0.337	3.4×10^{-5}		15~18	14.79	0.024	8.1×10^{-5}
	18~21	17.00	0.195	3.0×10^{-5}		18~21	17.86	0.026	3.7×10^{-5}
	21~25	20.00	0.060	1.7×10^{-5}		21~25	21.80	0.01	5.1×10^{-6}
BV-16	0~3	0.43	0.189	3.9×10^{-5}	BV-24	0~3	2.10	0	—
	3~6	4.50	15.3	3.9×10^{-3}		3~6	2.30	0.840	4.3×10^{-3}
	6~9	5.00	0.02	1.8×10^{-3}		6~9	5.65	0.037	1.3×10^{-5}
						9~12	8.67	0.103	2.1×10^{-5}
BV-17	0~3	1.60	2.0	8.2×10^{-4}	BV-25	12~15	11.66	0.139	2.2×10^{-5}
	3~6	1.90	6.0	1.2×10^{-2}		15~18	12.85	0	—
	6~9	6.25	0.375	2.8×10^{-5}		18~21	13.20	0	—
	9~12	8.00	0.087	2.5×10^{-5}		0~3	1.43	0.523	4.1×10^{-4}
	12~15	11.00	0.027	1.0×10^{-5}	3~6	5.38	0	—	
	15~18	14.00	0.05	1.5×10^{-5}	6~9	6.55	0.191	4.5×10^{-5}	
	18~21	17.00	0.03	1.0×10^{-5}	9~12	8.70	0.010	2.0×10^{-5}	
	21~24	20.00	0.043	1.6×10^{-5}	12~15	11.70	0.011	2.8×10^{-5}	
24~27	23.00	0.03	1.1×10^{-5}						

(3) 地すべり面

地すべり面は主にコア観察の結果と地形状況から推定した。

Aブロックは地すべり発生後小康状態にあり、地すべり面と判定しうる顕著な歪累積は一部の孔を除きみられなかった。

コア観察では、地すべり面の可能性の高い深度が各孔で1～3か所考えられ、その多くは風化岩の粘土化した部分である(表-2)。これに地すべり地形や移動形態を加味し、地すべり面を決定した。

Aブロックの地すべり面はおおむね地形面に平行し、主動部にあたるブロック上部で約15°、受動部にあたるブロック下部で約5°の勾配をなす一連のものと推定される。末端部では二次的なすべり面も推定される。

地すべり層厚はブロック上部で10m程度、ブロック下部で最大20m以上である。また、ブロック下部では南側のB測線沿いでやゝ深くなっている。

なお、地質断面図には地すべり面以浅の地層を崩積土層として扱った。

表-2 ボーリング結果の概要

孔番号	掘進長(m)	粘性土	風化岩	基岩	地すべり面の可能性
BV-2	20.0	0.0~1.2 (1.2)	1.2~13.0 (11.8)	13.0~20.0 (7.0)	
BV-3	25.0	0.0~1.0 (1.0)	1.0~22.0 (21.0)	22.0~25.0 (3.0)	13.9m:軟質部(風化岩と亜風化岩との境界)
BV-4	25.0	0.0~8.8 (8.8)	8.8~19.0 (10.2)	19.0~25.0 (6.0)	8.8m、9.3m:粘土化著しい(風化岩との境界) 15.5m:粘土化著しい(亜風化岩)
BV-5	15.0	0.0~5.9 (5.9)	5.9~11.7 (5.8)	11.7~15.0 (3.3)	5.9m:粘性が大きい(風化岩との境界) 8.6m:粘土化し含水量多い(強風化岩)
BV-9	20.0	0.0~4.5 (4.5)	4.5~13.5 (9.0)	13.5~20.0 (6.5)	5.9m:粘性が大きい粘土(強風化岩) 12.2m:粘土の薄層介在(風化岩と亜風化岩との境界)
BV-10	20.0	0.0~10.7 (10.7)	10.7~15.0 (4.3)	15.0~20.0 (5.0)	8.6m、10.7m:粘性が大きい粘土(風化岩との境界) 11.5m、13.4m、13.6m:ベントナイト質粘土(強風化岩)
BV-11	25.0	0.0~12.15 (12.15)	12.15~19.0 (6.85)	19.0~25.0 (6.0)	12.15m:粘土(風化岩との境界)

孔番号	掘進長(m)	粘性土	風化岩	基 岩	地すべり面の可能性
B V - 12	25.0	0.0~5.9	5.9 ~19.7	19.7~25.0	8.0 m : 軟弱部(風化岩)
		(5.9)	(13.8)	(5.3)	11.0 m : " (")
B V - 13	25.0	0.0~1.9	1.9 ~21.0	21.0~25.0	9.3 m : 粘土介在(強風化岩)
		(1.9)	(19.1)	(4.0)	14.1 m : 粘土(風化岩)
					16.3 m : 粘土介在(風化岩)
B V - 14	25.0	0.0~5.3	5.3 ~22.4	22.4~25.0	8.8 m : 含水量が特に多い(強風化岩)
		(5.3)	(17.1)	(2.6)	13.0 m : 粘土化し、含水量やや多い(亜風化岩)
B V - 15	20.0	0.0~8.3	8.3 ~16.7	16.7~20.0	11.7 m : 粘土化著しく、粘性やや大(強風化岩)
		(8.3)	(8.4)	(3.3)	
B V - 16	10.0	0.0~5.7	5.7 ~10.0	—	2.7 m : 粘土
		(5.7)	(4.3)	—	
B V - 17	27.0	0.0~7.6	7.6 ~27.0	—	16.0 m : 含水量多く粘性大きい(強風化岩)
		(7.6)	(19.4)	—	21.0 m : 粘土化し、含水量やや多い(強風化岩)
B V - 18	20.0	0.0~2.5	2.5 ~20.0	—	16.7 m : 粘土化(亜風化岩)
		(2.5)	(17.5)	—	19.15 m : ベントナイト質粘土(亜風化岩)
B V - 19	15.0	0.0~2.8	2.8 ~15.0	—	6.7 m : 粘土化し含水量特に多い(強風化岩)
		(2.8)	(12.2)	—	10.3 m : 緑灰色の粘土(風化岩との境界)
B V - 22	20.0	0.0~1.0	1.0 ~13.7	13.7~20.0	9.4 m : 粘土化した部分(風化岩)
		(1.0)	(12.7)	(6.3)	
B V - 23	25.0	0.0~2.1	2.1 ~24.2	24.2~25.0	12.5 m : 破碎され軟質(風化岩)
		(2.1)	(22.1)	(0.8)	4.3、5.4 m : 著しく軟質(強風化岩)
B V - 24	20.0	0.0~5.5	5.5 ~16.2	16.2~20.0	7.7 m : 粘土化著しい(強風化岩)
		(5.5)	(10.7)	(3.8)	13.7 m : やや軟質化(風化岩)
B V - 25	15.0	0.0~3.15	3.15~13.0	13.0~15.0	11.6 m : 破碎され軟質化(風化岩)
		(3.15)	(9.85)	(2.0)	

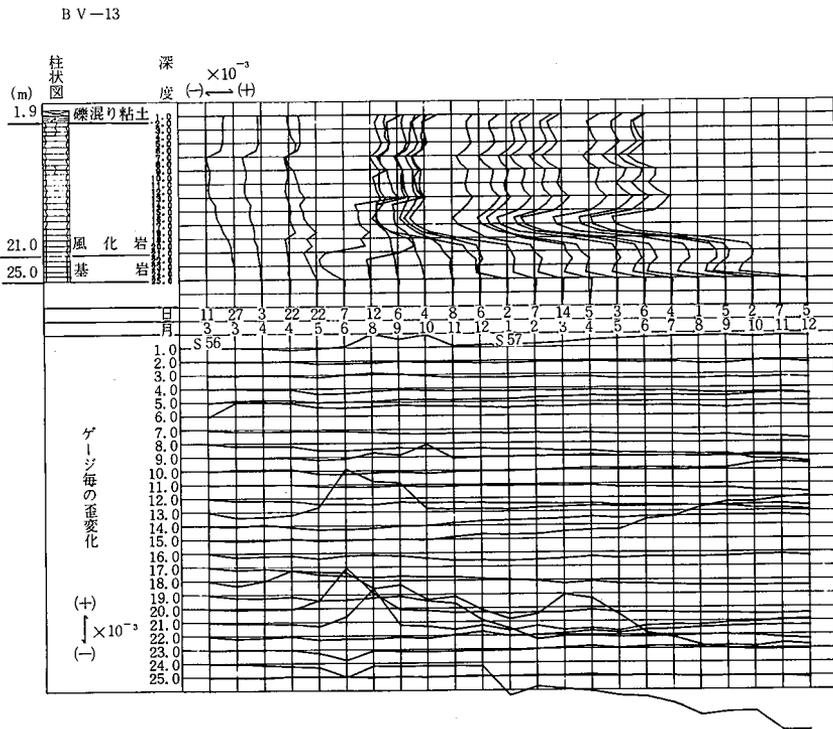
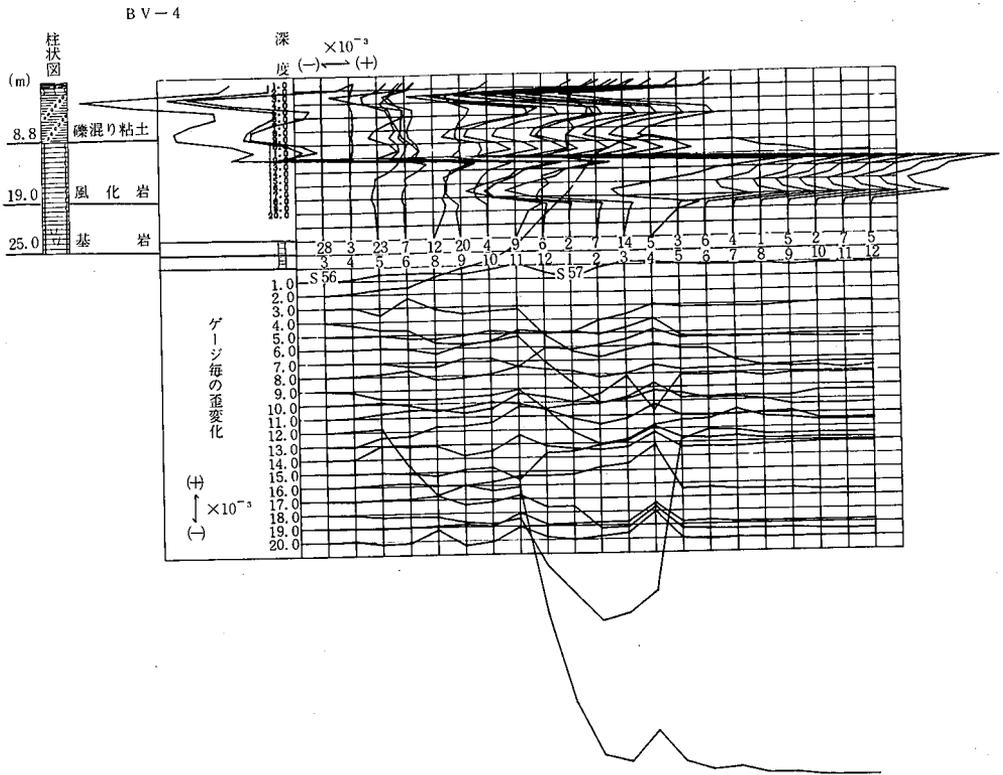


図-9 歪柱状図

4 地すべり発生機構

調査結果をもとに、馬場地すべりの地すべり発生機構について考察する。

(1) 素 因

馬場地すべり発生的主要原因は岩質と地質構造にある。

馬場地すべり地の基盤は新第三紀中新世の椎谷層に対比される泥岩である。この泥岩は乾湿の繰り返しによって容易に風化し、粘土化する性質を有している。当地すべり地の位置する高田平野東方地域の基盤は、椎谷・寺泊層が圧倒的に多く、地すべり発生の地質的要因に椎谷層の岩質をあげることができる。

当地すべり地の基盤は、褶曲構造の発達とこれに平行した断層の影響を受け深部まで破碎されていると推定される。ボーリング結果によると弱風化部や未風化部でも亀裂が発達した部分が認められる。このことから、地質構造に起因する岩自体の強度低下と、それに伴う岩盤中の亀裂の発生が地表水を浸透させ、地下水の滞留あるいは地下水の流路となっていることが、地すべり発生の素因をなしていると考えられる。

(2) 誘 因

馬場地すべり発生の誘因としては地下水が上げられる。

昭和56年1月の地すべりは積雪期における移動性高気圧の通過に伴う降雨と一時的な融雪時に発生した。また、昭和57年9月の地すべりは台風による豪雨時に発生している。一方、ボーリング孔の水位観測によれば、水位の変動は降雨との対応が良いことがうかがわれる。

これらの事実からみて、融雪時や豪雨時における地表水が多量に地下に浸透することにより、間隙水圧の上昇が関与して、本地すべりが発生する誘因になっているものと推定される。さらに、昭和56年1月では、積雪が2 m程度あり、この雪荷重も誘因の1つと考えられる。

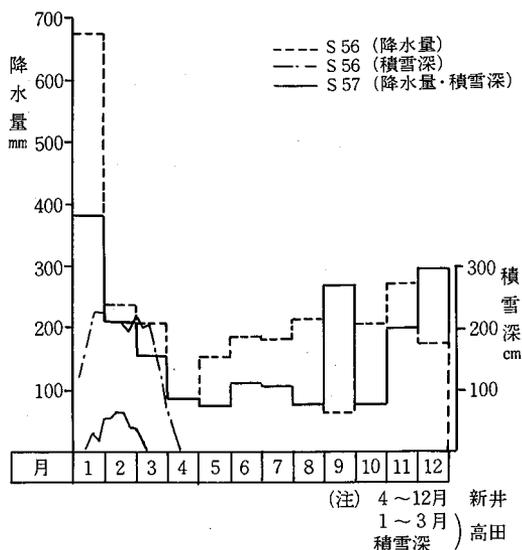


図-10 降水量と積雪深

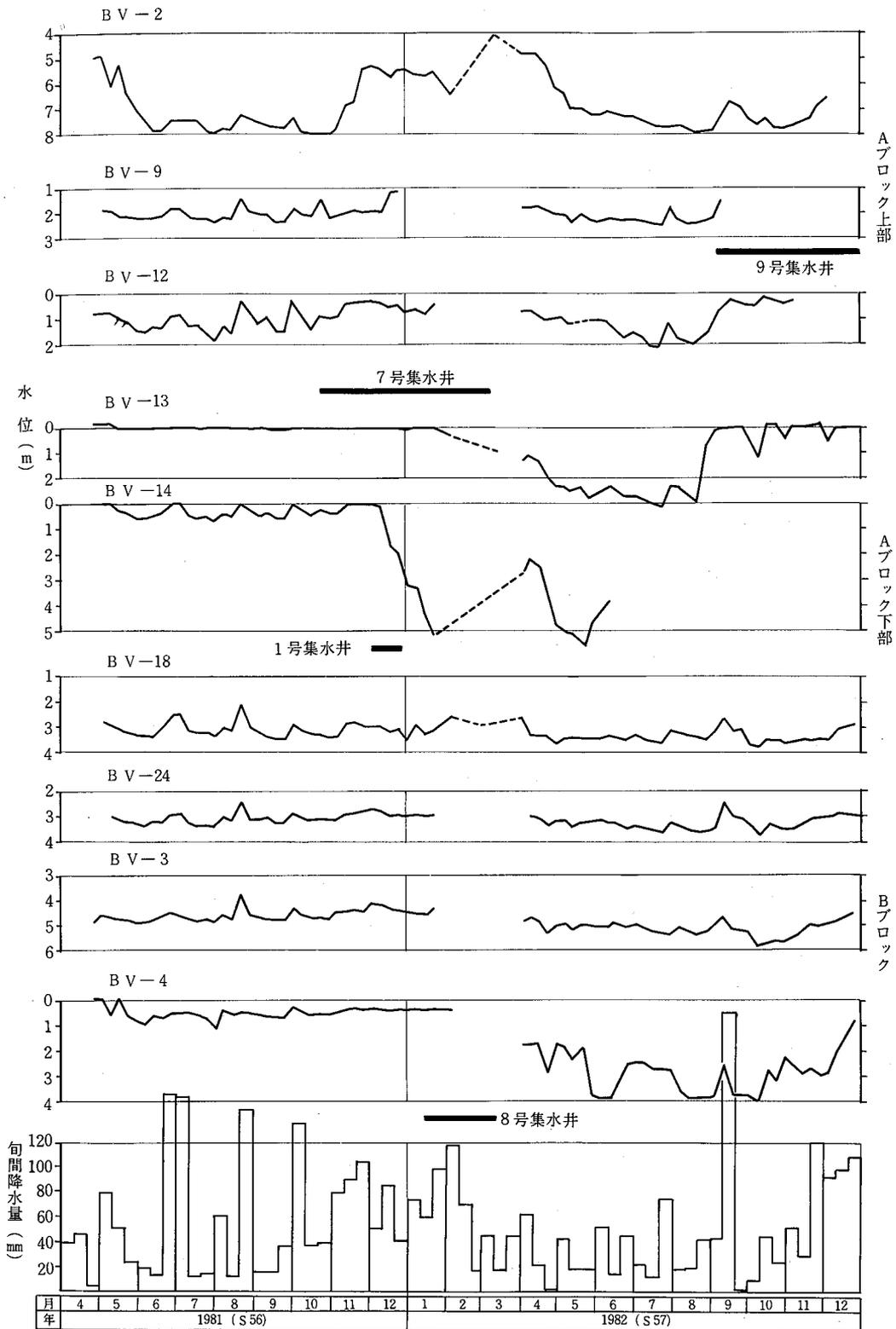


図-11 水位変動図

5 地すべり防止対策工

本地すべりの誘因である地下水は深層部に多く存在し、かつ降雨と相関が高いことから、防止工事として集水井を主体とした地下水排除工と地表水排除工を計画した。しかし、後述するように、地下水排除工のみでは十分な安全率が見込めないこと、地すべり規模が大きいことなどから杭打工との併用を検討した。また、馬場川は地すべりの舌端部に位置していることから、地すべりに対する安全度を確保するため、原形復旧をとりやめ、河川の付替え工がとられた。

〔安定解析〕

Aブロックの主縦断方向であるA測線の斜面安定解析結果を次に要約する。

計算の条件

移動土塊の単体重量； $\gamma t = 1.8 \text{ t/m}^3$

土の剪断強度； $C = 1.0 \text{ t/m}^2$ 、 $\phi = 15^\circ 17'$

(現状安全率を $F_s = 1.00$ として逆算法により求めた)

地すべり力； $\Sigma T = 1568.4 \text{ t/m}$

垂直応力； $\Sigma N = 8071.3 \text{ t/m}$

間隙水圧； $\Sigma U = 3994.8 \text{ t/m}$

地すべり面長； $\Sigma \ell = 454.9 \text{ m}$

防止工事施工前の斜面安全率

$$F_s = \frac{\tan \phi \Sigma (N - U) + C \cdot \Sigma \ell}{\Sigma T}$$
$$= \frac{0.274 (8071.3 - 3994.8) + 1.0 \times 454.9}{1568.4}$$
$$\doteq 100$$

集水井施工後の斜面安全率

A測線上に3基の集水井を計画すると、長大な斜面全域に対しては平均1mの水位低下が見込まれる。そのときの斜面の間隙水圧は、

$$\Sigma U' = 3994.8 - 454.9 = 3539.9 \text{ t/m}$$

よって、安全率は、

$$F_s = \frac{0.274(8071.3 - 3539.9) + 1.0 \times 454.9}{1568.4}$$

$$\doteq 1.08$$

鋼管杭施工後の安全率

集水井工によって8%の安全率の上昇が期待できるが、計画安全率 $F_s = 1.15$ に対しては7%の不足となる。長大斜面の地すべり推力に抵抗するために、この不足分を鋼管杭を4段施工することで補う計画とした。

杭に使用する鋼管：径 318.4 mm、肉厚 6.9 mm (S T K 41)

杭 間 隔：2 m

それぞれの杭による抵抗力は、2号杭；30.5 t/m、3・4・5号杭、31.5 t/mであり、斜面全体での地すべり抵抗力（剪断に対して）は $P_r = 30.5 + 31.5 \times 3 = 125.0$ t/mとなる。

したがって、杭打工後の斜面安全率は

$$F_s = \frac{\tan \phi \Sigma (N - U) + C \Sigma \ell + P_r}{\Sigma T}$$

$$= \frac{0.274(8071.3 - 3539.9) + 1.0 \times 454.9 + 125.0}{1568.4}$$

$$\doteq 1.16$$

以上の計算結果から、地すべり斜面の安全率は集水井（3基）、杭打工（4段）により計画安全率 $F_s = 1.15$ を上廻ることになる。

防止工事は昭和56年度を期して一斉に着工し、昭和57年度までにAブロックでは集水井3基、鋼管杭5段（1号杭は末端部の2次地すべり防止のため施工）、横孔ボーリング2群を施工している。Bブロックでは集水井1基、横孔ボーリング3群、鋼管杭3段を施工した。この結果、集水井周辺では2～3 mの水位低下が認められ、斜面の安定も高まっている。その工事効果を判定する目的で、現在移動状況（パイプ歪計、ワイヤー式多層移動量計）と水位の観測を継続しており、後日その結果を報告する予定である。

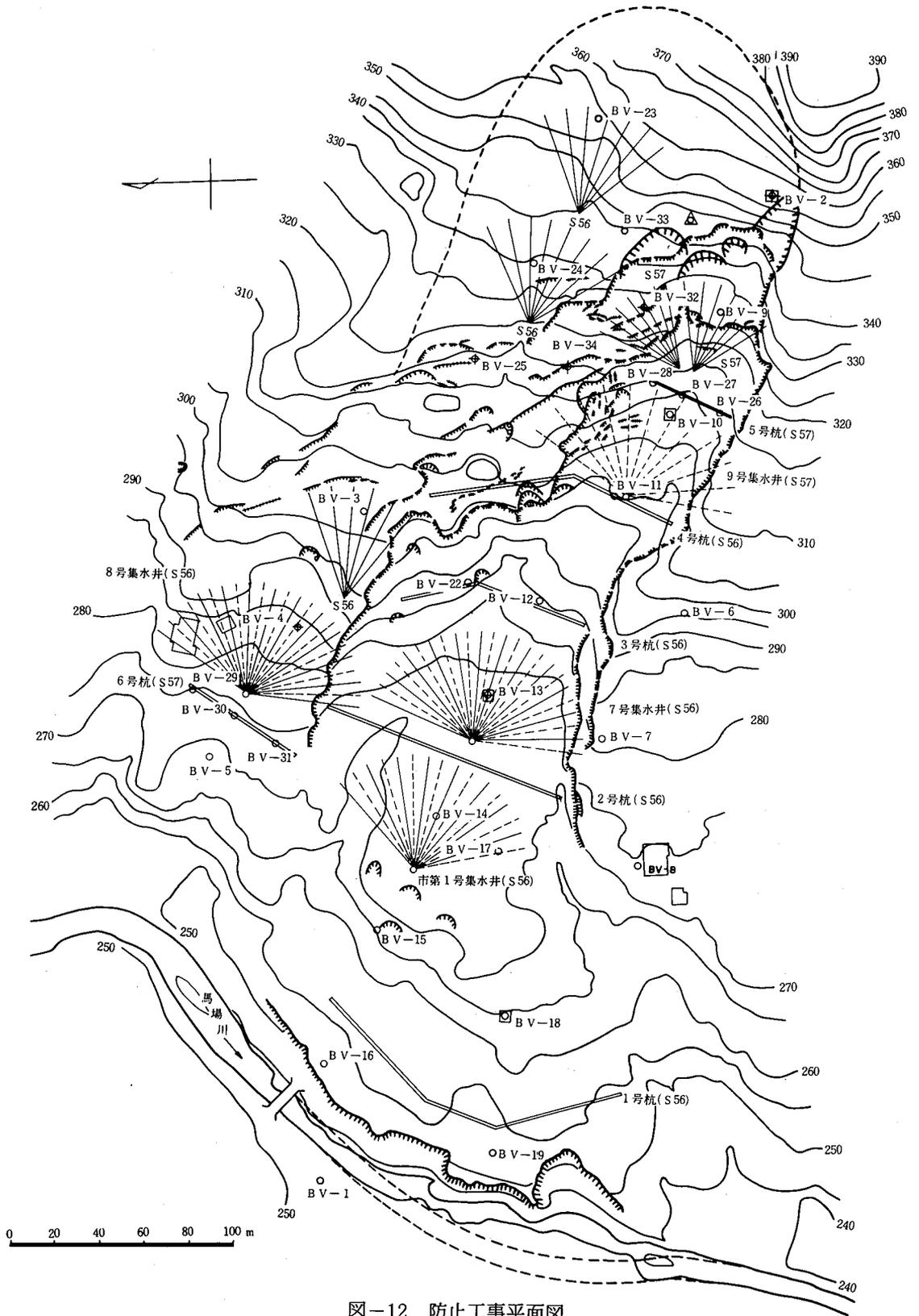


图-12 防止工事平面图

参考文献

- 1) 新潟県砂防課 (1980) : 地第 44-92号 馬場地すべり調査報告書
- 2) " (1981) : 地第 47-3-92号 "
- 3) " (1982) : 地第 45-90号 "
- 4) " (1982) : 地第 45-91号 馬場地すべり防止観測報告書
- 5) " (1982) : 地第 45-93号 馬場地すべり調査報告書