

西九州自動車道における 切土法面設計・施工の取り組み

石橋 佑介¹ 岩熊 真一¹ 原田 修¹ 中村 大志²

¹九州地方整備局 佐賀国道事務所 計画課 (〒849-0924 佐賀県佐賀市新中町5-10)

²九州地方整備局 佐賀国道事務所 管理第二課 (〒849-0924 佐賀県佐賀市新中町5-10)

西九州自動車道 唐津千々賀山田IC以西には、地すべり地形が多く分布する。また、周辺に広く分布する第三系の頁岩層は、厚さ10~30cm間隔で層理面が発達し、数mmの粘土薄層を膜状に挟在する。このように、当該区間は潜在的に斜面が不安定化する要素があり、切土工事において粘土薄層等が法面に対して流れ盤状に分布する場合、地すべり地形以外の箇所でも崩壊しやすい区間である。この他にも応力解放等の様々な要因が複合的に作用して施工中の切土法面崩壊がしばしば発生している。今回、西九州自動車道道路法面施工技術検討委員会(以降、当検討会と記す)において、切土法面における調査・設計・施工・維持管理マニュアルを作成する機会を得た。本稿では、当検討会における検討過程で得られた技術的知見を含めて、当該路線における切土法面の設計・施工の取り組みについて紹介する。

キーワード 地盤の不確実性、崩壊性要因、切土法面对策工、マニュアル、情報共有

1. 経緯

H30年10月に供用した西九州自動車道府招地区で切土法面崩壊が発生した(図-1)。この法面には新生代古第三紀漸新世の畑津砂岩層・頁岩層に属する砂岩・頁岩が分布しており(図-2)、崩壊は頁岩のスレーキングに代表される風化現象が一因と考えられている。施工時には安定していたにもかかわらず、道路が供用されてまもなく、乾燥過程を経て崩壊に至っており、経時的に頁岩のせん断強度が低下したことが窺える。

崩壊直後に設置された「H30年度 唐津伊万里道路法面对策検討会」では、後進に伝えることとして、長大切土箇所における調査・設計段階では地質の評価・スレーキング性の十分な検証等を実施してリスク構造を作らない



図-1 供用中に発生した府招地区切土法面崩壊

仕様書の記載方法について検討すること、また、管理段階では頁岩法面はスレーキングが発生するリスク法面として日頃より水の浸透把握等、入念な管理・確認を行い崩壊予兆を把握すること、等の提言が整理されている。

当検討会は、府招地区のような法面崩壊を繰り返さないことを目的として上記提言を受け継ぎ設置した。西九州自動車道伊万里松浦道路・伊万里道路においては、用

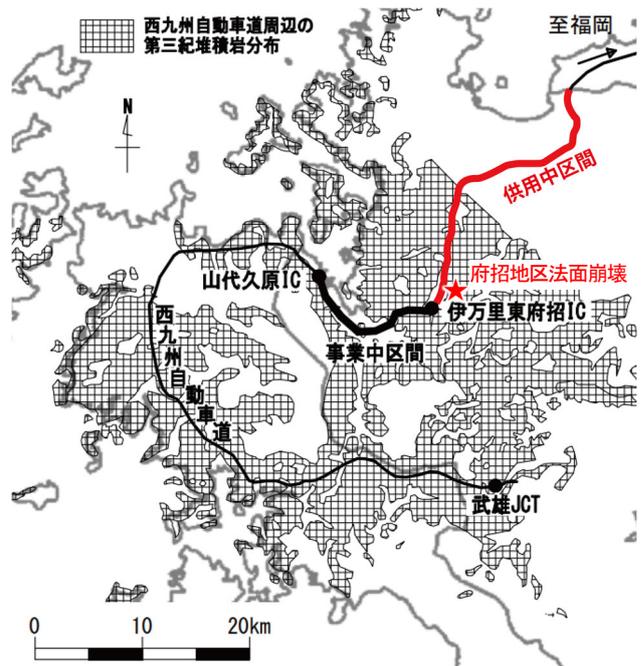


図-2 西九州自動車道周辺の第三紀堆積岩の分布

地質収が済んだ箇所から順次設計施工を進めているため、広い視点での法面崩壊性要因分析や、事業の各段階における情報共有と崩壊リスクを低減できる対応策を検討し、今後の西九州自動車道における調査・設計・施工・維持管理マニュアル作成を急ぎ進めている。

2. 西九州道の地質状況

対象区間における地質は、図-3¹⁾に示す通り、北東端の唐津千々賀山田 IC 付近は花崗閃緑岩となるが、以南は北波多 IC 付近に古第三紀の相知層群、南波多谷口 IC ~伊万里中 IC 付近に古第三紀の杵島層群、伊万里西 IC ~山代久原 IC 付近に新第三紀佐世保層群により構成され、低地部の沖積層を除き、大局的にみて東から西に向かって地質年代が新しい地層の分布となる。これら地層は堆積岩類である砂岩、シルト岩、頁岩が主体となり、砂岩層がやや厚く分布することもあるが、図-4のように、数 mm~数 10cm 間隔で層界面が発達する状態で分布していることも多い。なお、一部では凝灰岩層や炭層を挟在することもある。



図-3 西九州道における地質分布

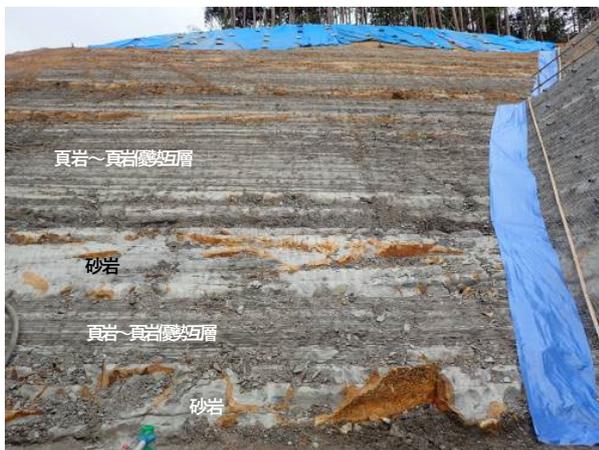


図-4 切土法面に出現した堆積岩層

地質の特徴として、当地の頁岩は剥離性を有する泥質岩として、乾燥と吸水の繰り返しによる土砂化（スレーキング）の進行が著しい。図-5に示すように、採取時は新鮮かつ柱状の CM 級のボーリングコアであっても細片状に著しく劣化し、CL 級のコアと見分けられない現象が多くのコアで確認される。

なお、H30 年の府招における法面崩壊は、区間中央付近の伊万里東府招 IC 近くに位置し、杵島層群の畑津砂岩層と呼ばれる頁岩を挟むシルト岩や砂岩が主体となる地層の分布域にあたる。

地質構造は、図-6²⁾のように、北西-南東方向の断層により分断されているが、一部区間を除き、地層の傾斜は概ね西方向に傾斜している。このため、当路線では大局的に西向きに切土法面が流れ盤構造となり易く、H30 年の府招法面崩壊も西向きに切土法面が流れ盤となり、当箇所では災害が発生している。

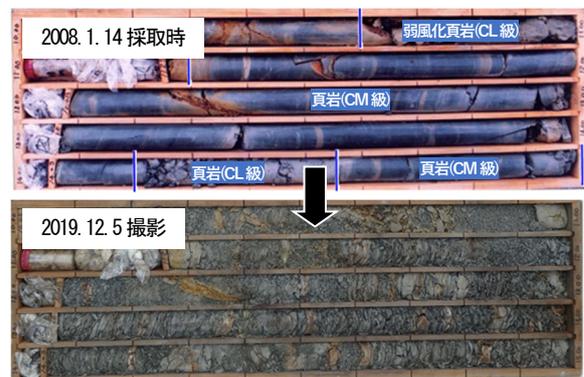


図-5 ボーリングコアにおけるスレーキング



図-6 西九州道における地質構造

3. 西九州道の法面勾配設計について

一般に道路土工に用いる法面勾配は、道路土工切土・斜面安定工指針²⁾に示される盛土または切土標準法面勾配(表-1)に準じて決定される。西九州道においても同様

に、地盤状況を勘案したうえで切土標準法面勾配の範囲内で切土法面勾配を決定している。対象区間の地質は、砂岩、シルト岩、頁岩が主体であるため、切土勾配は”軟岩”の標準のり面勾配である 1:0.5～1:1.2 を用いて設計・施工を行っている。一例を挙げると、流れ盤に位置する切土法面は最緩勾配の 1:1.2 を用い、受け盤に位置する切土勾配は、頁岩のスレーキング特性を勘案して 1:1.0 を採用しているケースがある。ただし、全区間で統一的な判断がされているわけではなく、工区毎に地盤状況を考慮して決定されている。

土工工事において切土法面が崩壊した場合、原因究明のため調査し、対策工の設計を行う。このときは、標準切土法面勾配によらず、現場ごとに地形、地質、周辺環境や用地等を勘案して、切土法面勾配を決定している。なお、法面崩壊情報は同一路線の道路事業で情報共有されておらず、これを設計にフィードバックして同様な地盤の切土法面勾配を見直すシステムにはなっていない。

表-1 切土に対する標準法面勾配の例

地山の土質	切土高	勾配
硬岩		1:0.3～1:0.8
軟岩		1:0.5～1:1.2
砂		1:1.5～
粘性土		1:0.8～1:1.2
岩塊または玉石混じりの粘性土	5m以下	1:1.0～1:1.2
	5～10m	1:1.2～1:1.5

4. 施工状況

(1) 施工時等の地盤変状履歴

西九州自動車道 唐津千々賀山田IC～山代久原ICにおける法面で最近（H20年以降）に変状が発生した事例として、11箇所の変状履歴が確認された。発生箇所の分布地質は主に頁岩等の堆積岩類及び崩積土である。

表-2に11箇所の変状発生箇所の一覧表を示す。変状発生タイミングとしては施工中の発生が多く、11箇所中8箇所である。変状発生の要因としては、主に以下の通りである。

- 流れ盤に沿う崩壊
- 旧地すべり地の再移動
- 崩積土のすべり
- 凝灰岩等の粘土層の挟在
- 掘削による応力解放に伴う地山の緩み
- 降雨による地下水位の上昇

対策工は、主に排土工・法枠工+アンカー工等で対応している（図-7）

また、No. ⑥法面では6回の地盤変状が発生している。主な要因は、流れ盤・白色粘土の挟み・すべり面の存在、及び応力解放・降雨による地下水位上昇等であり、

対策工として吹付工+鉄筋挿入工が施工されている。施工後2年程度経過しているが、現在のところ対策実施箇所が目立った変状は発生していない。



図-7 緩勾配での切土（ $\angle 10^\circ$ 程度≒流れ盤の勾配）

表-2 変状発生箇所一覧表

箇所	変状時期	変状形態	素因				誘因		
			流れ盤	すべり面	粘土層の挟み	その他	応力解放	降雨	その他
①	施工後	地すべり		●		●	●	●	
②	施工後	地すべり		●			●		
③	供用中	はらみ出し	●					●	
④	施工中	法面崩壊	●				●	●	
⑤	施工中	くさび崩壊	●			●	●	●	●
	供用中	法面崩壊★	●		●	●		●	●
⑥	施工中	くさび崩壊 すべり変位	●	●	●	●	●	●	●
⑦	施工中	法面崩壊				●			●
⑧	施工中	法面崩壊	●		●		●		
⑨	施工中	くさび崩壊	●		●		●		
⑩	調査前	地すべり	●		●	●		●	
⑪	施工中	亀裂発生				●	●		

★H30年府招の法面変状

(2) 法面の施工状況

当該地域は、前述したとおり畑津頁岩層等のスレーキング特性を持つ頁岩が広く分布しており、頁岩分布箇所での法面掘削に伴いスレーキングが進行し、法面が表層から脆弱化する。図-8に伊万里府招IC付近の切土後の頁岩の状況を示すが、掘削後100日程度で法面表面の頁岩はスレーキングによりザラメ状に著しく細片化する。

上記に対する現状での対応状況としては、逆巻き施工による段階的な切土掘削を行っている。また、切土掘削後には直接風雨に晒されないようにブルーシートによる養生を行い、可能な限り早急な吹付を実施することで、スレーキング対策を行っている。

なお、現時点での施工中の法面に地盤変状やその恐れ



図-8 切土約100日後の法面に見られる頁岩状況

のある地質等の分布が確認された場合の対応として、専門技術者及びテックドクターによる現地確認・診断を行い、修正設計・施工へ反映している。

5. 検討会で決めるもの・検討内容

(1) 情報の共有

府招の崩壊箇所では、切土施工時に隣接する斜面でも崩壊が発生していた。崩壊は災害箇所と同様に流れ盤構造であり、崩壊後には法枠工や、法面勾配を見直すといった追加対策が実施されていた。また、過去には近傍の国道でも流れ盤に起因する斜面災害も発生しており、類似または近接する地区で生じた災害の経験が反映されていないという問題が検討会で指摘された。同様の災害を教訓とするためには、調査・設計・施工に関わる技術者が、情報共有により共通した地盤リスクを認識する必要がある。

また、地盤リスクは計画段階から、調査、設計、施工の各段階でそれぞれ抽出され、最終的に維持管理へ引き継ぐこととなる。それらのリスクを明文化して次工程に正確に引き継ぐためには、統一されたフォーマットも必要である。今後、検討会において引き継ぐべき内容を検討し、スムーズに情報共有を図るためのマニュアル整備を行う。

また、例えば調査・設計時に予見しえなかったリスクが施工時に顕在化した場合、情報をフィードバックして設計を見直すことも必要である。各段階でPDCAサイクルを回すだけでなく、事業全体としてPDCAサイクルを回して行く必要がある。今回整備するマニュアルについても例外ではなく、新たな知見や事象が確認された場合には、情報をフィードバックし、常に更新されるような仕

組み作りも必要である。

(2) 常設委員会の設置

現在の一般的な事業実施のフローにおいては、計画段階から、維持管理まで一貫して事業把握する役割を果たす人または機関を設置するシステムは確立されていない。このために情報伝達が滞り、事業全体のPDCAサイクルがスムーズに働かず、事業として好ましくない結果に繋がることが考えられる。

このような事態を防ぐ方法として、例えば事業に関わるリスクに精通した学識経験者を含む常設委員会を設置して、事業全体をマネジメントする方法も考えられる。

施工時に発現したリスクへの対応について助言を受けるだけでなく、個別の対応をマニュアルに反映することや、維持管理への引継ぎ時のチェックなど、事業全体を円滑に運営することで、より良い道路構造物として、西九州道が継続して使用される効果が期待できる。

今回のマニュアルは西九州道における堆積軟岩を対象とした切土法面の、調査・設計・施工・維持管理に関する基本事項を示すものであるが、今後運用していく中で改訂更新を重ね、九地整全域で利用されることを目指している。

6. 検討会状況

(1) 名称

西九州自動車道法面施工技術検討委員会

(2) 目的

西九州自動車道における頁岩の劣化要因・法面崩壊要因の検討及び調査設計施工マニュアル作成に際し、「西九州自動車道法面施工技術検討委員会」を設立し、有識者、専門家の指導・助言を得ることを目的としている。

(3) 検討項目

西九州自動車道における法面崩壊要因に加え、頁岩の特性や切土法面環境を考慮した適切な調査設計施工と点検技術を検討する。

(4) 検討会の実施状況

次頁の図-9に検討会実施状況写真を示す。

(5) 検討会 フロー

次頁の図-10に検討会フローを示す。検討会は令和2年度に第1回及び第2回の委員会を終え、今後は令和3年度に第3回及び第4回を予定している。



図-9 検討会実施状況(第2回検討会実施状況)

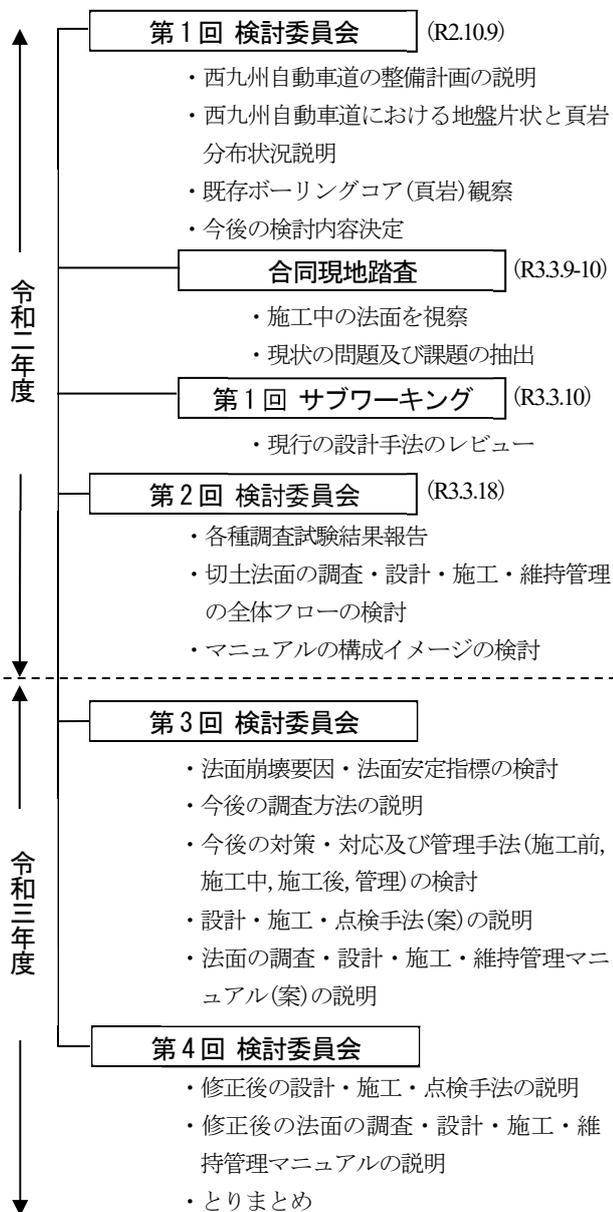


図-10 検討会フロー図

7. 今後の流れ

法面崩壊リスクは事前に対応できるものがある。反対に、事前調査で確定できなかつたり、設計で対応できずに施工、維持管理段階に崩壊リスクが残存され、予期せぬ法面崩壊に至るケースがある。当検討会では切土法面対策工等のハード面に加え、段階的な対応・判断を行い、段階ごとに不確実性を除外していくようなPDCAサイクルの流れを視野に入れた情報共有の仕組み等、ソフト面の対応策も重要性を指摘している。現在は、図-11に示すように、隣接区間の法面変状履歴に基づき「今考えると崩壊を防ぐために何をすべきだったか、何が判っていたか」を念頭に、①変状法面における計画・調査・設計・施工・維持管理で行われた内容を整理・レビュー、②各段階の問題点及び課題抽出、③現行の法面調査・設計・施工・維持管理フローの改善点提案、④優先順位、時間軸、実現性、ソフト・ハード等のキーワードで整理、⑤新たな法面調査・設計・施工・維持管理マニュアル等へ反映、等の手順で検討を行っている。

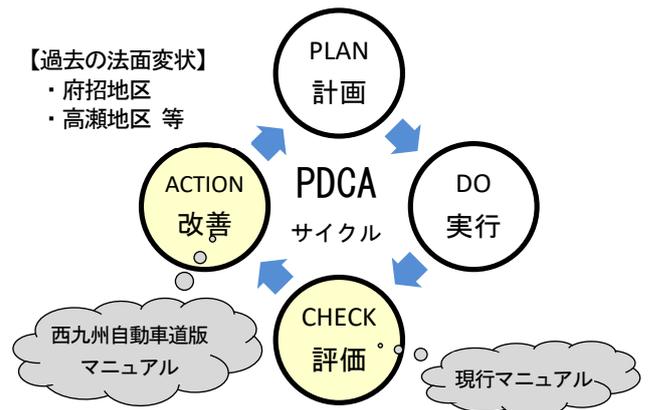


図-11 PDCAサイクルによる現行マニュアルの評価・改善

前述したとおり、西九州自動車道の当該区間では、用地買収が終わった箇所から順次切土工事を進めているため、今後は今年度中に当委員会を2回程度開催し、早期のマニュアル運用を開始したい。また、このマニュアルは運用を重ね、よりよいものとするために適宜改定更新し、最終的には九州全域で利用できるマニュアルとすることを旨とする。

参考文献

- 1) 地質調査所：5 万分の 1 地質図幅説明書,伊万里,福岡(14)第 69 号,pp.28-29,1958 年
- 2) 日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針 (平成 21 年度版)