

農林水産省林業試験場防災部 ○松浦純生・瀬瀬秀雄・落合博貴

1. はじめに

地すべり運動を抑制・抑止するためにさまざまな工法が実施されている。その中でも集水井施工による地すべり土塊の滑動原因となるすべり面の地下水排除が積極的に行われている。筆者らは集水井施工効果の判定のため調査地区を設定し、1982年以来降水量や流域流出量等の基本的な観測を行いつつ、地下水観測孔及び調査ボーリング孔を利用し、集水井施工前後の地下水位変動観測を継続的に行っている。今回は施工効果判定法を検討するための調査の一環として、集水井の施工による地下水排除が斜面の安定にどの程度寄与しているか、予察的に斜面安定解析を行なったので報告する。

2. 調査地の概況

調査地区は埼玉県児玉郡児玉町平沢地区にある規模約30.0haの地すべり地である(図-1)。当地区の地すべりは小山川支流平沢川右岸の北東斜面に発生しており、地形的特徴や踏査等により4つのブロックから構成されていると考えられる。特に現在活動中と推定されるのは、末端・下部ブロックに相当する部分と、雑木林・耕作地等が点在する中部ブロック付近である(図-2)。

地質は長瀨系三波川変成岩であり、石墨片岩、緑色片岩等結晶片岩が卓越し、一部で強く風化し粘土化が進んでいる。当地区の中・下部ブロックは黒色片岩を主体としているが、上部ブロックには緑色片岩が貫入岩帯として分布している。さらに地すべり地最上部には旧滑落崖と推定される傾斜30°以上の斜面が続いている。従って上部ブロックの斜面は、古い地すべり活動によると思われる透水性の良い崩積土が緑色片岩を覆うかたちで分布し、この層が地下水を涵養し地すべり運動の誘因となっていると推定される。

この地すべりの運動を抑制・抑止するため、2基の集水井が施工された。上部ブロックにあるNo.1集水井は、上部ブロックにある透水性の良い礫質土層からの地下水排除を目的として、1983年8月から本体が掘削

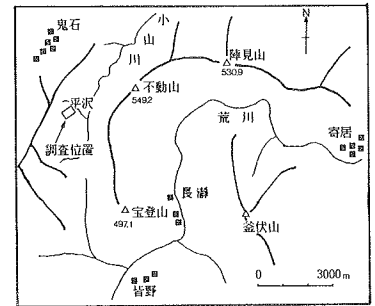


図-1 調査地位置図

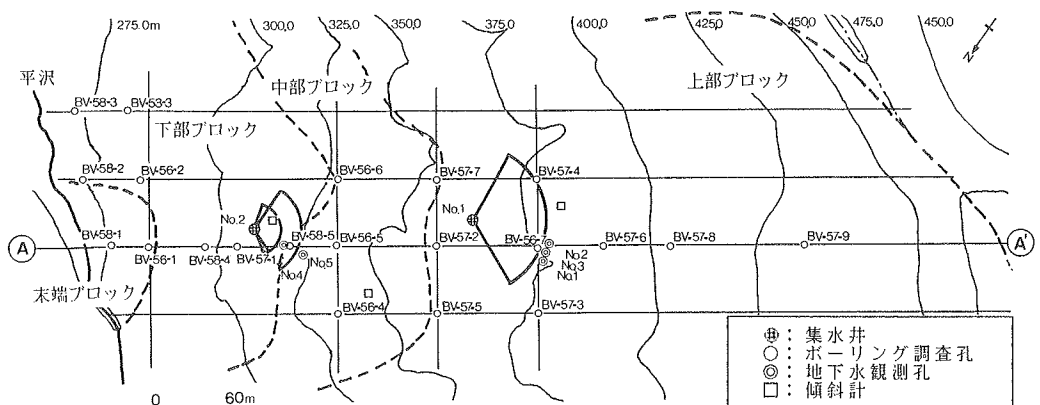


図-2 調査地平面図

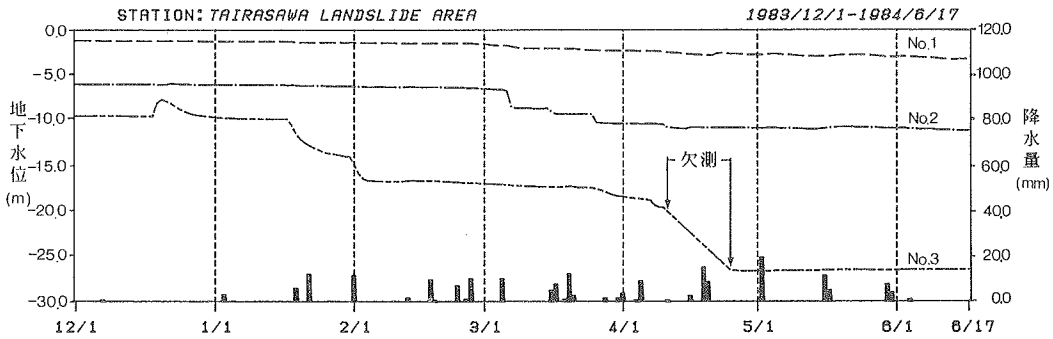


図-3 地下水位変化と降水量

され、さらに翌年末までに三段の集水ボーリング計35本が掘られた。No.2集水井は中・下部ブロックに供給される地下水を排除し、中部・下部の地すべりを抑えるために1984年 8月から本体掘削が開始され、翌年2月までに2段の集水ボーリング計23本が施工された。なお集水井の外壁はモルタルで固め、周辺土層からの地下水の侵入を防いでいる。したがってそれ自身の排水能力はなく、土圧に対して杭としての機能だけしかないものと考えてよい。

3. 集水井施工による地下水の変化

No.1集水井の排水効果を測定するため地下水観測孔を3基（地下水観測孔No.1(GL=-15m), No.2(GL=-25m), No.3(GL=-35m)以下 0-No.1, 0-No.2, 0-No.3とする）、No.2集水井においては水位観測孔を2基（0-No.4(GL=-18m, 0-No.5(GL=-27m)）、それぞれ集水ボーリング付近に設置した。これ以外に調査ボーリング孔を利用して計30箇所で水位観測を行っている。その結果、No.1集水井施工により 0-No.3の地下水位変化が一番大きく、施工前の3カ月平均と施工後のそれを比較して約 17.2mの水位の低下が観測された（図-3）。強風化緑色片岩中からの地下水に対応する 0-No.2でも約4.9mの水位低下がみられた。これらに対して上層部に位置する 0-No.1は集水井施工による変動幅が小さく最大で約 1.6m程度しか低下しない。また近傍にあるBV-56-7の地下水位もほとんど低下しなかった。両者は谷地形の低部に位置しており、表層付近を移動する同じような地下水であると考えられる。

4 地下水位変化が斜面の安定に及ぼす影響

4-1 解析の方法 これらの一連の地下水位の変動が斜面安定にどのような影響を与えているか定量的に把握するため、集水ボーリングを通る主測線について斜面安定解析を行った。地すべり斜面は、調査ボーリング等の資料を参考としながら、28の地層ブロックに分割しこれらのブロックが表-1に示すような5種類の地質特性を

表-1 解析に用いた材料定数

地層特性 番号	地 質 名	単位体積重量		粘着力		内部摩擦角 (ϕ)
		γ_1 (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	C_0 (t/m ²)	k (t/m ²)	
1	礫まじり粘土	2.01	2.31	1.60	0.00	27.1
2	風化黒色片岩	2.10	2.20	1.30	0.00	30.0
3	強風化緑色片岩	1.90	2.10	0.32	0.00	24.1
4	風化緑色片岩	2.06	2.16	1.90	0.00	25.8
5	風化礫岩	2.17	2.37	0.64	0.00	30.5

γ_1 : 湿潤重量密度 γ_{sat} : 飽和重量密度

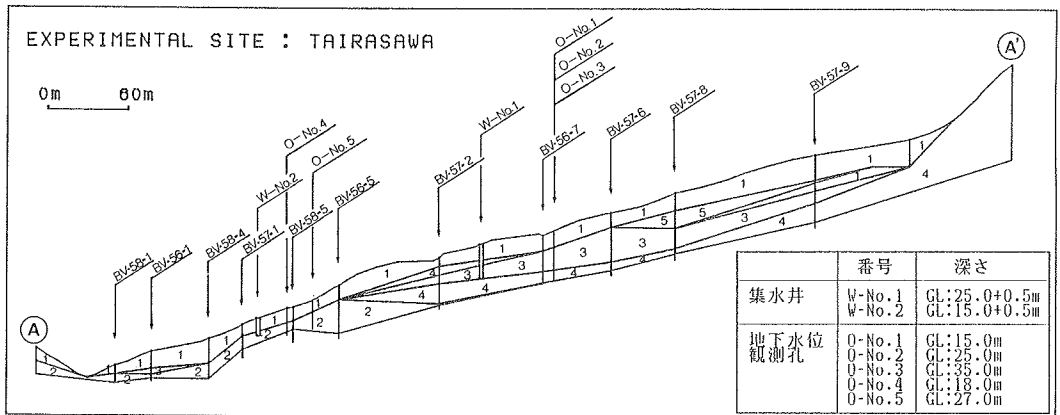


図-4 主測線の断面図

持つものとしてモデル化を行った(図-4)。ただし使用した安定解析の方法は以下の通りである。

$$F_s = \frac{\sum \{ RC \ell + \{ RW \cos \alpha - Ru \ell + \Delta E \cdot R \sin \alpha - K(I_1 - I_2) \gamma \} \tan \phi \}}{\sum \{ \gamma (I_1 - I_2) + K W s R \cos \alpha - \Delta E \cdot R \cos \alpha \}}$$

- $I_1 - I_2$: 分割片の断面一次モーメント
 K : 地震震度(今回の解析では $K=0$)
 R : すべり円の半径
 U : 低面水圧
 ΔE : 側面水圧の差
 ℓ : 分割片のすべり円弧の長さ
 α : スライスの円弧上の中心点とすべり円の中心が y 軸となす角度
 W : 分割片における平常時の荷重
 C : 粘着力
 ϕ : 内部摩擦角
 γ : 土塊の単位体積重量

通常安定解析は地すべり土塊が運動しているか否かの安全率で逆算を行い、 C 、 ϕ を求めこの値をもとに再計算する場合が多い。しかし、今回の解析では相対的な安全率の変化を把握することが目的なので、各土質の材料定数としては、集水井を掘削する際にサンプリングされた試料の三軸圧縮試験等の結果(表-1)を使用した。それぞれの地すべりブロックに対応するすべり円については、まず地すべり斜面に存在するすべり円の中心座標、半径及び安全率をおおまかに求め、つぎに各集水井に対応するすべり円についての安全率を詳しく再計算した。

4-2 地下水位と安全率の変化 計算の結果、No.1集水井に対応するすべり面は、強風化緑色片岩およびこの層と風化緑色片岩との境界付近に存在し、すべり円の半径も300m前後と大きいすべり面が推定された(図-5)。さらにこのすべり円について中心座標の境界条件を設定し(300<X<347, 620<Y<700(m))、この範囲内で安全率及び中心座標の位置がどのように変化するかを計算してみた。この場合地下水位については、すべり面が土層の深い部分を通過しているため、O-No.3の地下水位低下量を使用し施工前・後の安定計算を行った。集水井施工前については1983年3月から翌年3月までの地下水位の最高水位を入力して計算し、施工後は1984年4月から翌年3月までの最高水位を使用した。その結果施工前の安全率は1.333(すべり円の半径 $ro=280m$)であったのが地下水の排除により安全率が1.434($ro=276m$)と0.1程度上昇した。図-6は試算すべり円の中心座標について安全率の等高線を描いたものである。図中の W_L とあるのは施工前の最高水位を0.0mとした場合の水位低下量を示す。この地すべり地は複雑な地層区分をもっているため、地下水低下による安全率の変化も複雑な挙動を示す。これは材料

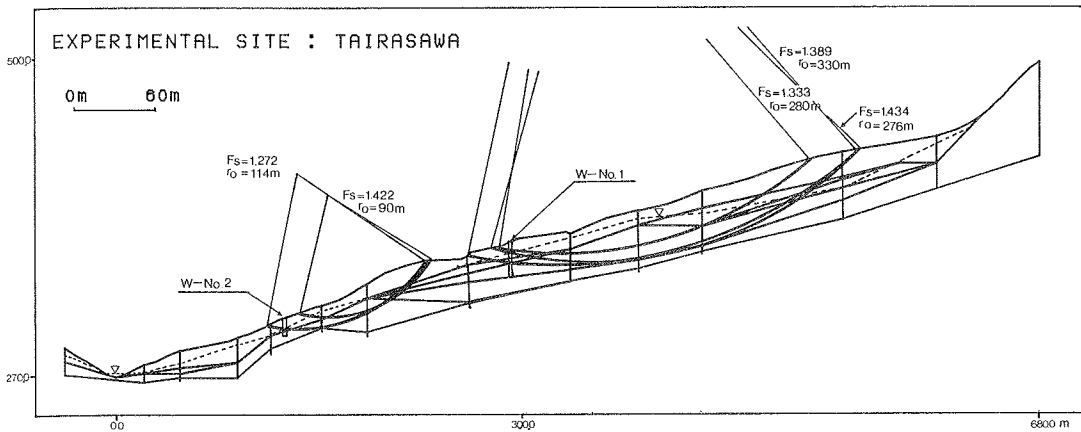


図-5 地下水位変動によるすべり円の変化

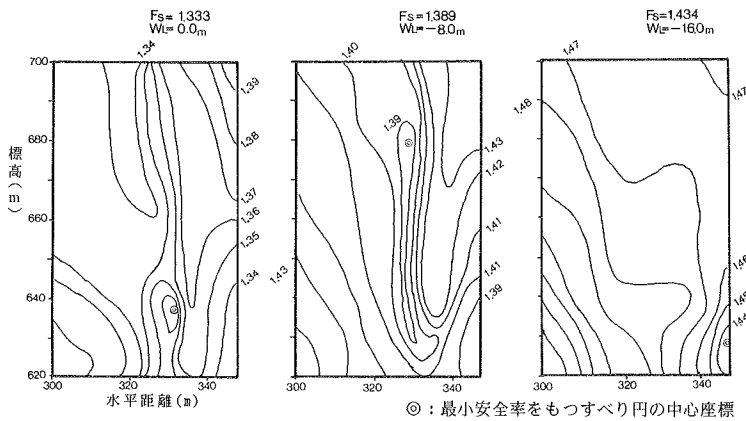


図-6 地下水位変動 (No.1集水井) に伴うすべり円の中心座標の変化

値のとり方、地層界の変更によってすべり円が大きく移動することを示し、このため対策工もこれらを考慮した施工計画をたてる必要がある。No.2集水井についても同様な解析を行った結果、地下水位低下により安全率は1.272 ($r_o=114\text{m}$) から 1.422 ($r_o=90\text{m}$) へと上昇した。図-7は調査ボーリング孔 BV-56-5の地下水位低下量に対する安全率の変動を示したものである。地下水位低下量が大きくなれば安全率は増大するが次第に初期の増分より小さくなり、それ以上の地下水位低下があっても一定のすべり半径を持つ円弧地すべりの安全率の上昇には限界があることがわかった。今後は降雨による地下水位の変動と安全率の関係についてさらに解析を進めて行きたい。

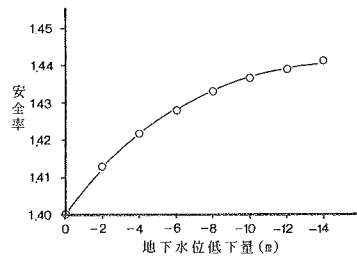


図-7 地下水位変動 (No.2集水井) に伴う安全率の変化