

実効地表面到達水量を用いた横ボーリング工の効果判定について

株式会社北信ボーリング ○阿部 拓実
 長野県須坂建設事務所 整備課 中村 亮人
 長野県北信建設事務所 整備課 唐木 彰仁

1. はじめに

地すべり対策工の効果判定においては、降雨や融雪の影響を考慮した地下水位変動の把握が重要である。豪雪地帯である長野県北信地域では、融雪期（3～4月）に地すべり活動が活発化する。本稿では、桂ほか（2016）に基づき融雪水を考慮した実効地表面到達水量（*EMR*）を算出し、横ボーリング工施工後の効果判定を行った事例を報告する。

2. 調査地の概要

調査地は長野県飯山市富倉に位置し、長さ約1.5kmの大規模地すべりの末端部にあたる。地質は新第三紀鮮新世富倉層の泥岩を基盤とし、表層部には粘性土を主体とする地すべり堆積物が分布する。対象ブロック（A-1）は、長さ約90m、幅約30m、深さ約4mの舟底型の地すべりである。令和2年10月から地すべり観測を実施し、令和4年7月には横ボーリング工（3群計603m）が施工された。以下、「施工後」とはこの工事後を指す。

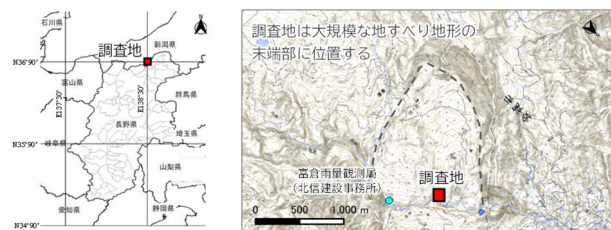


図1 調査地の位置図

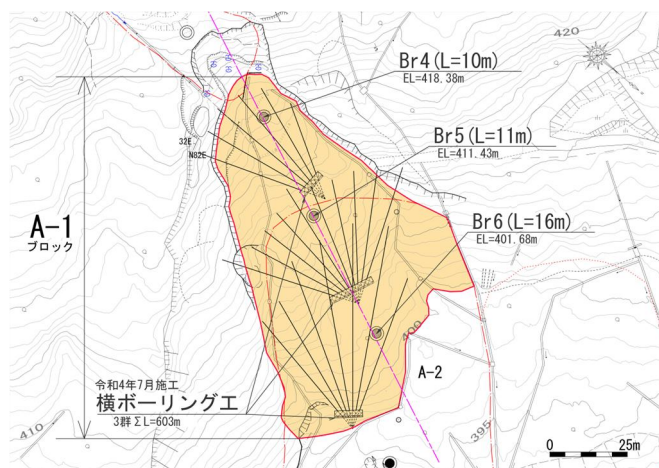


図2 調査位置平面図

3. 方法

3.1 観測方法

地下水位は、3箇所の水位観測孔（Br4、Br5、Br6）の1時間毎に水位データを使用した。気象データは、長野県北信建設事務所所管の気象観測局「富倉」（図1）で観測された値を使用した。

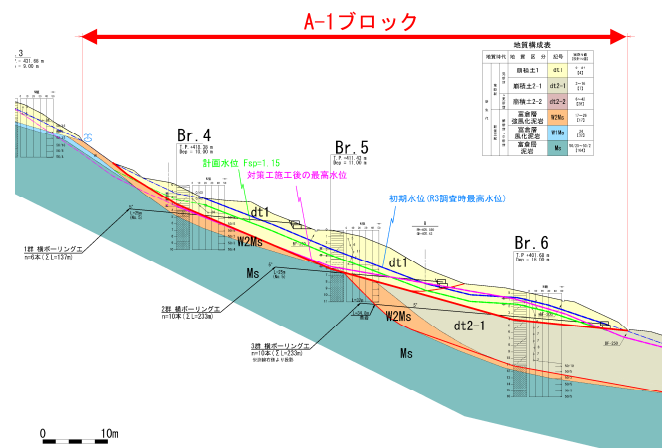


図3 A-1 ブロック断面図

3.2 地表面到達水量 *MR*、実効地表面到達降水量算定方法 *EMR* の算定方法

桂ほか（2016）に基づき、冬期の降水量について、気温が2℃以上の日を降雨、2℃未満の日を降雪と判定し、総融雪量、融雪係数から地表面到達水量 *MR* (mm/day) を求めた。

実効地表面到達水量 *EMR* は、Matsuura *et al.* (2003) の計算式を使用した。ただし、日雨量に代わり日地表面到達水量を用いた。

3.3 実効地表面到達水量 *EMR* を用いた解析

林ほか（2016）に基づき、半減期 *H*、遅延日数 *d* を変数とした *EMR* を *EMR_{H,d}* と表記し、計算地下水位を式（1）で表現した。

$$GL_{cal} = a \cdot EMR_{H,d} + b \quad (2)$$

ここに、*GL_{cal}*：計算地下水位、*a*、*b*：係数である。単回帰分析を行い、*H*、*d*、*a*、*b* の値を決定した。

4. 結果

4.1 観測結果

水位変動図を図4に示す。Br4孔およびBr6孔は *MR* に対する応答が良く地すべりブロック内部の地下水位を反映している。一方、Br5孔は施工後にすべり面付近まで地下水位が低下し、*MR* に対しての応答も鈍いため、基盤の地下水位を反映していると推察し、解析対象から除外、図表のみを参考として掲載した。いずれの観測孔においても、施工後に水位変動幅の拡大、基底水位の変化が認められた。

4.2 実効地表面到達水量と地下水位の関係

観測時期により、施工後の水位変動傾向が異なったため、水位変動幅および基底水位に着目して、水位変動を複数のイベントに区分し、回帰分析を行っ

た(図4)．採用した変数を表1および表2に示す．決定係数はイベント区分した値のほうが高く，解析精度が向上した．

表-1 EMRの回帰分析結果(全期間)

観測孔	期間		半減期	遅延日数	係数	係数	決定係数
			H (日)	d (日)	a	b	R^2
Br4	施工前	R3/10/1～R4/6/10	5	0	-0.003	1.351	0.214
	施工後	R4/7/1～R6/12/2	2	0	-0.019	3.642	0.335
Br5 (参考)	施工前	R3/11/1～R4/5/31	6	0	-0.004	4.855	0.313
	施工後	R4/8/1～R6/12/2	3	0	-0.01	6.59	0.034
Br6	施工前	R3/10/8～R4/4/30	2	0	-0.004	1.068	0.481
	施工後	R4/9/1～R6/12/2	3	0	-0.017	1.632	0.306

表-2 EMRの回帰分析結果(イベントごと)

観測孔	期間		半減期 H (日)	遅延日数 d (日)	係数 a	係数 b	決定係数 R^2
Br4	施工前	R3/10/1～R4/6/10	5	0	-0.003	1.351	0.214
	施工後	① R4/9/1～R5/7/23	3	0	-0.008	3.619	0.374
		② R5/7/24～R6/4/14	4	0	-0.017	3.746	0.570
		③ R6/4/15～R6/12/2	3	0	-0.032	3.838	0.654
Br6	施工前	R3/10/8～R4/4/30	2	0	-0.004	1.068	0.481
	施工後	① R4/9/1～R5/3/27	3	0	-0.007	1.32	0.178
		② R5/3/28～R5/11/6	3	0	-0.024	1.825	0.517
		③ R5/11/7～R6/4/9	2	0	-0.02	1.217	0.419
		④ R6/4/10～R6/12/2	6	0	-0.018	2.129	0.538

4.3 横ボーリング工の効果判定

Br4では，施工前後で同量のEMRに対する地下水位が全体的に低下するとともに，半減期が短縮され，降雨の影響の持続期間が短くなったことが示唆された(図5)．Br6孔は，施工前後で最高水位に明瞭な変化は見られないものの，基底水位の低下が認

められた．EMRを用いることで，施工後に地すべり地内の地下水位挙動が変化したことを定量的に評価することができた．

5. おわりに

本稿で示した手法は，既存の気象データから融雪水量を推定しており，融雪水量と地下水位との相関関係が認められたことから，融雪期の地すべり活動を解析するうえで有効な手法と考えられる．

EMRは，パラメータ(半減期や遅延日数)に加え，解析期間の設定が精度に大きく影響する．特に年間や季節単位での一括解析では精度が著しく低下するため，適切な期間設定に留意する必要がある．

本稿では，地下水位の変動傾向に着目し水位イベントを区分したが，変動要因の特定には至っていない．今後は，降雨・融雪の状況や地すべりの変動状況を考慮し，変動要因の解明を進めることが課題である．

参考文献

- 桂真也・畠田和弘・木村諒・丸山清輝・池田慎二・秋山一弥(2016)：実効雨量法を用いた積雪地域の山間地に位置する地すべり地の地下水位変動解析，日本地すべり学会誌，Vol.53, No.1, pp.1-12.
- Matsuura, S., Asano, S., Okamoto, T. and Takeuchi, Y. (2003)：Characteristics of the displacement of a landslide with shallow sliding surface in a heavy snow district of Japan, Engineering Geology, Vol.69, pp.15-35.

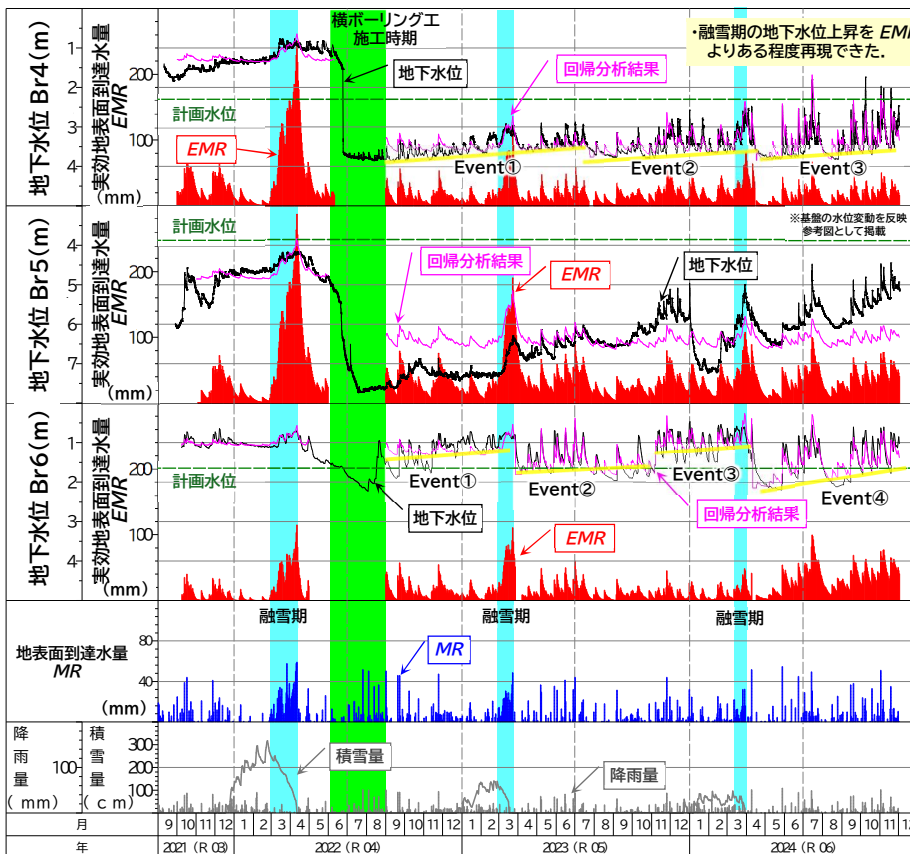


図4 施工前後の地下水位変動図とEMR

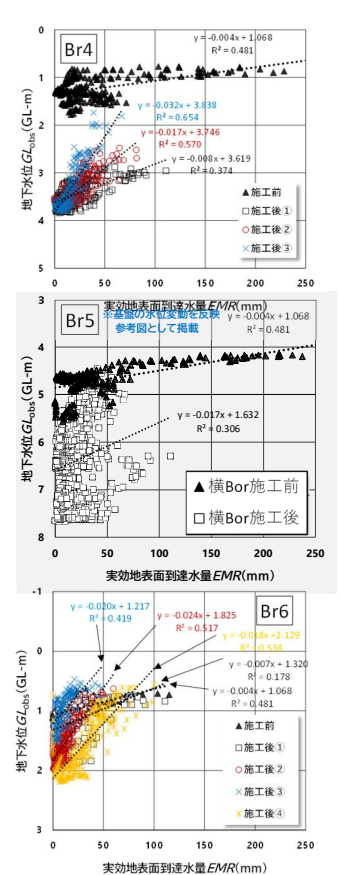


図5 地下水位とEMRの相関