

ダム水路主任技術者会 第25回総会 技術講演要旨

「地すべりとその対策」

千田 正雄

1. 地すべりの定義

山地や丘陵あるいは台地で、斜面の一部が何らかの原因によって平衡状態が破れて、側方あるいは下方へ移動していく現象を一般に山崩れと呼んでおり、これは、さらに発生の機構、活動の速度、移動地塊の状態などによって下記のように斜面崩壊と地すべりに大別される。

①斜面崩壊

移動が急激に起こって相当の速度で滑落する。崩落する土塊が著しく破碎され、乱されている。

②地すべり

徐々に移動が起こり、しかもその速度は比較的緩慢で継続性がある。移動する土塊の乱れが比較的少なく、よく原形を保って滑落するものである。斜面崩壊に比較して一般に規模が大きい。

斜面崩壊と地すべりは上記のような定義によって一応区分されてはいるが、実際には、この中間的なものが多い。以下に地すべりと崩壊の差異を示す。(表1)

(表1) 地すべりと崩壊の差異³⁾

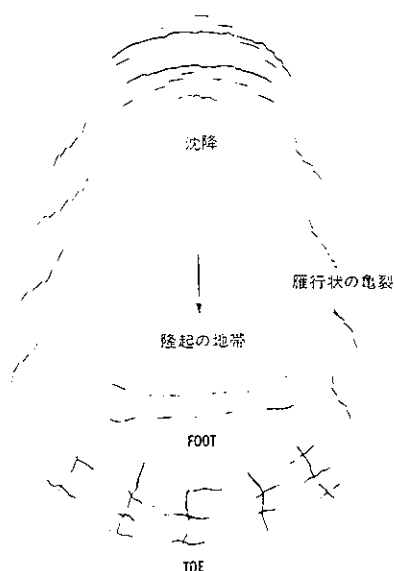
	地 す べ り	崩 壊
① 地 質	特定の地質または地質構造の所に多く発生する	地質との関連は地すべりに比べて少ない
② 土 質	主として粘性土をすべり面として滑動する	主として地山中の不連続面(表土と下層の境界面であることが多い)を境として滑落する
③ 地 形	5°~20°の緩傾斜面に多く発生し、とくに上部に台地状の地形を持つ場合が多い	20°以上の急傾斜地に多く発生する
④ 活動状況	継続性、再発性	突発性
⑤ 移動速度	0.01~10 mm/日のものが多く、一般に速度は小さい	10 mm/日以上で速度はきわめて大きい
⑥ 土 塊	土塊の乱れは少なく、原形を保ちつつ動く場合が多い	土塊は攪乱される
⑦ 誘 因	地下水による影響が大きい	降雨とくに降雨強度に影響される
⑧ 厚さ, 規模	平均的な厚さは20 m, 1~100 ha で規模が大きい	平均的な厚さは2 m, 規模が小さい
⑨ 徴 候	発生前にき裂の発生, 陥没, 隆起, 地下水の変動などが生ずる	徴候の発生が少なく, 突発的に滑落してしまう
⑩ 勾 配	10~25°	35~60°

2. 地すべりの分類

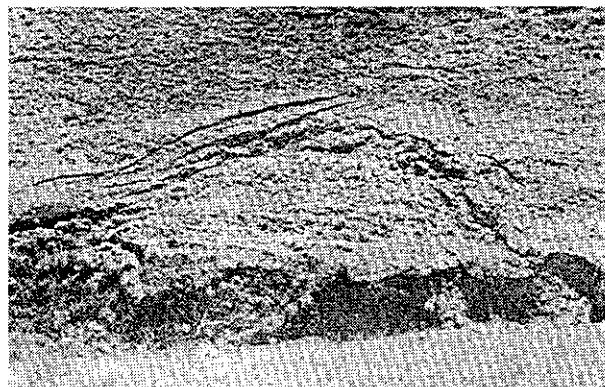
地すべりは、地質および地質構造区・運動様式・形態によって（表2）のような、代表的な分類がされており、これらの種々の型が組合わさって地すべりを形成している。

（表2） 地すべりの分類

分 類	形 式	代 表 例
地質および 構造区によ る分類	第三紀層 破 碎 帯 温 泉 中 生 層 火 碎 物 火 成 岩	松之山地すべり* ¹ 、茶臼山地すべり 長者地すべり、大地地すべり 明礬地すべり、早雲山地すべり 様似地すべり、二川ダム上流地すべり 亀の瀬地すべり* ² 、胆沢川地すべり 織笠地すべり、氷室地すべり
運動様式に よる分類	円 弧 型 平 面 型 匍 行 型	小沢田地すべり、秋古地すべり 宮浦地すべり、鷲尾岳地すべり 菟沢地すべり、神谷地すべり
形態による 分類	地 塊 型 崩 壊 型 粘 稠 型 流 動 型	胡桃地すべり* ³ 、根森田地すべり 小泊地すべり、由比地すべり* ⁴ 豊牧地すべり、平根地すべり 下貝喰地すべり、宮野地すべり



（図2） 粘結性物質に発生した回転すべりのブロック (slump block) 中に典型的に発達する引張り亀裂

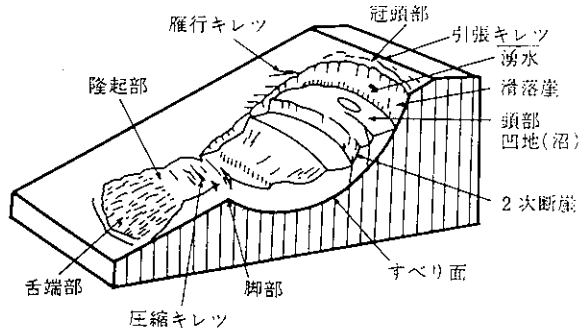


（図3） モンタナ州 Portage 付近の粘結性物質中のブロックすべり (block slide) (3.30)。このすべり現象は、沖積土、崩積土、および若干の風成堆積シルトの中であって、沖積土で充たされた流路の表面上を、地塊の回転運動もなく、脚部における隆起地帯の発達もなく運動している。平行な階段状の滑落崖が、主滑落崖に沿っていること、縁辺部に沿う張力効果も共に、ブロックすべり (block slide) に特徴的なものである。矢印は、主滑落崖が形成された後に発達する overbreak crack を示す。多分、斜面中の急な破砕のために、大抵の回転すべりのブロック (slump block) 上にあるものよりも、もっと鋭く曲っている。

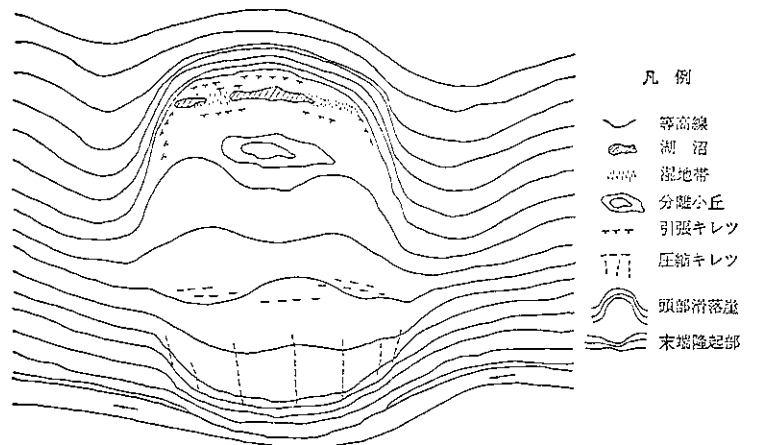
3, 地すべりの地形的特徴

地すべり箇所は、それぞれ発生している箇所の地形条件および地質条件によって様々な地形状況を示しているが、詳細に観察すると地形上共通した特徴を持っている。また、これらを観察することによって地すべり機構の概略を把握することが出来る。

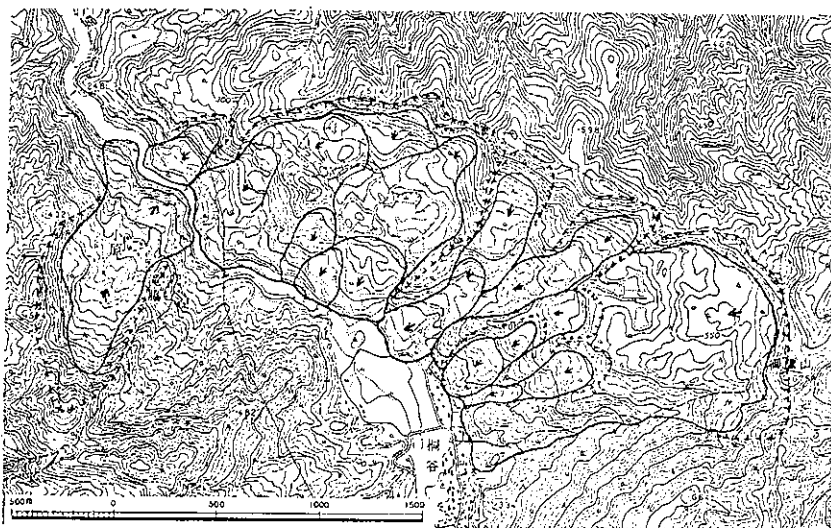
以下に、地すべりの模式的なものとの地形の読図例を示す。(図4～図7)



(図4) 地すべり地形の模式図

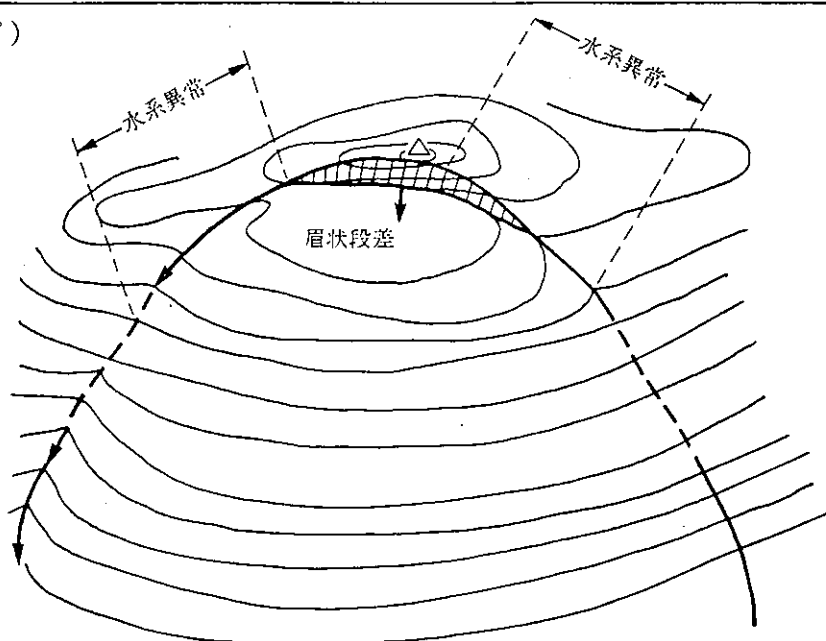


(図5) 地すべり地形模式図

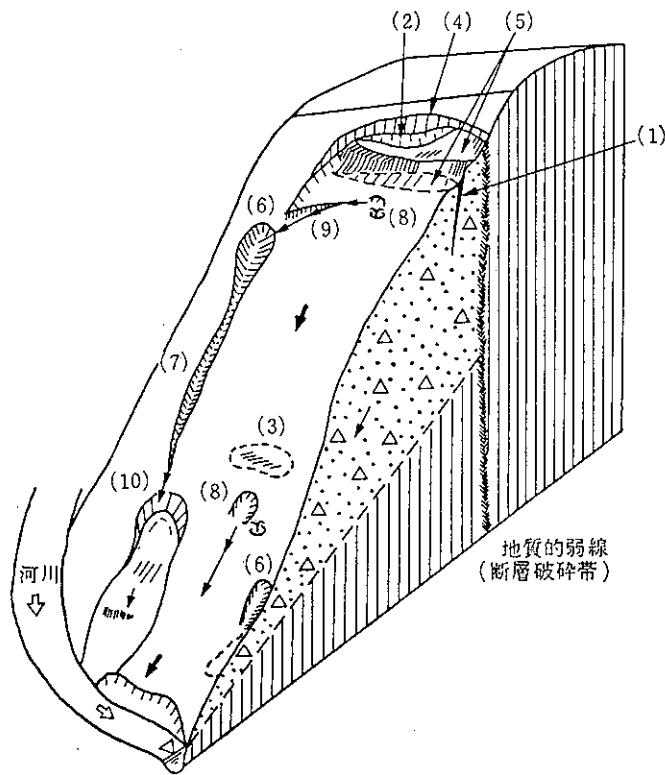


(図6) 地形図による地すべり地形の読図例 (1/2万5,000, 八尾)

(図7)



クラック地形の平面形



- (1)クラック (亀裂)
- (2)凹地
- (3)浅い凹地
- (4)眉状の崖…小さいが、明瞭。
- (5)平坦地
- (6)崩壊地…ガリーの上方に発生している。
- (7)ガリー…斜面上方へのびている。
- (8)地下水湧水跡地形
- (9)水系異常 (ゆるくカーブしたガリー)
- (10)小規模地すべりとクラック地形…クラック地形の先端に溪岸崩壊、小地すべり、小クラック地形がある。

クラック地形の地表面に形成された微地形

4. 地すべりの安定性の調査

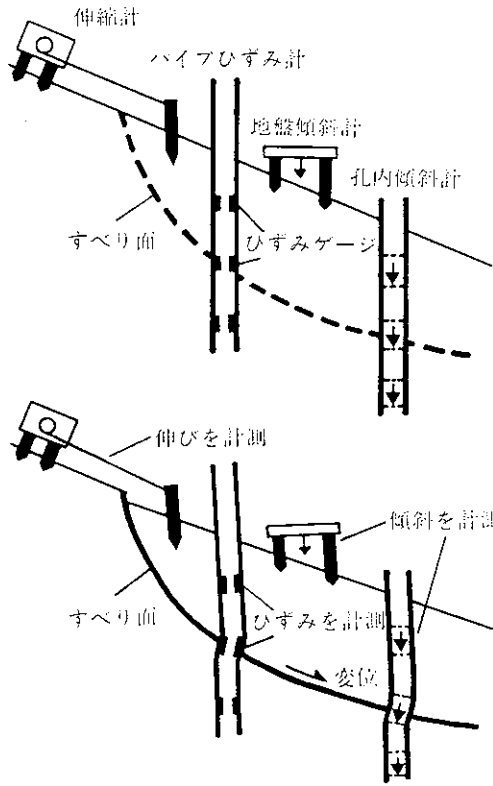
地すべりの安定性を検討するためには一般に斜面安定計算が実施される。従って、この場合の調査はすべり面の決定および解析条件の調査が主体となる。解析条件として、特に重要な調査項目は次のとおりである。

- | | | |
|----------|---|--|
| 地形調査 | { | ① 地形図・空中写真判読
② 現地における地形測量 |
| 地質調査 | { | ① 地質踏査
② 地震探査
③ 電気探査
④ 放射能探査
⑤ ボーリング調査 |
| すべり面の調査 | { | ① ボーリング柱状図による推定
② すべり面測定管による測定
③ パイプひずみ計による測定 |
| 地下水の調査 | { | ① 陸水の水質試験
② 地下水位の観測
③ 間隙水圧の測定
④ 地下水の追跡 |
| 室内試験 | { | ① 基本物性の試験
② 力学試験
③ スレーキング, スウェリング, 凍結融解試験
④ サウンディング試験 |
| 気象調査 | { | ① 降水量の観測
② 積雪, 融雪量の観測
③ 気温・地温の観測 |
| 表面移動量の調査 | { | ① 標柱による測量
② 伸縮計による測量
③ 傾斜計による測量 |

このうち、斜面の調査で特徴的なすべり面および表面移動量の調査における計測器としては、次のものが代表的である。

(1) パイプひずみ計

パイプひずみ計は塩化ビニル製のパイプの内部にひずみゲージを装着し、そのパイプをボーリング孔内に装填することによってパイプの各所におけるひずみを経時的に計測するものであり、これによって



ひずみの大きな箇所を地すべり面として推定するものである。しかしながら、ひずみゲージが水に浸されることによって測定状況が悪化するために長期の計測には適していない。

(2) 伸縮計

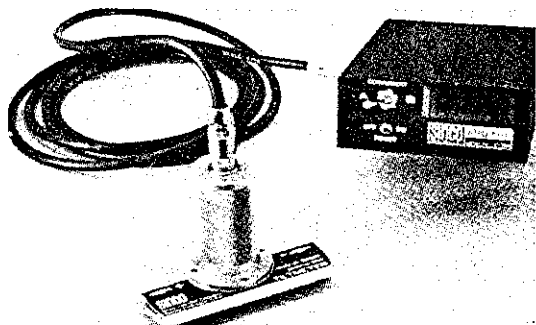
地すべり想定区域内に杭を打ち込み、想定区域外の不動点からインバー線（測定線）を引き出して杭になぎ、このインバー線の伸縮を経時的に測定することによって2点間の相対変位量を計測管理するものである。

(3) 傾斜計

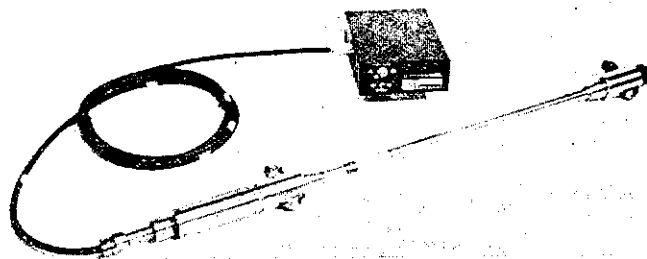
傾斜計には表面の傾斜の変化を測定する地盤傾斜計と斜面内部の傾斜を計測する孔内傾斜計とがある。地盤傾斜計は、南北および東西に方向づけた2つの気泡管を水平に設置して、水平からのズレを経時的に測定することによって表面の傾斜の変化を計測管理するものである。通常は、伸縮計と併せて用いられている。一方、孔内傾斜計はボーリング孔内に内側に溝の入ったケーシングを装填して周りをグラウチングし、その

(図 9) 斜面における各種計測の基本原理
内部にゾンデを挿入して孔内の傾斜の変化を連続的に測定するものであり、このほかに孔内各所に傾斜計を埋設するものもある。これによって斜面内部の傾斜の変化を計測管理することができると同時に、パイプひずみ計と同様に地すべり面を特定することができる。また、パイプひずみ計と異なり、測定の際に水の影響を受けないので長期的な計測管理に適している。

なお、これらの計測器の模式的な原理を(図 10)に示す。



(図 9) 簡易型傾斜計



(図 10) 孔内傾斜計

5, 一般防止工

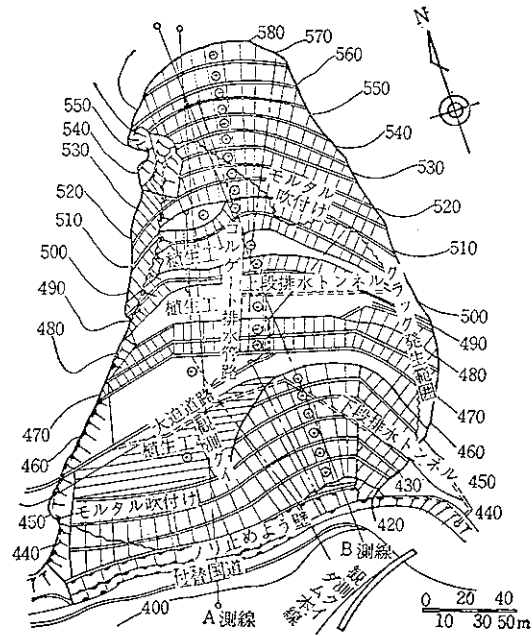
一般に地すべりに対する防止工として採用されている工法は次の通りである。

- (1) 排土工（段切り工） - - - - - (図 11)
 - i) 頭部土塊切取りによる荷重軽減（円弧すべり）
 - ii) 全体または一部土塊切取り（直線すべり）
- (2) 抑止工 - - - - - (図 12)
 - i) 鋼管・コンクリート・木グイなどによる抵抗力付加
 - ii) パットレス・ワク工などによる末端抵抗力付加
 - iii) 押え盛土などによる末端抵抗力付加
- (3) 排水工（地表・地下・浸透水処理工） - - - - - (図 13)
 - i) 集水井・ボーリングなどによる地下水排除
 - ii) 隧道・ボーリングなどによる地下水排除
 - iii) 表面排水路・暗渠などによる地表水・地下水の排除
(以上は間隙水圧の軽減を目的とする)
- (4) 土質改良工
 - i) グラウティング・薬液注入などによる岩盤（土質）改良
 - ii) 焼付（乾燥）による土性改良
 - iii) ロックボルトによる岩盤締付け
- (5) 表面処理工
 - i) 植生工（芝張りなど）による地表土質改良
 - ii) 表面吹付けなどによる地表水・浸透水の排除および風化防止
- (6) ガス排除工（温泉地すべり）
- (7) 浸食防止工
 - i) 砂防ダム・床固工・護岸工・水制工・他
 - ii) 捷水路工・河川付替工・他

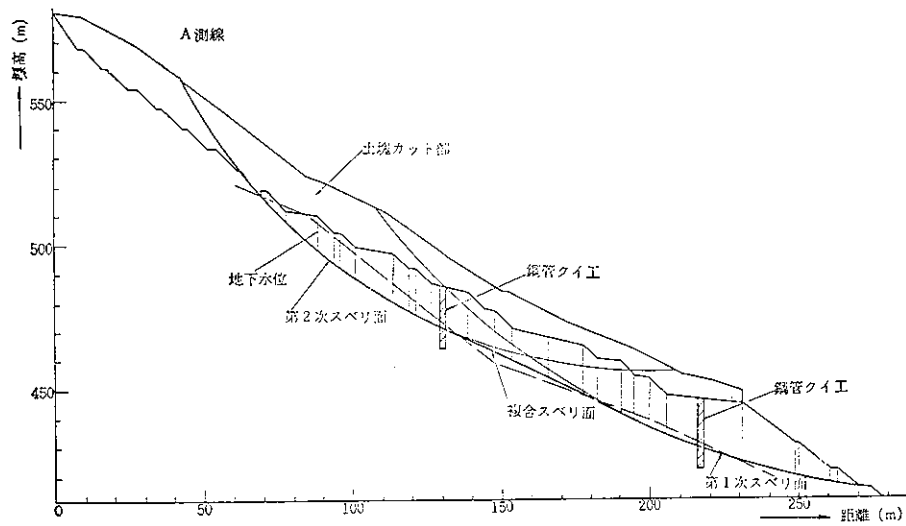
以上であり、このうち排土工はいずれの形態の地すべりに対しても効果的な防止工であるが、用地問題で制約を受ける場合が多い。抑止工は流動状の表層すべり、あるいはスベリ面の平均深さが 20m 以上となる場合には不適であるが、一般の地すべりでは種々の観点から最も効果的な工法となる。排水工は一応間接（消極）工法としてしか採用し得ない（計算上は水位低下が可能でも、実際問題として所定の水位低下は期待できない）が、いずれの形態の地すべりにしても、その発生の素因あるいは誘因が地下水に起因するので、最低限必要な工法であり、かつかなりの効果が期待できる。

土質改良工・表面処理工・ガス排除工・浸食防止工などは一般防止工としてはあまり採用されないが、特別の目的を有する場合、すなわち路盤の改良・切取り法面の処理・温泉地すべりに対するガス排除・河川による斜面脚部の洗掘防止などを目的とする場合には、それぞれ効果的な防止工として採用されている。

(図 11)



防止工（排土）平面図（奈良県大迫）

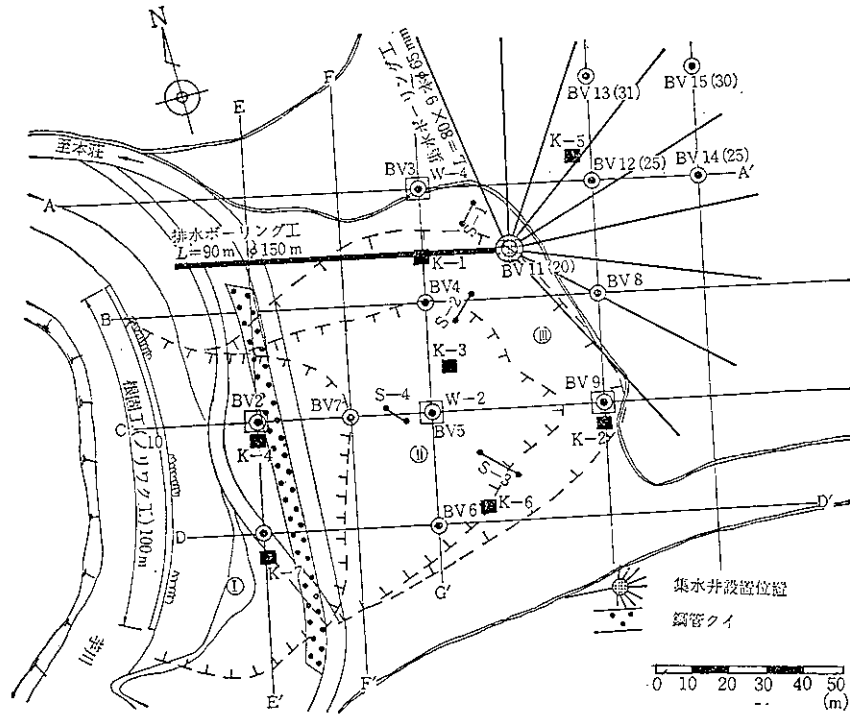


排土工断面図（奈良県大迫）

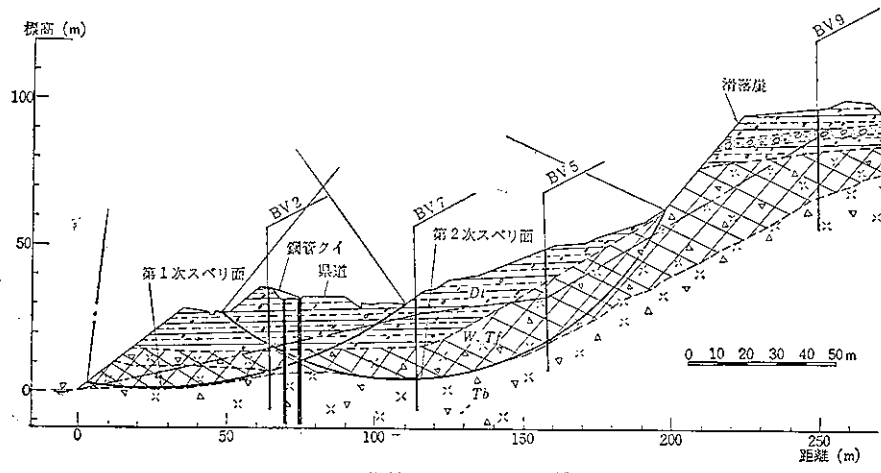
安定度検討一覧表

スベリ面 種別	土塊強度 c (t/m^2)	強度 $\tan\phi$ (ϕ)	安定度		排土後の 安定度	安定度変化	
			原地形	現状		現状 (対原地形)	排土後 (対現状)
第1次	1.5	23°50' (0.442)	1.109	0.985	1.143	11%減	16%増
第2次	"	"	—	1.041	1.044	—	0.3%
複合	"	"	—	0.969	1.007	—	3.9%

(図 12)



鋼管グイ工平面図 (秋田県橋瀬)

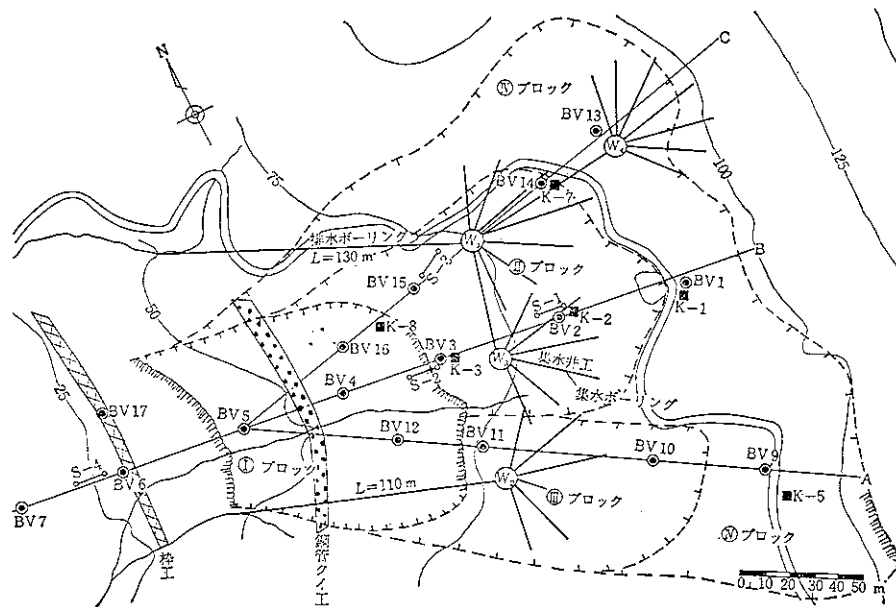


鋼管グイ工断面図 (橋瀬)

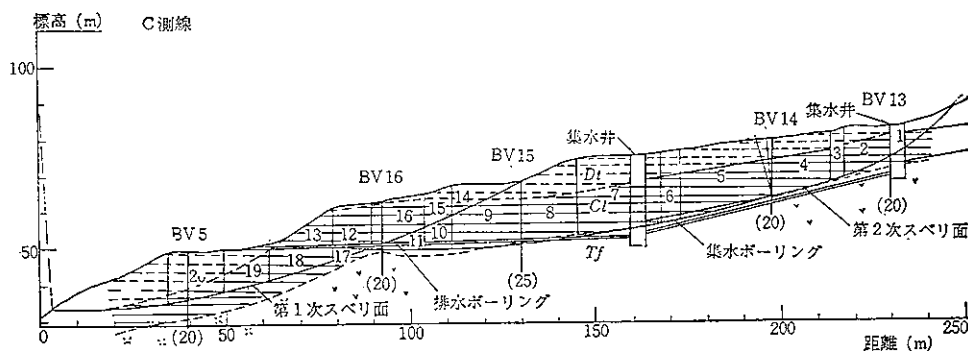
安定度検討一覧表

スベリ面 種別	土塊強度		安定度		鋼グイ施工 後の安定度 増加	排水工 施工後 (地下水なし)
	c (t/m^2)	$\tan \phi$ (ϕ)	現状	鋼グイ施工後		
第1次 (平常水位)	1.0	7°00'	0.882	1.128	28%	1.061
(高水位)	"	"	0.672	0.918	37%	"
第2次	"	"	1.000	1.200	20%	1.356

(図 13)



集水井工平面図 (秋田県下貝嶮)



集水井工断面図

安定度・水位低下検討一覧表

スベリ面 種別	土塊強度		安定度		スベリ面上の 限界水位 (m) (FS ≥ 1.2 の場合)	現水位からの 低下量 (m)
	c (t/m^2)	$\tan \phi$	現 状	水位低下後		
A - 第1次	1.7	17°30'	0.85	1,200	4.70	5.03
A - 第2次	"	"	1.21	—	—	—
B - 第1次	"	"	0.98	1,200	5.68	2.66
B - 第2次	"	"	1.20	—	—	—
C - 第1次	"	"	0.97	1,200	6.35	2.88
C - 第2次	"	"	1.31	—	—	—