

平成28年度

一般国道232号臼谷地区における 地すべり対応について

留萌開発建設部 留萌開発事務所 第2道路工務課 ○児嶋 啓太
道路計画課 齋藤 浩
東 英俊

一般国道232号小平町臼谷地区の地すべりは、今年度横ボーリングや鋼管抑止杭等による恒久対策が完了する。本箇所における現道交通の安全を確保するため、パイプひずみ計等による定期観測、地下水位観測と自動メール配信を取り入れた常時自動観測、道路パトロールによる重点的な確認により、地すべりの活動状況の把握を行ってきた。本稿では、本箇所における道路管理、および対策工完了までの一連の過程について報告する。

キーワード：防災・維持・管理

1. はじめに

地すべり等の災害が発生した箇所や災害が懸念される箇所では、管理方法の設定にあたり、発生機構、変状・被災の種類や程度、対策工種、施工期間、事務所等の人員や体制などの各箇所に固有の課題や制約条件が存在する。そのため、管理体制を構築する際には、これらを考慮して対象箇所ごとに最適な方法を考えることが重要となる。

本稿は、一般国道232号小平町臼谷地区の地すべり対策工の完了までの管理体制とその構築過程について報告するものである。

2. 概要・経緯

(1) 対象箇所の概要

一般国道232号臼谷地区地すべり対策を実施した箇所は、留萌郡小平町の南約2km（KP120.7km付近）に位置する。本箇所は侵食された丘陵地の末端部で、直近を走る国道の歩道部が、地すべり変動により徐々に隆起する現象が生じていた。

このため、当該斜面の区間はH18年度の道路防災点検で「対策が必要と判断される」箇所と評価され、融雪期・初冬期および豪雨等緊急時の「防災カルテ」を作成し対応する箇所となっていた。

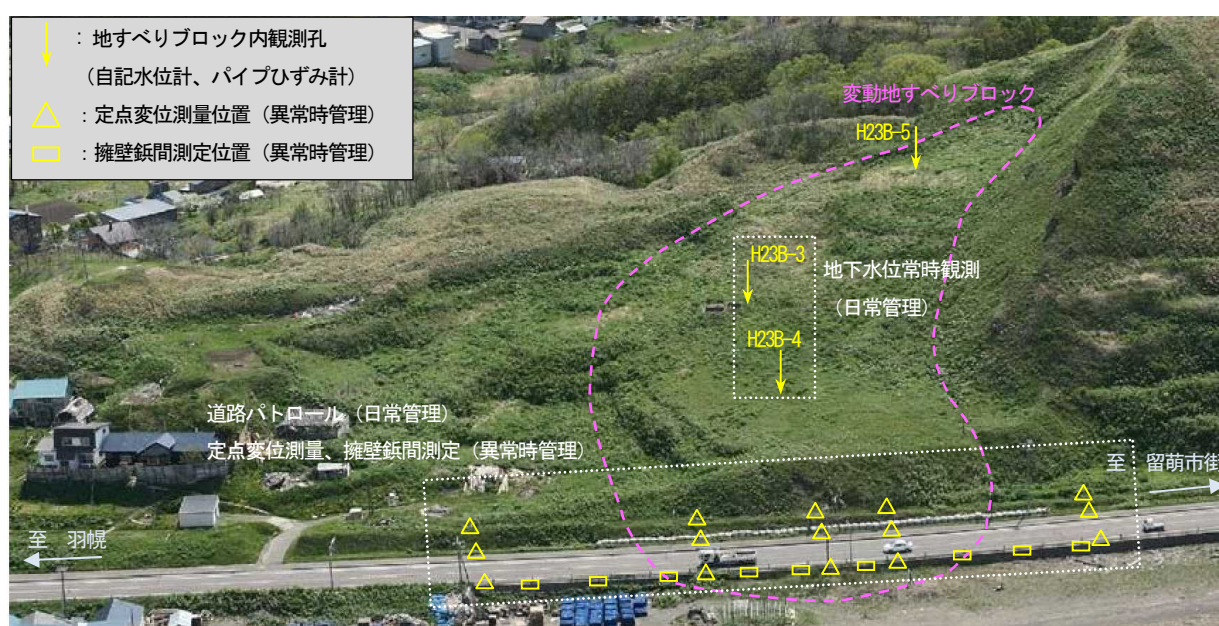


写真-1 地すべり箇所全景



図-1 対象箇所位置図（地理院地図に加筆）

(2) 発生要因の特定と対策工の設計

本箇所では、対策工実施のため、平成23～24年度に地質調査および地すべり解析を実施した。解析にあたっては、地すべりの発生状況と原因を明らかにするため、自動記録式の水圧計（自記水圧計）とパイプひずみ計の設置・観測に加え、移動杭測量による路面変位の測定、および目地部の鉋間計測による擁壁変位の測定を実施した。これらの観測結果に基づく地すべり解析の結果、地下水位の上昇が地すべり発生の主因であること、ならびに地下水位が地すべりブロック内上部から順次上昇する傾向があることが確認できた。

この結果を受け、平成24年度に詳細設計を実施し上下段の横ボーリング19本（φ90mm削孔、VPφ40mm、上段6本 L=43.5m、下段13本 L=64.0m）による地下水位低下工と、鋼管杭65本（φ508mm-t12mm、L=12.5～17.5m）による抑止工を併用した対策工とした。

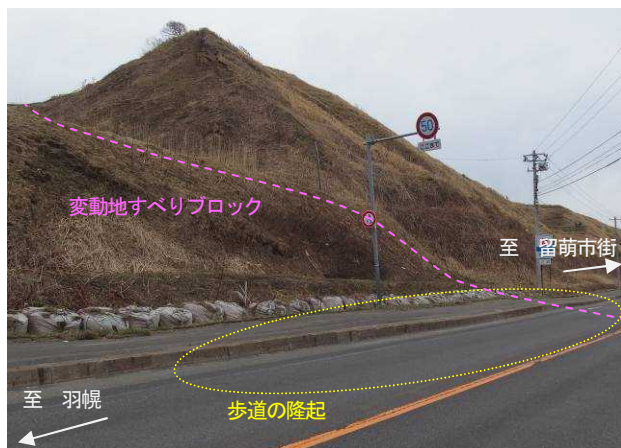


写真-2 歩道部の変状状況

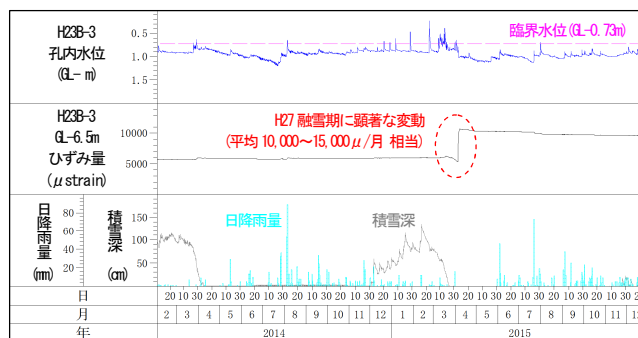


図-2 地すべりブロック内観測孔における水位・ひずみ

(3) 平成27年度融雪期の変動と対策工完了までの対応

平成27年4月初旬、パイプひずみ計および自記水圧計のデータ解析結果から、変動地すべりブロック内の3孔で10,000～15,000 μ strain/月相当と観測開始以後最大のひずみ累積が観測された。

変動は融雪期の地下水位上昇によるもので、最大の変動発生時には、3孔全てについて地下水位の上昇が観測された。この事象を踏まえ、地すべり変動により変状が進行した場合、現道への影響が大きいと判断し、地すべり頭部へのシート被覆と、地下水位を低下させる上段横ボーリングと排水工を応急対策として施工するとともに、平成28年度の恒久対策完了までの管理体制を構築した。

3. 管理体制の構築

(1) 管理体制構築にあたっての課題と条件

a)設備・計測機器の選定に関わる課題と方針

本箇所における地すべり管理は、現道交通の安全確保のため、事象発生に際し迅速な規制判断を行う体制を構築し、対策工完了まで継続した運用とする方針とした。

一方、早急に管理体制を構築するため、既存設備やデータを有効に活用し、大規模な追加調査、検討、新たな計測機器の設置を極力避け、コスト増加を抑えることも重要なことから、新たに計測機器を設置せず既存の機器を有効に活用することとした。

b)計測機器の選定

本箇所の地すべりブロック内には、平成23年度に自記水圧計とパイプひずみ計各3基を設置済みであり、これらの既存機器に、Web上へのデータ伝送による常時監視機能を機器に付加することで、リアルタイムにデータを送ることが技術的に可能であった。

しかし、表-1に示すように一般的なパイプひずみ計の耐用年数が1～3年程度とされていることに対し、本箇所のパイプひずみ計は設置から3年が経過し、測定範囲は一般的な $\pm 10,000 \mu$ strainに対して既に10,000～20,000

μ strain程度を示していた。さらに、3基のうち1基はひずみゲージの破断により測定不能な状態となっていた。このことから、現況のパイプひずみ計は耐用限界に限りなく近い状態と考えられた。

また、本箇所地のすべり対策工は横ボーリング工および鋼管抑止杭であることから、観測孔（塩化ビニル管）の変形を計測するパイプひずみ計の測定値は施工の影響を受けるおそれが大きく、対策工の施工時に計測不能となることも懸念された。

このため、パイプひずみ計の測定値によって管理体制を構築することは困難であると判断した。

一方、自記水位計については、一般的に耐用年数の上限がなく（表-1）、測定値が施工の影響を受けるおそれも小さい。これに加え、これまでの観測結果から本箇所地のすべり変動は地下水位とよく連動することが確認されており、地下水位の上昇から変動の兆候を捉えることが可能と考えられる。

以上のことから、本箇所では、自記水位計で測定する地下水位により管理体制を構築することとした。

(2) 管理体制の構築

a) 管理基準の設定、管理体制の構成

本箇所では、既設の計測機器を有効に活用できる地下水位を管理指標として日常管理を行うこととした。

しかしながら、地すべりの管理基準値の設定に当たり、変動そのものの発生や程度に基づいて管理基準値を設定する場合には、表-2に示した日変位量による管理基準値²⁾が示されているが、地下水位を管理指標とする場合には基準とすべき指標は示されていない。

そこで本箇所では、管理体制を以下に示す2段階で構成し、通行規制実施の有無は異常時管理で計測した変位により判断することとした。

- ①地下水位の常時観測と道路パトロール時の目視により、地すべりの兆候を監視する日常管理
- ②日常管理により地すべりの兆候が認められた場合、地すべり変動による路面と擁壁の変位を現地で直接測量により計測する異常時管理

b) ①日常管理体制

日常管理（図-3）では、地すべりブロック内の観測孔2孔（上部のH23B-3号孔および下部のH23B-4号孔）の地下水位常時観測と道路パトロールによる重点観察を並行して実施することにより、地すべり変動発生兆候や変位の有無を監視する。

地下水位常時観測では、安全率 $F_s=1.0$ 相当の臨界水位（H23B-3号孔ではGL-0.73m、H23B-4号孔ではGL-7.34m）を管理水位とし、監視対象の2孔が双方とも管理水位を超過した場合、異常時管理体制に移行することとした。

地下水位は既設の観測設備によって計測し、今回追加でWeb監視・自動通報機能を付加して管理することとした。追加したシステムにより測定値を常時Web上で閲覧

可能とするほか、管理水位超過時には、道路管理者、防災点検担当者、維持工事担当者にその旨がメールで自動発信されるシステムとした（図-4）。

表-1 パイプひずみ計の耐用年数・測定値

測定機器	測定範囲	耐用年数
パイプひずみ計 (自動観測用)	$\pm 10,000 \mu$ strain	1～3年
地下水位計 (ひずみゲージ式)	0～30m	

(引用文献³⁾より抜粋し整理・加筆)

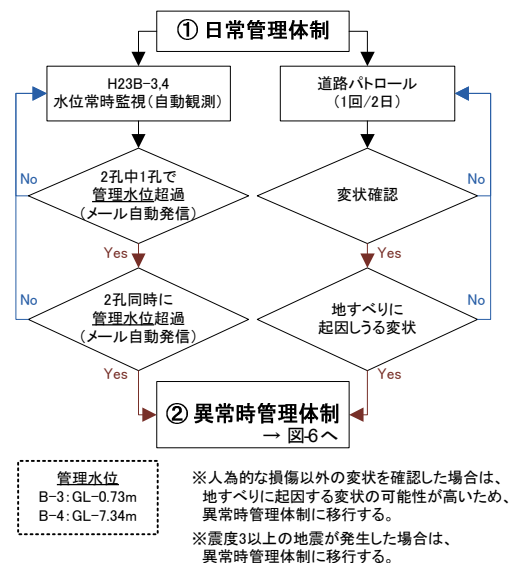


図-3 地すべり管理フロー（①日常管理体制）



図-4 Web監視画面（左）と予告警報メール（右）

表-2 地すべり観測の管理基準値と対応

計測機器	管理基準値の表記法	対応方針
		警戒・応急対策 通行止めの検討
伸縮計 地中伸縮計 光波測距儀	継続日数と その間の変位速度	10～100mm/1日

(引用文献²⁾より抜粋・整理)

また、地下水位上昇がブロック内上部から順次発生する傾向がこれまでの観測データより確認できることから、監視対象の2孔のうち1孔で管理水位を超過した段階で予告として警報を発信することとし、地下水位の変動を注視する体制を整えた。予告警報メールの受信により、道路管理者は、防災点検担当者へ数値の確認や過去データとの比較などの安全性検討を、維持工事担当者へは必要に応じて出勤準備をするようそれぞれ指示する。そのうえで、監視対象の2孔双方で同時に管理水位を超過した場合、あるいは超過する可能性が極めて高いと判断された場合、異常時管理体制へ移行することとした。

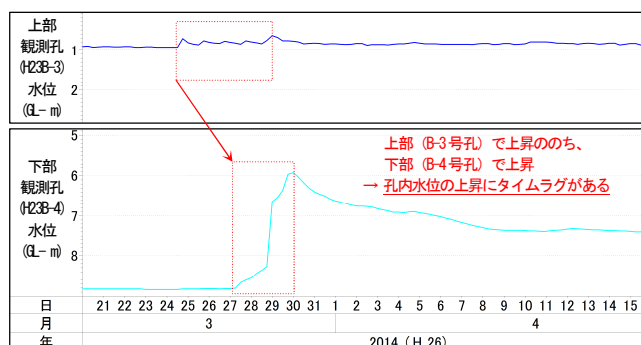


図-5 地下水位の上昇傾向（平成26年融雪期の例）

道路パトロールでは、路面、斜面、海岸擁壁の変状状況を重点着目事項とし、通常のパトロール時に変状の進行や新たな変状の発生有無をパトロール車から降りて目視で観察することとした。

重点着目事項は、担当者間で共有が可能となるよう1枚の用紙に整理した（図-6）。また、観察箇所や手法における個人差を最小限にすること、ならびに異なる実施日における状況を比較可能とすることを目的に、1回のパトロールにおいて、一定の位置（全6箇所、スプレーにてマーキング）から一定の方向に決められた枚数の写真（全10枚）を撮影することとした。

道路パトロールにおける撮影写真および着目箇所は以下のよう定めた：

- ・歩道の変状状況（起点、終点、中間点）
- ・車道路面の変状状況（全景写真、既存クラック部）
- ・海岸擁壁の変状状況（起点、終点）
- ・斜面の変状状況（全景写真）

これらの写真撮影と目視確認により、地すべりに起因する可能性がある変状が認められた場合にも、異常時管理体制に移行することとした。

小平町臼谷（R232M010） 日常パトロール確認箇所

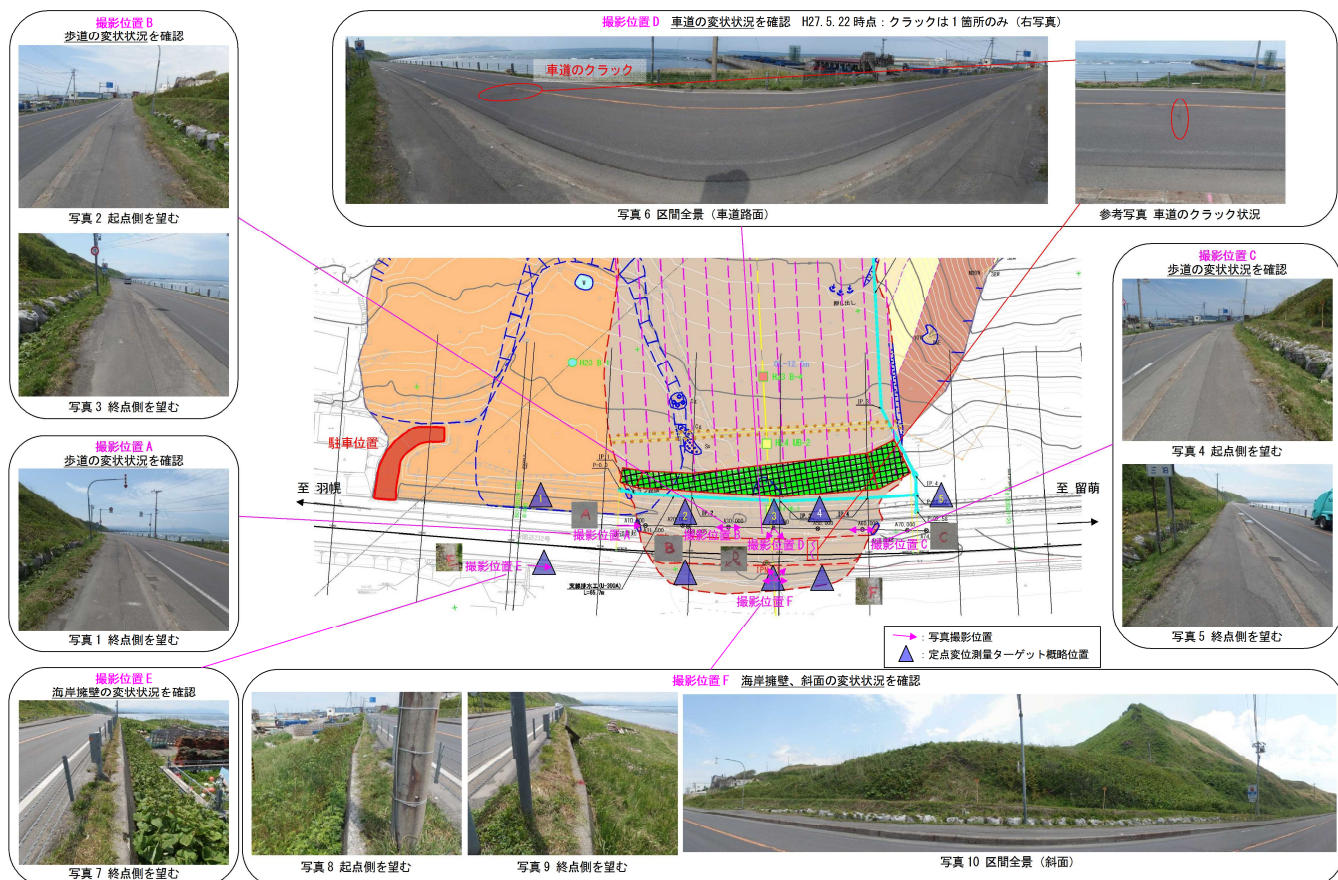


図-6 日常パトロールにおける着目事項および撮影写真

c)②異常時管理体制

日常管理体制の下で実施している地下水位の常時観測により、観測している2孔が双方とも管理水位を超過した場合と、道路パトロール時における目視観察により、地すべりの兆候が認められた場合には、日常管理体制から異常時管理体制に移行する。

異常時管理体制（図-7）の下では、地下水位の常時観測に加え、年間維持業者が6時間毎に斜面、路面、海岸擁壁に予め設置した定点の位置を測量機器を用いて測量し、変位を確認する。測量の結果、25mm/6h（表-2に示す管理基準の100mm/日相当）以上の変位が確認された場合、国道232号の通行止めを実施する。

また、異常時管理体制時において孔内水位が観測開始（平成23年度設置時）以降の最高値（上部H23B-3号孔ではGL-0.10m、下部H23B-4号孔ではGL-5.95m）を記録した場合には、これまでに実績のない事象であることから、6時間毎の測量に加えて現地に人員を追加で配置し、変位を24時間体制で監視する。24時間体制での監視の下で、何らかの異変が発見された時には、直ちにその対応を協議する。

異常時管理体制は、常時観測を行っている2孔の地下水位の1孔が管理水位未満となり、かつ6時間毎の測量で明確な変位が確認できなくなった時点で終了とし、再び日常管理体制へ移行することとした。

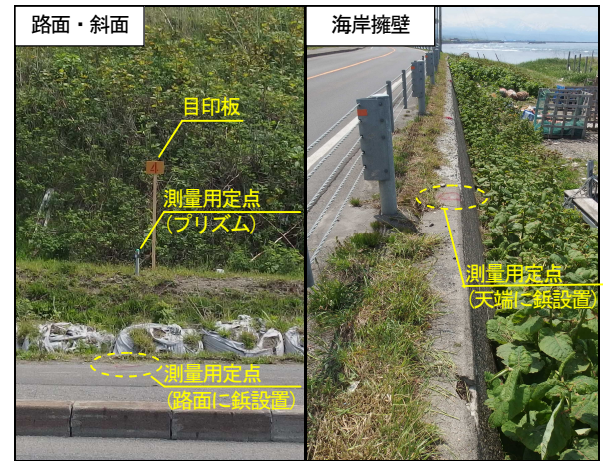


写真-3 変位測量に用いる定点
(左：路面・斜面、右：海岸擁壁)

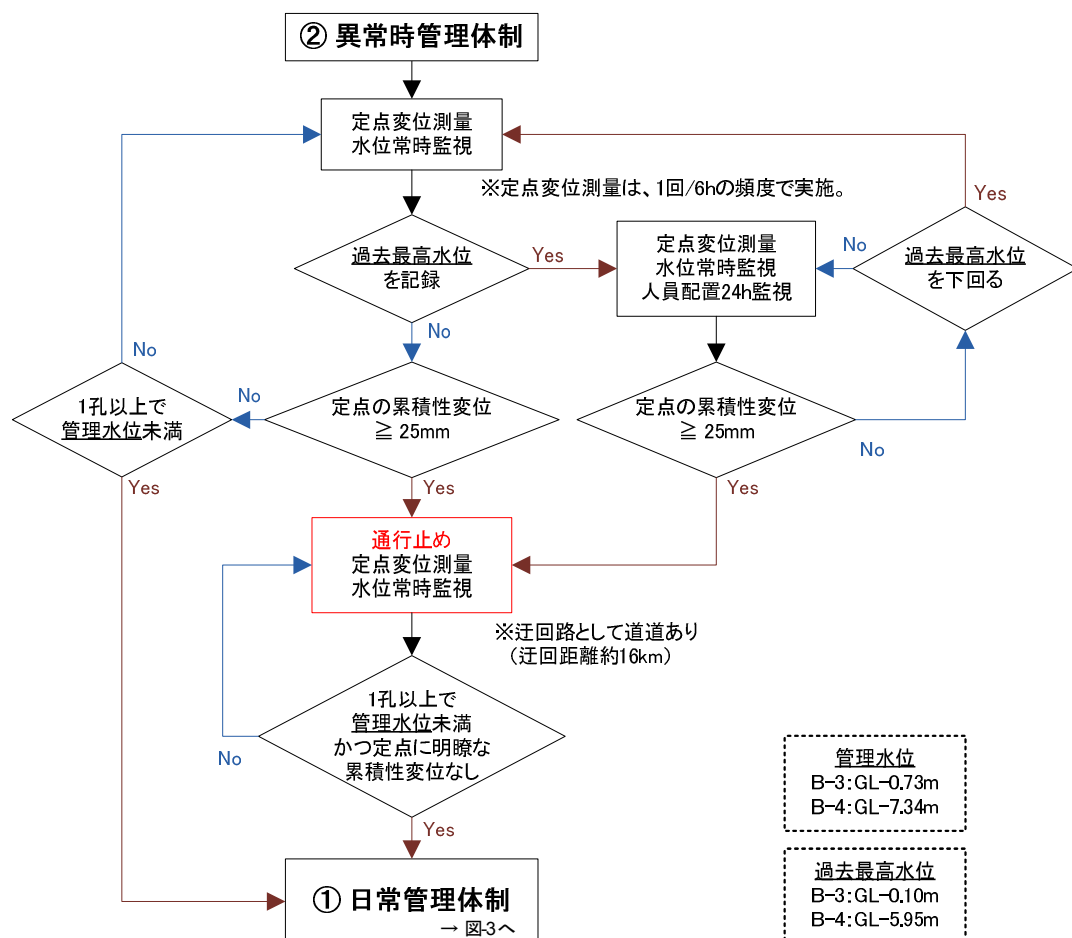


図-7 地すべり管理フロー（②異常時管理体制）

4. 管理体制の運用状況および現況

本箇所では、前章にて示した体制を構築し、現在まで約1年半にわたり管理を継続している。

その間を通じ、監視対象とした2観測孔のうち1孔の水位が管理水位を超過し予告警報が7回発信されたが、2孔同時に管理水位を超過し、異常時管理体制へ移行したことはなかった（表-3）。また、当該期間中に実施した道路パトロールや防災点検においても、変状の進行は認められなかった。

また耐用年数等の関係から管理指標として用いなかったパイプひずみ計についても、機器は測定可能な状態にあったことから、地下水位と併せてWeb監視機能を付加させ参考として継続観測した。このひずみ計測値にも、管理期間中地すべりによるものと想定される顕著な累積は確認されなかった。

これら管理体制のもと、平成27年度に上段横ボーリングおよび排水工、翌平成28年度に下段横ボーリング、鋼管抑止杭、法枠工の施工を完了した。また、隆起した歩道部も復旧し、現在に至っている。

表-3 管理水位超過警報の発生履歴一覧

No.	水位上昇 警報発生期間 (-:警報水位不到達)	観測箇所		上昇後最高水位	
		孔 番	警報水位 Fs=1.0 (GL-m)	最高水位 (GL-m)	観測日時
1	2015/8/1 0:00 ~ 8/1 4:00 (3時間)	H23B-3 (上部)	0.73	0.69	2015/8/1 1:00
		H23B-4 (下部)	7.34	7.40	2015/8/1 3:00
2	2015/12/4 9:00~12/7 21:00 (3.5日間)	H23B-3 (上部)	0.73	0.79	2015/12/4 2:00
		H23B-4 (下部)	7.34	7.12	2015/12/6 6:00
3	2015/12/10 22:00~12/13 8:00 (2.4日間)	H23B-3 (上部)	0.73	0.87	2015/12/10 6:00
		H23B-4 (下部)	7.34	7.12	2015/12/11 11:00
4	2016/3/7 13:00~3/8 4:00 (15時間)	H23B-3 (上部)	0.73	0.84	2016/3/7 14:00
		H23B-4 (下部)	7.34	7.21	2016/3/7 18:00
5	2016/3/9 2:00~3/12 3:00 (3日間)	H23B-3 (上部)	0.73	0.85	2016/3/8 19:00
		H23B-4 (下部)	7.34	7.15	2016/3/10 5:00
6	2016/3/17 13:00~3/23 7:00 (5.8日間)	H23B-3 (上部)	0.73	0.81	2016/3/16 18:00
		H23B-4 (下部)	7.34	6.92	2016/3/19 6:00
7	2016/8/22 4:00~8/27 8:00 (5.2日間)	H23B-3 (上部)	0.73	0.74	2016/8/23 9:00
		H23B-4 (下部)	7.34	6.82	2016/8/24 6:00

※既往観測最高水位 H23B-3 (上部) : GL-0.10m
H23B-4 (下部) : GL-5.95m



写真4 対策工完了後の状況

Keita Kojima, Yutaka Saito, Hidetoshi Azuma

5. 管理体制の評価および今後の対応

本箇所では、地下水位を計測することで、対策工施工完了まで機器の破損等の重大な異常が発生することなく、既設機器を活用した監視体制を維持できた。一方、パイプひずみ計は対策工の施工時に異常値を複数回示しており、一部深度では測定不能状態となった。このことから、測定不能となるリスクが大きかったひずみではなく、地下水位を管理指標として選定したことは妥当であったと判断できる。このように変状発生要因が特定されている場合においては、常時最大限の体制を持続することばかりではなく、発生リスクの変化に応じて

- ①地すべり変動などの変位を直接管理・監視することばかりではなく、その発生要因を監視することで、発生リスクを把握して日常管理の指標とし、
 - ②その結果発生が懸念される際には、変状の状況や程度を直接計測・測量し規制実施の判断をする、
- という2段階の管理体制を構築することが、コストや体制面で合理的な手法と言える。

本箇所では地下水位と地すべり発生リスクとの関連により管理・監視手法を構築した。この手法は、コスト低減を図りつつ限られた人員で要注意箇所の管理を行うことができることや、発生リスクを事前に把握することで対策までの時間的余裕を確保できる利点もある。

しかし一方で、変位を直接計測していないため、発生リスクの確実な把握と評価が課題となる。本箇所では平成23年度から実施している観測結果により、地下水位と変動との関係性を把握していたが、道路パトロール時の目視による確認も並行して行った。本箇所は地すべりの発生箇所を目視で確認しやすい条件にあったが、目視による確認ができない場合も考えられ、地下水位と地すべりの発生リスクとの関係を箇所別に整理することが重要と思われる。

また本箇所において設置した地下水位計については、今後も特に融雪期や豪雨時の水位状況に着目して計測を継続し、対策工の効果確認を実施する予定である。

参考文献

- 1) (社)斜面防災対策技術協会 地すべり観測便覧編集委員会、地すべり観測便覧：平成24年
- 2) 日本道路公団委託、地すべり危険地における動態観測施工に関する研究（その2）報告書：昭和62年