

第7回

地質リスクマネジメント 事例研究発表会 講演論文集



平成28年11月18日（金）

共催：地質リスク学会、一般社団法人全国地質調査業協会連合会
協力：特定非営利活動法人地質情報整備活用機構
後援：国土交通省国土技術政策総合研究所
協賛：国立研究開発法人土木研究所

はじめに
—改めて地質リスクマネジメントの意義を考える—

今年度も、地質リスク事例研究発表会を開催することが出来ましたこと、喜びに堪えません。今回は第 7 回目の発表会となりました。投稿・発表して頂いた皆さまの勇気とご努力に心から感謝申し上げます。

今年度も、昨年度に引き続き地質リスク・エンジニア(GRE)の養成講座を開講することが出来ました。地質技術顧問制度導入の本格普及に向けて、また一步を刻むことが出来ました。皆さまの日頃のご努力に心より感謝申し上げる次第です。

ところで、私たちの研究室では、バイオマスエネルギーの推進、公害、気候変動下での農民の対応等の問題における関係者のリスク認知とコミュニケーションに関する研究を行っています。本日は、これらの研究を通して感じているリスクマネジメントの意義について、改めて考えてみたいと思います。

中国東北部では、とうもろこしの生産が盛んに行われており、この藁を用いて発電を行う事業も試みられています。事業の形態は、農家から出る藁を仲介者と呼ばれる人々が収集し、乾燥させて、発電事業者に売るという単純なものです。ただし、事業は当初期待していた成果を上げていません。この一因は、農家の中には「仲介者は藁を収集する際に、自分の農地を粗雑に扱うのではないか」との不安（認知リスク）を持っているので、藁を供出している人が少ない点にあります。こうした状況の下で、当研究室の王助教は、①農家は自身の利益（＝収入－費用）を最大化するように藁の供出量を決定する、②仲介者、発電事業者も各自の利益が最大となるようにそれぞれ購入価格を決定する、③各主体が持つ不安を、費用がどの程度増大するかというリスク係数によって表現する、との三つの仮定を設けて、Stackelberg Model と呼ばれる階層的ゲーム論を用いてモデル化し、シミュレーションを行いました。

その結果、リスク係数が増加すると、各主体の利益は急激に低下することが示されました。例えば、リスク係数が 0.08、すなわち、各主体がそれぞれ「8%ほど費用が増加するのでは」との不安を持っていると、発電事業者と仲介者の利益はリスク係数がゼロの場合と比較するとそれぞれ 1/10 以下に減少します。

(Wang and Watanabe, A Stackelberg Game Theoretic Analysis of Incentive Effects under Perceived Risk for China's Straw-Based Power Plant Supply Chain, *Energies* 2016, 9(6), 455)

王助教らは、別の論文で、とうもろこしの藁を用いたバイオマス発電事業と石炭火力発電事業の単位発電量当たりの外部費用を比較しました。その結果、石炭火力に伴う外部費用はバイオマス発電の約 600 倍になるとの試算を得ました。

(Wang, Watanabe and Xu. Monetization of External Costs of Coal-fired Power Plant and Biomass Power Plant Based on Life Cycle Analysis---A Comparative Case Study in Northeast China.

これら二つの分析結果は、農家の不安（認知リスク）に端を発する仲介者、発電事業者の不安（認知リスク）は、それぞれの利益と糞供給量を大きく低下させるだけでなく、外部費用の増大、すなわち、関係者以外の人々や自然にも大きな損害を与えていることを示しています。

他の分野においても、人々の不安の存在は、市場の内外で大きな損害をもたらしている可能性があります。私たちはもしかしたら、人々の不安、すなわち、リスク、さらには、認知リスクに伴う損害を過小に評価しているのかもしれない。

私たち地質リスク学会は設立から一貫して、「世の中には、地質は設計者によってコントロールできるとの認識もあるようだが、それは誤りである」、「地質リスクマネジメントは重要な発注者責任の一つである」、「この責任を果たすためには、発注者側に立つ地質技術顧問という新しい職能を導入すべきである」、「地質リスクマネジメントはコスト構造改革の重要な柱の一つとして位置づけられるべきである」、「『地質条件の総点検』を行う価値が充分にある」、「国土交通省において、環境と安全の分野に続いて、外部費用を内部化するために、地質に関する政策官を設ける必要がある」と主張し続けてきました。

今年度、国土交通省から、多くの地質リスク検討業務が発注されています。私は、僭越な言い方もかもしれませんが、このことは、発注者の皆さまが「地質リスクマネジメントの優劣が、コスト、工期、品質、安全、環境等の事業パフォーマンスに根源的な影響を与えている」ことを認め、他者と共有し始めている兆しである、と感じております。発注者の皆さまの間で、地質リスクマネジメントが事業マネジメントにおいて極めて重要な役割を果たしていることが広く認識されつつあるように思います。

ドラッカーはリスクについて、「経済活動とは、現在の資源を未来に、すなわち不確実な期待に賭けることである。経済活動の本質とはリスクを冒すことである。…冒すリスクは冒す価値のあるものにとどめなければならない。実は、計画が成功するということは、より大きなリスクを負担できるようになることである。…しかしそのためには、冒そうとしているリスクを理解しなければならない。」

ISO31000 のリスクマネジメントの原則では、「リスクマネジメントは、価値を創造し、保護する。」「リスクマネジメントは、組織の主要な活動及びプロセスから切り離された単独の活動ではない。リスクマネジメントは、経営の責任の一部であり、戦略的な計画策定、並びにプロジェクトマネジメント及び変更マネジメントのすべてのプロセスを含む、組織のすべてのプロセスにおいて不可欠な部分である。」と述べられています。

(PF. ドラッカー マネジメント 課題、責任、実践 (上)、P157、ダイヤモンド社、2008)

リスクマネジメント規格活用検討会編著、「ISO31000: 2009 リスクマネジメント

解説と適用ガイド」、pp.41-43、日本規格協会、2010)

(注：下線は筆者が挿入)

私は、ドラッカーの主張と ISO の記述は、地質リスクマネジメントの今後を考える上で、とても示唆に富むものであると感じています。第一は、「経済活動の本質とは取るべき価値のあるリスクを取っていくこと」という部分です。今、発注者には、「主要な発注者責任の一つとして、地質リスクマネジメントを位置付け、実践するというリスクを取っていくべきか否か」が問われています。私たち学会の回答は勿論「Yes」です。その論拠は、「リスクマネジメントは価値の創造・保護する」にあります（これが第二の示唆です）。私たちは、今回を含めた 7 回の事例研究発表会において、地質リスクの存在が市場の内外で大きな損害をもたらしている例を収集してきました。地質リスクマネジメントは、安全の根幹と安心という価値を提供しています。さらに、地質リスクマネジメントは、現在、主要な政策課題の一つとなっている「建設の生産性革命」の基盤となることも言うまでもありません。第三に、発注者責任としての地質リスクマネジメント実践というリスクを取っていくためには、「経営の責任の一部として」、すなわち、発注者は組織を挙げて地質リスクに対応していくことが求められます。その具体的施策案が、「発注者側に立つ地質技術顧問の導入」、「コスト構造改革の重要な柱の一つとしての地質リスクマネジメント」、「地質条件の総点検」、「国土交通省における地質に関する政策官の導入」となるはずで

私たち地質リスク学会は、人々の地質に関する不安を緩和・解消し、安全の根幹と安心という価値を創造・保護するために、発注者責任としての地質リスクマネジメント実践というリスクを冷静、かつ果敢に取る方法を検討・提案し続けていきたいと思

最後に、今回の事例研究の投稿・発表に際しても、幾多の困難を経験されたことと思

皆さまとご家族の方々の益々のご健勝とご多幸を心よりお祈り申し上げます。

ありがとうございました。

平成 28 年 11 月 18 日
地質リスク学会会長 渡邊 法美

第7回地質リスクマネジメント事例研究発表会
講演論文集 目次

第Ⅰ編 プログラム	1
第Ⅱ編 第1部 現状報告	
講演① 10:00～10:30 学会の活動報告(1) 「調査～設計～施工間のリスクの受け渡しーリスク管理表の活用についてー」 地質リスク学会 専門委員会委員 梅本 和裕	5
講演② 10:30～11:00 学会の活動報告(2) 「英国土木学会「ジオリスクのマネジメント」の翻訳本の発行について」 地質リスク学会 副会長 小笠原正継 (国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質情報研究部門 客員研究員)	11
講演③ 11:00～11:30 特別講演 「長野国道事務所における地質リスクマネジメントへの取組について」 国土交通省 関東地方整備局 長野国道事務所 調査課 嶋原 謙二	15
第Ⅲ編 第2部 事例研究発表会 論文	
論文 No.1 大石 洋平 (株)雄新地質コンサルタント 道路拡幅工事による斜面崩壊誘発を指摘して設計に反映した事例	19
論文 No.2 尾高潤一郎 基礎地盤コンサルタンツ(株) 複合探査により地質リスクを評価した事例	25
論文 No.3 須崎 竜太 (株)ダイヤコンサルタント 中部支社 山岳部の地すべり地帯における県道改築工事	31
論文 No.4 山本 裕雄 (株)エイト日本技術開発 防災保全事業部 自然由来砒素の含有・溶出濃度把握による管理盛土工法選定について	37
論文 No.5 藤原 協 国際航業(株) 湧水を水源とする水田への道路盛土施工の影響を事前に低減した事例	43
論文 No.6 渡邊 陽介 応用地質(株) 河道掘削工事で発現した地すべりに対するマネジメント事例	49
論文 No.7 高田 正治 (株)エイト日本技術開発 トンネル坑口部における地質リスクの回避事例	55
論文 No.8 田窪 裕一 (株)愛媛建設コンサルタント ため池改修工事で発現した地質リスク事例	61
論文 No.9 常川 善弘 (株)相愛 地質リスクマネジメントを活用したアンカーのり面の維持管理における取り組みと課題	67
論文 No.10 境正樹 応用地質(株) 東北支社 道路防災業務における地質リスク評価と維持管理計画案の検討	75
<参考資料> 「地質リスク・エンジニア(GRE)」養成講座と認定制度について	81

第 I 編 プログラム

第 7 回地質リスクマネジメント事例研究発表会

共催：地質リスク学会 / 一般社団法人全国地質調査業協会連合会

協力：特定非営利活動法人地質情報整備活用機構、

後援：国土交通省国土技術政策総合研究所

協賛：国立研究開発法人土木研究所

<開催趣旨>

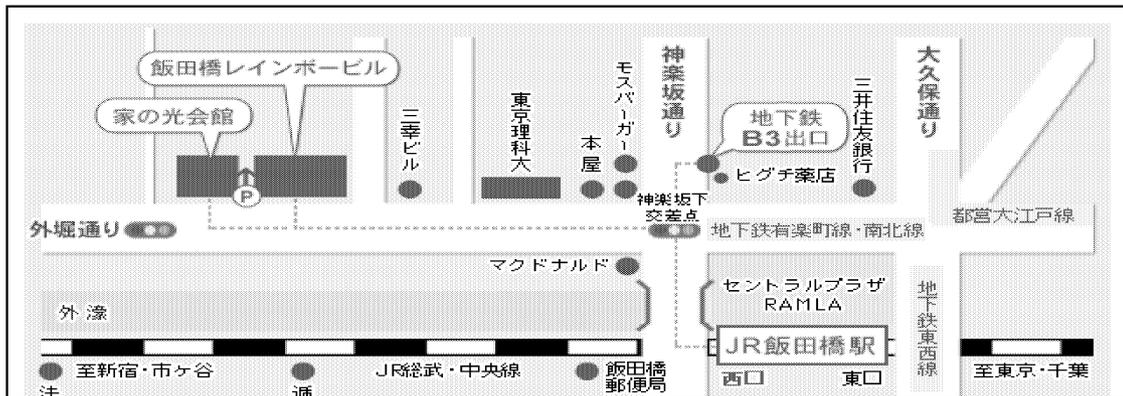
事例研究発表会の主な目的は、建設工事等における地質リスクのマネジメントの実例を紹介し、様々な課題を議論し共有することにあります。

<開催要領>

開催日：平成28年11月18日（金） 定員：200名

開催場所：飯田橋レインボービル

〒162-0826 東京都新宿区市谷船河原町11番地 飯田橋レインボービル TEL 03-3260-4791



JR 総武線飯田橋駅西口または、

地下鉄有楽町線・南北線・東西線・大江戸線飯田橋駅の神楽坂下 B3 出口より徒歩約 5 分

<プログラム>

会場：7階 大会議室
・全体会（9:30～11:40）

開場：9:30

開会挨拶：9:50～10:00 地質リスク学会 会長 渡邊 法美（高知工科大学 教授）

[第1部 現状報告]

講演① 10:00～10:30 学会の活動報告（1）

「調査～設計～施工間のリスクの受け渡しーリスク管理表の活用についてー」

地質リスク学会 専門委員会委員 梅本 和裕

講演② 10:30～11:00 学会の活動報告（2）

「英国土木学会「ジオリスクのマネジメント」の翻訳本の発行について」

地質リスク学会 副会長 小笠原正継

（国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質情報研究部門 客員研究員）

講演③ 11:00～11:30 特別講演

「長野国道事務所における地質リスクマネジメントへの取組について」

国土交通省 関東地方整備局 長野国道事務所 調査課 嶋原 謙二 氏

表彰式 11:30～11:40 第2部事例研究発表会 優秀論文賞授与式

会場：7階 大会議室
・第2部 事例研究発表会（13:00～17:00） 10編

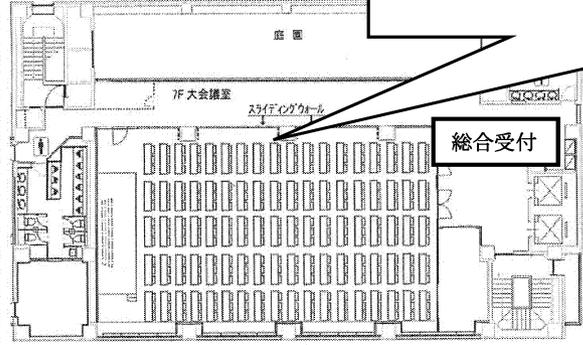
会場：1階 C・D会議室
・懇親会（17:15～18:45）

会場内配置図

飯田橋レインボービル

7階 大会議室

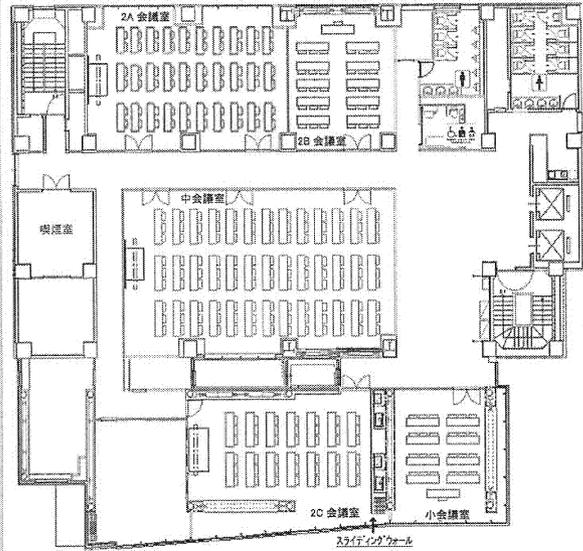
- ・「全体会」
- ・「発表会 セッション-1～セッション-2」



総合受付

・総合受付は、7階ロビー
にございます。

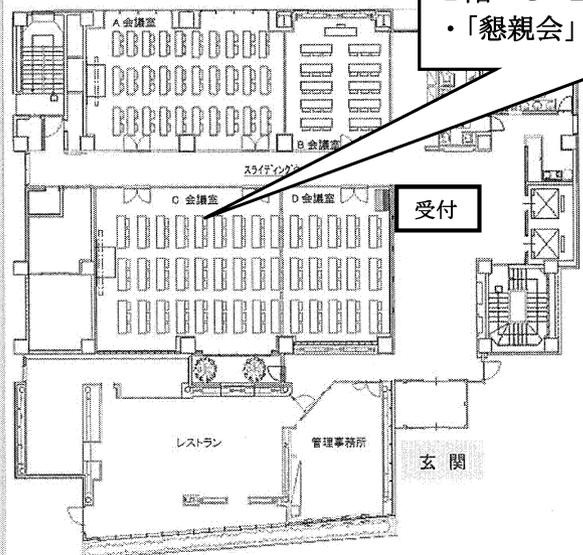
7F 大会議室



2F 中/2A/2B/2C/小会議室

1階 C・D会議室

- ・「懇親会」会場



受付

・懇親会の受付は、
PM5:00 からとなります。

1F A/B/C/D会議室

事例研究発表内容一覧

セッション区分	論文No	発表者	所属先	題目	事例種類
セッション-1 7F 大会議室 13:00~14:50	1	大石 洋平	(株)雄新地質コンサルタント	道路拡幅工事による斜面崩壊誘発を指摘して設計に反映した事例	A型
	2	尾高潤一郎	基礎地盤コンサルタンツ(株)	複合探査により地質リスクを評価した事例	A型
	3	須崎 竜太	(株)ダイヤコンサルタント 中部支社	山岳部の地すべり地帯における県道改築工事	A型
	4	山本 裕雄	(株)エイト日本技術開発防 災保全事業部	自然由来砒素の含有・溶出濃度把握による管理盛土工法選定について	A型
	5	藤原 協	国際航業(株)	湧水を水源とする水田への道路盛土施工の影響を事前に低減した事例	A型
セッション-2 7F 大会議室 15:05~16:55	6	渡邊 陽介	応用地質(株)	河道掘削工事で発現した地すべりに対するマネジメント事例	C型
	7	高田 正治	(株)エイト日本技術開発	トンネル坑口部における地質リスクの回避事例	A型
	8	田窪 裕一	(株)愛媛建設コンサルタント	ため池改修工事で発現した地質リスク事例	C型
	9	常川 善弘	(株)相愛	地質リスクマネジメントを活用したアンカーのり面の維持管理の取り組みと課題	D型
	10	境 正樹	応用地質(株) 東北支社	道路防災業務における地質リスク評価と維持管理計画案の検討	A型

*事例種類について

以下の4つに分類されます。

- A型：地質リスクを回避した事例
- B型：地質リスクが発現した事例
- C型：発現した地質リスクを最小限に回避した事例
- D型：上記のA型、B型、C型以外の事例

*セッションの司会者について

小笠原正継 (地質リスク学会 副会長)

*事例研究発表会の時間配分について

- ・セッションは、以下の2つの時間帯で実施する。
13:00~14:50
15:05~16:55
- ・口頭発表時間は、1編当たり15分とする。

第Ⅱ編 第1部 現状報告

講演①

調査～設計～施工間のリスクの受け渡しーリスク管理表の活用とリスクマネジメントー
地質リスク学会 専門委員会 委員 梅本 和裕

1. はじめに

わが国の公共事業の一般的な調達方式においては、調査・設計・施工実施業者はそれぞれ専門会社に分かれて実施され、また事業によっては調査や設計のプロセスは複数年度にわたることもあり、年度により別の業者が受注・担当することも普通にあることである。また調査～設計段階での業務間の引継ぎは、全て「報告書」によってのみ行われているのが普通である。報告書の中では、業務上の課題や「地質リスク」については、「設計施工上の留意点」あるいは「申し送り事項」として記載される程度に留まり、次の業者や事業段階に、正確に引き継がれているか甚だ疑問と言えるのが現状ではないだろうか。

本稿では、調査～設計～施工段階でのリスクの受け渡しについて、どうしてエラーが発生しやすいか、またそれを防ぐリスクマネジメントのあり方について考えていきたい。

2. 調査～設計～施工間の段階で発生しやすいエラー

(1) なぜエラーが発生しやすいか

調査から設計へ移行する段階では、その事業が持つ地質的課題や地質リスクが正しく引き継がれず、結果的に設計や施工時点で予期していなかったエラーが発覚して問題となるケースは、少なくないと感じている。その理由や背景として、次のようなものを挙げることができる。

①調査業務は地質技術者が、設計業務は土木工学系の技術者が担当することが多く、その両者間での相互理解が不十分である。(文化、素養、関心対象等のギャップ)

- ・一般に「(理学的)地質用語」は、土木系技術者にとってはしばしば不必要に専門的過ぎ、理解しづらいものとなっていると推察される。
- ・理学的地質屋と土木技術者では、対象とする事象や構造物のタイムスケールが違う。

②地質調査技術者の調査結果の確かさに対する責任が、曖昧なものになっていないか。

- ・地質調査技術者が施工時に調査結果を確認できる機会は、短期間で施工まで進む災害対応や施工中のダム事業など限定的で、自分の調査結果を確認する経験が乏しい。
- ・施工時に調査結果をチェックされる経験が無い環境で、地質リスクは報告書の中での文章記載に留まり、リスク伝達の齟齬に対する危機感を持ちにくい。

③調査業務・設計業務とも、確実度の高いものと低いものを報告書の中で区分する習慣が無く、成果品の中で同等に扱われる。

- ・地質平面図や地質断面図では、確かさの異なるもの(境界線や分布の精度)が同じ表現となっており、不確かさ(地質リスク)が表に出てこない。
- ・数値解析においても、パラメータや解析条件の設定により結果は安全側にも危険側にも振れうるものであるが、最終成果が唯一の正解のように扱われがちである。

④技術の高度化・専門化により業務の分業化が進展し、全体理解が簡単ではない。

- ・調査設計技術はここ数10年のうちに相当高度化・専門化し、技術者の分業化も進んだ。その結果、事業全体を俯瞰して本質的な課題を理解し最適解を導き出すことは、1人の技術者や事業者にとって難易度の高い作業になっていると考えられる。

この部分についての課題は、第3回事例研究発表会の全体会でも土木研究所寒地土木研究所の佐藤昌志上席研究員も同様の指摘をしており、要点としては次のものであった。

- ・総合コンサルでも地質部隊と設計部隊の情報のやり取りが極めて薄い。
- ・理学的地質と工学的地質を埋める技術者が不足（両者の繋ぎ屋が少ない）

これらの問題により、「調査」「設計」とも、明確な「ミス」というものがなかったとしても、結果に重大な「エラー」が発生する可能性が少なからずあり、そのリスクは事業者や住民、納税者が負っているのが現状であろう。またこれらの問題は地質技術者や設計技術者が個々に改善すべき部分も少なからずあるであろうが、調達や組織の構造的な問題も含んでいるため、リスクを発現させない「仕組み」が望まれ、地質リスクマネジメントのプロセスやその中でのリスク管理表の活用が、その役目を担うことができると考えている。

（2）リスク管理表について

日本においては、「地質リスクマネジメント」という用語自体も比較的新しく、そのプロセスも体系的な整理はなされていないため、「リスク管理表」についての作成事例も限定的であろう。しかし「地質リスクマネジメント入門」（2010 地質リスク学会他）において、他国での「リスク管理表」作成例が紹介されている他、現在全地連から翻訳出版準備中の英国土木学会出版「ジオリスクマネジメント(Managing Geotechnical Risk)」においても、「リスク管理表」は各事業段階の進捗時や、事業者・設計者・施工者のリスクコミュニケーションにおける重要なツールとして重用されていることが示されている。（同書の中から、説明図「ジオリスクマネジメントにおける主要なプロセス」を最終頁に示した）

3. リスク管理表の作成事例の紹介（トンネル坑口斜面安定の地質リスクマネジメント）

当該案件では、事業進捗や調査期間が長期にわたったこともあり、調査から設計へのリスクの引継ぎに課題があった案件であった。そのため、改めてリスクの抽出から地質リスクマネジメントを実施し、同時期に実施されていた詳細設計業務に引き継いだ案件である。

（1）業務と現地の概要

【現地の状況】

トンネル坑口部は谷出口の緩斜面に位置しており、緩斜面の素性とトンネル施工時の安定性について明らかにする必要があった。当該緩斜面は、その形態から崖錐～小規模扇状地といった堆積性斜面の可能性が考えられるものであったが、長い中断期間を含めて調査開始から20年近く経って設計会社に渡った時点では、「地すべり地」として判断されていた。

【リスクの受け渡しエラーとなった背景】

- ・当該事業の地質調査は、道路計画全般に対して計画されたものが大半で、当該緩斜面

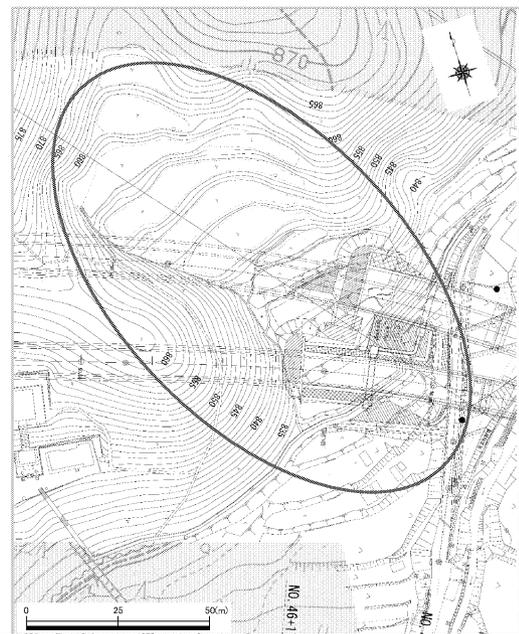


図-1 現地の状況(地形図及び道路計画)

- についても「課題の1つ」という扱いで、まとまった検討や考察がなされていない。
- ・初期段階でも「崖錐堆積物」という判断はされていたが、「トンネル坑口工事により不安定化する可能性がある」という、正しいが定性的な文章表現のみであった。
 - ・何本かの道路地質調査が実施されていくうちに、崖錐堆積物が「地すべり崩積土」として表現されるようになり、設計会社は地すべり地であるという判断を持つに至った。

当該斜面が崖錐堆積物か地すべり崩積土かにより、初期安全率や対策工の選定方針が大きく異なり、当該地の状況に整合した設計施工に結びついていかないリスクがあった。

(2) リスクマネジメントの流れ

リスクマネジメントの流れは、リスクの抽出特定、リスク分析評価、不足調査の提案と実施、リスクの再評価とリスク対策（対策工の検討と選定）と進めていった。

当該業務のリスクマネジメント全体の流れは図-2 に示すようなものであり、縦軸の並びはリスク対応の進展を示しており（上から下へ）、横軸は抽出された課題や地質リスクである。これによりリスク対応の進展を発注者と共有した。



図-2 坑口緩斜面安定性検討におけるリスクマネジメント全体の流れ

(3) リスクマネジメントの効果

このリスクマネジメントのポイントとなった点、解決のために実施した項目、マネジメント効果は、下表のようにまとめることができる。

課題・抽出されたリスク	追加調査・検討等	リスクマネジメントの効果
地すべり地かどうかの判断	地表踏査、複数時期空中写真判読、コア観察	対策基本方針の適正化(経費大幅節減)
検討対象ブロックの設定	地質断面修正、安定計算結果比較	対策方針、対策位置の適正化
現状安全率設定	乱れの少ない試料採取、三軸圧縮試験	対策工法や対策量の適正化
地下水挙動の解明	地下水検層、自記水位観測、簡易揚水試験	地下水・地表水対策工法選定の適正化
施工時の斜面安定対策方針	安定計算比較、対策工法比較	対策工法の適正化(経費大幅節減)
小規模残存リスク対応	リスクマネジメントによる判断(一部許容)	対策費用の過剰な増加を回避

(4) 作成したリスク管理表について

リスク対応の経緯と結果については、図-2の全体のマネジメント流れ図と合わせ、リスク管理表を作成して、リスク対応の共有ツールとした。

図-3は、既存業務の吟味検討が終了した時点で作成したリスク登録表である。リスク管理表の書式は、前述の「地質リスクマネジメント入門」を参照し、語句など一部修正して利用した。リスクの評価（影響度C×発生確率L）も同様の評価方法とした。

起点側緩斜面の斜面安定 リスク管理表（リスク登録表：既存業務検討時点 H27.5）

番号	リスク内容	リスク詳述	状況	リスク分析手法	影響度(大きさ) C		発生確率 L		点数 C×L	リスク分析結果	対応計画概要	優先度
					重大性	評価点	可能性	評価点				
1	緩斜面の成因(素性)が不明確	地すべり性か、崖壁等の谷出口堆積物か	E	写真判読、地表踏査をまず実施	中	40	普通	4	160	判断ミスは、その後の対策方針や費用に影響する	写真判読、地表踏査等の結果を踏まえ、追加調査を実施。	1
2	安定度検討対象ブロックの設定	設計対象ブロックの妥当性の検討が必要	E	安定計算	中	40	普通	4	160	複数断面形状で安定計算すれば、設計対象ブロックは絞り込める	複数断面での安定計算の実施。	2
3	現状安全率の設定	No.1 リスクの判断により、対応が異なる	E	緩斜面の成因判断	中	40	高い	5	200	地すべりと言う判断の場合、タイプによる現状安全率の設定。非地すべりの場合は、順算による設定を検討。	地すべり判断の結果により、追加調査(三軸圧縮試験)の実施	2
4	トンネル掘削時のゆるみ領域の設定	掘削時のゆるみ領域の設定、安全率の低下程度の設定方法が複数あり、指針化はされていない。	E	いくつかの手法を比較検討	小	10	高い	4	50	どの手法によっても、ゆるみによる強度低下を厳密に事前把握することは困難。	比較検討の上、安全側の判断とする。	3
5	地下水の挙動が不詳	対象ブロックの地下水の挙動が不明である(地下水位、地下水流動性)	E	既存報告書吟味後、追加調査を実施	小	10	低い	2	20	対策方針に関わるが、追加調査により、判定可能	詳細調査方法検討時に、地下水調査を提案	3

<凡例>
 L: リスクが発生し、その程度が特定された状態
 E: リスクが発生しているが、どの程度なのか特定されていない状態
 P: リスクが取り除かれた状態
 G: リスクではない状態
 T: 危機
 O: 好機

<点数によるリスク区分>
 きわめて高い >350
 非常に高い 200~350
 高い 70~200
 中位 30~70
 低い 4~30
 無視できる 1~3

表の項目は「地質リスクマネジメント入門」のものをアレンジして使用

リスクの点数・評価も同書によった。

図-3 リスク管理表(登録票)作成例 (リスク登録表: 既存業務検討時点)

図-4は、地質概査(写真判読、踏査、既存コア観察等)終了時点で作成したリスク措置計画表である。これも記載項目は一部アレンジして使用した。リスク措置計画表は、業務進捗の節目毎(詳細調査終了時点、対策工法選定時点)に作成した(図-5)。対策工法選定終了時点の措置計画表ではリスク対応の大半が終了しているが、一部の小リスクについては「リスク許容」の判断をし、施工時の留意点とした。

起点側緩斜面の斜面安定 リスク管理表(措置計画表1: 概略調査終了時 H27.6)

番号	リスク内容	措置の種類	措置の進捗	措置の手法	責任者	対応時期	必要な資材	これまでに判明した事項と今後の方針	措置のコスト(千円)	残存リスク
1	緩斜面の成因(素性)が不明確	最小化	完了	複数時期空中写真判読、現地踏査、コア観察、および総合判断	調査会社	H27.6月	空中写真、地形図	当該斜面は地すべり地ではなく、谷沿いに流出した崖壁堆積物と判明した。	800	なし
2	安定度検討対象ブロックの設定	最小化	検討中	複数の形状でのすべり安定計算実施	調査会社	H27.7月まで	-	崖壁堆積物のため、設計対象範囲を複数断面の安定計算により決定する。	300	設定した設計対象ブロックの妥当性の説明
3	地質断面図の作成、現状安全率の設定	最小化	検討中	ボーリングの追加による断面図の精度向上。順算によるため、不規則試料の採取、三軸圧縮試験の実施	調査会社	H27.7月まで	ボーリング、トリプルサンブラー他	既存ボーリングでおよその形状は既知。地表踏査では粘着力のある自立した露頭が観察されている。	4,000	既存ボーリングとの整合。試験試料は1試料のため、試験値をそのまま設計数にできない可能性有り。
3-1	試験値をそのまま使用できない	最小化	検討中	N値からの換算値も併用して、妥当な値を検討	調査会社	H27.7月まで	-	既存コアのクサリ様の存在と、露頭観察から、粘着力を見込める可能性	200	若干安全側の判断も検討
4	トンネル掘削時のゆるみ領域の設定	最小化	概ね完了	複数手法の比較による	調査会社 設計会社	H27.8月まで	-	若干の手法が提案されているが、確立されたものではないため、前年度までの手法を継続する。	200	不詳な部分は、ある程度の安全側の判断をする。
5	地下水の挙動が不詳	最小化	着手	地下水検層、簡易揚水試験、地下水水位観測の実施	調査会社	H27.8月まで	ボーリング、観測孔仕上げ、自記水位計	既存報告書から、地表は湿地だが、土壌内の水の動きは少ない可能性	1,500	設計対応のメチから、観測期間が十分には取れない
5-1	地下水水位観測期間が不十分	最小化	着手	梅雨明けまでに水位観測開始する	調査会社	H27.7月中旬まで	-	梅雨明けまでに水位観測開始し、それまでの観測結果で一旦判断	-	観測期間が不足して判断が難しい事項が出た場合は安全側の判断とする

同様に項目はアレンジして使用。「判明した事項と今後の方針」、「残存リスク」欄を設けた

図-4 リスク管理表(措置計画表)作成例1 (措置計画表1: 概略調査終了時)

起点側緩斜面の斜面安定 リスク管理表 (措置計画表2: 詳細調査終了、対策方針検討時 H27.8)										
番号	リスク内容	措置の種類	措置の進捗	措置の手法	責任者	対応時期	必要な資料	これまでに判明した事項と今後の方針	措置のコスト (千円)	残存リスク
1	緩斜面の成因 (素性) が不明確	最小化	完了	複数時期空中写真判読、現地踏査、コア観察、および総合判断	調査会社	H27.6月	空中写真、地形	当該斜面は地すべり地ではなく、谷沿いに流出した崖積堆積物と判明した。		なし
2	安定度検討対象ブロックの設定	最小化	概ね終了	複数の形状でのすべり	調査会社	H27.7月		安定計算による設計対象		地質的に固定すべり面でないため、設計検討
起点側緩斜面の斜面安定 リスク管理表 (措置計画表3: 対策工法選定終了時 H27.9)										
番号	リスク内容	措置の種類	措置の進捗	措置の手法	責任者	対応時期	必要な資料	これまでに判明した事項と今後の方針	措置のコスト (千円)	残存リスク
1	緩斜面の成因 (素性) が不明確	最小化	完了	複数時期空中写真判読、現地踏査、コア観察、および総合判断	調査会社	H27.6月	空中写真、地形	当該斜面は地すべり地ではなく、谷沿いに流出した崖積堆積物と判明した。		なし
2	安定度検討対象ブロックの設定	最小化	完了	複数の形状でのすべり安定計算実施	調査会社	H27.7月		工法選定時に合わせて検討、設定した。		なし
3	現状安全率の設定	最小化	完了	誤算によるため、不規則な形状の採取、三軸圧縮試験の実施	調査会社	H27.7月	ボーリングによる試料採取	照算により現状安全率を設定、現状と矛盾しない。		なし
3-1	試験値をそのまま使用できない	最小化	完了	N値からの換算値も併用して、総合的に設定	調査会社	H27.7月		N値換算値など総合的に判断した。		なし
4	トンネル掘削時のゆるみ領域の設定	最小化	完了	複数手法の比較による	調査会社	H27.8月		前年度までの手法を継続する。		不詳な部分は、ある程度の安全側の判断をする。
5	地下水の挙動が不詳	最小化	完了	地下水検層、簡易排水試験、地下水位観測の実施	調査会社	H27.9月	ボーリング、自記水位計	地質は薄地質だが、土壌内の水の動きは少ない。		なし
5-1	地下水位観測期間が不十分	最小化	完了	掘削明けまでに水位観測開始する	調査会社	H27.7月		地下水位低下量は安定計算より見込まない。		なし
6	妥当な対策工 (排水対策) の選定	最小化	着手	地表水排除工、地下水排水工の比較	調査会社	H27.9月		水理特性から地下水排水工は不採用		概ねなし
6-1	地表水排除工のみとし、地下水排水工は未設置	許容	検討中	詳細設計による細部検討	設計会社	H28.2月		地表水排除工を設置し、地表湧水を解消		ゆるみの発生により水害工変形の可能性有り⇒暗渠併設型などで対応
7	妥当な対策工 (抑止工等) の選定	最小化	着手	複数工法との比較検討	調査会社	H27.9月		押え盛土を選定		概ねなし
7-1	トンネル直上の下方等変形の発生	許容	検討中	詳細設計による細部検討	設計会社	H28.2月		押え盛土では、トンネル直上の微小変形は防止できないが、費用対効果の問題あり。		トンネル上方は山林〜荒地で用地購入するため、微小な変形は許容する。

リスク対応が終了したのは、網掛けして区分した

最終的に、一部の小規模なリスクは、「許容」の判断をして申し送りました。

※ 網掛け部は、リスク対応が終了した項目

図-5 リスク管理表(措置計画表)作成例2

(措置計画表2: 詳細調査終了、対策方針検討時、措置計画表3: 対策工法選定終了時)

4. 施工時の地質リスクについて

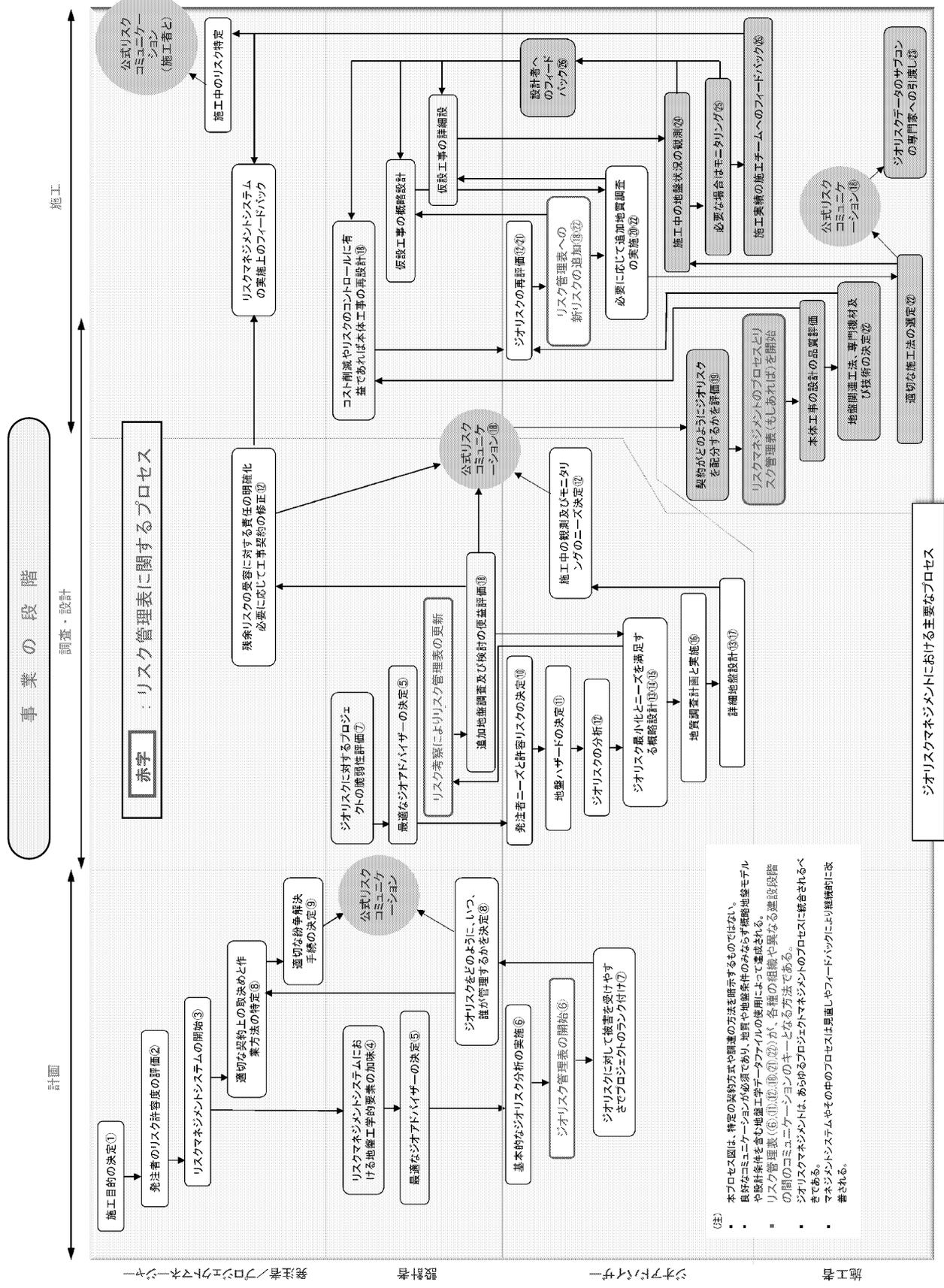
設計業者と施工業者間での、設計方針や現場条件の認識の相違はかつてから度々指摘されている。最適解の判断は非常に専門的で高度であるため、三者会議が実施されるケースが増えており、不具合の事前解消が計られている。しかし三者会議への地質技術者の参加は必須ではなく、また地質リスクが内在したまま進捗している可能性もある。

施工段階での地質リスクとしては、調査設計段階では表土や植生に隠れていたものが、施工を始めたところ予め想定していた地質条件とは異なる地質性状に遭遇するケースも度々あることである。その状況変化への対応を誤ると、災害や事故に結びつくこともあるため、調査設計～施工との間においても、リスクの引継ぎは丹念にされる必要がある。

5. おわりに

調査～設計～施工といった事業の進展時に、リスク引渡しにエラーが出やすい現状について、その背景やそれを防止するためのリスク共有方法について整理してきた。この課題の解決に、地質リスクマネジメントのプロセス及びその中でのリスク管理表の活用は、非常に有意義であると考えている。

またこの案件で実感した地質リスクマネジメントのもう1つの有効性として、「モデル化の難しい案件」での評価判断に、リスクマネジメントの概念が有効ということである。今回検討した、トンネルの下方通過による地表部での変形や地すべりの発生は、検討手法はあるものの、緻密な解析手法というよりは経験的工学判断というべきものであろう。同様に精密な地質モデルや施工時挙動のモデル化が難しい場面は多くあり、そういった場合では、ある分析評価結果に安易に決め付けるのではなく、リスクやその不確かさも事業者など関係者間で共有し、その上で優先的に達成すべきものは何なのか、許容できるリスクはどこまでかを、真摯に議論する姿勢が重要であると考えている。



(注) 本プロセス図は、特定の契約方式や顧客の方法を暗示するものではない。
 ・ 良好なコミュニケーションが必須であり、地質や地盤条件のみならず地盤地盤モデルや設計条件を含む地盤工学データベースの使用によって達成される。
 ・ リスク管理表(⑥、⑪、⑬、⑭、⑮)が、各種の組織や異なる建設段階の間のコミュニケーションのキーとなる方法である。
 ・ ジョリスクマネジメントは、あらゆるプロジェクトマネジメントのプロセスに統合されるべきである。
 ・ マネジメントシステムやその他のプロセスは、専らしやフィードバックにより継続的に改善される。

英国土木学会出版の「ジョリスクマネジメントにおける主要なプロセス」に加筆

講演②

英国土木学会「ジオリスクのマネジメント」の翻訳本の発行について

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質情報研究部門 小笠原正継

1. はじめに

地質リスク学会では地質リスクマネジメント事例研究発表会において主に国内におけるその事例分析を行うとともに、地質リスクマネジメント体系化委員会等で海外での地質リスクマネジメントの動向に関しても情報収集と検討を行っている。学会設立時には地質リスク学会・全国地質調査業協会連合会との共編で「地質リスクマネジメント入門」¹⁾を出版し、その中に米国土木学会の「**Geotechnical Baseline Reports for Construction-Suggested Guidelines**」²⁾の翻訳版（「建設工事におけるジオテクニカル・ベースライン・レポート—推奨ガイドライン—」）を含めた。ジオテクニカル・ベースライン・レポート(GBR)の翻訳と解説では、米国の建設工事の契約の中で地盤状況の不確実性をどのように取り扱うかの例が示されている。予見できない地盤状況が発現した時の設計変更への対応は米国と日本で異なることもあるが、日本語によるGBRのガイドラインの紹介は日本における地質リスクマネジメントとのあり方を検討する上でも意義があったと考える。

「地質リスクマネジメント入門」の第1章3節では海外の地質リスクマネジメントの現状をまとめたが³⁾、その中で英国の現状における記述で、英国土木学会が2001年に出版した「**Managing Geotechnical Risk – Improving Productivity in UK Building and Construction**」⁴⁾の内容を簡単に紹介している。また2015年の第6回地質リスクマネジメント事例研究発表会では、海外事例報告として「英国における地質リスクマネジメントの体系化の現状」の講演⁵⁾を行ったが、そこでこの本の紹介をした。

英国の道路建設における地質リスクマネジメントの標準規格であるHD22/08 “**Managing Geotechnical Risk**”の作成において、英国土木学会出版のこの本は重要な参考資料として用いられた。また英国や香港などでは、この本は地質リスクマネジメントを理解する上で教科書的存在となっている。そこで地質リスク学会および全国地質調査業協会連合会地質リスクワーキンググループではこの本の翻訳版を作成することが検討され、今回、全国地質調査業協会連合会地質リスクワーキンググループにより「ジオリスクのマネジメント」翻訳版として出版されることとなった。そこでその概要を紹介する。またこの本が出版されてから15年が経過したが、出版後の英国における地質リスクマネジメントの動向とその役割を概観する。

地質リスクマネジメントの検討では、米国土木学会の「**Geotechnical Baseline Reports for Construction-Suggested Guidelines**」と英国土木学会の「**Managing Geotechnical Risk – Improving Productivity in UK Building and Construction**」が常に重要な文献として引

用されている。今回、「ジオリスクのマネジメント」として日本語翻訳版が出版されたことにより、すでに出版されている GBR の翻訳版とともにこれらの 2 冊の本が、日本における地質リスクマネジメントの理解を深めるのに大きく貢献することが期待される。

2. 「ジオリスクのマネジメント」の概要

「ジオリスクのマネジメント」翻訳版の原書は、英国サウザンプトン大学の C.R.I. Clayton 教授が著者となっている。同書は、英国環境運輸地域省(DETR)から英国土木学会 (Institution of Civil Engineers : ICE)に対して委託された共同技術研究プログラムの成果としてとりまとめられた。この共同技術研究プログラムのプロジェクトメンバーには建設工事の実務を担当する発注者、地質コンサルタント、設計者、施工者、また大学と英国地質調査所の研究者を加えて合計 23 人が参加している。建設事業に係る実務者の様々な意見を反映してとりまとめられており、地質リスクマネジメントにおける発注者、設計者、および施工者の役割が明確に示されている。英国内外の実務者の間では地質リスクマネジメントに関する最も重要な解説書として知られており、同書が 2001 年に出版されてから 15 年が経過したが、その内容は技術研修、講演、また論文の中でも多数引用されている。この本は Thomas Telford Ltd.により出版され、また著作権は英国土木学会と Thomas Telford Ltd.にある。

英国土木学会は会員数が約 9 万人の学会で、160 ヶ国に会員がいる。その内の 6 万 5 千人は英国内の会員からなり、英国以外ではオーストラリアなど英連邦の国々、および香港の会員が多い。学会は 1818 年に設立され、Thomas Telford が初代会長に選ばれた。本書の出版社である Thomas Telford Ltd.は初代会長の名前を冠した、英国土木学会の出版や技術研修を担当するサービス部門である。英国土木学会は土木技術者および研究者の組織として、“Geotechnical” や “Management” 分野についても様々な情報および資料を提供しており、また多くの単行本を出版している。この本はその出版物の一つである。

この本は、以下の 6 章と付録からなる。

- 第 1 章 はじめに
- 第 2 章 主要なプロセス
- 第 3 章 基本的な考え方
- 第 4 章 発注者の役割
- 第 5 章 設計者の役割
- 第 6 章 施工者の役割
- 参考文献
- 付録 A リスク管理表
- 付録 B リスク・ソフトウェア
- 付録 C ケースヒストリー

翻訳版の原書は A4 サイズの 80 ページの冊子で、それぞれの章において、課題が明確にま

とめられている。本文の前には用語の解説があり、本書で使われている用語の定義が示されており、本文での議論を明確にするのに役立っている。

第1章ではこの本の目的、ジオリスクの概念、読み方に関して記述している。

第2章は、建設工事における発注者、設計者、ジオテクニカル・エンジニア、施工者、とその工程をマトリックスにした図面の上に、ジオリスクマネジメントを行う上での主要な要素とその関連が図示されている。

第3章では、ジオリスクマネジメントの基礎的事項が解説されている。総建設費用に占める現場調査費用の割合と、建設開始後の建設費用の増加額に明確な負の相関があることを示した図が掲載されているが、この図は多くの研究で引用されている。またジオリスクが適切にマネジメントされないと、建設コスト、品質、工期、環境、安全と関係者の健康に大きな影響が生じることから、リスクマネジメントシステムの構築の重要性が示されている。

第4章から第6章では、発注者、設計者、施工者のジオリスクマネジメントにおける役割が説明されている。それぞれの役割が明確に示されていることから、国内においてもジオリスクマネジメントの説明をするための貴重な資料となると考えられる。

付録A リスク管理表には、業界3社のリスク管理（登録）書式の解説があり、その書式自体が参考になるが、さらに実際にリスクマネジメントを実施するに当たって、参考となる具体的項目が例示されており貴重な資料である。

付録B リスク・ソフトウェアはリスクマネジメントの支援ソフトウェアが解説されている。

付録Cにはジオリスクマネジメントに関しての4件の実例が解説されている。

3. 英国土木学会による原書出版の2001年から現在までの動向

英国政府関連機関の建設する道路と橋に関しては **HD22「Managing Geotechnical Risk」**のマニュアルがあるが、2008年にその改訂版 **DMRB Vol.4 HD22/08「Managing Geotechnical Risk」**が、英国道路庁(**The Highway Agency**)、スコットランド州政府、ウェールズ州政府、北アイルランド州政府により作成された。すでに述べたが、そのマニュアル作成にあたり、英国土木学会から2001年出版された原書は、重要な参考資料として用いられている。その **HD22/08** マニュアルにはジオリスクをマネジメントするための4つの段階とそこですべき事項、またジオリスクに関する事前認証、設計・施工認証の書類の書式およびプロセスの詳細な記述が示されている。

英国道路庁は2010年、コンサルタントの **ARUP** に委託して、「**A Risk-based framework for geotechnical asset management Phase 2 Report**」を作成した。道路の維持管理におけるジオリスクマネジメントのあり方を検討している。

英国地質学会南ウェールズ支部は英国土木学会との共催で、2011年に原書出版後10年を記念して、「**Geotechnical Risk Management: adding value to construction projects**」と題するシンポジウムを開催した。基調講演では、英国サウザンプトン大学の **C.R.I. Clayton** 教授により、「**Managing Geotechnical Risk – 10 years on**」と題する講演が行われている。

原書が英国の建設工事における地質リスクマネジメントの重要な資料となっていることが理解できる。

4. おわりに

英国では英国土木学会と英国地質学会を中心に地質リスクマネジメントに関する分析と研究が1990年代から系統的に行われており、その体系化が進んでいる。今回、翻訳がなされた英国土木学会の「**Managing Geotechnical Risk – Improving Productivity in UK Building and Construction**」は出版から15年が経過しているものの、地質リスクマネジメントにおける重要な資料としての意義が認められている。その日本語翻訳版は、日本における地質リスクマネジメントの検討においても貴重な資料となるであろう。

文献

- 1) 地質リスク学会・全国地質調査業協会連合会 編 (2010) 地質リスクマネジメント入門 オーム社、204.
- 2) R.J. Essex (2007) Geotechnical Baseline Reports for Construction-Suggested Guidelines-. American Society of Civil Engineers, 62.
- 3) 小笠原正継(2010) 海外の地質リスクマネジメント. 地質リスク学会・全国地質調査業協会連合会 (編) 地質リスクマネジメント入門 オーム社、11-14.
- 4) C.R.I. Clayton (2001) Managing Geotechnical Risk – Improving Productivity in UK Building and Construction. Thomas Telford Ltd. 80.
- 5) 小笠原正継 (2015) 英国における地質リスクマネジメントの体系化の現状. 第6回地質リスクマネジメント事例研究発表会講演論文集, 12-15.

講演③

長野国道事務所における地質リスクマネジメント への取組について (下諏訪岡谷バイパス版)

嶋原 謙二

関東地方整備局 長野国道事務所 調査課 (〒380-0902 長野県長野市鶴賀字中堰145)

日本の地形や地質は、世界の中でも複雑かつ脆弱な性質を有しており、台風や局地的集中豪雨による自然災害が発生し、多くの被害をもたらしている。こうした環境下での社会基盤整備では、地質に起因する多くのリスクが存在し、このリスクは建設から維持管理に至るまでのコストに大きな影響を与える。そのため適切な段階で地質リスクを抽出・検討することが重要である。

今回は、長野国道事務所管内の下諏訪岡谷バイパスにおける地質リスクマネジメント（試行）の取組を紹介する。

1. 背景

長野県諏訪地域は、我が国の主要な地溝帯の一つであるフォッサマグナの西縁にあたる糸魚川静岡構造線上に位置しているといわれ、地質上複雑である。実際周辺の湖北トンネル（国道142号線バイパス）、塩嶺トンネル（JR中央線）建設時には大湧水や崩落のため工事が難航した記録が残っている。

今回事業を進めている下諏訪岡谷バイパスの計画区間においてもトンネル等の計画があり同様の心配がある。

このため本バイパスの調査設計にあたり地質上の観点から、事業箇所全体で地質調査請負者、詳細設計請負者とともに合同現地踏査及び危険箇所の抽出を行ったところ、計画されているトンネル坑口部について、既往成果により相反する説明があったり、明確な根拠が示されていないなかったりして、危険性が明確になっていないことがわかり、今後の工事実施段階において、地質上の問題等により、工事費の増大や防災対策等への追加投資を招く危険性が高いと判断された。

この危険を回避するため、下諏訪岡谷バイパス（1工区）調査・設計時において地質リスクマネジメントを試行したため、その結果とリスクマネジメントを実施する必要性について報告するものである。

2. 下諏訪岡谷バイパス（1工区）の概要

本バイパスは、長野県諏訪郡下諏訪町東町を起点とし、長野県岡谷市長地鎮を終点とする延長1.7kmのバイパスである。本バイパスの起点側には砥川を渡河する約200mの長大橋が、終点側には約500mのトンネルが計画されている。

また本バイパス建設予定箇所は地質的には前期更新世火山岩の塩嶺累層、石英閃緑岩、泥質片岩等多様な地質が分布しているが、特に塩嶺累層が広く分布している。塩嶺累層はしばしば著しい変質と脆弱化が認められるケースがあり、この場合道路施設建設時に湧水や落盤等の危険が存在することになる。

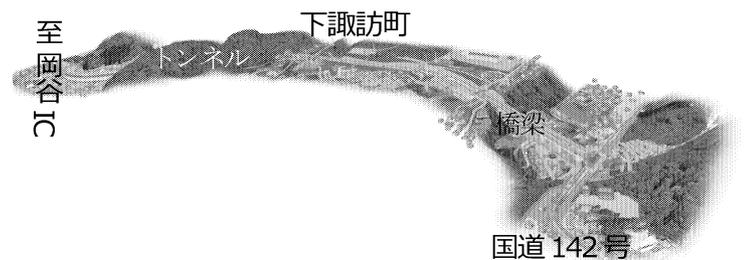


図-1 下諏訪岡谷バイパス(1工区)イメージ

3. 地質調査における現状と課題

道路事業においては通常、概略設計時に地質調査を実施し地質面からの検討がなされ総合的な判断の下適切なルートが選定される。しかしその後道路の詳細設計が実施される際には、各施設の基礎や法面の検討の際ジャストボーリングを実施し、設計に必要な土質定数の設定を行うが、概略設計時になされた全体の地質の検討が更に詳細に再検討されることはまれである。

特に危険性（地質リスク）が隠れている場合、詳細な調査検討が行われないことにより、工事実施段階になって初めて危険が明らかになり、その後の対応のため、工事が遅れたり、復旧に多額の費用を要したり、最悪の場合尊い人命が失われたりする可能性がある。

実際、当事務所管内山清路防災トンネル現場においても、トンネル坑口部が幾度か崩れ、坑口部で実施している橋梁工事が止まってしまう事例が発生しているが、地質についての詳細なリスク検討をしていれば、もっと早く対策できた可能性が高い。（図-2）

また逆に表面的に現れている事象から実際には必要の無い過大な安全対策を行い、不必要な投資を行ってしまう可能性もある。

こうした危険を回避するために設計事業箇所全体を地質リスクという観点から見直すことが重要である。



図-2 山清路トンネル坑口の事例

4. 解決へのプロセス

この観点で、下諏訪岡谷バイパス(1工区)をみたところ、いくつかの箇所において、再検討を行う必要があると判断したが、そのうちの1つの事例を紹介する。

(1) トンネル起点側坑口

トンネル掘削を予定している地山に関して、概略設計時には詳細な確認は行われていなかったため、その後実

施された過年度の地質調査資料の確認を行った。

その結果、平成25年度実施の地質調査業務では、トンネル起点側坑口の地下水位が高くかつ表層約10mに地すべり面が存在し地すべり崩壊の可能性がある指摘されていた。

しかし、以前の複数の地質調査報告書を確認すると、平成16年度の報告書ではトンネル坑口部の地下水位が比較的低くかつ連続する地すべり粘土はないという相反する記述があった。また地すべり面と評価している箇所が、耕作のため人工的に開発されてできた地形であり、戦後の米軍による航空写真で確認すると、現在と変化はなく、長期間安定しているという現実もあった。

なぜ同一箇所の調査検討で結果に違いが出るのかを考えてみたところ、概略設計時の地質検討を更に詳細に検討するという手法が確立されていない道路事業において、下記の理由が考えられる。

- ①当該事業では、調査設計が何年にもおよび、それぞれの成果で評価している人が異なっている。また引継ぎが確実に行われていない。
- ②ボーリングの目的が、トンネル設計に必要な地山等級の設定に主眼が置かれている。そのためその都度実施したボーリングデータを過年度の地質調査データに追加しているだけであり、地山全体の地質リスクの観点からの調査検討はなされていない。

一方でトンネル設計においては、既往調査成果を基に設計を実施するため、地質上隠れた危険性を新たに発見するのは、ほぼ不可能といえる。

そのため、地質上の隠れたリスクについては、詳細設計前の地質調査において地質リスク調査検討を実施し、地質リスクの抽出、特定及び対策方針を立案し、その後トンネル詳細設計において上記成果を反映していくことが重要である。

以下に下諏訪岡谷バイパス（1工区）において試行した地質リスクマネジメントについて報告する。

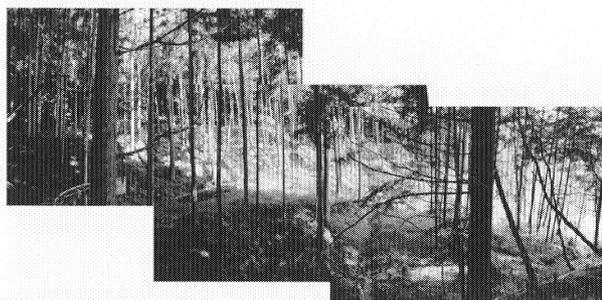


図-3 起点側トンネル坑口状況

5. 今回の試行と成果

トンネル起点側坑口について一般に図-4 地質リスクマネジメント実施フロー図の流れに沿って地質リスクマネジメントを実施していく。下諏訪岡谷バイパス（1工区）における試行について具体的に以下に記述する。

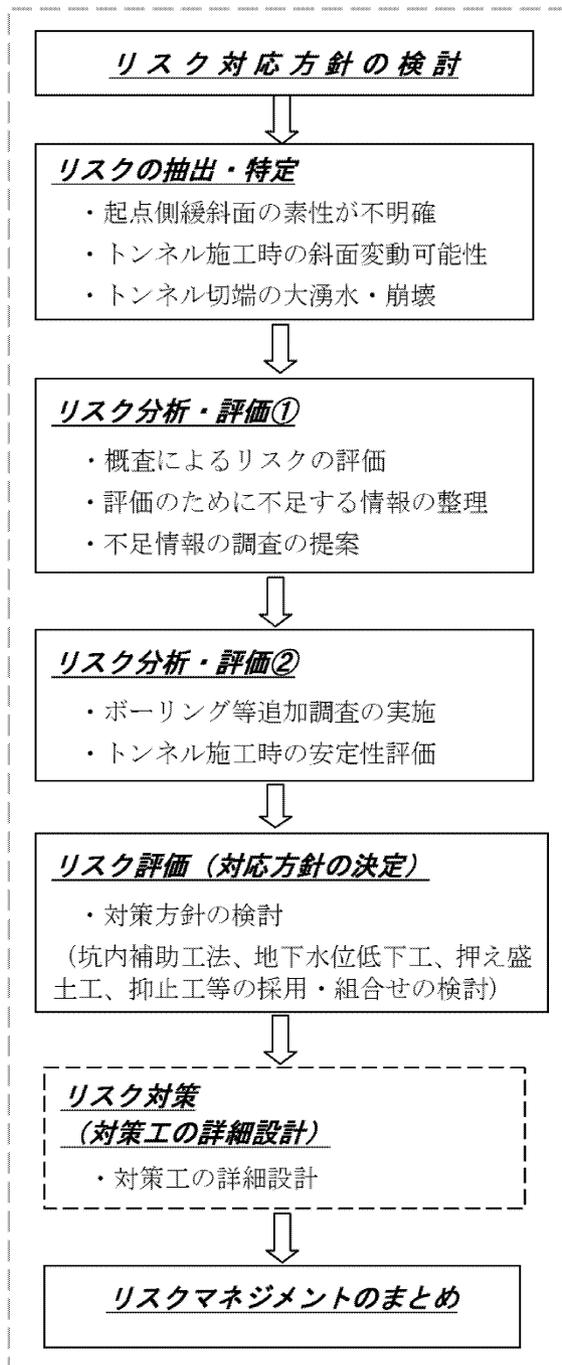


図4 地質リスクマネジメント実施フロー図

(1) トンネル起点側坑口部

実施フロー図に基づき、下記のとおり検討を行った。

①リスクの抽出・特定

既存地質調査結果吟味
空中写真判読

②リスク分析・評価①

空中写真経年変化判読
既存コアの詳細観察
地表地質踏査

安定性の概略検討

不足情報の調査の提案

③リスク分析・評価②

ボーリング及び地下水流動調査

地質断面図の作成

トンネル施工時の安定性評価

④リスク評価（対応方針の決定）

対策方針の検討

発注者・地質調査請負者・トンネル設計請負者の
3者による打合せ

⑤リスク対応（対策工の詳細設計）

トンネル設計請負者による詳細設計

⑥リスクマネジメントのとりまとめ

以上を実施した結果を以下のとおり報告する。

6. 結果と成果

今回の地質リスク検討により、過年度に地すべり地形と評価されていた箇所は、谷沿いに流出してきた古い土砂堆積地形であり、末端が浸食されても不安定化しない比較的安定した崖錐堆積物であると結論づけた。

その結果、もし地すべり地形として対策計画を進めていた場合、現況安全率 $F_s = 1.05$ （崩積土地すべり）を設定することになり、結果としてトンネル掘削による緩み領域の発生により安全率が大きく低下して、膨大な安定対策（例、垂直縫地ボルト設置等）が必要となる。

（図-5）

しかし崖錐堆積物として対策を行うことになったため、安全率は現況 $F_s = 1.708$ とし、対策工としては押え盛土工により斜面安定対策を行えることが判明し、対策工のコストを縮減できることになった。（図-6）

また今回の調査で、トンネル起点側に多量の被圧水が存在することがわかり、トンネル施工前に水抜き対策を実施し、トンネル工事実施時の安全性を確保することとした。

更にトンネル坑口部の土地利用形態は植林地と荒地のため、費用対効果を勘案し、トンネル直上部の小変形は許容するようにした。

これらの対応により、施工コストの低減及び工事実施時の安全性を高めることができた。

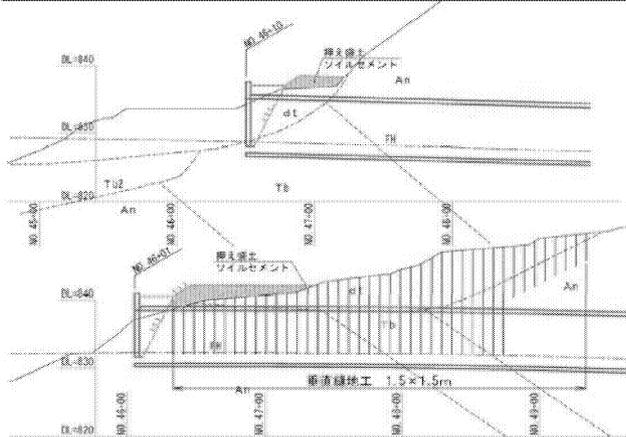
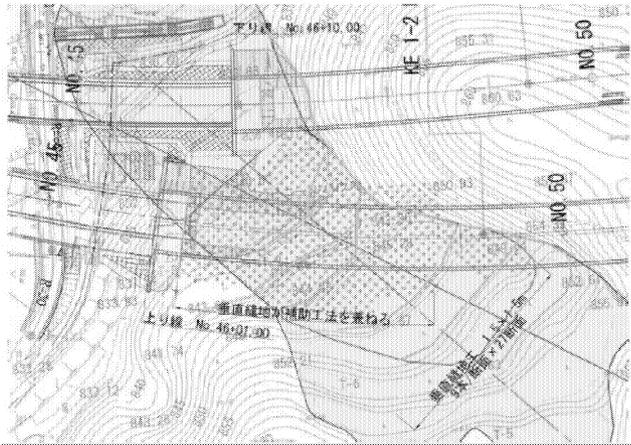


図-5 地すべりとしての対応例

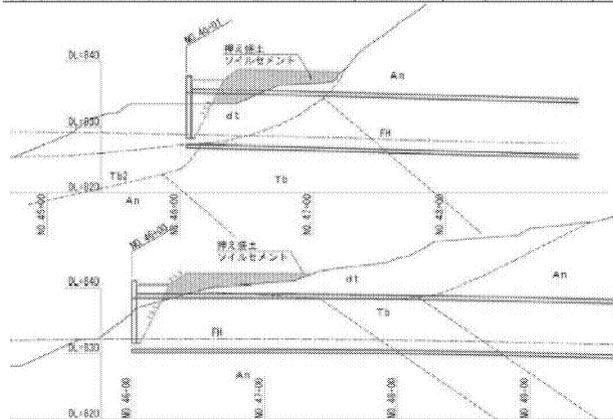
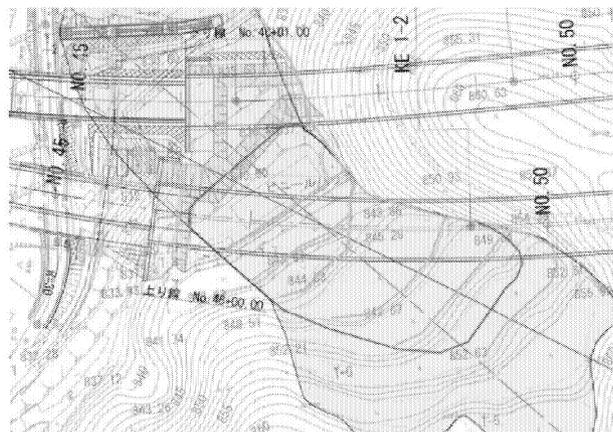


図-6 崖錐としての対応例

7. 考察と今後

今回下諏訪岡谷バイパスにおいては、必要な地質調査を行う中で地質上の特殊性がわかってきたこと、さらに「平成26年度建設コンサルタント業務等におけるプロポーザル方式及び総合評価落札方式の運用ガイドラインの一部見直しに向けた試行の運用」の中ではじめて「地質リスク調査検討」及び「地質調査計画策定」がプロポーザル業務に位置づけられたため、担当者が関係する研修を受け地質リスクマネジメントに関する知識を持つことができたことから、今回の取組に至った経緯がある。

しかし長野国道事務所管内或いは公共事業で実施する多数の事業の中で、どの事業でどこまで地質リスクマネジメントを実施するかが今後の課題である。通常、

- ①地質が不均質箇所（山岳地等）
- ②特殊地質箇所（軟弱地盤等）
- ③地質リスク検討により大幅に事業費の削減が見込める箇所

については、本取組を行う必要があると思うが、実際複雑な地質の状態を判定するのは難しい場合もある。従って当事務所では下記の取組を実施する予定である。

(1) 地質的な特殊部の存在がわかっている場合

プロポーザルにより「地質リスク調査検討」及び必要に応じて「地質調査計画策定」業務を発注し、地質リスクマネジメントを実施する。

(2) 地質的な特殊部の存在がわからない場合

通常の地質調査を実施する際に、地質の技術者と地質リスクについて打合せを行い、「地質リスク調査の是非を判断する」との指示を行う。或いは地質調査業務発注時に、既存の地質調査成果を閲覧資料とし、特記仕様書に「地質リスク調査の是非を判断する」という項目を設け、参加者からの見積徴収を行う。

この取組により、隠れた地質リスクを詳細設計前に明らかにし、時間をかけ十分な検討を重ね、必要な対策を行えるというメリットがある。

また、この取組を有効にするためには、検討内容を同一フォーマットにとりまとめ、地質情報の適切な引継ぎを行っていくことも重要である。

今後は下諏訪岡谷バイパス（1工区）全体としてのどの程度効果があったのかまとめ、1つの事業としての効果を検証していく予定である。

第Ⅲ編

第2部 事例研究発表会 論文

【論文No. 1】 道路拡幅工事による斜面崩壊誘発を指摘して設計に反映した事例

(株)雄新地質コンサルタント ○大石洋平

(株)雄新地質コンサルタント 大石 徹

(株)雄新地質コンサルタント 泉 恵一

1.事例の概要

本事例は、山間部に位置する県道拡幅工事に伴う、切土法面の地質調査業務において、概略設計時点では想定されていなかった斜面崩壊の危険（地質リスク）を発見し、追加調査を提案・実施して崩壊機構を把握し、対策工の必要性について指摘したものである。

調査地は三波川帯南縁（御荷鉾帯）に位置しており、基盤岩としては主として黒色千枚岩が分布していた。調査区間の山腹斜面および道路下方の河床には、随所に硬質な露頭がみられた。

地表踏査結果から、切土計画区間に露頭が欠如した30m程度の区間を確認し、脆弱岩の分布を想定した。脆弱岩の分布が想定される区間の両翼には、硬質な基盤岩露頭が斜面の随所に分布しており、概略設計の横断測線においては、斜面崩壊の危険を把握するのが困難であった。想定される斜面崩壊の方向は、基盤岩の傾斜方向で、法線に直交する横断方向に対して60°程度終点側に向かった流れ盤斜面である。

斜面上部のボーリング（Bor.No.1）の結果、現況道路擁壁レベル付近まで破碎質な基盤岩を確認した。また、粘土状に風化した脆弱岩を随所に挟んでおり、斜面崩壊の素因を孕んだ地質構造を確認した。

そこで、斜面脚部の掘削に伴って想定される斜面崩壊を確認するために、終点側斜面脚部での追加ボーリング（Bor.No.3）を提案・実施した。これらの調査結果から、すべり面の推定および安定計算を実施して、斜面崩壊対策工の必要性を指摘した。

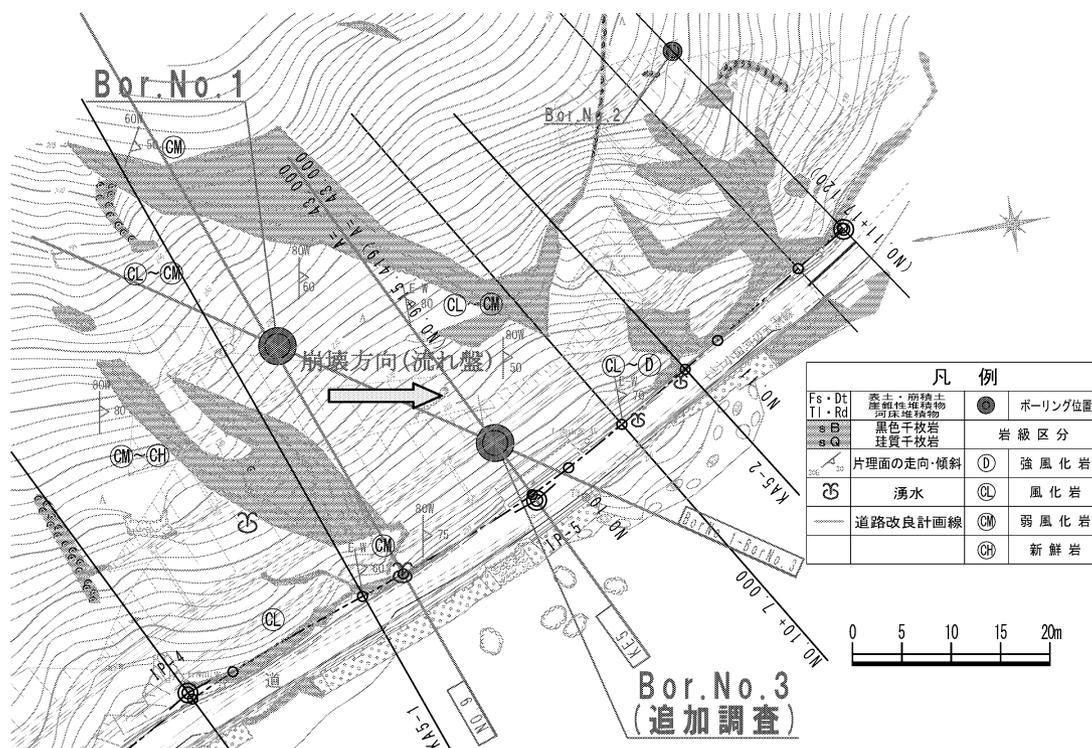
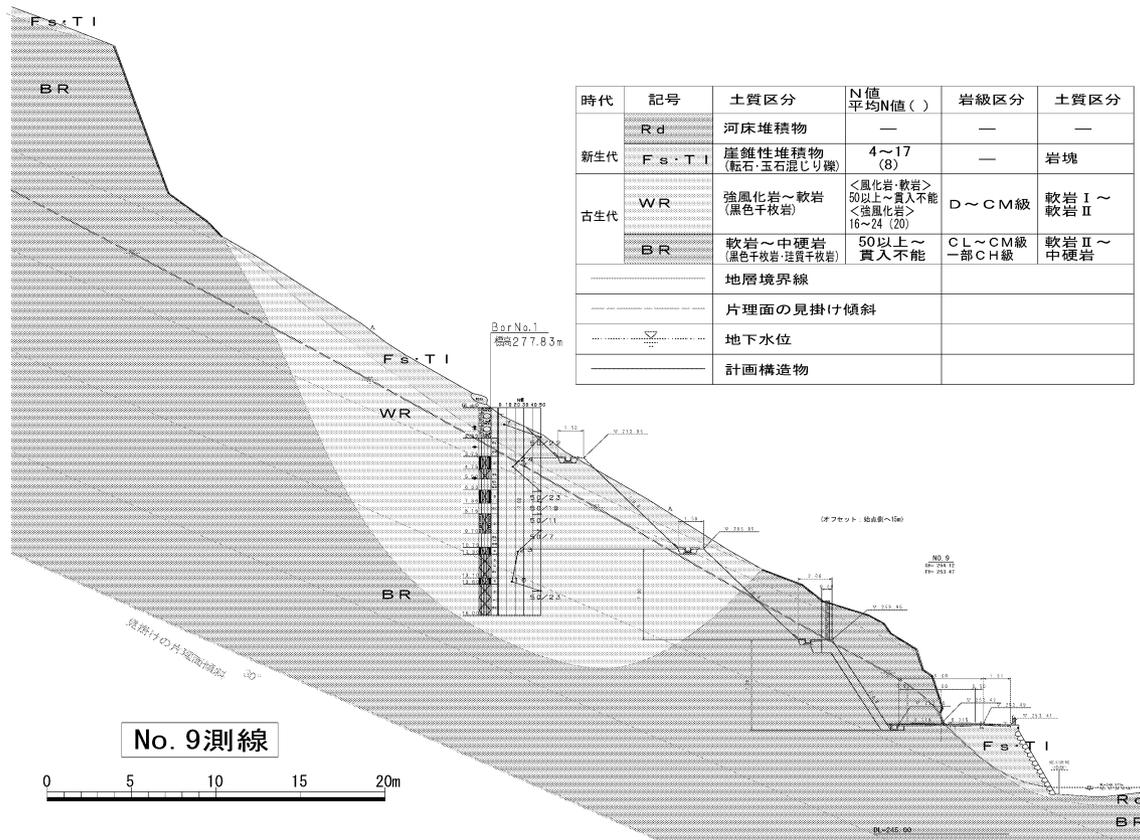
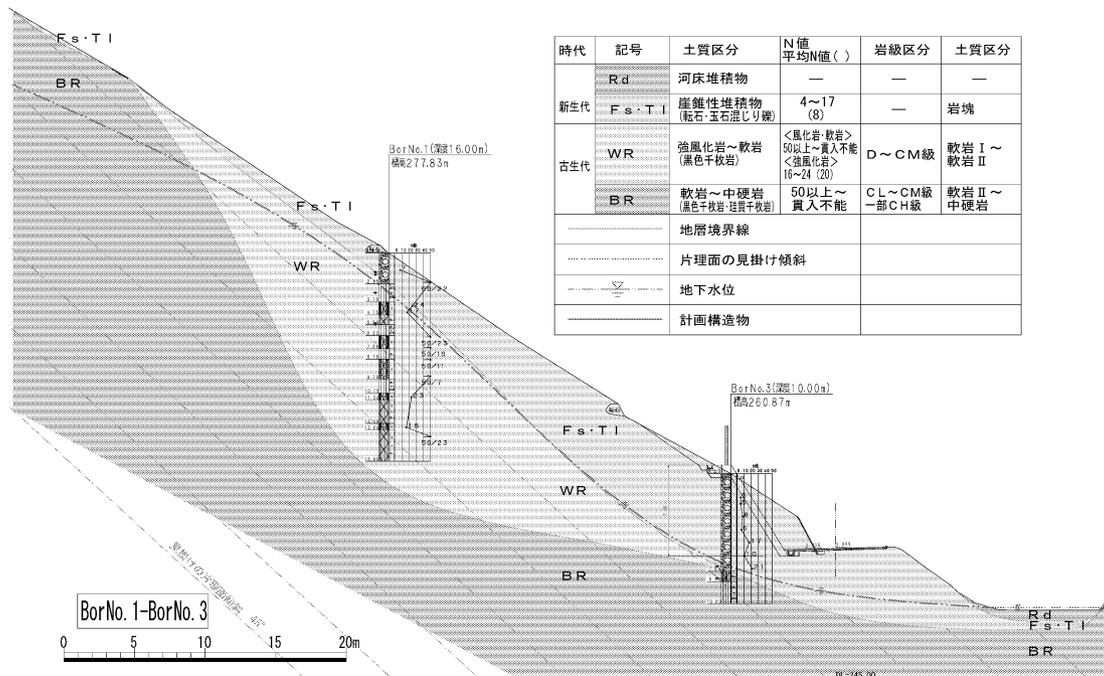


図1 平面図



概略設計横断方向の地質断面



追加調査後の地質断面

図2 地質断面図

2.事例分析のシナリオ

(1)地質リスクの特定

道路拡幅工事による斜面脚部の切土により斜面崩壊が発生。

(2)リスクの要因

切土による斜面崩壊が発生する要因として以下の事項が考えられる。

○地質的要因

- ・部分的な脆弱岩の分布が想定される。
- ・切土法面は流れ盤構造となっている。
- ・地下水位が浅い。

調査地の基盤岩露頭は概ね新鮮な黒色千枚岩である。黒色千枚岩は、泥質岩起源であり、剥離性に富み、風化しやすい軟弱な岩盤である。露頭欠如区間には脆弱岩の分布が推定された。基盤岩の片理面の傾斜は切土法面に対して終点側方向に向かって流れ盤の構造となっており、流れ盤構造に伴う斜面崩壊が想定された。想定される崩壊方向の河床付近には、崖錐性堆積物が分布しており、厚い土砂層と崩壊履歴が想定された。また、斜面脚部の露頭には常時湧水が見られ、地下水位は浅い。

○地形的要因

- ・現況斜面の勾配が 30° 程度の急傾斜。(切土法面の見掛けの片理面傾斜と同程度)
- ・脆弱岩分布域の既往横断面図は、斜面下方または斜面上方に硬質な基盤岩が露頭しており、斜面崩壊の想定が困難。

露頭欠如区間の斜面傾斜角は 30° 程度の急傾斜であり、表部および下方斜面には崖錐性堆積物が分布している。急傾斜は斜面上部まで続いており、斜面上方は硬質な基盤岩露頭の懸崖となっている。

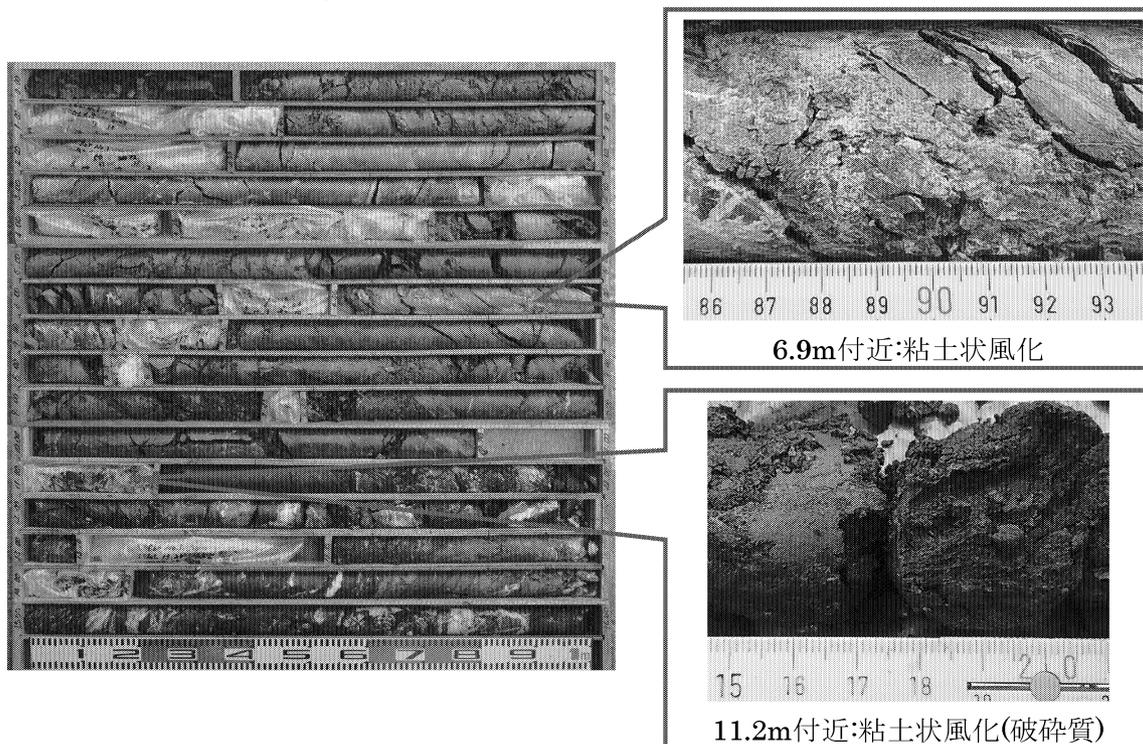


図3 BorNo.1コア写真(斜面上部)

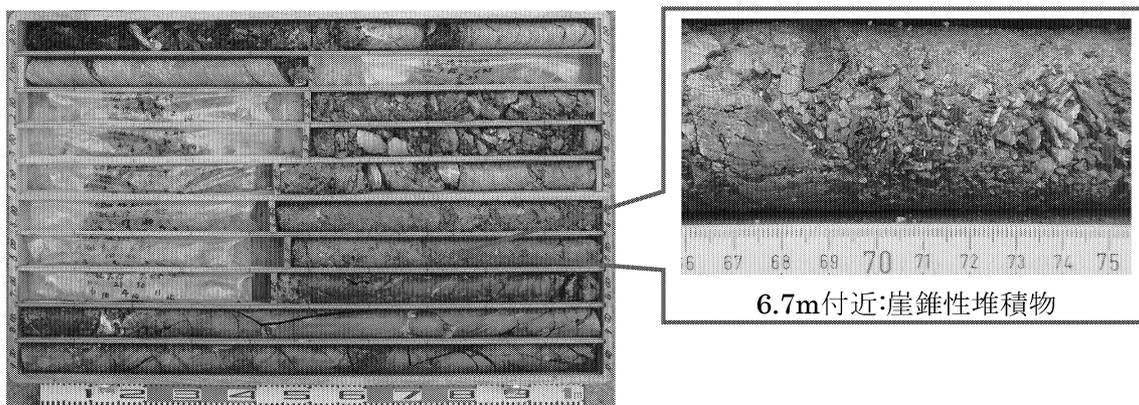


図4 BorNo.3コア写真（斜面脚部）

(3) リスク回避のシナリオ

地表踏査および斜面上部のボーリング結果から、脆弱岩の分布想定区間を設定し、追加調査ボーリングを実施することで、崩壊機構の想定および対策工の必要性を提案する。これにより、斜面崩壊を回避し、施工段階での設計変更の防止、施工時の安全性を確保する。

3. データ収集分析

地表踏査及び当初の斜面上部で実施した調査ボーリングにより、脆弱岩を確認し、コア観察から斜面崩壊の危険が予想された。よって、斜面崩壊構造を確認するために下方斜面に追加ボーリングを提案した。

追加ボーリングの結果、斜面脚部にゆるい崖錐性堆積物が厚く分布することを確認した。ボーリング結果を切土断面にオフセットし、斜面崩壊の検討を行った。上部調査ボーリングの粘土化した脆弱部をとおり、切土後の地形変化点へと抜けるすべり面を想定した。想定したすべりに対して斜面安定解析を実施し、対策工の必要性について指摘した。（すべりに対する抑止力：**653kN/m**）

詳細設計について、発注者及び設計業者に確認した。詳細設計において、対象の切土法面の岩層は安定勾配で切土し、長期的な法面の安定確保のために法枠**300×300**を施工する計画である。調査業務で指摘した、斜面崩壊が想定される脆弱岩分布区間は、アンカー工（アンカー力：**451 kN/本**、受圧板：法枠**500×500**、水平間隔：**3.0m**、施工段数：**4段**）を施工する計画である。

○課題

想定される斜面崩壊に対する補完調査として、以下のことが望まれる。

- ・ 対策工の健全な定着層確認

斜面上部で実施した調査ボーリングにおいて破碎質な基盤岩が深部まで分布しており、露頭岩盤程度の健全岩の確認ができていない。

- ・ 地下水位観測

調査ボーリングにより浅い深度に地下水位が確認された。地下水位観測孔を設置し、地下水位の変動を確認。

- ・ 斜面崩壊観測孔設置

施工管理のための孔内傾斜計を設置し、施工中の斜面崩壊変位の確認。

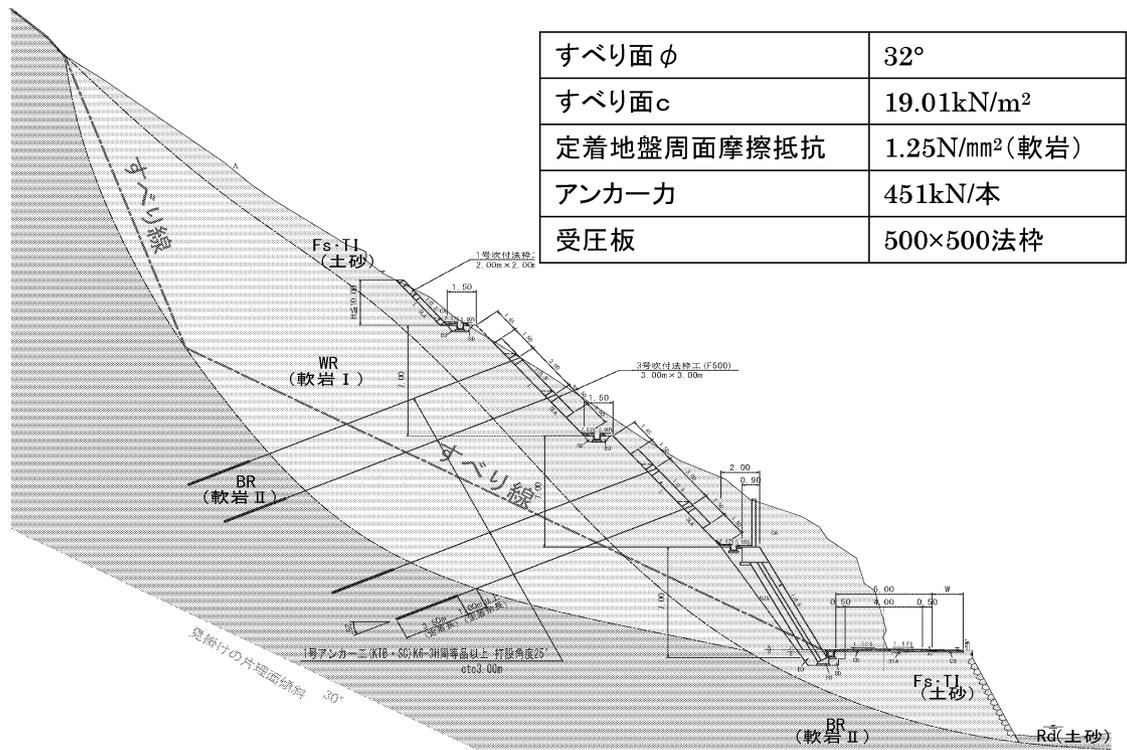


図5 対策工標準断面図

4. マネジメントの効果

本事例は概略設計後の地質調査業務であり、概略設計時に未確認であった地質リスクを地表踏査及び調査ボーリングにより明確にして、施工段階で発生する地質リスクを回避した事例（A型）である。

A型マネジメント効果＝①当初工事費－③変更後工事費－②リスク対応費用

①当初工事費

- ・法枠工（¥3,650,000）

②リスク対応費用

- ・追加ボーリング調査費（¥1,500,000）

③変更後工事費

- ・アンカー工+受圧板（¥11,740,000）

◎マネジメント効果 ＝ ① － ③ － ②

- ・斜面崩壊を未然に回避して崩壊被害にかかる諸費用と工事及び道路通行の安全を確保した。

地質リスクに対する詳細調査は、トータルコストの縮減に有効であり、調査成果の品質向上を進めていく必要がある。また、施工時の地質リスクの発生による災害発生を予防し、施工現場の安全管理につながる。

5.データ様式の提案

本事例を「地質リスクを回避した事例（A型）」として以下の表に取りまとめる。

A. 地質リスクを回避した事例

大項目	小項目		データ
対象工事	発注者		県
	工事名		—
	工種		切土法枠工
	工事概要		県道拡幅工事
	①当初工事費		① ¥3,650,000
	当初工期		—
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期		施工時(切土後)
	予測されたトラブル		斜面崩壊
	回避した事象		工事中断、修正設計
	工事への影響		工事の安全確保
リスク管理の実際	判断した時期		調査業務時
	判断した者		調査業者
	判断の内容		部分的な脆弱岩分布域の斜面崩壊の危険予測
	判断に必要な情報		地表踏査、調査ボーリング
リスク対応の実際	内容	追加調査	追加調査ボーリング
		修正設計	抑止工
		対策工	アンカー
	費用	追加調査	¥1,500,000
		修正設計	¥—
		②合計	¥1,500,000
変更工事の内容	工事変更の内容		アンカー工
	③変更工事費		¥11,740,000
	変更工期		—
	間接的な影響項目		—
	受益者		—
リスクマネジメントの効果	費用(①-③-②)		斜面崩壊被害額 α
	工期		中断なし
	その他		斜面崩壊を指摘して、工事の安全と工期の遅延を未然に防止した。

【論文 No. 2】 複合探査により地質リスクを評価した事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○尾高 潤一郎
高田 嘉典

1. 事例の概要

本事例はトンネル計画位置において、トンネル調査で通常行われる弾性波探査に加えて他の物理探査手法を組み合わせることで、計画地に存在する地質リスクを適切に評価し建設コスト削減に寄与した事例である。

当該トンネル計画地においては、既往調査により新第三紀層火砕岩内に顕著な変質帯が確認され、問題地質として着目されていた。既往ボーリングで確認される同層は、白色に変質するとともに、一部は細片化（粘土化）した箇所が多く認められており、トンネル掘削時に天端や切羽崩壊、湧水に伴う流動化といったリスクの発現が懸念された（写真 1）。土被りは小さいものの地山の強度も小さく、場所によっては地山強度比が 1 を下回る。

また同層の土壌分析の結果、短期溶出試験でヒ素の溶出基準超過が確認され、これにより本層は重金属対策が必要な地質として評価された。重金属対策土と評価された場合、二重シートによる封じ込め工など対策のために多大な費用が必要となり、事業者にとっては大きな負担となる。

既往調査において同層はボーリングにより確認された。弾性波探査も実施されたが、弾性波速度は周辺の他の地質と明瞭な差は見られず、その分布はボーリングや地表地質踏査の結果を参考に推定された（図 1）。

このように本地域の新第三紀層火砕岩変質帯は、トンネル建設費用を左右する要因であり、事業費の正確な予測のためには詳細な分布の把握が必要であるが、既往調査段階では詳細な分布は把握されていなかった。

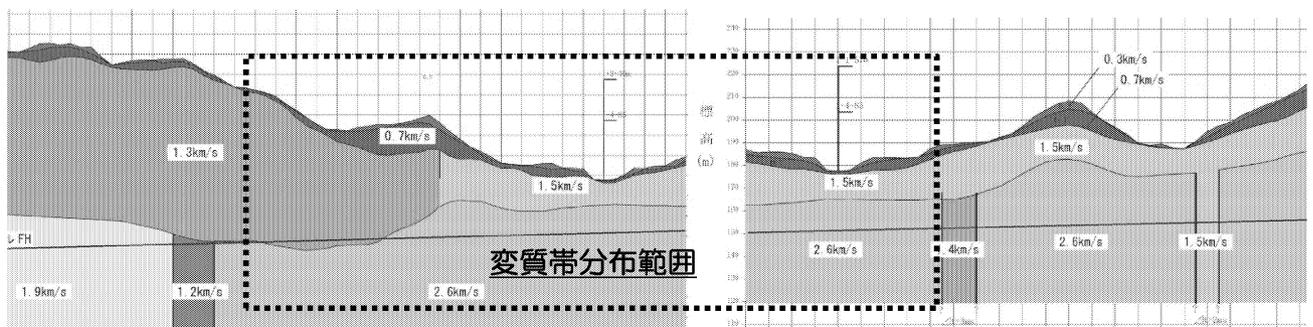


図 1 既往調査による新第三紀層火砕岩変質帯分布域の弾性波探査結果

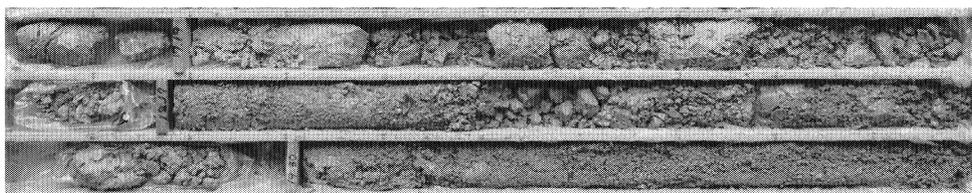


写真 1 新第三紀層火砕岩変質帯のコア状況

2. 事例分析のシナリオ

(1) 地質リスクマネジメント手法としての「複合探査」について

物理探査は、地表地質踏査やボーリング調査のような「点」や「線」のデータではなく、2次元あるいは3次元的な地質情報を得られる点で効率の良い調査手法である。しかし調査精度の面においてはボーリング等直接地質を観察する調査方法に劣り、単独の物理探査手法により得られたデータのみで地質の解釈を行うことはリスクが大きい。

トンネル調査においては、弾性波速度が地山区分判定要素となっていることから、弾性波探査が必須の調査項目となっている。ただし本事例のように、弾性波速度に差がなくても地山性状が全く異なるケースがあり、弾性波探査結果を鵜呑みにして設計を行った結果、想定外の地質の出現により手戻りや工費の増大が生じることがある。

そこで地質リスクを精度良く把握する手法として考えられるのが、複数の探査手法を組み合わせた「複合探査」である。複合探査は複数の探査手法を組み合わせ、それぞれの探査手法で得られた情報を総合的に解釈することにより、物理探査の解釈精度を向上することができることから、地質リスクを低減する有効な方法といえる。

(2) 本事例におけるシナリオ

本調査では複合探査として、既往の弾性波探査に加えて同じ測線で高密度電気探査を実施し、変質帯分布の把握を試みた。数多く存在する物理探査手法のうち、高密度電気探査を選定した理由は以下のとおりである。

新第三紀層火砕岩変質帯は粘土化を伴うことから熱水起源の変質帯と考えられ、粘土化部は含水量が多く未固結であることが特徴である。分布としては深部のマグマから岩盤の弱線を伝わり、地表付近では不規則な分布を示すことが特徴である。

変質帯のこのような特徴に対して、高密度電気探査で測定される比抵抗値は一般に粘土化部や高含水部で低比抵抗値となるため、比抵抗値により変質帯と非変質帯と識別ができると考えた。また高密度電気探査は比抵抗値分布をコンターとして把握できるため、変質帯の不規則な分布を把握できると考えた。高密度電気探査は想定される変質帯を跨いで測線長 500m、電極配置は二極法、5m ピッチで測定を行った。

また高密度電気探査と並行して、既往調査で想定された変質帯分布域において鉛直ボーリング (L=60m) を実施し、比抵抗分布とコア状況とを対比した。

3. データ収集分析

高密度電気探査結果を図 2 に示す。測定区間の起点側が高比抵抗値であるのに対し、中央から終点側にかけて低比抵抗値となっており、比抵抗値のコントラストが明瞭である。とりわけ測点 No. 688+00～No. 688+60 付近は比抵抗値の急変部となっており、急変部は起点側に傾斜する形の分布がみられる。この分布は周辺の地質構造と整合が良く、地質的な不連続面であることが推定される。

また並行して測点 No. 687+90 付近でボーリングを実施した。この付近は、既往調査による変質帯の分布域であり、変質帯の性状を把握するためにボーリングの実施が計画されたが、実際には変質帯は分布せず、起点側の既往ボーリングと同じ地質 (火砕岩非変質帯 CL 級) が確認された (写真 2)。ボーリング位置は比抵抗値急変部の高比抵抗値側であり、高

密度電気探査結果と整合する。

以上より、高密度電気探査により確認された比抵抗値の急変部が変質帯と非変質帯との境界であると解釈した。

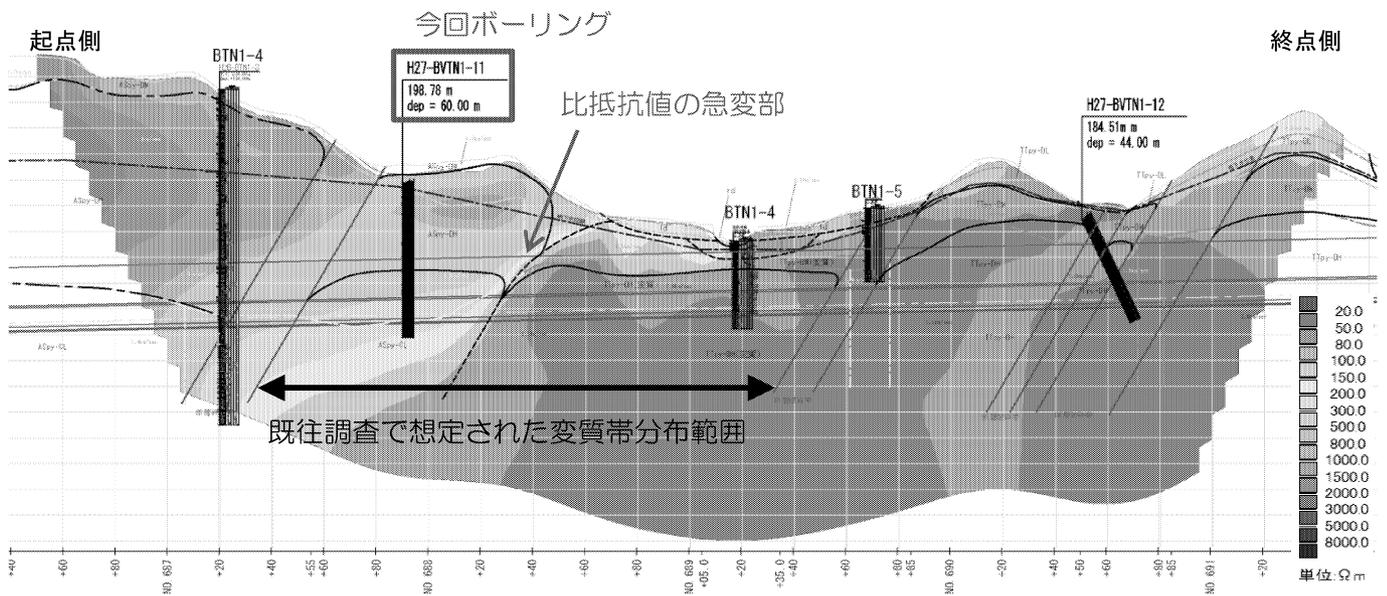


図2 高密度電気探査結果

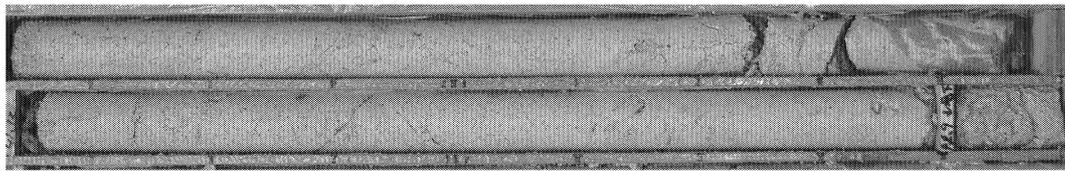


写真2 今回ボーリングによる新第三紀層火砕岩非変質帯のコア状況

以上の調査結果より解釈した地質断面図を図3に示す。図には既往調査による断面図を併記し比較している。

既往調査では、変質帯はトンネル延長で約200mの区間に出現すると想定されていたが、今回調査では起点側の約70mが非変質帯であることが確認され、変質帯の出現長は約130mに短縮された。

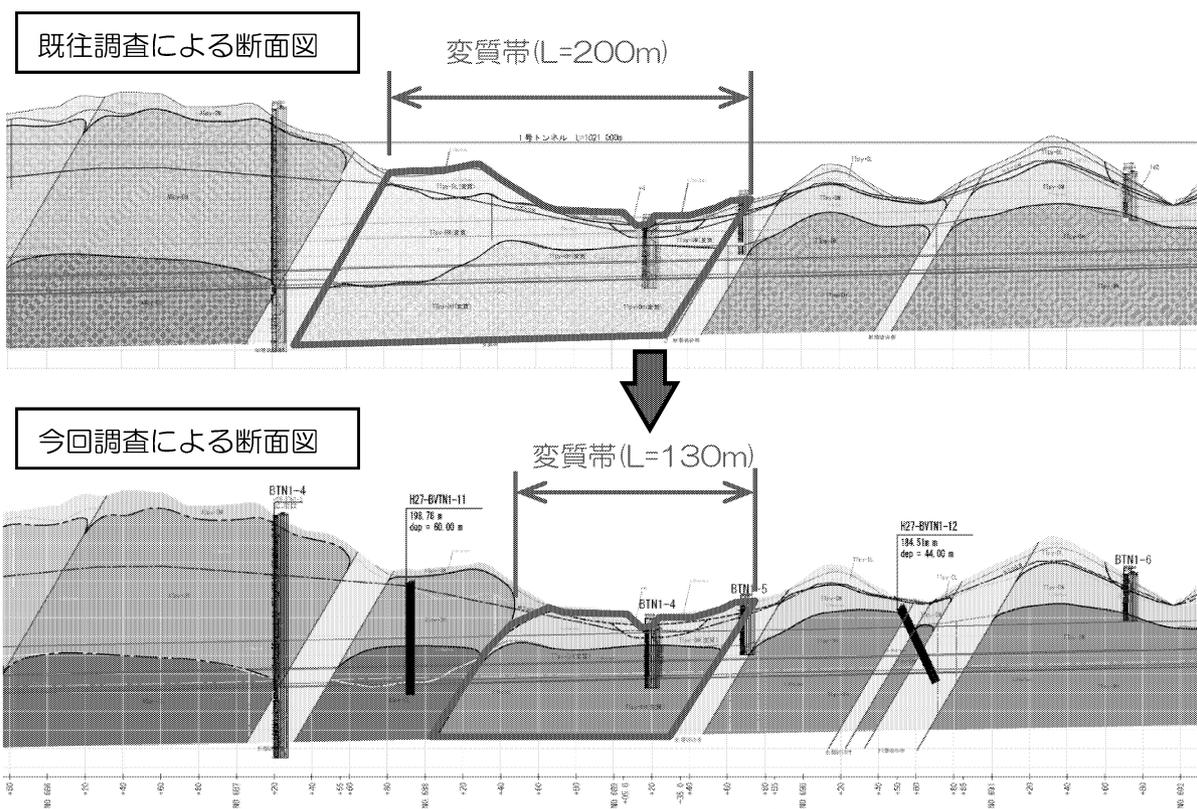


図3 既往調査と今回調査との断面図の比較

4. マネジメントの効果

弾性波探査と高密度電気探査を組み合わせた複合探査により、新第三紀層火砕岩変質帯の分布は既往調査での想定よりもトンネル延長で約70m狭いことが確認された。これにより、この70m分を変質帯を想定した設計から非変質帯を想定した設計に変更することとなり、その結果事業費が低減されることとなった。ここではマネジメントによる費用低減効果を計量的に算出する。

(1) 支保パターン変更による費用低減

既往調査結果を受けて実施された予備設計では、新第三紀層火砕岩変質帯の200m区間はDⅡパターンとの評価で設計がなされた。当初想定された変質帯区間の掘削費は、約1億2,830万円であった。今回調査後の詳細設計では、非変質帯であることが確認された70m分がDⅠパターンの評価に変更された。同じ区間の掘削費は約1億1,830万円であり、掘削費で約1,000万円の費用が低減された。

(2) 重金属対策変更による費用低減

既述の通り、新第三紀層火砕岩変質帯はひ素の溶出量が基準値を超えており、重金属対策土として判定されていた。一方起点側に分布する非変質帯は、既往調査で重金属の溶出量で基準値を超えるものはなく、今回のボーリングで採取したコアを対象とした分析でも

基準値を下回っていることから、対策不要土として評価された。今回、トンネル区間約 70m 分が非変質帯となったことから、延長 70m×断面積 120m²≒8,500m³分について、重金属対策が不要となる。重金属対策は様々な種類があるが、一般的に用いられている二重シートによる封じ込め工の場合、1m³当たりの対策費用は約 1.2 万円であり、8,500m³では 1 億 200 万円となる。なお、8,500m³を通常盛土に使用した場合の費用は、通常盛土の単価を 500 円/m³とした場合、425 万円となる。以上より、9,775 万円の重金属対策費用が低減されることとなった。

(3) マネジメントの効果

追加調査の費用は、高密度電気探査は約 200 万円、ボーリングは約 600 万円、合計 800 万円である。これに対して、非変質帯であることが明らかになったことにより削減することのできた施工費は、支保パターン変更で 1,000 万円、重金属対策工変更で 9,775 万円、合計 1 億 775 万円である。この額から追加調査費用を差し引いた額は 9,975 万円であり、複合探査による地質リスクマネジメントの結果、約 1 億円の工事費削減という効果が得られた。

5. データ様式の提案

本事例は A タイプの事例であることから、学会のデータ様式 A を用いて整理した。①の当初工事費を既往調査結果に基づく安全側の工事費とし、②を追加調査費、③を追加調査により得られた地質情報に基づく工事費として同表を作成した。

表 1 データ様式 (A 地質リスクを回避した例)

大項目	小項目	データ
対象工事	発注者	---
	工事名	---
	工種	新規道路建設
	工事概要	トンネル新設
	①当初工事費	200m 区間掘削費：1 億 2,832 万円 重金属対策費：1 億 200 万円 合計：2 億 3,030 万円
	当初工期	---
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期	---
	予測されたトラブル	---
	回避した事象	---
	工事への影響	---
リスク管理の実際	判断した時期	二次調査時
	判断した者	地質調査担当者
	判断の内容	問題地質である変質帯の分布を詳細に把握する必要があると判断

	判断に必要な情報	複合探査による変質帯の詳細な分布状況	
リスク対応の実際	内容	追加調査	高密度電気探査、ボーリング調査
		修正設計	---
		対策工法	---
	費用	追加調査	800 万円
		修正設計	詳細設計で修正
		対策工法	---
	②合計	800 万円	
変更工事の内容	変更設計の内容	支保パターン、重金属対策工の変更	
	③変更工事費	200m 区間掘削費：1 億 1,830 万円 盛土工事費：425 万円 合計：1 億 2,255 万円	
	変更工期	---	
	間接的な影響項目	---	
	受益者	---	
リスクマネジメントの効果	費用 (①-③-②)	9,975 万円	
	工期	工期短縮	
	その他	---	

【論文 No. 3】 山岳部の地すべり地帯における県道改築工事

株式会社 ダイヤコンサルタント中部支社 ○須崎 竜太
中平 啓二
藤田 雅也

1. 事例の概要

(1) 道路改築事業の経緯

道路改築工事の施工段階において地すべりに遭遇する事例は多い。本来は、設計者が計画段階において、地すべりリスク箇所を把握した上でルート選定により地すべりを極力回避することが望ましい。しかし、ルート検討段階における現地踏査や地形判読が不十分な場合、地すべり地形の認識が遅れ、工事進捗段階によっては地すべり対策の実施が不可避となって、多額の対策工事費を要することとなった事例も多い。

当事例の工事対象路線である県道は、道路改良工事の整備が進捗してルート変更による回避が困難な施工段階において地すべりリスクを認識し、対策実施により道路改築工事における地質リスクを回避した事例である。

(2) 地質リスクの認識段階と事業の進捗状況

当事例の地すべりリスクの認識段階を時系列で整理すると以下のとおりである(図1)。

【リスク発現時の時系列と工事進捗状況】

- A) H20年度:当初設計段階では、地すべりに対する認識のないまま道路設計を実施
- B) H21年度:終点側から工事を開始し、No. 134付近を切土中に地すべり発生
- C) 崩壊直後:原因究明のため現地周辺を地表概査したところ、道路改築工事区間の周辺一帯が地すべりあることが判明
- D) 施工予定工区の長大切土区間が地すべりブロックに掛かる危険性が明らかとなり、工事を中断して付近の地すべり調査および対策設計に当たることとした。
- E) 起点側からは補強土盛土工事が既に施工中であり、手戻り工事の規模が大きくなるため、ルート変更ができない状態となっていた。

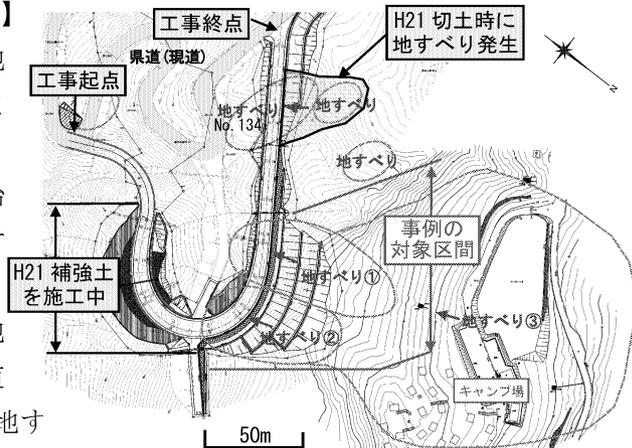


図1 事例の工事区間概要図

【このまま工事を進めた場合のリスク】

<道路構造>

- ① 切土による地すべりブロックの不安定化、崩壊
- ② 地すべりの進行に伴う斜面上部への拡大と隣接するキャンプ場への被害拡大
- ③ 地すべり崩壊による施工中の補強土盛土への被害拡大と工事手戻り
- ④ 地すべり復旧工事や施工工期の遅延および事業全体の遅れ

<社会的影響>

- ⑤ キャンプ場の閉鎖による観光客数減少や風評被害による町全体の観光収入の減少

2. 事例分析のシナリオ

分析のフローを図2に示す。

(1) 地質リスクの把握

① 既往調査資料の確認

当初設計段階で地すべりリスクの認識がなく、得られた調査資料から地すべりに関する記述は確認できなかった。このため、現場周辺の地形・地質特性をはじめ、地すべりの地質リスクの把握に資する総合的な調査の実施が必要と判断した。

② 地形判読・地表概査

現地の地形図、既往調査資料および空中写真判読などの机上調査に加え、現地地表概査を実施した結果、下記のような地すべりの存在を裏付ける物証が明らかとなった。

- A) 現地地形は、数万～数十万年前に発生した大規模山体崩壊の崩積土砂が堆積した緩斜面と想定された(図3)。
- B) 現地地質は複数回の崩壊による崩積土が層状に分布し、斜面下方に向けた緩い走向傾斜(15～17°)を示していた。
- C) 一帯には、不明瞭なものも含め大小複数箇所の旧地すべり地形が点在し、切土対象区間には不明瞭ながら2つの地すべりブロックが存在することが確認された。
- D) 地すべり地形の末端を湧水点とする沢が複数箇所確認できるほか、斜面中腹からの多量の湧水点や湿地帯も複数確認された(写1)。非常に湧水が多い斜面であった。
- E) 対象切土区間の過年度ボーリング柱状図には、極端にN値の低い箇所が確認されており、これが地すべり面である可能性が考えられた。



図2 分析のフロー

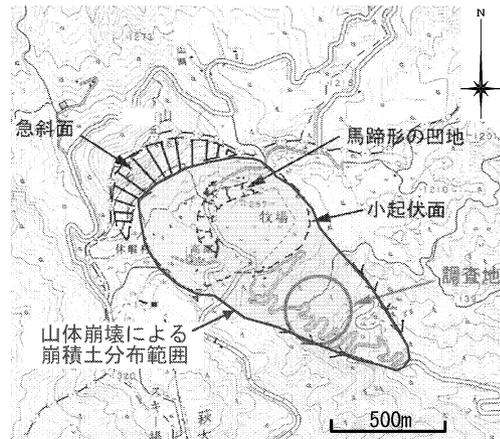
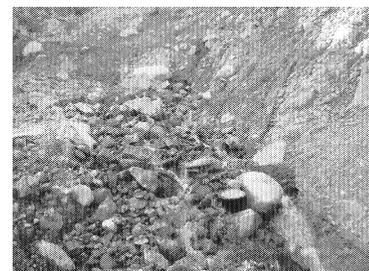


図3 大規模山体崩壊の概要図



写1 斜面からの湧水状況

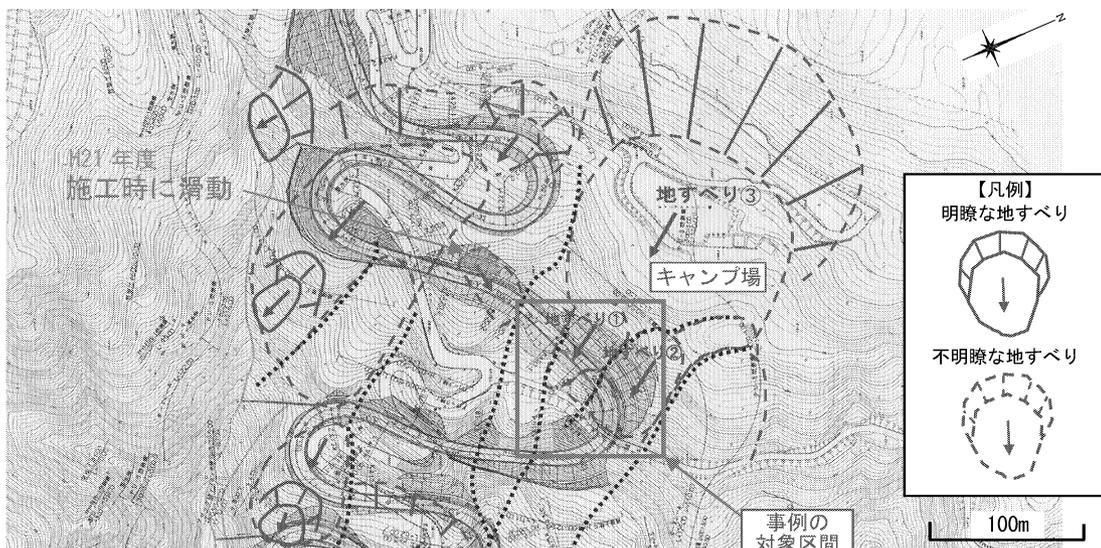


図4 設計箇所付近の空中写真判読による地すべり地形の分布

(2) リスク対象の調査

地すべりリスクの規模把握と対策工検討のため、以下の調査を計画・実施した。

- A) 地表地質踏査-----地すべりブロック平面範囲の特定と周辺地質状況の把握
- B) ボーリング調査----地すべり面の特定と地層構成の把握
- C) 歪み計観測-----現状における地すべりの活動性
- D) 地下水位観測-----地下水位とその変動状況
- E) 地下水検層ほか----地下水の水みち

特に E) の地下水の水みちに関しては、現地の湧水状況および山体崩壊の崩積土からなる地質性状から旧地形の沢が埋没して水みち化していることが想定され、地下水低下工法の計画のために地下水脈の把握に丁寧な調査が必要であると判断した。

このため、地下水検層に加えて、地下水追跡および電気探査を実施した。

3. データ収集分析

(1) 調査結果

- A) 地すべりの形態は、凝灰質シルト層 (TVbt 層) に沿った椅子型の風化岩すべり
- B) 切土区間に位置する地すべりは、①L90m×W40m、②L70m×W35m の 2 つの小ブロックが想定され、ブロック①②の背後に巨大な③ブロック (L180m×130m) が分布する。
- C) 地すべり層厚は、①②で 7~8m、③で 20m 程度の規模となる。
- D) 地すべりの活動性は、観測当初に 100 μ /月以下の僅かな歪み累積が確認された以降に変動はなく、活動停止状態と判断した。
- E) 観測期間内の地下水位変動は、1.0~2.5m で推移することが確認された。
- F) 地下水の水みちは、平面的に 2 系統の水みちに分かれ、深さ方向では凝灰質シルト層 (TVbt 層) を挟んだ GL-8~-10m と GL-15~-17m の 2 層が確認された (図 5 参照)。

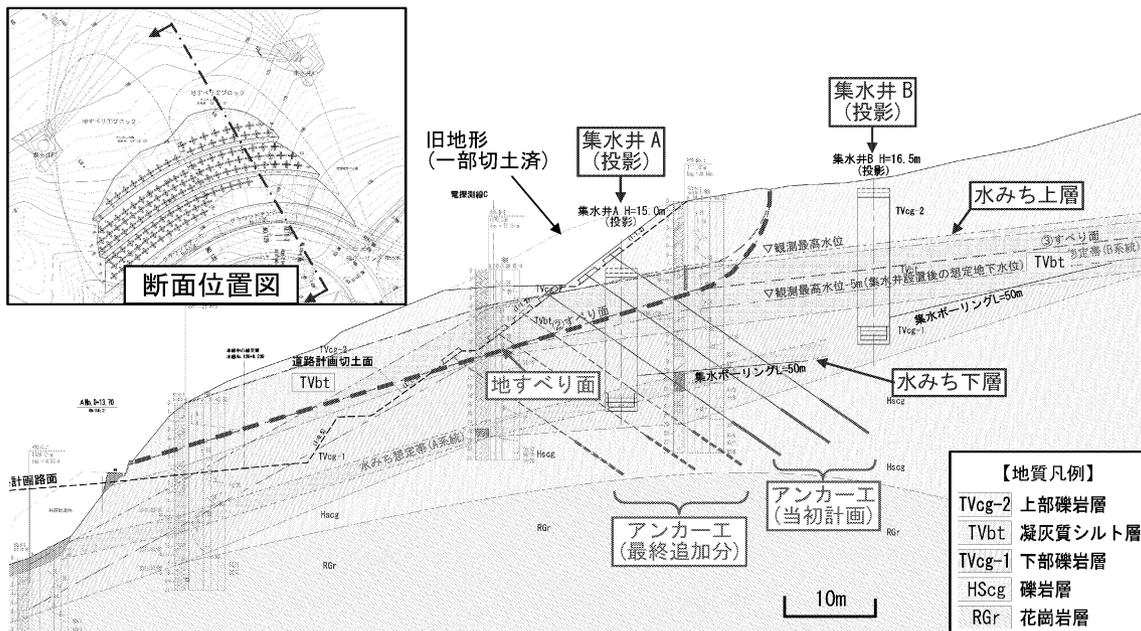


図 5 地質断面と対策工断面図

(2) 地すべりの対策工計画

調査結果を踏まえて、対策工の検討を行った。対策方針は、切土により安全率が低下する地すべりブロックに対し、抑制工として地下水水位低下工法、抑止工としてグラウンドア

ンカー工を採用し、安定化を図るものとした(図5参照)。

①抑制工対策

地下水流動層の平面および深度の分布域をターゲットとして、集水井2基を配置し、そこから集水ボーリングを合計18本を展開した(図6参照)。

また、斜面下部の湧水箇所深度をターゲットとして、横ボーリング5本を配置した(図6参照)。なお、地下水位低下の目標水位は、観測期間最高水位-5mに設定した。

②抑止工対策

表1 当初計画におけるアンカー配置数量

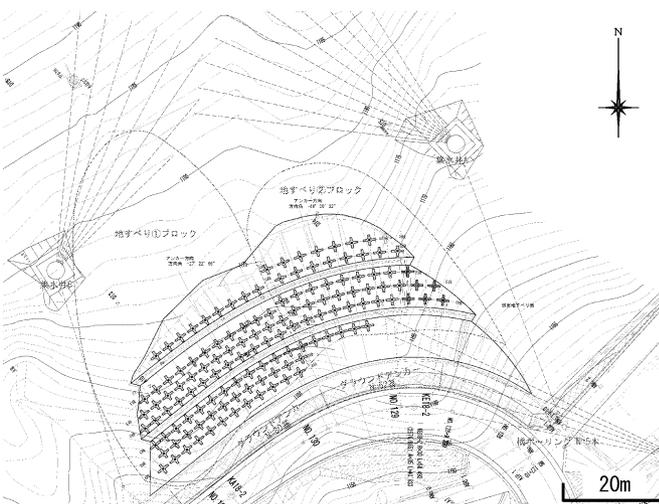
地すべりブロック	必要抑止力	アンカー本数	備考
ブロック①	265.1kN/m	30基	
ブロック②	263.3kN/m	24基	
合計	—	54基	

(3) 地下水位低下効果の不確定要素への対応策

電気探査などによる地下水調査結果は、地中部の解析断面において存在確率の高いエリアを示すものであり、地中の水みち位置を特定できる精度は得られない。

このため、地下水位低下工法が計画どおりの抑制効果を発揮できない恐れが危惧された。

このリスクに備えて、地下水位低下工法実施後に効果測定のための地下水観測を1年程度実施し、その結果を確認、解析した上で必要に応じてアンカー抑止力変更の設計期間を考慮した工程計画とした。



(4) 最終的な対策工計画

地下水位低下工法実施後の効果測定の結果、地下水位の低下効果が十分得られず、既往最高水位により抑止対策のアンカー工の見直しを行った。

表2 最終計画におけるアンカー配置数量

地すべりブロック	必要抑止力	アンカー本数
ブロック①	738.1kN/m	80基
ブロック②	563.2kN/m	52基
合計	—	132基

※アンカー配置は、図6、図7参照

図6 対策工平面図

(5) 施工計画

切土の施工計画は、切土安全率 $F_s \geq 1.05$ を担保する逆巻き施工とし、切土高とアンカーの設置順序についての施工順序を設定した。

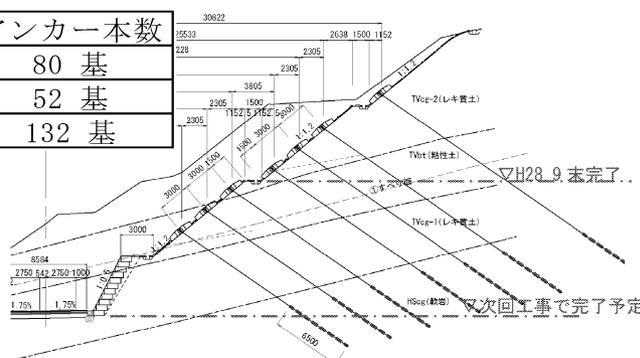


図7 対策工標準断面図(ブロック①)

(6) 施工の現状

切土は順調に施工が進み、平成28年9月末までに法面2段までの切土およびアンカー設置工事が無事完了し、次回発注工事により切土工事およびアンカー設置工事が完了予定である。

4. マネジメントの効果

今回の事例では、工事の開始前に切土工事の潜在リスクに気づき、地すべり調査と対策工設計等の対応により工事を進めた結果、想定されるリスク(切土による地すべり崩壊の発生)を回避することができた。

この過程で調査、設計および対策工事費などの事業費の増大は避けられなかったが、これらリスク回避に投じた費用と最大規模のリスク発現時の想定事業費を対比して、マネジメント効果の算定を試みた。

マネジメント効果は、以下のような想定条件に基づいて算定した。

(1) マネジメントを実施した場合

当初設計の工事費用に地すべりリスク回避のために投じた調査費用、設計費用および地すべり対策費用の実績額を加算した。

(2) マネジメントを実施しなかった場合

工事進捗 50%の段階で最大規模の地質リスクが発現に至るものとし、リスク発現後に対策を開始する条件で想定した。

最大規模の地質リスクは、地すべりブロック①②が地すべり崩壊に至ったのち、背面に位置する地すべりブロック③の不安定化が誘発されて崩壊に至るシナリオを想定した。

この場合の費用は、当初設計の工事費の150%(施工済50%が手戻り)、調査費用、設計費用、地すべり対策費用および第三者被害総額(キャンプ場)を加算するものとし、調査・設計費用は、地すべりの面積規模比率から実績の4倍、対策工事費用は地すべり体積規模比率から10倍を見込んだ。

(3) マネジメントの効果

表3に示すように、マネジメントによりリスク額を最大規模に見積もった場合、総額17億円の損失を未然に防止し、13.6億円のマネジメント効果が図れたものと評価できる。

表3 リスクマネジメントの効果算定表

リスク回避の有無	費目	費用(千円)	備考(算定根拠)
〈リスク回避あり・実績〉 リスク回避の対策 を実施した事業費	A追加調査	25,800	ブロック1+2対策 実績
	B追加設計	24,250	ブロック1+2対策 実績
	当初工事100%	247,000	当初予定工事費
	C対策工事費	105,000	地すべりの対策工事費
	第三者被害	0	第三者被害なし
	①実績事業費 合計	402,050	
〈リスク回避なし・想定〉 リスク回避を行わなかった場 合の事業費 +最大規模被害想定額	リスク発現後の調査	103,200	ブロック3対策 ブロック1+2の4倍(面積規模)
	リスク発現後の設計	97,000	ブロック3対策 ブロック1+2の4倍(面積規模)
	当初工事150%	370,500	工事進捗50%でリスク発現し、手戻り発生
	ブロック3対策費	1,050,000	ブロック3対策 ブロック1+2の10倍(体積規模)
	第三者被害額	135,000	キャンプ場営業損失5年と想定
	②想定事業費+被害額	1,755,700	
リスクマネジメントの効果	②-①	1,353,650	
リスクマネジメントの投資額	A+B+C	155,050	

リスク回避なしの事業費想定額はやや過大にも思われるが、地すべり対策における初動対策の不手際は、背面ブロックへの不安定化拡大に至る事例が多く、必ずしも過大な被害想定とはいえない。当現場において先に発生したNo.134地すべりでは、背面ブロックへの拡大が実際に生じており、当地すべりも同様の地質リスクを有するものと考えられる。

5. データ様式の提案

本事例では、A型:地質リスクを回避した事例であることから、A表の一部を加筆修正してデータ整理した。

表4 A. 地質リスクを回避した事例

対象工事	発注者	A県		
	工事名	一般県道改築工事		
	工種	狹隘県道の2車線改築工事		
	工事概要	長大切土法面工、集水井、集水ボーリング グラウンドアンカー		
	①当初工事費	247,000千円		
	当初工期	-----		
リスク回避事象	予測された リスク発現時期	切土土工時		
	予測されたトラブル	切土により地すべり土塊が不安定化により滑動を開始し、最悪の場合崩壊に至る。		
	回避した事象	地すべり土塊の不安定化を事前に防止		
	工事への影響	①切土工事の中断 ②対策に向けた調査・設計期間分の工程遅れ		
	予測されたトラブル および回避した事象	①工事の中断と対策工事の追加実施 ②施工中の補強土盛土上への崩壊による手戻り		
リスク管理の実際	判断した時期	切土工事の開始直前		
	判断した者	発注者県および設計会社の技術者		
	判断の内容	1. 切土工事の中止 地すべりリスク発現の可能性があったため、開始直前の切土工事の中止命令 2. 対策に向けた調査および設計の実施 ・地質リスクの有無および対策規模の把握調査 ・調査結果に基づく対策工事設計		
	判断に必要な情報	周辺地質状況、地すべりブロック分布と平面範囲 地すべり面、地層構成、地すべり活動の兆候 地下水位とその変動状況、地下水の水みち分布		
リスク対応の実際	内容	追加調査	地表地質踏査、ボーリング調査、歪み計観測 地下水位観測、地下水検層、地下水追跡調査 電気探査	
		修正設計	地下水排除工(集水井、集排水ボーリング他) グラウンドアンカー工、法面工 の詳細設計	
		対策工	集水井、集排水ボーリング、横ボーリング グラウンドアンカー工	
	費用	追加調査	25,800千円	
		修正設計	24,250千円	
		対策工	105,000千円	
		②合計	155,050千円	
リスクマネジメントの効果	③最大規模リスク対策費	1,755,700千円		
	④リスク対応の効果額	1,353,650千円	③-②-①	
	その他	-----		

【論文 No. 4】自然由来砒素の含有・溶出濃度把握による管理盛土工法選定について

山本裕雄・原 伸匡・後根裕樹（株式会社エイト日本技術開発）

1. 事例の概要

本報告は、県管理の一般国道（L= 2.54 km）改築事業において、破砕帯地山の道路トンネル掘削で発生した岩石ずり等に含まれる自然由来の砒素の状態の適切な把握を行い、濃度レベルに応じた合理的な管理工法で路体盛土に利用することにより、環境汚染リスクと過大な処理コスト発生を回避した事例である。

施工時の発生ずり等全量（約 14,000m³）に対して、砒素の溶出量・全含有量試験を概ね 1,000m³ 毎に行った結果、およそ半分の約 7,000m³ が環境基準濃度を超える砒素を溶出させる状態と評価された。これらのうち約 6,000m³ は、繰り返し溶出試験を行っても砒素の累積溶出量は環境基準の 3 倍程度と評価されたため、比較的低コストな吸着層工法による管理盛土処理とした。一方 1 ロット（約 1,000m³）は、繰り返し溶出試験を 10 回以上繰り返しても砒素溶出が収束しなかったため、不溶化処理を施してその効果の安定性を確認した上で、同様の吸着層工法による管理盛土処理を行った。

2. 事例分析のシナリオ

(1)自然由来の重金属等に起因する環境リスクについて

地層や岩石に含まれる砒素等 8 種類の元素は、「土壌から地下水等へ溶出、その地下水等を飲用する」「土壌を直接（経口）摂取する」といった経路を介して人の健康に被害をおよぼしうる「有害重金属等」として、土壌環境基準等が定められている。法・制度上の評価対象となるのは「土壌」（粒径 2mm 以下の粒子）のみであるが、現実には 2mm 以上の岩塊からも自然由来の重金属等が地下水等へ溶出したり、人に直接経口摂取される可能性がある。また将来的に、2mm 以上の岩塊が砕けて細粒の「土壌」に変化したり、間隙水・地下水の pH 等の変化に伴い有害重金属等の溶出が促進されるといった状況が生じる可能性も、否定できない。

これらの可能性に関しては、法・制度に従った対応のみで評価・予測ができないため、「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル」（平成 22 年 3 月）等を参考に、事業の特性（ずりの流用先・流用方法やその周辺の環境特性）に応じた調査検討を行い、事業としての対応を判断する必要がある。

(2)法・規制背景と事業としてのリスク

土壌汚染対策法（平成 14 年法律第 53 号）は、「土壌の搬出及び運搬並びに処理に関する規制、健康被害の防止の観点からは自然由来の有害物質が含まれる汚染された土壌をそれ以外の汚染された土壌と区別する理由がない」とし、地山に含まれる重金属等が基準に適合しない状態を「自然由来の土壌汚染」としている（平成 22 年改正）。そのため、一定の「土壌（地山）の搬出及び運搬並びに処理」を伴う工事（トンネル掘削以外を含む）はいずれも、結果的に「汚染行為」に該当する可能性があり、それが「環境リスク」として顕在化する過程は、流用等先の特性次第ともいえる。近年の状況として、実際に顕在化したリスクに対して、法令順守レベルの対応のみで「未知あるいは不測の事態」と答えることは、難しい状況にある。

(3)事業の特性および周辺環境特性をふまえた対応と評価のシナリオ

地山に含まれる重金属等に起因する事業リスク対応（および評価）を検討する上では、流用等先の特性の整理が最優先課題となる。本事例ではまずは処理・流用可能容量、流用等の周辺環境等の条件整理を行うとともに、適用可能な方法・工法を抽出した。

続いて、上記で抽出された流用等先および方法・工法を考慮して、必要な発生ずり等の性状把握方法を検討、「管理を要するずり等」の判定（試験および結果の評価）を行い、その結果（発生量と濃度レベル）に応じて、適切な流用等先と方法・工法の選定を行った。

3. データ収集分析

(1)事業および処理・流用先の条件等

事業区間には、ずり等の発生源となるトンネル（ $L=294\text{m}$ 、発生ずり総量約 $14,000\text{m}^3$ ）のほか、2箇所にまとまった路体盛土箇所（ $5,000\text{m}^3$ および $3,000\text{m}^3$ ）を含む。また、ずり等の発生場所であるトンネル坑口周辺には、 $10,000\text{m}^2$ 以上の平坦な用地があり、トンネル掘削発生土のほぼ全量を仮置できる状況であった。

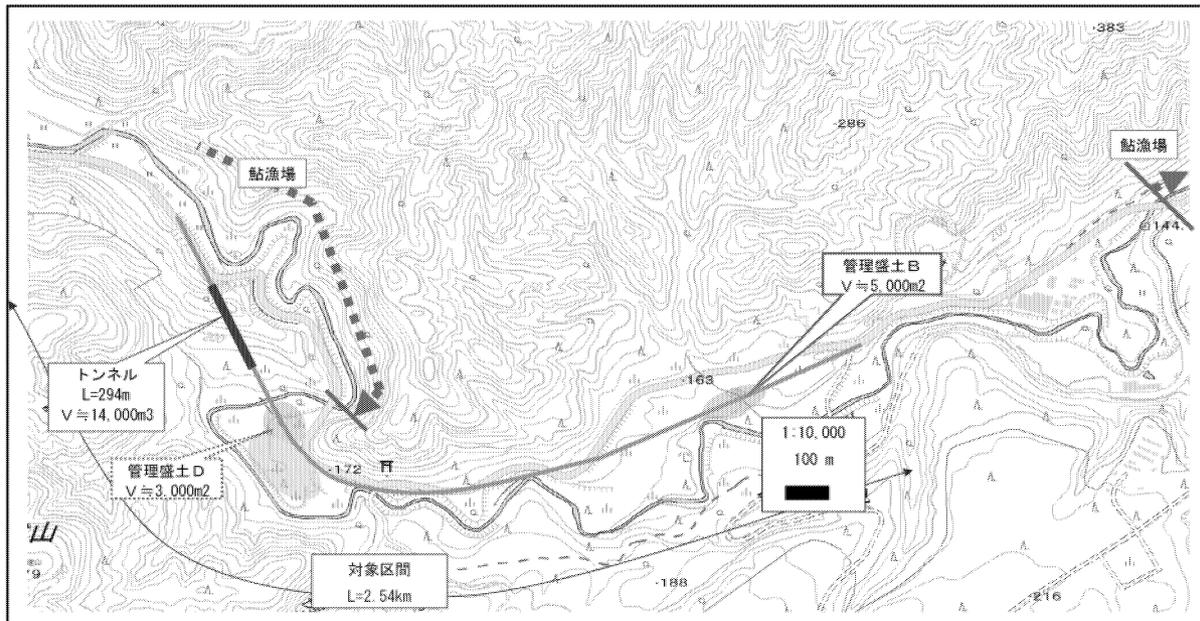


図1 事業区間の全体図

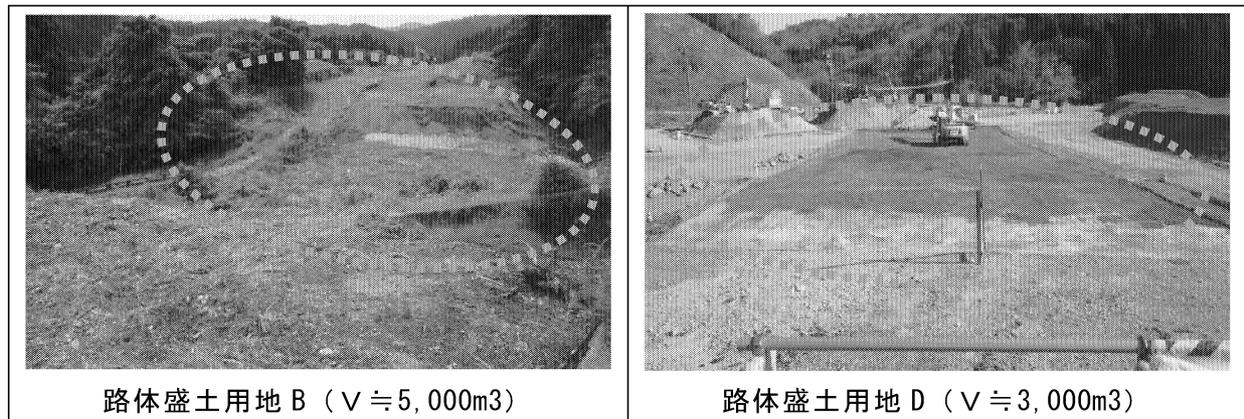


図2 管理盛土用路体盛土箇所の状況

なお道路用地周辺は、全て公的機関が所有・管理する土地（主に山林および河川用地）となっており、個人や事業者による地下水等の利用はないが、不特定多数が立ち入る可能性がある場所を含んでいる。また路線沿いの河川（一級河川の県管理区間）周辺は自然環境が豊かな場所としても知られており、アユの漁場ともなっている。

以上の条件をふまえ、トンネル発生ずり等の性状把握のための「調査」は、事前に水平ボーリング等による調査は行わず、発生ずり等現物に対する「判定」試験とあわせて実施することとした。「調査」および「判定」試験中のずり等は、舗装およびシート被覆、表面流出を適切に施した仮置ヤードで保管した。

最終的な処理方法については、運搬による環境負荷や委託処理コストが過大となることを避けるため、2箇所路体盛土箇所で管理盛土処理とすることを基本とした。また、仮置ヤード稼働中および管理盛土の施工前～施工後までの間、周辺地下水・河川水のモニタリングを計画・実施している。

(2)地山条件

事業路線は、南北方向に延びる顕著な活断層帯を横断する位置にあり、トンネル地山は全体が強い断層破碎を受けたチャートからなる。トンネル掘削は長尺鋼管フォアパイリングや注入式フォアボーリングといった補助工法を併用して行われたが、掘削とともに大部分が粒径 **5mm** 前後の「細礫～土砂状」となった。**2mm** 以下の「土壌」と評価される粒子は少なく、また直径数十 **cm** を超えるような岩塊もほとんど含まれない状況であった。掘削中は顕著な湧水は確認されなかったが、施工後は毎分 **10L** 前後の恒常湧水が確認されている。

(3)ずり等の性状評価の方法

トンネル掘削発生ずり等を **14** のロットに区分し、それぞれから採取した試料の各種分析結果を下表に示す。砒素の溶出量が環境基準濃度 (**0.01mg/L**) を超えるずり等は、③⑧⑪⑬⑭の **5** つのロット（合計約 **7,000m³**）で確認され、これらを「要管理ずり等」として扱うこととした。最大の溶出量 **0.019mgmg/L** が確認された⑪は、全含有量も **200mg/kg** と他と比較して高い状況が確認された。

なお砒素の含有量に関しては、土壤汚染対策法で直接摂取リスクを想定して「含有量基準」(**150mg/kg** 以下) が定められているが、これは「全含有量」ではなく、**1** 規定塩酸を用いて抽出される砒素の量（環告 **19** 号試験）に対して設定されている値である。全含有量が **150mg/kg** 以下の⑪以外に関しては、環告 **19** 号試験による砒素「含有量」を測定しても **150mg/kg** を超えないことが自明であるが、⑪に関しては改めて環告 **19** 号試験を行い、砒素「含有量」が **33mg/kg** と「含有量基準」適合状態を確認した。

吸着層工法による管理盛土の設計を目的として、⑪および⑬⑭について、繰り返し溶出量試験（「吸着層工法設計マニュアル」北海道環境保全技術協会、2012）を行った結果、⑬⑭は3回の溶出操作で砒素の溶出は終息、累積濃度は環境基準の3倍に満たなかった。一方⑪に関しては13回の溶出操作を繰り返しても砒素溶出が継続した。

表 1 判定試験（溶出量・19号含有量）および各種検討試験の結果

項目 試験 方法	pH（水） 地盤材料試験	pH（H2O2） JGS0211-2009	全含有量 底質調査方法	19号含有量 環告46号	溶出量 環告46号	繰返し溶出 吸着層設計 マニュアル
①	6.4	8.2	24 mg/kg	—	0.001 mg/L 未満	—
②	10.1	10.3	5 mg/kg	—	0.006 mg/L	—
③	7.3	6.1	10 mg/kg	—	0.013 mg/L	—
④	9.5	10.1	10 mg/kg	—	0.010 mg/L	—
⑤	8.5	9.3	14 mg/kg	—	0.007 mg/L	—
⑥	8.8	9.2	62 mg/kg	—	0.009 mg/L	—
⑦	5.6	9.2	120 mg/kg	—	0.001 mg/L 未満	—
⑧	8.5	9.5	54 mg/kg	—	0.014 mg/L	—
⑨	6.5	9.3	61 mg/kg	—	0.003 mg/L	—
⑩	6.7	9.5	70 mg/kg	—	0.010 mg/L	—
⑪	6.4	9.6	200 mg/kg	33 mg/kg	0.019 mg/L	0.64 mg/L 超
⑫	6.1	11.1	12 mg/kg	—	0.006 mg/L	—
⑬	9.7	10.7	17 mg/kg	—	0.016 mg/L	0.026 mg/L
⑭	10.2	11.3	23 mg/kg	—	0.014 mg/L	0.017 mg/L

専ら発生ずり等現物に対する直接摂取リスク「判定」の目的では環告 19 号試験は有効であるが、当該元素の分布状況やバックグラウンド値との比較・評価という観点からは、少なくとも事前調査・リスク把握の観点では、全含有量による対象物質の濃度分布把握が有効と考えられる。本事例は全含有量試験を施工段階でも実施することにより、特定区間から発生したずり等に含まれる砒素含有濃度が相対的に高く、繰返し溶出試験で砒素溶出が継続することも確認された例といえる。

(4)管理盛土の設計・施工

管理盛土工は、比較的安価に施工可能で実績も多い「吸着層工法」を基本とし、「吸着層工法設計マニュアル」に準じた吸着層の設計と施工品質管理を行った。

ただし、砒素の全含有濃度が高い⑪（約 1,000m³）は累積溶出量が大きく、吸着層工法単独での処理が困難と判断された。そのため、場外の専門業者へ処理を委託することを含めてコストの検討を行った結果、不溶化処理を施した上で吸着層管理盛土に封入することが合理的と判断された。

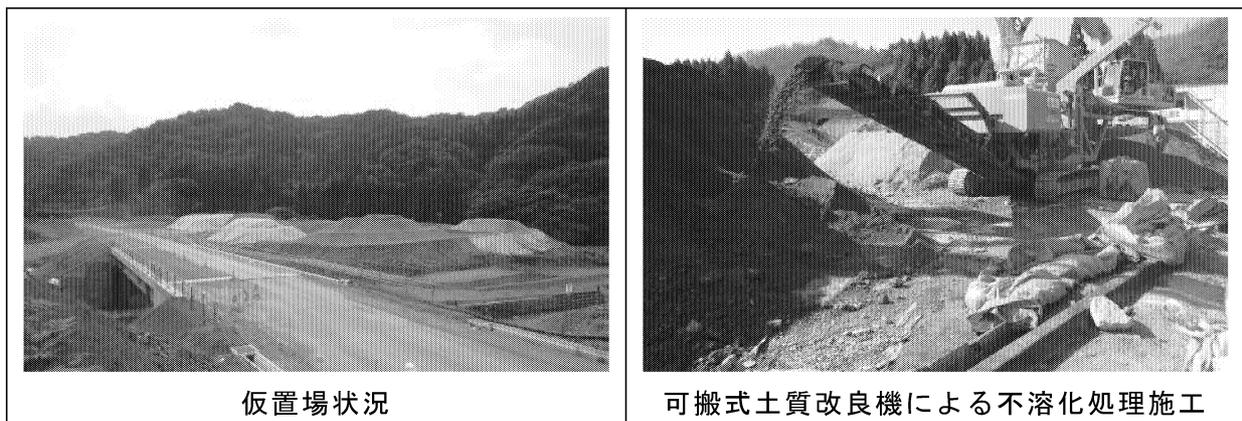


図 3 仮置場状況と不溶化処理状況

砒素の吸着剤・不溶化剤として代表的なものには、カルシウム・マグネシウム系のものと、鉄系のものがある。前者は盛土や吸着層の間隙水をアルカリ性にする場合があり、その場合長期的に砒素が溶出しやすくなる（吸着や不溶化の効果が低下する）可能性が否定できない。一方鉄系の薬剤は、間隙水が酸性傾向になると赤水発生が問題となる場合がある例が知られている。本事例では、pH および過酸化水素水を用いた pH 試験で酸性化傾向が認められない地山特性を考慮し、鉄系の薬剤を使用するとともに、吸着層や不溶化処理等が酸性に傾かないよう薬剤の配合調整を行った。

不溶化処理の施工にあたっては、混合処理の均質性・確実性を担保するため、可搬式土質改良機を使用した。また不溶化処理後のずり等に関して「重金属等不溶化処理土壌の pH 変化に対する安定性の相対的評価方法」（土壤環境センター技術基準、2010 改訂版）の「硫酸添加溶出試験法」「消石灰添加溶出試験法」により、効果の安定性を確認した。

4. マネジメントの効果

本事例の場合、砒素溶出量に関する「要管理ずり等」の発生は、事前にある程度予想されていた上、路体盛土を吸着層工法で施工する処理が経済的に合理的であることが、事前にある程度想定されていた。結果として、発生した「要管理ずり等」の量がやや多かった（ほぼ半分の約 7,000m³）ことと、吸着層工法単独では管理が困難なずり等が一部発生したことが課題となった。これらに確実に対応する処理方法として、比較的高濃度の一部ずり等（約 1,000m³）を場外専門業者に委託処理する方法が考えられたが、委託処理費が高価であることに加え、運搬コストも大きくなることから、事業マネジメントの観点から課題となった。

本事例における実質的な「リスクマネジメント」は、判定試験とあわせて「全含有量試験」「繰り返し溶出量試験」「吸着層および不溶化処理の効果確認試験」「不溶化処理効果の安定性評価試験」等の評価・設計のための各種試験・検討を行ったことであり、その効果は「場外委託処理を行わず、比較的安価な不溶化処理と吸着層工法の組み合わせによる処理を可能とした」こととと考えられる。

調査を欠いた結果適切な設計と処理を行うことができず、結果的に周辺環境汚染が顕在した場合の損失は、事業者にとってのコストに換算することが困難である。

【引用文献】

- 1)建設工事における自然由来重金属等含有土砂への対応マニュアル検討委員会（2010）：
「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(暫定版)」
- 2)土木研究所・土木研究センター地盤汚染対応技術検討委員会（2015）：「建設工事で発生する自然由来重金属等含有土対応ハンドブック」
- 3)北海道環境保全技術協会技術委員会（2012）：「吸着層工法設計マニュアル（北海道環境保全技術協会技術レポート No.6）」
- 4)土壤環境センター（2010）：「重金属等不溶化処理土壌の pH 変化に対する安定性の相対的評価方法」（GEPC 技術標準 2、2010.12.10 改訂版）

5. データ様式の提案

ここでは「全含有量・繰り返し溶出量等の各種試験・検討費および不溶化処理＋吸着層盛土施工費」と、「場外運搬および委託処理費」の比較を以下に示す。

A. 地質リスクを回避した事例

大項目	小項目		データ
対象工事	発注者		県
	工事名		一般国道改築
	工種		道路建設(トンネル・盛土)
	工事概要		1,000m ³ の砒素溶出ずり等の適正処理
	①当初工事費		(運搬・委託処理した場合の工事費) 約 35,000 千円
	当初工期		—
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期		処理の実施時
	予測されたトラブル		多額の処理コストの発生 (周辺環境汚染拡散等)
	回避した事象		委託処理によるコストの発生
	工事への影響		仮置場の管理運営等、モニタリング
リスク管理の実際	判断した時期		高濃度ずり等の確認時
	判断した者		発注者
	判断の内容		
	判断に必要な情報		
リスク対応の実際	内容	追加調査	全含有量試験、繰り返し溶出試験等
		修正設計	不溶化処理等の設計
		対策工	—
	費用	追加調査	約 500 千円
		修正設計	約 500 千円
		対策工	—
		②合計	約 5,000 千円
変更工事の内容	工事変更の内容		不溶化処理＋吸着層盛土の施工
	③変更工事費		約 20,000 千円
	変更工期		—
	間接的な影響項目		水質モニタリングの継続
	受益者		発注者
リスクマネジメント の効果	費用(①－②－③)		約 14,000 千円
	工期		—
	その他		—

【論文No. 5】湧水を水源とする水田への道路盛土施工の影響を事前に低減した事例

国際航業株式会社 ○藤原 協
 国際航業株式会社 嵐 正治
 国際航業株式会社 鳥居和樹

1. 事例の概要

当事例は、道路建設に伴う盛土及び地盤改良の計画箇所において、詳細設計後に周辺水利用等への地質リスクを指摘し、影響回避・低減のための追加調査及び修正設計を実施した事例である。筆者は、水文調査業務に従事する地質技術者として、当事例に関与した。

対象箇所は、道路の建設に伴い、長大盛土及び地盤改良が計画されていた。一方、盛土下流側に湧水を水源とする水田が分布し、湧水枯渇等の影響が懸念された。そこで、追加の地質調査、検討を実施して詳細な地質リスクを把握することで、設計されていた地盤改良の工法及び対策範囲の見直しが可能となり、水田湧水枯渇に対する事前対策及び工事内容の適正化(コスト縮減)を実現できた。【A型：地質リスクを回避した事例に分類】

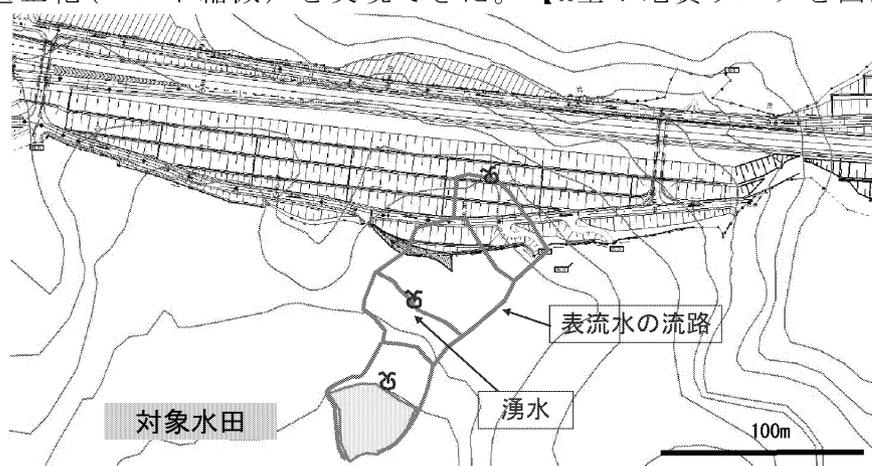


図1 対象水田と道路盛土の位置関係

2. 事例分析のシナリオ

(1)地質リスクの抽出

対象道路建設に関する工事前の水文調査を実施していく中で、当該水田は、湧水のみを利用して稲作を行なっていること、その湧水は年中枯れないものの、限定的な範囲に湧出し、水量も多くはない(10~数10L/minが主体)ことが判明した。

そこで、工事影響の可能性を予測評価するため、資料調査と地表地質踏査を実施し、既往の地質調査結果及び詳細設計結果を詳細に確認したところ、問題発生の可能性が高い課題(地質リスク)が大きく2つあると考えられた(表1)。

表1 資料調査及び地表地質踏査により抽出した地質リスク

課題(地質リスク) ⇒想定される事業損失	リスクの概要	発生確率	影響度	リスクスコア
1 水田湧水の枯渇、水量減少 ⇒工事中断、代替水源確保、金銭補償等	①盛土による影響 ・降雨浸透面積の減少、表面流出水の流動阻害 ②地盤改良による影響 ・湧水源の水田への浸透経路の遮断・消滅	高い	中	A
2 地盤改良設計範囲の不適切さ(過大設計) ⇒施工費の増大	①地質調査量不足による軟弱層範囲の不適切評価 ・盛土法尻部1本のBORのみによる分布範囲の推定 ②地質情報不足による過大な対策範囲設定	高い	中	A

当初設計図

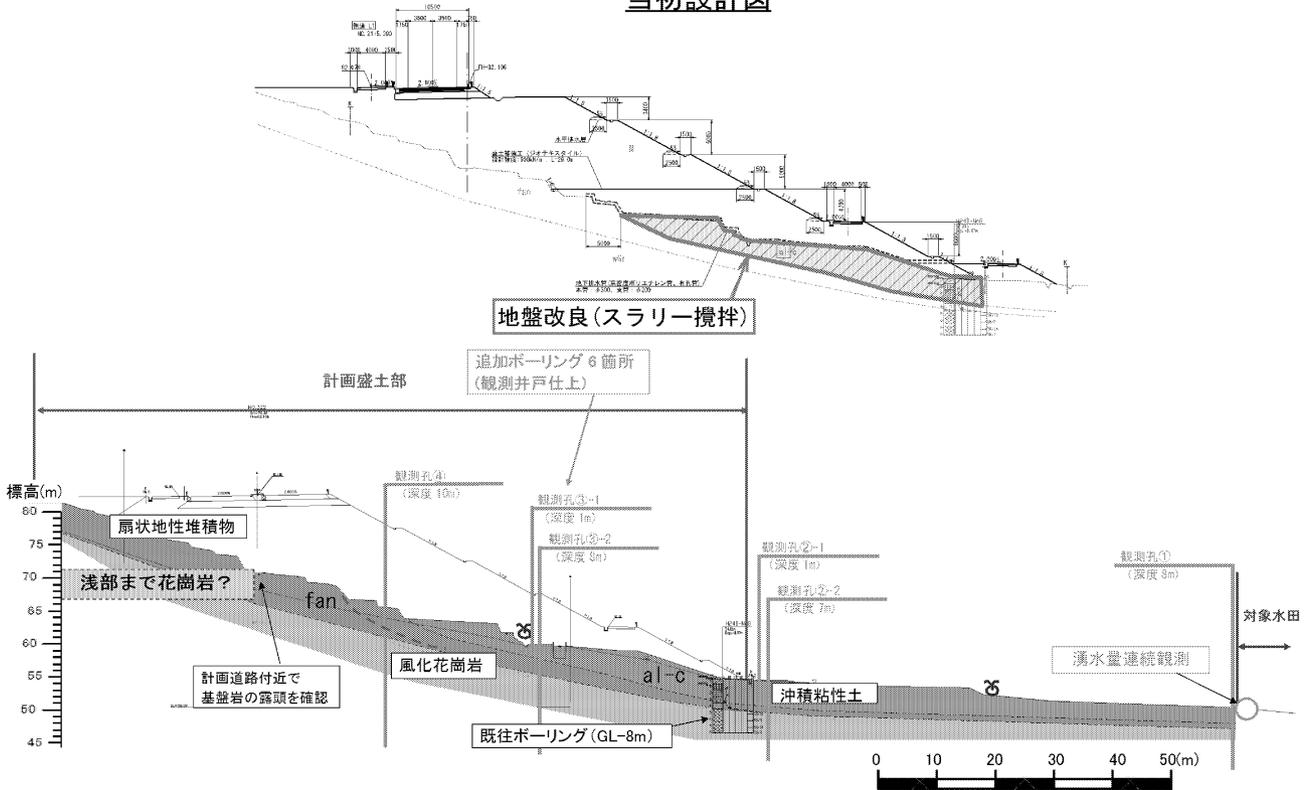


図2 当初設計図及び当初の地質断面と追加調査計画

地質リスクの「発生確率」は、水田は湧水や浅層地下水が主たる涵養源と考えられるため、工事影響の発生可能性は高いと予想した。また、地形、露頭の分布及び土地利用から、既往設計の粘性土分布や地盤改良範囲が過大である可能性が高いと評価した。

「影響度」は、いずれも「損失を受けるが事業は継続可能で、工事の遅延が発生する」と考えられ、中程度と評価した。

結果、リスクスコアはAとなり、詳細な地質調査を実施し、リスク低減策を講じるべき事象であると考えられる。

(2) リスク回避のためのマネジメント方針

抽出した地質リスクを回避するため、図3に示すマネジメント方針フローに基づく追加調査及び対策検討を発注者に提案・了承され、実施した。

追加調査・検討分だけで700万円程度の費用を要するが、追加調査を行なうことで、事業損失の回避・低減や施工費の縮減が見込めること、仮に事業損失が発生し補償対応を行なう場合でも、事前に実行可能な対策を実施しておく必要がある事等が、発注者に理解されたためと考える。

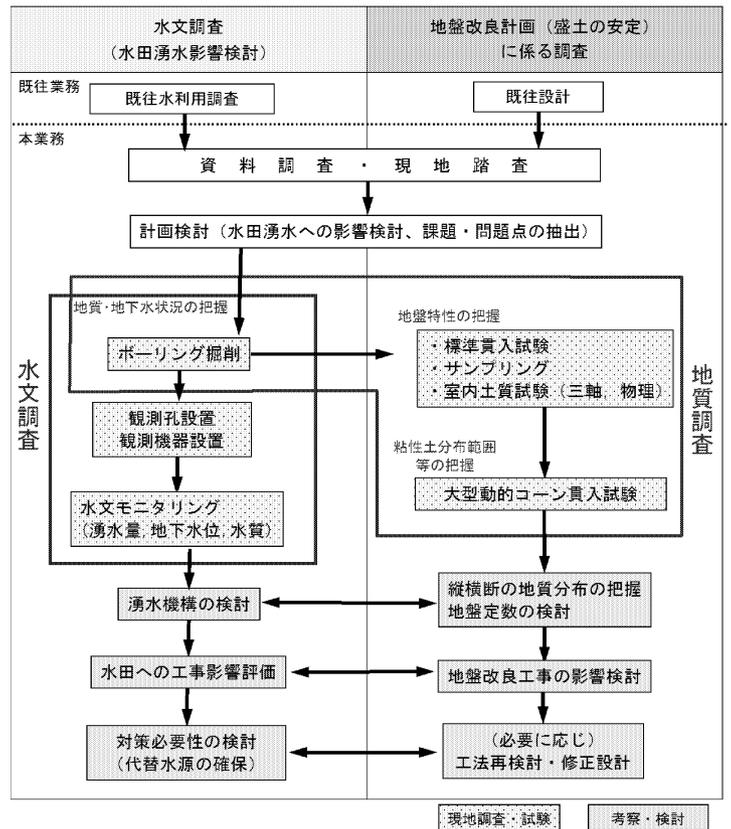


図3 マネジメント方針フロー

3. データ収集分析

(1) 追加調査結果

提案した調査計画に基づき、追加調査を実施した結果、当該箇所周辺の地質分布状況及び湧水機構の把握精度が上がり、不確実性を低減することができた。

① 判明した地質分布状況

ボーリング及び大型動的コーン貫入試験等から、図4に示す地質分布が確認され、軟弱な粘性土層の分布範囲及び層厚は、既往設計での想定よりも限定的であることが判明した。

- ・ 基盤岩は花崗岩が分布し、強風化層が厚く（7～10m程度）分布するが、水田側（低地側）では、強風化層が削剥され、扇状地性堆積物が堆積する。（図5 横断面図）
- ・ 表層粘性土層は湧水点付近より分布し、層厚は1～2m程度と比較的薄い。また、部分的に砂礫層を含み不均質である。

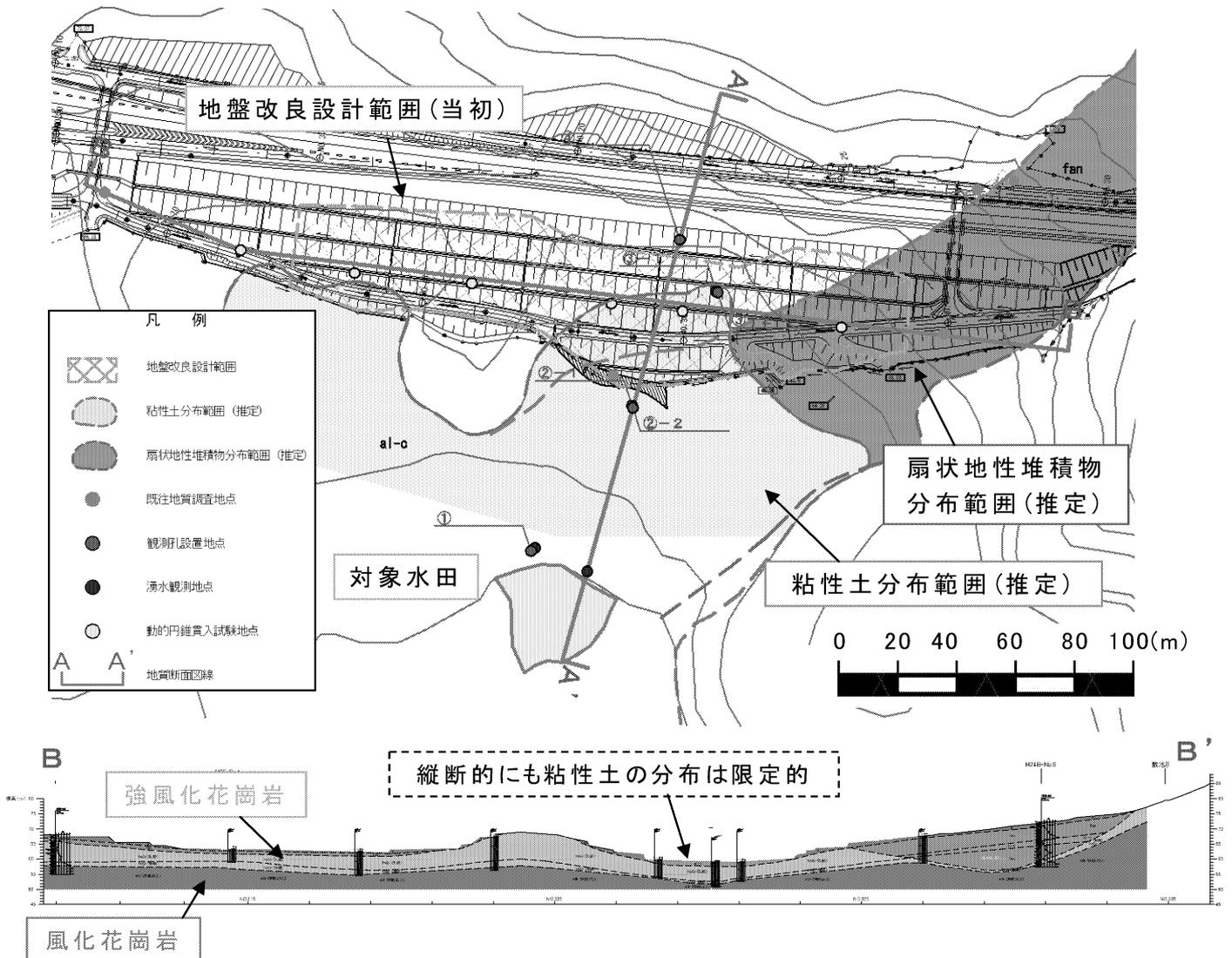


図4 追加調査により判明した粘性土分布と地質縦断面図

② 推定される水田湧水の湧出機構

地下水、湧水、表流水の水位、流量、水質の変動特性、透水試験結果等を詳細に検討した結果、水田の湧水は、上流側山地部等への降雨浸透水が表層粘性土層の上面から湧出するものと、粘性土層下部の被圧地下水が一部の箇所から湧出するものが集合し、水田へ表流水として安定的に流入していると考えられた。

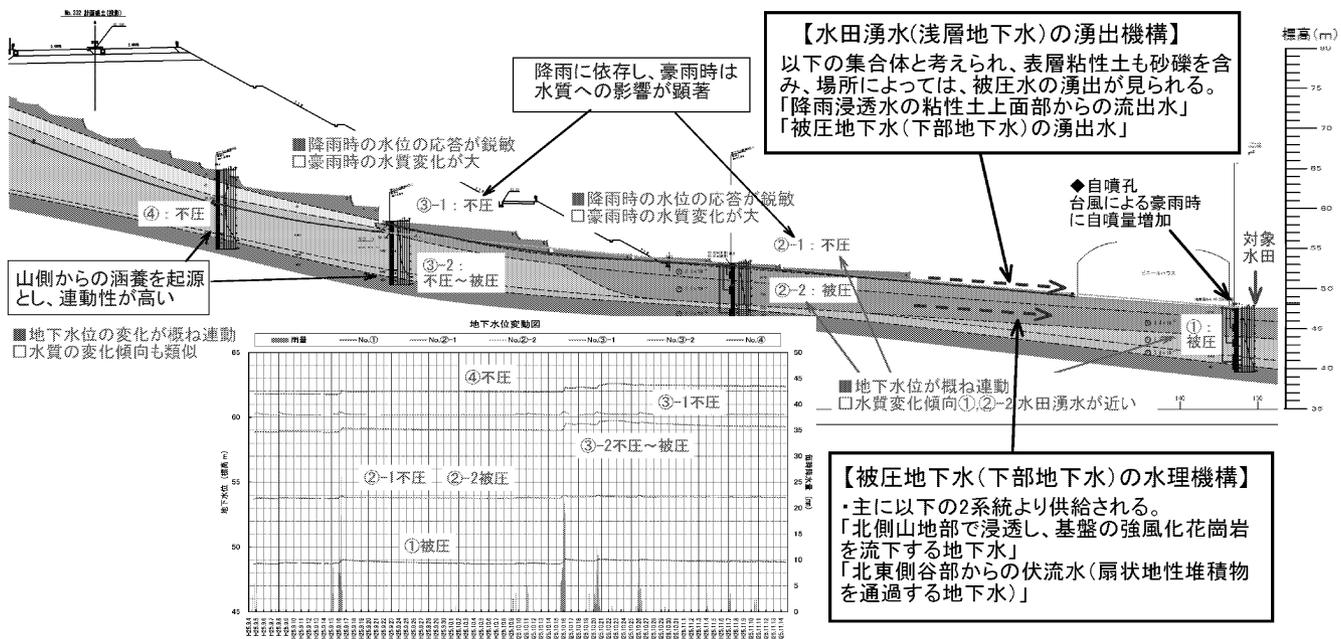


図5 地質横断面図と湧水の水利機構

(2) 工事影響評価

水田湧水に対する工事影響は、以下のものが考えられ、湧水量は大幅に減少し、特に地盤改良による影響は大きいと評価した。一方で、粘性土層下位の地下水の供給量も減少するものの、当該帯水層の水量は施工後もある程度保たれると予測した。

① 盛土による影響

- ・ 降雨浸透面積の減少 (1/4程度が流域外へ流出する)
- ・ 粘性土縁辺上流部、扇状地堆積物への降雨浸透の遮断
- ・ 表面流出水の流動阻害

② 地盤改良による影響

- ・ 湧水源から水田への浸透流路の消滅
- ・ 深層地下水の水量減少、水質悪化

(3) リスク対応策の実施内容

工事影響の評価結果を受けて、工法の再検討、修正設計が行なわれた(図6)。また、水田湧水への影響を回避できなかった場合の対策(代替水源確保)を検討した。

リスク対応の結果は表2の通りであり、水田への影響を回避低減すると共に、対策費用の低減も図れた。また、追加調査として設置した観測井戸が自噴することが判明したため、自噴井戸による揚水試験を実施したところ、水田での必要水量(40L/minと試算)を確保できる目処が立ち、代替水源の事前確保も効果的に行なうことができた。

表2 リスク対応策の実施内容

課題(地質リスク)	リスク対応策	リスク低減
1 水田湧水の枯渇、水量減少	・修正設計による、対策範囲の見直し ・対策工法の変更	・湧水量への影響低減 ・代替水源の事前確保
2 地盤改良設計範囲の不適切さ(過大設計)	(地盤改良(スラリー攪拌)⇒置換工法(砕石))	・施工費の低減

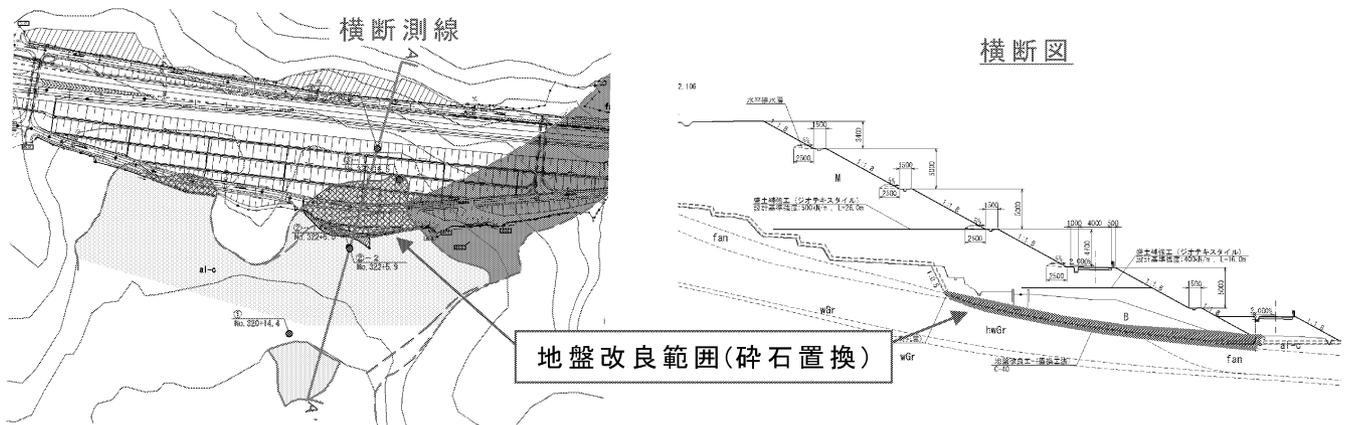


図6 設計見直し後の対策範囲

4. マネジメントの効果

(1) リスクマネジメント効果の計測

本事例の工事は、近々実施される予定であるが、大きく以下の2つの効果が見込まれる。

① 工事施工の円滑化

- ・地質分布状況を詳細に確認したため、想定外の地質に遭遇する可能性が低い。
- ・湧水の水利機構をある程度把握し、施工前～施工後まで密なモニタリングを実施することにより、事業損失有無の評価を円滑に行うことができる。
- ・代替水源確保の目処を立てたため、工事影響による水量減少が発現した場合でも、工事中断等の影響は最小限とすることができる。

② 事業コストの低減

工事影響の低減策を実施できたこと、必要対策範囲の見直しにより、工事費用の縮減が可能となったことから、A型マネジメントとして、マネジメント効果を次のように試算し、5章データ様式に整理した。

$$\text{A型マネジメントの効果} = (\text{①当初工事費用} + \text{①'湧水枯渇時の対応に係る費用}) - (\text{③変更後工事費用}) - (\text{②リスク対応費用})$$

結果、約9千万円のコスト縮減効果が見込めた。

(2) 本事例による教訓と今後のあり方

本事例により得られた教訓と今後のあり方として、考えるところを以下に示す。地質技術者もリスクマネジメントの観点を持ち、事業全体を俯瞰することが重要と考えられる。

① 設計前の早い段階での地質リスクの洗い出しと必要な調査の実施

- ・ボーリング等の詳細調査の費用、期間がない場合でも、地形地質、土地利用状況、そして地元の方の情報等により、地質情報の確実性を少しでもあげることが必要である。
- ・地質リスクの観点から、トータルコストと事前調査の必要性を具体的に発注者に提示することで、最終的な共通の目標である、トータルの事業損失の最小化を実現する。

② 様々な視点での検討の必要性

本事例では、水文調査の観点から、既往の地質調査や詳細設計結果を確認することにより、地質リスクを抽出することが出来た。地質技術者も、設計のための土木地質的観点だけでなく、環境地質（水環境や地盤汚染等）や防災地質等の幅広い視点を持つことが必要である。一方、様々な視点で総合的に検討する必要があることから、各分野の専門家との合同協議や第三者レビュー等の実施がより一層望まれる。

5. データ様式の提案

A表原案に基づき、データ様式を整理した。対策を行わなかった場合の追加費用として湧水枯渇時の対応に係る費用を見込んでいる。

A. 地質リスクを回避した事例

大項目	小項目		データ
対象工事	発注者		A事務所
	工事名		道路改良工事
	工種		盛土、地盤改良
	工事概要		高盛土施工時の地盤改良工事
	①当初工事費		180,000千円(地盤改良のみ)
	①'湧水枯渇時の対応		10,000千円(給水車1ヶ月+代替井戸設置+原因調査)
	当初工期		—
リスク回避 事象	予測されたリスク発現時期		工事中、工事後
	予測されたトラブル		1)想定外の地質や2)の発生による工事中断 2)下流側の水田の流入水の枯渇・減少
	回避した事象		同上(流入水量の減少は、ある程度回避できない)
	工事への影響		工法、改良範囲の変更
リスク管理 の実際	判断した時期		詳細設計実施後
	判断した者		発注者(地質調査業者の提言)
	判断の内容		1)地質分布範囲、地盤改良範囲の不適切さ 2)下流側の水田で利用している湧水の影響が発生する可能性が高いこと
	判断に必要な情報		1)地形地質情報2)現地踏査
リスク対応 の実際	内容	追加調査	1)ボーリング、サウンディング、原位置試験 2)観測井戸設置、水文観測(水位、水質等) 3)簡易揚水量試験(代替水源検討)
		修正設計	地盤改良範囲、工法の見直し
	費用	追加調査	7,000千円
		修正設計	3,000千円
		②合計	10,000千円
変更工事の 内容	工事変更の内容		地盤改良工法(砕石置換)
	③変更工事費		90,000千円
	変更工期		—
	間接的な影響項目		事前対策を実施することにより安心感の確保
	受益者		水田の地権者等
リスクマネジ メントの 効果	費用(①+①' - ③ - ②)		90,000千円
	工期		事前対策無しで施工中に湧水枯渇等の影響が出た場合は、工事中断等の影響が発生する
	その他		水田への工事影響評価の適切性の向上による、事業損失補償必要性の判断の円滑化

2. 事例分析のシナリオ

表1に各段階におけるリスクマネジメントの経緯を整理し、図2にシナリオを示す。
表1の中で本事例に該当する部分は(4)～(8)である。このシナリオにおけるリスクマネジメントの重要なポイントは下記2つの対応と考えられる。

- ・ポイント1；地質リスク発現→低減⇒発現した地質リスクに対する迅速な対応
- ・ポイント2；地質リスクの回避 ⇒発現したリスク回避と事業継続を見据えた対応

表1 事例における地質リスクマネジメントの経緯

事業の経緯	リスクマネジメント情報	地質リスクの状態
(1) 当該区域（約600m）の河川改修工事開始	・ 下記既存資料があるものの、リスクマネジメント不明。 ※1) 地すべり地形図 ※2) 別事業での地盤調査	潜在の可能性あり
(2) 一期工事 約70m区間施工	・ リスクマネジメント不明。	潜在の可能性あり
(3) 二期工事（約230m区間） 下流より0～140m施工	・ 河床切下げ、護岸掘削による影響なく、落差工・護岸工完了。 ・ リスクマネジメント不明。	潜在の可能性あり
(4) 二期工事（約230m区間） 下流より140～160m施工	・ 河床切下げ時に地すべり発現。	地質リスク発現
(5) 応急処置 （埋戻し＋河道確保）	・ 埋戻し＋押え盛土で斜面バランスを保ち、河道を確保。 ・ 移動杭及び定点観測で経過監視。 応急処置後は滑動停止を確認。	地質リスクの低減 （潜在のまま）
(6) 河川改修工事中断・ 地すべり調査設計着手	①リスク発現箇所の調査設計 ②未施工区間のリスク確認調査	①発現箇所は低減 （潜在のまま）。 ②未施工区間は 確認開始。
(7) 地すべり対策工事	①抑え杭（幅約45m区間） ②未施工区間で地山の挙動を確認	①発現箇所の リスク回避へ。 ②未施工区間は リスク低減検討。
(8) 河川改修工事再開、 工事完了	①落差工、護岸工に着手 ⇒地すべり滑動は緩慢になり、 工事終了後は、収束。 ②未施工区間は工事中止	発現箇所及びその 周辺の地質リスク を回避。
(9) 事業継続に向けた 調査着手 （三期工事；約300m区間）	・ 上流域の計画区間における 地質リスクのマネジメント着手	リスク洗い出し ⇒リスク低減検討

※1 防災科学技術研究所 地すべり地形分布図

※2 河川改修区間沿いで地すべり調査を実施

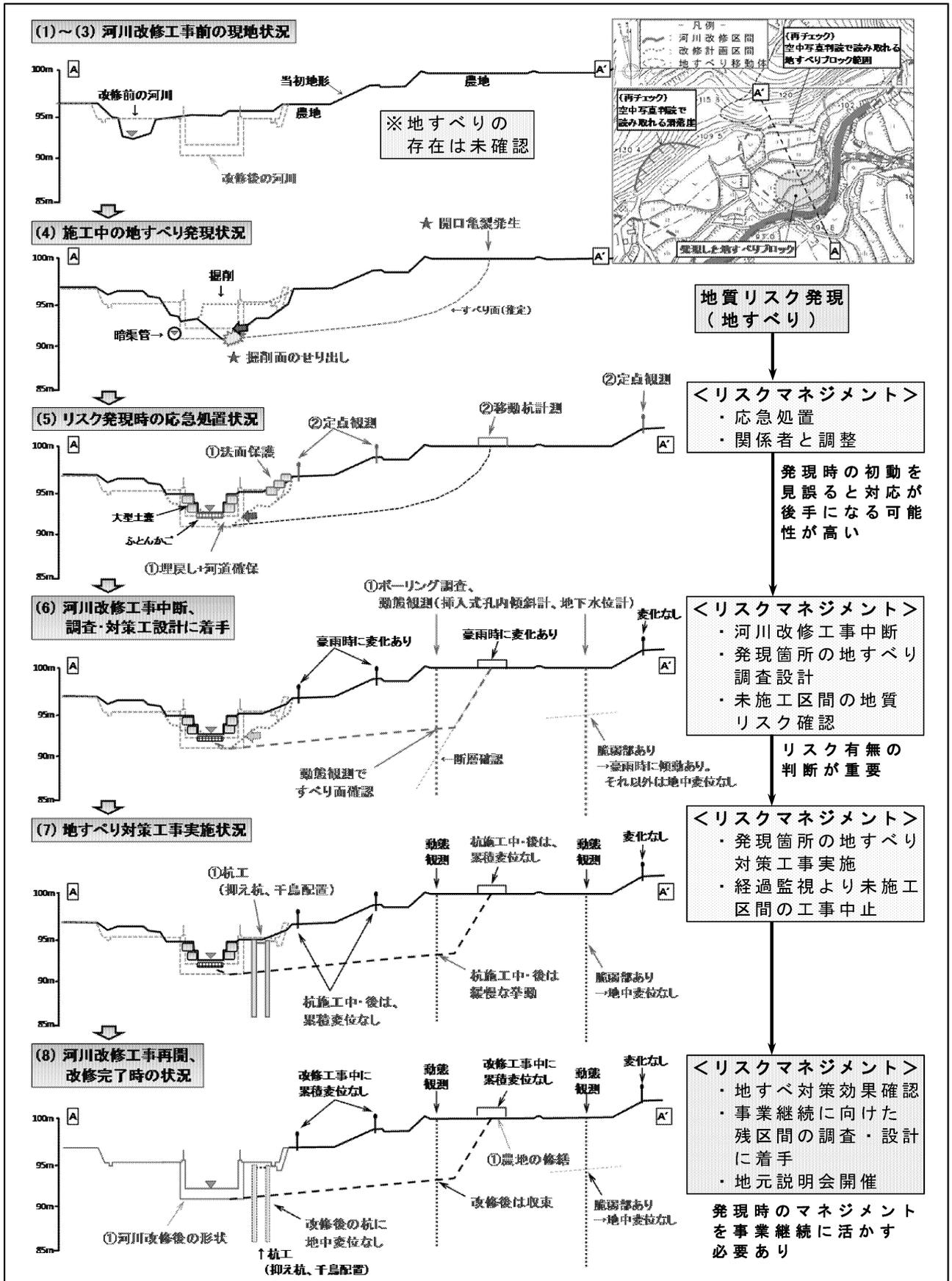


図2 各段階における地質リスクマネジメントのシナリオ

図2のシナリオに示した本事例のような地質リスクについては、事前に空中写真判読や現地踏査による地すべり調査や動態観測が実施されていれば、ある程度の地質リスクを推定できた可能性はある。しかし、その評価も地質技術者の能力に負うところが多いことや、施工方法によってはリスクが発現しない可能性もあるため、予防保全の判断が難しい事例である。

そのため、C型（発現した地質リスクを最小限に回避）のリスクマネジメントのポイントの一つとしては、「発現後の迅速な対応」が重要と考える。なぜならば、初動が遅く、現地状況を十分に把握できない場合には、素因・誘因の見落としや応急処置方法の不適切さによって、本対策までに手戻りが生じる可能性があるからである。

今回は、発現直後に事業者より一報をいただき、直ぐに複数の地質技術者で現地の変状状況を把握したことで、複眼的に応急処置方法とその後の方向性を検討し、同日に提案できた。そのため、タイムロス可能な限り最少にし、次の段階へ円滑に移行できたと考える。また、事業者が関係者（地元住民）との調整を速やかに対応されたことも、後続の調査や監視着手を円滑する上での重要なポイントであったと考える。

もう一つのポイントは、事業者が、事業継続を念頭に地すべり対策と並行して、「工事残区間及び上流域の事業に関する地質リスクの洗い出しと、低減あるいは回避に向けて着手」したことである。

この中で、地質リスクをマネジメントするにあたり、特に重要な事項だと考えさせられたのが、関係者（特に地元住民）との合意形成を踏まえた説明会の位置付けである。

事業者が工事前の事前説明で合意形成を図る際に、地元住民の方が、該当地域周辺の斜面が崩れた情報や地下水・表流水等の記録に残っていない現地情報（感覚的なものが多い）を提供していただくことがある。このような協力者のヒアリング情報を、地質技術者が地形判読や地表踏査等の専門的な視点により精査することで、机上調査や現地で見取れない地質リスクを洗い出すことが可能になると考える。また、再検討した内容は、事業者、工事業者並びに関係者へ提示することで、事業における地質リスクに対する認識を共有し、事業の円滑化に寄与できるものとする。

なお、ヒアリング及びその情報の精査も複数の地質技術者による対応が必要である。

3. データ収集分析

リスク発生の要因については、発現段階の現地確認時に現地の地形や地質構造、地山性状に関する情報を入手するとともに、施工情報等も収集した。工事費については、収集した情報を基に費用を算定した。また、発現したリスクに対する追加調査・設計費用については実績を採用した。

リスクマネジメントを実施しなかった場合については、応急処置の効果より斜面安定のバランスが取れば河川改修工事も可能であると判断されたことから、線形を見直す等の事業全体の見直しに掛かるシナリオは想定せず、既設護岸の再構築や農地復旧に加えて、地形判読で見取れる地すべり移動体に影響が及ぶものとして地すべり対策（杭工、アンカー工、横ボーリング工）を想定した。なお、用地取得費用は除外した。

4. マネジメント効果

本事例のリスクマネジメント効果を表2の様に試算した。その結果、今回の対応は、想定するリスクを回避しなかった場合に較べて5千万円程度のコスト回避に値する。

$$\text{C型マネジメントの効果} = \text{④リスクを回避しなかった場合の工事費用} - (\text{①当初工事費用} + \text{②追加工事費用} + \text{リスク対応費用})$$

表2 マネジメント効果の算出一覧表

費用	内 訳	金 額 (千円)
①当初工事費用	・護岸工、河床切下げ工 (L=230m 区間)	50,400
	小計① =	50,400
②追加工事費用	・応急処置工 (L=20m 区間) (埋戻し + 河道確保 + 法面保護)	9,000
	小計② =	9,000
③リスク対応費用	・地すべり調査、動態観測、対策設計	25,000
	・地すべり対策費用 (杭工L=9m*42本)	46,500
	・農地補修費用 (田畑2箇所)	1,800
	小計③ =	73,300
④リスクを回避しなかった場合の工事費用	・地すべり調査、動態観測、測量設計	40,000
	・護岸の再構築費用 (L=45m 区間)	10,000
	・農地復旧工事費用 (田畑6箇所)	5,400
	・地すべり対策 (杭工L=9m*42本)	46,500
	・地すべり対策 (アンカー工72基)	71,300
	・地すべり対策 (横ボーリング工12本)	13,000
	小計④ =	186,200
リスクマネジメントの効果	C型マネジメント = ④ - (① + ② + ③) =	53,500

5. データ様式の提案

本事例は、施工時に発現したリスクを最小限に回避するとともに、事業継続に関わる地質リスクのマネジメントを継続中である。今回は、最小限に回避した事例をC型マネジメントのデータ様式C表を用いて整理した。

施工時に地質リスクが発現した場合は、どうしても事後対応となりコストが増加してしまう。そこで、施工時のリスクを少しでも低減できるよう、工事着手前に、地質リスクをチェックする方法として、工事着手前の関係者説明会を有効活用すべきだと考える。具体的には、関係者（特に地元住民）との合意形成を踏まえた説明会や施工前の地元挨拶等を利用して、現地状況のヒアリング（聞き取り）を行い、記録・分析し、その中から地質リスクマネジメントすることである。

また、事業者と工事業者で共有した地質リスクについては、関係者（地元住民）とも共有することで、事業の合意形成と円滑化、将来的にはコスト縮減に寄与できるものとする。そのためには、今後、リスクマネジメントの効果を検証する際には、「事業前の既存情報に関する評価」や「事業継続に向けた情報に関する評価」の計量化を意識してリスク情報収集及び分析に取り組むたい。

表3 C. 発現した地質リスクを最小限に回避した事例

大項目	小項目	データ		
対象工事	発注者	地方自治体		
	工事名	河川改修事業		
	工種	河川改修工事 (河床切下げ工、護岸工)		
	工事概要	溢水による災害防止対策として 河床切下げ及び護岸工の実施。		
	① 当初工事費	50,400千円		
	当初工期	1年		
発現したリスク	リスク発現事象	リスク発現時期	河床切下げ施工時	
		トラブルの内容	地すべり発現	
		トラブルの原因	潜在した地すべり末端の掘削	
		工事への影響	・本施工中断と工期延長 ・追加工事の発生	
	追加工事の内容	追加調査の内容	追加調査なし	
		修正設計内容	工事修正設計なし	
		対策工事	埋戻し、河道確保、法面保護	
		追加工事	土工、河道・法面の応急保護工	
		追加費用	追加調査	0千円
			修正設計	0千円
			対策工	0千円
			追加工事	9,000千円
		②合計	9,000千円	
	延長工期	1年		
間接的な影響項目	—			
負担者	事業者、施工会社			
最小限に回避したリスク	リスク回避事象	予測されたリスク発現時期	河床切下げ時、護岸掘削時	
		予測されたトラブル	・地すべり滑動による河道閉塞 ・農地損傷	
		回避した事象	地すべりの不安定化	
		工事への影響	6ヶ月の中断(調査設計待ち)	
		リスク管理の実際	判断した時期	河床切下げ時
	判断した者	事業者(地質技術者の助言)		
	判断の内容	応急処置、対策工検討、 事業継続に向けた調査		
	判断に必要な情報	地山の性状と動態、地下水位		
	リスク対応の実際	内容	追加調査	地すべり調査、動態観測
			修正設計	地すべり対策設計
			対策工	杭工(抑え杭)
		費用	追加調査	25,000千円
			修正設計	5,000千円
			対策工	48,300千円
	③合計	73,300千円		
	回避しなかった場合	工事変更の内容	・既設護岸再構築 ・地すべり対策 ・農地復旧	
		④変更後工事費	186,200千円	
		変更後工期	最低2年以上	
		間接的な影響項目	—	
		受益者	流域の関係者	
リスクマネジメントの効果		費用④－(①＋②＋③)	53,500千円	
工期	1年以上			
その他				

[論文 No. 7] トンネル坑口部における地質リスクの回避事例

株式会社エイト日本技術開発 ○高田 正治
株式会社エイト日本技術開発 東 正昭

1. 事例の概要

トンネル坑口は、極力地山条件が良好なところに選定する必要があるが、諸般の事情で地質の不良箇所に坑口を設ける事もある。このような場合には、地質リスクを的確に評価した上で、適切な補助工法等を採用する必要がある。

対象の坑口は、河川の湾曲部に位置しており（図1参照）、2本の鉛直ボーリングと水平ボーリングの結果から、基盤岩上面の急激な傾斜と厚い崖錐性堆積層の分布が予想された。この調査結果を基に、実施設計では地耐力不足に対して「側壁導坑+深礎杭」が計画されていた。

実施設計終了時の段階において、支持層となる基盤岩の分布予測の精度が低いため、施工に入って「大幅な杭長の変更」という地質リスクが懸念された。この地質リスクを回避するために、さらに5本のチェックボーリングを実施した（図2参照）。その結果、以下に示す事象が判明した。

- ・当初想定よりも支持層となる基盤岩の分布深度が深く、深礎杭等の延長が増加する。
- ・透水性の高い河川性の沖積砂礫層が厚く分布し、深礎杭の掘削において、湧水や砂礫の流入による難工事が懸念された。
- ・トンネル直下に、沈下が問題となる軟弱な沖積粘性土や締りの非常に緩い沖積砂質土や埋土がGL-4.0mまで分布する。

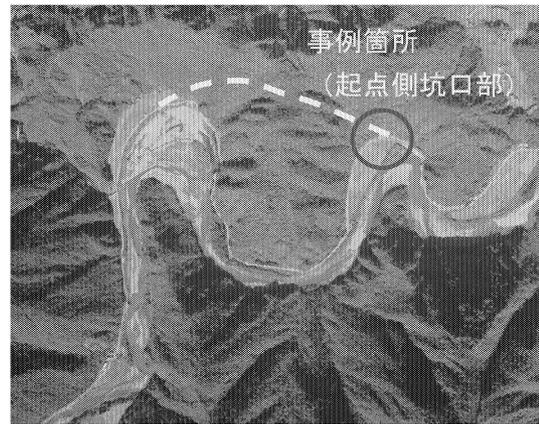


図1. 位置図

(国土地理院ウェブサイトより引用)

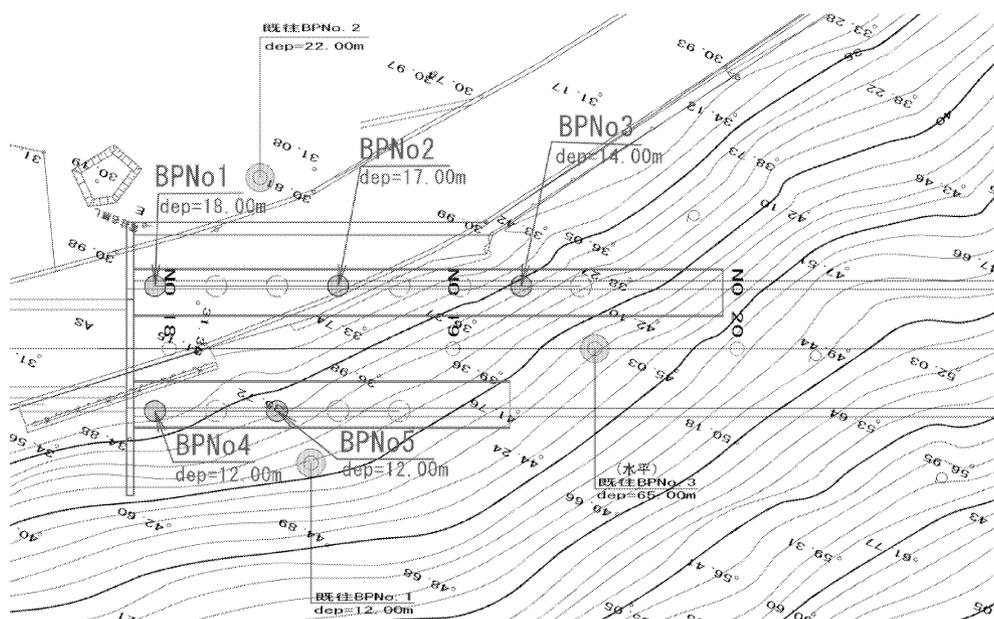


図2. 調査地平面図

以上の調査結果を基に、工法の見直しを行い、補助工法として「早期閉合+地盤改良」を採用し、深礎杭掘削の難工事に伴う工費の大幅な増大や工期の遅れ等の地質リスクを回避した。

2. 事例分析のシナリオ

(1) リスク回避に至るプロセスとリスクの要因

本事例では、深礎杭の施工において「大幅な杭長の変更」という地質リスクを回避するために、詳細な調査を追加して実施した。その結果、詳細な支持層（基盤岩）の分布を把握することができた一方で、トンネル直下に透水性の高い沖積砂礫層や沈下が問題となる軟弱な沖積粘性土が分布することが判明した。本事例は、詳細な地質調査によって地質の不確定要素を明確にした上で、工法の見直しを行い、新たに発覚した地質的問題点も含めて地質リスクを回避した事例である。

事例箇所は、河川の湾曲部に位置しており、計画当初から基盤岩上面の急激な傾斜、河川性堆積物である沖積層の分布が懸念されていた。ただし、現道の通行を確保するために、実施設計段階においては、トンネル直下の地質状況は確認されていなかった。

(2) マネジメント効果を分析するシナリオ

本事例は、設計段階における地質の不確定要素に対して、詳細な地質調査によって不確定要素を明確にし、地質リスクを回避したものである。このためマネジメント効果の判断は、深礎杭の難工事というリスクを保有したまま、工事が進行したケースとの比較となる。したがって当初の工事費や工期の算定には、当初見込んでいなかった止水対策としての薬液注入工を見込むものとする。

3. データ収集分析

(1) 支持層の分布状況について

図3に実施設計段階での地層推定縦断図を、図4に追加調査後の地層推定縦断図を示す。追加ボーリングによって、支持層となる基盤岩の上面の分布形態を把握することができ、実施設計段階の想定に比べて、坑口直下では支持層線の位置は上がったものの坑奥では、逆に支持層線の位置が下がる結果となった（図4参照）。このため、側壁導坑及び深礎杭の合計延長は、当初設計に比べて増加（側壁導坑+3.0m、杭長+10.5m）する結果となった。

(2) 沖積砂礫層の分布と深礎杭施工の問題点

実施設計の段階では、基盤岩の上位に分布する礫質土は、崩積土として一括して扱われていた。ただし、追加ボーリングの結果、礫質土は崖錐性のものと河川性のもの（沖積砂礫層）に区分され、トンネル直下の山裾部にまで沖積砂礫層が分布することが判明した。

この沖積砂礫層は、透水性が高く湧水量が多いため、先行した反対側（終点側坑口部）の深礎杭の施工においては、掘削中に多量の砂礫の流入や大量の湧水が発生し、掘削が困難になった。このため止水対策として薬液注入工を実施する等、想定以上に施工が難化した。

反対側（終点側坑口部）の工事状況から、沖積砂礫層に対する深礎杭の施工は、難工事が予想され、坑口への切羽到達時に側壁導坑+深礎杭等の施工が間に合わない恐れがあった。

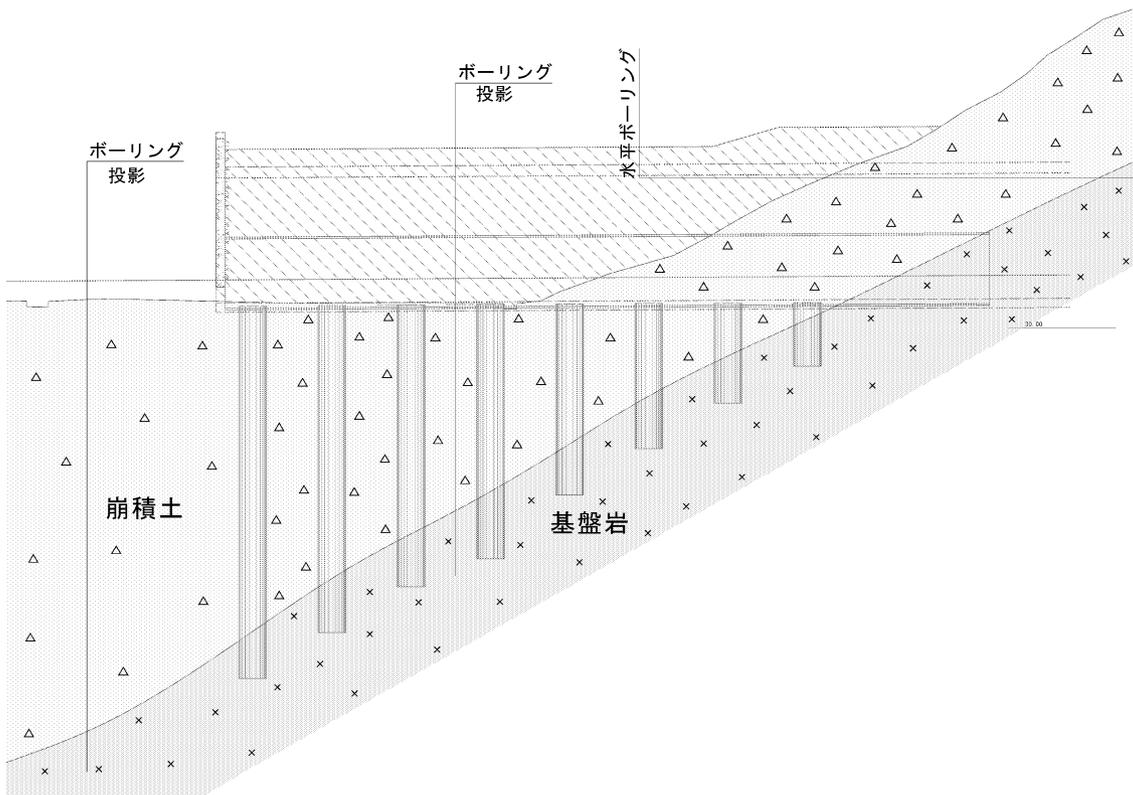


図 3. 地層推定縦断面図（実施設計段階）

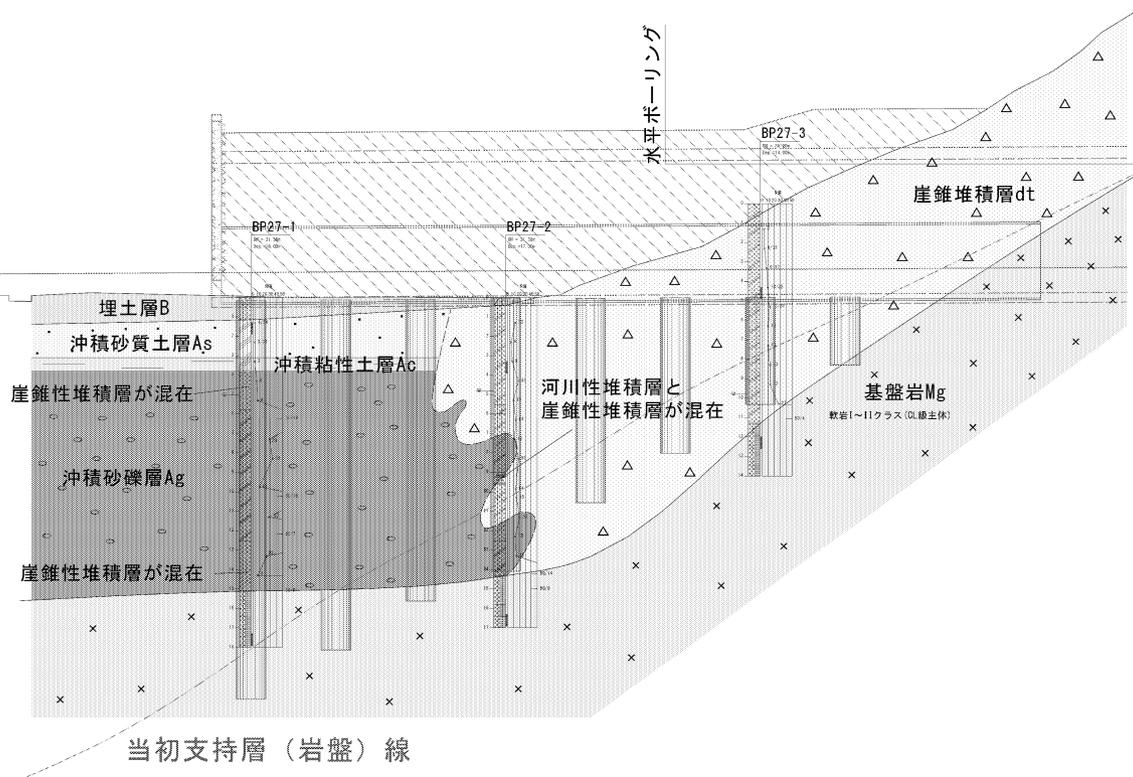


図 4. 地層推定縦断面図（追加調査後）

表 1. 地層構成表

年代		記号	地層名	N 値 (平均N値)	記 事		
新 生 代	第 四 紀	完 新 世	B	埋土層	3	現道や平地を形成する埋土擁壁等も含めた	
			河川性堆積層	Ac	沖積粘性土層	2~6 (3)	BP27-1や既往BPNo2で確認層厚0.7~1.8m程度で軟質
				As	沖積砂質土層	3~4 (3)	BP27-1で確認され、層厚2m程度締まりの非常に緩い砂層
				Ag	沖積砂礫層	5~49 (19)	主にBP27-1や既往BPNo2で確認玉石混じり砂礫が主体
	dt	崖錐性堆積層	3~35 (11)	斜面上~平地との境界付近に分布する平地との境界付近では、河川性の礫も含む粘土混じり砂礫を主体とする			
古 第 三 紀	始 新 世	Mg	基盤岩	貫入不能 (局部的に68)	閃緑岩と花崗岩類の混成岩からなる全体に亀裂が発達しており、CL級岩盤主体		

(3) 軟弱な沖積層の分布

追加調査の結果、トンネル直下には N 値=3 程度の軟弱な沖積層（粘性土層、砂質土層）や埋土層が GL-4m 付近まで分布することが判明した。これらの地層は地耐力が不足しており、構造物の基礎地盤としては適していない。また、沖積粘性土については、今後圧密沈下が生じる可能性があるため、軟弱な沖積層については、地盤改良工法の検討を行った。

以上のように、詳細な追加調査によって、「側壁導坑+深礎杭」では工費の増大や工程的に問題があることが判明し、補助工法の見直しを行った。補助工法の再検討の結果、「早期閉合+地盤改良」の方が当初案よりも経済的かつ施工的に優位であることから、「早期閉合+地盤改良」を採用した。

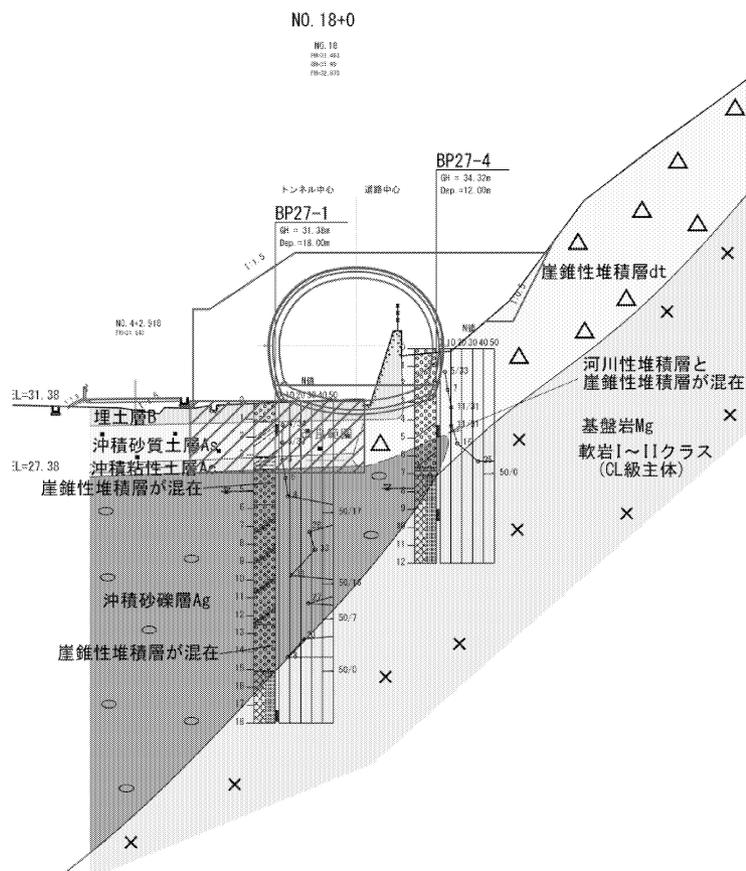


図 5. 地層推定横断面図 (追加調査後)

4. マネジメントの効果

表2に当初案と見直し案（3案中の最適案）の工法比較表を示す。

現地条件の制約から、支持層分布の詳細な確認は、工事に委ねられるケースもあり、今回実施設計のまま工事に着手した場合には、①側壁導坑+深礎杭の延長増、②深礎杭掘削の難工事に伴う工事費の増大、③トンネル工事の大幅な遅れ等の地質リスクが発現していたものと考えられる。地質の専門技術者と設計技術者が連携することによって、地質リスクを回避することができたと考える。

表 2. 工 法 比 較 表

工法	当初案	見直し案
	第1案 側壁導坑+深礎杭	第4案 早期閉合+地盤改良
補助工法数量	上半…小口径多段式先受け工(150° 範囲) 18.5 本/シフト 長尺鏡補強ボルト…12 本/シフト 下半…側壁導坑及び側壁コンクリート (左 41.5m、右 26.5m) 深礎杭 φ 1.5m L=3.5~20.5m 総杭長 =133.5m	上半…小口径多段式先受け工(180° 範囲) 22.5 本/シフト 長尺鏡補強ボルト…12 本/シフト 下半…先受け注入ボルト 4 本/m、鏡補強ボルト 5 本/1 シフト 一次インバート 9.4m/m (吹付コンt=250、ストラット入り)
特徴	側壁部分を導坑で先行掘削し、上下半の支持が可能な側壁コンクリートや深礎杭を施工する工法。導坑部の施工後、上下半の切広げを行う。本坑切羽が到達する前に施工しなければならない時間的な制約がある。	近年増加傾向にある工法で、脚部補強などの補助工法を行わず、切羽に近い位置で一次インバートを施工することで早期に断面を閉合し、トンネルの変形や沈下を抑制する工法。
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 先行施工の導坑・深礎杭は、狭小空間で施工性は悪く、作業員の危険が伴う。また深礎杭施工では、終点側同様、掘削時に大量の砂礫及び湧水の流入が生じるなど施工性が悪化する可能性が高い（薬液注入での対処が必要） 別途工事の地盤改良は必要ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 閉合距離を短くすれば施工性およびその難易度が上がる。一般的に 9 m前後の閉合距離で 3 日程度で閉合するが、変位や沈下が大きい場合には 5mまで短くした事例がある。 別途地盤改良が必要。
工事費 (経費込)	522, 550 千円 (2. 18)	239, 550 千円 (1. 00)
工期	トンネル補助工法期間…約 0. 8 ヶ月 (約 14, 000 時間) 先行工事：導坑、深礎、側壁コン…約 7 ヶ月	トンネル補助工法期間…約 1. 3 ヶ月 (約 22, 000 時間) 先行工事：地盤改良工事期間…約 1. 0 ヶ月 (1 班編成)
採用	—	◎

第4案の工事費は、地盤改良工の費用を含む

5. データ様式の提案

本事例は、詳細調査によって地質リスクを回避した事例であり、データ様式A表を用いると下表になる。

A. 地質リスクを回避した事例

大項目	小項目		データ
対象工事	発注者		—
	工事名		—
	工種		—
	工事概要		—
	①当初工事費		522,550千円（補助工法）
	当初工期		約8ヶ月（補助工法）
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期		追加調査時
	予測されたトラブル		深礎杭施工の難工事
	回避した事象		工事の大幅な遅れと工事費の増大
	工事への影響		—
リスク管理の実際	判断した時期		追加調査時
	判断した者		発注者、地質調査者、設計者
	判断の内容		補助工法の変更
	判断に必要な情報		詳細地質調査データ
リスク対応の実際	内容	詳細調査データ	ボーリング5本
		修正設計	補助工法の再検討
		対策工	—
	費用	追加調査	7,500千円
		修正設計	9,300千円
		対策工	—
		②合計	16,800千円
変更工事の内容	工事変更の内容		早期閉合＋地盤改良
	③変更工事費		239,550千円（補助工法）
	変更工期		約2.3ヶ月（補助工法）
	間接的な影響項目		—
	受益者		—
リスクマネジメントの効果	費用（①－③－②）		266,200千円
	工期		約5.7ヶ月短縮
	その他		—

〔論文 No. 8〕 ため池改修工事で発現した地質リスク事例

株式会社愛媛建設コンサルタント 田窪 裕一

1. 事例の概要

本事例は、ため池改修工事における洪水吐の床掘中に、山側法面に予期せぬ地すべりの兆候が現れたため施工を中断し、緊急対応を行ったものである。潜在的な地すべり地形の末端部に当初設計の洪水吐が計画されており、地すべり末端部を切土したことによって地すべりが不安定化したものである（図 1、写真 1）。この箇所は設計時では、地質リスクである「潜在的な地すべり」の存在が認識出来ていなかったが、施工時に地すべりが発現したため、迅速な応急措置や適切な調査・観測を行い、地質リスク特性に適合した対策工法の選定により、安全性を確保しながら制約された工期の中で、早期の竣工を達成することができた。ここでは、地すべり活動による被害拡大を未然に防ぎ、発現した地質リスクを最小限に回避した事例（Cタイプ）としてその効果を検証した。

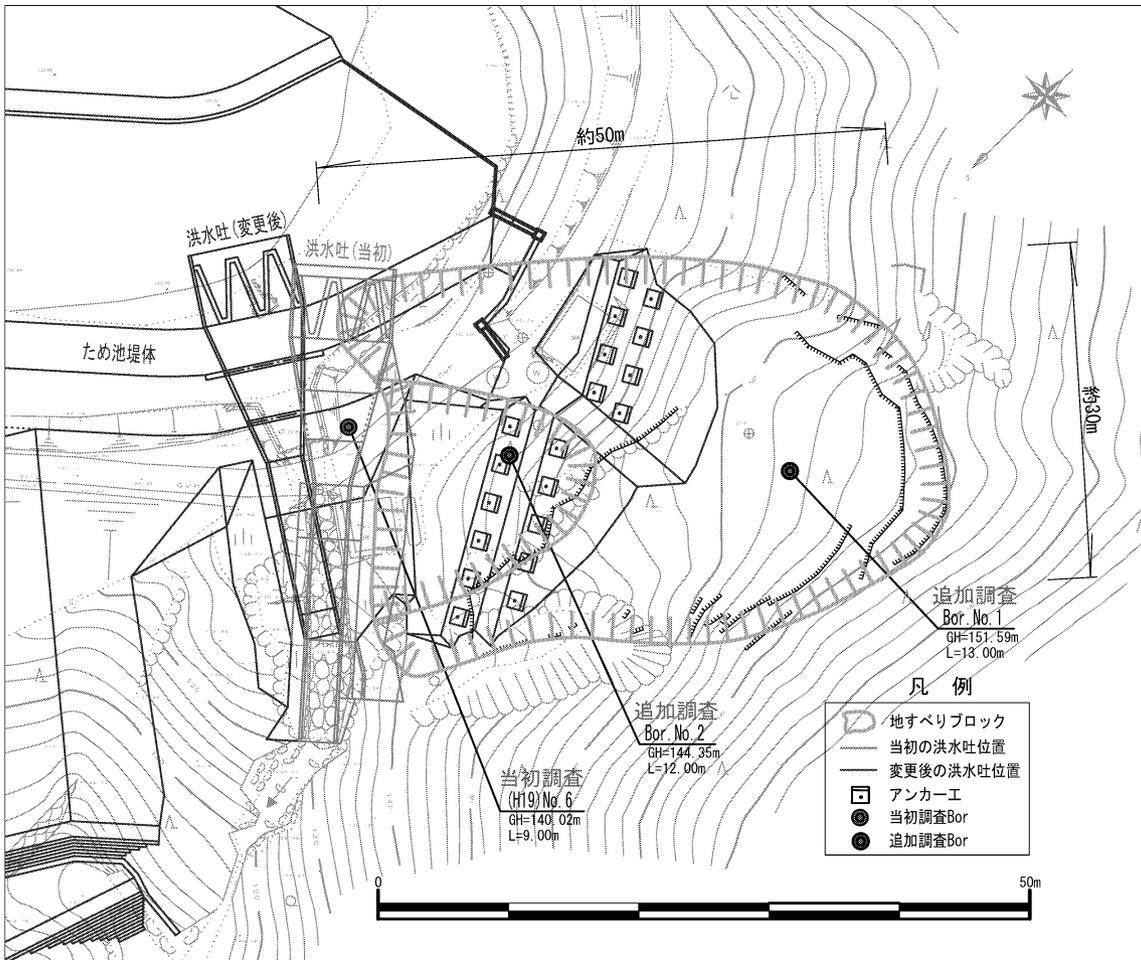


図1 ため池改修計画及び追加対策工事と地すべりブロック

2. 事例分析のシナリオ

(1) 設計段階（地質リスクの予見なし）

この老朽ため池では改修設計を当社が担当し、当初調査は別業者が実施した。調査ボーリングは、堤体の底樋周辺と地山取付部で実施されていた。当初調査段階で小規模な表層崩壊は確認されていたが、施工時の対応範疇とされ、広範な地表踏査や測量は実施されず、結果として地質リスクを内在したまま設計が行われた。この段階で地質リスクが予見出来ていれば、洪水吐の位置や形状の検討による地すべりへの影響低減、事前の地質リスク対策実施による地すべりの発現防止などが実現できた可能性が高い。

(2) 施工段階（地質リスク発現）

「洪水吐の掘削面に亀裂が発生している」との第一報を受け、現地に急行し地表踏査を行った。洪水吐の掘削面には風化岩が露出していたが、粘土を挟在した押出し変位があり、背後斜面には連続性のある開口亀裂が、幅 30m、延長 50m 程度の範囲で確認され、地すべりによる変位と特定できた。写真 2～4 に亀裂の発生状況を示す。地すべりの原因は、潜在的な地すべりの末端部切土による不安定化であった。また、滲み出し程度の湧水が認められ、地下水の存在が不安定化を促進していると判断された。



写真1 地すべりブロック全景



写真2 冠頭部の亀裂と抜板

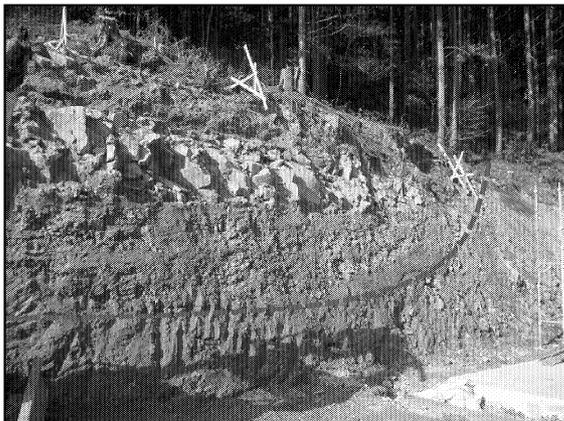


写真3 洪水吐掘削面と亀裂

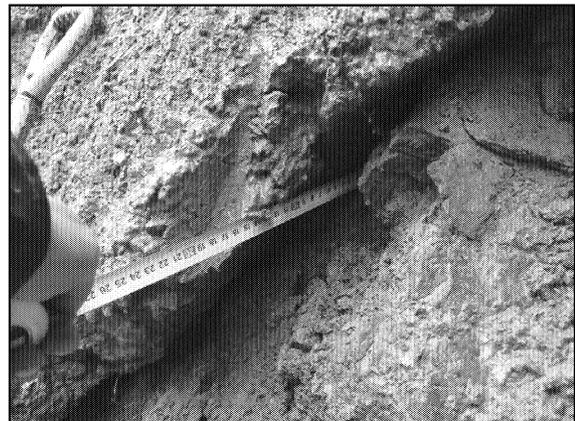


写真4 掘削面に生じた押出し

(3) 初動対応（地質リスクを最小限に回避）

被害の拡大を防止するため、即時に応急対応として押え盛土を提言した。施工に際しては、抜き板を斜面の開口亀裂に設置して、変位状況を確認しながら盛土量を調整した。この応急対策によって地表面変位は緩和され、地すべり活動の活発化による洪水吐やため池堤体の損壊を免れることができた（地すべり発現時には洪水吐は下流側工区が配筋まで完了していた）。また、地すべりブロック全体を網羅した定点測量による移動観測の即時開始を提言し、地すべりブロックの周辺も含めた地表面挙動を確認した。

(4) 追加調査の実施

応急対応による変位沈静後は、追加調査を当社で実施した。地すべり縦断方向に調査ボーリングを2本行い、孔内傾斜計と自記水位計の観測を行った。孔内傾斜計の観測で、風化岩内の粘土化部でせん断性の累積変位が確認された。また、孔内傾斜計観測と定点測量を施工再開後も継続して行い、地中・地表の変位を確認するとともに、施工時の安全性をマネジメントした。

(5) 対策工法の選定

① 主たる対策工

主たる対策工はアンカー工とした。採用理由は、洪水吐へのクラック発生回避や工期が制約されていることから、即効性のある工法とする必要があり、地質リスク特性を考慮してアンカー工を採用した。対策工断面図を図2に、施工状況を写真5に示す。

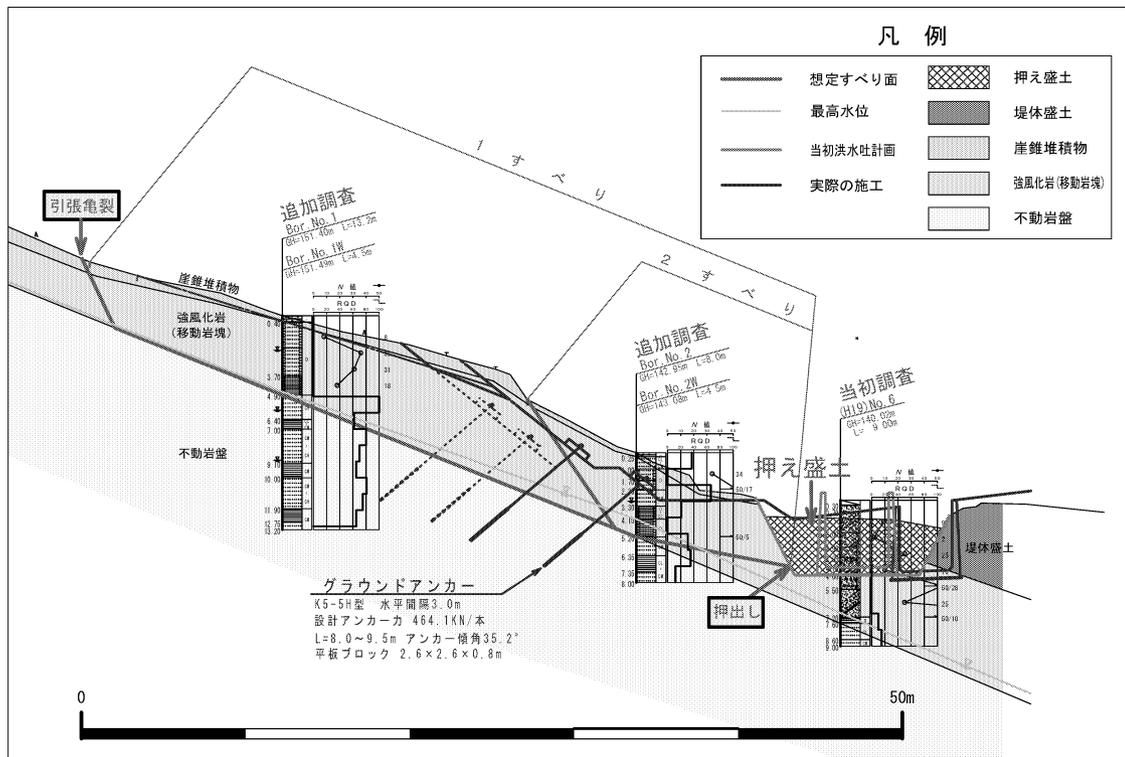


図2 対策工断面図

②掘削法面からの湧水処理

地すべりに悪影響を与えている掘削法面からの湧水を恒常的に排水処理するため、砕石によって洪水吐背面の山側底部にドレーンを配して排水処理した。

③地すべり安定度低下の低減

洪水吐は部分完成していたが、図1に示すように、流路の線形を可能な限り地すべりブロックから離れるように変更し、地質リスクを低減させるよう考慮した。



写真5 アンカー工の施工状況

(6) 対策工の効果

当地の地質リスク特性に即した地すべり対策によって、安全な施工と早期の竣工を図ることができた。継続的に行った孔内傾斜計観測では、完成後の集中豪雨に対しても変位の累積は無く、対策効果が確認されている。

3. データ収集分析

当初調査段階の内容については、発注者から成果報告書の貸与を受け確認した。設計及び追加調査は当社が担当しており、社内のヒアリングで検討内容やプロセスを確認した。

当初工事費は、設計段階での想定工事費とした。想定工事費・工期は、経験（過去の同程度の規模の施工事例）に基づいて推算した。

地質リスクを最小限に回避した場合の、発現したリスクに対する追加対策工事費用は、修正設計数量から推算した。追加調査及び修正設計費については実績値を採用した。

地質リスクを回避しなかった場合の工事費算出には、地すべり活動によってため池堤体の一部と洪水吐が損傷すると仮定した復旧費、リスク発現に対する追加対策工事費用のほか、貯水困難で一年間の受益地の耕作不能による農業被害（水稻）を見込んだ。リスクに対する追加対策工事費は、最小限に回避した場合と同等の調査、設計、工事費を要すると仮定した。

4. マネジメントの効果

本事例のマネジメントの効果を次のように試算した。

C型マネジメントの効果＝

$$\begin{aligned} & \text{④リスク回避しなかった場合の工事費} + \text{⑤リスク回避しなかった場合の間接影響費} \\ & - (\text{①当初工事費用} + \text{②追加工事費用} + \text{③施工時に追加されたリスク対応費}) \\ & = 160,000 \text{ 千円} + 10,000 \text{ 千円} - (113,000 \text{ 千円} + 19,000 \text{ 千円} + 0 \text{ 千円}) \\ & = \mathbf{38,000 \text{ 千円}} \end{aligned}$$

①当初工事費用＝113,000 千円

設計段階（リスクを認識していない段階での当初想定金額）

- ②追加工事費用≒19,000 千円
 - 地すべり対策工 アンカー工 (19 基) ≒14,500 千円
 - 地すべり調査≒2,000 千円
 - 修正設計≒2,500 千円
- ③施工時に追加されたリスク対応費用=0 千円
 - 修正設計どおりで追加なし
- ④リスクを回避しなかった場合の工事費用≒160,000 千円
 - 地すべり対策工 ため池堤体の一部、洪水吐の再構築≒31,880 千円
 - アンカー工 (19 基) ≒14,500 千円
 - 調査測量設計費用≒4,500 千円
 - (工期延期 1 年以上)
- ⑤リスクを回避しなかった場合の間接影響費≒10,000 千円
 - 受益地の耕作不能 (水稲) 1 年間

5. データ様式の提案

様式「C. 発現した地質リスクを最小限に回避した事例」をフォーマットとして、若干の変更を加えて取りまとめた。

本事例については、発現した地質リスクに対する追加工事の内容は、②修正設計時に検討した追加工事に対し、実際に施工した工事内容（③リスク対応の実際）は変更なしで対応できており、施工時における追加対応は発生していない。リスクマネジメントの効果算定式は、「④変更後工事費－（①当初工事費＋②追加工事＋③リスク対応の実際）」であることから、②と③が同じ内容ならば二重引きとなるため、③の内容を「リスク対応の実際」から「施工時に追加されたリスク対応費」と読み替えた。同時に、大項目「最小限に回避したリスク」中の「リスク対応の実際」は「施工時に追加されたリスク対応」と読み替えた。

また、本事例はため池の改修工事であり、施工期間中は貯水機能が失われる。大項目「最小限に回避したリスク：回避しなかった場合」中の小項目「間接的な影響項目」の内容として、受益地での耕作不能が挙げられる。この場合、農業被害が生じるため、フォーマットには存在していない「⑤間接影響費」をリスクマネジメントの効果算定根拠として追加した。

C. 発現した地質リスクを最小限に回避した事例

大項目	小項目	データ
対象工事	発注者	〇〇県
	工事名	老朽ため池 〇〇池改修工事
	工種	老朽ため池改修工事
	工事概要	漏水があり、堤体が断面不足なため池の改修(L=90m)
	①当初工事費	113,000千円
	当初工期	3年(実施設計・用地取得含む)

発 現 し た リ ス ク	リスク発現 事象	リスク発現時期	洪水吐の掘削時		
		トラブルの内容	左岸側斜面で地すべり兆候の発現(掘削面の押出し)		
		トラブルの原因	計画段階で認識されず施工段階にリスクが持ち越された		
		工事への影響	洪水吐周辺の工事の中断 地すべり対策工の追加		
	追加工事 の内容	追加調査の内容	地すべり調査 調査ボーリング 孔内傾斜計観測、地表面移動観測、地下水位観測		
		修正設計内容	・斜面安定解析 ・抑止工の検討 ・切土の検討及び平面、縦・横断測量の追加 ・洪水吐と周辺堤体の再検討		
		対策工事	地すべりの発現した斜面の安定対策工事		
		追加工事	アンカー工		
		追 加 費用	追加調査	2,000千円	
			修正設計	2,500千円	
			対策工	アンカー工 N=19	
			追加工事	14,500千円	
		②合計	19,000千円		
延長工期	6ヶ月				
間接的な影響項目	-				
負担者	発注者、一部受益者				
最 小 限 に 回 避 し た リ ス ク	リスク回避 事象	予測されたリスク発現時期	洪水吐掘削時		
		予測されたトラブル	地すべりの活動によりため池堤体及び洪水吐が損壊 場合によっては作業員の災害発生 中断期間の受益地での耕作不能		
		回避した事象	地すべり活動によるため池堤体及び洪水吐の損壊 中断期間の受益地での耕作不能		
		工事への影響	斜面安定化対策のため1年間中断		
	リスク管理 の実際	判断した時期	掘削時		
		判断した者	発注者(地質技術者の即時提言)		
		判断の内容	対策工の追加 経過観察(地すべり動態観測)		
		判断に必要な情報	掘削面への押出しと背後斜面に引張亀裂の発生		
	施工時に 追加された リスク対応	内容	追加調査	-	
			修正設計	-	
			対策工	-	
		費用	追加調査	-	
			修正設計	-	
対策工	-				
③合計	0千円				
回 避 し な か っ た 場 合	工事変更の内容	アンカー工、ため池堤体の復旧(L=30m)、洪水吐の復旧			
	④変更後工事費	160,000千円			
	変更後工期	最低1年以上の延長			
	間接的な影響項目	受益地の耕作不能			
	⑤間接影響費	10,000千円			
	受益者	下流側住民、水利受益者			
リスクマネジメント の効果	費用④+⑤-(①+②+③)	38,000千円			
	工期	半年ほど短縮			
	その他	雨季までに洪水吐機能を復旧して下流住民の安全を確保			

[論文 No. 9] 地質リスクマネジメントを活用したアンカーのり面の 維持管理における取り組みと課題

○ (株)相愛 常川 善弘
(株)相愛 弘田 朋志
(株)相愛 東 豊一
(株)相愛 谷崎 優也
(株)相愛 市橋 義治

1 はじめに

近年の国のインフラ長寿命化計画や国土強靱化政策等，積極的な防災や維持管理への取り組まれており，平成 27 年に道路施設における土工構造物基準において，保全対象（管理路線）の重要度に応じた要求性能の取り組みが始まっている。特に同一路線における要求性能の連続性・隣接性として，切土・盛土等の土工構造物においても，同一路線の橋梁・トンネルの要求性能に合わせて管理をする流れとなっている。



写真 1 崩壊したアンカーのり面

土工構造物の一つであるグラウンドアンカー工は，斜面安定対策の主要工法として広く利用されており，古いものでは 50 年近く経過している。アンカーのり面の維持管理において，道路防災点検や定期点検等の目視点検が基本となるが，抑止機能評価や背面地質や地盤材料および付帯構造物の経年変化や性能評価については，目視では評価が難しい土工構造物に共通する課題がある。

維持管理段階（供用段階）において，これまで様々な健全性調査を行ったアンカーのり面について，地質リスクマネジメントを活用した評価の取り組みにを行ってきた。本発表は，土工構造物の要求性能を考慮したリスクスコア評価に関する取り組みとその課題について報告する。

2 事例の概要

供用段階における道路アンカーのり面について，管轄路線内の複数個所のアンカーのり面における地質リスク調査検討についてシミュレーションでの評価を行った。

維持管理調査は，3・3の図1に示すアンカーのり面の維持管理フロー（案）に沿って行い，調査結果の評価方法は，平成27年度地質リスクマネジメント事例研究発表会講演論文集の「グラウンドアンカー工（土工構造物）の維持管理における地質リスク調査検討に向けた取り組みについて」を基本に，道路土工構造物基準の要求性能を考慮した地質リスクスコアを作成し評価を行った。

地質リスク調査検討は，地質リスク調査検討業務発注ガイドおよび地質リスク・エンジニア養成講座テキストを参考に想定を行った。

(1) 重要度及び要求性能を考慮した個別アンカーのり面の維持管理台帳の整理

維持管理に向けた課題として、アンカーのり面の多くは、個別の管理台帳等が整理されておらず、アンカー施工場所、施工年、種類、本数など管轄内のアンカーのり面全体の把握ができていないことがあげられる。特に、施工後、数十年以上経過した防食機能が十分でない旧タイプアンカーのり面において、一度も健全性調査が実施されていないのり面も多い。

したがって、今後、管理路線の重要度や要求性能を含め維持管理の実施に必要な情報を整理した維持管理台帳の作成が重要である。

(2) 斜面の安定性と材料の健全性の段階的評価

すべてのアンカーのり面について斜面安定および材料の健全性調査のフルコースを実施することは、予算を含め様々な面で現実的に困難である。このため、まず、土工構造物として「斜面の安定性評価に関する健全性調査」を行い、次に必要に応じて追加調査として、「要因分析および対策工の検討のための詳細調査」を実施する段階的なフローにて維持管理を実施する。尚、アンカー材料損傷時の鋼棒アンカーの飛び出しや頭部コンクリートの剥落、独立受圧板の落下等の2次被害による第三者被害の危険性の評価も重要になるが、これらについては、「緊急・応急対策」として別途検討する流れとした。

(3) リスク分析における経年変化特性を考慮した評価

土工構造物の維持管理において、経年的な変化特性は各のり面の様々で予測が困難であり、健全性調査による1回の現状評価のみでは、十分な健全性評価や地質リスクの要因の特定ができない。このため、経時的な2点評価による経年変化特性の把握は、個別のアンカーのり面の健全性評価や今後の維持管理計画策定に非常に重要である。

したがって、供用段階における地質リスク評価において、まず、健全性調査結果による現状での地質リスクの抽出や対応の優先順位等の「地質リスク分析(概略評価)」を実施し、必要に応じて、個別のり面ごとに地質リスク特定のための追加の詳細調査にて「地質リスク分析(詳細評価)」を行う段階的な維持管理フローとした。

3 事例分析のシナリオ

事例分析は、これまでの調査結果を踏まえ供用段階の地質リスク調査検討のシミュレーションとして行った。調査条件は、緊急輸送路(重要度1, 要求性能1)の管轄路線内の7箇所アンカーのり面における地質リスク調査検討とし、維持管理台帳作成から各のり面の健全性調査について、地質リスクスコアによるランク付けを実施し、対応の提案を行う地質リスク分析(概略評価)までとした。尚、個別のり面のリスク管理表は本発表では報告しない。

3-1 調査項目

本調査において、表1に供用段階のアンカーのり面の地質リスク調査項目を作成した。地質リスク調査項目は、アンカーのり面の健全性調査計画や地質リスクスコア評価の際に必要な情報で、既存資料調査や現地踏査などで確認することができる。また、現地調査は

アンカーの維持管理フロー（案）に示す健全性調査と追加の詳細調査に区分し，それぞれ概略評価と詳細評価に必要な地質リスク調査項目を整理した。

表 1 供用段階のアンカーのり面の地質リスク調査項目（案）

項目		概略	詳細	備考
既存資料調査・とりまとめ	地形・地質	◎		既存資料調査＋机上調査
	被災履歴	○		既存資料調査
	地盤環境(地下水等)	○		既存資料調査
	解析断面	○		既存資料調査
	設計・施工記録	○		既存資料調査
地形・地質解析	地表地質踏査	●	●	既存資料があれば比較
	(航空写真・地形判読)	●	●	LPデータの活用検討
地質リスク素因・誘因の抽出	素因の抽出	◎	●	既存資料調査および健全性調査
	誘因の特定	●	◎	既存資料調査および詳細調査
	リスク管理表の作成	◎	◎	
現地調査	アンカー健全性調査	◎	●	踏査・頭部詳細点検・残存引張り力確認
	詳細調査	●	◎	材料試験・モニタリング・地質調査
地質リスクの発生確率と 損失量の定性予測	崩壊想定規模	◎	◎	復旧までの対策費用
	復旧想定期間(要求性能)	◎	◎	復旧までの期間
	発生確率のランク区分設定	◎	◎	提案
	発生確率予測	◎	◎	提案
	損失量のランク区分設定	◎	◎	提案
	リスクスコアによるリスクランク区分	◎	◎	提案
	不確実性の評価	●	◎	
	対応策の提示	◎	◎	概略:追加調査、詳細:対応の検討
◎必ず実施、○実施が望ましい、●必要に応じて実施				

3-2 地質リスクスコア

地質リスクスコアの定量的な期待損失値の定性予測について，発生確率と影響度評価の決定方法を地質リスクガイドブックを参照に，ランクの高い順に AA, A, B, C の 4 段階，発生確率区分（5 区分）×影響度区分（5 区分）＝25 区分で行った。（表 2）。

影響度および発生確率の評価方法は，平成 27 年度地質リスクマネジメント事例研究発表会講演論文集の「グラウンドアンカー工（土工構造物）の維持管理における地質リスク調査検討に向けた取り組みについて」の評価方法を基本に，既存資料調査および初期点検を含むアンカー維持管理台帳の情報と健全性調査結果にて評価を行った。

今回，道路土工構造物基準の要求性能を考慮する場合，「要求性能」は地質リスクスコアの影響度（縦軸）の「復旧期間」と共通しており，表 2 に示す影響度と要求性能を 2 軸評価にして評価を行った。

これにより，各のり面が「被災した場合の地質リスクの大きさ」が性能レベルで確認でき，個別のり面が有する被災時の性能レベルを把握することで，要求性能を維持維持するための優先度が確認できる。尚，地質リスクスコアの影響度区分例は 5 区分に対し，道路土工構造物基準の要求性能は 3 区分であるため，それぞれ対応するよう区分を整理した。

また，地質リスクスコアの発生確率（横軸）は，健全性調査（概略評価）にて評価する。

表 2 要求性能を考慮したアンカーのり面の供用段階のリスクスコア（案）

		発生確率					要求性能	
		評価	非常に低い	低い	中程度	高い		非常に高い
		健全性調査評価点	10点未満	10点以上 15点未満	15点以上 25点未満	25点以上 30点未満		30点以上
		評価	のり面は安定しており、定期点検の継続	のり面は安定しているが、変状の可能性があり、定期点検の継続	のり面変状の可能性はあるが、安全の範囲内にあり、定期点検の継続	のり面崩壊の発生危険性が高い	のり面崩壊の発生危険性が非常に高い	
		影響度	非常に低い	低い	中程度	高い	非常に高い	
(被災規模) (復旧期間) ※詳細調査・対策工事費に比例	非常に低い	事業の継続に影響を与えない 規制なし(異常無し) 復旧期間 0日	C	C	B	A	AA	性能1
	低い	軽微な修復で事業継続可能となる影響 条件付き規制(補修工) 復旧期間 7日	C	C	B	A	AA	性能2
	中程度	大きな損失を受けるが事業は継続可能で、遅延がある 条件付き規制(対策工) 復旧期間 3ヶ月程度	C	C	B	A	AA	性能3
	高い	事業が中断または大幅な遅延となる影響 通行止め(対策工) 復旧期間 3ヶ月以上	C	C	B	A	AA	
	非常に高い	事業の継続不能となる影響 通行止め(対策工) 復旧期間 6ヶ月以上	C	C	B	A	AA	その他

AA：緊急対策を実施してリスクを回避することが望ましい事象

A：詳細な地質調査を実施して、完全なリスク低減対策を講じるべき事象

B：動態観測や材料評価等の補足調査を行い、調査結果に応じたリスク低減対策を講じるべきリスク事象

C：リスク回避や低減対策を必要とせず、継続して維持管理段階でのリスクを留保することが可能な事象。

表 3 発生確率区分の点数一覧

項目	概略	詳細	点数	備考
健全度区分	E+	◎ ◎	10	残存引張り力 $Pe > 0.9Tys$
	D+	◎ ◎	5	$0.9Tys \geq Pe > 1.1Ta$
	C+	◎ ◎	3	$1.1Ta \geq Pe > \text{許容アンカー力} Ta$
	B+	◎ ◎	2	$Ta > Pe \geq Td$
	A+	◎ ◎	1	設計アンカー力 $Td \geq Pe > \text{定着時緊張力} Pt$
	A-	◎ ◎	0	$Pt \geq Pe > 0.8Pt$
	B-	◎ ◎	2	$0.8Pt \geq Pe > 0.5Pt$
	C-	◎ ◎	3	$0.5Pt \geq Pe > 0.1Pt$
	D-	◎ ◎	4	$0.1Pt \geq Pe$
防災点検結果	要対策	○ ○	5	既存資料調査
	カルテ対応	○ ○	2	既存資料調査
	対策必要なし	○ ○	0	既存資料調査
被災・変状履歴	被災履歴あり	○ ○	3	施工前(既存資料調査)
	変状履歴あり	○ ○	5	施工後(健全度区分 A+~E+は加点)
	進行性あり	● ○	10	変位・荷重変化の累積
	安定している	● ○	-20	供用後、動態観測で安定評価された場合
地形地質	劣化・不安定化しやすい	● ○	3	第三紀(泥岩・シルト岩)・結晶片岩・その他
	断層・破碎帯	● ○	3	
	湧水・地下水あり	● ○	2	のり面踏査
	膨張性地山	● ○	3	膨張性地層を含む
材料損傷の有無	旧タイプアンカー	○ ○	3	
	5%未満	○ ○	3	浮きだし等の目視確認ができる機能損失箇所
	5%以上	○ ○	5	浮きだし等の目視確認ができる機能損失箇所

◎必ず実施、○実施が望ましい、●必要に応じて実施

3-3 アンカーのり面の維持管理フローと地質リスク検討業務の関係

本調査において、①台帳作成、②点検（外観目視）、③健全性調査による地質リスクスコア評価を行った。（図1）

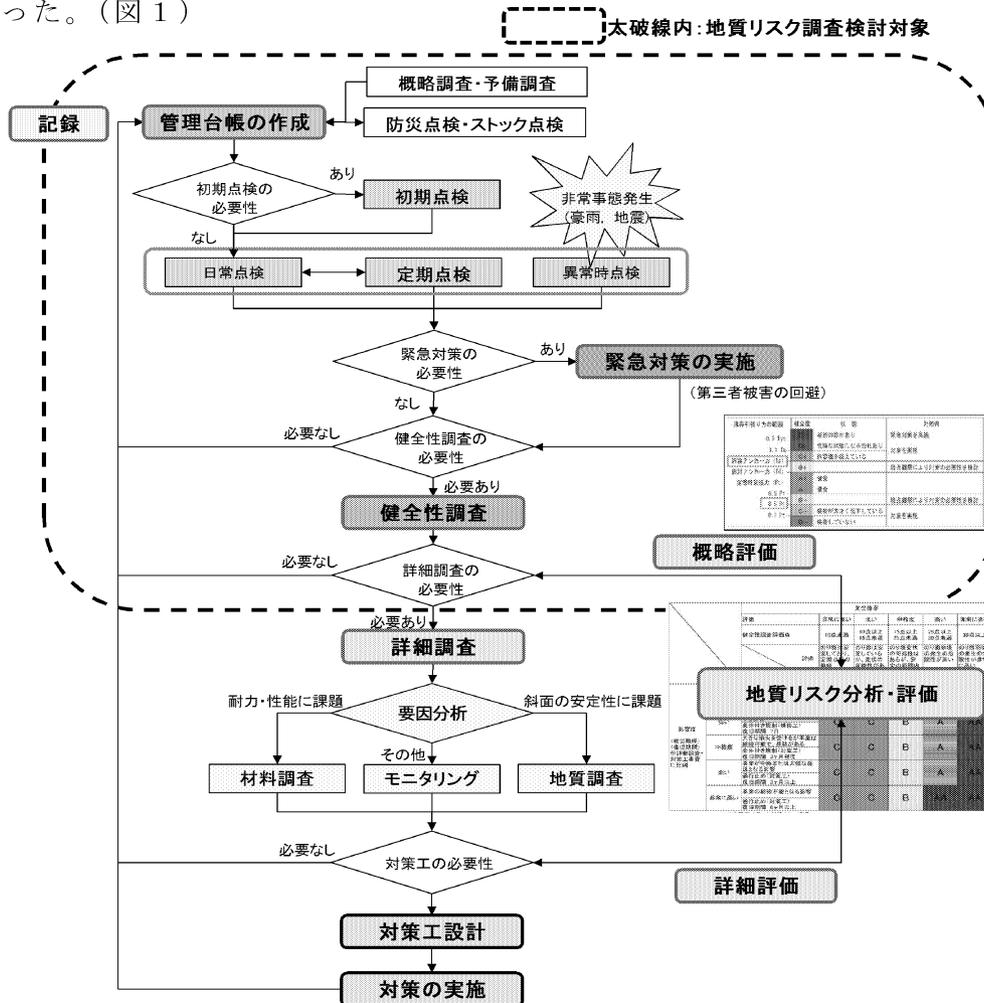


図1 アンカーのり面の維持管理における地質リスク検討調査の範囲とフロー

3-4 地質リスクスコア評価と優先順位づけ

表2の要求性能を考慮したアンカーのり面の供用段階のリスクスコア（案）と表4の地質リスクスコア評価一覧表（7地点）を基に、表5の地質リスクスコア評価区分図を作成した。評価の結果、A,D,Eの3のり面はC評価の「リスクの留保（経過観察）」となった。B,Gの2のり面でB評価の「リスクの低減（動態観測等）」、C,Fの2のり面で「完全なリスクの低減（地質調査等）」の判定となった。

当路線は「性能1」での管理路線であるため、対応措置が必要な4のり面は、それぞれC評価の「リスクの留保（経過観察）」に向けた対策検討が必要となる。表5より、Cのり面が影響度（規模）と発生確率が大きく、

表4の対策概算費も高くなることから、最も優先順位が高く地質リスクにおいてマネジメントの効果が高いり面と言える。

なお、

表4の加点評価において、既存資料がない場合等の評価項目に差のあるり面もあるが、

現段階で確認できる中での地質リスクスコアによる評価で優先順位づけを行うことを基本とした。概略評価後は個別のり面ごとの対応とし、詳細評価結果にて具体的な対応の検討を行う。

表 4 地質リスクスコア評価一覧表

調査項目		調査地点							
		A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	F地点	G地点	
発生確率	健全度区分	E+	10						
		D+	5					5	
		C+	3						
		B+	2						
		A+	1						
		A-	0						
		B-	2	2			2	2	
		C-	3						
	D-	4		4				4	
	防災点検結果	要対策	5			5			
		カルテ対応	2						
		対策必要なし	0	0	0		0	0	0
	被災・変状履歴	被災履歴あり	3		3	3			3
		変状履歴あり	5			5			5
		進行性あり	10						
安定している		-20							
地形地質	劣化・不安定化しやすい	3		3	3		3	3	
	断層・破砕帯	3	2			2			
	湧水・地下水あり	2		3	2			2	
	膨張性地山	3							
材料損傷の有無	旧タイプアンカー	3			3			3	
	5%未満	3		3				3	
	5%以上	5							
発生確率評価			4	16	26	4	5	28	16
評価			非常に低い	中程度	高い	非常に低い	非常に低い	高い	中程度
影響度	崩壊想定規模		通行止	通行止	通行止	条件付規制	規制なし	条件付規制	通行止
	復旧想定期間		3ヶ月	3ヶ月	3ヶ月	7日	0ヶ月	3ヶ月	6ヶ月
	評価 (崩壊時の影響度における性能)		高い (性能3)	高い (性能3)	高い (性能3)	低い (性能2)	非常に低い (性能1)	中程度 (性能3)	低い (性能2)
リスクスコア			C	B	A	C	C	A	B
対応の概要			経過観察	モニタリング	地質調査	経過観察	経過観察	地質調査	モニタリング
対応概算費(千円)			0	4,000	12,000	0	0	4,000	2,000
対応の優先順位			5	2	1	5	5	2	4

表 5 個別のり面の影響度別の地質リスクスコア評価区分図

		発生確率						要求性能
		評価	非常に低い	低い	中程度	高い	非常に高い	
		健全性調査評価点	アンカーのり面(地点)	10点未満	10点以上 15点未満	15点以上 25点未満	25点以上 30点未満	
		評価	影響度 崩壊時の想定	のり面は安定しており、定期点検の継続	のり面は安定しているが、変状の可能性があり、定期点検の継続	のり面変状の可能性はあるが、安全の範囲内にあり、定期点検の継続	のり面崩壊の発生危険性が高い	のり面崩壊の発生危険性が非常に高い
				事業の継続に影響を与えない 規制なし(異常無し) 復旧期間 0日	E	E		
影響度 (被災規模) (復旧期間) ※詳細調査・対策工事費に比例	非常に低い							
	低い	軽微な修復で事業継続可能となる影響 条件付き規制(補修工) 復旧期間 7日	D・G	D	← ● G			性能2
	中程度	大きな損失を受けるが事業は継続可能で、遅延がある 条件付き規制(対策工) 復旧期間 3ヶ月程度	F		← ● F			性能3
	高い	事業が中断または大幅な遅延となる影響 通行止め(対策工) 復旧期間 3ヶ月以上	A・B・C	A	← ● B	● G		性能3
	非常に高い	事業の継続不能となる影響 通行止め(対策工) 復旧期間 6ヶ月以上						その他

4 マネジメントの効果

本報告のマネジメントの効果について、「リスクを管理した事例」として D 型の評価提案を行った。

供用段階での地質リスク調査検討は、経年劣化による変状予測が困難であるため、管轄内の複数のり面を定期点検にて維持管理する流れとなる。定期点検において「問題がないことの確認」が基本となるため「リスクを回避 (A 型)」が多くなるが、被災が発生した場合は「リスクの発現 (B 型)」, 変状初期の場合は早期発見・早期対応による「リスクを最小限に回避 (C 型)」になり、A,B,C 型の混合タイプとなる。

以上より、マネジメント効果は、個別のり面の地質リスクのタイプ (データ様式) ごとの被災想定とその復旧工事等に関わる合計を、維持管理に関わる調査と対策を差し引いた内容となる。尚、本報告は、シミュレーションでの検討の為、被災想定や工事費等の数値は想定値である。

表 6 マネジメント効果 (概算費)

リスクマネジメント の効果	費用 (③-①-②)	406,000千円
	工期	未定 (各のり面の工事期間の合算)
	その他	未定

5. データ様式の提案

D 型：地質リスクを管理した事例のデータ様式案を表 7 に示す。

表 7 D 型 地質リスクを回避した事例

大項目	小項目	データ
対象工事 (既設のり面)	発注者	〇〇事務所
	調査名 (仮定)	グラウンドアンカーのり面の地質リスク検討 調査業務
	工種	維持管理調査 (地質調査)
	調査概要	維持管理におけるアンカーのり面の地質リ スク検討業務
	①当初調査費 (概算)	24,000千円 (7のり面)
	当初工期	10ヶ月 (5月～3月)
リスク管理事象	予測されたリスク発現時 期	不明であるため供用期間中、5年毎に実 施。
	予測されたトラブル	アンカーのり面の崩壊による道路機能への 影響
	回避した事象	アンカーのり面の崩壊
	供用時の影響	通行規制による生活・経済活動への影響
リスク管理の実際	判断した時期	維持管理段階
	判断した者	維持管理者

	判断の内容		健全性評価と地質リスク評価
	判断に必要な情報		アンカーのり面緒元(既存資料) 維持管理手検結果 (のり面点検とアンカーの緊張力)
リスク対応の実際	内容	追加調査	詳細調査(地質調査・モニタリング)
		修正設計	詳細調査により提案
		対策工	詳細調査により提案
	費用	追加調査	22,000千円
		修正設計	未定
		対策工	未定
		②合計	未定
工事の内容 (被災想定)	工事の内容		被災想定による対策工事費
	③対策工事費(推定)		450,000千円(各のり面の合計)
	工期		被災想定により算出(未計算)
	間接的な影響項目		通行止め等による経済・生活への支障
	受益者		道路管理者及び道路利用者
リスクマネジメント の効果	費用(③-①-②)		被災想定額450,000-維持管理調査費 22,000-リスク対策費22,000=406,000千円
	工期		未定
	その他		未定

6 おわりに

供用段階におけるアンカーが施工された道路のり面の維持管理評価において、地質リスクマネジメントにおけるアンカーのり面自体の保全を含めた事業損失評価と、道路機能への影響の有無を主眼とした要求性能評価の違いはあるものの、共通する復旧期間を用いて、要求性能を考慮しながら、健全性調査結果にて個別アンカーのり面の優先順位を簡易に評価することができた。

なお、地質リスクスコアの算定に際して、地質情報等の既存資料がないアンカーのり面が多くあり、リスクスコアの算定条件(項目や条件)のばらつきがあり、同じ評価項目や条件で実施できるよう維持管理情報の整理は重要であり、データベース等の効果的な情報管理手法の構築も望まれる。

また、地質リスクマネジメント効果の評価について、今回、「地質リスクを管理する」提案型のD型で評価を行ったが、リスク発現時の被災想定や対策工事等の工程の設定が難しく、定性的な評価となる前提条件(評価条件)の検討が必要である。

今後も供用段階の土工構造物の維持管理において、様々な維持管理事例を収集しながら、地質リスクマネジメントを活用した効果的で効率的な評価手法について取り組んでいきたいと考える。

1. 事例の概要

当事例は道路防災業務の中で地質リスクを定量的に評価し、対策優先度を選定し、維持管理計画の枠組みを提案したものである。

対象路線は北東北地方の急峻な山間部を含み、融雪期に落石・地すべり等の災害が頻発しており斜面災害リスクが高い状態にある。特に、落石・地すべり災害については道路の通行上重大な支障を起こす可能性があり、防除の必要性が高い。

道路管理者は防災カルテ点検による監視・対策を順次、実施しているが、対策必要箇所を一斉に対策することは財政的に困難な状況であり、当該箇所の解消には時間がかかる状況であった。また、従来の個別対策では路線利用のニーズに適合した一定の防災対策レベルを、事業費の確保の観点から安定して提供し続けることが困難となる可能性が想定された。

そのため、対策優先度に応じた防災対策を計画的に実施する必要性に迫られていた。

本業務では、下記の手順で評価・検討を進めた。

- (1) 基本方針として、①点検対象箇所の危険度評価、②災害が発生した場合の道路利用者への影響評価の2点について、対策優先度を評価する項目とし、地質リスクの把握と計量化を行った。
- (2) 重点的に対策が必要な箇所を選定・評価し、対策工を実施した場合の総概算工事費を算定することとした。
- (3) さらに、予防保全を重視した場合のシナリオを立案し、経済的な維持管理計画を提案した。

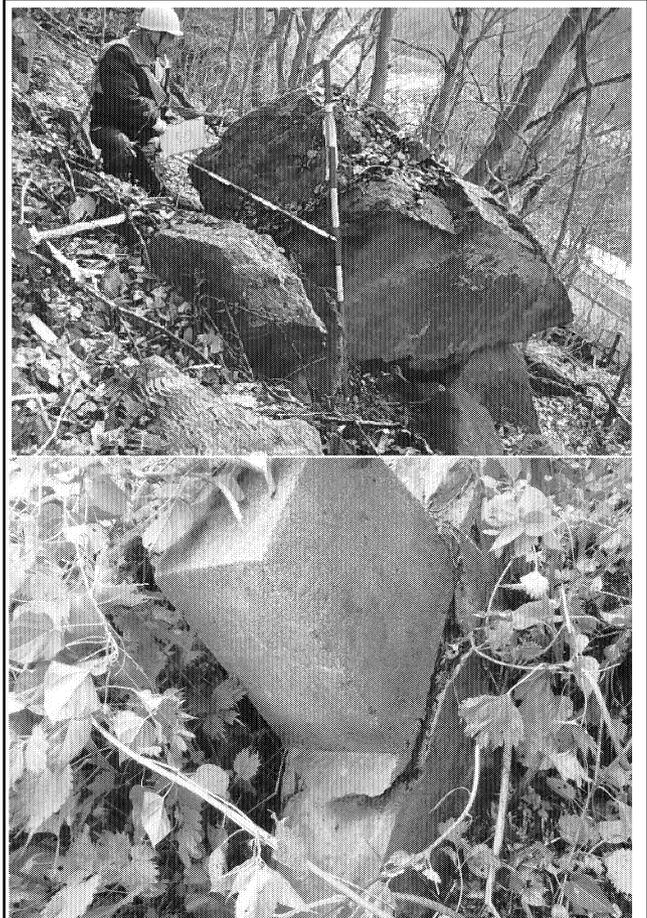


写真 変状発生個所の例

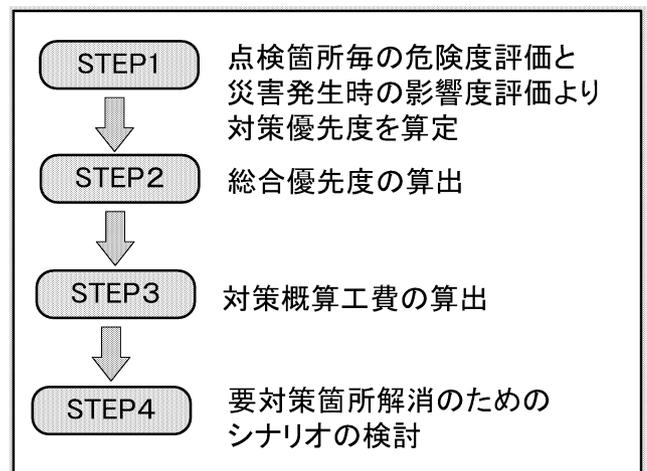


図1 本業務における検討概要

2. 事例分析のシナリオ

(1) 防災点検の流れ

国や自治体が管理する道路では災害要因を防除する施策として、道路防災点検や道路防災カルテ点検、道路ストック点検などを定期的に行われていることが多い。

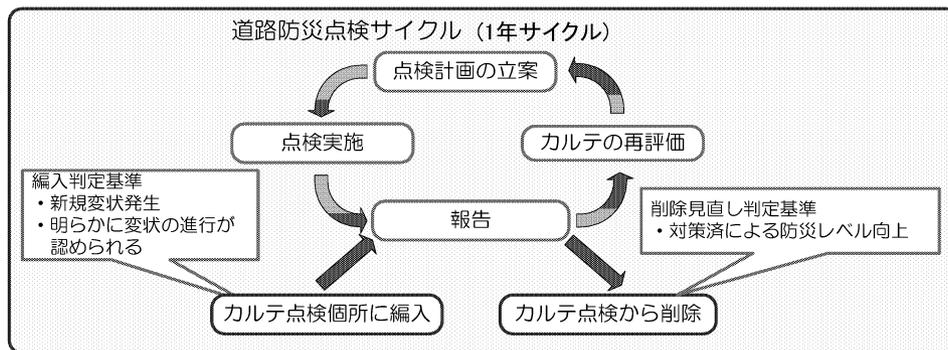


図2 道路防災点検サイクルの模式図

道路防災カルテ点検では図2に示す通り1～数年程度の点検サイクルで点検が実施されており、点検結果は「要対策」、「カルテ対応」、「対策不要」の3つに区分され「要対策」箇所については計画的な防災対策が必要とされる。

本業務ではカルテ点検結果より要対策箇所は合計80箇所となり、全数に対して即時に対応するのが困難な状況にある。そのため、図3～図5に示した【STEP1～STEP4】の流れで要対策箇所の対策優先度を判定した。以下に各STEP段階の概要について示す。

(2) 防災カルテ箇所の個別評価

【STEP1】では各防災カルテ点検箇所について、それぞれ点検箇所毎の危険度評価と災害が発生した場合の利用者への影響の二つの側面から評価を実施した。影響度評価では第三者へ与える影響を直接被害と間接被害に区分し。それぞれ交通センサスのデータなどをもとに評価・配点付けを行った。

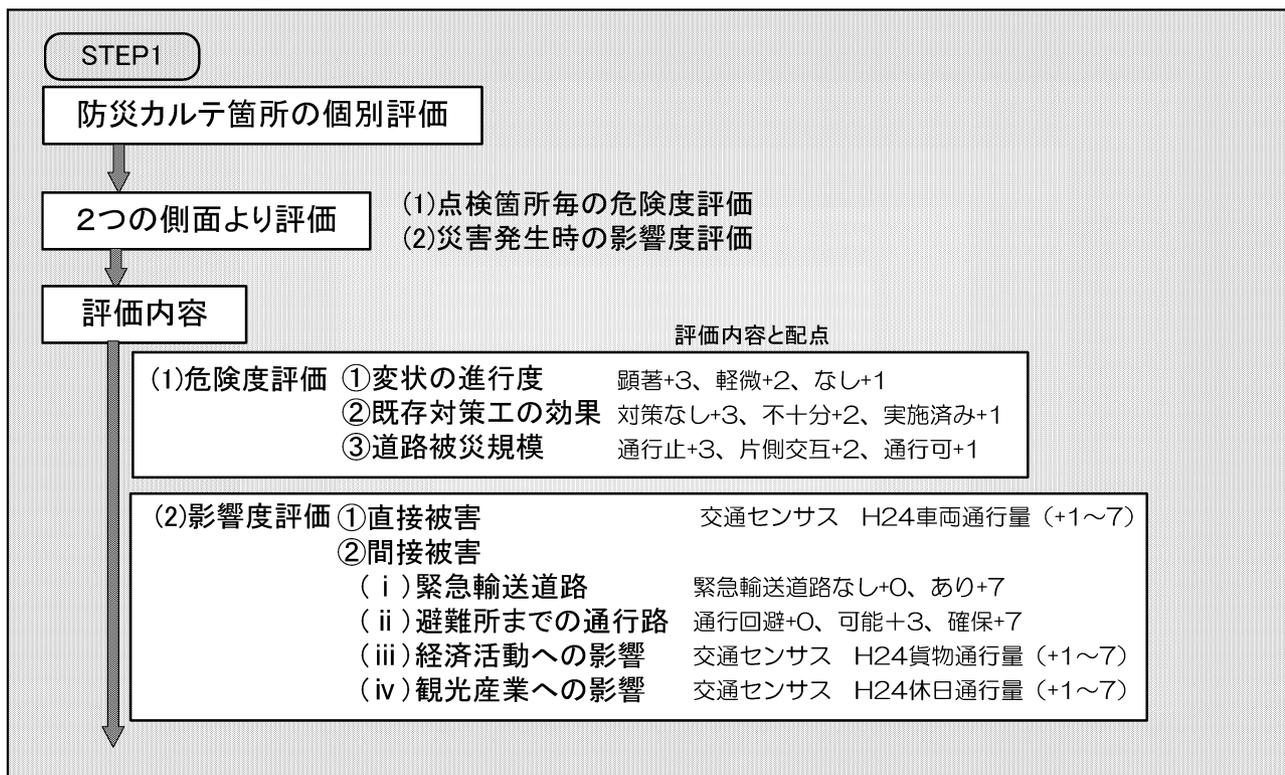


図3 【STEP1】防災カルテ箇所個別評価の流れ

(3) 対策優先度の総合評価

【STEP2】では防災カルテの要対策箇所について、被災可能性からA1～A3のランクに再区分を実施している。さらに路線重要度（直接被害・間接被害の有無の有無）、保全対象等から対策優先度を決定することとした。

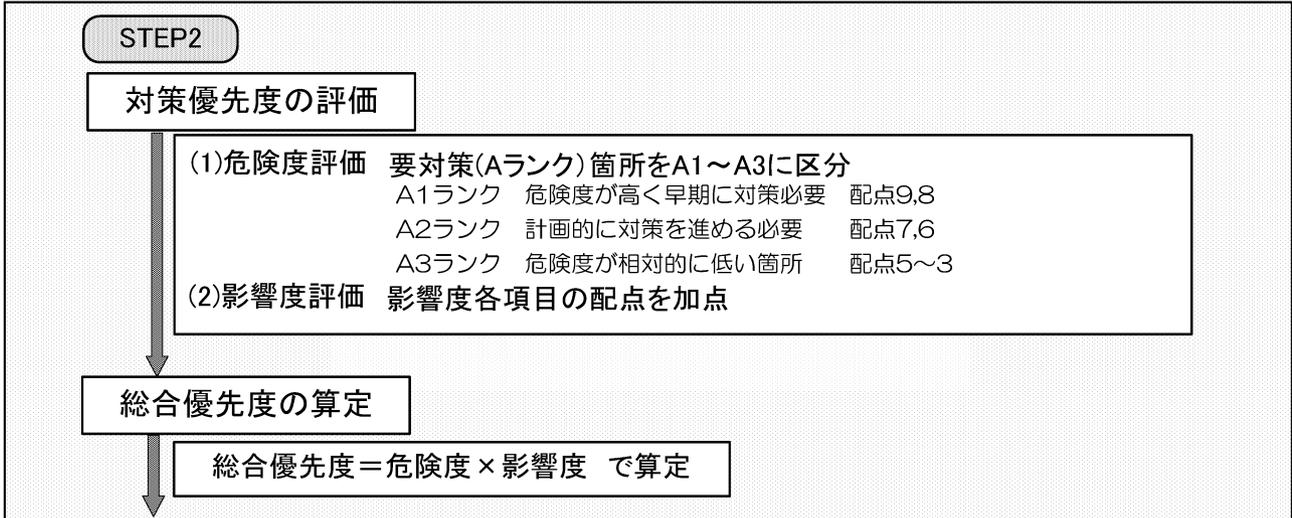


図4 【STEP2】対策優先度総合評価の流れ

表1 点検総合評価の細区分（要対策箇所をA1～A3まで区分）

ランク	内容(準拠基準による)	本報告書	
		ランク細区分	内容
1	対策が必要と判断される	A1	災害の可能性が高く、要対策箇所の中でも早期に対策を実施する必要がある箇所
		A2	通常の要対策箇所であり、計画的に対策を進める必要がある箇所
		A3	災害発生の可能性はあるが、緊急度はやや低く、カルテ対応への移行を検討もしくは、対策の要否については、詳細調査が必要である箇所
2	防災カルテを作成し対応する	B	通常のカルテ対応箇所、継続的に監視する必要がある箇所
3	特に新たな対応を必要としない	C	災害の可能性は低く、特に対応は不要な箇所。または有効な対策工が施工済みの箇所

(4) 概算工事費算出と要対策箇所解消のためのシナリオ検討

【STEP3】では要対策箇所の概算工費の算定を行い、【Step4】ではその結果に基づき要対策箇所解消のためのシナリオ検討を行った。要対策箇所については対策の緊急性からA1→A2→A3の各ランク順に対応することとし、経年に伴い新たな要対策箇所も発生すると仮定した上で、投入する対策工費が平準化するように検討を行った。

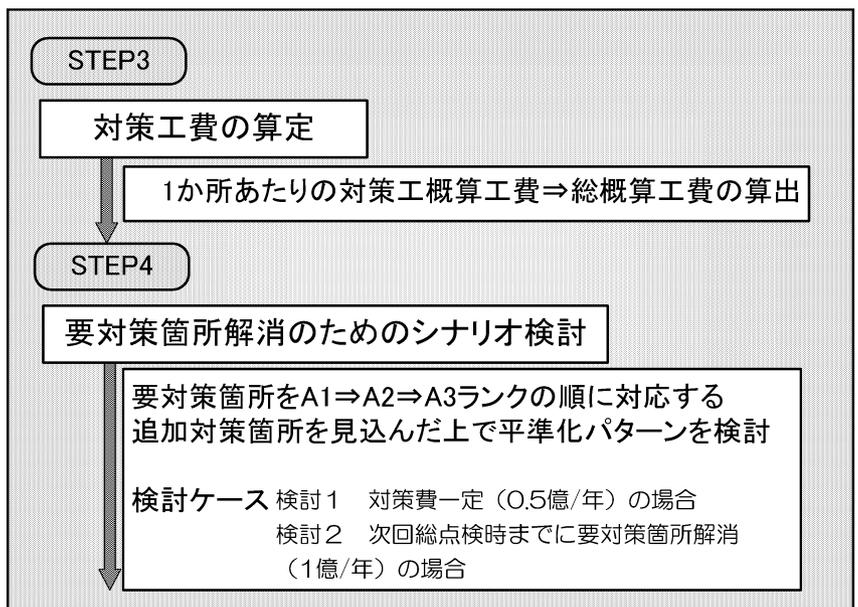


図5 【STEP3・4】概算工費産出とシナリオ検討の流れ

3. データ収集分析

要対策箇所については短期間での対応が困難なため、長期的視点に立った道路防災事業計画を立案する必要性が高い。特に、法面防護工などの道路防災資産に対し、アセットマネジメントを適用、予防保全的な考え方の導入し、各年度の事業量の平準化し、路線ごとの計画的な防災レベルの向上を図ることが望ましい。そのため、道路防災事業計画についてシナリオ検討を実施した。検討条件は下記のとおりである。

- ・点検結果より「要対策箇所」と判定された 80 箇所について、A1 ランク⇒A2 ランク⇒A3 ランクの順に対応し、早期に災害要素を取り除く。
- ・今後、対策工の老朽化、経年変化による災害要素の増加等を考慮し、今後の点検結果より対策が必要となる「追加要対策箇所」を見込む。この数は H8 道路防災点検終了時より⇒H18 道路防災点検まで増加した「要対策箇所」数は 27 箇所である。これを経過年数の 10 年で割った数、3（≒2.7）箇所/年分が追加要対策箇所となると仮定した。
- ・「追加要対策箇所」の対策工費は、1ヶ所あたりの平均対策費 420 万を採用した。
- ・既往の「要対策箇所」を解消したのちは「追加要対策箇所」の低減に努め対策を進捗させる。
- ・年間 5000 万円/年の対策工費を平準化し投資した場合の対策期間及び総工費を検討する。

対策箇所	経過年度																									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
要対策箇所	80	76	67	63	58	51	45	39	33	28	24	17	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
このうちA1ランク	16	13	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
このうちA2ランク	40	40	40	40	36	31	24	18	12	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
このうちA3ランク	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	20	13	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
追加要対策箇所	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	38	34	30	26	22	18	14	10	6	2	0
要対策+追加要対策箇所の合計	80	79	73	72	70	66	63	60	57	55	54	50	48	47	43	38	34	30	26	22	18	14	10	6	2	0
対策済み箇所数	0	3	4	9	4	5	7	6	6	6	5	4	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

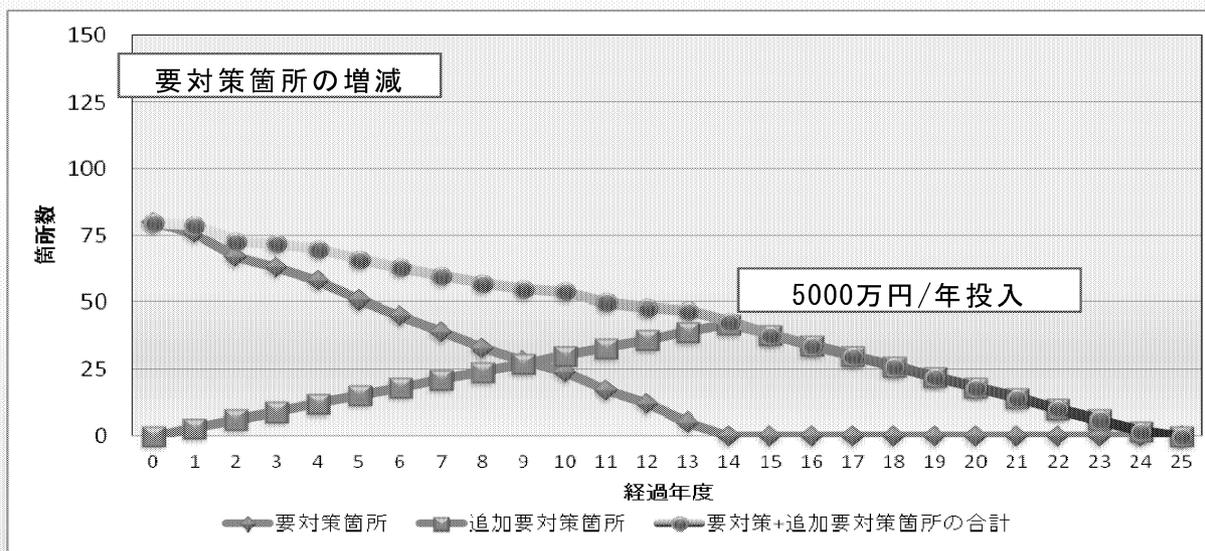


図 6 中長期の防災対策簡易検討結果（検討 1）

図6に検討結果について示した。検討結果は下記のとおりである。

- ・要対策箇所80箇所の解消までは約13年必要となる。総対策費は4.86億円である。
- ・A1ランクのみの対策では3年程度で解消可能である。総対策費は0.87億円である。
- ・追加対策箇所の発生を見込んだ場合、約24年必要となる。その場合の総対策費は8.64億円に達する。

そこで検討2として次回総点検実施時まで「要対策箇所」の解消が可能なモデルの検討を行った。検討条件は検討1と同じであり年あたりの対策工費のみ異なる。

- ・年間1億円/年の対策工費を集中投資した場合の対策期間及び総工費を検討する。

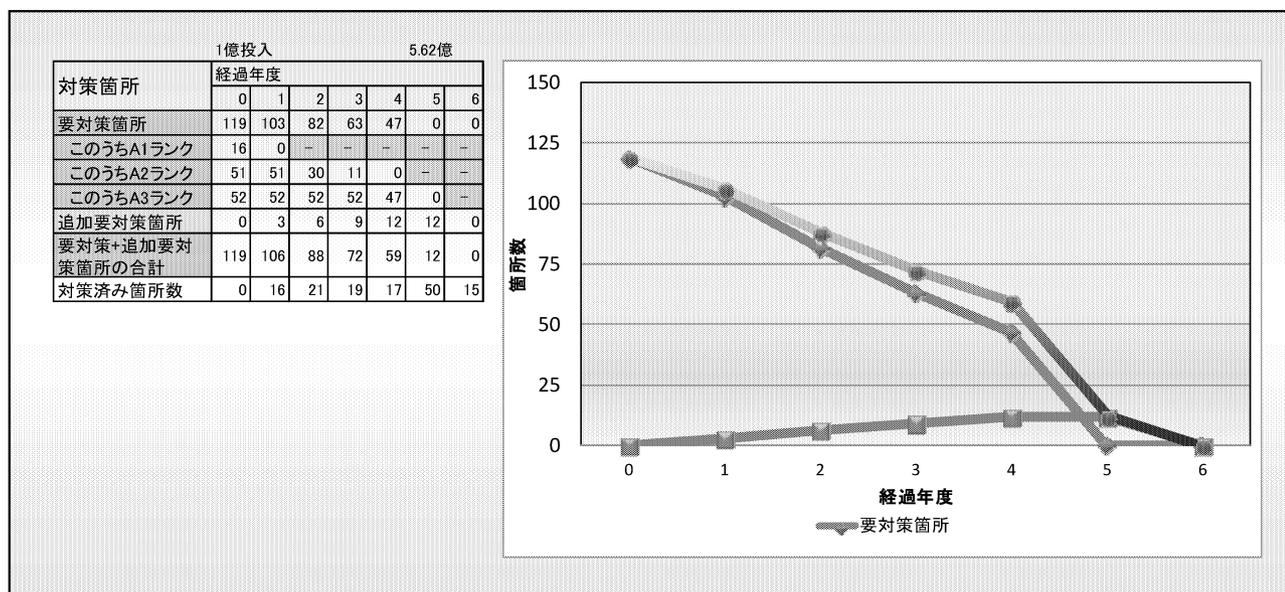


図7 中長期の防災対策簡易検討結果（検討2）

検討結果は下記のとおりである。

- ・追加対策箇所の発生を見込んだ場合でも、約5年の対策期間でとどまる。その場合の総対策費は5.62億円となる。

4. マネジメントの効果

今回の試算結果では要対策箇所80箇所について全箇所抜本的な対策工を実施した場合、総額4.86億円に達する。このうち、対策費のうちその大半を占める災害要因が「落石・崩壊」であり、総工費のうち95%を占めるに至っている。

土砂災害が発生した場合の災害復旧費と通行規制による損失を見込み、土砂災害が発生するリスクを織り込んだ上でのマネジメント効果の試算を行った。

ここで、マネジメント効果＝防災対策による効果－災害復旧費＋通行規制による損失になる。災害復旧費は過去の災害発生履歴より1回/5年と想定し、通行規制による損失と合わせ1回あたりの損失額として約0.5億を見込んだ。

また、先に述べた対策工費を集中投資する検討2を選定した場合に、検討1と比較して低減される工費を、防災対策による効果として採用することとした。

5. データ様式の提案

今回の分析結果について、マネジメント効果を計量するためにデータ様式A表に記入した。

検討1のケースでは、対策期間24年間の間に発生が想定される災害と追加対策箇所への対応のため、総対策費が10.64億円に達する。これに対し、年間1億円を集中投入した検討2のケースでは、総対策費が5.62億円に留まり、マネジメントによる低減効果として5.02億円見込める試算となった。

以上より防災対策工事の集中実施により災害を未然に防ぐことにより、総対策費を大幅に低減できる可能性を示唆し、効果的な維持管理計画策定の上での基礎データを提供できる事が出来たと考えられる。

表2 本事業におけるデータ様式（A表に対応）

大項目	小項目	データ	
対象工事	発注者	〇〇県〇〇土木事務所	
	工事名	管内道路防災点検	
	工種	斜面对策工、地すべり対策工	
	工事概要	要対策箇所の防災対策工事	
	① 当初工事費（検討1） 24年で要対策箇所を解消 当初工期	総対策費 864百万円＋災害復旧費・通行規制による損失 200百万円＝1064百万円 —	
	リスク回避事象	予測されたリスク発現時期	供用中
予測されたトラブル		斜面崩壊・落石等の第三者被害	
回避した事象		道路通行止め、第三者への被災、	
工事への影響		—	
リスク管理の実際	判断した時期	点検実施時	
	判断した者	発注者・点検技術者	
	判断の内容	危険度・影響度に基づく対策優先度評価、対策優先度に基づく、要対策箇所解消シナリオの検	
	判断に必要な情報	箇所毎の危険度・影響度・対策工費	
リスク対応の実際	内容	追加調査	—
		修正設計	—
		短縮時（検討2）	対策工費の集中・計画的投入
	費用	追加調査	—
		修正設計	—
		対策工 4年で要対策箇所を解消 ②合計	年間100百万円投入 総対策費 562百万円
変更工事の内容	工事変更の内容	—	
	③変更工事費	—	
	変更工期	—	
	間接的な影響項目	—	
	受益者	—	
リスクマネジメントの効果	費用（①－③－②）	1064百万円－562百万円＝502百万円	
	工期	24年⇒4年で解消	
	その他		

<参考文献>

- 1) (財) 道路保全技術センター(2007): 道路防災点検の手引き(豪雨・豪雪等)
- 2) (財) 道路保全技術センター(1996): 防災カルテ作成・運用要領

<参考資料>

「地質リスク・エンジニア（GRE）」養成講座と認定制度について

1. 地質リスク・エンジニア（GRE）養成講座について

平成 27 年度より特定非営利活動法人地質情報整備活用機構が主催して開催しています。

地質調査業としては、今後、これまでに得られた「地質リスク」に関する成果を実務に展開し、地質調査の新しい領域を創造するとともに従来の地質調査を深化させることが重要であり、また、責務であると考えます。そして、これは、単に地質調査業の利益に適うだけではなく、地質リスクに起因する事業損失を地質技術力とマネジメント力の投入により回避・予防・低減するものであり、社会的に見ても極めて公益性の高いものだと思います。

このためには、地質に関する高度な技術を持ち、かつ、マネジメント力を有する技術者を相当数養成し、地方公共団体を含め全国展開を図ることが必要です。さらに、養成にあたっては、契約制度を含む公共調達市場に関する知識と理解を学ぶ必要があります。そこで、当機構では、地質リスク学会と（社）全国地質調査業協会連合会の支援を得て本講座を開催しています。

講座の内容は、「地質リスク」に関する項目のほか、実務に役立つ次の内容が含まれます。

- ◆地質リスクマネジメントとは（概念と意義）
- ◆地質リスクマネジメントの投資効果とその計量化並びに評価手法
- ◆地質リスクを反映した地質調査業務の領域
 - ・技術顧問（発注者との契約に基づく技術指導）
 - ・CM方式への専門家としての参加
 - ・地質リスク調査検討業務（プロポーザル方式による契約）
 - ・地質調査計画策定業務（プロポーザル方式による契約）
 - ・地質調査業務受注後の調査計画の変更提案（契約書に基づく）
 - ・地質リスクを意識した成果物の作成（通常業務）
- ◆公共調達市場の特性、業者選定方式、契約制度
- ◆地質リスクにおける発注者責任と受注者の果たすべき責任の範囲
- ◆地質リスクに関わる技術者に必要な資質と知識（技術者倫理、技術力、マネジメント力等）
- ◆地質調査業の成り立ちと将来を見据えた新たな視点
- ◆参加者の経験に基づく演習

本講座は、当面、少人数を対象にゼミナール形式で開講しますが、今後、必要に応じ養成方法を多様化することも検討してまいります。

また、講座の受講修了者を「地質リスク学会」から「GRE」として認定していただいておりますが、現時点で、資格とすることは考えておりません。

平成 28 年度の募集要項を次ページに示します。

平成 28 年度 「地質リスク・エンジニア (GRE)」養成講座 募集要項

主 催：特定非営利活動法人地質情報整備活用機構

協 力：一般社団法人全国地質調査業協会連合会

認定団体：地質リスク学会

開催日程：平成 28 年 6 月 22 日～6 月 24 日（3 日間）

開催場所：飯田橋レインボービル

〒162-0826 東京都新宿区市谷船河原町 11 番地

参加費：30,000 円（税込）

募集定員：25 名

（最少催行人数：10 名）

受講要件：以下 2 つの要件を備えた方

1. 以下のいずれかに該当する方

- ・過去に開催された地質リスク学会主催「地質リスクマネジメント事例研究発表会」において既に発表された方
- ・過去に開催された地質リスク学会主催「地質リスクマネジメント事例研究発表会」において既に発表された方が提出した発表論文の共同執筆者の方
- ・平成 28 年度に開催される地質リスク学会主催「地質リスクマネジメント事例研究発表会」*¹で発表される方

[* 1：平成 28 年度の地質リスクマネジメント事例研究発表会は、11 月 18 日に開催されます。]

- ・「総合技術監理部門」の関連分野の技術士
- ・発注者、教育機関が推薦*²する中核的技術者もしくは中核技術者として期待する方

[* 2：発注者、教育機関からの推薦状（形式任意）が必要となります。]

2. 講座開始までに以下について事前の準備ができる方

①関係資料の事前学習を行える方

指定された関係資料（「地質リスクマネジメント入門」、「過去の事例研究発表会の発表事例」等）を講座開催前までに読んでおくこと。

②講座で実施する演習課題について準備すること。

募集期間：平成 28 年 4 月 5 日～5 月 16 日（定員になり次第、募集を終了します。）

応募方法：別紙「受講申込書」に必要事項をご記入の上、ファックスでお申込下さい。

応募先・お問合せ先

特定非営利活動法人地質情報整備活用機構

〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-5-13 内神田 TK ビル 3 階

TEL. 03-6689-5353 FAX: 03-3518-4901

e-mail: office_to@gupi.jp

***お問合せは、できるだけ e-mail でお願いします。**

平成 28 年度 地質リスク・エンジニア（GRE）養成講座 プログラム

カリキュラム	講義内容	講 師（敬称略）
I. 地質リスクマネジメント概要（6/22） 13：00～18：30		
オリエンテーション 13：00～13：10	講座の進め方について	事務局
講義 1 13：10～14：00 地質リスクマネジメント （総説）	1.1 地質リスクとは ーその概念と意義ー 1.2 リスクマネジメントとは 1.3 地質リスクをマネジメントする ー発注者と受注者の役割ー 1.4 専門家の活用と GRE の認定 1.5 地質リスクの取組み経緯	小笠原
講義 2 14：10～15：10 地質事象の把握における不確実性と地質リスクの類型化	2.1 はじめに 2.2 地質事象の把握における不確実性と地質リスク 2.3 地質リスクマネジメントの事例区分と効果の計量化における各種費用の概念 2.4 地質リスクマネジメント事例研究の成果と意義	小笠原
講義 5 15：20～16：50 技術顧問の意義と役割	5.1 技術顧問の位置づけ 5.2 地質技術顧問の業務 5.3 地質技術顧問の契約標準	渡邊
懇親会 17：00～18：30		

II. 技術顧問契約（6/23） 9：00～17：00		
講義 3 9：00～10：45 地質調査業における地質リスクの意義と活用	3.1 地質調査業の成り立ちと将来を見据え今考えるべきこと 3.2 公共調達市場の特性と制度 3.3 地質リスクの活用に向けて	矢島
講義 4 11：00～12：00 GBR（ジオテクニカル・ベースライン・レポート）	4.1 GBR とは 4.2 ベースライン 4.3 海外における適用事例 4.4 国内への適用性	黛
講義 6 13：00～16：00 技術顧問の調査・設計・工事・維持管理各段階における技術支援	6.1 共通事項 6.2 基本計画および地質調査業務の支援のポイント 6.3 設計業務の支援のポイント 6.4 工事契約の支援のポイント 6.5 工事の設計変更支援のポイント 6.6 維持管理事業への支援のポイント 6.7 斜面安定対策業務の支援のポイント	6.1 6.2 6.3 小田部 6.4 6.5 渡辺 6.6 6.7 梅本
演習について 16:00～17：00	「III. 事例演習」の実施方法について	黛

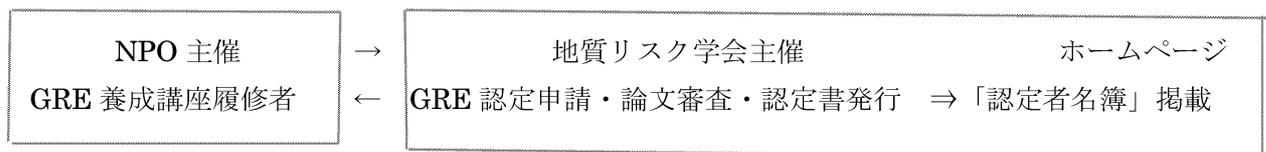
Ⅲ. 事例演習 (6/24) 9:00~16:00		
演習(1) 9:00~12:00 GBR 作成 (講義4に対応)	・受講者の個々の発表事例をもとに (1) GBR の作成 ・ベースライン項目と基準設定 (2)発表	黛 (小田部、梅本、渡辺、矢島)
演習(2) 13:00~15:00 GRE の業務展開 (講義3、講義5に対応)	・受講者の発表と討論 (課題は、事前に講師より提示します。)	矢島 (小笠原、黛、小田部、梅本、渡辺)
まとめ 15:15~15:45 総括討議	・参加者との意見交換	矢島
履修証明書授与 15:45~16:00		

[講師一覧 (敬称略)]

渡邊 法美 地質リスク学会 会長 (高知工科大学 教授)
 小笠原正継 " 副会長 ((国立研究開発法人) 産業技術総合研究所 客員研究員)
 黛 廣志 " 専門委員会 委員 / NPO 地質情報整備活用機構 人材育成担当
 小田部雄二 " 専門委員会 委員
 渡辺 寛 " 専門委員会 委員
 梅本 和裕 " 専門委員会 委員
 ・特別講師
 矢島 壯一 元 (社) 全国地質調査業協会連合会 専務理事

■履修証明書について

全課程の履修者には、履修証明書を授与します。また、履修者は、地質リスク学会が別途定める GRE 認定制度へ申請できる資格者となります。



*平成27年度には、全国で22名(本講座履修者)が地質リスク・エンジニアとして地質リスク学会から認定されました。

2. 地質リスク・エンジニア（GRE）認定制度について

平成 27 年度より地質リスク学会が主催して実施しています。
以下に応募要領を示します。

主催：地質リスク学会
平成 28 年度 地質リスク・エンジニア（GRE）認定制度
応募要領

地質リスク・エンジニア（GRE）認定試験は、提出課題の審査によって実施します。認定試験受験のための応募要領は、以下のとおりです。

記

応募資格

特定非営利活動法人地質情報整備活用機構が主催する「地質リスク・エンジニア（GRE）養成講座」を履修し、履修証明書を受領していること。

提出課題（小論文）について

以下の作成要領に基づき課題の小論文を作成し提出して下さい。

[小論文作成要領]

テーマ：「地質調査業務における技術者倫理について」

執筆分量：A4/1 枚（1, 600 字）× 2 枚＝3, 200 字

体裁：自由

受験料について

5, 000 円（審査、認定・登録料として）

更新制度について

期間：登録後、5 年毎に更新する。

条件：以下のいずれかの実績を有すること。

- ・毎年 1 件以上の技術顧問（自己申告）業務の実績
- ・地質リスクマネジメント事例研究発表会等で 5 年間に 1 回以上の発表実績

更新料：無料

応募の申請書類と応募方法

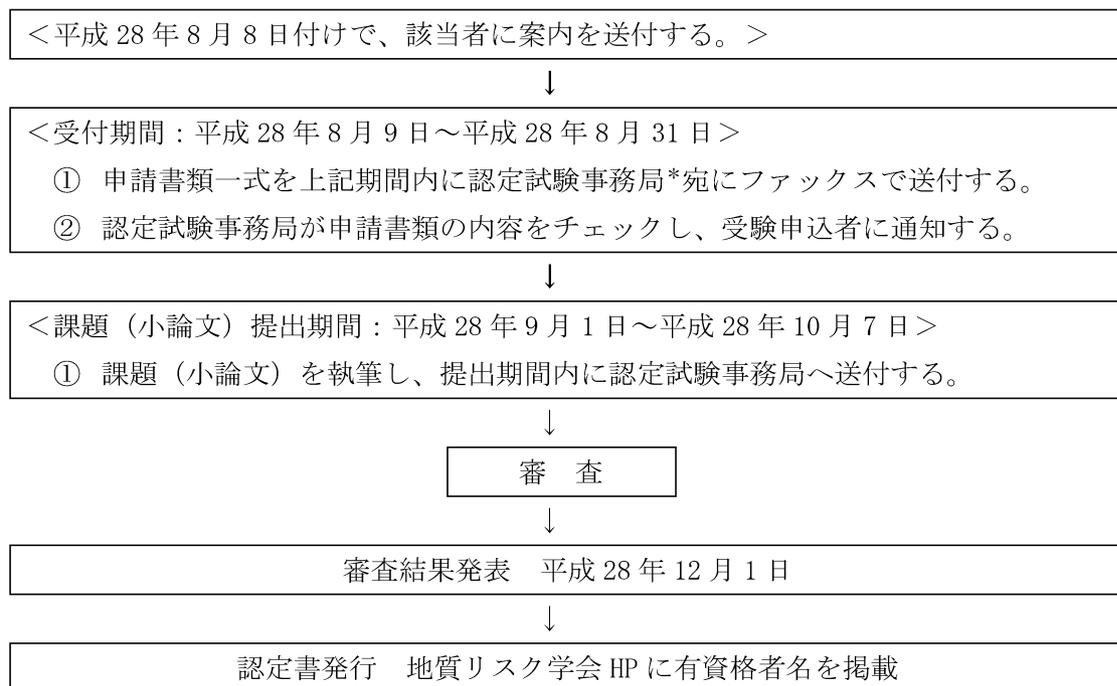
認定試験のために提出いただく申請書類は、以下のとおりです。

- ・受験申込書

- ・受験料の振り込み票（写）
- ・「地質リスク・エンジニア（GRE）養成講座」履修証明書（写）

上記の申請書類一式を認定試験事務局宛に FAX して下さい。

認定試験実施のフロー（概要）



応募先・お問合せ先「認定試験事務局」

特定非営利活動法人地質情報整備活用機構

〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-5-13 内神田 TK ビル 3 階

TEL. 03-6689-5353 FAX: 03-3518-4901

e-mail : office_to@gupi.jp

***お問合せは、できるだけ e-mail でお願ひします。**

* 「認定試験事務局」について

認定試験事務局が行う事務処理業務は、地質リスク学会から事務代行を委託された特定非営利活動法人地質情報整備活用機構が担当する。

地質リスク・エンジニア（GRE）の認定者は、現在22名で、地質リスク学会のホームページで名簿が公開されています。

地質リスク・エンジニア 認定者名簿			平成28年4月1日
登録番号	氏名	所属	有効期限
1	二木 重博	(株)エイト日本技術開発	2021年3月31日
2	高橋 浩之	(株)興和	2021年3月31日
3	大賀 政秀	(株)ダイヤコンサルタント 関東支社	2021年3月31日
4	佐藤 豊	(株)キタック	2021年3月31日
5	東野 圭悟	中央開発(株)	2021年3月31日
6	尾上 秀司	応用地質(株)	2021年3月31日
7	秋山 道生	大地コンサルタント(株)	2021年3月31日
8	寺井 康文	大地コンサルタント(株)	2021年3月31日
9	緒方 康浩	(株)日本地下技術	2021年3月31日
10	山部 哲	(株)建設技術研究所 東北支社	2021年3月31日
11	橋尾 宣弘	(株)エイト日本技術開発 東北支社	2021年3月31日
12	三谷 由加里	(株)建設技術研究所 九州支社	2021年3月31日
13	松本 和正	北海道土質コンサルタント(株)	2021年3月31日
14	前原 恒祐	(株)開発調査研究所	2021年3月31日
15	常川 善弘	(株)相愛	2021年3月31日
16	清水 順二	明治コンサルタント(株) 北海道本店	2021年3月31日
17	中島 昇	(株)地研	2021年3月31日
18	山崎 尚明	(株)相愛	2021年3月31日
19	江川 千洋	(株)キタック	2021年3月31日
20	原 勝重	新協地水(株)	2021年3月31日
21	坂西啓一郎	モ二一物探(株)	2021年3月31日
22	永田 和之	(株)藤井基礎設計事務所	2021年3月31日

地質リスク学会 事務局

NPO 地質情報整備活用機構 事務局内

〒101-0047 東京都千代田区内神田1-5-13 内神田TKビル3F 301号室

(社)全国地質調査業協会連合会 事務局

〒101-0047 東京都千代田区内神田1-5-13 内神田TKビル3F 302号室

電話：03-3518-8873 FAX：03-3518-8876

