

斜面安定解析における土質強度定数の設定について

和歌山県 県土整備部河川・下水道局砂防課 ○森川智 西島権^{※1}
 和歌山県 西牟婁振興局建設部 岸野孝彦
 株式会社 修成建設コンサルタント 漆谷悟 井戸幸博
 現所属 ^{※1}：和歌山県東牟婁振興局新宮建設部

1. はじめに

地すべり防止施設計画の規模は、一般に計画安全率で示され、地すべり活動ブロックごとに斜面安定解析にて定められる。このため、初期安全率と土質強度定数および間隙水圧の設定は、地すべり防止施設計画の規模と密接に関係する。和歌山県では土質強度定数の設定について、すべり面の粘着力を最大鉛直層厚によって推定し、すべり面の内部摩擦角を逆算する方法（逆解析）を一般的に採用している。

今回、2015年9月に地すべりの兆候が確認され、2017年度に新規事業化を図った田辺市長野地区の地すべり斜面安定解析において土質強度定数を設定した事例について報告する。

2. 地すべりの概要

長野地区は田辺市郊外の丘陵地に位置し、典型的な地すべり地形を呈している。地すべり頭部の緩斜面は主として梅畑として利用されるとともに人家が点在しており、また地すべり末端部は二級河川左会津川支川の曲り谷川の浸食により急勾配の斜面となっている。

2017年7月より地盤伸縮計、孔内傾斜計、自記水位計を設置し地すべり観測を実施していたところ、2017年10月の台風に伴う豪雨により地すべり活動が活発化した。この活動によりすべり面深度および地すべりブロックの範囲（図1）が確認されるとともに、主測線の設定変更が必要となった。また、4孔の孔内傾斜計が観測不能となったため、調査ボーリングと観測機器を追加した。この地すべりの原因となる素因・誘因等の機構について整理した（表1）。

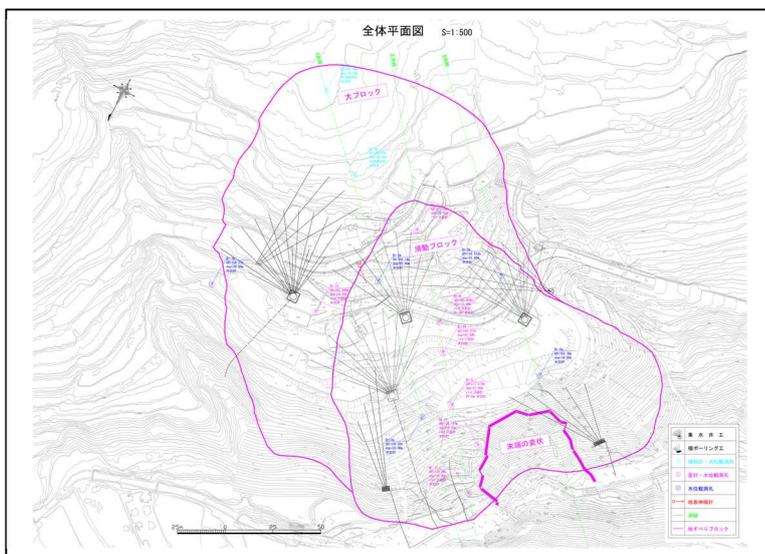


図1 地すべりブロック

表1 機構解析結果

地すべりブロック	概要	規模	地質	素因	誘因
滑動ブロック	① 台風に伴い、明瞭な変位が発生 ② 冠頭部および上部の左右翼はクラックの分布範囲 ③ 左翼部下部は沢地形 ④ 末端は、すべり面深度より谷底に抜ける	幅 150m 長さ 150m 厚さ 28m	四万十帯牟婁層群砂岩・泥岩互層（泥岩主体）（新生代古第三紀）	① 流れ盤の泥岩主体の地質 ② 連続した破砕帯が存在し、すべり面を形成 ③ 大きな地すべりブロックが細分化 ④ 地下水位が容易に上昇	台風による地下水位の上昇
大ブロック	① 滑動ブロックとその背後斜面を含む一連のブロック ② 冠頭部および上部の左右翼は沢地形 ③ 下部は滑動ブロックと共通	幅 230m 長さ 240m 厚さ 28m			滑動ブロックの活動が背後斜面を不安定化

台風通過後、非出水期に入ったこともあり、地すべり活動は一旦休止したが、2018年5月6日から9日にかけての降雨（連続雨量233mm）により再活動が発生し、頭部の地盤伸縮計で1mm/hr未滿の断続的な動きが観測された。その後の6月の最大日雨量233mmや8月の最大日雨量273mm等の降雨により、10月1日には同

じ地盤伸縮計で1mm/hr以上の動きが約20時間にわたり観測された。その他、地すべり末端部の変状等により調査ボーリングを追加し、末端部の地すべり面形状を変更した。主測線断面図を図2に示す。

3. 斜面安定解析と土質強度定数

2017年10月の地すべり活動に対して、技術指針¹⁾²⁾³⁾等を参考に滑動ブロックの斜面安定解析を行った。安定解析は、安全率の設定、すべり面粘着力(c)の推定、そして地下水位計の観測結果(各孔の最高水位)を用い、逆解析により内部摩擦角(ϕ)と必要抑止力を算定した(表2)。

長野地区の地すべりの場合、計画安全率を満足させるためには非常に大きい抑止力が必要であるため、集水井による地下水位の低下を主体とした地すべり防止施設計画を策定し、2018年5月の再活動以降、緊急横ボーリング(2箇所)、横ボーリング(2箇所)、4基の集水井が完成している。集水井等の施工と並行して地下水位や動態等の観測を行い抑制工の効果と必要抑止力の算定を実施してきたが、2020年までに完成した2基の集水井等ではあまり効果が見られず抑止工(鋼管杭工)の検討が必要な状況にあった。このような中で、2020年7月に主測線上のパイプ歪計にひずみの累積(900 μ s/6日~1980 μ s/6日、1100 μ s/月~2700 μ s/月)が観測されたことから、2021年にそれまでの斜面安定解析の見直し(粘着力は変更せず逆解析により内部摩擦角を算定し、鋼管杭の設計に必要な抑止力を計算)が行われた。その後2基の集水井が完成し、2022年の観測では降雨量が少なかったこともあり地下水位の顕著な低下が確認された。現状の安全率の評価と今後の対策の検討を行う必要があるが、「2021年の見直し」がそれ以前の安定解析との整合や検証が実施されていなかったため、見直した土質強度定数の妥当性等、現状安全率の評価に混乱が生じている。

このため、2017年からの観測データを用いて土質強度定数を設定し斜面安定解析を行った。解析に際しては、2018年9月30日の観測データでは2017年よりも地下水位が低いにも関わらず地盤伸縮計に顕著な引張が確認されていること、従来の安定解析には主測線上の地下水位観測孔毎の年間最高水位を使用しており、活動に影響した地下水位は使用していないことに着目し、2018年9月30日の活動直前の地下水位(臨界水位)を用い現状安全率を1.00と設定し、逆解析により内部摩擦角を算定した。また、2020年7月のひずみ累積時点の地下水位を複数パターン用いて安全率を算定し、土質強度定数の妥当性を検証した。結果としては、ひずみ累積時の安全率は約1.07となり1.00を超過しているが、地盤伸縮計には0.3~0.5mm/日と明瞭な引張が発生していないことから、土質強度定数と安定解析にはそれなりの妥当性があると判断している。

4. おわりに

今回は6年間の観測データを用いて現状安全率の評価と今後の対策の検討のための土質強度定数の設定と斜面安定解析を行ったが、地すべり活動をより合理的に説明するためには、すべり面粘着力について最大鉛直層厚によって一律に設定するのではなく、土質試験に基づく実測値の活用等、別の設定方法が必要であると感じた。また、地すべり対策を検討するうえで、安全率の評価には観測データによる検証等が重要であることを再認識した。今後も技術の研鑽に努めてまいりたいと考えている。

【謝辞】

今回の発表を行うに際して、貴重なデータや助言等のご協力をいただきました関係者の皆様はこの場をお借りして感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 国土交通省河川砂防技術基準同解説 計画編
- 2) 国土交通省河川砂防技術基準同解説 調査編
- 3) 地すべり防止技術指針及び同解説(平成20年4月)

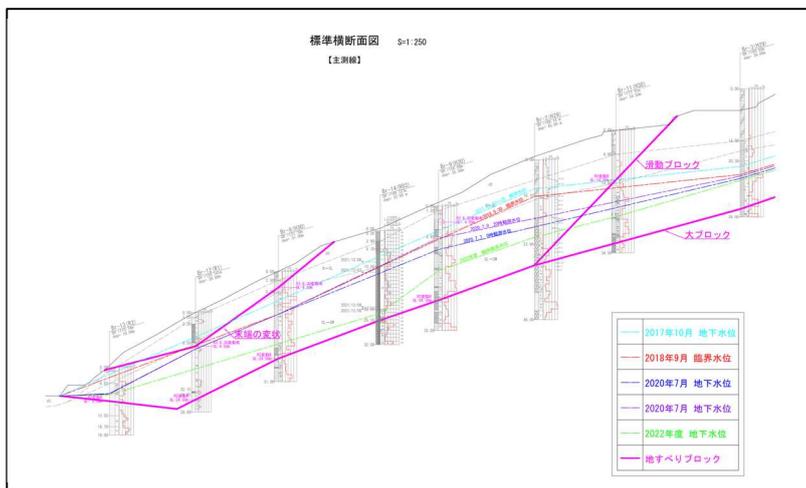


図2 主測線断面図

表2 斜面安定解析(2017年)

○滑動ブロック	
・計画安全率	1.20
・現状安全率	0.98
・粘着力	c=25kN/m ²
・内部摩擦角	$\phi=23.7^\circ$
・必要抑止力(現状)	5111.1kN/m
・必要抑止力(集水井考慮)	1872.7kN/m