（主）養父宍粟線　道路防災事業について

森本　祐二

兵庫県　但馬県民局　養父土木事務所　道路保全課　（〒667-0022 兵庫県養父市八鹿町下網場 320）

兵庫県養父市大屋町明延地内を通る（主）養父宍粟線において，道路法面対策として設置している擁壁の亀裂や既設アンカーの破断等が確認された。そこで，その原因を調査・把握するため，2006 年度より調査ボーリング孔に歪計・孔内傾斜計・地下水位計を設置し，法面の変状を継続して観測を行っている。これまで豪雨・長雨時にアンカーが破断しているため，ハード対策として集水井工・集水ボーリング工及びアンカー工を行った。またソフト対策として，降水量による通行規制を行う基準を定めた他，地表変動をリアルタイムに把握できる伸縮計による自動観測システムを構築し，早急に通行規制を行えるようにしている。今後は現在対象としている法面の上方斜面を含む斜面全体の安定確保のため，他部署と連携し対策を検討していく。

キーワード　地すべり，地下水排除，グラウンドアンカー，通行規制基準，伸縮計

1.はじめに

養父土木事務所管内で継続して調査を行っている（主）養父宍粟線の明延地区道路法面の経緯及び現況について報告する。

表 1-1 に，本論文の概要を示す。詳細は次頁以降を参照。

表 1-1　概要

検証項目	検　証　結　果	参照項目
現　況	・道路法面の法枠，擁壁に亀裂や本体の倒壊が認められる。 ・A 測線周辺の既設アンカーが破損（アンカー材の飛び抜け：11 本/76 本）。	2.(1)
観測結果	・降水量－孔内水位－ひずみ累積には相関が認められる。 →過去に連続雨量 200㎜ 記録時及び融雪期にアンカーが飛び抜けている。	2.(2)
対 応 策	・アンカーの飛び出し抑制のため防護ネットを法面表面に敷設（応急対策）。 ・連続降水量による一時的な交通規制基準の設定。 ・リアルタイムでの法面変位把握システム構築(地表伸縮計による自動観測システム) ・地下水排除工による法面への地下水流入抑制。 ・抑止工は，上方斜面の安定度が小康状態以上と確認された段階で行うべき。	3. 4.

1995（平成 7）年に（主）養父宍粟線のバイパスとして開通した大屋町明延地区道路法面には，法枠工・アンカー工・擁壁工が施され，法面の安定を図っていた。

その後，ブロック積擁壁に開口亀裂の発生，擁壁前面水路の破損，一部アンカーの破断が確認されたことから，法面の変状把握を目的とした調査（パイプひずみ計・地下水位計・孔内傾斜計）を，2006（平成 18）年度から継続している。なお，法面上方に拡がる緩斜面内の墓地や旧鉱山住宅跡地，自然学校キャンプ場にも亀裂等の変状が確認されることから，上記の法面と並行して現地調査を行っている。

2006（平成 18）年度～現在までの調査・対策経緯一覧を表 1-2 に示す。

図 1-1　位置図 [1]

表 1-2　調査・対策経緯一覧

年度	調査目的等	結 果 等
2006	○アンカー飛び抜けや擁壁の亀裂等が確認されるため，調査を実施（A 測線）。	○上方斜面まですべり面が拡がる不安定土塊の存在が疑われたため，追加調査の必要性が生じた。
2007	○深層を含む移動土塊の状態・規模把握（新規調査孔設置）。 ○既設アンカーの飛び抜け防止等，当面の対応策の検討。	○不安定土塊対策に，集水井＋井内集水ボーリングを選定。
2008	○深層すべりを含む移動土塊の状態把握（新規調査孔設置）。 ○隣接斜面の現況把握（他のブロック存在の有無を把握）。 ○防止工法の検討。	○A ブロック以外の変動は不明瞭。 ○集水井+井内集水ボーリング実施後，継続観測を行い，その結果を基にした最終的な対応策を検討する。
2009	○対策工（集水井+井内集水ボーリング工）の詳細設計。	○拡大ブロックと A ブロックとの相関は不明瞭。 ○A ブロック内の地下水低減および後背斜面から流下してくる地下水低減を目的とする工法を検討。
2010	○後背斜面（拡大ブロック）の現況把握。 ○A ブロックの現況把握。	○ひずみや孔内傾斜計に変動あり。 ○A ブロックは降水量との相関あり。
2011	○既設調査孔の継続観測。 ○アンカー飛び抜けに対する応急策。 ○道路法面の監視システムの構築。 ○破損したアンカーの補完案検討。	○A ブロックは降水量との相関が明瞭。 ○防護ネットをアンカー頭部に敷設。 ○地表伸縮計による自動観測システムの構築。 ○地下水排除工（集水井＋井内集水ボーリング）の実施。 ○既設法枠内に受圧板+アンカー工を施工。 →破断アンカーの補完，計画の一部先行実施

2.概要

(1)道路法面内に見られる変状履歴

法面で見られる代表的な変状履歴として，以下のものが挙げられる。

- A 測線付近のアンカー飛び抜け。
- 既設アンカーの受圧板沈下。
- 擁壁の開口亀裂や本体の傾倒。
- 擁壁前面水路の破損（補修済み）。
- 墓地内の亀裂。

特に，平成 23 年 5 月の豪雨から約 1 週間後に飛び抜けたアンカーは，歩道を乗り越え車道中央付近まで達していた（図 2-1）。

→15m 程度の飛び出し。

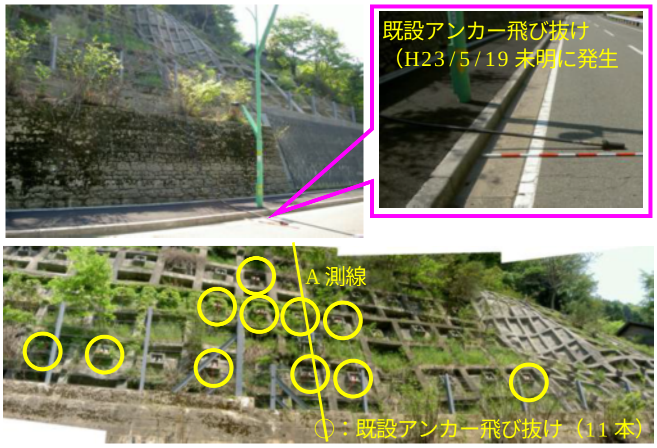

図 2-1　アンカー飛び抜け状況

(2)観測結果

経年調査で得られた観測結果を図 2-2 に示す。

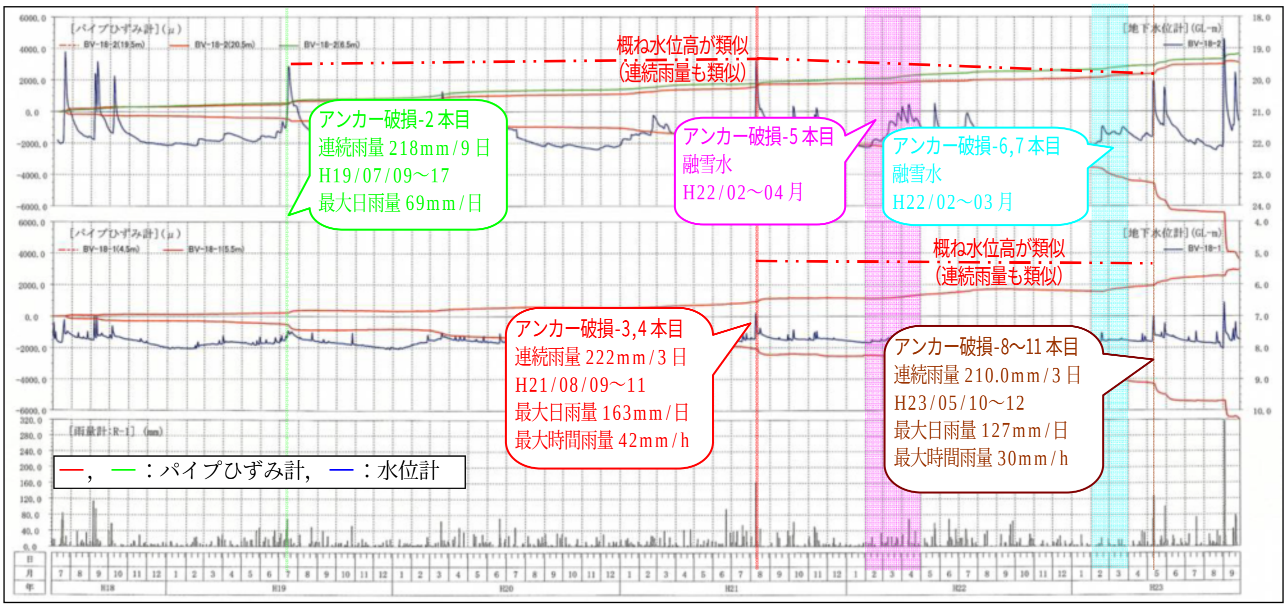

図 2-2　A 測線観測結果図（BV-18-1, BV-18-2）

○ひずみ累積－地下水位には明瞭な相関が確認される。

○連続降水量 200mm 以上，および融雪期には，ひずみ累積量が大きくなる。

→その影響を受け，一部の既設アンカーが飛び抜ける事象が発生している。

○H18 年観測以降，水位変動幅に差異はあるものの，全孔で降水量との相関が確認される。

○H23/09/03 の台風 12 号による豪雨では，半数以上の調査孔で過去最高水位を観測。

それに伴う急激なひずみ累積も確認されている（アンカー飛び抜けには至っていない）。

○地下水位低下スピードは上昇時に比べて緩やかである。

→そのため，豪雨等に伴う急激なひずみ累積傾向の収束（小康状態）には，時間を要する（概ね 1～2 週間程度）。

以上のことから，地下水の上昇が道路法面および既設アンカーに悪影響を与えていると言える。

3.対応策

(1)応急対策

○豪雨に伴うひずみの急激な累積が現在も進行中

→豪雨時には不安定化に至る。

○急激な土塊の滑動は抑制されている

→アンカーへの負荷が非常に大きい（限界状態)。

以上のことから，現状のままではアンカーが飛び出す等の事故が再発する可能性は否定できない。

万一再発すれば，県道利用者へ非常に大きな影響を与えるため，応急策として法面全体に既存アンカーの飛び出しを抑制する防護ネットを敷設した。

(2)交通規制

今後斜面の変動に伴う既設アンカーの新たな飛び抜けや，擁壁の倒壊等の変状が発生する可能性は否定できないため，法面の安定が確認されるまで，道路利用者の安全を確保することが重要課題である。

そこで，仮に崩土及び擁壁の倒壊，アンカー飛び抜け等の変状が起きた場合でも，第 3 者に被害が及ばないように，降水量による通行規制を行う基準を設けた。

これまでにアンカーの飛び抜けが発生した降水量（連続 200mm 以上）を，法面が不安定となる値と考えた場合，交通規制基準となる降水量は，安全性を考慮し，その値より低い値で設定する必要がある。

そこで，連続雨量 200mm の 7 割に達した時点で規制を行うという考えと，アンカーが抜けなかった過

去最高の連続雨量が 140㎜ であった観測記録から，交通規制基準として連続雨量 140㎜ を採用した。また短時間豪雨による急激な地下水位上昇に伴い，法面が不安定化する可能性もあるため，時間雨量による通行規制基準も設定した。過去の降雨実績と，夕立等で規制基準を超えることがないように，規制基準を連続する２時間の平均雨量によるものとし，その値は年に１～２回起こりうる値として，平均雨量 20㎜ とした。

なお交通規制時には，交通誘導員及びバリケードをバイパス前後に配置し，旧道へ迂回させる。

規制解除時期については，最高水位形成時期が各孔で豪雨直後から数日程度の期間を要することから，豪雨から１週間以上経過した段階で観測データ及び現地の確認を行った後に判断する。

(3)地表伸縮計

既設アンカーの破損が集中しているエリア（A 測線付近）では，アンカー機能（土塊の抑止力）が失われたことによる浅層土塊の不安定化が危惧された。

このため，土塊の不安定化をリアルタイムに把握し，早急な交通規制を行う必要があるが，ひずみ計では対応が難しいため，地表伸縮計による自動観測システムを構築した。(図3-1)さらにシステムでは，地表伸縮計の変動量に基づく対応基準を設け，基準の変動量に応じ担当者に自動でメールが送信されるように設定し法面の変動に注意している。

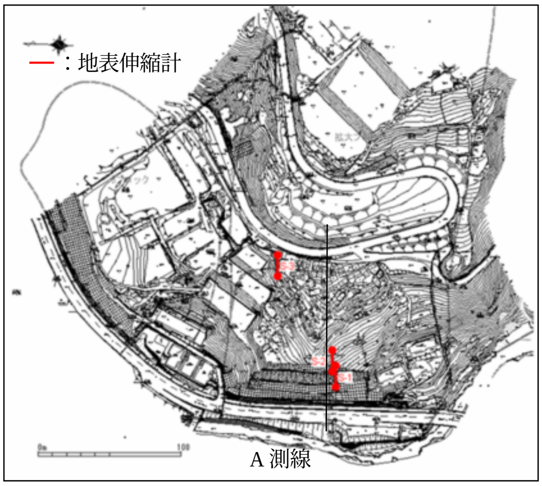

図 3-1　地表伸縮計配置平面図

(4)地下水排除工およびアンカー工

降水及び融雪による地下水の上昇が道路法面の不安定化に大きく起因していることから，道路法面のすべり面に関与している地下水排除および上方斜面からの地下水流入を低減させることを目的とした地下水排除工事を行った。（図 3-2）

地下水排除工事では，集水井２基（L=29.0m，L=41.5m），集水ボーリング（総延長 2,785m），排水ボーリング（総延長 154m）を施工した。集水ボーリングは各井内に３段階の高さに分けて施工しているが，いずれのボーリング孔においても地下水の湧出を確認しており，一定の地下水排除効果が期待できる。地下水排除工事完成から半年余りが経過したが，常に排水ボーリング孔から一定量の水が排出されており，歪計の数値も小康状態になっていることから，法面の安定に寄与している。しかし，過去にアンカーが抜けたような雨が降っていないため，豪雨時等における水位上昇幅の抑制や，ひずみとの整合性が現時点では確認できていない。そのため，今後も継続して調査観測を行い，地下水排除工事の効果を検証しつつ，抑止工の検討・施工を進めていく。

また，飛び抜けたアンカー11 本の欠損した抑止力の補完及び今後必要となるアンカーの先行打設を目的とした一部のアンカー工事を実施した。アンカーの仕様に関しては，最終計画緊張力への対応が可能となるよう，既設アンカーより大きなものを採用している。

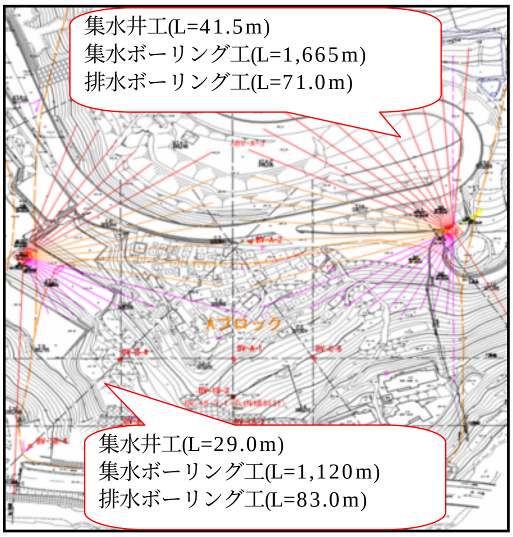

図 3-2　地下水排除工配置平面図

4.今後の方針

(1)上方斜面を含めた安定度の検討

現在，上方斜面に設置された観測孔では，緩やかではあるが，ひずみが累積傾向を示しており，舗装面や擁壁等の構造物にも開口亀裂等の変状が確認されている。また，リフトオフ試験の結果によると，道路法面の既設アンカー本体に，機能の限界に近い荷重がかかっていることが判っている。

上方斜面の不安定化が，現在対策中の道路法面に大きな影響を与えていると考えた場合，当該道路法面への恒久的な対策である抑止工は，上方斜面が小康状態以上の安定度を保持していると判断された段階で行うのが適当である。

しかし，現在の調査観測体制では，上方斜面の動きに関する情報量が圧倒的に不足しているため，動いている方向や深さ等については，あくまでも推測でしかない。上方斜面の実態を詳細に把握するためには，より広範囲を対象とした地形測量の実施，調査観測孔の増設等，調査及び対策工の全体計画の見直しが必要となる。(図 4-1)

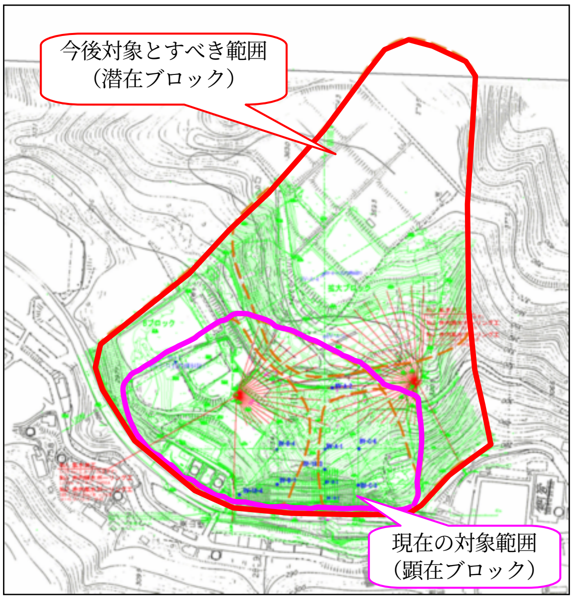

図 4-1　全体計画概要図

(2)最後に

これまでに確認された道路法面の変状に対し，ソフト対策として調査ボーリング孔を利用したパイプ歪計・地下水位計・孔内傾斜計による継続調査，降水量による通行規制を行う基準の設定，地表の伸縮量がリアルタイムに把握できる自動観測システムの構築を行い，事前に通行規制できる体制をとるとともに，ハード対策として地下水排除工事(集水井工・集水ボーリング工)，アンカー工事，防護ネット設置を実施してきた。

しかし，調査を進める中で，これまで想定していた対象範囲だけでなく，より大きな範囲に対して調査及び対策をしていかなければならない必要性が出てきている。現在は道路法面に焦点をあてて対策を進めているが，道路の安全確保のためには，さらに上方の斜面を含む斜面全体への対策を検討し，実施していく必要がある。そのためには，道路管理の所管課だけでなく，地すべり事業の所管課との連携をはかり，異なる視点からの要対策事項をまとめ，それぞれの分野毎の対策を検討・実施していく必要がある。

今後は道路保全の観点から，抑止工としてのアンカー工事を進めていく予定をしているが，同時に地すべり事業の所管課とともに地すべりに対する対策も検討・実施し，道路利用者及び周辺住民の安全確保に努めていく。

参考資料

1)　Mapion（兵庫県）※一部加筆
http://www.mapion.co.jp/html/map/web/admi28.html