

# 白色凝灰岩に起因する 道路法面変状発生への対応事例について 日高豊岡南道路山本地区

小沼 亮太<sup>1</sup>・青木 清隆<sup>2</sup>

<sup>1</sup>浪速国道事務所 大阪湾岸道路整備推進室 大阪湾岸道路西伸部出張所

(〒550-0025 大阪市西区九条南1丁目4番18号)

<sup>2</sup>近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 道路管理課 (〒668-0025 兵庫県豊岡市幸町 10-3)

2020年11月に供用開始した自動車専用道路の日高豊岡南道路(国道483号北近畿豊岡自動車道)は、その5ヶ月後の2021年3月18日に山本地区の切土法面に変状が発生し、急遽全面通行止めを実施した。その後、防災ドクター(学識経験者)に現地診断を実施して頂き、応急対策及びボーリング等の現地調査を行った。恒久対策にあたっては、特異な「椅子型すべり」であること、分布範囲や劣化程度の把握の難しい「白色凝灰岩」に起因する変状であったため、国立研究開発法人土木研究所、国土交通省国土技術政策総合研究所による技術指導を受け、慎重に検討を進めた。本論文は、今後、他の地域で白色凝灰岩対応を行う際の参考事例になるものと考えている。

キーワード 法面変状, 白色凝灰岩, 椅子型すべり, スレーキング, グラウンドアンカー

## 1. はじめに

国道483号北近畿豊岡自動車道は、豊岡市を起点とし丹波市に至る延長約73kmの高規格道路であり、兵庫県北部の但馬地域と丹波地域を直結し、さらには京阪神都市圏との連結を強化し、地域の活性化を支援する自動車専用道路である。このうち、日高豊岡南道路は、2020年11月に開通した、但馬空港IC～日高神鍋高原ICの延長6.1kmの区間である。

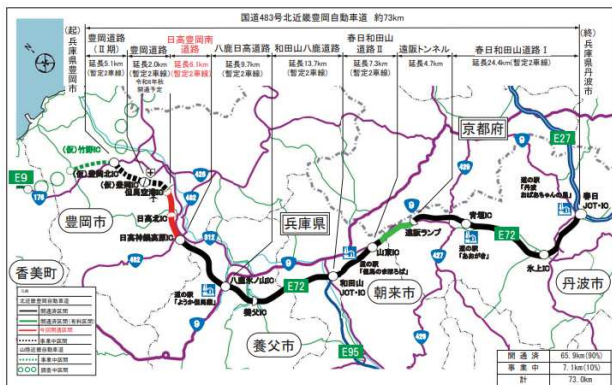


図-1 日高豊岡南道路位置図

2021年3月18日朝、日高豊岡南道路の切土法面で変状が発生し、その後変状が進行した。直前に多量の降雨があったことから、誘因は降雨であると言える。

## 2. 被災状況

変状範囲：国道483号日高豊岡南道路(山本地区)

No.125+60～No.126+40付近

変状規模：幅約80m、高さ約20m、奥行き約40m



図-2 全景写真



図-3 法面変状

3. 初期対応

(1) 通行止め実施

a) 上下線通行止め：2021年3月18日発表

国道483号(兵庫県豊岡市日高町山本地先)において法面に変状が確認されたため、2021年3月18日(木)10:00より、但馬空港IC~日高神鍋高原ICの上下線通行止めを実施した。

b) 下り線通行止め解除：2021年4月8日発表

下り線2車線(春日方面)は、ボーリング調査及び変位計測により、影響がないことが確認できたため、2021年4月9日(金)11:00より、但馬空港IC~日高神鍋高原ICの下り線2車線の通行止めを解除した。但馬空港IC~日高神鍋高原ICの上り線は、通行止めを継続した。

c) 上下線通行止め解除：2021年4月27日発表

応急対策工事(後述)が完了したことから、2021年4月28日(水)11:00に但馬空港IC~日高神鍋高原IC上り線1車線の通行止めを解除した。

(2) 変位観測

地すべりブロック内の観測は、伸縮計とパイプ式歪計、自記水位計による常時観測を実施した。地すべりブロック外の観測は、孔内傾斜計と自記水位計による変状監視とした。伸縮計は、発生直後より恒久対策中もリアルタイムでの観測を継続した。パイプ式歪計は連続観測を継続した。

表-1 観測マトリックス

	発生~応急前	応急後~恒久対策中	対策後(1年)	将来(5年)
(観度)	リアルタイム	週1回~月1回	2ヶ月1回	年1回
ブロック内	伸縮計 パイプ式歪計 定点光波	伸縮計(リアルタイム) パイプ式歪計	パイプ式歪計 (できるだけ残す) 荷重計・温度計	(荷重計に移行) 荷重計・温度計
ブロック外	孔内傾斜計 定点光波	孔内傾斜計	孔内傾斜計	孔内傾斜計

伸縮計及び傾斜計は、図-4に示す位置に設置した。傾斜計は、すべりの不動点中心に置き、すべりの影響がないことを確認した。伸縮計は、不動点と滑動点をつなぎ、伸縮によりすべりの変動を確認した。

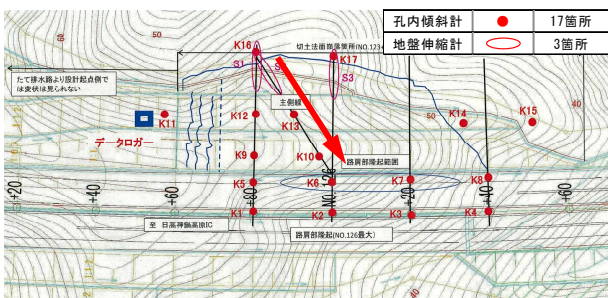


図-4 孔内傾斜計・地盤伸縮計設置箇所

(3) 交通開放に向けた応急対策

法尻に押え盛土(大型土のう5個/断面)を設置し、仮設防護柵を打設し、上り線1車線、下り線2車線を4月28日に交通解放した。

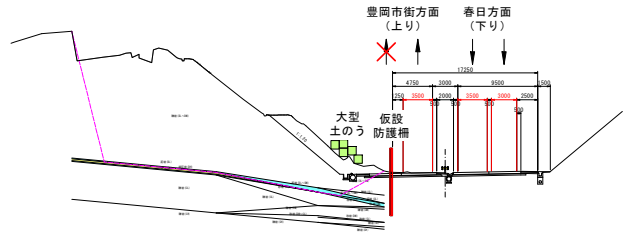


図-5 応急対策断面4月28日

更なる安全対策として、すべり土塊の頭部を排土し、法尻に押え盛土(大型土のう3段)を設置し、安全率Fs=1.05を確保した。6月30日から施工し、7月29日に完了した。

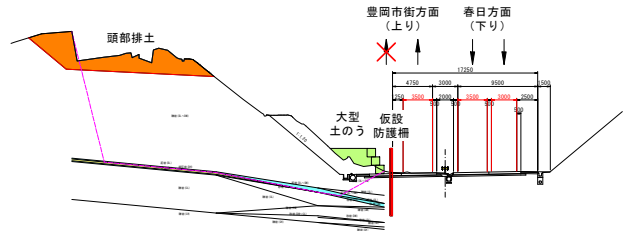


図-6 応急対策断面7月29日

(4) 通行止め基準の設定

雨量による通行止め基準は、恒久対策が完了するまでの間、隣接区間の1/2とし、安全側に設定した。

地盤伸縮計の通行止め基準は、仮設防護柵を設置したことから通行止め基準値を見直したが、通行止めは「避難」に相当するため、地すべり観測便覧の避難基準「地盤伸縮計の1時間4mm/h以上を2時間連続」とした。

表-2 管理基準値

計測器	対応区分			
	要注意	警戒	避難	立入禁止
基準値 伸縮計	1日1mm以上 一定方向に10日 以上、移動累積	1日10mm以上	1時間4mm以上 を2時間連続	1時間10mm以上 を目安に、専門 家の判断
参考値 地盤傾斜計	10日で10~50秒			
パイプひずみ計	100μ以上累積	100μ以上累積		
基本的な対応	情報提供の開始 1日1回の監視	監視の強化 避難の準備	避難開始	一般的な住宅を 含め、地すべり 地周辺の住民の 立入禁止
主な処理事項	市町村へ情報提供 現地巡視 監視システムの チェック 24時間監視体制 移動ブロックの 監視(1回/1日) 観測器の移設・ 増設の検討 情報伝達方法の 確認	要注意段階の処 理事項を継続し 体制強化 監視の回数増加 24時間監視体制 移動ブロックの 確認 被害想定区域の 再検討	警戒段階の処 理事項を継続し 体制強化 立入禁止 人命の保護を最 優先	避難段階の処 理事項を継続し 体制強化 立入禁止 人命の保護を最 優先
備考	各対応区分の解除は、観測値がその区分の値を下回った時に検討し、市町村が判断する。			

#### 4. 恒久対策等の技術検討

##### (1) 被災原因

###### a) 白色凝灰岩

山本地区では、当該地区の南西側において 2020 年 6 月に地すべりが発生している。この時の発生原因として、白色凝灰岩層の存在が明らかにされている。また「白色凝灰岩層の層理面は、おおむね道路と並走する走向で、緩い流れ盤である」との報告がなされている。当該地区においてもこの白色凝灰岩層が連続し、法尻付近に出現することも確認されている。したがって、今回の地すべり発生の素因には「白色凝灰岩層が流れ盤構造で存在していること」が第1に挙げられる。



図-7 白色凝灰岩の出現位置

###### b) 椅子型すべり

鉛直方向の変位より、水平方向の変位が大きいことから、椅子型すべりと推定した。

###### c) スレーキング試験

脆弱な表層、凝灰岩層の下の硬い層など、全層でスレーキング試験を実施し、スレーキング特性を判定した。すべり面より上位層は、乾湿繰り返しを受けるとスレーキングするものとして検討した。すべり面についてはスレーキングに伴うすべり面強度の低下を検討した。すべり面より下位層は、スレーキングを受けないものとして検討した。

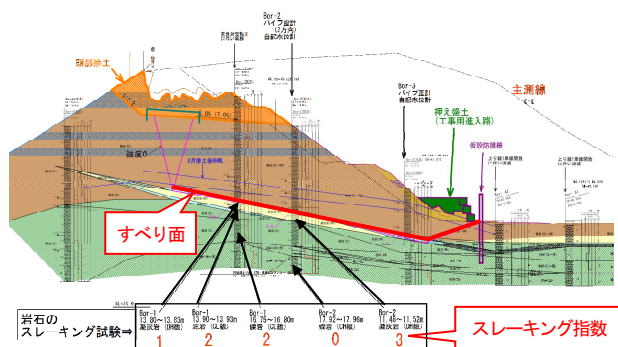


図-8 スレーキング指数断面図

##### (2) 恒久対策の設計方針

###### a) すべり面強度定数

粘着力  $C$  は層厚、内部摩擦角  $\phi$  は逆計算ですべり面強度定数 ( $C=8\text{kN/m}^2$ ,  $\phi=9.415$ ) を設定した。

ただし、すべり面末端は、凝灰岩の連続性を踏まえて確認すべきである。また、現道直下はスレーキングを考慮すべきである。

このことから、図-9 に示す当初すべり (すべり面 A) に対して、すべり面延伸した場合 (すべり面 B~E), 及び道路直下をしたを強度低下した場合の安全率を確認した。

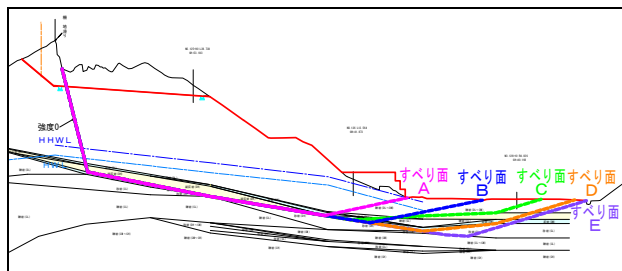


図-9 すべり面末端比較

###### b) 反力体

施工後の地盤の部分的な緩みに対して、受圧板では面的に抵抗できないため、反力体は連続体にすべきである。このため、反力体は受圧板から連続体に変更した。法枠は支持力不足のため、コンクリート張工法を選定した。

###### c) アンカーテンドン

KTB アンカーは、施工時の再緊張は困難であることから、再緊張に必要な伸び量を引っ張り出せる構造の SEEE アンカーを選定した。

###### d) アンカー荷重計

アンカーの将来監視として、アンカー荷重計を設置すべきである。荷重計の誤作動確認ができるように、荷重計を撤去せず、リフトオフ試験を実施できるものがよいことから、恒久的な性能を考慮し、「SAAM-L」を採用した。

###### e) アンカー配置

上記すべり面強度定数による、必要抑止力に対するアンカー配置を計画した。将来強度低下に備え、粘着力  $C$  は、強度低下を想定し、比較検討した。内部摩擦角  $\phi$  は、残留強度に近似しているため、低下を考慮しない。

- $C=0\text{kN/m}^2$  必要抑止力  $Pr=616.5\text{kN/m}$   
アンカー縦 5 段, 水平間隔@2.5m
- $C=3\text{kN/m}^2$  必要抑止力  $Pr=499.2\text{kN/m}$   
アンカー縦 4 段, 水平間隔@2.5m
- $C=8\text{kN/m}^2$  必要抑止力  $Pr=303.8\text{kN/m}$   
アンカー縦 3 段, 水平間隔@5.0m 千鳥配置

###### e) スレーキングを考慮した対策

凝灰岩等のスレーキング試験を追加し、深層ではアンカー定着部、表層では受圧板支持部の将来強度を評価すべきであることから、スレーキングを考慮した対策を実施した。

- 余裕長による対応  
定着体はすべり面および凝灰岩、泥岩を抜けた後、

さらに 1m の余裕長を確保した。

・スレーキング特性

定着層は礫岩(岩盤)であり、スレーキング試験後に問題がなかった。また、地表のような乾湿繰り返しを起こさない。

・スレーキングに対する反力体支持力の評価

スレーキングに配慮し、反力体の支持地盤(N値 8~10)は、床掘整形後に現在の法面 N 値 4~5 に低減させて検討する。

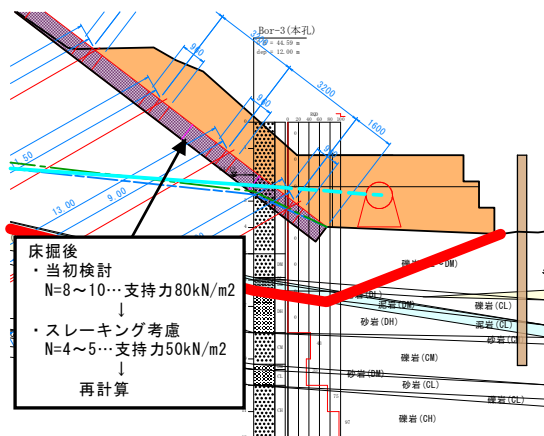


図-10 反力体支持力の評価

5. 恒久対策の設計

(1) 設計内容

対策工法は、今後の降雨に伴う地表水及び地下水の対策を考慮し、抑制工及び抑止工から選定した。

a) 水路工

排土面に入った水を当初滑落崖より地すべりブロック内に入れないための位置、排土面に降った雨をブロック外に出すための位置に設置した。

b) 浸透防止工

排土面の降雨および流入水を地すべりブロックに浸透させないように、張コンクリート工を設置した。

c) 暗渠工

浸透防止工の外側からの流入や浅層地下水に対し、暗渠工を設置した。将来的に張コンクリート工の目的開口による待ち受け対策も兼ねる。

d) 地下水の排水対策

8月降雨では 1m の水位上昇が確認され、今後の降雨による排水は重要であるため、横ボーリング工および透水マットを計画した。

e) 抑止工

恒久対策の技術指導より、将来強度低下に対応した C=0 を設計条件として、アンカー工、反力体工を計画した。

- ・アンカー：5段@3.2m, 水平間隔@2.5m
- ・反力体：連続板 700×960

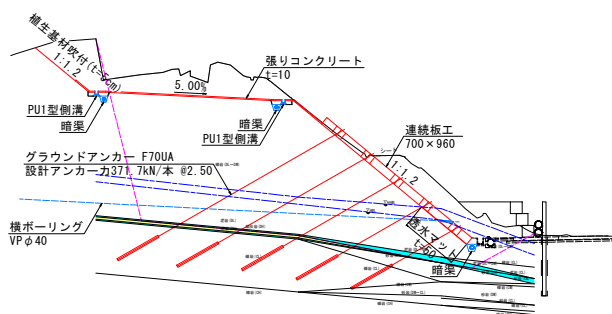


図-11 標準断面図

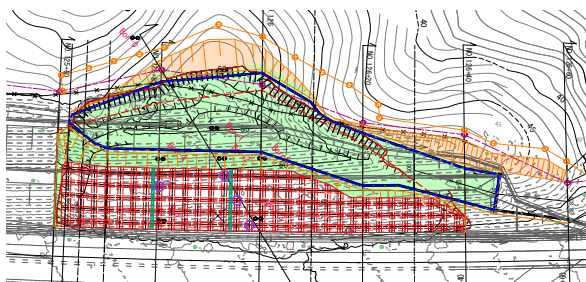


図-12 計画平面図

6. おわりに

恒久対策工事を行う「国道 483 号山本地区法面对策工事」は、2022 年 3 月に契約し、安全確保の為に、早期の完了を目指し工事を進めている。

恒久対策工事完了後は、表-1 の観測マトリックスに基づき、地すべりブロックを観測する。地すべりブロック内の観測は、パイプ歪計及び自記水位計で観測し、パイプ耐久性のため 1 年で終了し、アンカー荷重計の観測に移行する。地すべりブロック外の観測は、孔内傾斜計及び自記水位計で変状観測する。地すべり観測頻度は、施工後 1 年は 2 ヶ月に 1 回、5 年目まで年 1 回とする。アンカー荷重計の耐用年数 5~6 年を考慮し、5 年目までの観測結果によって 6 年目以降の継続観測を判断する。

今後は、先線整備の際の円滑な施工のために得られた経験を活用するなど、技術者としての幅を広げ、より良いインフラ整備に貢献したい。



図-13 アンカー荷重計 (SAAM-L)

参考文献

- 1) 斜面防災対策技術協会：地すべり観測便覧 2012 年 10 月