

## 災害復旧時における斜面安定解析の事例報告

A case of Analysis of Slope Stability for the restoration of a devastated area

片山 直樹・長谷川 寛枝\*・佐藤 貴史 (株式会社日本海技術コンサルタント)

山崎 隆司 (島根県出雲農林振興センター)

Naoki KATAYAMA・Hiroe HASEGAWA\*・Takafumi SATOH (Nihonkai Techniacal Consultants CO.,LTD)

Takashi YAMASAKI (Izumo Agriculture and Forestry Promotion Center, Shimane Prefectural Government)

キーワード：地すべり，災害，安定解析，安全率，地下水位

Keywords : Landslide, Disaster, Stability analysis, Safety factor, Ground water level

### 1. はじめに

一般に地すべり災害復旧は，災害の発生から対策工施工までに要する期間を極力短くし，早急に安定化を図る必要が求められる。このため，地すべり機構解明や対策工設計に必要な地盤及び動態観測データを得るための，調査数量及び期間に限度があり，十分なデータを基にした解析，設計ができない場合も少なくない。それ故，効果的な対策を施工するための，必要最小限の調査計画，わずかなデータから多くの情報を読みとる技術者の力量が必要とされる。

一方，地すべり安定解析手法としては，①一般的な地すべり対策事業のように観測資料によって現状の安全率を推定し，安定解析を行なう方法と，②緊急性を有する場合などは便宜的に（或いは慣例的に）初期安全率や地下水位を設定し，逆算法により安定解析を行なう場合も多くみられる。

本論は，災害現場の事例報告とし，動態観測データから推定した地すべり機構と，上述の2通りの手法による安定解析結果を紹介し，若干の考察を加えるものである。

### 2. 地すべりの特徴

被災地は河川に突出する形で存在する尾根沿いの家裏にある。梅雨期に降った大雨（総雨量232mm）により地すべりが発生した。その規模は幅20m，斜面長22m，移動層厚3.5m，すべり面勾配約30°であり，小規模な地すべりである。当該地域を構成する地質は新第三系の堆積岩で，被災地には凝灰角礫岩が分布する。すべり面は風化境界面とする崩積土～風化岩地すべりの中間的特徴を持つ。

### 3. 調査・観測結果

踏査，調査ボーリング1孔，地下水検層1孔，パイプひずみ計観測1孔，伸縮計観測（2箇所），水準測量による地盤隆起測定（8点）を行なった。

図-1，2に調査平面図および断面図を示し，以下に調査結果をまとめる。

被災後約10日間は土塊の動きが収まらず，地すべりブロック末端部では，水準測量により観測では最大約25mmの隆起が認められた。

それと同時期に，伸縮計S-1にも動きが観察された。S-1の動きは7/6辺りまでは降雨に連動して引張方向への動きを見せるが，その後は降雨に関わらず徐々に圧縮方向への動きを見せた。これとは対照的に，それまで動きを見せなかった伸縮計S-2がS-1の圧縮方向への移動に伴って，徐々に引張方向への動きを見せ始めた。

これらの現象は，今回のR1をすべり面とした地すべりが発生したことが，R2をすべり面とする末端開放型地すべりを誘発した結果を表している。R1が十分動いた後でR2が滑動し，S-1では圧縮方向，S-2では引張方向の動きを捉えたためと考えられる。

調査孔を利用したパイプひずみ計観測においては，伸縮計設置に遅れて設置したため上述のS-1で見られたような大きな動きを捉えることはできなかった。今回の短期間の観測では，降水が殆どなかったため大幅な累積変動が見られなかったものの，推定すべり面深度に近いひずみ量が最も顕著であった。

各種移動量調査および地下水位観測結果を図-3に示す。なお，地盤隆起量測定結果は最も変位のあった1点の結果のみを載せる。

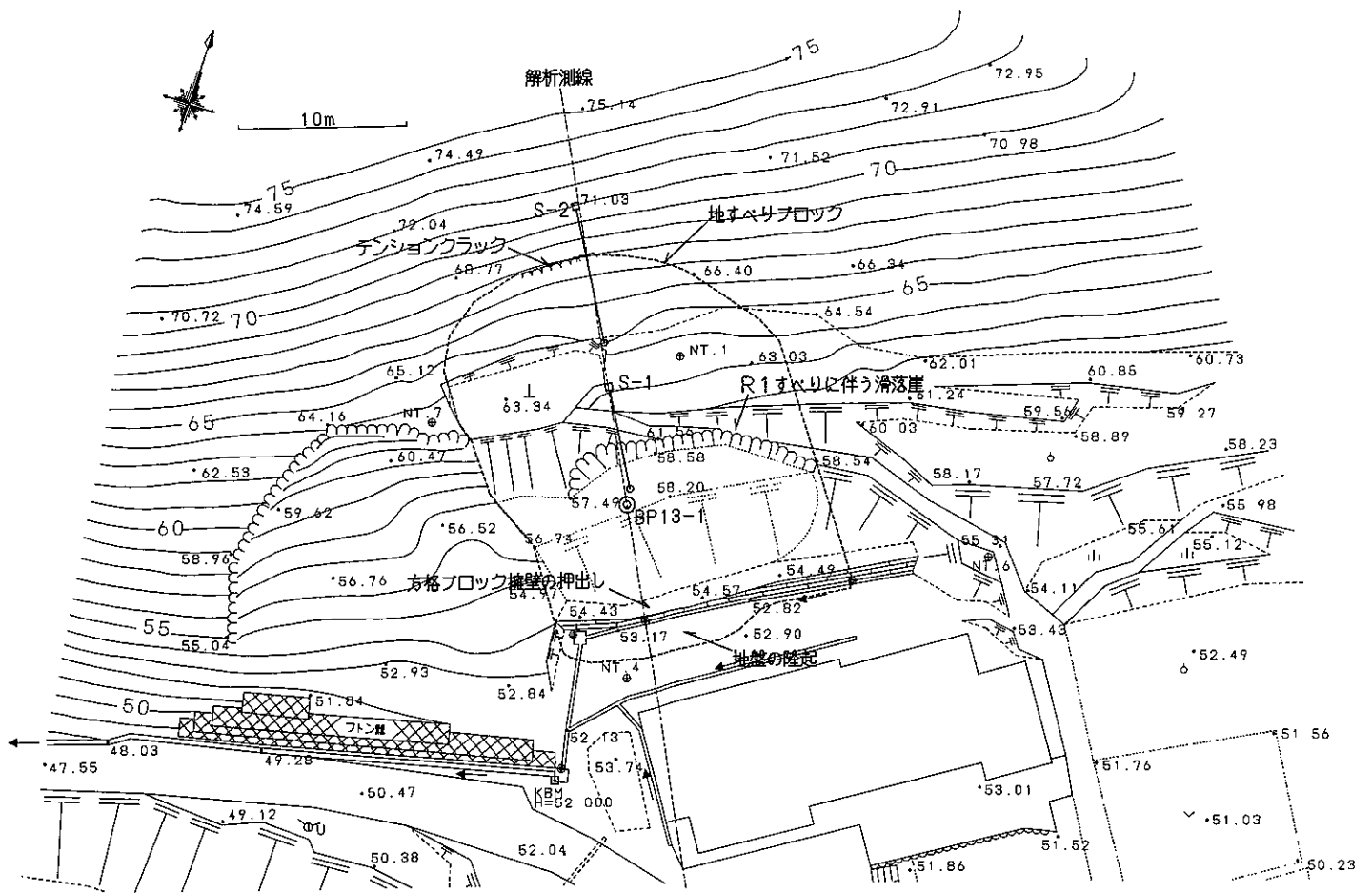


図-1 調査平面図

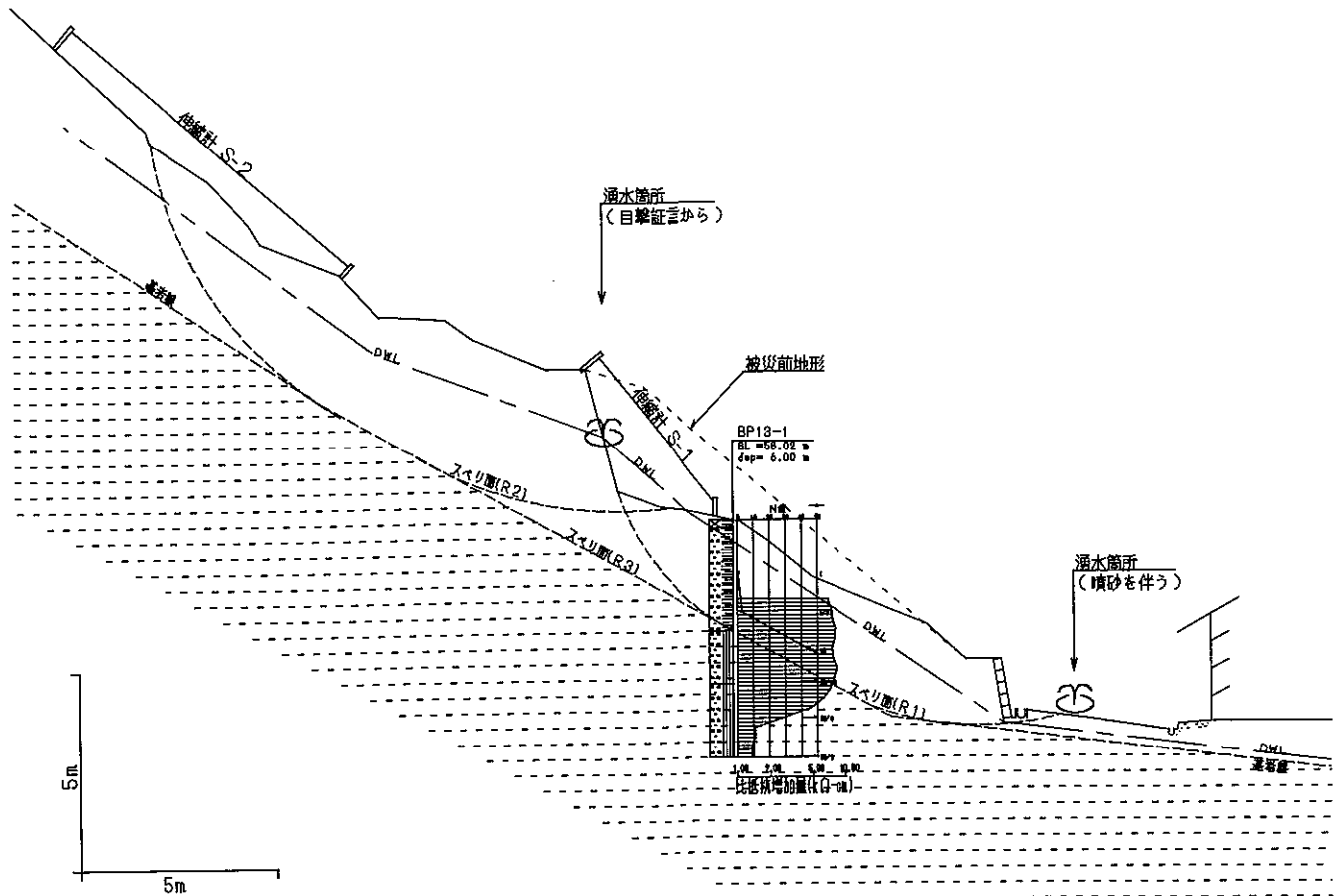


図-2 調査断面図

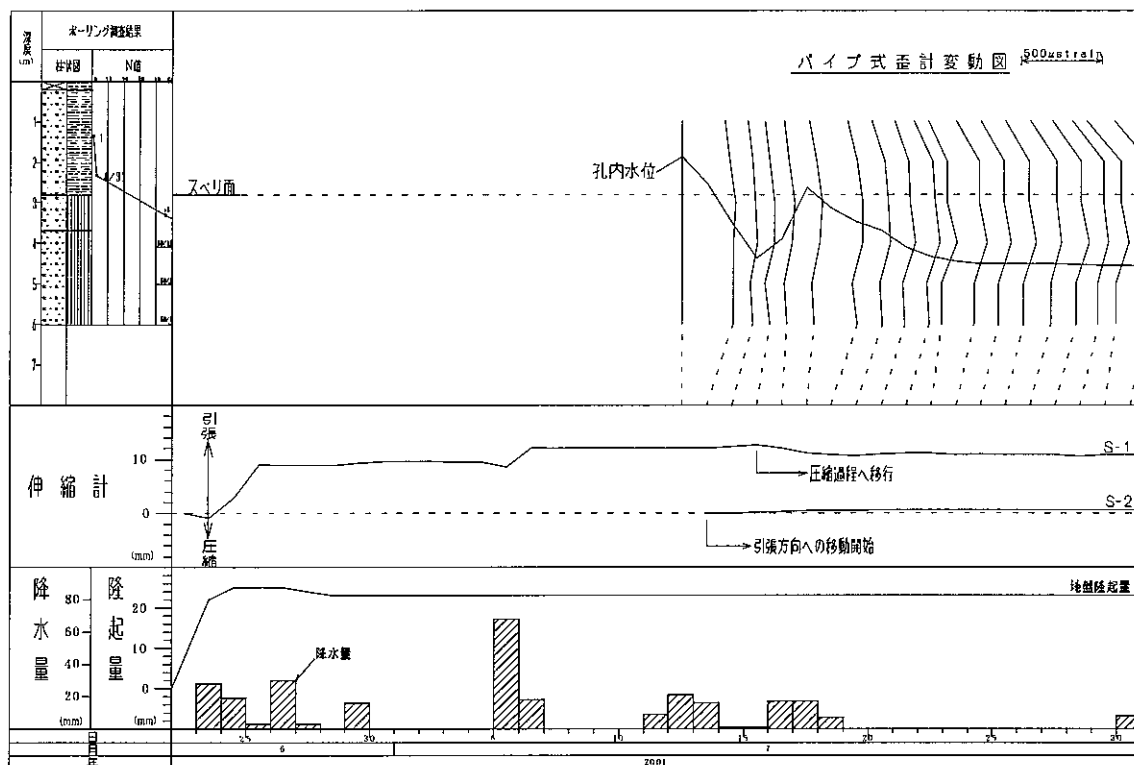


図-3 各種移動量調査結果

#### 4. 地すべり機構

今回地すべりが発生した素因としては、

- ① 基岩である凝灰角礫岩の基質部は風化による粘土化を生じやすく、また、基岩とその上位の粘土層との強度差が大きい事から潜在的にすべり面が形成されていた可能性
- ② 線構造および地下水調査から判断される被災地周辺の豊富な地下水集水性

が挙げられ、誘因としては、

- ① 大雨による地下水位上昇に伴うすべり面に加わる間隙水圧の上昇
- ② 方格ブロック擁壁造成時の切土における末端抑止力の低下
- ③ ①および②に起因した R1 すべりによる、新たな R2 すべり、R1・R2 を複合すべり面とする R3 すべりの誘発

が挙げられる。

#### 5. 安定解析結果（すべり面 R1）

安定解析は一般的に用いられている二次元簡便法によるものとし、移動土塊の単位体積重量は  $\gamma=18\text{kN/m}^3$  とした。

初期地下水位は災害時の水位資料が無いから、孔内水位が GL-5.0m 以上であった事から、参考基準書（一例として、『のり面及び斜面災害復旧工

法』建設省河川局防災課監修，山海堂）に従い災害時の地下水位は地表面（=HWL）とした。

また、災害直後の湧水に関する聞き取り調査結果および湧水箇所を考慮して HWL よりも水位を下げた場合（=DWL）も併せて検討した。

すべり面の粘着力  $c$  は便宜的に移動層移動層の最大鉛直層厚とし、内部摩擦角  $\phi$  は逆算法により求めた。

初期安全率の設定について当現場では、

- ①被災前地形の滑動直前を想定し、それをもって  $F_{s0}=0.95$  と設定する
- ②被災後地形において地すべりの活動度合いに応じて  $F_{s0}=0.95\sim 1.00$  の間で設定する

の 2 通りの手順により安定解析を試みた。①は災害関連事業など調査期間が取れない場合に慣例的に採られている方法であり、②は通常の地すべり事業において採られる方法で、ある程度の調査期間を置きその結果から初期安全率を決定する方法である。

今回、手順②の場合は観測期間中にまとまった降水が無かったため、移動量調査において高水位時の動きを見ることができなかったが、大雨により地下水位が上昇すれば再滑動することが十分

予測されたため  $F_{s0}=0.98$  とした。

表-1 には同じ条件での安全率を比較するために①、②それぞれの手順において被災前・後の安全率を算出している。なお、地下水位 PHWL は対策工として地下水排除工による水位低下を 3.0m 見込んだ水位である。

表-1 安定解析結果一覧

被災時地下水位：HWL

手順	地形	地下水位	安全率	備考
①	被災前	HWL	0.950	←初期安全率
	被災後	"	2.230	
	"	PHWL	6.352	
	"	WL	6.682	
②	被災前	HWL	0.506	
	被災後	"	0.980	←初期安全率
	"	PHWL	2.486	
	"	WL	2.607	

被災時地下水位：DWL

手順	地形	地下水位	安全率	備考
①	被災前	DWL	0.950	←初期安全率
	被災後	"	0.965	
	"	PHWL	1.433	
	"	WL	2.008	
②	被災前	DWL	0.963	
	被災後	"	0.980	←初期安全率
	"	PHWL	1.457	
	"	WL	2.044	

## 6. 考察

今回の解析結果を解析手順違いにより比較すると、初期地下水位が HWL の場合 47~62%、DWL の場合 1~4% の誤差が安全率に生じることが分かる。

初期水位 HWL 時にこれほど大きな誤差が表れた理由として、

- ①本現場において、地すべり前後における斜面形状が上部の変位に比べ下位の変位が極端に少ない
- ②そのため手順①による方法で  $\phi$  を逆算すると値が大きくなってしまふ
- ③これにより安定解析式において、間隙水圧の項の重みが増す方向に働く
- ④つまり地下水位変動の影響を過剰に受けた

ということが挙げられる。

一方 DWL 時では、誤差はほぼ無い。このことは、地下水位の変動幅が被災前後の地形変化にあまり左右されなかったことにより、手順①と②の違いによる  $\phi$  の値の差が小さかったことが大きな要因となる。

数値計算において計算諸条件が等しい場合、今回のような解析手順の違いによって大きな誤差を生むことは無い。あるとすれば初期安全率の設定もしくは初期水位の設定に無理あった場合である。

よって、DWL の水位が実際の現象に近かったと考えることができ、その時の手順①・②における初期安全率の仮定も現実的であったと評価できる。

## 7. おわりに

今回の現場は緊急性を有しており、十分な調査・観測期間を取ることができなかった。しかし、被災直後からの移動量観測結果から地すべり機構を特定することができ、地表踏査や聞取り調査からは被災当時の地下水位を推定することができた。

このように僅かではあるが実際生じた現象捉え、そのデータが持つ意味を解析に取り入れる事で、より合理的な解が得られ、効果的な対策を施すことができた。

災害関連事業など緊急性を要する地すべり現場においては、その十分な調査・観測ができない性格上、被災直後や降雨後などの僅かな事象を的確に捉えることが重要となる。そこにどのような意味が隠されているかを考え、その上で出来る限り事実に沿った安定解析を行なうことが肝要であるととも非常に有効な手段となる。

以上