

豪雨を考慮した地すべり対策工の設計事例

ニタコンサルタント株式会社 正 会 員 ○ 大和直也
 法人会員 橋本昌夫
 正 会 員 安藝浩資

1.はじめに

近年、気候変動による豪雨の激化により、地すべり対策地域で想定外の地下水位の上昇による対策安全率の低下が懸念される。そのため、地すべり再発防止を目的とする対策工の設計において、地下水位上昇による安全率低下を考慮しておくことが重要である。本文では、斜面安定解析から地下水位と安全率の相関関係を求め、必要抑止力を検討した事例について報告する。

2. 対象地すべりの概要

対象とする地すべりブロックは、三波川変性帯の地すべり防止区域内にあり、横ボーリング工が施工され、2005年に概成していた。しかし、2011年9月の台風による豪雨(421mm/日)で発生し、ブロック頭部(写真2)で約50cmの変位が確認された。その後の台風15号でも変状拡大が確認されたため、緊急対策が求められた。地すべりブロックの全景を写真1に、また、表1には規模を示した。地形形状は凹状の一次谷の集水地形である。対策工の設計において、地質構造と地下水位の把握のため、試錐工4箇所を実施した。図1に推定地質断面図を示す。図より、ブロック幅の1/6程度の深さに強風化層内の破碎帯を確認できる。併せて、地形形状や地下水位を踏まえると、すべり面は常時、地下水位下にあることから、抑止力検討には豪雨による地下水位上昇を考慮する必要がある。



写真1 対象地すべりブロックの全景



写真2 ブロック頭部の状況

表1 地すべりブロックの規模

・最大幅：	W=100m
・滑動方向の水平距離：	H=115m
・滑落崖から末端部の比高：	V=55m
・地すべり斜面長：	L=127m
・地すべりブロックの平均斜面傾斜角：	$\beta=25^\circ$

表2 各孔における地下水位(自己水位観測 2/17~6/22) ²⁾

孔番	すべり面 (GL-m)	L.W.L (GL-m)	H.W.L (GL-m)	H.H.W.L (GL-m)
BV-1	19.45	6.97	5.55 (6/21)	5.20
BV-2	15.10	5.53	5.24 (6/22)	5.30
BV-3	15.00	8.69	8.01 (2/23)	3.40
BV-4	13.50	7.63	7.19 (6/21)	4.00
月間最大降雨量(mm/月)			347* (2012/6)	
日最大降雨量(mm/日)			140 (6/21)	

3.豪雨を配慮した地すべり対策工の設計

(1)設計条件 地下水上昇を考慮した安全率の設定について既往事例は見当たらず、地形形状やブロック規模、および地下水位を踏まえ、必要抑止力を算定する必要があった。計画安全率(F_{sp})は、一般的に1.05~1.20の範囲で設定する¹⁾。また、抑止力算定に用いる地下水位は、通常、地下水観測結果や試錐日報からのH.H.W.Lを用いることが多い。しかし、ここでは、今後の豪雨による再発防止を目的とするため、地下水位として、地表

面まで上昇した場合の水位 (H. H. W. L+3.6m) を用い、計画安全率については $F_{sp}=1.00$ 以上を確保することを設計条件とした。

(2) 強度定数 (c, ϕ) の設定

強度定数の設定には、修正フェレニウス法 (簡便法)²⁾ による逆算法を用いた。また、地下水位には、試錐日報から各孔の H. H. W. L (表 2 参照) を用いた。現状安全率 $F_0=1.00$ を満たす (c, ϕ) は $c=17\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=30.4^\circ$ となる。

(3) 必要抑止力の設定

豪雨による地下水位の上昇により再発した地すべりの計画安全率の決定は、長期的な安全性の確保と経済性の両面から考慮する必要が

あり、容易ではない。そのため、ここでは、表 3 に示すように地下水位と安全率の相関関係を算定した。表から、Case. 4 の地表面 (HHWL+3.6m) まで水位が上昇した場合、安全率は 14.8% ($F_s=1.00 \rightarrow 0.852$) 低下することがわかる。また、安全率 $F_{sp}=1.00$ とするために必要な抑止力は 1696.8kN/m 、 $F_{sp}=1.20$ では 3994.7kN/m である、表中には、Case. 5 の抑制工 (横ボーリング工による 1.2m の地下水低下) を併用した場合の検討結果も併記した (HHWL+2.4m)。抑制工併用の場合、安全率の低下は 9.8% ($F_s=1.00 \rightarrow 0.902$) となり、この場合、安全率 $F_{sp}=1.00$ 以上を確保するには、抑止力 ($Pr=1126.8\text{kN/m}$) 以上での設定が必要となることがわかる。

表 3 地下水位と安全率の相関関係

	CASE. 1	CASE. 2	CASE. 3	CASE. 4	CASE. 5
地下水位 (m)	HHWL+1.0	HHWL+2.0	HHWL+3.0	HHWL+3.6	HHWL+2.4
安全率 F_s	0.959	0.918	0.877	0.852	0.902
$F_{sp}=1.20$ Pr(kN/m)	2744.4	3223.4	3703.4	3994.7	3414.8
$F_{sp}=1.15$ Pr(kN/m)	2175.2	2652.2	3130.2	3420.2	2842.8
$F_{sp}=1.00$ Pr(kN/m)	467.8	938.6	1410.5	1696.8	1126.8
備考	抑止工のみ			地表面水位 抑止工のみ	地表面水位-1.2m 抑制工を考慮

(4) 地すべり対策工 現地は、現道幅が狭く、屈曲が激しいことからプレキャスト製品を運搬する 4t 車両の進入が困難であった。また、標高が 530m と高いことから索道等による資材の搬入も容易ではない。これらを考慮し、計画案は、「現場打受圧板アンカー工」「排土+アンカー工」「アンカー工+杭工」の 3 案を比較検討し、施工性、経済性から現場打受圧板アンカー工を提案した。

4.おわりに

本対策により、地すべりの進行を早期に抑えることができた。また、経過観測では、平成 30 年西日本豪雨 (514 mm/日) などの豪雨においても道路施設の変状等の地すべり挙動は観測されず、現在も安定が保たれていることから令和元年に概成に至っている。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会, 道路土工, 切土工・斜面安定工指針, 平成 21 年度版, 平成 21 年 6 月, p.403
- 2) 日本道路協会, 道路土工, 切土工・斜面安定工指針, 平成 21 年度版, 平成 21 年 6 月, p.399

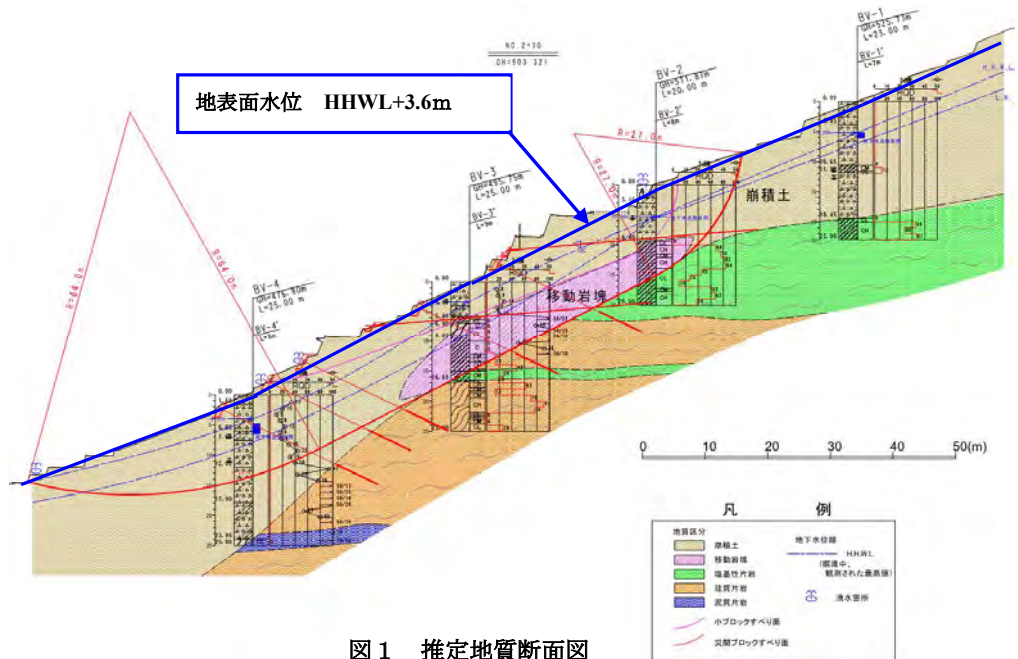


図 1 推定地質断面図