

地質リスク分析のためのデータ収集様式の研究

高知工科大学 フロンティア工学教室
教授 渡邊 法美

平成20年9月

まえがき

土木系の社会資本整備事業において、特に土木工事の執行において地質に係わる多様なリスク議論が始まっている。従来より、資源分野、防災分野では地質に係わるリスクは投資との関係において定量的に議論されてきており、地質をリスクとして捉えることは新しいことではない。一方、公共工事において地質は工事費算定条件を提供するもので、かつ予見は困難なことが多い、すなわち予見しがたき事象として設計変更の根拠を提供することが多かった。

ところが、公共工事のコスト構造改革の進展に伴い、事業のより早い段階で地質調査・地質判断を行うことにより工事費を縮減するという考え方が議論され始めた。すなわち、事業の全工程において発現するかも知れない「コスト増大要因」を事業の一番はじめの（構想）段階で予測し、出来るだけ早い時期に対策を講じる（リスクマネジメントを実施することによって、工事に着手する前にリスクをある基準以下に抑制しようとするものである。このようなマネジメントを事業プロセスに導入するためには、その投資効果を計量化する技術、プロセスを管理するシステムとあわせて技術的判断を下すことができる地質専門家が必要と考えられる。

地質リスクを計量化しプロセスマネジメントを行うための手法の開発にあたっては、膨大な事例の分析が必要と思われるが、現在、我が国においては地質をリスクと関係付けて整理した事例データベースは存在しない。このため、事例を収集・記述するための様式を作成し、情報を共有できる環境を構築することを提案した。

研究の遂行に当たっては、リスクの計量化など先行して研究している全国地質調査業協会連合会の技術委員会と連携をとった。

研究の成果としては、地質リスクをマネジメントした事例、マネジメントすべきであった事例などをデータとして記録する様式を検討し、様式化のプロセスを示した。本研究は、地質リスクの体系、用語の定義などが不確定な中で、先ず様式の原案を用いて事例を実験的に記入し様式を修正していく手法をとった。

公共工事における地質リスクマネジメントは、本来官庁（発注者）が責任をもって実施してきたものであり、今後もその役割は変化するものではないが、コスト改革に対する国民の期待に一層応えるためには、発注者の側に専門家と技術を集積し、発注者責任を全うしなくてはならない。

本研究においては様式を確定するまでには至らなかったが、地質リスクマネジメントの考え方とそれを記録する様式の作成手順は提案できたと考える。また、様式を確定する上での課題・宿題も整理できたので今後このような研究が広く行われることを期待したい。

平成20年8月
研究責任者 渡邊 法美

助成研究者紹介

わたなべ つねみ
渡邊 法美

- 現 職：高知工科大学 フロンティア工学教室 教授（工学博士）
- 主な著書：①日本の建設産業（金本良嗣編）第7章「建設サービスのコストと品質」（日本経済新聞社、平成11年）
- ②新しいリスク・不確実性マネジメントプロセスの開発とその応用可能性（土木学会・第22回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集、平成16年）
- ③リスクマネジメントの視点から見たわが国の公共工事入札・契約方式の特性分析と改革に関する一考察（土木学会論文集F・Vol.62・No.4、平成18年）

おがさわらまさつぐ
小笠原正継

- 現 職：（独）産業技術総合研究所 主任研究員（理学博士）
- 主な著書：①地質図の社会的価値・米国地質調査サーキュラー1111（日本語訳版）および米国における地質図の経済学的評価の動向（地質調査総合センター研究速報、平成18年）

ながの まさのぶ
永野 正展

- 現 職：高知工科大学 教授（工学博士）
- 主な著書：①冬期における破碎帯地すべり地での1m深地温調査について（共著、昭和56年）
- ②南海地震対策におけるジオ・コンサルタンツの役割（平成16年）
- ③枯渇しないエネルギー資源の開発とその実用化（平成19年）

いわまつ あきら
岩松 暉

- 現 職：NPO地質情報整備・活用機構 会長（理学博士）
- 主な著書：①社会資本整備のコスト縮減における地質調査の役割（鹿児島県地質調査業協会第22回技術講演会資料、平成16年）
- ②NPO地質調査整備・活用機構における地質情報の収集整備（日本地質情報学会シンポジウム資料、平成17年）
- ③Geoparkと地質遺産の保全・活用（地球環境、平成17年）

目 次

まえがき

1. 研究概要	1
1-1 背景	
1-2 目的	
1-3 研究方法	
1-4 研究成果	
2. 事例収集	12
2-1 文字情報による事例収集	
2-2 対象事例	
2-3 事例のまとめ方	
3. 事例研究	17
3-1 海上橋梁下部工工事(A)	
3-2 ダム建設事業の事例(A)	
3-3 県道トンネル掘削工事(B)	
3-4 林道改良工事における斜面崩壊事例(B)	
3-5 高規格道路堆積性硬岩地山の切り土事例(B)	
3-6 国道道路改良工事(C)	
3-7 トンネル施工の事例(C)	
3-8 軟弱地盤における道路改良工事(C)	
4. 様式の検討	83
4-1 様式	
4-2 記入例	
5. 事例研究からみた地質リスクマネジメントの体系的整理に向けた一考察	108
6. 地質リスク計量化のための事例収集と事例区分の意義	117
7. ニュージーランドにおけるリスクマネジメントプロセスマニュアル	121
8. JACIC への提言	130
8-1 様式の改良	
8-2 様式の活用に関する事項	

1. 研究概要

1-1 背景

(1) 地質リスク研究の着目点

工事コストのみならず維持管理費を含めた事業コスト、さらに社会的費用、時間的費用を含めた総コストの形成要素・形成プロセス（これらをコスト構造という）の中で、「地質条件そのもの」と「その不確実性」が大きな影響力を持っている。しかし、事業執行プロセスにおいては地質条件の不確実性（予見し難き条件）が故に、地質リスクは顕在化してから対応せざるを得ない、あるいは顕在化してから対応したほうが効率的であると考えられている側面もある。

事業コストと工事コストに責任を有する立場にある者は、専門家であるという社会的責任において、大幅なコスト変化が本当に予見し難き事象であったか、予見できるとしたならば誰がどのような条件のもとで不確実性を小さくできるか、などの議論を提起し説明責任を果たさなければならない。

「リスク」の定義は未だ確定していないが、ここでは「事業コスト損失」そのものと、その要因の「不確実性」の両方をさす。また、「地質リスク」は、「地質（に係わる事業）リスク」と定義した。

地質業界は、地質調査受注者としての側面と、発注者の地質に関する技術的課題への対応を適時担ってきたという側面を持っており、後者が「提言」の習慣となって今日に至っている。今回の「地質リスクマネジメント」は、後者の立場から「コスト縮減」を提言するもので、それを実現する地質技術者は民間人ではあるが、立場は発注者側の「技術顧問」として具現化しようとしている。

(2) 地質リスクに取り組む上での課題

従来の公共事業では、構想段階および計画段階の中盤までは主に官側の技術者が担当し、民間の技術者はそれ以降の業務から参画することが多い。このことは、民間技術者が参画する前に、事業リスクの多くが決定されていることを意味する。

一般に地質調査は民間への発注によって民間の地質技術者が担当するが、民間技術者に期待されるのは計画後の設計条件を設定する役割に止まっていることが多い。

最近、設計変更・事業費増大が議会の合意を得られず工事がストップする事件が起きている。そのため、地質リスクを早期に予測し対策を講じる必要が生じているが、以下のような技術的・政策的課題があり簡単には改善できない。

- ①地質リスクの概念・体系が不明確
- ②地質リスクに係わるデータが不足
- ③リスク計量化手法が未確立
- ④地質リスクを扱う者（地質技術者）の位置づけが不明確
- ⑤発注者の技術を支援する行為（発注者支援）が正業化されていない

(3) 地質リスクマネジメント・3つの要素

地質リスクをタイムリーにマネジメントし、コスト削減を達成するということは、コスト形成プロセス（コスト構造）をマネジメントすることである。そのイメージを図 1-1 に示す。先ず想定されるリスク（悲観的リスクと呼ぶ）を全て抽出し、プロセスに沿って一つ一つ処理し、リスクを低減しながら段階を進めて行くもので、この勾配が地質技術・地質調査の「投資効果」を表現する。この勾配から地質調査妥当投資額を導きたいと考えており、勾配を大きくするために技術顧問・CM（発注者支援者）を雇うことも考えられる。なお、前段階から後段階への移行に当たっては何らかの基準を満足する必要があると考える。

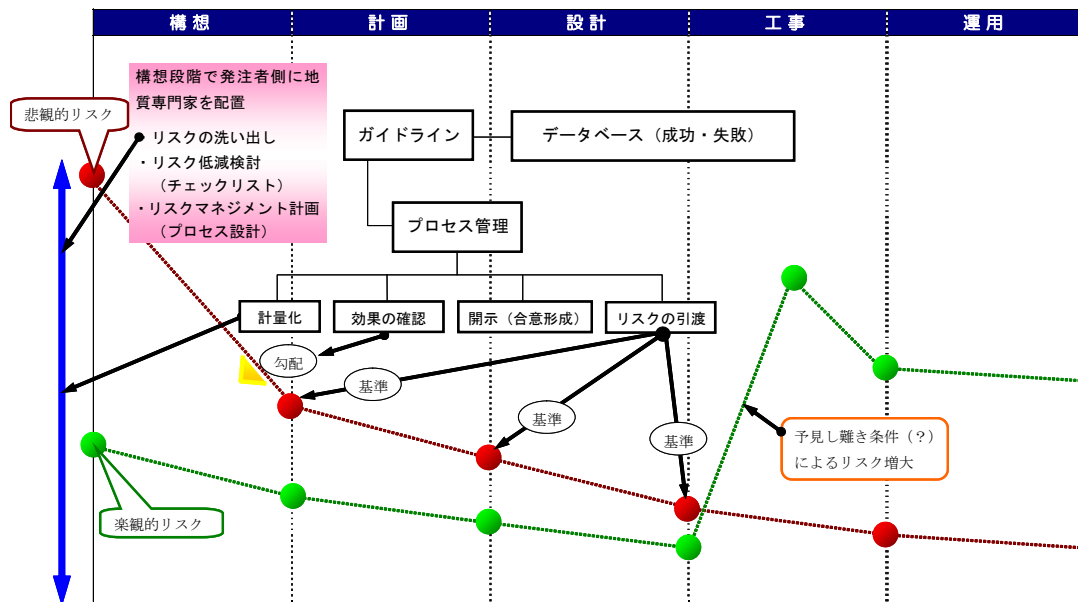


図 1-1 地質リスクマネジメントのイメージ

このマネジメントシステムを運用するためには、以下の3つの要素が必要である。

- ①発注者の側に立つ技術顧問
- ②リスク計量手法
- ③プロセスマネジメントシステム

このうち、地質の技術顧問は、図 1-2 に示すように法務顧問・弁護士、財務顧問・公認会計士と同様、発注者側に位置づけられ、受注者側の地質調査者とは立場が異なる。

上記の3点セット、「地質の技術顧問」「リスクの計量化」「プロセスマネジメントシステム」によって公共工事のコスト構造改革は以下のような進展が期待できそうである。

- ①リスクへの予防措置による工期短縮・コスト削減
- ②楽観的リスクからの出発による工期延長・コスト増大（市民の不信）からの脱皮
- ③事後対応（設計変更など）から事前対応への変更により合意形成に寄与
- ④悲観的リスクから出発するプロセスマネジメントによって説明責任とリスクコミュニ

ケーションに寄与

- ⑤プロジェクトの各段階の後段へのリスク引渡し内容の明確化
- ⑥リスクの事前把握により民間とのリスク取引（PPP）が進展

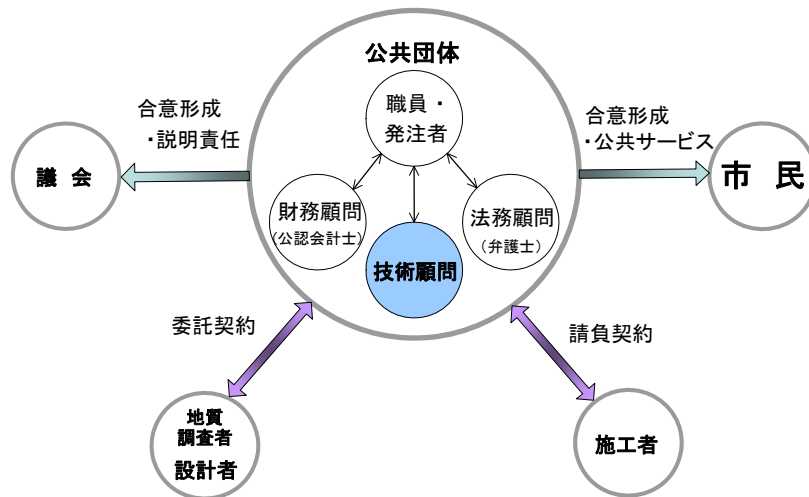


図 1-2 技術顧問の位置づけ

1-2 目的

(1) 本研究の目的(事例収集とデータ様式の作成)

地質リスクマネジメントを「技術顧問」「プロセスマネジメントシステム」によって達成しようとした場合、「リスクの計量化」が最大のテーマになる。リスクの定量的研究を行うためには多くのデータが必要であるが、今までは多くの事例を扱いながら共通のデータ様式で比較分析した試みはほとんどない。

多くの事例を共通のデータ様式で整理する、すなわちデータベースを構築するためには「データ様式」の統一が必要である。本研究は地質リスクの事例を統一的な様式に記述するための「データ様式」を作成することを目的とする。

(2) 事例収集

データ様式検討のための事例を、「地質リスクを回避した事例（Aタイプ）」と「地質リスクが発現した事例（Bタイプ）」に分けて収集した。

Aのタイプは、リスクを管理することによって当初工事費の縮減を達成したもの、

$$\text{効果} = (\text{当初工事費用}) - (\text{変更後工事費用}) - (\text{リスク対応費用}) \quad (\text{式1})$$

と考える。表 1-1 のA表においては「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」となる。

一方、Bのタイプは、発現した事象（変更後工事費）から、リスク管理を行っていれば（リスク対応費用を掛けていれば）工事費の変更はなかったと推定するもので、

$$\text{効果} = (\text{変更後工事費用}) - (\text{当初工事費用}) - (\text{リスク対応費用}) \quad (\text{式2})$$

と考える。表 1-1 のB表においては、マネジメント効果の算出式に2通りの考え方を示した。先ず、「効果＝②追加工事費用－③リスク対応費用」で表現される効果は、③リスク対応費用を投じることによって②追加工事費用（変更後工事費用－当初工事費用）は掛からなかったと判断するケースである。

もう一つの効果算出式は、リスク対応の有無による工事費用の比較を行うもので、①当初工事費用と②追加工事費用の和と、③理想的な対応を行う費用（想定）と④その上での工事費用（想定）の和との比較を行う。②－③は実際の費用削減額より効果を算出するものであるが、(①+②)－(③+④)は、(③+④)が「理想とするリスク管理」を想定したもので、効果も「想定値」となる。

このように一つの様式（B表）において、データの収集可能性なども考慮していくつかの「効果算出式」を示し実験的にデータを記入してみることにした。

さらに、研究の途上で「リスクが発現した、あるいは発現しそうなので（ここまではB）リスクマネジメントを行って（ここからはA）リスクを最小限にしたケース」をCタイプとして設定することにした。すなわち、

$$\begin{aligned} \text{効果} &= (\text{回避しなかった場合の工事費用}) - (\text{当初工事費用}) - (\text{追加工事費用}) \\ &\quad - (\text{リスク対応費用}) \quad (\text{式3}) \end{aligned}$$

と考える。表 1-1 のC表においては、①当初工事費に、②発現したリスクに対する追加

工事費と③今後発生しそうなリスクを最小限に止めるためのリスク対応費用を掛けることで、④対応しなかった場合の（想定）工事費を回避できたと考えるものである。一連のプロセスにおいてどの費用を①②③に計上するかなど不確定な点はあるが、まずはデータを記入してみることにした。

(3) データ様式の意義

データ収集様式を統一し様式化できるなら、データの蓄積・共有化が可能となり、

- ・地質リスク研究（リスク計量化・マネジメントシステム）の発展
- ・マネジメントツール（ガイドライン・プロセスマネジメントシステムなど）の開発
- ・地質技術の取引・妥当投資の概念導入

などを推進できる。

①公共事業にとって

- ・地質リスク関連データの収集様式を作成し、公共事業のコスト構造改革を推進するためのデータを蓄積する。
- ・データを蓄積することにより、地質リスク低減のためのプロセスマネジメントの検討が促進される。その結果、当該事業の安全性の向上だけでなく、地盤災害の低減が可能となり、国民の安全・安心に資することができる。
- ・工事費変更、事業費変更が減少するとともに、施工条件がより一層明示されることにより入札時のダンピング防止に寄与する。

②J A C I Cにとって

- ・地質に関する新たなデータベースの構築（成功例（地質リスクを回避した事例）、失敗例（地質リスクが発現した事例）など）
- ・建設情報（ボーリングデータとその活用）の価値の研究の促進

オーソライズされたデータ様式の意義のうち、典型的なものを図 1-3 に示す。

A表は、設計変更の経緯の説明やVE効果の計量的証明、すなわち地質の技術顧問の成功報酬の請求書に利用できる他、入札時の技術評価において地質技術者の実績評価に利用できる。

一方B表は、設計変更の経緯説明やコスト増大要因の説明などアカウントビリティの向上に寄与する。一定基準以上のコスト変動に対してB表の登録を義務付けるならば、データを自動収集することができる。

表 1-1 データ収集項目 (案)

(A. 地質リスクを回避した事例)

対象工事	発注者	
	工事名	
	工種	
	工事概要	
	①当初工事費	
	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	
	判断した者	
	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
		修正設計
		対策工
	費用	追加調査
		修正設計
		対策工
		②合計
	変更後工事の内容	工事変更の内容
③変更後工事費		
変更後工期		
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)	
	工期	
	その他	

(B. 地質リスクが発現した事例)

対象工事	発注者	
	工事名	
	工種	
	工事概要	
	①当初工事費	
	当初工期	
リスク発現事象	リスク発現時期	
	トラブルの内容	
	トラブルの原因 工事への影響	
追加工事の内容	追加調査の内容	
	修正設計内容	
	対策工事	
	追加工事	
	追加費用	追加調査
		修正設計
		対策工
		追加工事
	②合計	
	延長工期	
間接的な影響項目		
負担者		
リスク管理の理想像	対応(すべき)時期	
	対応(すべき)者	
	対応(すべき)内容	
	判断に必要な情報	
	対応費用	調査
		対策工
		③合計
	想定工事	工事概要
④工事費 工期		
リスクマネジメントの効果	費用(②-③)	
	費用 (((①+②)-(③+④)))	
	工期	
	その他	

(C. 発現した地質リスクを最小限に回避した事例)

対象工事	発注者		
	工事名		
	工種		
	工事概要		
	①当初工事費		
	当初工期		
発現したリスク	リスク発現事象	リスク発現時期	
		トラブルの内容	
		トラブルの原因	
		工事への影響	
	追加工事の内容	追加調査の内容	
		修正設計内容	
		対策工事	
		追加工事	
		追加費用	追加調査
			修正設計
対策工			
追加工事			
②合計			
延長工期			
間接的な影響項目			
負担者			
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	
		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	
		判断した者	
		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
			修正設計
対策工			
費用		追加調査	
		修正設計	
		対策工	
③合計			
回避しなかった場合	工事変更の内容		
	④変更後工事費		
	変更後工期		
	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(④-(①+②)+③)		
	工期		
	その他		

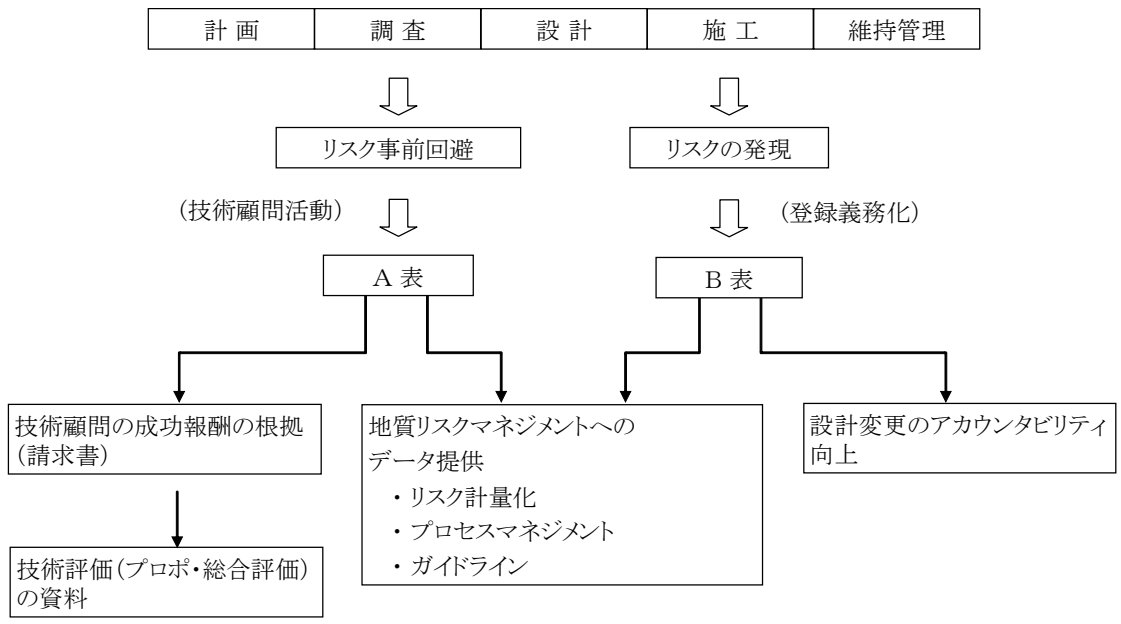


図 1-3 オーソライズされたデータ様式の意義

1-3 研究方法

本研究は、図 1-4 に示す研究全体像の中の太線囲みの部分に相当する。この部分は、地質に係わる情報を扱う公的機関・J A C I Cとの連携が不可欠と考える。

(1) 手順

「リスクの計量化」「因果関係のモデル化」の検討に適していると考えられる事例を対象にデータ収集様式の検討を行った。当初は表 1-1 に示すAタイプあるいはBタイプの事例を収集しようとした。事例分析にあたっては、収集したデータを用いて「リスク」を計量化できるか、「因果関係のモデル」が構築できるか分析し、様式の修正を行った。

Aタイプ、Bタイプの様式の修正とともに、別のタイプの様式（Cタイプ）の提案も行った。さらに、提案した様式（A、B、C）毎に記入例を添付した。また、データの収集方法、作成手順などは、個別の事例分析の中に記述した。

本研究は「様式」の作成を目的としているが、その手順は以下の通りである。

先ず、マネジメント効果を算出するための事例分析にシナリオ（目次）を設定し、このシナリオで書き進め、その結果を様式原案に記入する。原案への記入を通して「データ項目」の不足、「データ項目」の定義のあり方、マネジメント効果の算出方法などを実証的に検討し、様式修正案を提案する方法をとった。

従って優先したのは「事例の分析」であり、様式の検討は「記入し易いように修正する」ことであった。その結果、当初工事費用が確定し難い事例、工事変更（追加工事）と変更後工事の区別が明確でない事例など、様式作成のための考え方を一つにまとめる上での課題が多く生じてきた。本研究においては、これらの課題、不都合な点の抽出を成果の一つと考え、さらにその検討のプロセスを示すことも研究成果と考えている。

(2) 研究体制

本研究（データ収集様式の作成）にあたっては、事例分析（3章）において別途研究チーム（全国地質調査業協会連合会・技術委員会・地質リスクWB）と連携して行った。

今回分析に用いた事例は、国あるいは地方自治体の公共事業であり、データの収集・開示にあたっては所管組織の承諾・協力を得て行った。しかし、報告書作成に当たっては、固有名詞を削除するなどの配慮を行っている。

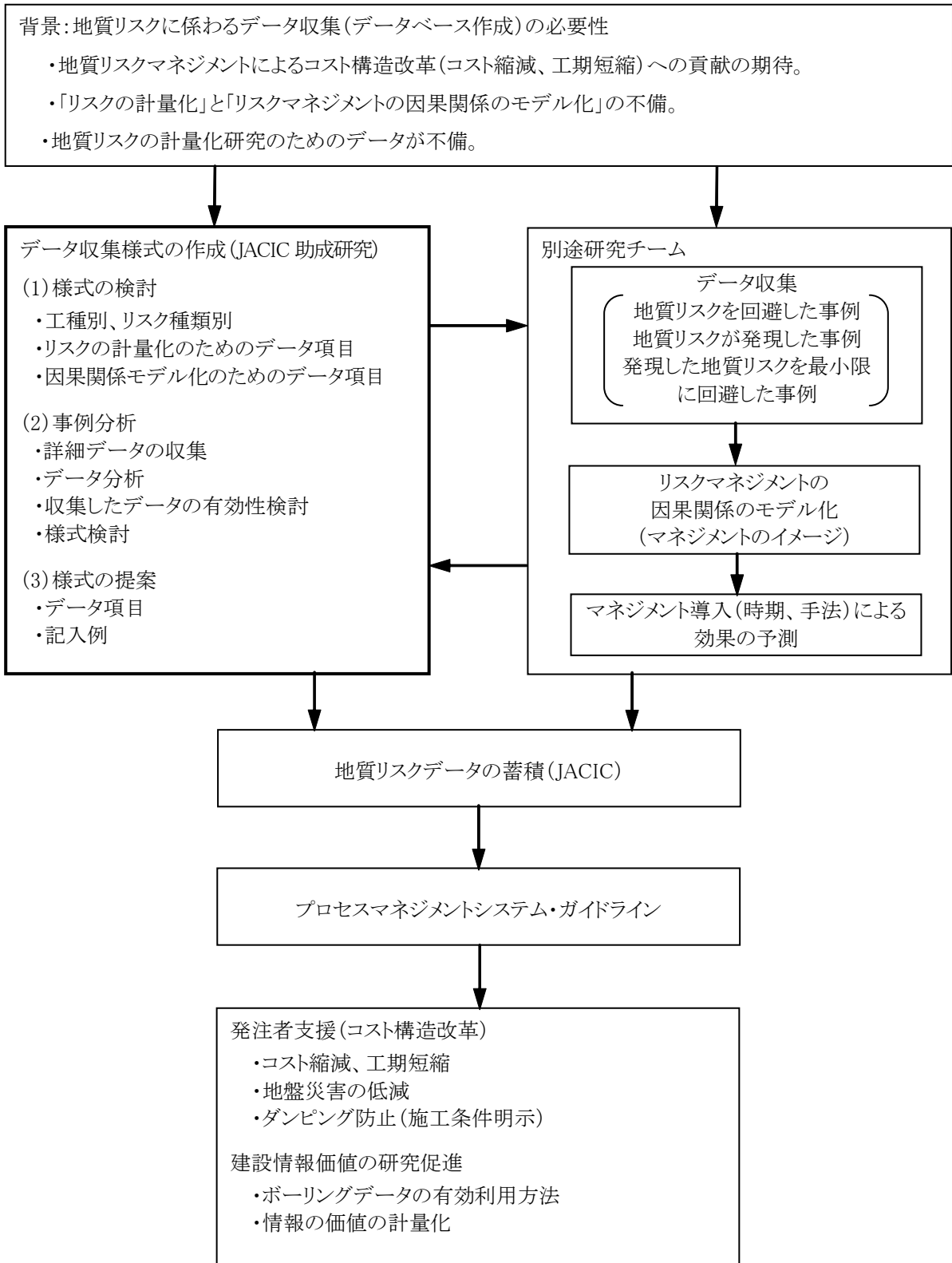


図 1-4 本研究の位置付け (太線囲み)

1-4 研究成果

(1) 地質リスクマネジメントのパターン分類

地質リスクマネジメントはリスクの発現と回避の連続であり単純なパターンに分類することは困難であるが、事例調査より以下の3つのパターンに分類した。

Aタイプ：地質リスクを回避した事例（2事例）

Bタイプ：地質リスクが発現した事例（3事例）

Cタイプ：発現した地質リスクを最小化に回避した事例（3事例）

(2) 事例分析(3章)

地質リスク分析に以下のような手順を設定した。最終目的は「様式の検討」であるが、地質リスク分析の手順の一つを提案できた。

- ①事例の概要（事例に着目した理由）
- ②事例分析のシナリオ（論理展開の説明）
- ③データ収集分析（論理を実証するためのデータ収集）
- ④マネジメントの効果について（マネジメント効果の計量化）
- ⑤データ様式の検討（マネジメント効果を計量するために必要なデータ）

(3) データ収集様式(4章—1)

事例研究を通じて、A、B、Cタイプのデータ収集様式を提案した。それぞれのデータ様式の作成にあたっては、原案（表 1-1）への記入を通して、不足するデータ項目を追加する形で修正していった。このため事例の増加に伴いデータ項目が増加した。これらのデータ項目の相対的重要度には差があると思われるが、現段階では判断が困難であることから全て計上することにした。

なお、Aはリスク変化図（図 1-1）において右肩下がりの事象を示し、Bは右肩上がりの事象を切り出して表現しているが、事象の中にはBからAへの転換（リスクが発現した、あるいは発現しそうなので対応策を施し最小限に回避したもの）を一つの事象として扱ったケースが出てきたため、これをCタイプとして新たに様式を提案した。

(4) 記入例(4章—2)

それぞれの様式のデータ項目に対して記入例を示した。

(5) 地質リスクマネジメントの体系化(5章)

事例分析を受け、リスクの類型化と対応策の類型化を検討し、「リスク効率性」の概念（より少ない費用でより多くのリスクを削減することが望ましい）を用いて地質リスクマネジメントのタイプ（A、B、C）の特徴を分析し体系化を試みた。

(6) マネジメント効果の定義(6章)

本研究では、地質リスクマネジメントの効果を事業費、あるいは工事費の縮減で表そうとした。従って、事業費、工事費を構成する費用の定義が重要になる。事例研究において

は、この定義の曖昧さからデータ記入に不都合が生じたものもあった。

ここでは、各種費用の定義とあわせてマネジメント効果算定の考え方を示し、マネジメントのタイプ（A、B、C）との関係を整理した。

(7) 海外事例の紹介(7章)

ニュージーランド道路庁におけるリスクマネジメントを紹介する。不確実性を伴うリスクに対して「危機」と「好機」の両面から発生確率で評価するものである。それぞれのリスクに対して、危機は可能な限り「緩和」および「最小化」を、好機は可能な限り「強化」および「最大化」を図るのがマネジメントである。「リスク登録表」によってリスクを定義し、「リスク措置計画表」によってマネジメントプロセスをマニュアル化している。

(8) JACICへの提言(8章)

本研究の課題、今後の方向性を整理すると共に、様式の活用に関して以下のような事項を整理した。

- ① 様式として未完成な点
- ② 様式を完成させるための手順
- ③ 様式の活用場面・活用方法
- ④ リスク計量方法・プロセス管理システム・技術顧問との関係
- ⑤ データ蓄積方法と情報共有の方法
- ⑥ 様式を活用するための制度など

(9) 関連研究(者・機関・学会など)との連携の増進

本研究を通じて地質リスクマネジメントの関係者（特に発注者）の参画を募った。公共事業における地質リスクマネジメントの責任主体は官庁（発注者）であるから（そのために技術顧問を発注者側に位置づけている）、本研究の事例の開示にあたっては積極的な賛同を要請した。

本研究に関連する研究は以下のような多くの場面で実施されており、共通の様式で情報交換できれば研究の進展が期待できる。本研究はその音頭取りの役割も担うつもりであり、関連学会への投稿・関連機関との共同セミナーなどを実施した。

- ・地質関連学会・大学
- ・マネジメント関連学会・大学
- ・土木研究所・産業技術総合研究所
- ・会計検査院・県情報公開制度
- ・メディア

2. 事例収集

2-1 文字情報による事例収集

リスクの計量化を行うための詳細データを収集する事例を絞り込む前に、文字情報（表 1-1 は、文字情報と数値情報で構成されている）のみによる事例収集を先行させた。

(1) 収集事例(93)の分析

文字情報のみの事例を、A表（41事例）とB表（52事例）について収集した。結果を表 2-1 に示すが、A表が多様な工事で報告されたのに対して、B表は法面工、地滑り、トンネルなどの事例が多かった。またリスク回避は調査・設計段階で、リスク発現は施工段階で発生している。

表 2-1 収集事例の分析

	A表(リスク回避事例) 41件	B表(リスク発現事例) 52件
発注者	国と地方自治体同じくらい	地方自治体が多い
工事	トンネル(9)、橋梁(6) 地すべり(5)、ダム(5) のり面(5)	のり面(12)、地すべり(8) トンネル(7)
		① 斜面、切り土……………21 ② 支持層・基礎……………17
段階	調査～設計 26	調査～設計 5
	施工 13	施工 43

(2) 詳細データ収集事例の絞り込み

これらの事例のうち数値分析に適した事例を以下のような判断で抽出した。

① 研究目的に適したもの

- ・数値化が可能
- ・因果関係（プロセス）が明確
- ・技術者の関与が重要なもの

② 工事特性

- ・工種、地質区分、工事規模、発注者が偏らないこと

③ リスクの特性

- ・リスクの種類、発現時期、規模が偏らないこと

絞り込みの実際の制約条件は、「情報開示の可能性」であった。地質リスクマネジメントは発注者が行うものであり、従って技術顧問が支援・代行するものであるから、対象事業の発注者の積極的同意・協力を重視した。

2-2 対象事例

対象は表 2-1 に示す 8 事例である。その特性をみると以下のように比較的幅広く分布している。

○タイプ

分類	件数	事例番号
A	2	1, 2
B	3	3, 4, 5
C	3	6, 7, 8
計	8	—

○工種

分類	件数	事例番号
トンネル	2	3, 7
道路切土	3	4, 5, 6
ダム	1	2
基礎工	2	1, 8
計	8	—

○地質区分

分類	件数	事例番号
岩盤・土砂堆積層	1	1, 7
岩盤・断層	2	2, 3
強風化	1	4
軟弱地盤	2	6, 8
亀裂性硬岩	1	5
計	8	—

○事業規模

分類	件数	事例番号
100 億円～	2	1, 2
1～99 億円	3	5, 6, 7
～1 億円	3	3, 4, 8
計	8	—

○発注者

分類	件数	事例番号
国	2	2, 5
県	6	1, 3, 4, 6, 7, 8
計	8	—

○リスクの種類

分類	件数	事例番号
構造物の安全性	3	2, 3, 7
法面の安定性	3	4, 5, 6
支持力	2	1, 8
計	8	—

○マネジメントの時期

分類	件数	事例番号
設計着手前	1	1
設計時	1	4
工事着手前	1	7
工事中	5	2, 3, 5, 6, 8
計	8	—

○マネジメントの内容

分類	件数	事例番号
地質調査追加	7	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8
設計条件見直し	5	1, 2, 3, 4, 5
対策工の施工	3	5, 6, 7
有識者会議の判断	2	2, 7
計	17	—

表 2-1 対象事例

番号	パターン	事例の略称	工事特性				リスクマネジメント		
			工種	地質区分	当初金額	発注者	リスクの種類	マネジメントの時期	マネジメントの内容 *1
1	A	海上橋梁下部工工事	橋梁下部	土砂堆積層・岩盤	(億円) 212.0～ 280.6	県	支持力算定	設計着手時	地質調査の追加、 設計条件の見直し
2	A	ダム建設事業の事例	ダム監査廊	岩盤(CLL)・断層	*2	国	監査廊の安全性	工事中 (ダム敷掘削時)	設計条件の見直し、有識者会議の 判断
3	B	県道トンネル掘削工事	トンネル掘削	岩盤(CII)・断層 (四万十帯砂岩・泥 岩互層)	0.38(当該 箇所のみ) 10.29(トンネル 本体)	県	岩盤変位	工事中	地質調査の追加、 設計変更
4	B	林道道路改良工事における 斜面崩壊事例	道路切土	中・古生代八溝層群 風化細粒砂岩	0.05	県	自然斜面崩壊	設計時	地質調査の追加、 設計変更、工事中の補助工法(水 抜き)追加
5	B	高規格道路堆積性硬岩地山の 切土事例	道路切土法面	中生代砂岩・粘板岩 貫入岩	3.6	国	切り土法面崩壊・小 規模地滑り	工事中	地質調査の追加、 設計変更、対策 工の施工
6	C	国道道路改良工事	道路切土	脆弱粘土層(熱水変 質帯)	*2	国	法面変形・地滑り	工事中	地質調査の追加、 対策工の施工
7	C	トンネル施工の事例	トンネル掘削	土砂堆積層・岩盤	12.6	県	支保変更・崩壊	工事着手時	委員会の判断
8	C	軟弱地盤における道路改良 工事	ボックスカルバート基 礎工	旧河道軟弱地盤	0.4	県	支持力不足	工事中	地質調査の追加 対策工の追加

* 1 : Bは「どうすべきであったか」の意

* 2 : 対象工事の範囲設定が困難

2-3 事例のまとめ方

(1) 事例研究の方針

直接的なアウトプットは「様式」であるが、この様式は実際使ってみて有効であるかどうかの検証を通じて作成するので、研究の多くを事例分析（3章）に費やした。様式（によって提供されるデータ）の利用場面とは、「地質リスクの計量化」「プロセス管理の効果」を因果関係によって表現できるシミュレートモデルの開発」「各段階で必要な判断と技術力」など多様であり、様式化がどれくらい有効かを実証的に検証した。

(2) 詳細データ収集

詳細データの収集にあたっては、原案は様式としてはあくまで「たたき台」と考え、以下の考えに従ってデータを収集した。

- ・ 原案で調査に着手し、適宜情報項目の見直し追加を行う。
- ・ マネジメントの有無によるリスク低減効果を推定・比較する。
- ・ 「リスク低減効果」を計量するための「モデル」は「因果」で構築しようとしているが、その他にどのようなモデルが考えられるか検討する。
- ・ 何を「地質リスク」と考え、「リスクの計量化（絶対値の把握）」としているか検討する。
- ・ 一方、効果は因果の「差＝効果」としている。そもそも「リスク」には「絶対値」という概念はないのか。「差分」の計量で良いのかなども検討する。

その上で原案の修正を行った。

(3) 事例研究のまとめ方

本研究の目的は、どのようなデータがあれば想定したシナリオ通りの分析ができるか、できたか等、今後のデータ収集様式を提案することであり、それぞれの事例を以下のような流れでまとめた。

- ①事例に着目した理由（1. 事例の概要）
↓
- ②論理展開の説明（2. 事例分析のシナリオ）
↓
- ③論理を実証するためのデータ収集（3. データ収集分析）
↓
- ④マネジメント効果の計量化（4. マネジメントの効果について）
↓
- ⑤マネジメント効果を計量するために必要なデータ（5. データ様式の検討）

事例研究報告（3章）の構成(案)を表 2-2 に示す。

表 2-2 事例研究報告書の構成(案)

1. 事例の概要

- ・リスク事象の特定

2. 事例分析のシナリオ

- ・以下のようなシナリオを想定する
- (1) リスク発現（回避）に至るプロセス（事象の因果関係）
- (2) 想定されるリスクマネジメント
- (3) マネジメントの効果の計量方法

3. データ収集分析

- (1) データ収集
 - ・ 2(1)～(3)を実証するためのデータの収集状況（なかなか無いかも知れない）
- (2) データ分析
 - ・ 十分なデータは無いかも知れないが、以下のような分析の結果を説明
 - ・ 地質条件の解明プロセス
 - ・ 当初設計の変更プロセス
 - ・ 当初工事費の変更プロセス
 - ・ トラブルの内容・対応のプロセス
 - ・ 対応策と費用
 - ・ 技術者の判断プロセス
- (3) 当初設定シナリオは実証できたか
 - ・ 実証するためのデータはあったか
 - ・ 実証する上での課題

4. マネジメントの効果について

- ・ マネジメントの効果計量に関して以下のような考察
- (1) リスク（低減）の計量化
- (2) マネジメントの方法（いつ、誰が、何を）
- (3) マネジメントの効果
- (4) 地質調査妥当投資額
- (5) 求められる技術顧問の能力

5. データ様式の検討

- (1) 分析に必要なデータ
 - ・ どのようなデータを用いて分析したか
 - ・ どのようなデータがあれば有益か
- (2) データ様式の提案
 - ・ 今回の事例分析からデータ様式を提案する。
- (3) データ様式作成上の課題・今後のテーマ

3. 事例研究

3-1 海上橋梁下部工工事(A)

3-1-1 事例の概要

本事例は、図 3-1-1 に示す空港人工島の連絡橋を対象に、多くの調査・試験を実施することに加え、精度の高い支持力算定法を新たに適用することによって、従来の方法に比べ大幅なコスト縮減を果たした事例である。

橋梁の基礎（鋼管矢板井筒基礎）の支持層として、基盤岩上部の洪積層に支持させるためには、深くなる基礎の特に周面摩擦力の算定に多くの不確定要素が含まれ、必然的に杭長が大きくなり不経済となることが予想された。そこで、技術委員会を組織し、調査試験結果の評価や支持力算出法などの検討が行われた¹⁾。

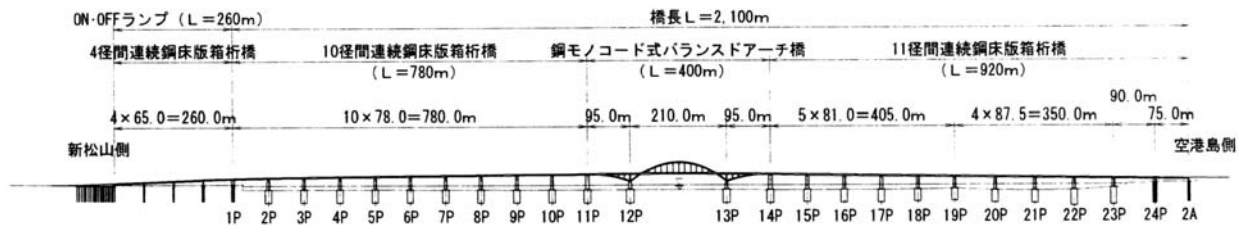


図 3-1-1 新北九州空港連絡橋の一般図¹⁾

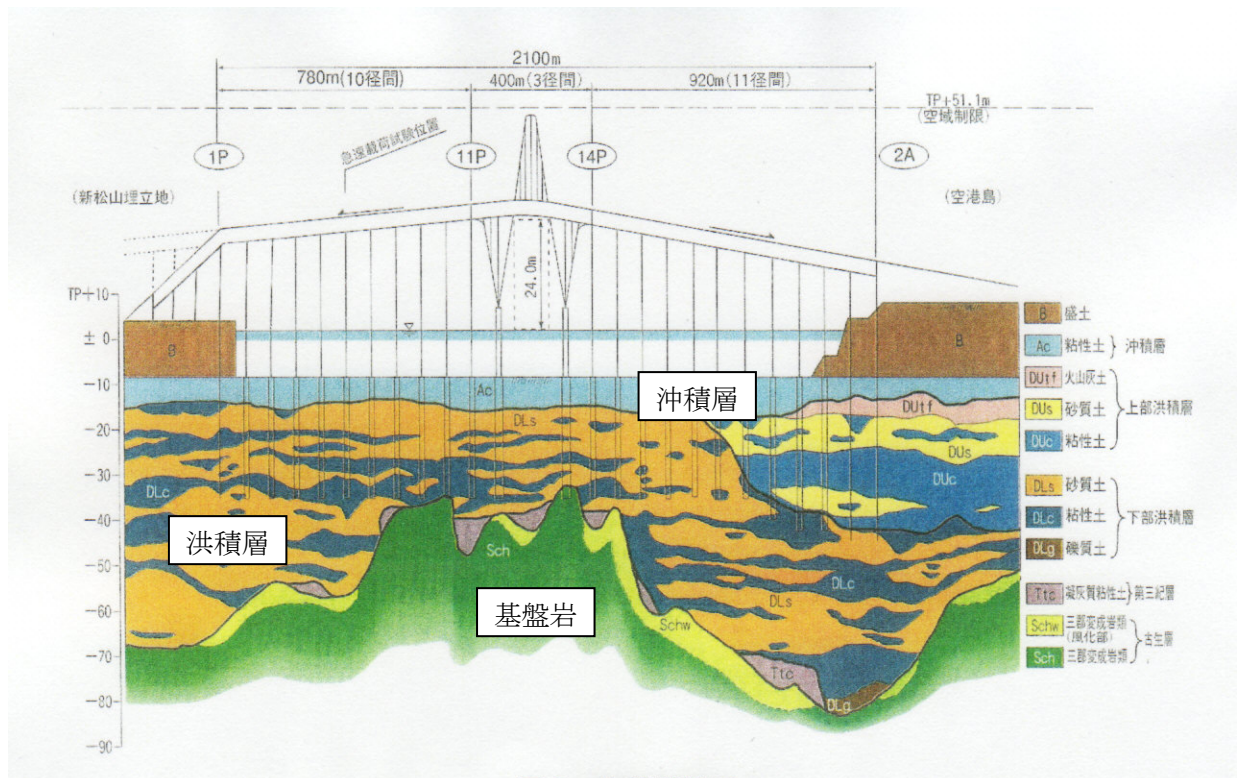


図 3-1-2 地質縦断面図¹⁾

3-1-2 事例分析のシナリオ

本事例における最大の課題は、24 基の橋脚の基礎の深さを短くしてコストを縮減できないかということにあった。特に洪積層は、粘土・砂・砂礫から構成され非常に複雑であるため、基礎の支持力を算定する際に従来の考え方を適用する際に適用土質条件をどうするかなどが問題であり、算定法によって大きな誤差を伴う恐れがあった。

そこで、以下のような詳細な地質調査と検討を行うことになった。

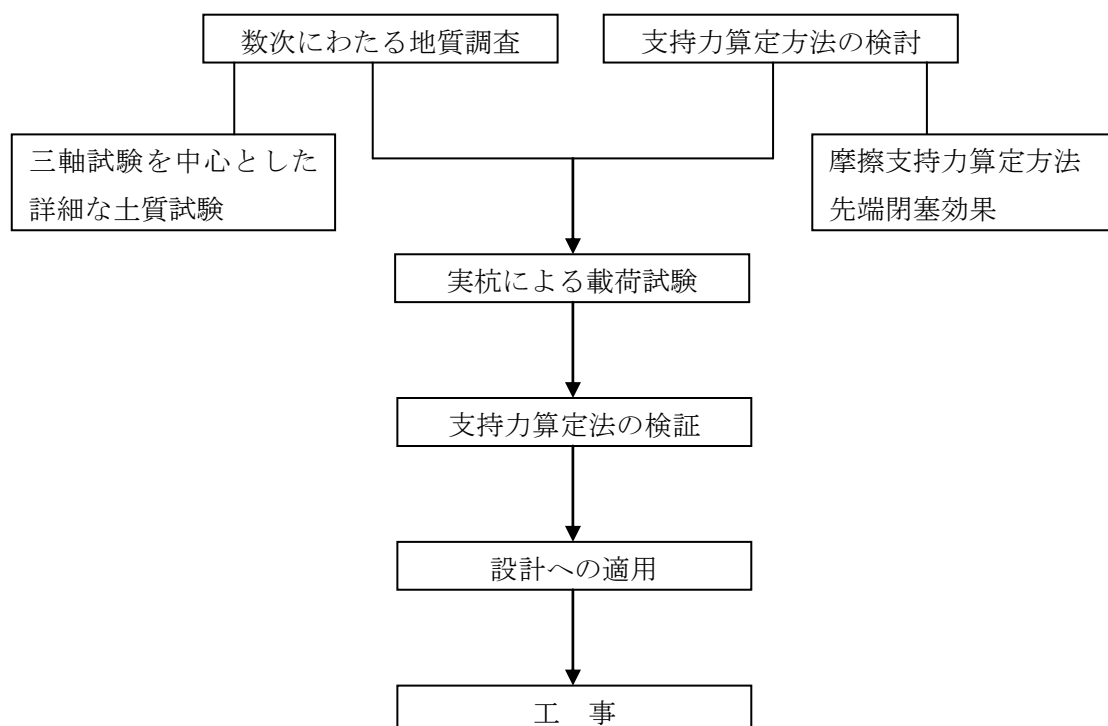


図 3-1-3 検討フロー

3-1-3 データ収集分析

当初の設計で懸念された上述の課題に対して、入念な地質調査やそれに基づく委員会における検討を踏まえて、以下の結論が得られた。

(1) 詳細な地質調査の効果

数次にわたる地質調査の各段階における地質縦断図を図 3-1-4 に示す。この図に示されるように、ボーリングが追加されるにしたがって、当初比較的単純であった洪積層の状況がかなり詳細に把握されるに至った。

(2) 支持力算定法の検証

実杭の鉛直載荷試験 2 回と数多くの三軸圧縮試験 (\overline{CU}) を中心とした調査を行った。その結果に基づき支持力の検討を行い、以下のことが判明した。

- ① c' 、 ϕ' を用いた摩擦支持力算定法による予測値は、図 3-1-5(1)に示すように、実測値をわずかに下回る結果を示しており、この手法が妥当であると判断された。
- ② 先端支持力は、図 3-1-5(3)から推察して、閉塞効果を見込んだ予測値が実測値に比べ過大に得られていることから、閉塞効果は期待できないと判断された。

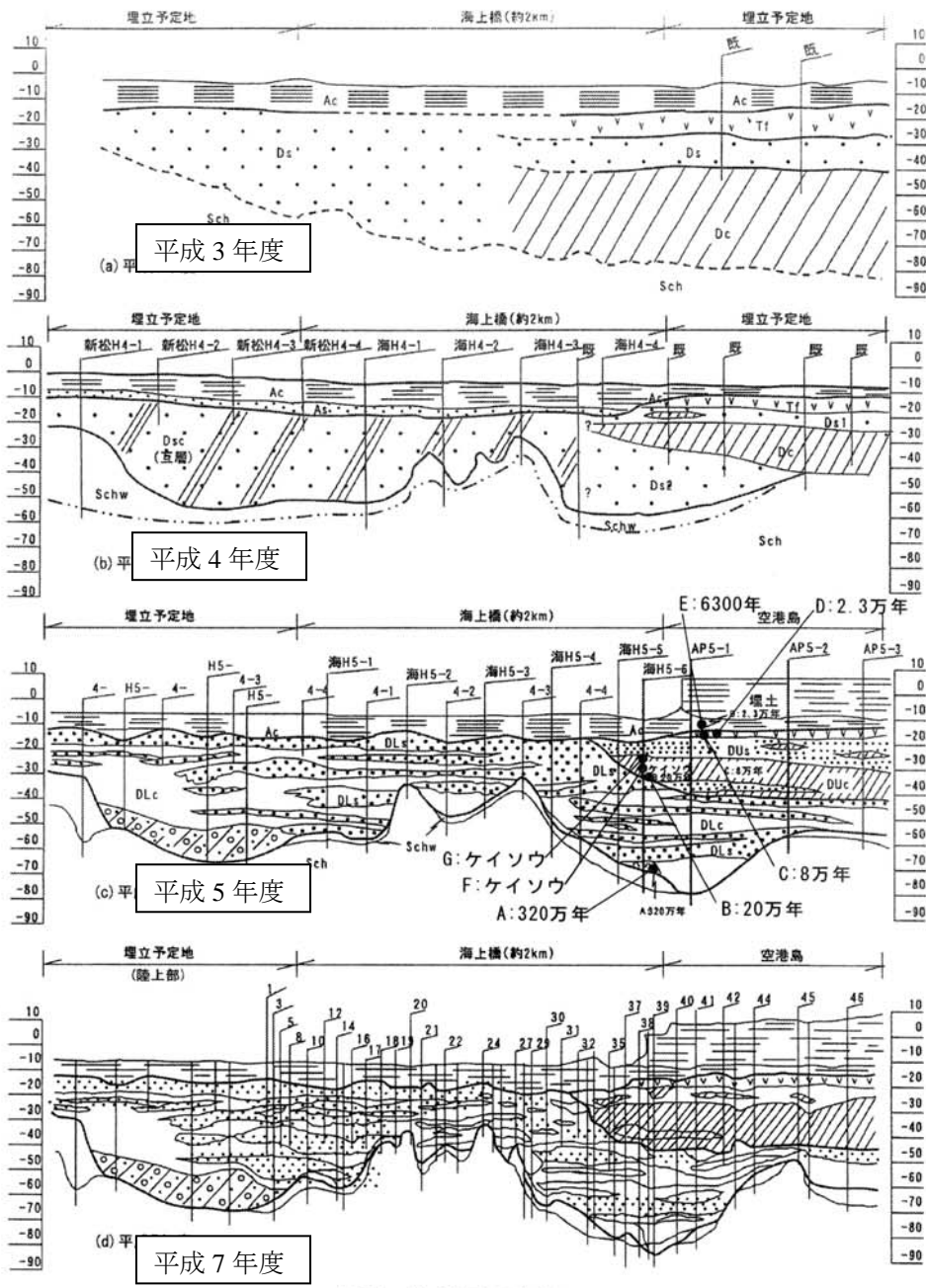


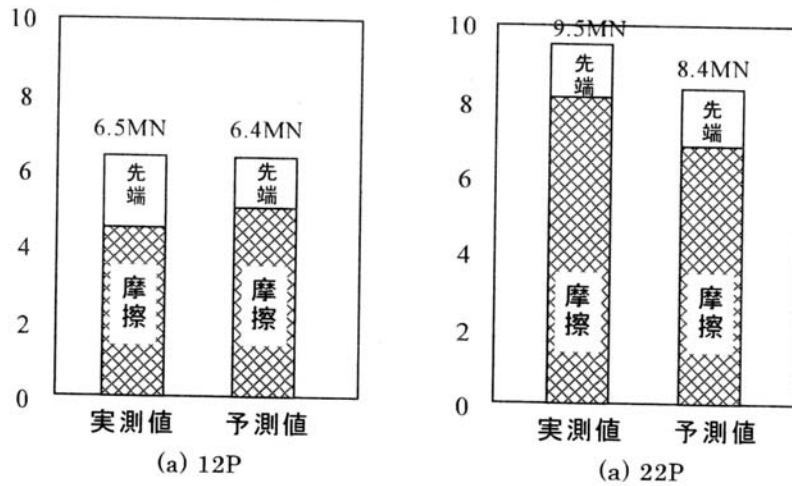
図5 地盤図の変遷

表3 各地層の特色

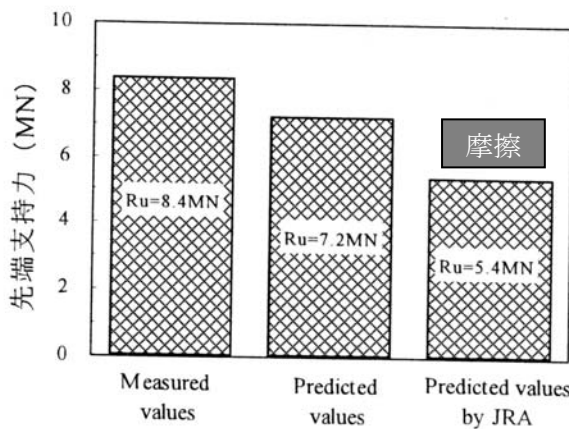
地質年代	地層名	地質区分	記号	堆積環境など	特徴		
新生代	完新世	埋土層	B	-	Ac層の淡土層より成る		
		沖積層	粘性土層	Ac	海成層(内湾)、K-Ah(6,300年前)	かなり軟弱でN値はほとんど0を示す	
			砂質土層	As	-	Ac層内に所々点在する砂質土	
	更新世	後期	上部	火山灰土層	DUTf	AT(22,000年前)、Aso-4(80,000年前)	砂状を呈す部分と粘土状を呈す部分がある
			洪積層	粘性土層	DUc	海成層(内湾)、Tf(200,000年以上前)	均質な粘土である
				砂質土層	DUs	-	不均質な砂層
		前期	下部	粘性土層	DLc	DLc1~DLc6の6層	かなり不均質で水平方向の連続性が悪い
				砂質土層	DLs	DLs1~DLs5の5層	かなり不均質で水平方向の連続性が悪い
			洪積層	礫質土層	DLg	-	礫、砂、粘土より成る
				礫混り粘性土層	DLgc	-	小礫が粘土内に混入する
第三紀	(520~160万年)	第三紀層	凝灰質粘性土層(頁岩)	Ttc	フィッシュトラックにより年代決定3,200万年前	ほとんど固結状である	

火山灰:K-Ah(鬼界赤ホヤ火山灰)、AT(始良-Tn火山灰)、Aso-4(阿蘇4火砕流)、Tf(噴出源不明火山灰)

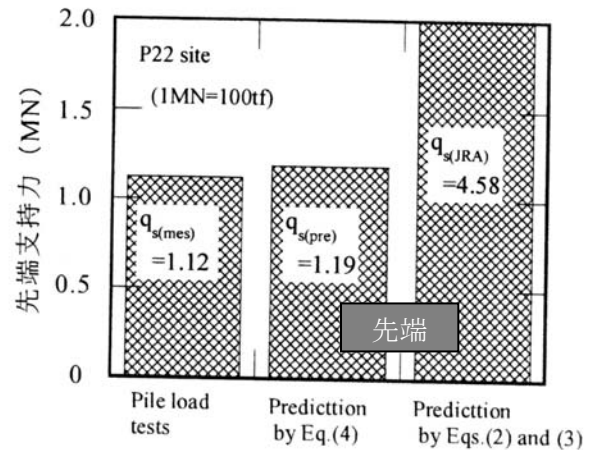
図3-1-4 地質縦断図の変遷¹⁾



(1) 12P と 22P サイトでの載荷試験から得られた支持力の予測値と実測値の比較



(2) 22P サイトでの全周面摩擦力の実測値、提案式による推定値、N 値による推定値の比較



(3) 22P サイトでの先端支持力の实測値、提案式による推定値、N 値による推定値の比較

図 3-1-5 支持力の比較

3-1-4 マネジメントの効果について

マネジメントの効果は、委員会報告書¹⁾において、従来の考え方とのコスト比較が行われており、その概要を以下に示す。結果的には、調査コストを少なからず投資することによって、施工費を大幅に抑えることができた。

(1) 計量化

調査・試験を相当のコストを要して実施したわけであるが、建設費も含んで評価した場合、その効果が表れる。表 3-1-1 は、基礎工のコスト（施工費+調査試験費）を以下のケースで比較したものである。なお、ここでは設計費、維持管理費あるいは委員会運営費用等は除外している。

- ① 岩盤に支持した場合
- ② N 値による従来法で支持力を算定し中間支持させた場合
- ③ c' 、 ϕ' 法で支持力を算定し中間支持させた場合

ボーリング調査は、①・②は各橋脚で基盤まで 2 本行うこととしているが、③ではボー

リングがやや少ない代わりにサンプリング、土質試験および実杭の載荷試験の費用を要している。載荷試験は、支持力の算定方法の妥当性確認が主たる目的である。

施工費と調査試験費を合わせたコストは、採用された③が①に比べ 37%減、②に比べ 20%の縮減となっている。

また、述の検討結果を A 表原案に記入した。表 3-1-1 に比して、リスク対応プロセスがより明確になる。本事例においては、発注当時の建設事務所が施工完了後に廃止されたため、バックデータの取り寄せは非常に困難な状況であったが、委員会でまとめた最終報告書が非常に充実しているため、それだけでかなりの情報を得ることができた。

表 3-1-1 基礎の設計施工に関する各種工費の比較¹⁾

項目	岩盤に支持		N 値法 (中間層に支持)		c', ϕ 法 (中間層に支持)		
	内訳	費用 (千円)	内訳	費用 (千円)	内訳	費用 (千円)	
調査・試験費	ボーリング調査	2,898m (各ピア 2 本)	188,350	2,898m (各ピア 2 本)	188,350	2,217m	140,235
	サンプリング		0		0		18,181
	室内土質試験		0		0		50,141
	孔内水平載荷試験	c', ϕ 法と同等と仮定	11,543	c', ϕ 法と同等と仮定	11,543		11,543
	実杭の載荷試験	必要なし	0	必要なし	0	12P、22P の 2 箇所、破壊まで実施	188,206
	小計		199,893		199,893		408,306
	施工費	材料および施工費	平均深度 60m (1~24P)	28,060,800		21,195,000	平均深度 30.5m (1~24P)
合計		28,260,693		21,394,893		17,808,306	

(2) マネジメントの効果

上記の検討ケースは、地質調査の情報量に応じて採用されるものに相当すると言える。すなわち、

- ① 岩盤支持：不十分な調査結果しかないため最も設計安全側に判断し、基礎を岩盤に支持させる。すなわち、予備調査段階に対応するといえる。
- ② N 値法：ボーリング情報が増して、従来の考え方に従い N 値を用いた支持力計算を行った場合。すなわち、概略調査段階に対応するといえる。
- ③ c'、 ϕ 法：多くの三軸試験結果に基づく強度定数を用いて支持力計算を行い、検証のために載荷試験も実施した場合。すなわち、照査調査段階に対応する。

このような各段階と施工費および調査試験費との関係を示すと図 3-1-6 のようになる。調査試験費が倍増しているものの、それに比べはるかに多額の施工費が削減できるので、トータルコストも減少することになる。

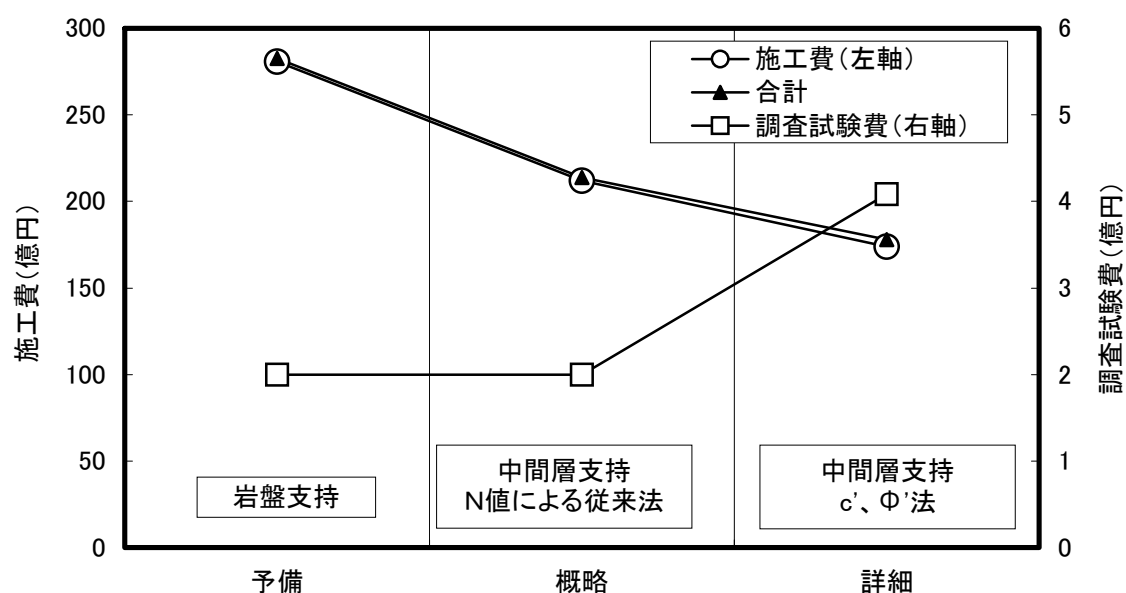


図 3-1-6 各段階と建設コストの推移

3-1-5 データ様式について

以上の検討データを「A 表原案への記入 (事例 1)」に記入したが、以下の点を修正して修正案を「A 表修正案への記入 (事例 1)」に示す。

A 表原案に望まれる修正点は、「リスク回避事象」において①予測されたトラブル、②回避した事象および③工事への影響の各項目に対して、本事例では特に分離して説明することがやや困難 (特に①と③) であったため、一括した項目に修正するものとした。

一方、「リスク管理の実際」は、本事例のように長年にわたる大きなプロジェクトの場合、幾つかの地質調査段階に応じたリスク管理が行われることになると考えられる。しかしながら、将来的なデータ収集を考慮した場合、その都度データの提供を求めることは困難を伴うため、基本的には、様式記入の時期は竣工時を想定しておけばよいものと考えられる。

参考文献

- 1) 新北九州空港連絡橋設計・施工委員会編：新北九州空港連絡橋委員会報告書、2005. 3.

A表原案への記入（事例1）

対象工事	発注者	福岡県	
	工事名	新北九州空港連絡橋下部工工事	
	工種	海上連絡橋の下部工	
	工事概要	海上連絡橋の下部工基礎として採用された鋼管矢板井筒基礎の工事	
	①当初工事費	21,195,000千円（中間支持、N値法） ～28,060,800千円（岩盤支持）	
	当初工期	平成8年～平成13年	
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期	設計のための地質調査がほぼ終了した時期	
	予測されたトラブル	道路橋示方書によるN値を用いた杭の周面摩擦力算定方法によると、摩擦力算定精度が十分でないため、結果として杭長が増してコスト増大リスクが予想された。	
	回避した事象		
	工事への影響		
リスク管理の実際 ^{※1}	判断(した)時期	詳細設計が始まろうとしていた時期	
	判断した者	「新北九州空港連絡橋委員会」の委員、地質調査会社および設計会社の技術者	
	判断の内容	鋼管杭の閉塞効果が期待できない支持層であったので、その分摩擦力の高い予測精度が要求された。ただし、摩擦力を期待する対象地盤は、砂・粘土の区別が困難で、N値による設計では誤差が大きいと判断された。そこで、土の種類にあまり左右されない c' 、 ϕ' 法を用いて設計する方法を採用した。	
	判断に必要な情報	十分な質・量の地質調査による地層構成の詳細な把握。三軸圧縮試験による c' 、 ϕ'	
リスク対応の実際	内容	追加調査	新たな設計法の確認のための杭の鉛直載荷試験（2箇所）
		修正設計	詳細設計で対処
		対策工	なし
	費用	追加調査	ボーリング：▲48,115千円（従来法より削減されるため減額）、サンプリング：18,181千円、室内土質試験（三軸試験等）：50,141千円、実杭の鉛直載荷試験（2箇所）：188,206千円
		修正設計	なし
		対策工	なし
		②合計	208,413千円
変更後工事の内容 ^{※2}	工事後変更の内容	—	
	③変更後工事費	17,400,000千円	
	変更後工期	—	
	間接的な影響項目	—	
	受益者	福岡県	
リスクマネジメントの効果	費用(①-③-②)	4,003,413円（対中間支持）～10,869,213千円（対岩盤支持）	
	工期	—	
	その他	—	

※1：リスクを減少させた判断

※2：調査・設計・対策含む

A表修正案への記入（事例1）

対象工事	発注者	福岡県	
	工事名	新北九州空港連絡橋下部工工事	
	工種	海上連絡橋の下部工	
	工事概要	海上連絡橋の下部工基礎として採用された鋼管矢板井筒基礎の工事	
	①当初工事費	21,195,000千円（中間支持、N値法） ～28,060,800千円（岩盤支持）	
	当初工期	平成8年～平成13年	
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期	設計のための地質調査がほぼ終了した時期	
	予測されたトラブル		
	回避した事象		
	工事への影響		
	予測されたトラブルおよび回避した事象	道路橋示方書によるN値を用いた杭の周面摩擦力算定方法によると、摩擦力算定精度が十分でないため、結果として杭長が増してコスト増大リスクが予想された。	
リスク管理の実際	判断(した)時期	詳細設計が始まろうとしていた時期	
	判断した者	「新北九州空港連絡橋委員会」の委員、地質調査会社および設計会社の技術者	
	判断の内容	鋼管杭の閉塞効果が期待できない支持層であったので、その摩擦力の高い予測精度が要求された。ただし、摩擦力を期待する対象地盤は、砂・粘土の区別が困難で、N値による設計では誤差が大きいと判断された。そこで、土の種類にあまり左右されない c' 、 ϕ' 法を用いて設計する方法を採用した。	
	判断に必要な情報	十分な質・量の地質調査による地層構成の詳細な把握。三軸圧縮試験による c' 、 ϕ'	
リスク対応の実際	内容	追加調査	新たな設計法の確認のための杭の鉛直載荷試験（2箇所）
		修正設計	詳細設計で対処
		対策工	なし
	費用	追加調査	ボーリング：▲48,115千円（従来法より削減されるため減額） サンプリング：18,181千円 室内土質試験（三軸試験等）：50,141千円 実杭の鉛直載荷試験（2箇所）：188,206千円
		修正設計	なし
		対策工	なし
		②合計	208,413千円
変更後工事の内容	工事後変更の内容	—	
	③変更後工事費	17,400,000千円	
	変更後工期	—	
	間接的な影響項目	—	
	受益者	福岡県	
リスクマネジメントの効果	費用(①-③-②)	4,003,41千円（対中間支持）～10,869,213千円（対岩盤支持）	
	工期	—	
	その他	—	

青文字：原案修正箇所

3-2 ダム建設事業の事例(A)

3-2-1 事例の概要

当該「ダム事業」は、当初、図 3-2-1 に示すように、踏査およびボーリング調査にて確認された河床部断層への対応として「監査廊迂回（下流側ロックゾーンへの迂回）」方針がとられた。ただし、下記①～③の現状評価内容や将来的課題にも慎重に対応する必要があり、迂回か直線化の最終判断をダム敷掘削時における断層の直接確認による地質性状評価結果に求めることとした。結果として、監査廊はスパン割りなどの構造物対策を行うことにより直線化に戻すことが可能と最終判断したものである。

- ①ボーリング情報により推定した断層規模・性状の安全側評価など信頼性と技術評価の問題
- ②監査廊を迂回した場合のダム機能や維持管理に関する経済的リスク
- ③断層部の規模・性状によっては監査廊の構造的対策で可能な場合がある

本事例は、地質評価に基づく上記の①～③の問題に対し、事前調査の地質評価を踏まえたうえで、施工プロセス上の直接確認機会を有効に活用し、「監査廊迂回」に係わる施工費を削減できたものである。すなわち、事業主体により地質リスクマネジメントに成功した事例と言える。

上述のことから、地質リスクマネジメント事象としては「Aタイプ（地質リスクを回避した事例（マネジメントに成功した事例）」に区分されるものと考えている。特に当該ダム事業は、地質リスクに対するアセスメント機関として「有識者会議」が存在し、事業主体の事業方針決定に対し、会議の地質に関する技術的判断要素が大きく、ワーキング（全国地質調査業協会連合会の地質リスクWG）で研究している「技術顧問制度」と一部符合している点があることからAタイプとして採用した。

3-2-2 事例分析のシナリオ

図 3-2-1 に整理する。

(1)リスク回避に至るプロセス(事象の因果関係)

地質リスク（事業コスト損失とその不確実性）の発現有無とその程度を決定する一因は、着工前ボーリング調査結果の地質評価の精度にあると考える。当初設計では厚い河床砂礫層に覆われたジュラ紀付加体岩盤の地質評価をボーリングコア試料に頼らざるを得ず、高度な地質評価を要す地域であった。地質背景、コアリング技術、計画構造物本体の安全性、維持管理の重要性から、地質評価は「計画構造物にとって安全側（コスト増大）」の対応をせざるを得なかった点がある。計画構造物は仮に「監査廊迂回」措置が採用された場合においても、可能性は低いが漏水対応時の維持管理における経済的リスクなど将来的課題もあり、「監査廊の取扱い」に対し極めて慎重な判断がなされたものである。また、上記のような地質課題に対し、コアリング技術（コアリング孔径、掘削流体、回転圧など）については採取コアの品質向上に最大限努めたことを前提に、さらに多くの調査情報を入手し、多方面からの検討も重要であるが、複雑な地質構造を探る上で次元情報には限界があったことは事実である。

(2)想定されるリスクマネジメント

当該ダム事業では、有識者会議から事業主体に対し重要なアセスメント提言がなされた。本リスクマネジメントは、事業主体、ダム技術専門家らにより構成される「有識者会議」の維持管理段階も含めた事業全体をみた地質リスクへの対応、すなわち地質状況に応じた地質評価精度の実績にもとづく実務的、かつ慎重な判断のもと適切にマネジメントされたものと言える。

(3)マネジメントの効果の計量方法

当該ダム事業では、施工段階において「監査廊迂回」から「監査廊直線化」が図られた。検証調査や修正設計はもともと必要な増額変更事業費だと考えても、監査廊延長の縮小やこれらに係わる監査廊下部グラウチング施工費用などは、明らかに削減できた事業費としてコスト計量化が可能である。想定される維持管理段階での経済的リスクなどについては発生確率の問題（不確実性）もあると同時にコスト評価自体慎重な対応が必要である。「監査廊直線化」により維持管理手法を「標準」にもどすことができたことが大きな効果といえる。

3-2-3 データ収集分析

(1)データ収集

調査情報については有識者会議情報も含め、業者側担当者への直接確認が可能であった。事業主体へのデータ収集依頼はコスト計量化（監査廊直線化に伴う施工費削減額について）情報とし協力が得られた。

(2)データ分析

①地質条件解明プロセス（検証調査結果）

河床部を縦断する断層の評価は、河床を露頭としてその全体像が明らかになるまでは、主にボーリングコア試料に頼らなければならなかった。断層部の地質は主にチャートであり岩片は硬質であるが、割れ目が多い状況であった。そのため、ボーリングサンプリングでは、最善を尽くし良質なコアを採取したが、全体規模を正確に把握するまでには至らず、ダム事業としては「安全側の配慮を持って、最大限の規模の推定を行う」こととした。断面表現では D 級の中に CL 級や CM 級のレンズが分布する表現を用いた。これは設計上 D 級を最大限の規模としてまとめたためである。この整理は評価としては安全側であったが、ダム構造としては断層部の規模を大きく考えたため、解析上基礎岩盤の沈下を大きく見積もらなければならない設定である。

断層部が露頭として初めて観察できた際、改めてその規模、岩盤の状態を調査試験確認し、下記の技術的結論が導かれた。

- ・ダム基礎岩盤に現れた断層部は、当初評価した「粘土化した D 級岩盤が主体として構成される」状況ではなく、「CL 級岩盤からなり高角度で薄く線状に D 級がしばしば挟まれる」状況である。
- ・ただし CL 級岩盤は、CL 級としては岩級を決める要素である岩石の硬さ、割れ目の間隔、割れ目の状態が、一般の CL 級よりも劣化した「クラス下位の CL 級」であり、その変形

性については詳細に評価する必要がある。

- このため、1)岩級区分では「クラス下位の CL 級」を「CLL 級」として岩級を決定する要素組み合わせを定義して CL 級と区別する、2)基礎岩盤表層から深度 20m までを特に重点的に「CLL 級」とこれに挟まれる「線状の D 級」の変形性の調査試験を行う。
- その結果、1)「CLL 級」は CL 級変形係数の代表値よりも変形の大きい値を示すこと、「表層は見かけよりも劣化した変形特性を示すが、深くなればなるほど変形特性が良好となる（変形量が小さくなる）」。

上記の技術的結論を修正設計に活かすこととした。

②当初設計の変更プロセス

「監査廊迂回」、「監査廊直線化」における当初設計は実施されており、検証調査結果を踏まえ、スパン割などを検討した「監査廊直線化」の修正設計が実施された。

基礎となる断層部の当初推定した大きな変形（沈下）に追随することが難しい監査廊は、ダム構造上の弱点となるため、断層上に設置することが困難な状況となった。本来監査廊は、ダム完成後の管理上、原則として設置すべき構造物である。しかし当時の評価からは、そのような予防安全機能よりもダム構造上の安全性を優先した判断をせざるを得ない状況にあった。

（変形に関する検証調査/設計判断）

上述の検証調査結果を受け、変形特性値については一律一定の値を与えるのではなく、深度毎に連続的に変化させて、本来の状況に近い解析を行った。併せて、スパン割など構造物対策を考慮した。その結果、断層部の基礎岩盤の沈下量は、監査廊が設置できる範囲に収まることが分かり、当初設計を変更し監査廊直線化を行う設計・施工方針とした。

③対応プロセス

「有識者会議」からの「監査廊直線化」の提言を受け、事業主体が最終判断した。

④対応策と費用

「監査廊迂回」から「監査廊直線化」における対応策として下記のように整理される。

表 3-2-1 対応策と費用

段階	対応策	費用(千円)	備考
施工段階	直線化に伴い下記の施工費 ①監査廊本体延長縮小 ②係わるグラウチング面積の縮小 ③コア敷標準化によるグラウチング面積の縮小	①約 210,750 千円 ②約 45,400 千円 ③約 83,340 千円	明確なコスト削減額を対象とした
維持管理段階	悲観的シナリオへの対応 :監査廊迂回箇所への漏水対応	—	発生確率の問題および監査廊に漏水対応のグラウト室を設ける対応を行うことからマネジメントコスト効果として見込まない

⑤技術者の判断プロセス

(事業として)

ダム事業がもつ付帯構造物施工も含めた事業期間、施工プロセス、機能維持を含めた安全性など事業固有のマネジメントの重要性および柔軟性があると考ええる。

(技術者として)

事業主、学識経験者（地質、ダム技術専門者、河川管理者）などダム事業に係わるメンバーにより構成される有識者会議は判断プロセスとして重要であった。技術顧問制度および技術顧問の活用において多いにヒントとなる。

(3)当初設定シナリオの実証

実証するためのデータは入手でき実証できた。ただし、設定シナリオが入手データ内容を左右する。公開については制限（公開資料の事業主体による事前確認）がある。

3-2-4 マネジメントの効果について

(1)リスク(低減)の計量化

マネジメント効果を設定シナリオに基づく「監査廊直線化」による施工削減額に限れば計量化は可能である。このように、設定するマネジメントシナリオにより計量化の可否が左右される。前に整理したように、ダム事業固有の事業期間、規模による施工自由度（融通性）が高いことにより解決された問題もある。

(2)マネジメントの方法(いつ、誰が、何を)

本事業では有識者会議の役割が大きいと考える。発注者と受注者（調査）間のみでは、構造物に対する安全側の地質評価やプロセス上の立場から事業主体側にたった総コストは議論しにくい。

(3)マネジメントの効果

本事例で計量化したマネジメント効果は施工費コスト削減を効果として見込んだものである。「監査廊迂回対策」、「監査廊直線化」における本来のマネジメント効果はダム完成後の長期的な機能維持と安全性により評価されるものと考ええる。そのような観点に立つと、本事例は施工費に限定された、かつ短期的なマネジメント効果と捉えることが適切かも知れない。対象とする構造物によりマネジメント効果の適否判断は長期効果を待たなければならない場合が存在する。

(4)地質調査妥当投資額

妥当投資額は地質リスクに関連するエリア面積（地質問題を考慮した対象面積）や解決すべき問題の内容により異なる。さらに、想定される地質リスク（事業費損失）に着目した段階調査（各イベントへの適切な調査投資）が重要となることから事前に地質調査妥当投資額を決定することは難しい。むしろ、結果としての地質調査投資額の妥当性評価が適切かもしれない。

(5)求められる技術顧問の能力

単に地質問題を指摘し解決策を示すのではなく、事業全体のプロセスを認識し、可能性（発生確率）、解決内容と対処時期、問題に対する事業全体への効果を示し、柔軟な解決方針を提案できる能力が必要である。また、計画構造物の基本設計後のほうが地質リスク内容や範囲を特定し易い場合もあり、支援タイミングも重要となる。いずれにしても技術顧問単独での支援は難しく、発注者側での位置付け（責任と権限）や情報バッボーン（地質リスク対応データベース）などが支援ツールとして必要となる。

3-2-5 データ様式の検討

本事例は、ダム事業（調査段階から完成まで調査担当会社として事業接点をもつことが可能）であるから提案できたものと考えられる。地質リスクについて回避は設計および施工初期段階、発現は施工段階が圧倒的に多いと考えられ、調書類は設計、施工終了段階に施工者や事業者が保有する資料を使い作成するものとのイメージで検討するほうが良いと考えられる。

(1)分析に必要なデータ

事例に基づき一連を整理したが、「地質リスクを回避した事例（成功事例）」であったこと、マネジメント効果についてシナリオに基づき対応したため、必要情報が限定されたこともあり、制約はあるが情報提供について事業主体の理解を得ることができたのではないかと考える。

(2)データ様式の提案

当該業務を参考にデータ様式「A表修正案への記入（事例2）」を示した。

(3)データ様式作成上の課題・今後のテーマ

マネジメント効果の計量化も定量的評価の点で当然重要ではあるが、特にリスクを回避した事例では、その判断プロセス（着目点、対処案、実績など）がより重要であるため、事後にそれらを紐解くプロセス内容やデータ名称の管理所在を明確にする必要がある。

【ダム軸断層破砕帯にのみ着目した流れ】

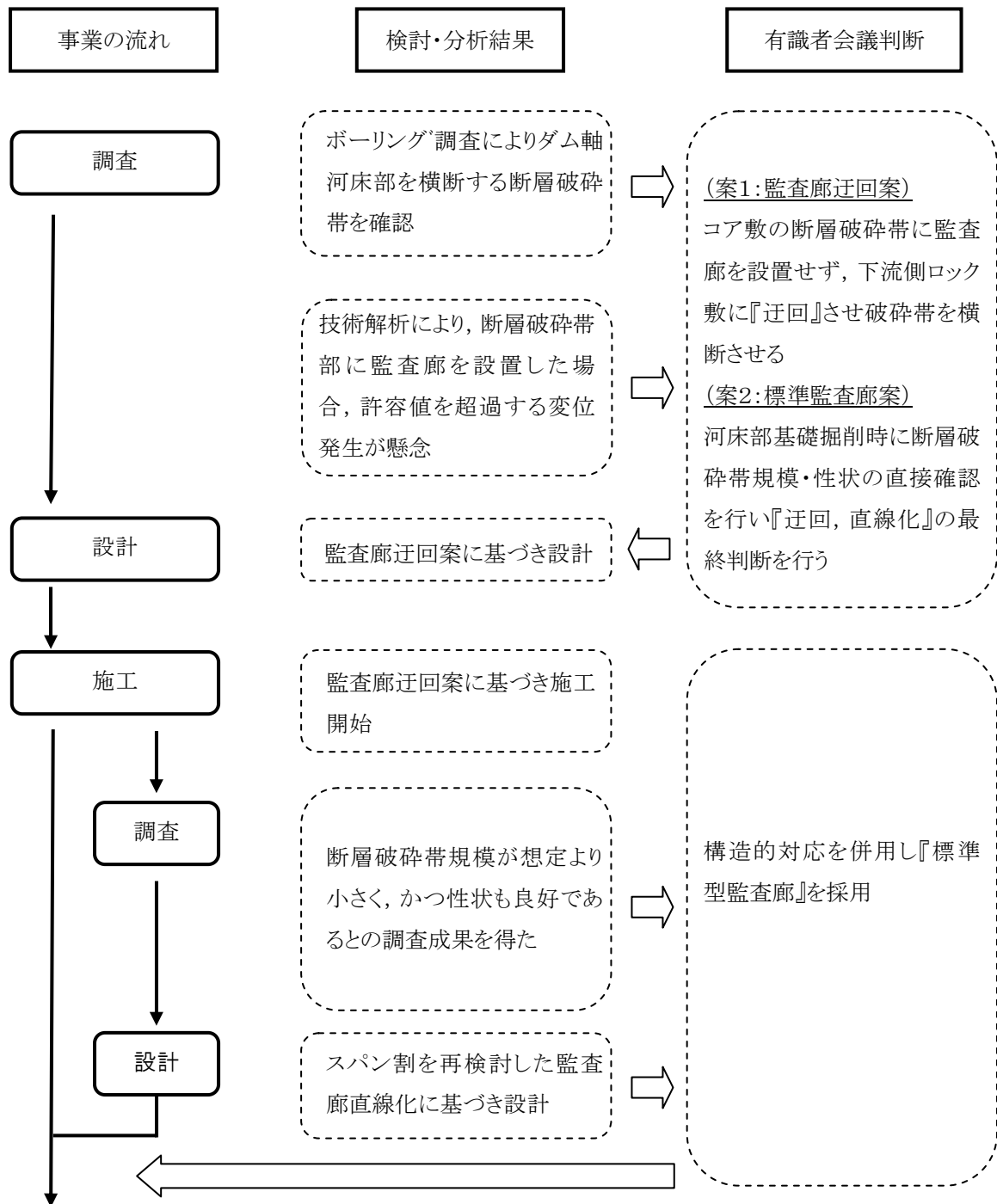


図 3-2-1 事例分析のシナリオ

A表修正案への記入（事例2）

大項目	中項目		説明
対象工事	発注者(事業主体)		中央官庁
	工事名		ダム建設事業
	工種		ダム
	①当初工事費		
	当初工期		
リスク回避事象	リスク回避のシナリオ		「ダム監査廊迂回」の当初方針を検証調査結果に基づく地質評価、監査廊構造物対策にて「標準化：直線化」にもどし、施工費の大幅な削減を可能にした
	マネジメント実施者		事業主体
	アセスメント実施者		有識者会議
	予測されるリスク発現時期		供用後
	予測されるトラブル		ダム基礎漏水などによる維持管理の増大および安全性低下
	回避した事象		
	事象回避内容		直線化に戻すことにより、標準的な維持管理を可能とした
	工事への影響		
	事業への影響		影響なし
リスク管理の実際	判断時期		ダム敷掘削時の検証調査段階
	判断者		事業主体（有識者会議提案）
	判断内容		断層の平面的範囲およびその性状の再評価に基づく監査廊の取扱い
	判断に必要な情報		検証調査、解析、設計結果、その他
リスク対応の実際	変更内容と費用		監査廊迂回から直線化に伴い明らかに削減できた施工費のみとする
	内容	施工	①監査廊本体の延長縮小、アクセストンネル見直しに伴う施工コスト削減額（約 210,750 千円） ②監査廊補助カーテングラウチング、コンタクトグラウチング量減少に伴う削減額（約 45,400 千円） ③コア敷標準化に伴うブランケットグラウチング量減少に伴う削減額（約 83,340 千円）
	費用	調査・設計・施工	
変更後工事の内容	工事後変更の内容		
	変更後工事費		
	変更後工期		
	間接的な影響項目		本体工事期間は変更されたが、付帯工事など施工手順を変更することにより施工休止などには至らなかった
	受益者		事業主体
リスクマネジメントの効果	費用		上記①～③の合計（約 339,490 千円）
	工期		変更なし
	その他		監査廊迂回時に懸念された維持管理上の諸問題は発生の可能性も含めコスト評価はできないが、監査廊を直線化したことは維持管理手法を標準化できたことであり維持管理上の経済的リスク回避効果としては大きい

青文字：原案修正箇所

3-3 県道トンネル掘削工事(B)

3-3-1 事例の概要

当該トンネルは県が地方道路交付金事業で発注した全長 364m の道路トンネルであり、NATM 工法で施工された。このトンネルでは、調査～設計時点で十分良好な岩盤（地山区分C II）と考えられていた区間において断層に起因して約 60cm の内空変位が生じた。当初想定していなかった変位であったため、工事を約 1 ヶ月中断して調査・設計、対策工事を行ったものである。これによって必要となった工事費増額は調査費、工事中断に伴う機械リース費増も含めて約 3,000 万円となった。四万十帯の複雑な地質構造に起因する、岩盤の強度や変形性、不連続面分布などの不確実性を地質リスク事象とする事例で、リスク発現によってトンネル本体工事費が増加した。リスク事象の具体的な発現としては、集水地形下の小土被りトンネル掘削における「断層面および断層背面の割れ目沿いに作用した地下水圧」、あるいは「予見していなかった断層の発達」が挙げられる。

リスクを予見してあらかじめ対策を講じていた場合を想定し、その対策費と上記実工事費増とのバランスから算定した地質リスクマネジメント効果は調査費の増分を含めると約 1,400 万円となった。

なお、トンネル工事全体としては上記変状範囲以外で支保パターン変更による増額となったが、補助工法として計上していたフォアポーリングの注入材料が不必要となり、結果的な工事費増は約 3,000 万円の増のみとなった。また付帯工事を平行作業で進めることによって完工遅延には至らなかった。すなわちトンネル掘削工事はリスク発現によりコスト増になったが、発注者によるトンネル工事全体のプロジェクトマネジメントは成功した例と考えられる。

3-3-2 事例分析のシナリオ

(1) リスク発現(回避)に至るプロセス(事象の因果関係)

①地形・地質条件の認識

- ・ 集水地形であることは認識されていたが、そのための特別な調査は実施されなかった。
- ・ 断層そのものの発達を認識していたかどうかは不詳（楠本(2007)にはその記載あり）。少なくとも入手した調査報告書には記載なし。
- ・ 地山は四万十帯の砂泥互層と砂岩に区分されているが、地山分類上の評価軸に差はつけていない。ただし、定性的には互層がより緩みやすいという認識あり。
- ・ 土被り 1.5D、上半の弾性波速度 3.0～3.2km/sec で C II と評価

②リスクの発現

- ・ 豪雨直後、区間長 10～15m 程度の範囲にわたって坑壁が約 60cm 押し出し、上半支保工が変形した。

③認識と結果の因果関係

- ・ 豪雨直後であったことから、水圧の作用が誘因になった。

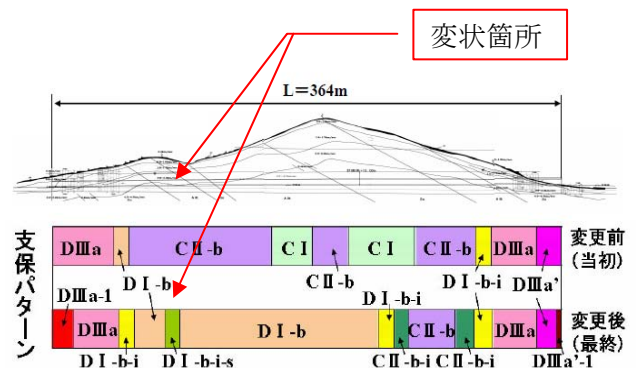


図 3-3-1 トンネル支保パターン変更実績
楠本 (2007)

- ・変状発生区間には断層ガウジを伴う破砕帯が発達しており、その上盤側に透水性の高い砂岩が分布していた。
- ・図 3-3-1 に示すように、結果的に C パターンから D パターンへの変更は砂泥互層部分だけで発生しており、変形しやすい砂泥互層に対する評価が甘かった。

以上より、集水地形、断層と高透水砂岩の存在、変形性の高い四万十砂泥互層、などを素因とし、豪雨による水圧上昇を誘因として変状が発生した。

(2) 想定されるリスクマネジメント

①調査時点

小土被り部で、かつ集水地形の箇所を追加調査ボーリングを実施し、断層、高透水性の砂岩層、地下水位を把握する。その結果を設計にリスク伝達する。

②設計時点

重い支保パタンを採用する。あるいは補助工法を採用する。

③工事時点

水抜きボーリングを実施し、水圧をあらかじめ低減しておく。

(3) マネジメントの効果の計量方法

(2)で想定したリスクマネジメントをあらかじめ実施した場合を想定し、その場合の追加費用と実際に発生した工事費の増額とを比較する。すなわち、

マネジメント効果＝実工事費増額－（調査費用＋事前対策費）

調査費用＝調査ボーリング費用＋現位置試験費用

事前対策＝水抜きボーリング費＋支保パタン変更（CII→DI）による工事費増

3-3-3 データ収集分析

(1) データ収集結果

次のデータを収集することができた。

- ・事前調査結果の概要・・・地質調査報告書抜粋
- ・工事費変更状況・・・変更額の概要

(2) データ分析

①地質条件の解明プロセス

- ・設計段階の地質調査内容は以下のとおりである。これらを単年度で実施している。

弾性波探査：3 測線 420+100+100m

ボーリング：5 孔、合計 94m 両坑口に 2 孔ずつ、始点側切土法面に 1 孔

- ・地山の評価

上記調査ボーリングの成果として地山分類、設計施工上の留意点までが記述されているが、上記リスク要因については触れられていない。集水地形をなしていることは認識されており、湧水量が若干多いとの記述がある。

変状を起こした箇所（測点 No.8+5.8m～No.8+15.8m）付近についての記述としては、測点 No.9 付近が土被り最小で 17m であることから、補助工法は不要と結論している。

②当初設計の変更プロセス

- ・上記地質条件に対して、発注前の設計変更は行われていない。

③当初工事費の変更プロセス

- ・当初発注時の工事費については、当該地質事象に関する変更はトラブル発生まで行われていない。

④トラブルの内容・対応のプロセス

- ・トンネル本体工事において、測点 No.8+5.8～No.8+15.8、No.19～No.19+15 の2箇所に変状が発生した。特に No.8+5.8～No.8+15.8 では内空変位が大きく、上半支保工が約 60cm 変状し、さらにクラウン中央部にもクラックが発生した。
- ・変状発生に対し、発注者からの指示（建設工事請負契約書 19 条）により追加調査ボーリングを実施した。調査はボーリング 5 箇所合計 53m、孔内水平載荷試験 14 回などである。これらの調査費は全て請負契約の技術管理費の増額として支払われた。
- ・実際に行った対策工に新工種は含まれておらず、増し吹き、増し打ち、インバートの追加、支保パターン変更などを設計変更として実施。これら内容は企業体からの提案によっており、追加の設計費用は発生していない。

⑤対応策と費用

- ・対応策としては、坑内からの地質調査ボーリングを実施し、対応策の検討を実施した。対策工事としては支保工のパターン変更、フォアパイリングの増工、ロックボルトの増工などで対応した。費用は以下のとおりである。

調査費用：5,037 千円

対策費用：インバート追加、支保パターン変更 14,809 千円

設備リース費増 10,626 千円

対策費合計 25,435 千円

⑥技術者の判断プロセス

- ・地質調査技術者は、集水地形の存在や互層の変形性について着目はしていたが、リスク事象としては認識していなかった。
- ・当初調査結果の評価についての疑義は、設計技術者、発注者ともになかったと考えられる。しかし、発注者は地山条件の一般的な不確実性に鑑み、フォアパイリングのための十分な注入材料を計上した。
- ・トラブル発生後に企業体から提案された対策が必要十分であるかどうかの判断材料、判断プロセスの詳細についてはヒアリングしていない。

(3) 当初設定シナリオは実証できたか

①実証するためのデータはあったか

- ・トラブル発生までに当初設計、当初工事費の変更がなされていないので、想定されるリスクマネジメントに関する実データは収集できない。よって、一般的な単価等を用いた想定値によりシナリオの検討を行った。

②実証する上での課題

- ・想定データによる検討であることを除けば、特に課題はない。

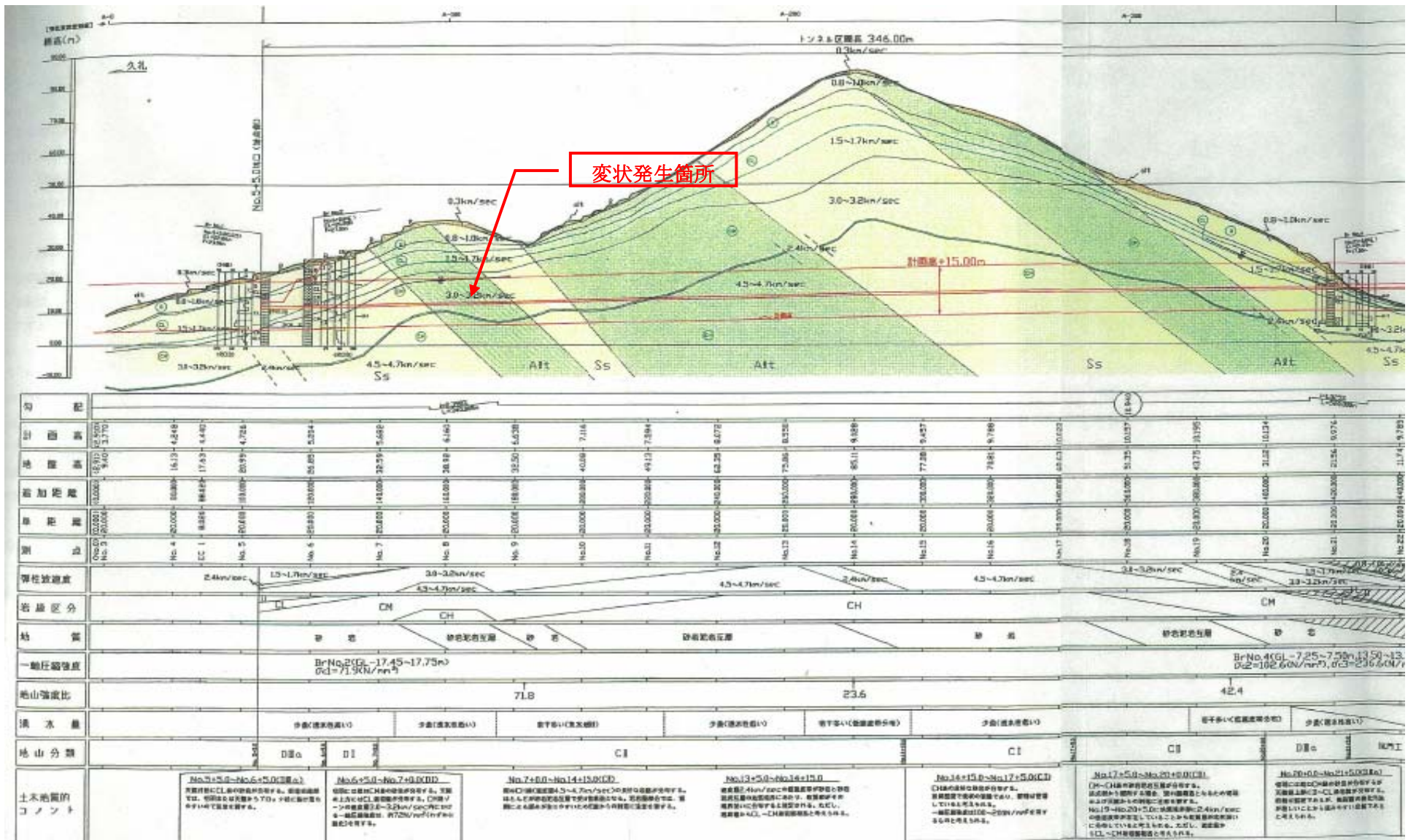


図 3-3-2 トンネル地質縦断図

3-3-4 マネジメントの効果について

(1) リスク(低減)の計量化(マネジメント効果の計量化)

「集水地形(沢地形)の発達に注目した調査を行って断層を把握し、事前に坑内から排水ボーリングを実施した」と想定してコスト比較を行った結果を表3-3-1に示す。これより、事前に調査ボーリングを実施して対策を講じたとした場合のコスト縮減額は約14百万円となる。

表 3-3-1 トンネル変状対策想定コスト比較

	追加調査費	対策費用	二次的影響コスト
リスク発現に起因する追加コスト(実際)	調査ボーリングなど：5,037千円	インバート追加、支保パターン変更：14,809千円 設備リース費増：10,626千円 合計：25,435千円	1ヶ月の工事中断を回復する工事工程調整
リスク削減のための事前コスト(想定)	調査ボーリング1孔30m：2,000千円	水抜きボーリング3孔×30m：3,500千円 支保パターン変更CⅡ→D,30m：10,800千円 合計：14,300千円	水抜きボーリング施工期間中の掘進中断
コスト増	3,037千円	11,135千円	
総合計コスト増		¥14,172千円	

(2) マネジメントの方法(いつ、誰が、何を)

本事例におけるリスク要因のうち、誘因となった水圧の作用については地形条件から定性的に予見可能と考えられる。一方断層の発達については、四万十帯という地質を考慮すれば発達を予見することは可能であったと考えられる。具体的位置を正確に予見することは困難であろうと考えられるが、解析断面図を参照すると問題の箇所付近で基盤速度層上面がいくぶん低下しているため、地質技術者はこれを基に追加調査を提案するなどの対応が可能であったと考えられる。

一方、四万十帯など付加帯地質における地山評価の正否についての事例は多数集まりつつあり、地質構成やボーリングコアの評価、弾性波速度、土被りなどが統計的に分析されつつある。そのようなデータにてらした場合に、本事例の調査量や地山分類が妥当であったかどうかについては議論があると考えられる。すなわち、四万十帯という地質の持つ基本的な不確実性を踏まえ、追加調査を実施した上で最終評価を行うという対応、あるいは微妙な地質条件の箇所については地山分類ランクを1ランク下げるなどの対応も考えられる。

このようなマネジメントは、調査時点、設計時点で実施されることが考えられるが、トンネル工事における本事例のような場合は工事着工後でも可能である。

以上をまとめると、本事例においては、主に地質技術者が四万十帯という地質の特性(リスク)を踏まえ、追加調査の提案、地山分類へのリスクの反映、設計技術者へのリスクコミュニケーション等のマネジメントを行うべきであった可能性がある。

(3) マネジメントの効果

本事例の場合、トンネル掘削工事の工程は約 75 日遅延した。しかし、発注者のマネジメントとして付帯工事の工程を含めた全体工程が安全側の想定であったため、完工遅延には至らなかった。

表 3-3-1 に示したようにトンネル掘削に関する正味の工事費増は約 14 百万円であってそれほど大きな額ではないが、工程に余裕のない場合には相当の影響があったものと考えられる。

(4) 地質調査妥当投資額

本事例では、地質的に課題のある区間の掘削工事中に豪雨が発生した。すなわち、豪雨のタイミングがずれておれば変状は発生しなかった可能性がある。これに対し、既述のマネジメント効果計量化シナリオは事後に想定したものであり、豪雨と掘削工程が一致する確率等については考慮していない。

事前にそのような確率的検討を行うためには、変状を生じた区間の掘削中に豪雨が発生する確率、降雨量に対する水位上昇量、断層沿い強度のばらつき、水位上昇量と断層沿いすべり強度の関係、などの誘因、素因について調査する必要がある。これらの情報を得るための詳細調査費は、本件のトラブルに起因して生じた工事費の増額（表 3-3-1）に比べて小さくはないと考えられる。

しかし、事前に地質調査妥当投資額を検討する場合は、比較すべきトラブルの規模（対策コスト、工程への影響、危険性の度合など）についても想定値であり、相当の幅を持った量になると考えられる。地質調査の目的はこの幅を許容できる程度まで狭めることにあるので、事業初期の調査精度が低い段階（想定されるトラブル規模の振れ幅が大きい段階）、あるいは調査精度は低くとも調査ポイントが絞られる場合などでは、投入すべき地質調査の妥当性を評価することは経験的、定性的な検討でも十分可能であると考えられる。

(5) 求められる技術顧問の能力

上記のように確率的なアプローチによる効果計量はなかなか困難な面があるが、一方で経験的な四万十帯トンネルのコスト変動事例から大まかなコスト変動幅を推計することは可能と考えられる。本事例のような中規模のトンネル事業において求められる技術顧問の能力とは、そのようなコスト変動幅を検討するための半定量的なリスク評価（全事象の予見とリスク要素の変動幅の推定）能力、そしてリスクを削減するために最も効果的な調査内容を提案できる能力が重要と考える。

3-3-5 データ様式の検討

(1) 分析に必要なデータ

本事例では、発現したリスクに対して事前に対応する場合のコストを想定することによって地質リスクマネジメントの効果を計量化した。この手法の場合に必要なデータは以下のとおりである。

①当該工事目的物の仕様

②発生したトラブルの位置、規模

規模には、工事遅延時間、間接的な影響（仮設工事の変更や別途業務・工事発注手間、隣接工区工程遅延など）が含まれる。

③トラブルを生じたリスク要素

トラブルを生じたリスク要素の特性、分布、発達密度など

④トラブルが発生した工事の費用

トラブル発生前後の当該工事の数量・費用変動額。リスク発現に関連した工種別のデータが望ましい。

⑤トラブルによって必要となった新規工種の工事費

新規工種が別途発注となった場合は、その数量・費用、工期。また暫定的な対策を実施した場合はその費用。

⑥トラブルによって生じた間接的な費用

追加買収費、工事遅延に伴う資機材リース費用、電力・燃料費、安全対策費など

⑦トラブルを解決するために実施した調査・設計の費用

測量費、地質調査・観測・地質解析費用、関係機関協議費用、対策工設計費、仮設工設計費など

⑧トラブルを生じた箇所周辺の地形・地質的特性

広域的な地質調査データ、工事現場周辺の地盤・岩盤の強度や透水性等の特性、断層や変質帯などの発達状況、地下水などの条件

以上のほか、地質調査・設計の各段階において、技術者がどのような情報をもとにどのようなリスク抽出・評価を行って次段階調査・設計に進んだのか把握できれば、実際的な事前対応策を想定する上で有益と考えられる。

(2) データ様式の提案

「B表修正案への記入（事例3）」に示す。主な項目についての記入上の留意点は以下のとおりである。

①当該工事費

本件のように、発注者による工事全体に対するリスクマネジメントと、工事段階に発生した変状に対する個別のリスクマネジメントという複数の階層がある場合がある。そのような場合、複数のリスクが混在し、総計としての工事費増減が必ずしも当該リスクだけに起因するとは限らないので、できる限り当該リスクに対応する工事費も記載する。

②トラブル発生の原因となった地質リスクカテゴリー

複数選択可能。「その他」の場合は簡潔に直接記述する。

③原因となった（楽観的）リスク評価

事前対応を想定するためのヒントになるよう、判断材料と判断結果を記述する。

④修正設計内容

対策工等の設計地質条件、用地等の周辺条件、対策工のリスク評価について記述する。

対策工のリスク評価については、追加調査結果の評価や設計上の安全度の見込み方について記述する。

⑤間接的な影響項目、影響額

例えば法面崩壊による交通遮断、工事遅延によって隣接工区へ与えた影響、追加新規工事の発注手間など、当該工事以外への影響について記述する。

(3) 今後の課題

本事例では、降雨を誘因としてトラブルが発生した。このような、外力によって地質リスクが発現した場合には、地質リスクの計量化の際にも外力（の発生確率）を考慮する必要があると考えられる。そのような外力をどのように取り扱うのかによって、地質リスクの定義、地質調査妥当投資額の評価法等も変わってくると考えられるので、今後は外力の取り扱いについて検討が必要である。

また、発現した地質リスクに対して事前に対策をしておく場合と事後に対応する場合とでは、当該工事の費用の他に間接的な影響による費用の有無が大きな違いとなる。設計変更を前提として発注される NATM トンネルなどと異なり、斜面安定の問題などでは特にこの相違が重要である。このような間接的な影響による費用変化をどのように事前に想定するかについても、今後検討が必要と考えられる。

B表修正案への記入（事例3）

対象工事	発注者	地方自治体（県）	
	工事名	県道〇〇線地方道路交付金（〇〇トンネル）工事	
	工種	NATMトンネル本体工事	
	工事概要	トンネル延長 364m（全体延長 1053m）	
	①当初工事費	10.29 億円（全体）	
	①当該工事費	38,000 千円（トラブル区間本体工事費、除仮設）	
	当初工期	平成 14 年～平成 19 年（平成 19 年度末供用開始）	
リスク発現事象	リスク発現時期	工事段階	
	トラブルの内容	内空変位 60cm 及び支保変形	
	トラブルの原因※1	集水地形をなす小土被り区間に断層が発達していたが、この断層上盤には透水性の高い砂岩が分布しており、強雨時に作用した地下水圧が砂岩沿いに浸透して断層面に作用し、断層沿いの局部的なすべりを生じた。 地形、弾性波探査速度層の低下に着目した上で、断層の発達、地下水位等に関する追加調査を実施すべきであった。	
	トラブル発生の原因となった地質リスクカテゴリー	①支持層・安定層の凹凸、②すべり、崩壊の危険度、③地盤・岩盤の等級評価誤差、④断層・熱水変質帯などの発達、⑤土壤地下水汚染、⑥地下水影響、⑦その他（記述）	
	原因となった(楽観的)リスク評価	調査段階：基盤速度層内に位置し、追加調査は不要 設計段階：被りは十分であり、補助工法は不要	
工事への影響※2	変位に対する地質調査、対策工として支保パターンを変更してインバートを追加。本体工事は 1 ヶ月の遅延。事業全体の工期は予定どおり。		
追加工事の内容	追加調査の内容	坑内より調査ボーリング（10m×4 本、20m×1 本、3m×1 本）を実施	
	修正設計内容	設計地質条件	地山分類を 1 段階下げ
		周辺条件	とくになし
		対策工のリスク評価	不詳（二次覆工完了までに予想される降雨に対する安全性についての照査）
	対策工事	なし	
	追加工事	支保パターン変更（CⅡ-b→DⅠb-i-s）にインバート追加	
	追加費用	追加調査	5,037 千円
		修正設計	—
		対策工	—
		追加工事	25,435 千円（支保変更とインバート 14,809 千円＋設備リース延長 10,626 千円）
②合計	30,472 千円		
延長工期	全体工期に変更なし、トンネル工事は全体で 2 ヶ月遅延、当該区間での工事中断は約 1 ヶ月		
間接的な影響項目	本体工事と付帯工事を並行作業とすることによる、リソースのマネジメント		
間接的な影響額			
負担者	変更工事：発注者、間接的影響：工事業者		
リスク管理の理想像	対応(すべき)時期	調査段階、設計段階、工事段階	
	対応(すべき)者	調査段階：地質技術者 設計段階：設計技術者 工事段階：工事業者、発注者	
	対応(すべき)内容	調査段階：谷を横断する小土被り区間の補足踏査を実施し、調査ボーリングを提案 設計段階：重い支保の採用 工事段階：調査を兼ねた水抜きボーリングの提案	
	判断に必要な情報	強雨時の水位変化、断層を推定するためのボーリングコア状況	

	対応費用	調査	約 2,000 千円	
		対策工	—	
		③合計	2,000 千円	
	想定工事	工事概要 ^{※3}	坑内より先進調査ボーリングを兼ねた水抜きボーリングを実施し、支保パターンはあらかじめCⅡからDⅠへ変更	
		④工事費	水抜きボーリング 3,500 千円、当初工事費 38,000 千円、支保パターン変更に伴う差額 10,800 千円 合計 52,300 千円	
		工期	数日	
リスクマネジメントの効果	費用(②-③) ^{※4}		28,472 千円	
	費用((①+②)-(③+④)) ^{※5}		14,172 千円	
	工期		トンネル本体工事約 1 ヶ月短縮	
	その他		工程遅延回復に対する工事業者のマネジメント負荷軽減	

※1 : 予期せぬ地質事象の顕在化・地質事象に対する判断ミス・不十分な調査・専門技術者不足など

※2 : 工種の追加・工事費増大・工期延長など

※3 : 事前対応を行った場合の工事

※4 : 事前対応③を行ってれば追加費用②が掛からなかったとの判断

※5 : (当初工事費+追加費用) - (対応費用+想定工事費)

青文字 : 原案修正箇所

3-4 林道改良工事における斜面崩壊事例(B)

3-4-1 事例の概要

本事例は、林道を車両が通行できるように現況斜面を生かしながら道路改良工事が実施された（平成 17 年 7 月～11 月）区間で発生した斜面崩壊事例である。崩壊が発生した区間は、縦断計画上現状の道路面高を下げる必要があったため現状斜面勾配（約 1：0.65）のまま 1m 程度掘削したところである。崩壊の発生は、平成 18 年 7 月に確認された。

崩壊区間の地質は、中・古生代の八溝層群の風化が進み亀裂の発達した細粒砂岩を主に、頁岩の薄層を挟むものである。細粒砂岩の岩片は硬質であるが、頁岩は薄層状に剥離し、軟質である。地層と亀裂の傾斜は、いずれも流れ盤となっている。

道路改良工事は昭和 63 年より事業化され、平成 16 年度に計画を見直して現在も継続中である。平成 16 年度の計画は、縦断勾配の関係で、路面を下げざるを得ない箇所のみ現状の斜面勾配で 1m 程度切下げて必要最小限の路盤構成と幅員を確保し、排水施設の整備を行うものであった。

平成 18 年度には、崩壊地を対象に地表地質踏査とボーリング調査を実施して、法面対策工の設計が行われた。崩壊地の対策工は、地質が亀裂の発達した砂岩であることを考慮して自穿孔ロックボルトと吹付け法砕工で実施された。

3-4-2 事例の分析

(1) リスク発現に至るプロセス

測点No.2 付近の崩壊は、道路改良工事後 1 年経過した後に、幅約 15m、高さ約 10m の規模で、周辺に繁茂していた低木ごと表層崩壊（厚さは 1m 程度）が発生した。崩壊箇所は工事完成後の写真によれば裸地の部分が多い。崩壊前の地山は、亀裂が発達し 10cm から 30cm 程度のブロック化した砂岩であり、亀裂面は 60° 程度、層理面は 20° 程度の流れ盤となっていた。また、平成 17 年 12 月までは崩壊は、発生していないことが確認されている。

以上の状況から、崩壊は冬季の凍結融解作用により亀裂が緩んだところに平成 18 年の豪雨が来たことにより発生したものと考えられる。

(2) 想定されるリスクマネジメント

本工事では設計時に、下記に示す地質に関する判断が正しく行われていれば、回避できたものと考えられる。

- ①調査地は、地元では崩壊しやすい山としてよく知られていた。
- ②地質を知っている技術屋が踏査を実施していれば、崩壊は防げた可能性がある。
- ③既存の地質調査結果を十分理解して適切な対策工が提案できる技術者に相談できる場所や機会があれば、崩壊は防げた可能性がある。

(3) マネジメント効果の計量方法

追加地質調査と修正設計費用、修正法面対策の工事費用（自穿孔ロックボルト＋

吹付け法枠工と切土)をあわせて、当初設計の対策工費用との比較は可能と考えられる。

3-4-3 データ収集分析

(1) データ収集

事例分析のために、下記の資料を収集した。

- ・ 県道整備の事業経緯
- ・ 平成 16 年度の設計図面
- ・ 平成 18 年度の地質調査報告書
- ・ 平成 18 年度の設計図面

(2) データ分析

各段階の費用は以下のように考えられる。

①追加地質調査：350 万

②修正設計費用：450 万

③修正法面对策の工事費用

- ・ 崩壊に伴う工事（ロックボルト+吹付け法枠工+将来計画に合わせた拡幅）

$$\begin{aligned} \text{工事費} &= \text{法面工 } 5000 \text{ 万} + 50\text{m} \times \text{道路改良 } 5 \text{ 万/m} \\ &= 5250 \text{ 万} \end{aligned}$$

- ・ 崩壊前の暫定改良（拡幅なしの暫定改良、法面保護なし）

$$\begin{aligned} \text{工事費} &= 50\text{m} \times \text{道路改良 } 10 \text{ 万/m} \\ &= 500 \text{ 万} \end{aligned}$$

- ・ 暫定改良前に崩落を事前に予測していた場合

（ロックボルト+吹付法枠+将来計画の幅員 5m）

$$\begin{aligned} \text{工事費} &= \text{法面工 } 5000 \text{ 万} + 50\text{m} \times \text{道路改良 } 15 \text{ 万/m} \\ &= 5750 \text{ 万} \end{aligned}$$

崩壊が発生した結果、調査設計に新たに 800 万円の費用が必要となり、法面对策費用（変更後工事費用）も 5250 万円必要となった。

3-4-4 マネジメントの効果について

(1) リスクの計量化

設計段階で地質の技術者からアドバイスを受けていれば、適切な対策工の提案が可能であったと考えられる。

(2) リスクマネジメントの方法

設計時に地質の専門家による地質評価を設計者がアドバイスを受けられる第三者機関があれば、特に問題なく処理できた業務と考える。

(3) マネジメントの効果

マネジメントの効果は②－③で算定する場合、②追加工事費用－③対応費用＝ $6050 - 5750 = 300$ 万円である。すなわち、崩壊前の暫定改良費 500 万円を掛けていれば追加調査・設計費 800 万円は必要なかったという判断である。

一方、(①当初工事費＋②追加工事費)－(③理想的な対応費用＋④その上での工事費)＝ $(500 + 6050) - (5750) = 800$ 万円となる。③と④の区分ができていないことから③＋④＝③＝④と解釈せざるを得ない。ところが、③、④には当初工事費が考慮されていないから、これに 500 万円の当初工事費を上乗せすれば、効果は②－③と同様 300 万円になる。

(4) 地質調査妥当投資額

本事例のような小規模な法面設計でも地表踏査を実施できる費用 (130 万/km²程度) は最低限必要と考える。

(5) 求められる技術顧問の能力

地質技術顧問には対象となる地質の特徴や崩壊形態、有効で効果的な対策工が選定できる知識と経験が必要と考えられる。

3-4-5 データ様式の検討

(1) 分析に必要なデータ

リスクを検討する上では、次のような資料を収集することが必要と考える。

- ①地質名、地質の特徴
- ②調査・設計段階で想定されたリスク、リスクの処理方法

(2) データ様式の提案

「リスク発現事象」に「原因となった地質」を追加し、「B表修正案への記入(事例4)」に示す。

B表修正案への記入（事例4）

対象工事	発注者	地方自治体	
	工事名 ^{※3}	道路改良工事	
	工種	法面对策	
	工事概要	道路法面崩壊対策工	
	①当初工事費	500万	
	当初工期 ^{※4}	平成17年7月から11月	
リスク発現事象	リスク発現時期 ^{※5}	H17年7月～11月：自然斜面勾配で1m程度、切り下げて道路改良工事を実施した。 H18年7月に斜面崩壊を確認した。 H18年9月～10月：地質調査（2ヶ所25m）、法面对策工法の概略設計、対策工として自穿孔ロックボルト+吹付法枠工を提案。 H18年9月～H19年1月：測量一式（横断測量16断面）、法面工詳細設計一式、詳細設計は崩壊部周辺については自穿孔ロックボルト+吹付法枠工とした。	
	原因となった地質	亀裂の発達した中・古生代の砂岩、亀裂と層理面は流れ盤となっている。	
	トラブルの内容	法尻を掘削したことや冬季の凍結融解作用で亀裂が緩んだ所に豪雨が来たことが重なって法面崩壊が発生した。	
	トラブルの原因 ^{※6}	・調査不足 ・岩盤斜面の安定に関する知識不足 ・法尻を掘削したために亀裂の緩みを増大させた。	
	工事への影響 ^{※7}	崩壊法面の対策工事の追加	
追加工事の内容 ^{※1}	追加調査の内容	崩壊法面に対する調査ボーリング2箇所、現地踏査、対策工比較検討	
	修正設計内容	崩壊部の法面对策工を自穿孔ロックボルト+吹付法枠工に変更	
	対策工事	5250万	
	追加工事		
	追加費用	追加調査	350万
		修正設計	450万
		対策工	自穿孔ロックボルト+吹付法枠工+幅員の拡幅
		追加工事	5250万
		②合計	6050万
	延長工期		
間接的な影響項目	調査・設計業務を別途発注		
負担者	地方自治体		
リスク管理の理想像 ^{※2}	対応(すべき)時期 ^{※8}	当初の設計段階	
	対応(すべき)者 ^{※9}	設計者	
	対応(すべき)内容 ^{※10}	① 調査地は地元では崩壊しやすい山としてよく知られていた。地元での聞き込みを怠った。 ② 現地踏査して地質状況を確認すべきだった。 ③ 既存の地質調査結果を十分に理解して設計へ反映させるべきだった。 設計時に山岳地の気象を考慮すべきであった。	
	判断に必要な情報	亀裂の発達した中・古生層砂岩の崩壊のメカニズムや形態	
	対応費用	調査	地表地質踏査、調査ボーリング（2断面程度）
		対策工	崩壊地周辺：ロックボルト+吹付法枠工、その他：法面勾配1:1.0で切土し、植生マットで保護
		③合計	5750万
	想定工事	工事概要	
④工事費		5750万	
工期			

リスクマネジメントの効果	費用(②-③)	300万
	費用(((①+②)-(③+④))	800万
	工期	
	その他	

※1 : 含: 調査・設計・対策、因果関係の果

※2 : 業務プロセスのさらなる改善によりリスクが減少したであろう対応、因果関係の因

※3 : 工事が特定できる調査名

※4 : 年を明記

※5 : 構想・計画・調査・設計・工事・維持管理・その他

※6 : 予期せぬ地質事象の顕在化・地質事象に対する判断ミス・不十分な調査・専門技術者不足など

※7 : 工種の追加・工事費増大・工期延長など

※8 : 構想・計画・調査・設計・工事・維持管理・その他

※9 : 発注者、地質調査者、設計者、施工者、その他

※10 : もっとボーリングすべきであった、試験施工すべきだった、設計への地質調査結果が反映チェックなど

青文字 : 原案修正箇所

3-5 高規格道路堆積性硬岩地山の切土事例(B)

3-5-1 事例の概要

亀裂性の硬岩地山地帯における高規格自動車専用道新設工事に伴う法面工事（L=約 350m）で、2段から最大6段の両切土を行い、安定勾配（1:0.8, :1.2）で法面緑化工を行う当初設計であった。施工段階になり、切土の施工進捗に合わせ、法面で層理面や断層面に沿ってすべり破壊が起きたため、また一部法枠工実施後にクラックが発生した。法面観察やボーリング調査を至急実施し、補強対策工として、アンカー工、ロックボルト工、吹付法枠工などを追加設計し、施工した。当初工事費は364,600千円であったが、追加の調査・設計・工事対策に268,000千円を要する結果となった。また、他方竣工が約13ヶ月間延びた。

1) 地質的概況と建設地点の関係

当該地区は、一級大河川の下流部に広がる蛇行により形成された沖積平野に比高残丘状をなして長く伸びる東西の伸びる小尾根がある。これを南北に横断する形で高規格道路が建設され、その両サイドにある2～6段の法面が施工された。

当該地区の地質を、既往の地質調査所発行の5万分1地質図幅により、概況を把握する。当該地点は、中生代三畳紀の礫岩・砂岩、板状粘板岩・礫質粘板岩、及び砂岩からなる。地質構造的には、主として走向NW-S E・約20度北に緩傾斜する地区と一部走向NE-S W・20～40度北傾斜を示す地区に分かれ、両者間にはNNE-S SW走向の胴切り性の断層が発達している。これらの堆積層には堆積面である層理面があり、またそのほか粘板岩には、地下深部に埋没した段階で高地圧の下でできた片理面と呼ばれる別系統の亀裂、さらには砂岩層と互層している場合粘板岩には地質構造運動により出来た鏡肌を伴っていることがある。以上のような当該地区の岩盤は、硬質であるが「亀裂に富んだ堆積性岩盤」であることが特徴である。また、その他同図幅によるとひん岩と呼ばれる貫入岩が小規模に散在している。地山の風化状況は、褐色風化を受け、一部深くまで風化している場合がある。

3-5-2 事例分析のシナリオ

(1) リスク発現に至るプロセス

1) 地質リスク発現事象

地質リスク発現までのプロセスを図3-5-1に示す。

平成13年度にボーリング調査が1本実施され、その後概略・詳細設計を実施した。その後平成17年9月に6ヶ月間の工期で法面工事が発注され、施工が開始された。下り車線側の流れ盤の法面の2箇所大きく崩壊・すべりが発生し、対策工がおこなわれた（図3-5-2）。

全体リスク発現・対策工概要

工種	工期	工種	数量		金額 (単位:千円)	摘要
			数量	単位		
地質調査	H3年度	ボーリング	1	本		
設計		切土工		m3		350m
		法面工(緑化工)		m2		
工事	着工H17.9.29 (竣工H18.3.20)	切土工			264,000	
		法面工(緑化工)				
リスク発現	H18.3.13~ H18.10.10	流れ盤節理、くさび状孕みだし、層理面と節理面とのくさび状崩壊、断層面と流れ盤層理面とのくさび状崩壊ひん岩貫入面、トッピング、断層面沿い孕みだし、すべりまたは崩壊				
法面観察・ ボーリング 追加地質調査		法面観察		m2	15,000	ΣL=24m
		ボーリング調査	2	本		
変更設計		緩勾配切土、吹付法枠、ロックボルト、アンカー、長繊維補強土			11,000	
変更工事	竣工H19.4.27	緩勾配切土、吹付法枠、ロックボルト、アンカー、長繊維補強土			242,000	
変更分	約13ヶ月延長				268,000 千円	

図 3-5-1 地質リスク発現プロセス

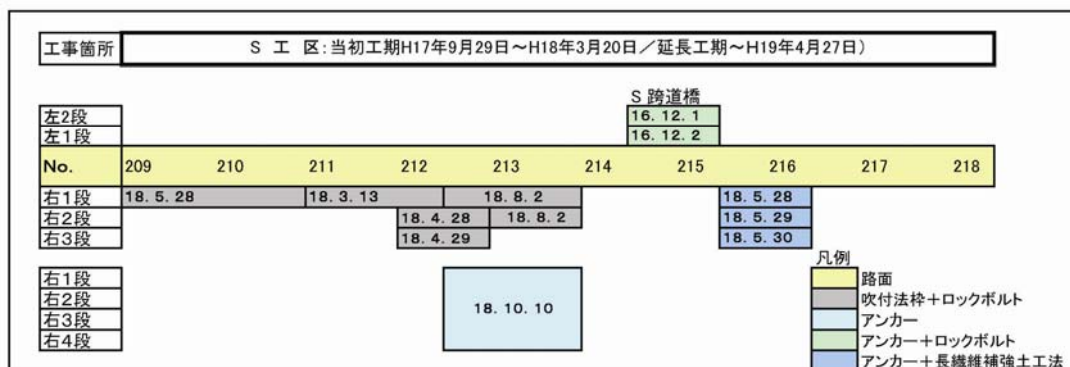


図 3-5-2 対策工種と施工概略範囲

(2) 想定されるリスクマネジメント

1) ルート検討段階(計画段階)

(a) 発注者意見

ルート検討段階で問題となる地質かなど、そのリスクも考慮したルート選定が必要と考えられる。従って、下記の2点

- ①候補ルート毎に地質リスクがあるかどうかを判断ができる地質資料を準備すること。
- ②地質専門家(「地質技術顧問」と置き換えることが出来る)の意見を聞くことが重要である。

(b) 具体案

ルート選定位置に余裕がある場合、どのルートをとることが利便性が高くかつ経済性に優れているのかを検討することになるが、現在選定されているルートは在来国道とも比較的近いためその周辺集落からのアクセスが良く、利便性が高い。従って、大幅なルート変更がないことを前提とする。計画段階で少しルートを変更しただけで工費が安く上がるのかどうかを検討できるだけの地質・土質資料が収集できたかどうか問題となるが、沖積平野の中を通るルートである場合、支持層と軟弱層の大まかな分布が分かるような状況であったかどうか、詳しくは不明であるが、一般的には都市部以外では資料が乏しく実際に調査をしなければ分からないことが多い。ここでは、この点が不明なのでこの段階までさかのぼることは出来ない。

2) 設計段階

(a) 発注者意見

調査設計段階では、地質調査結果によってはルート選定が変更になるとか、法勾配に関連し用地買収範囲に影響するため、ボーリング調査等の詳細な調査を実施する必要がある。また、施工費や工事実施時のリスク等を考慮すると、さらに道路縦断勾配やのり勾配、また切土とするかトンネル区間とするかなどの検討が必要であるので、その判断が可能な地質基礎資料を得るための調査計画とすることが肝要である。

設計時には、次の2点

- ①ルート選定および工法検討に使うことが出来る地質資料を得るための地質調査を計画・実施すること。
- ②設計コンサルタントだけでなく、地質調査専門家も交えた検討設計が必要と思われる。

(b) 具体案

結果論的になることを断っておくが、概略ルートが決まった段階で、路線沿いの地質図(縮尺5000分の1程度)を作成するため踏査を実施するが、その際設計・施工上の問題点を抽出する。この時点で、下記の地質リスクを想定することになる(図3-5-3)。

長大法面となる工事の場合、地質リスクを考慮し

- ①標準勾配で切ることが出来るのかどうか。
- ②亀裂性の岩盤でロックボルト付き法枠工など対策工が必要かどうか。

- ③貫入岩や断層箇所等でアンカー工等が必要な岩盤すべりが起きうるかどうか
- ④かぶりが大きい場合、施主意見にあるように一部トンネル案等の設計をおこなうに十分な情報があるのかどうかの妥当性を判断するのがポイントであり、設計の段階に応じてより詳細な調査が必要かどうかとも判断する。

以上を総合すると、比較的詳細な調査と高度の技術的判断を要する調査箇所であると判断される。

現実としては、切土区間の最大切土高地点において安定性を検討するため、道路土工指針の「割れ目の多い岩の切土」に相当すると判断し、ボーリングおよび切土勾配を検討するため弾性波探査を実施している点は妥当と考えられる。そのボーリング調査結果から亀裂が多く、調査、設計、施工の各段階で、流入粘土を伴う風化岩盤の有無の判断、さらなる調査の必要性をもう少し慎重に検討しておく必要であったと思われる。

設計段階で、切土勾配を標準的なもので設計しているが、割れ目の多い岩盤地山で、長大法面で、流れ盤の可能性のある切土法面では、ロックボルトあるいはアンカーで抑止対策工を行う必要があるが、層理や亀裂沿いの物性値をどのように決めるのか、対策する範囲をどのように決めるのかなど、難しい問題がある。事前に対策設計を決めてかかるのは問題があるため、一般的には切土高が小さい場合施工しながら変状の有無を見ながらの対策工が一番安上がりと考えられるが、当該箇所のように長大法面では事前に詳細な調査を行うことを、道路土工指針では規定している。

ボーリング調査を増やして実施した場合、現在の崩壊箇所を予想できたかどうか重要であるが、ボーリングはあくまでも点の調査であるため、貫入岩体の箇所がすべっているが、この箇所がすべると予測できたかどうか問題となる。この貫入岩体が弾性波探査で低速度帯として解析されるものであったのかどうか、結果的にその抽出がなされていれば、崩壊の予見が可能であったと推定される。相当の経験を積んだ技術者のチームワークによる技術的判断が必要とされる。

3) 施工段階

施工段階の課題としては、通常長大法面を最後まで切り降りるのではなく、切りながら変状が出ないかを観察施工し、変状が出そうになった場合対策工をほどこすなどの対策が望ましい。本事例の当初設計では緑化工だけなので、法面の強度を補う安定性に貢献することにはならないので、追加対策工のための修正設計と施工が必要となる。

- ①現状把握のための詳細な地質調査が必要
- ②調査解析を行い、十分な対策調査計画を立て、実施することが必要

この段階になると、本事例のように供用時期が決まっている場合、工期的に余裕が少ないケースとなるが、修正設計段階で十分な調査をおこない対策工法を検討し、少し過大気味の抑止工等を実施する場合と、対策工法検討のための十分な調査が出来ず過小設計となる場合がある。調査位置、数量ならびに解析・検討が適切でないと、施工がさらに進んだ段階で、あるいは維持管理段階でトラブルが起き、さらに

追加工事を実施しなければならない可能性がある。

一般論となるが、この時点での対応のまずさも含めて、調査・設計が適切でなかった場合竣工後間もない維持管理段階に、連続降雨等を誘因として法面災害が発生する場合も想定され得る。

(3) マネジメントの効果の計量方法

各段階に於いてマネジメント効果を計量する方法があるが、ここでは施工段階でのものを対象とする。

データ様式「B表修正案への記入（事例5）」に示すように、理想の事前対策③をおこなっていれば追加費用②が掛からなかったとの判断が出来る場合に、マネジメント効果があったとなる。しかし、当該区間のような複雑な地質・地盤状況の場合、必要最低限の調査・設計が事前に出来たかどうかをいうことはかなり難しい判断である。個人的な感想では、より安全側の設計になっていた可能性もあり、従って現調査・設計・施工費用より高くなった可能性がある。

一般論として、法面工事で崩壊や地すべりなどを起こした場合、事前に対策を施していた場合より、大がかりな対策工が必要である。その観点に立ち、事前の調査で対応していれば、多少おさえられた可能性がある。

本事例のような場合、詳細設計段階からのマネジメント効果は、金額的な部分では大きな効果が期待できない。竣工が遅れたことによる便益逸失費用を含めると、開通間際における損失費用は大きいですが、長期間を対象とした逸失は大きくないものと推定される。現在、整備局が実施している事業評価のなかに、完成された道路を利用することによる人・時間便益を算出しているが、当該箇所のデータは不明である。

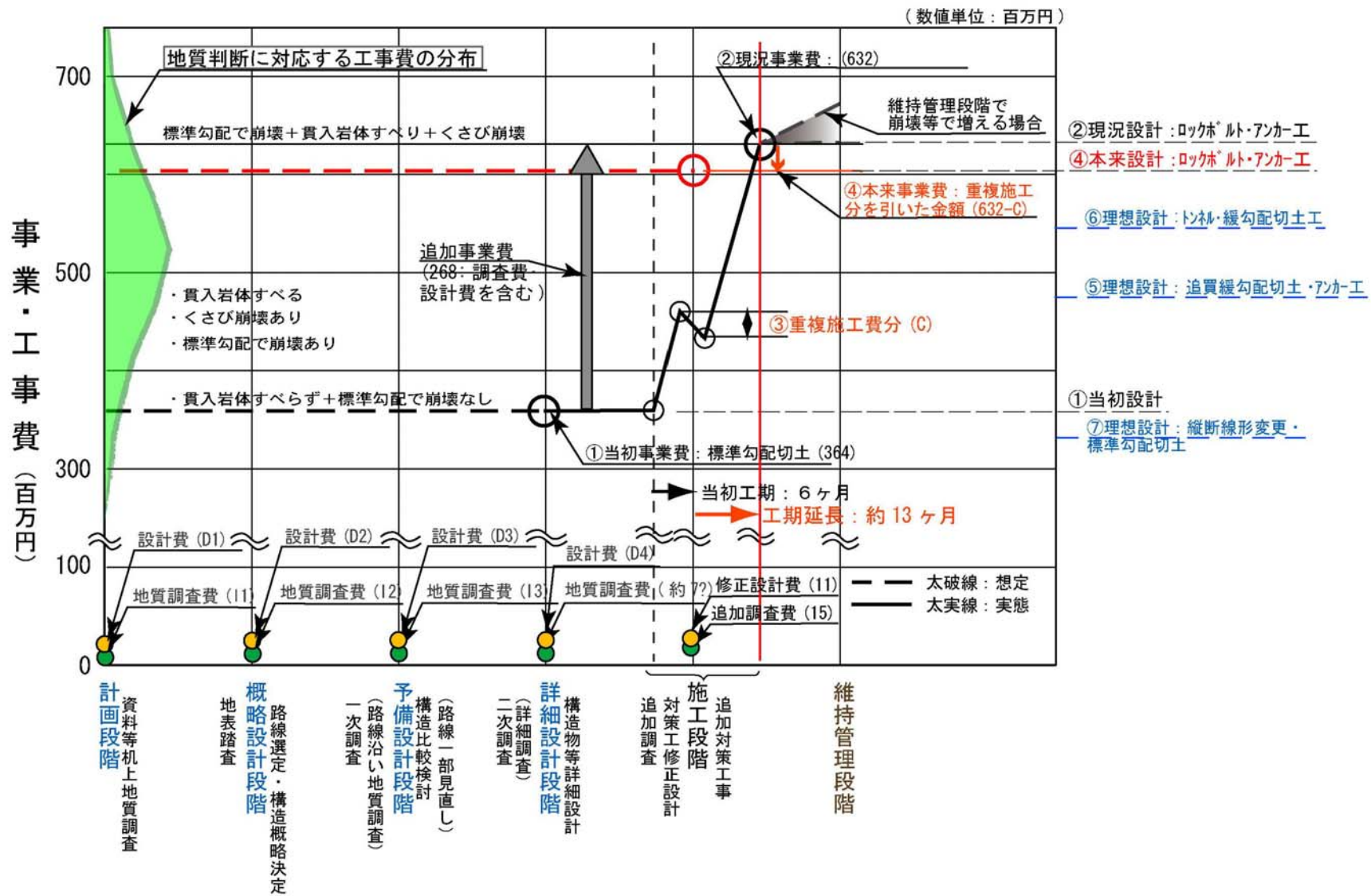


図 3-5-3 地質リスク図

3-5-3 データ収集分析

(1) データ収集

事例収集は、詳しい内容を把握するための発注関係の書類と報告書等は未収集であるが、概略のデータが収集できた。

(2) データ分析

1) 地質条件の解明プロセス

切土調査では、道路土工指針（P26）によると「長大のり面や特に注意の必要な切土部」で規定されている「地山が割れ目の多い岩の切土」で取り上げられている調査が適用された。結果として、中生代の亀裂性の地山のため地表踏査に加えボーリング調査と弾性波探査が実施されている。しかし、350m の切土区間でボーリング調査が1箇所であったため、地山の自然・人工の露頭状況がよい場合は精度的に問題ないが、悪い場合は地山状況の把握は難しく、地質平面図があれば判断できるが、発注者の意見にもあるように十分な調査でなかったとみられる。また結果論でもあるが熱水変質および／または深層風化を受けた貫入岩の分布している小尾根頂部の区間であったこともあり、解明プロセスは充分でなかったと推察される。

対策工設計を行うため、施工区間全体の法面を対象に地質スケッチを実施し、さらに変状・崩壊箇所を対象として2孔のボーリングを実施している。この時点での地質条件の効率的な最低限の解明が行われたと見られる。

2) 当初設計の変更プロセス

当初設計の安定勾配による切土工と緑化工を実施する予定で施工に入ったが、施工段階で法面の変状が各所で発生したため、図 3-5-1 に示すように第1段階として上り側法面に吹き付け法枠工+ロックボルト工を施工した。しかしその後変状が再度発生したため、変状の性状・規模・メカニズムを解明するためのボーリング調査が2孔および法面スケッチによる地質観察が実施された。その後、法面が流れ盤・受け盤かどうかで、またさらに変状の種類・規模に応じて、緩勾配切土、吹付法枠、ロックボルト、アンカー、長繊維補強土工などの変更設計を実施している（図 3-5-1）。

3) 当初工事費の変更プロセス

図 3-5-1 に示すように、当初設計に基づく施工段階で発現した地質リスクの事例で、各法面保護工の施工数量が把握できていないが、変更調査費、変更設計費および変更工事費が判明している。

4) トラブルの内容・対応のプロセス

図 3-5-2 に示したように、地質リスクの発現として、風化した亀裂・層理面に沿った岩盤すべり・崩壊によって上り側法面1段目と2段目に吹き付け法枠工+ロックボルト工が施工したが、一部区間で変状が発生した。対応のプロセスとして、変状の起きた箇所付近にアンカー工の対策工を実施しているが、施工範囲は区間長としては比較的狭い範囲となったものと推測される。対応プロセスとしては、一般的であるが、この事例では開通時期を公表してあったため、大幅に遅れた点が問題となった。

5) 対応策と費用

図 3-5-1 に示したように、追加調査、追加設計、追加工事などの対策の内容および総額

が明らかである。追加調査費用／追加工事は、15,000千円／242,000千円で、6.2%であり、その逆数は16.1倍である。

6) 技術者の判断プロセス

施工段階でのリスクの発現は、工期が充分とれる場合あるいは緩勾配切土工のための用地買収がスムーズに行く場合は、事後対策が経済的なことがある。本事例を含め、それ以外の場合、すなわち供用時期が決められている場合あるいは追加の用地取得が難しい場合は、計画や設計段階での地質技術者の判断で地質リスクマネジメントが重要となってくる。

仮に概略設計段階で、地質調査を追加しボーリング調査を実施していた場合、詳細設計段階で法枠付ロックボルト工や一部アンカー工が有効であると判断し、長い区間を同工法を適用した可能性がある。この場合、地質リスクを抽出し、インパクト評価をして、リスク低減し、保有する方法で、ロックボルト工を実施することを想定した場合、より広い範囲の対策工を実施するなど、過大設計となり、工事費が逆に今以上に増加する可能性があることは否定できない。

(3) 当初設定シナリオは実証できたか

現時点では、データが少なく実証できるまでには至らないが、おおよそのことが判明しているので、結果論から見た想定シナリオを、次項で検討した。

3-5-4 マネジメントの効果(シナリオとマネジメント効果)

本ケースを元に、想定されるマネジメントプロセスを「図 3-5-3 地質リスクマネジメント図」で現わし、効果を検討してみることにする。

本事例では、一般論から見てもまた結果論から見ても以下の3点の地質条件(地質リスク)を調査・評価することが、設計条件を決める際、すなわち工法選定の際重要である。

- ① 亀裂性の堆積性岩盤が小規模崩壊をおこすのかどうか；層理面、節理面、片理面の発達程度および風化程度に基づき、標準勾配の可否またはロックボルト付き法枠工または緩勾配切土工の必要性の判断をおこなうこと
- ② 貫入岩体がすべるのかどうか；貫入岩体の有無、変質・風化程度、貫入面の性状に基づき、アンカー工の必要性または縦断勾配の再検討の必要性の判断をおこなうこと
- ③ 比較的規模の大きなすべりを起こす断層等の弱層が分布するのかどうか；地質図幅に示されている断層の有無・分布・破碎性状・風化程度に基づき、アンカー工の必要性または縦断勾配の再検討の必要性の判断をおこなうこと

以上の点について、実態及び想定に基づき、計画段階から、設計、施工、維持管理の各段階での、リスク認識と対策工の概要を図 3-5-3 に示した。

- ① 当初設計： この場合小規模崩壊もすべりも起きないと想定したシナリオであるため、標準勾配での設計であったため工費が一番か安かった。しかし、結果のごとく施工できなかった。
- ② 現況設計： 表層崩壊の恐れのある箇所をロックボルト付きの法枠工、大きな崩壊の箇所および貫入岩体のすべり箇所についてアンカー工で抑止工を実施した。この場合、崩壊やすべりが起きた場所が分かってから対処しているため、かなり

経済的に施工できたことになる。しかし、一部には重複施工されている箇所があるため、その分が割り増しにはなっている。

- ③本来設計：事前に崩壊とすべりが予測できていたとすると、この事業費で収まったはずである。しかし、上述のように通常はこれより過大に設計・対策をおこなう傾向があるため、現況より事業費は増えていたケースも想定される。
- ④理想設計：崩壊しやすい岩盤でことが事前に分かっていたら、緩勾配切土と貫入岩のアンカー工で済んでいた可能性がある。
- ⑤理想設計：崩壊・すべりが最大切土区間で予測してあれば、一部の区間をトンネルで脱けることが出来た可能性がある。
- ⑥理想設計：同様に、崩壊しやすいことが予測できていれば、縦断線形を変更し、標準勾配あるいは緩勾配切土を併用し、比較的この工区だけを見ると一番安上がりになるかもしれないが（部分最適解）、全体としてみた場合、盛土区間あるいは高架橋区間が増える可能性があり、事前の十分な検討が必要と考えられる。

3-5-5 データ様式の検討

(1) 分析に必要なデータ

①どのようなデータを用いて分析したか

本事例の場合、施工開始からの変更工事分の情報が主体となっており、計画段階からの一連の情報が利用できなかった。

②どのようなデータがあれば有益か

今回のデータ収集では、事例収集として最後に調査技術者がまとめるためのものであった。しかし、現実の事業を想定すると、各調査、各設計、施工の各段階で、リスク低減と処理方法のような観点からまとめが必要なのではないかと考えられる。

今回考案した様式は、リスクが施工段階で発現した場合に有効な様式であろう。

(2) データ様式の提案

今回の事例分析からデータ様式を「B表修正案への記入（事例5）」に提案する。

①工種追加項目とその概略数量を記載する項目が必要

②各調査、各設計、施工の各段階で、地質リスク抽出の有無・インパクト評価、その伝達の有無、設計での反映の有無、地質リスクの削減等の処理のされ方、施工時点での地質リスクの認識・対処法などがどうであったのかを、一定書式でまとめることが望ましいと考えられる。

B表修正案への記入（事例5）

対象事業・工事	発注者	河川国道事務所				
	工事名	S縦貫道、国道新設工事				
	工種	法面工事（L=約350m）				
	工事概要	最大6段の両切土。安定勾配（1:0.8、1:1.2）での切土工が、アンカー工、ロックボルト工、吹付法砕工などに変更				
	①当初工事費	364,600千円				
	当初工期	H17.9.29～H18.3.20				
地質リスクの抽出・処理に関する総括表	計画段階	設計段階			施工段階	
		概略調査 概略設計	一次調査 予備設計	二次調査 詳細設計		
	地質概要	中生代堆積性硬質岩盤（亀裂性）、深層風化、熱水変質				
	地質構造概要	断層、褶曲				
	地質リスクの抽出*	不明	不明	不明	×	×
	地質リスクの伝達*	不明	不明	不明	×	—
	地質リスクの低減等があったかどうか*	不明	不明	不明	×	×
	地質リスクの反映*又は発現	不明	不明	不明	×	★
	*：三段階評価、○良くできている、△：一部問題がある、×：出来ていない、★：地質リスク発現					
	リスク発現事象	リスク発現時期	工事施工時：切土の施工進捗に合わせ法面崩壊、クラックが断続的に発生			
トラブルの内容		岩盤すべり、くさび状崩落				
トラブルの原因		当初設計時には、ボーリング調査1孔と弾性波探査を実施し、安定勾配を決定したが、調査数量が少なく、当該地山の地質状況を判断することが十分出来なかったものと推察される。				
工事への影響		供用目標が明示され、残された期間のうちで出来る対策工法での施行となり、費用が増大した。また供用目標に対する工程上のネックとなった。				
追加工事の内容	追加調査の内容	ボーリング調査、のり面スケッチ（工事に含める形で）				
	修正設計内容	現場吹付法砕工、ロックボルト工、グランドアンカー工				
	対策工事	現場吹付法砕工、ロックボルト工、グランドアンカー工				
	追加工事					
	追加費用	追加調査	15,000千円			
		修正設計	11,000千円			
		対策工	242,000千円、当初は切り土のり面緑化			
		追加工事				
②合計	268,000千円					
延長工期	H17.9.29～H18.3.20 ⇒H19.5.27 約13ヶ月					
間接的な影響項目	工期の延長、対策費用の増加					
負担者	国					
リスク管理の理想像	対応(すべき)時期	調査設計段階での十分な調査（ルート選定、用地買収に関係するため）。工事実施段階での十分な調査（変状が起きた場合、対策工法検討のため）				
	対応(すべき)セクタ	発注者：調査から工事までの段階で、地質調査に関する出来る調査を実施すべき。				
	対応(すべき)内容	ルート検討段階で問題となる地質かなど、地質専門家の意見も含め判断できる材料を持ってそのリスクも考慮したルート選定が必要。設計段階では、ボーリング調査等の詳細な調査を実施し、施工費や工事実施時でのリスク等を考慮し、道路縦断勾配やのり勾配、また切土かトンネルかなどの検討が必要。設計時には設計コンサルタントだけでなく、地質調査専門家も交えた検討設計が必要と思われる。				

	判断に必要な情報		地質および地盤情報、付随するリスク情報
	対応費用	調査	
		対策工	
		③合計	
	想定工事	工事概要 (事前対応を行った場合の工事)	<ul style="list-style-type: none"> ・切土として施工する場合には、安定勾配でのり勾配として用地買収を実施。土工が最も安上がり。 ・トンネル施工のケースも考えられたのではないか
		④工事費	
工期			
リスクマネジメントの効果	費用((②-③))		結果、工費が増額となっているが、調査が充実していれば、トンネルにするなど工法の選択肢はあるが、当初から必要な予算であり、それを計上していなかっただけである。本当の損失は供用の遅れによる経済的損失、工事がスムーズにすすまなかったための施工業者の経費等の損失であると思われる。
	費用(((①+②)-(③+④)) (当初工事費+追加費用)-(対応費用+想定工事費))		
	工期		
	その他		供用期限のある施工段階での工法の見直しは、限られた空間の中での対策工となり、当該箇所では法枠、ロックボルト、アンカーと、結果的に切り土法面全てを覆うこととなり、また変状も部分的に発生し、その都度対応している結果から継ぎ接ぎでの施工とならざるを得なかった。道路の景観という視点での課題が残る。

青文字：原案修正箇所

3-6 国道道路改良工事(C)

3-6-1 事例の概要

本事例は、道路の切土のり面（3段オープンカット）の工事中、大規模地すべりの兆候が現れ、対策が必要となったものである。

対象区間の切土のり面は事前調査を行っておらず、標準勾配による切土で設計されていた。しかしながら、最下段の3段目まで掘削した段階でのり面に大きな変形が生じたため、工事を中断し、応急対策を講じて、追加調査・解析・対策工設計を行った。その対策工事を行った結果、その後は安定した状態で工事を進めることができた。

この地質リスクの発現によって、約760百万円の追加対策工事費が必要となり、工期も約2年延長し、結果として供用が遅れるなどの影響も出た。

この事例は、工事着手後に対策工が必要となった点では地質リスクが発現した事例であるが、隣接区域の切取り斜面の地層状況から地質リスクの発現を予測し、変位観測を行って大規模な地すべりを未然に防いだことは地質リスクを回避した事例とも言える。

(図 3-6-1 対策工平面図・断面図 参照)

3-6-2 事例の分析

(1) リスク発現に至るプロセス

上記道路のうち測点 No. 0～31 については H. 15 年度より施工が進められている。

このうち、No. 23 付近の切取り斜面において事前調査では想定されていなかった脆弱な粘土層（熱水変質帯）が確認された。No. 24 付近の切土部は事前に地質調査を行わず、標準勾配で計画されていたが、隣接する区域で軟弱層が確認されたことから、この切土部でも軟弱層が存在し切土部の安定性に影響を与えることが危惧された。

そのため、施工前に切土のり面上部においてボーリング及び孔内傾斜計設置を行い、施工時に地盤挙動の観測を行った。パイロット掘削期間においては特に変状はなかったが、本掘削に入り、最下段の3段目まで掘削した段階で変位が大きくなったため、ただちに工事を中止して押え盛土を行ったところ、変位は収束傾向となった。

以上のように変位発生は本掘削が誘因となった可能性が高いと考えられたことから、急遽追加調査を行うとともに、地すべり機構の把握及び対策工の検討を行った。その結果を踏まえて対策工事を行い、その後に所定の計画深度までの切土掘削を行った。その後は変位の進行は見られず、安定した状態にあることが確認されている。

事前に地質踏査を行い対象区域は地すべり地形ではないことと判断していたが、ボーリングまで行っておらず軟弱層の存在が安定性を低下することまでは想定できていなかった点では調査不足がトラブルの原因とも言える。しかしながら、3段程度の切土では地質調査を行わず標準勾配で設計することも多く、工事において隣接区域での地質状態から当該区域の地質リスクを予見し、施工時には孔内傾斜計による観測を行うことによって大きなトラブルを未然に防止した。

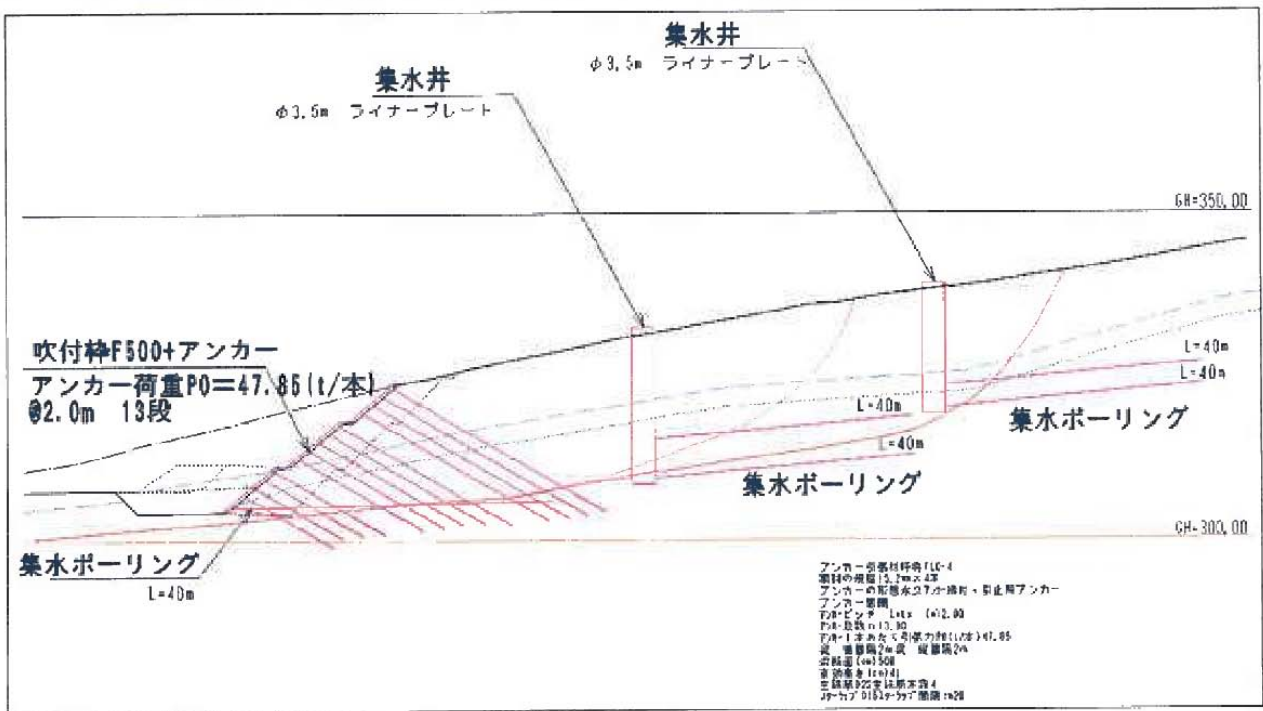
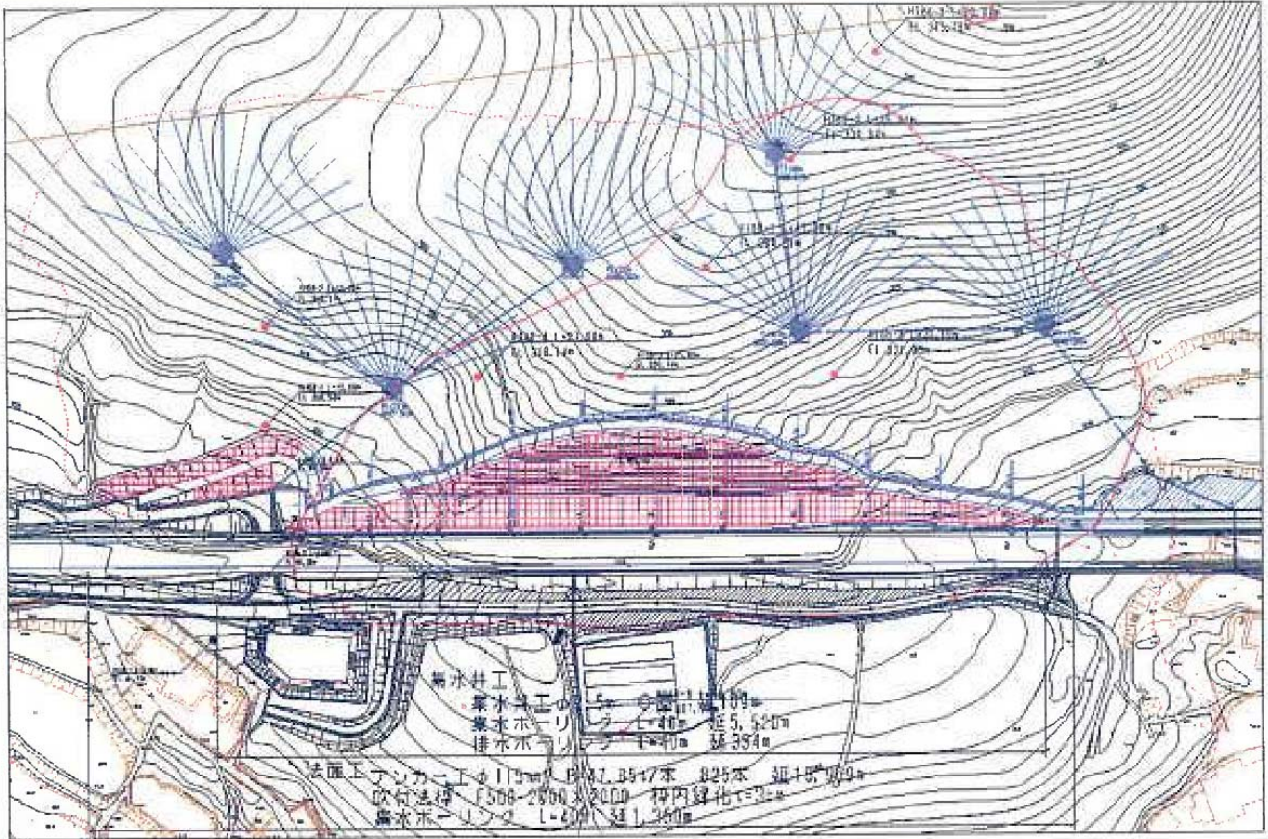


図 3-6-1 対策工平面図、断面図

(2) 想定されるリスクマネジメント

①設計時

設計段階で事前調査を行って軟弱層を把握できていれば、抜本的な対応策を講じることができていたと推測され、本事例でもリスクマネジメントには適切な地質調査が重要であることが判る。

②施工時

施工時には、隣接区域における施工状況・地層状態などから対象区間の地質リスクを判断し、掘削時の切土のり面の挙動を観測してリスク管理をしている。施工時においては、実際の掘削状況や地盤の挙動などの情報がリスクマネジメントでは重要となる。

(3) マネジメントの効果の計量方法

①当初事業費

②追加工事費

③当初から地すべりを想定した施工方法を採用した場合の工事費

④地すべりが発生していた場合の対策工事費（追加用地買収費、土砂撤去処分費、安定対策費、等）

最善のシナリオ → ③（≒①）

次善のシナリオ → ①+②（実際の工事）

最悪のシナリオ → ①+④

3-6-3 データ収集分析

(1) データ収集

本事例で収集したデータは次の通りである。

- ・リスク発現事象の内容、経緯
- ・追加地質調査データ
- ・地すべり解析データ
- ・対策工設計
- ・対策工概算工事費

(2) データ分析

地質調査は設計段階では実施していない。追加調査はボーリング10箇所、弾性波探査2測線を行い、それを基に軟弱層（熱変質帯）、すべり面を特定し、地すべり解析によって対策が必要な範囲・深度を決定している。

対策工は、集水井(6基)及びグラウンドアンカー付鋼製受圧盤(545基)とし、その対策工事費は約760百万円となっている。また、追加調査・解析・設計費を含めると追加費用は総額で約800百万円余りとなっている。

設計段階で地質調査を行い軟弱層が確認できていれば、本事例のような対策工は行わず、縦断勾配を変更して切土を少なくする、あるいはルートを変更するなどの対応を講じていた可能性が高い。仮に縦断勾配を変更して切土を少なくすれば工事費が減となり（切盛土

バランスの問題はあるが)、事前調査・解析の費用を考慮しても当初工事費と大きな差はないものと推測され、約 800 百万円のコスト縮減に繋がっていた可能性が高い。

一方、施工時に隣接区域で掘削した地層状態から対象区間の地質リスクを予見し、地盤挙動を把握することにより大規模な地すべりを回避している。仮に地盤の挙動観測を行わず地すべりを発生させていた場合は、その対策費用は上記対策費の数倍に及んでいた可能性が高い。この点からも、施工時における技術者のリスクマネジメントは適切であったと言える。

以上のように、本事例では地質リスクマネジメントによってコスト縮減と円滑な遂行が可能であることが検証できたと考える。ただし、全般にやや具体的数値が不十分で推測となっているものもあり、データ収集に関する今後の課題と言える。

また、対策を行う上では十分な追加調査を行っているが、全く白紙の状態であれば事前調査はどの程度の規模で行い、その調査で地すべりの発生を確実に予測できていたかを検証していく必要がある。本事例のように 3 段程度の切土のり面では事前調査を行わないことも多く、事例収集でものり面工事で地質リスクが発現した例が多いことはこれが一因になっているとも考えられる。しかしながら、現実問題として、比較的小規模なり面工事などでは費用対効果としてどの程度の地質調査を実施すべきかについての評価は難しいところである。

3-6-4 マネジメントの効果について

(1) リスク(低減)の計量化

前述のように、設計段階で地質調査を行い軟弱層を確認できていれば、他の対応策を講じていた可能性が高く、リスクマネジメントにより約 800 百万円のコスト低減が図れていたものと考えられる。

一方、施工中に大規模な地すべりを発生させていたならば、その対策工事費は莫大となり、さらには用地費も必要にあり全体では上記対策費の数倍に及ぶと推測されるが、供用延期に伴う影響なども加味する必要があり、現状では計量化することは難しい。

(2) リスクマネジメントの方法

本事例でも事前調査を行って軟弱層を把握していれば対策工事費は不要となっていた可能性は大であり、その点から考えれば地質リスクを回避するために最善の方法は、計画時あるいは設計時に地質の専門家による地質評価を行うことであることは間違いない。しかしながら、工事内容等を勘案すれば全てが最大限の事前調査を行うだけの投資を行うべきか否かは判断の分かれるところである。このように事前調査が十分でない判断される場合は、地質の専門家の意見を参考に施工時に動態観測を行い、最悪のシナリオに至らないような対応を講じることも地質リスクマネジメントの一手法であると考えられる。

(3) マネジメントの効果

本事例では、マネジメントの効果として事業費の大幅な増加、工期の延長を回避することが可能と考えられる。いずれにしても工事内容によって効果の大小はあるものの、地質リスクマネジメントが安全で経済的な工事に寄与することはできると言える。

(4) 地質調査妥当投資額

地質調査の妥当投資額については事業の内容にもよるが、本事例の場合は対策工事費に対する調査費（解析費含む）は約5%である。最善のシナリオを想定した事前調査については、工事費の5～10%に及ぶと考えられる。

地質調査の妥当投資額については、工種や対象地域の地質特性などによって大きく異なり、一律に論ずることはできない。本事例のような切土のり面工事においても明確な判断は難しいが、一般的には工事費が他の工事に比べて比較的少額であることを勘案すると、リスクマネジメントとして地質調査費は他工種よりは高めとなる可能性は高い。しかしながら、現場状況などによっては、事前調査を最小限にして工事中の動態観測などで対応することによって調査費用を減じる手法もあることから、妥当投資額の評価は難しい状況にあると言えよう。

(5) 求められる技術顧問の能力

本事例を参考にすれば、地質技術顧問には対象地域の地質・土質に対する判断は勿論であるが、周辺区域の地質状態、施工状況などといった最小限の情報からでも地質リスクを予見し、適切な対応策を判断することができる能力が必要と考えられる。それが最悪のシナリオを回避し、コスト縮減に結びつくと言える。

3-6-5 データ様式の検討

本事例では、施工に関するデータ、追加調査・解析・対策工事に関するデータを用いて分析を行った。一般的には、これに事前調査に関するデータ、当初計画の内容などのデータがあれば有益な評価が行えると考えられる。

以上を勘案すると、地質リスクマネジメントを進めていく上では次のようなデータが必要となってくる。

- ①地質リスク発現（回避）事象の内容と原因
- ②当初工事の内容・工事費
その計画（設計）に対する地質調査の内容と評価、費用
- ③追加（変更）工事の内容、工事費
その計画（設計）に対する地質調査の内容と評価、費用
- ④施工状況、施工データ、動態観測データ

本事例を「C表原案への記入（事例6）」に示すが、原案では以下のような段階を表現することは困難であった。

本事例は、前述のように工事中に発現した地質リスクを最小限に回避するために、次のように2段階のリスク対応を行っている。

- 1) 隣接区域での軟弱層の確認による大規模地すべりの懸念
 - 2) リスク対応の実際1（傾斜計による観測施工の実施 300万円）
 - 3) 最下段まで掘削した時点での地すべりの兆候の発現
 - 4) リスク対応の実際2（対策工の調査・設計・施工 8億円）
- すなわち、当該地区でも軟弱層が存在し大規模地すべりが懸念されたため傾斜計による

観測施工を行いながら工事を進め、最下段まで施工した時点で明らかに地すべりの兆候が現れたので本格的な対応を行ったものである。このようにリスク対応を2段階で行ったことを示したデータ様式が「C表修正案への記入（事例6）」である。

このように、実際の工事では様々な事象が発生しA、B、Cに分類できない（分類しにくい）事象も多々あると想定される。このため、最終的には様々な事例に対応できるような様式とすることが望ましく、また、工事毎に必要なデータは少しずつ違ってくることから、上記のデータを基本として、詳細データを必要に応じて追記できるようにすべきである。

C表原案への記入（事例6）

対象工事		発注者	地方自治体（県）		
		工事名	国道道路改良工事		
		工種	道路切土		
		工事概要	高規格道路の切土のり面工事（3段オープンカット）		
		①当初工事費	－		
		当初工期	－		
発 現 し た リ ス ク	リスク発現事象	リスク発現時期	工事中		
		トラブルの内容	道路の切土のり面（3段オープンカット）の工事中、最下段まで掘削した段階でのり面に地中変位が生じ、大規模地すべりの兆候が現れ、対策が必要となった。		
		トラブルの原因	調査不足 （当該区域における事前調査なし）		
		工事への影響	追加対策工事、工期延長（供用遅れ）		
	追加工事の内容 ^{※1}	追加調査の内容	ボーリング10本、 弾性波探査2測線、他		
		修正設計内容	－		
		対策工事	集水井6基、グラウンドアンカー付鋼製受圧盤545基		
		追加工事	－		
		追加費用	追加調査	30百万円	
			修正設計	10百万円	
			対策工	760百万円	
			追加工事	－	
		②合計	800百万円		
		延長工期	約2年		
間接的な影響項目	供用時期の延期				
負担者	施主				
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	工事中		
		予測されたトラブル	大規模地すべり		
		回避した事象	大規模地すべり		
		工事への影響	工事の中断、手戻り		
	リスク管理の実際 ^{※2}	判断(した)時期	工事中		
		判断した者	地質技術者、施工者		
		判断の内容	① 隣接区域における掘削状況より、当該区域にも想定外の軟弱層が存在する可能性と安定性の低下 ② 掘削時の地中変位より地すべり変動の発生の有無		
		判断に必要な情報	施工状況、地盤動態観測データ、地盤データ		
	リスク対応の実際	内容	追加調査	傾斜計による地中変位観測	
			修正設計		
対策工					
費用		追加調査	3百万円		
		修正設計			
		③合計	3百万円		

回避しなかった場合	工事変更の内容	
	④変更後工事費	算定困難 (2,000~3,000 百万円程度か)
	変更後工期	3年以上
	間接的な影響項目	供用時期の大幅な遅れ、用地の追加取得、地元とのトラブル、等々
	受益者	施主 (地域住民、納税者)
リスクマネジメントの効果	費用④ - (①+②+③)	1,000~2,000 百万円
	工期	
	その他	

※1 : 含 : 調査・設計・対策、因果関係の果

※2 : リスクを減少させた判断、因果関係の因

C表修正案への記入（事例6）

対象工事		発注者	地方自治体（県）		
		工事名	国道道路改良工事		
		工種	道路切土		
		工事概要	高規格道路の切土のり面工事（3段オープンカット）		
		①当初工事費			
		当初工期			
発 現 し た リ ス ク	リスク発現事象	リスク発現時期	工事中		
		トラブルの内容	道路の切土のり面（3段オープンカット）の工事中、最下段まで掘削した段階でのり面に地中変位が生じ、大規模地すべりの兆候が現れ、対策が必要となった。		
		トラブルの原因	調査不足 （当該区域における事前調査なし）		
		事業・工事への影響	追加対策工事、工期延長（供用遅れ）		
	追加工事の内容	追加調査の内容			
		修正設計内容			
		対策工事			
		追加工事			
		追加費用	追加調査		
			修正設計		
			対策工		
			追加更工事		
	②合計				
	延長工期				
間接的な影響項目					
負担者					
最 小 限 に 回 避 し た リ ス ク	リスク回避事象1	予想されたリスク発現時期	工事中		
		予想されたトラブル	隣接区域の切り取り斜面で想定外の軟弱層が確認され、当該区域でも軟弱層が存在し、切土のり面での安定性が低下し、大規模地滑りに繋がるのが危惧された。		
		回避した事象	大規模地すべり		
		事業・工事への影響	追加対策工事、工期延長（供用遅れ）		
	リスク管理の実際1	判断(した)時期	工事中（当該地区の施工着手前）		
		判断した者	施工者、地質技術者		
		判断の内容	隣接区域における掘削状況より、当該区域にも想定外の軟弱層が存在する可能性と安定性の低下		
		判断に必要な情報	地盤情報、施工状況、		
	リスク対応の実際1	内容	追加調査	傾斜計による地中変位観測	
			修正設計		
			対策工		
		費用	追加調査	3百万円	
			修正設計		
			対策工		
③合計	3百万円				
リスク回避事象2	予測されたリスク発現時期	工事中			
	予測されたトラブル	最下段まで掘削した段階で、地中変位が大きくなり、このままでは大規模地すべりが発生する。			

		回避した事象	大規模地すべり)		
		事業・工事への影響	追加対策工事、工期延長（供用遅れ）		
	リスク管理の実際2	判断(した)時期	工事中（掘削施工中）		
		判断した者	地質技術者		
		判断の内容	傾斜計による地中変位観測の結果、地中変位が増大し、地すべり変動が発生したと判断された。緊急措置として押え盛土で地盤変位の増加を止め、その後、必要な調査ならびに対策工設計を行うこととした。		
		判断に必要な情報	地盤情報、施工データ、地盤挙動データ		
	リスク対応の実際2	内容	追加調査	ボーリング10本、弾性波探査2測線、他	
			修正設計		
			対策工	集水井6基、グラウンドアンカー付鋼製受圧盤545基	
		費用	追加調査	30百万円	
			修正設計	10百万円—	
			対策工	760百万円	
			変更工事	—	
			③合計	800百万円	
	回避しなかった場合	工事変更の内容	大規模地すべりの発生により、地すべり土砂の撤去、安定対策が不可避。安定対策は長大のり面工事になっていた可能性大。また、用地の追加買収が必要となる。		
④変更後工事費		算定困難（2,000～3,000百万円程度か）			
変更後工期		3年以上			
間接的な影響項目		供用時期の大幅な遅れ、用地の追加取得、地元とのトラブル、等々			
受益者		施主（地域住民、納税者）			
リスクマネジメントの効果	費用④－(①+②+③)	1,000～2,000百万円			
	工期				
	その他				

青文字：原案修正箇所

3-7 トンネル施工の事例(C)

3-7-1 事例の概要

本トンネルは、県発注の山岳部に計画された全長 279m の道路トンネルである(図 3-7-1)。周辺の地質情報や事前の地表地質踏査により、トンネル断面が土砂堆積層と基盤岩の境界付近を通過することが想定された。担当した地質技術者は、計画地に適合した地質調査を提案し地質断面の精度を向上させると共に、調査と設計における問題点を抽出し、トンネル施工段階のプロセスマネジメントとして、発注者、施工者、調査設計者による委員会の設置を提案し運営された。施工段階では委員会との連携を図り、地質リスクを回避し計画通りに完工した。

本事例は地質調査時に地質リスクを想定し設計に反映させると共に、施工時にプロセスマネジメントを導入することにより地質リスクを回避した事例である。

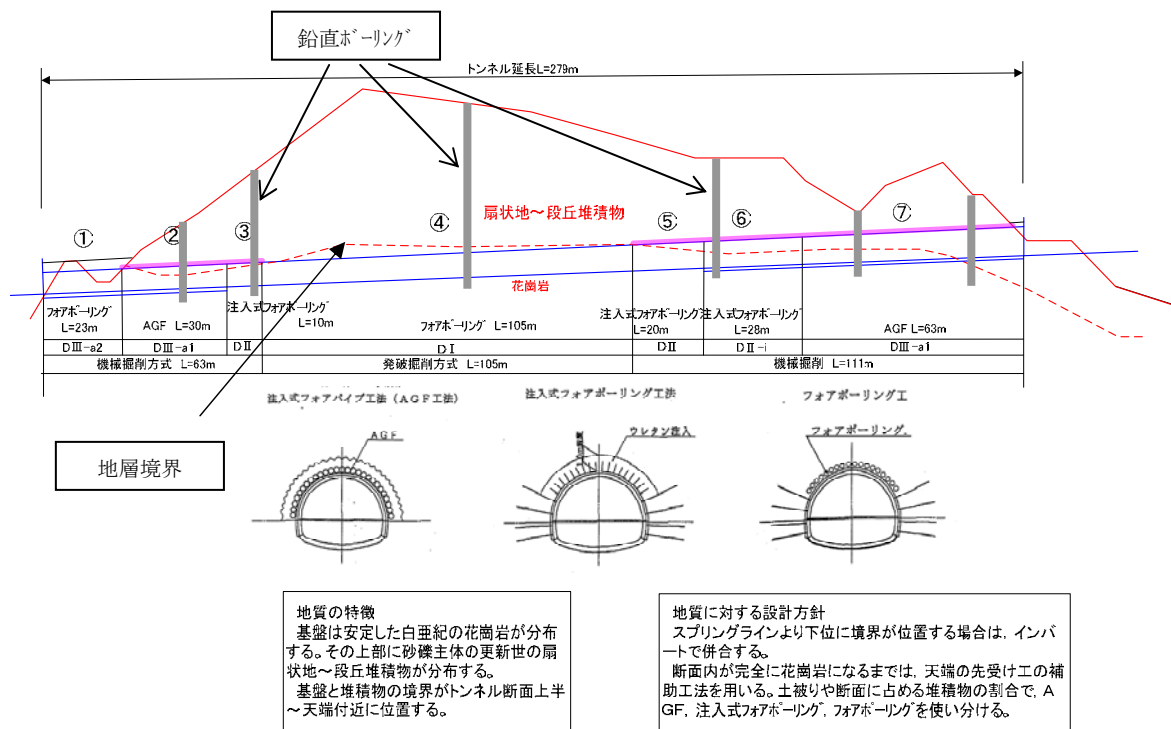


図 3-7-1 トンネル断面模式図

3-7-2 事例分析のシナリオ

(1) リスク回避に至るプロセス

事前の地表地質踏査により地質リスクが発生する要素として、トンネル通過断面における土砂堆積層と基盤岩の境界部に着目し、水平ボーリング調査を鉛直ボーリング調査に切り替えるよう提案して調査を実施し、地質断面の精度を向上させた。

トンネル断面に土砂堆積層と基盤岩の境界が存在する場合、適切な判断を行わないと工費が増大することが多いので、設計時に補助工法の工種およびインバート設置位置を地質条件により明確に区分し、施工時に管理しやすいように検討した。

施工においては、補助工法やインバート区間を施工時に判断するための委員会を設置し、協議による合意形成を明確なものとして位置づけた。

(2) 想定されるリスクマネジメント

本事例における事業の流れと地質リスクの変化を図 3-7-2 に示すが、リスクマネジメントとしては、以下の3段階が考えられる。

- ① 適切な地質調査の実施段階
- ② 地質条件の設計への反映段階
- ③ 不確実な要素を回避するための施工における委員会の設置と運営の段階

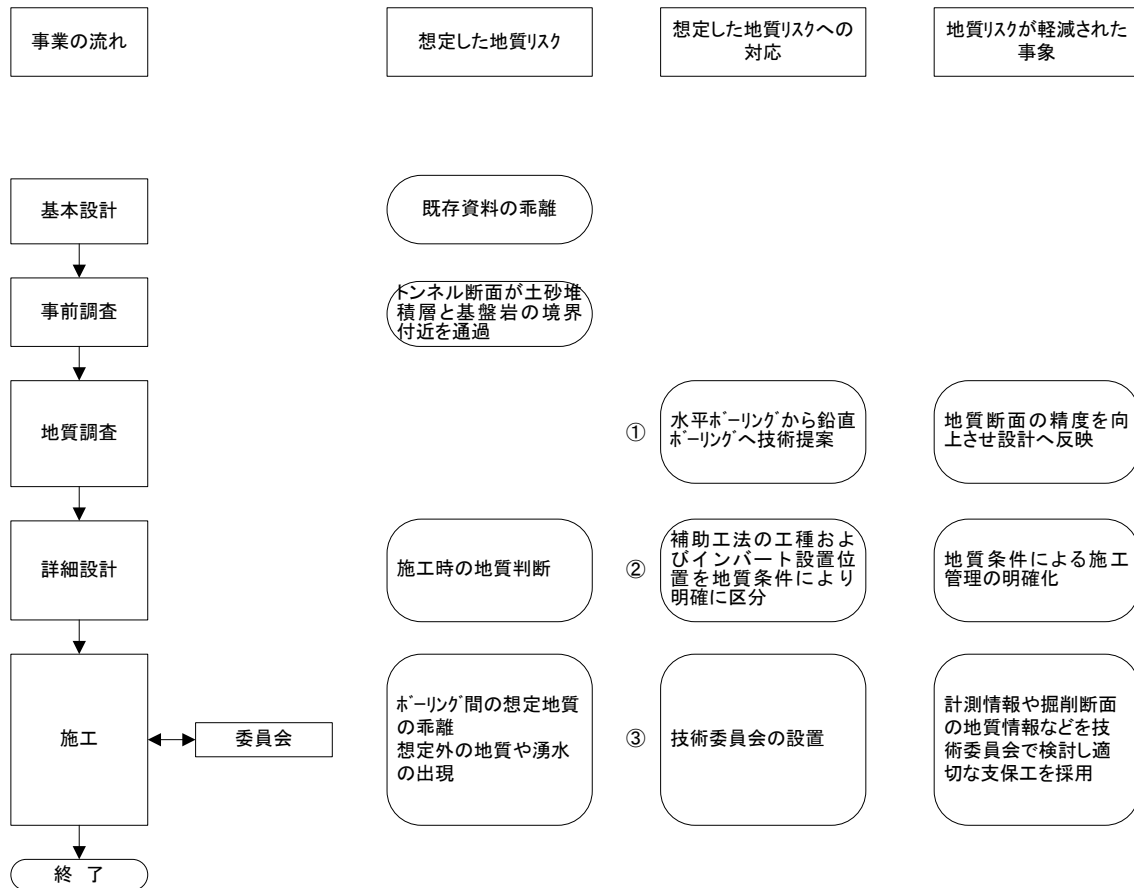
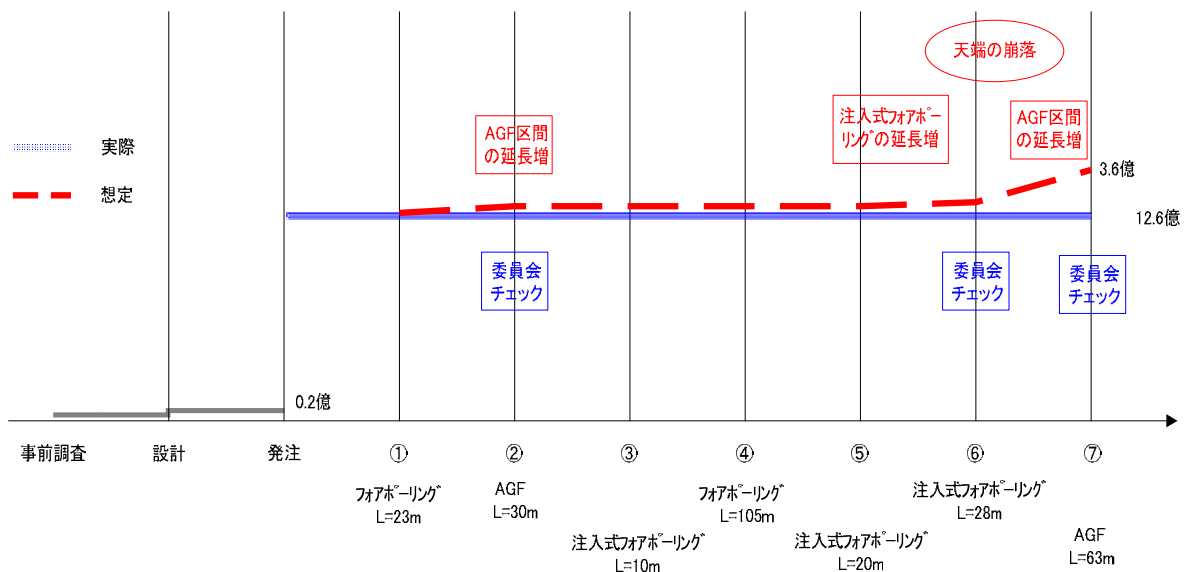


図 3-7-2 本事例における事業の流れと地質リスクの変化

(3) マネジメントの効果の計量方法

本事例は地質調査段階で地質リスクを想定し、施工時に技術委員会を運営することで無事に完工したものである。したがって、マネジメント効果の計量方法としては、顕在化しなかった地質リスクを想定した計量を行うことになる。

例えば、委員会が機能せず十分なチェックシステムが働かないために、想定した地層と乖離した場合の支保パターン変更の時間遅れが想定される。特に、AGF区間での判断の遅れは膨大な変更増額となることや、想定外の地質に遭遇した場合などには最悪のケースで事故へと繋がるシナリオが想定される。これらをまとめると図 3-7-3 のとおりである。



今回の結果

	(千円)	対応
当初工事費	1,260,000	上半部に分布する土砂層区間の天端先受け保護とインバート

施工開始

委員会の発足	発注者(官)、施工者、設計者による委員会により補助工法などの区間を決定する
--------	---------------------------------------

② 補助工法 AGF区間

委員会での現地調査	AGF施工区間の確認と計測による効果の確認
-----------	-----------------------

⑥ 補助工法 注入式フォアポーリング区間

委員会での現地調査	注入式フォアポーリング施工区間の確認と計測による効果の確認およびAGF区間開始の確認
-----------	--

⑦ 補助工法 AGF区間

委員会での現地調査	AGF施工区間の確認と計測による効果の確認
-----------	-----------------------

変更増額	0
------	---

想定されたトラブル

	(千円)	内容
② 補助工法 AGF区間 AGF区間の延長増	40,000	AGF施工区間の確認が施工業者任せとなり、安全側の施工のため延長増

⑥ 補助工法 注入式フォアポーリング区間		
注入式フォアポーリング区間の延長増	20,000	注入式フォアポーリング施工区間の確認が不明確で、AGFへの移行が遅れる

⑦ 補助工法 AGF区間		
天端崩壊対応とAGFのボリューム増	300,000	天端部の崩壊が発生し、方針決定まで工事ストップ。AGFによる対策方針を決め、ボリュームを増やす

想定された変更増額	360,000
-----------	---------

図 3-7-3 本事例におけるマネジメント効果の計量例

3-7-3 データ収集分析

(1) データ収集

本事例は情報公開されていないため、現段階で詳細情報を得ることは困難であるが、下記の資料を活用できればデータ分析の精度が向上するものとする。

- ・ 基本設計資料と採用した地盤情報
- ・ 事前調査資料と地質調査の技術提案書
- ・ 地質調査資料
- ・ 詳細設計資料
- ・ 施工記録
- ・ 委員会資料

(2) データ分析

データ分析について詳細データは無いが、以下のようなものである。

①地質条件の解明プロセス

事前調査の段階で地表地質踏査を実施し、周辺の地質条件等を加味して判断した。その後地質調査では適切な調査計画を立案し実施した。このことにより、地質断面図の精度が向上し、地質リスクが軽減できた。

②当初設計の変更プロセス

当初設計の変更は発生していない。

③トラブルの内容・対応のプロセス

施工段階で委員会を設置して運営し、各段階でコントロールを行ったため、トラブルは発生しなかった。

④対応策と費用

トラブル対応策として委員会運営費用が発生したが、当初より計画していたため変更増額とはならなかった。

⑤技術者の判断プロセス

判断プロセスにおいては、技術委員会で計測情報や掘削断面の地質情報などを検討し、適切な対応をとった。

(3) 当初設定シナリオは実証できたか

本事例では詳細情報の公開は困難であり、想定部分も多く根拠付けが難しい。

3-7-4 マネジメントの効果について

(1) リスク(低減)の計量化

リスクの計量化は、顕在化しない事例ではその根拠が不明確となりやすく難しい課題である。

(2) マネジメントの方法(いつ、誰が、何を)

マネジメントの方法としては、地質技術者が構想段階から潜在する地質リスクについて俯瞰して抽出し、事業プロセスに一貫して関われるシステムづくりが必要である。今回は地質調査段階からの関わりであったが、地質技術者の役割が果たせた事例である。

(3) マネジメントの効果

現実には目に見えない部分が多く、想定リスクで判断することとなる。

(4) 地質調査妥当投資額

地質調査の妥当投資額は一概に決めることはできないが、地質リスクが顕在化したときの変更金額に比べれば僅かなものである。トンネル施工では委員会経費であるが、事業全体では事前調査費用からのリスク想定も必要となる。

(5) 求められる技術顧問の能力

技術顧問の能力としては、本事例では委員会に代替できる能力が要求される。いずれにしても事業の構想段階から施工あるいは維持管理まで一貫して関われる技術スキルと立場

を有する必要がある。

3-7-5 データ様式の検討

(1) 分析に必要なデータ

回避できなかった場合のシナリオを想定するため、それら进行评估できるデータがあれば有効である。

リスク回避事象では、リスク発現の内容（どのような地質リスクに着目したかなど）も必要であり、発現した場合の予想費用も収集する必要がある。

(2) データ様式の提案

今回の事例分析から「リスク回避事象」に「内容」を追加し、「C表修正案への記入（事例7）」としてデータ様式を提案する。

(3) データ様式作成上の課題・今後のテーマ

検討しているプロセスがいくつかに関わる場合には、それぞれに対して評価する必要がある。

C表修正案への記入（事例7）

対象工事		発注者	〇〇県		
		工事名	〇〇トンネル		
		工種	道路トンネル		
		工事概要	土砂部を含むトンネル(延長 279m)		
		①当初工事費	12.6 億円		
		当初工期	H13.4～H15.3 (24 ヶ月)		
発 現 し た リ ス ク	リスク発現事象	リスク発現時期			
		トラブルの内容			
		トラブルの原因			
		工事への影響			
	追加工事の内容	追加調査の内容			
		修正設計内容			
		対策工事			
		追加工事			
		追加費用	追加調査		
			修正設計		
			対策工		
	追加工事				
	②合計	0.0			
延長工期					
間接的な影響項目					
負担者					
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 (リスク発現時期)	施工段階		
		内容	トンネル天端および緩みエリア (1～2D) に土砂と岩盤が分布し、補助工法、支保パターンの切替の判断が難しい		
		予測されたトラブル	過大施工、天端部の崩壊		
		回避した事象	過大施工、天端部の崩壊		
		工事への影響	当初計画通り施工できた		
	リスク管理の実際	判断(した)時期	調査・設計時と施工時		
		判断した者	調査時の地質技術者と発注者。 地質調査者（設計者）施工者による委員会		
		判断の内容	適切な地質調査を実施し地質断面図の精度を向上させ設計に反映した。 不確実な要素を回避するため委員会を設置し施工時に適時判断した。		
		判断に必要な情報	土砂と岩盤の境界と施工時の情報		
	リスク対応の実際	内容	追加調査	なし	
			修正設計		
			対策工		
		費用	追加調査	なし	
			修正設計		
対策工					
③合計	0.0				
回避しなかった場合	工事変更の内容	なし			
	④変更後工事費	支保工延長増額 0.6 億円（想定） 崩壊対応増額 3.0 億円（想定）			
	変更後工期	α 日			
	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④－(①+②+③)	想定増額 3.6 億円を押さえたこと		
		工期	α 日		
		その他			

青文字：原案修正箇所

3-8 軟弱地盤における道路改良工事(C)

3-8-1 事例の概要

本事例は、道路改良工事において発生した、軟弱地盤に関する地質リスク事例である。

本路線は、空港にアクセスする高速道路の建設工事に伴い、この高速道路のインターチェンジにつながる県道の道路改良工事である。開通すれば高速自動車交通のもたらすさまざまな便益は広域的に波及され、地域の生活を支え産業・経済に大きく寄与することとなる重要な路線となる。

当地質リスクが発生した工事箇所は、計画路線が伊達野川（現在、幅 2.5m の 3 面張りコンクリート農業用水路）の旧河道区間を渡る約 40m のボックスカルバート施工区間である。当調査地の施工前の土地利用状況としては、耕作地として水田に利用されていた場所である（写真 3-8-1、図 3-8-1、写真 3-8-2）。

一般に、道路改良工事において、路線区間での局所的な軟弱地盤の出現はしばしば発生する事例であるが、今回の事例では、施工者の迅速な現場対応と、発注者と地質調査業者の連携により、リスクを最小限に回避できた、リスク回避マネジメントの事例を紹介するものである。

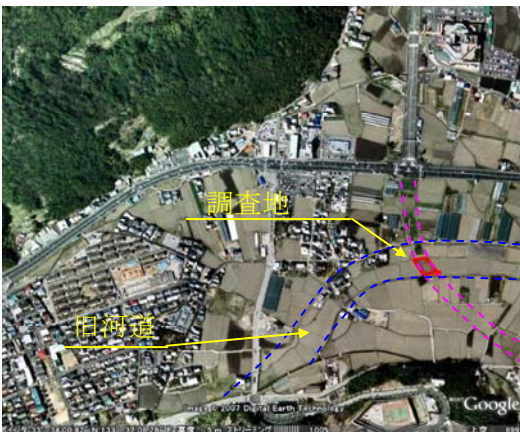


写真 3-8-1 調査地全景

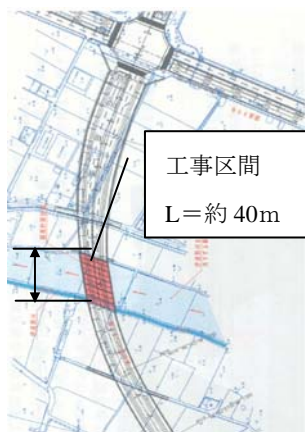


図 3-8-1 調査位置平面図

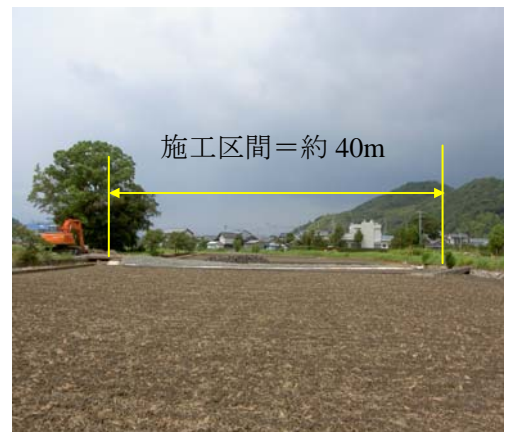


写真 3-8-2 調査地全景（旧河道）

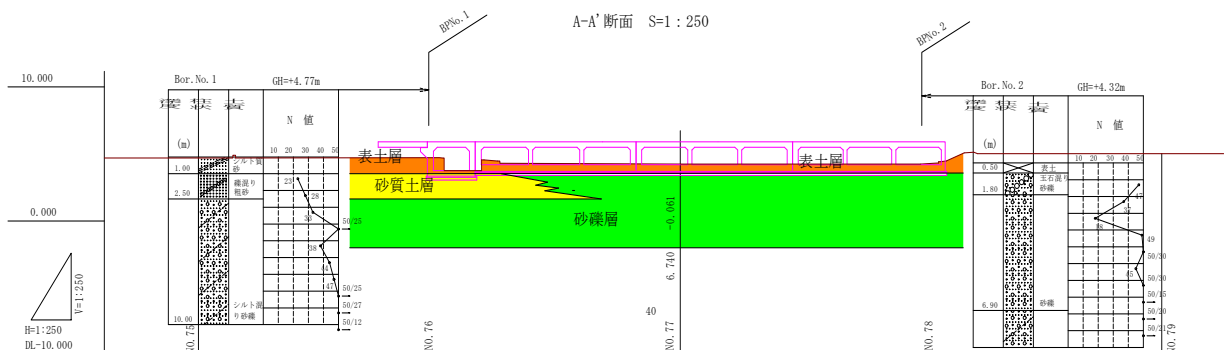


図 3-8-2 推定地質断面図（当初調査）

3-8-2 事例分析のシナリオ

(1) リスク発現に至るプロセス

当地質リスクが発生した箇所は、計画路線が伊達野川（現在、幅 2.5m の 3 面張りコンクリート農業用水路および旧河道）を渡る約 40m 区間で発生した。当調査地の施工前の土地利用状況としては、耕作地として水田に利用されていた場所である。

当初調査では、調査時期が水田耕作期と重なったため、調査ボーリングは、旧河道の両岸で 2 箇所実施し、表土層（耕作土）が GL-0.5~1.0m に分布し、その下位に、N 値 30 程度の砂質土層～砂礫層が分布すると推定されていた（図 3-8-2）。

しかし、施工時、ボックスカルバート基礎部の床掘り工程において、耕作土の剥ぎ取り作業中に、当初、想定されていない粘性土層が確認され、施工者が発注者に協議を行い、当事例が発覚した。

計画段階から施工段階までリスク発現に至るプロセスは下記の 3 段階で評価される。

① 計画段階

事業計画の立案時において、事業目的に応じた事前調査として、机上調査・地元からのヒヤリング等による地形情報・土地利用情報の収集が重要。特に、地方での土地利用は、地元からのヒヤリングが特に有効。

② 調査段階

地質調査計画の立案時において、業務目的と、計画構造物に必要な調査項目を把握し、調査計画を立てることが重要。

調査目的により、調査の工程・時期の選定で、より目的に応じた品質の情報および成果の収集が可能。

③ 施工段階

施工段階においては、調査時に把握できない局所的な想定外の土質の変化に対して、調査結果との相違に気付き、適切な現場対応をすることが重要。リスク回避に関しては、リスクに関する経験・知識の持つ技術者ほど、早期の判断・対応が出き、軽減することが出来る。

④ 追加調査（リスク回避のための対応）

業務の目的・工期を理解し、問題解決のための適切な調査提案が必要。施工の場合、施工管理費内での調査となることが一般的なため、工期・工程・調査費等の情報を踏まえて、費用対効果を踏まえた調査計画を行う。調査計画は、施工者と発注者での協議でなく、調査業者も含めた 3 者での協議が望ましい。

(2) 想定されるリスクマネジメント

軟弱地盤区間において、トラフィカビリティーの問題により、当初予定の作業重機の変更や、楽観的対応により、地耐力不足によるボックスカルバートの沈下、それに伴う破損。また、施工完了後、供用中の中長期的な圧密沈下による舗装の破損および補修。また、補修工事に伴う維持管理費の確保、交通規制による経済的損失。施工者の瑕疵問題への発展等、多くの時間と経費および労力が発生する恐れがある。

(3) マネジメントの計量方法

リスクの計量化は、様式に従い、リスク回避時の実際と、リスク発生想定時の工期・工費の比較にて計量化を行う。ただし、本事例でのリスク発生時の想定については、不確定要素を含むため、あくまで目安として評価した。

3-8-3 データ収集分析

(1) データ収集

リスク発生時の原因について、特に既存資料、調査時の経緯については、発注者担当の方から情報収集を行った。既存資料については、調査、設計報告書をお借りすることができた。

リスク発生時以降のリスク回避のための施工段階の工期・工費については発注者担当より資料提供を頂いた。追加調査については、弊社が担当し、施工業者の施工管理費内での業務となるが、追加調査費として調査内容・費用とした。

ただし、既存調査資料について、調査時の経緯については、調査発注時の担当者と、現在の施工管理時の担当者が人事異動により変わっているため、当時の詳細な経緯については、分からなかった。

また、想定されるリスクマネジメントについては、詳細な土質特性把握のための試験、解析等の資料がないため、算定困難であり、経験的な見地から発生しうる事象を推定したものとした。また、工費・工事費についても同様である。

(2) データ分析

計画段階から施工段階までリスク発現に至る各プロセスについてのデータ分析を述べる。

① 計画段階

当初計画において、上記の事前調査は行われており、当区間が、伊達野川の旧河道で、現在も伊達野川氾濫時に湛水する湛水地であることは把握できており、このため、湛水時に流出水の流下を妨げないようにボックスカルバート形式の旧河道を渡る構造が計画されていた。

② 調査段階

構造物の設計においては、基礎地盤調査として、地質層所、土質特性、地耐力等の把握が必要である。

当初調査においては、旧河道を挟む形で、構造物起点と終点側の 2 箇所調査ボーリングを実施しており、終点側のボーリング地点では、旧河道の土手の河川側の低地で実施していた。ただし、調査時期が、水田耕作期と重なったため、ボーリング地点においては、調査箇所の制約を受けた条件での評価となっている。

また、調査結果の評価について、①ボーリング区間が 40m 程度と、他の区間 100～200m に 1 本と比べ、相対的に近い距離での評価であったこと、②当調査地は、所々後背湿地の存在も知られているが、近隣の一級河川の旧氾濫原で砂礫が全体的に分布していることでも知られていたこと、③地元の土木委員からのヒヤリング時に情報が得れなかったこと等も、慎重なリスク管理の評価ノイズとして入った可能性もあると考える。

③施工段階

当事例において、施工管理者が調査結果との地層・土質との違いについて楽観的な対応をせず、発注者と迅速な協議を行い、追加の地質調査の必要性を確認している。結果、工事区間の表土を剥ぎ取り、粘性土の分布を確認したところ、工事区間のほとんどもに軟弱地盤が分布していることが確認された。

地元業者であるため、類似の土質の特徴を知っており、リスクに関する経験・知識の持つ技術者で、早期の判断・対応が出き、軽減することが出来たと考える。

④追加調査（リスク回避）

追加の地質調査は、軟弱地盤層の分布と層厚および、地耐力の把握のため、スウェーデン式サウンディング試験と簡易動的コーン貫入試験、平板載荷試験および、現地の作業重機を使用しての試掘を実施した。

調査の結果、軟弱層は、表土層（耕作土）GL-0.5m以深で旧河道の北端部（右岸側）を除く、ほぼ全域に分布し、左岸側に灰褐色～青灰色の砂質シルトがGL-2m程度まで、中央から右岸側かけて黒色～暗褐色の有機質土がGL-1.5m程度まで分布し、その下位に礫混じり砂層、砂礫層と続くと推定される（写真 3-8-3、写真 3-8-4、図 3-8-3）。

当初調査での調査ボーリングで、旧河道内の終点側の低地部で実施しているのにも関わらず、軟弱地盤が把握できなかった原因として、ボーリング地点の約 4m 南側で軟弱層と砂礫層との境界面が約 60° の急勾配で変化しており、このわずかな調査位置のずれで、軟弱層を確認できなかったといえる。



写真 3-8-3 軟弱地盤の分布状況

写真 3-8-4 地質境界線

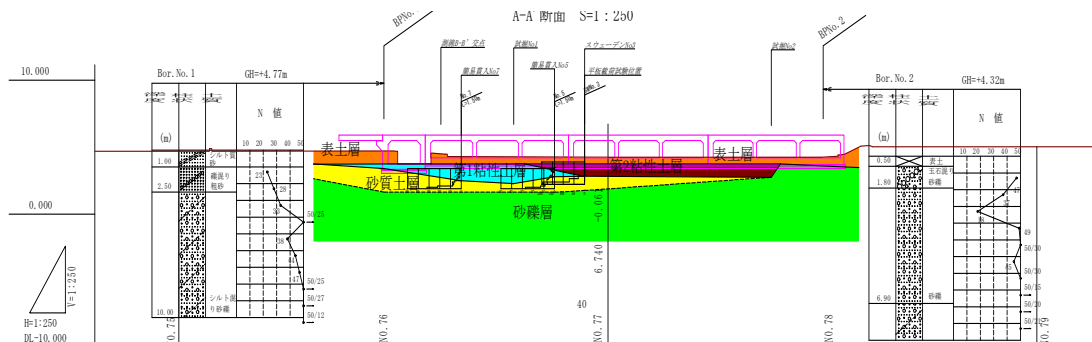


図 3-8-3 推定地質断面図（追加調査時）

(3) 当初シナリオは実証できたか(リスク回避)

①実証できるデータはあったか

リスク発生時の想定の実証のためのデータは収集できていない。

詳細な土質特性把握のための試験、解析等の資料がないため、被災時の対策費等は算定困難であり、経験的な見地から発生しうる事象の推定とした。

②実証する上での課題

計画時の悲観的なリスク評価と共通する課題となるが、予測されるリスクについての根拠が不明確で、評価者により異なる。客観的なリスクの計量化には、実際にリスク回避できなかった過去の事例についての既存資料収集と一定基準による事例の評価および蓄積とその整理が必要であると考え。今後の想定被害についての適切な評価方法を期待する。

3-8-4 マネジメント効果について

(1) リスク(低減)の計量化

リスク発生時の想定の実証のためのデータは収集できていないため、被災時の対策費等は、経験的な見地から発生しうる事象について推定し、計量化を行った。

(2) マネジメントの方法(いつ、誰が、何を)

当事例においては、施工時に、施工管理者が、調査結果との地層・土質との違いについて楽観的な対応をせず問題を早期に発見し、発注者と迅速な協議を行っている。これにより、発注者が、追加の地質調査の必要性を確認し、調査技術者による、追加の地質調査を行い、対策工法の提案を行った。

(3) マネジメントの効果

施工管理者が、楽観的な対応にて、簡易な現場対応や全く対応しなかった場合、工事中、地耐力不足により重機の施工が不能となったり、作業中の重機の転倒等の事故の発生、また、施工時の部分的な地盤破壊によるボックスカルバートの沈下・損傷および、供用後、圧密沈下による沈下・上部構造(舗装等)の損傷に対する補修工事等が、リスクとして考えらる。このリスクの発現により、供用時期の遅れ、維持補修費の増大および、補修工事等による通行への影響(経済的損失)まで及ぶ可能性があった。

マネジメントの結果について、推定となるが、2,820千円(工期 90日)のリスクを回避できた。

表 3-8-1 マネジメント効果について

	リスク回避した場合 (千円)	リスク回避しなかった場合 (千円)
①当初工事費	89,500	89,500
②変更工事費	0	5,000 施工後の地盤改良工法 舗装のオーバーレイ等補修費 他
③リスク対応の調査費	追加調査費 280 対策工 1,900	0
合計	91,680	94,500
④リスクマネジメントの効果 ④-(①+②+③)		2,820 工期 90 日以上の回避

(4) 地質調査妥当投資額

当事例において、スウェーデン式サウンディング試験等にて、軟弱地盤の分布範囲、層厚、硬さを確認した結果、分布深度が 1.5m～2m程度と比較的浅く、全層について地盤改良で対応できた。このため、圧密沈下等の心配もなく、簡易なサウンディング試験と室内土質試験にて、約 2 週間の短期間で対策工の提案まででき、費用対効果においても妥当な投資額で実施できたと考える。

(5) 求められる技術顧問の能力

当事例においては、比較的风险規模が小さく、簡易に一般的な技術で対応できた。ただし、軟弱地盤の規模が大きかった場合、技術顧問の能力として、発現したリスクを最小限に回避する必要があるため、地質調査・解析、対策工法の知識はもちろん必要であるが、一番いい対策の選定を判断する必要がある。特に対策工費算出に関する条件（施工管理・工程管理に関する知識）や、周辺環境への安全性の配慮を含めた条件設定での、客観的なデータに基づくリスクの計量化および費用対効果の評価能力が求められる。また、発注者、施工業者、地質技術者、場合によっては地元住民への説明・コーディネート力も求められる。

3-8-5 データ様式の検討

(1) 分析に必要なデータ

予測されたトラブルに関するデータについて、分析するための条件および設定は、経験や積算資料に基づいて行った。特に対策工について、別途、地域、規模、種類等の条件別の簡易な施工単価表があれば、ある程度不明な部分については、簡易に客観的な評価が出来る。

(2) データ様式の提案

本事例はC表原案に記入し修正は加えなかった。

(3) データ様式作成上の課題・今後のテーマ

- ① リスクの計量化において、予測されるトラブルの範囲をどこまで（時系列・関与の範囲）とるか、また、推定の方法についての根拠付けをどうするかが挙げられる。いかに客観的なリスクの計量化ができるかがテーマとなると考える。
- ② 地質リスクの発現は、結果として施工時に集約されるが、計画時、調査時、維持管理時においても発生し、「プロジェクトの各段階の後段へのリスクの引渡し」によって、予算・工程の変更は起きている。このため、今後、様式の整備にあたっては、計画・調査・設計・施工・維持管理の各段階について作成することも必要と考える。
- ③ 工事費の表記方法について、例えば、当初工事費については諸経費込みの落札額で、対策費は直接工事費での比較など、表記方法が統一できれば分かりやすい。

C表原案(修正なし)への記入(事例8)

対象工事		発注者	県土木事務所		
		工事名	〇〇インター線道路改良工事		
		工種	函渠工		
		工事概要	ボックスカルバート工（施工延長L=約40m、幅B=約24m）		
		①当初工事費	89,500千円		
		当初工期	200日		
発 現 し た リ ス ク	リスク発現事象	リスク発現時期	工事中		
		トラブルの内容	ボックスカルバート基礎部掘削時に、軟弱地盤が出現。		
		トラブルの原因	調査不足		
		工事への影響	工事の中断および対策工の追加。（ただし、当初工期内に対策工を含め完了。）		
	追加工事の内容	追加調査の内容			
		修正設計内容			
		対策工事			
		追加工事			
		追加費用	追加調査		
			修正設計		
			対策工		
			追加工事		
	②合計				
延長工期					
間接的な影響項目					
負担者					
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	工事中および、工事完了後の供用中		
		予測されたトラブル	軟弱地盤区間において、地耐力不足による重機の施工不能および、ボックスカルバートの沈下、破損および舗装の破損。		
		回避した事象	工事の中断および、工事完了後の供用中の圧密沈下による道路変状に対する補修工事		
		工事への影響	工事の中断、対策工の検討・施工		
	リスク管理の実際	判断(した)時期	工事中（基礎部掘削時）		
		判断した者	施工者・地質調査業者		
		判断の内容	地盤改良の提案		
		判断に必要な情報	地質情報（地質層序、土質特性、地耐力）		
	リスク対応の実際	内容	追加調査	・地質調査（スウェーデン式サウンディング試験3箇所、簡易動的コーン貫入試験8箇所） 土質試験（セメント安定処理配合試験1式、六価クロム溶出試験1検体、一軸圧縮試験1試料） 平板載荷試験1箇所	
			修正設計	なし	
			対策工	安定処理工（バックホウ混合）構造物基礎、1m以下	
		費用	追加調査	280千円	
			修正設計	なし	
対策工			1,900千円		
③合計	2,180千円				
回避しなかった場合	工事変更の内容	施工時、部分的な地盤破壊によるボックスカルバートの沈下・損傷および、供用後、圧密沈下による沈下・上部構造（舗装等）の損傷に対する補修工事。			

		④変更後工事費	算定困難 94,500 千円 (推定) (当初工事費 89,500 千円+補修対策工事費 5,000 千円)
		変更後工期	90 日～ (推定)
		間接的な影響項目	供用時期への影響 (遅れ)、圧密沈下による供用時の維持補修費の増大および、補修工事等による通行への影響 (経済的損失)
		受益者	管理者、利用者 (地域住民)、納税者
リスクマネジメントの効果		費用④－(①+②+③)	2,820 千円 (推定)
		工期	90 日以上
		その他	-

4. 様式の検討

リスクマネジメントのタイプは、とりあえず以下の2つのタイプのどちらかであると仮定してデータを収集した。

A：地質リスクを回避した事例

B：地質リスクが発現した事例

しかし、収集した事例のいくつかはA、Bいずれのタイプにも決めつけられないものがあった。すなわち、以下のような表現が適する事例である。

C：発現した地質リスクを最小限に回避した事例

A、Bは本研究の直接的目的である「マネジメント効果の計測」に馴染む事例であり効果を計測するための様式となっている。このタイプの事例のデータは、データ計測（推定）時点を特定して、その時点において評価を行ったものである。

しかし、多くの事例は、リスクが増大したり減少したりするプロセスを評価するもので、時点を特定せず、各段階における評価をもとに次の段階の計画を立てて管理するものである。A、BはCのプロセスの一部を記述するものと解すれば、全てCタイプで整理できるかも知れない。

特にAとCの区分は不明確で、発現していない段階をA、発現してしまった場合をCとした場合、「発現しそうな場合」をどちらにに入れるか、悩むことになった。しかし、発現した場合も、発現しそうな場合も、リスクを想定する「時点」の違いであり、発現（想定）した事象への対応という点ではCとして扱うのが妥当と判断した。この区分によって、Aは、リスクを過大評価して望んだケースに絞り込めるかもしれない。

また、記述の時点（調査、計画、設計、施工）毎にデータ項目の性格（例：「当初工事費」の意味するものなど）が異なるし、工種によっても異なると思われる。リスクマネジメントの種類表現方法は、タイプの違い（異なる様式）として捉えるか、同じ様式でもデータ項目の定義の解釈の違いとして（運用において）捉えるかいくつかの方法がある。

なお、Bタイプの検討において（今回掲載するに至らなかったが）、出現しそうなリスクに対応していれば結果的に対応費用の方が高く付いたというケースがあった。すなわちリスクを許容した方が安いケースである。リスクを許容するタイプ（D）として新しい様式を検討したが、Bタイプの結果論であることから様式としてのタイプDは提案するに至らなかった。

また、一つのデータ（例：調査費）を作成するにあたって、調査方法、数量などの「細かいデータ」の積み上げからなっており、どこまで様式で規定するかは様式を使い込む中で判断していくことになる。本研究においては事例数に制限があり、「記入例」を示すに止める。

4-1 様式

4-1-1 地質リスクを回避した事例のデータ収集様式(A表)

マネジメントによってリスクを回避した事例を収集する様式(A)を検討する。この場合のリスク回避とは、リスクの過大評価(過大積算)を工事着手前に回避(縮小)することで、後述のタイプCと似ている。Cは、リスクが発現した、あるいは発現しそうな場合に、マネジメントによって事前に対応するもので、リスクを過小評価して当初計画を立案したケース(Aは過大評価)である。過小評価したままリスクが発現してしまったケースがBである。リスクが発現した場合、そのままにしておくことはないから、リスクを最小化する行為(Cタイプ)は必然かも知れない。すなわちBの先にはCがあると考えられるべきであろう。このようにA、B、Cの管理のタイプは密接に関わっており、どの管理範囲を切り出すかによって様式(A、B、C)を使い分けることになる。

また、過大評価(Aタイプ)の原因はリスクの予測ミスの場合のみではなく、調査精度の向上によってリスクを縮小するケースもあり、過大評価が全て技術的ミスによるものではない。

Aタイプは以下の2事例を収集分析した。

A-1 (事例1) 海上橋梁下部工工事

A-2 (事例2) ダム建設事業の事例

(1) 分析に必要なデータ項目(3章各節第5項のまとめ)

A-1 (事例1) 海上橋梁下部工工事

A表原案に望まれる修正点は、「リスク回避事象」において①予測されたトラブル、②回避した事象および③工事への影響の各項目に対して、本事例では①②③と個別に説明することがやや困難(特に①と③)であったため、一括した項目に修正するものとした。

一方、「リスク管理の実際」は、本事例のように長年にわたる大きなプロジェクトの場合、幾つかの地質調査段階に応じたリスク管理が行われることになると考えられる。しかしながら、将来的なデータ収集を考慮した場合、その都度データの提供を求めることは困難を伴うため、基本的には、竣工時を想定しておけばよいものと考えられる。

A-2 (事例2) ダム建設事業の事例

本事例は、ダム事業(調査段階から完成まで調査担当会社として事業接点をもつことが可能)であるから提案できたものと考えられる。地質リスクについて回避は設計および施工初期段階、発現は施工段階が圧倒的に多いと考えられ、調書類は設計、施工終了段階に施工者や事業者が保有する資料を使い作成するものとのイメージで検討するほうが良いと考えられる。

(2) A型の様式の提案(3章各節修正案のまとめ)(表4-1)

2事例の分析の結果、「リスク回避事象」の細項目への提案があった。

①リスク回避シナリオ

リスク回避の事象を記述するのみ(原案)ではなく、予測されたトラブルから回避まで

のシナリオ（プロセス）を記述するよう提案があった。

②事業への影響

リスク回避の対象を工事（原案）としていたが、事業まで拡大して把握すべきとの提案であった。

表 4-1 A表(地質リスクを回避した事例)データ収集様式

大項目	中項目	A-1	A-2	
対象工事	発注者(事業主体)	○	○	
	工事名	○	○	
	工種	○	○	
	工事概要	○		
	①当初工事費	○		
	当初工期	○		
リスク回避事象	リスク回避のシナリオ		○	
	マネジメント実施者		○	
	アセスメント実施者		○	
	予測されるリスク発現時期	○	○	
	予測されたトラブル		○	
	回避した事象			
	予測されたトラブルおよび回避した事象	○		
	事象回避内容		○	
	工事への影響			
	事業への影響		○	
	リスク管理の実際	判断時期	○	○
判断者		○	○	
判断内容		○	○	
判断に必要な情報		○	○	
リスク対応の実際	変更内容と費用		○	
	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	○	
②合計		○		
変更後工事の内容	工事変更の内容	—		
	③変更後工事費	○		
	変更後工期	—		
	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)	○	○	
	工期	—	○	
	その他	—	○	

4-1-2 地質リスクが出現した事例のデータ収集様式(B表)

マネジメントしなかったことでリスクが発現してしまった事例を収集する様式(B)を検討した。すなわちリスクを過小評価して失敗した事例であり、過大評価したリスクを減少するAタイプとは逆の展開(プロセス)を表現する。また、過小評価したことに気づき、対応を行うケースはタイプC(BからAへの転換)として様式を提案する。

Bタイプは以下の3事例。

- B-1(事例3) 県道トンネル掘削工事
- B-2(事例4) 林道改良工事における斜面崩壊事例
- B-3(事例5) 高規格道路堆積性硬岩地山の切り土事例

(1) 分析に必要なデータ項目(3章各節第5項のまとめ)

B-1(事例3) 県道トンネル掘削工事

- ①当該工事目的物の仕様
- ②発生したトラブルの位置、規模
規模には、工事遅延時間、間接的な影響(仮設工事の変更や別途業務・工事発注手間、隣接工区工程遅延など)が含まれる。
- ③トラブルを生じたリスク要素
トラブルを生じたリスク要素の特性、分布、発達密度など
- ④トラブルが発生した工事の費用
トラブル発生前後の当該工事の数量・費用変動額。リスク発現に関連した工種別のデータが望ましい。
- ⑤トラブルによって必要となった新規工種の工事費
新規工種が別途発注となった場合は、その数量・費用、工期。また暫定的な対策を実施した場合はその費用。
- ⑥トラブルによって生じた間接的な費用
追加買収費、工事遅延に伴う資機材リース費用、電力・燃料費、安全対策費など
- ⑦トラブルを解決するために実施した調査・設計の費用
測量費、地質調査・観測・地質解析費用、関係機関協議費用、対策工設計費、仮設工設計費など
- ⑧トラブルを生じた箇所周辺の地形・地質的特性
広域的な地質調査データ、工事現場周辺の地盤・岩盤の強度や透水性等の特性、断層や変質帯などの発達状況、地下水などの条件

以上のほか、地質調査・設計の各段階において、技術者がどのような情報をもとにどのようなリスク抽出・評価を行って次段階調査・設計に進んだのか把握できれば、実際的な事前対応策を想定する上で有益と考えられる。

B-2(事例4) 林道改良工事における斜面崩壊事例

- ①地質名、地質の特徴
- ②調査・設計段階で想定されたリスク、リスクの処理方法

B-3（事例5）高規格道路堆積性硬岩地山の切り土事例

- ① 基本的に、今回の様式で収集したデータで分析することは難しい。
- ② 今回は、事例収集として事後に調査技術者がまとめるためのものであるが、現実の事業を想定すると、各調査、各設計、施工の各段階で、リスク低減と処理方法の観点からの記述が必要なのではないかと考えられる。
- ③ 今回考案した様式は、リスクが施工段階で発現した場合により有効であろう。

(2) B型の様式の提案(3章各節修正案のまとめ)(表4-2)

3事例の分析の結果「リスク発現事象」の細項目への提案があった。また、事業段階毎のリスク把握の必要性も提案された。

①当該工事費

事例3（B-1）のように、発注者による工事全体に対するリスクマネジメントと、工事段階に発生した変状に対する個別のリスクマネジメントという複数の階層がある場合がある。そのような場合、複数のリスクが混在し、総計としての工事費増減が必ずしも当該リスクだけに起因するとは限らないので、できる限り当該リスクに対応する工事費も記載する。

②「リスク発現事象」の細項目

「原因となった地質」及び「楽観的評価」がリスク発現の原因を把握する上で必要である。「原因となった地質」について「分類（カテゴリー）」をあらかじめ提示して選択する方式もある。

③追加工事の内容

修正設計内容では、対策工等の設計地質条件、用地等の周辺条件、対策工のリスク評価について記述する。対策工のリスク評価については、追加調査結果の評価や設計上の安全度の見込み方について記述する。

間接的な影響項目、影響額、例えば法面崩壊による交通遮断、工事遅延によって隣接工区へ与えた影響、追加新規工事の発注手間など、当該工事以外への影響について記述する。

④リスク伝達ツールとしての様式・事業段階毎のリスク管理の追跡

調査・設計・施工の各段階毎のリスクマネジメント（リスク抽出、インパクト評価、追加調査、リスク処理など）のプロセスを表現できる書式が望ましい。

リスクマネジメントのプロセスを表現することと、事業プロセスのどの段階でリスクが発現したかを分かりやすく表現したい。

表 4-2 B表(地質リスクが発現した事例)データ収集様式

大項目	中項目	B-1	B-2	B-3	
対象工事	発注者	○	○	○	
	工事名	○	○	○	
	工種	○	○	○	
	工事概要	○	○	○	
	①当初工事費	○	○	○	
	当該工事費	○			
	当初工期	○	○	○	
地質リスクの抽出・処理に関する総括表	地質概要			○	
	地質構造概要			○	
	地質リスクの抽出			○	
	地質リスクの伝達			○	
	地質リスクの低減等があったかどうか			○	
	地質リスクの反映又は発現			○	
リスク発現事象	リスク発現時期	○	○	○	
	原因となった地質		○		
	トラブルの内容	○	○		
	トラブルの原因	○	○		
	トラブル発生の原因となった地質リスクカテゴリー	○			
	原因となった(楽観的)リスク評価	○			
	工事への影響	○	○	○	
追加工事の内容	追加調査の内容	○	○	○	
	修正設計内容	○	○	○	
	対策工事	○	○	○	
	追加工事	○			
	追加費用	追加調査	○	○	○
		修正設計		○	○
		対策工		○	○
		追加工事	○	○	
		②合計	○	○	○
	延長工期	○		○	
	間接的な影響項目	○	○	○	
間接的な影響額	○				
負担者	○	○	○		
リスク管理の理想像	対応(すべき)時期	○	○	○	
	対応(すべき)者	○	○	○	
	対応(すべき)内容	○	○	○	
	判断に必要な情報	○	○	○	
	対応費用	調査	○	○	
		対策工		○	
		③合計	○	○	
	想定工事	工事概要	○		○
		④工事費	○		
		工期	○		

大項目	中項目	B-1	B-2	B-3
リスクマネジメント の効果	費用((②-③))	○	○	○
	費用(((①+②)-(③+④)))	○	○	
	工期	○		
	その他	○		○

4-1-3 発現した地質リスクを最小限に回避した事例のデータ収集様式(C表)

AとBの両方に係わる様式である。Bタイプになりそうなので対策を施してAタイプに持ち込んだもの、すなわちリスクを過小評価して計画し大きなリスクが生じそうなので対応してリスクを小さくしたケースである。Cはリスクの過小評価へ対応したもので、過大評価に対応したAとはマネジメントのプロセスが異なる。

またAは当初工事費①が明確なタイプで、この過大評価した①を対策②を行って変更工事費③にするもので、効果は①－③－②である。

大きなリスクが想定されるため対策②を行い、工事費③を算定したケースでは、元々リスクを考慮して当初工事費①を算定していれば効果は「①－③－②」で表すことが出来る。この場合、当初工事費①を推定しなければならない。一方、C表を用いれば、リスクを想定しなかった場合の当初工事費①、リスクが発現した後の追加工事費②（あるいは対策費③）によってリスク対策を行わなかった場合の工事費④（大幅な工事変更、災害復旧など）を回避することが出来ると考え、効果は④－（①＋②＋③）で算定する。C表の④こそ、上記のA表を用いた場合の①に相当する。A表においてリスクを未然に防止するのに必要な当初工事費①を想定するのではなく、C表を用いてリスクを回避しなかった場合の変更工事費④を想定するのが妥当である。

Cタイプは以下の3事例を収集分析した。

- C-1 国道道路改良工事
- C-2 トンネル施工の事例
- C-3 軟弱地盤における道路改良工事

(1) 分析に必要なデータ(3章各節第5項のまとめ)

C-1 (事例6) 国道道路改良工事

本事例では、施工に関するデータ、追加調査・解析・対策工事に関するデータを用いて分析を行った。一般的には、これに事前調査に関するデータ、当初計画の内容などのデータがあれば有益な評価が行えると考えられる。

以上を勘案すると、地質リスクマネジメントを進めていく上では次のようなデータが必要となってくる。

- ①地質リスク発現（回避）事象の内容と原因
- ②当初工事の内容・工事費
その計画（設計）に対する地質調査の内容と評価、費用
- ③追加（変更）工事の内容、工事費
その計画（設計）に対する地質調査の内容と評価、費用
- ④施工状況、施工データ、動態観測データ

C-2 (事例7) トンネル施工の事例

回避できなかった場合のシナリオを想定するため、それらを評価できるデータがあれば有効である。

リスク回避事象では、リスク発現の内容（どのような地質リスクに着目したかなど）も必要であり、発現した場合の予想費用も収集する必要がある。

C-3 (事例8) 軟弱地盤における道路改良工事

予測されたトラブルに関するデータについて、分析するための条件および設定は、経験や積算資料に基づいて行った。特に対策工について、別途、地域、規模、種類等の条件別の簡易な施工単価表があれば、ある程度不明な部分については、簡易に客観的な評価が出来る。

(2) C型の様式の提案(3章各節修正案のまとめ)(表4-3)

3事例の分析の結果、概ね原案で対応できたが、リスクの回避・管理・対応を1サイクルとしてこの情報を繰り返し記入できる様式への提案があった。

① リスクマネジメントプロセスの記述

A、Bのようにマネジメント効果を表現するというより、各段階でリスク対応をどうしたか、リスクを後段にどう引き渡したかを表現できる様式、すなわちリスク管理の経緯（プロセス）を記録する様式が望ましい。この場合、数量化ができなくても記録は取れる。

② リスク伝達ツールとしての様式

事業段階に沿ってリスクマネジメントのプロセスを整理するという事は、この様式をリスク伝達ツールに使うことを意味している。

③ 汎用性の高い様式

実際の工事では様々な事象が発生しA、B、Cに分類できない(分類しにくい)事象も多々あると想定される。このため、最終的には様々な事例に対応できるような様式とすることが望ましい。

④ 詳細データを追記できる様式

工事毎に必要なデータは少しずつ違ってることから、今回扱ったレベルのデータを基本として、詳細データを必要に応じて追記できるようにすべきである。

⑤ 段階毎の様式

計画・調査・維持管理に関するリスク管理の様式があればよい。

表 4-3 C表(発現した地質リスクを最小限に回避した事例)データ収集様式

大項目		中項目	C-1	C-2	C-3	
対象工事		発注者	○	○	○	
		工事名	○	○	○	
		工種	○	○	○	
		工事概要	○	○	○	
		①当初工事費		○	○	
		当初工期		○	○	
発現したリスク	リスク発現事象	リスク発現時期	○		○	
		トラブルの内容	○		○	
		トラブルの原因	○		○	
		事業・工事への影響	○		○	
	追加工事の内容	追加調査の内容				
		修正設計内容				
		対策工事				
		追加工事				
		追加費用	追加調査			
			修正設計			
			対策工			
			追加工事			
	②合計					
	延長工期					
間接的な影響項目						
負担者						
最小限に回避したリスク	リスク回避事象1	予想されたリスク発現時期	○	○	○	
		内容		○		
		予想されたトラブル	○	○	○	
		回避した事象	○	○	○	
	リスク管理の実際1	事業・工事への影響	○	○	○	
		判断(した)時期	○	○	○	
		判断した者	○	○	○	
		判断の内容	○	○	○	
	リスク対応の実際1	判断に必要な情報	○	○	○	
		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	○		○		
	リスク回避事象2	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	○			
		事業・工事への影響	○			
リスク管理の実際2	判断(した)時期	○				
	判断した者	○				
	判断の内容	○				
	判断に必要な情報	○				
リスク対応の実際2	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	○					
回避しなかった場合	工事変更の内容	○		○		
	④変更工事費	○	○	○		
	変更工期	○	○	○		
	間接的な影響項目	○		○		
	受益者	○		○		
	費用④-(①+②+③)	○	○	○		
リスクマネジメントの効果	工期		○	○		
	その他					

4-2 記入例

4-2-1 A表データ記入例

記入例として、2事例のデータを表4-4に示した。

A表は、①当初工事費が何らかの理由で過積算（これをリスクと考える）となっていたものを、追加調査、技術的判断などの②リスク対応によって③変更後工事費に縮減したケースである。

様式（大項目、中項目）はこれらのプロセスを表現するデータ項目となっており、文字情報として記述することで事例として保存できる。ただ、データベースなど、データのシステム化にあたっては「選択式データ」への変換を検討する必要がある。

表 4-4 A表(地質リスクを回避した事例)データ記入例

大項目	中項目	記入例	A-1	A-2
対象工事	発注者(事業主体)	(A-1) 福岡県 (A-2) 中央官庁	○	○
	工事名	(A-1) 北九州空港連絡橋下部工工事 (A-2) ダム建設事業	○	○
	工種	(A-1) 海上連絡橋の下部工 (A-2) ダム	○	○
	工事概要	(A-1) 海上連絡橋の下部工基礎として採用された鋼管矢板井筒基礎の工事	○	
	①当初工事費	(A-1) 21,195,000千円(中間支持、N値法)～28,060,800千円(岩盤支持)	○	
	当初工期	(A-1) 平成8年～平成13年	○	
リスク回避事象	リスク回避のシナリオ	(A-2) 『ダム監査廊迂回』の当初方針を検証調査結果に基づく地質評価、監査廊構造物対策にて『標準化:直線化』にもどし、施工費の大幅な削減を可能にした		○
	マネジメント実施者	(A-2) 事業主体(有識者会議提案)		○
	アセスメント実施者	(A-2) 有識者会議		○
	予測されるリスク発現時期	(A-1) 設計のための地質調査がほぼ終了した時期 (A-2) 共用後	○	○
	予測されたトラブル	(A-2) ダム基礎漏水などによる維持管理の増大および安全性低下		○
	回避した事象			
	予測されたトラブルおよび回避した事象	(A-1) 道路橋示方書によるN値を用いた杭の周面摩擦力算定方法によると、摩擦力算定精度が低下し、結果として杭長が増してコスト増大リスクが予想された。	○	
	事象回避内容	(A-2) 直線化に戻すことにより、標準的な維持管理を可能とした		○
工事への影響				
事業への影響	(A-2) 影響なし		○	
リスク管理の実際	判断時期	(A-1) 詳細設計が始まろうとしていた時期 (A-2) ダム敷掘削時の検証調査段階	○	○
	判断者	(A-1) 「新北九州空港連絡橋委員会」の委員、地質調査会社および設計会社の技術者 (A-2) 事業主体(有識者会議提案)	○	○
	判断内容	(A-1) 鋼管杭の閉塞効果が期待できない支持層であったので、その分摩擦力の予測精度が要求された。ただし、摩擦力を期待する対象地盤は、砂・粘土の区別が困難で、N値による設計では誤差が大きいと判断された。そこで、土の種類にあまり左右されない c' 、 ϕ' を用いて設計する方法を採用した。 (A-2) 断層の平面的範囲およびその性状の再評価に基づく監査廊の取扱い	○	○

大項目	中項目	記入例	A-1	A-2	
	判断に必要な情報	(A-1) 十分な質・量の地質調査による地層構成の詳細な把握。三軸圧縮試験による c' 、 ϕ' (A-2) 検証調査, 解析, 設計結果, その他	○	○	
リスク対応の 実際	変更内容と費用	(A-2) 監査廊迂回から直線化に伴い明らかに削減できた施工費のみとする		○	
	内容	追加調査	(A-1) 新たな設計法の確認のための杭の鉛直載荷試験(2箇所)	○	
		修正設計	(A-1) 詳細設計で対処	○	
		対策工	(A-1) なし (A-2) 1) 監査廊本体の延長縮小, アクセストンネル見直しに伴う施工コスト削減額(約 210,750 千円) 2) 監査廊補助カーテングラウチング, コンタクトグラウチング量減少に伴う削減額(約 45,400 千円) 3) コア敷標準化に伴うブランケットグラウチング量減少に伴う削減額(約 83,340 千円)	○	○
	費用	追加調査	(A-1) ボーリング: ▲48,115 千円(従来法より削減されるため減額) サンプリング: 18,181 千円 室内土質試験(三軸試験等): 50,141 千円 実杭の鉛直載荷試験(2箇所): 188,206 千円	○	
		修正設計	(A-1) なし	○	
		対策工	(A-1) なし	○	
		②合計	(A-1) 208,413 千円	○	
変更後工事 の内容	工事変更の内容	—			
	③変更後工事費	(A-1) 17,400,000 千円	○		
	変更後工期 間接的な影響項目	(A-2) 本体工事期間は変更されたが, 付帯工事など施工手順を変更することにより施工休止などには至らなかった		○	
	受益者	(A-1) 福岡県 (A-2) 事業主体	○	○	
リスクマネジ メントの効果	費用(①-③-②)	(A-1) 3,586,587 千円(対中間支持)~10,452,387 千円(対岩盤支持) (A-2) 約339,490 千円	○	○	
	工期	(A-2) 変更なし		○	
	その他	(A-2) 監査廊迂回時に懸念された維持管理上の諸問題は発生の可能性も含めコスト評価はできないが, 監査廊を直線化したことは維持管理手法を標準化できたことであり維持管理上の経済的リスク回避効果としては大きい		○	

4-2-2 B表データ記入例

記入例として、3事例のデータを表4-5に示した。

B表は、②リスク発現後の対応工事費（追加工事費）と、③理想的な管理を行った場合の工事費の差（②-③）を（想定）マネジメント効果としている。

一方、マネジメントの有無における工事費を比較すると、マネジメント効果は、マネジメント無（①当初工事費+②追加工事費）-マネジメント有（③理想的な対応を行うための費用+④その上での工事費）となる。すなわち、（②-③）と「（①+②）-（③+④）」の2つの算出方法がある。

どちらが記録しやすいか事例研究を通じて検討したものであるが、今回の検討では「②-③」と「（①+②）-（③+④）」で大きな差が生じている。事例3（B-1）においては、③理想的な対策費用と④その上での工事費の区分が不明確であったため、④に計上した項目の分だけ両方の算出式の差が生じた。

事例4（B-2）においては③対策費用=④工事費として、③と④を分離して考えなかったため、効果を「（①+②）-（③+④）」で算出できなかった。今後、データ項目の定義とデータ収集の容易さなどを勘案してマネジメント効果の計算式を定義していきたい。

「トラブル発生の原因となった地質リスクカテゴリー」では選択式（B-1）の記入例を示した。

「地質リスクの抽出・処理に関する総括表」（B-3）には三段式評価（○、△、×）を取り入れた。

なお、事例3（B-1）においては当初工事費の設定において、当該区間のみ取り出して算定したが、設計の見直しにおいては当該区間だけでは不十分であり、単純なコスト比較を行う上で「当初工事費」の定義とあわせて課題が残った。

表 4-5 B表(地質リスクが発現した事例)データ記入例

大項目	中項目	記入例	B-1	B-2	B-3				
対象工事	発注者	(B-1) 自治体 (B-2) 地方自治体 (B-3) 河川国道事務所	○	○	○				
	工事名	(B-1) 緊急地方道路整備事業トンネル工事 (B-2) 道路改良工事 (B-3) S 縦貫道, 国道新設工事	○	○	○				
	工種	(B-1) NATMトンネル本体工事 (B-2) 法面对策 (B-3) 法面工事(L=約 350m)	○	○	○				
	工事概要	(B-1) トンネル延長 364m(全体延長 1053m) (B-2) 道路法面崩壊対策工 (B-3) 最大6段の両切土。安定勾配(1:0.8, :1.2) での切土工が, アンカー工, ロックボルト 工, 吹付法砕工などに変更	○	○	○				
	①当初工事費	(B-1) 10.29 億円(全体) (B-2) 500 万 (B-3) 364,600 千円	○	○	○				
	①当該工事費	(B-1) 3,800 万円(トラブル区間本体工事費、除 仮設)	○						
	当初工期	(B-1) 平成 14 年~平成 19 年(平成 19 年度末 供用開始) (B-2) 平成 17 年 7 月から 11 月 (B-3) H17.9.29~H18.3.20	○	○	○				
地質リスクの抽出・処理に関する総括表	地質概要	(B-3) 中生代堆積性硬質岩盤(亀裂性)、 深層風化、熱水変質			○				
	地質構造概要	(B-3) 断層、褶曲			○				
		計画 段階	設計段階			施工 段階	-	-	-
			概略	予備	詳細				
	地質リスクの抽出*				×	×			○
	地質リスクの伝達*				×				○
	地質リスクの低減があったかどうか*				×	×			○
地質リスクの反映又は発現*				×	★			○	

※: 三段評価
○: 良くできている
△: 一部問題ある
×: できていない
★: 地質リスク発見

大項目	中項目	記入例	B-1	B-2	B-3
リスク発現事象 (リスク発言に至るプロセス)	リスク発現時期	(B-1) 工事段階 (B-2) H17年7月～11月: 自然斜面勾配で1m程度、切り下げて道路改良工を実施した。 H18年7月に斜面崩壊を確認した。 H18年9月～10月: 地質調査(2ヶ所25m)、法面対策工法の概略設計、対策工として自穿孔ロックボルト+吹付法砕工を提案。 H18年9月～H19年1月: 測量一式(横断測量16断面)、法面工詳細設計一式、詳細設計は崩壊部周辺については自穿孔ロックボルト+吹付法砕工とした。 (B-3) 工事施工時: 切土の施工進捗に合わせて法面崩壊、クラックが断続的に発生	○	○	○
	原因となった地質	(B-2) 亀裂の発達した中・古生代の砂岩、亀裂と層理面は流れ盤となっている。		○	
	トラブルの内容	(B-1) 内空変異60cm及び支保変形 (B-2) 法尻を掘削したことや冬季の凍結融解作用で亀裂が緩んだ所に豪雨が来たことが重なって法面崩壊が発生した。 (B-3) 岩盤すべり、くさび状崩落	○	○	○
	トラブルの原因	(B-1) 集水地形をなす小土被り区間に断層が発達していたが、この断層上盤には透水性の高い砂岩が分布しており、強雨時に作用した地下水圧が砂岩沿いに浸透して断層面に作用し、断層沿いの局部的なすべりを生じた。 地形、弾性波探査速度層の低下に着目した上で、断層の発達、地下水位等に関する追加調査を実施すべきであった。 (B-2) ・調査不足 ・岩盤斜面の安定に関する知識不足 ・法尻を掘削したために亀裂の緩みを増大させた。 (B-3) 当初設計時には、ボーリング調査1孔と弾性波探査を実施し、安定勾配を決定したが、調査数量が少なく、当該地山の地質状況を判断することが十分出来なかったものと推察される。	○	○	○
	トラブル発生の原因となった地質リスクカテゴリー	(B-1) ①支持層・安定層の凹凸 ②すべり・崩壊の危険度 ○③地盤・岩盤の等級評価誤差 ○④断層・熱水変質帯などの発生 ⑤土壌地下水汚染 ⑥地下水影響 ⑦その他	○		
	原因となった(楽観的)リスク評価	(B-1) 調査段階: 基盤速度層内に位置し、追加調査は不要 設計段階: 被りは十分であり、補助工法は不要	○		
	工事への影響	(B-1) 変位に対する地質調査、対策工事として支保パターンを追加。本体工事は1ヶ月の遅延。事業全体の工期は予定通り。 (B-2) 崩壊法面の対策工事の追加 (B-3) 供用目標が明示され、残された期間のうちで出来る対策工法での施行となり、費用が増大した。また供用目標に対する工程上のネックとなった。	○	○	○

大項目	中項目	記入例	B-1	B-2	B-3	
追加工事の内容 (リスクが発現した後の対応)	追加調査の内容	(B-1) 坑内より調査ボーリング(10m×4本、20m×1本、3m×1本)を実施 (B-2) 崩壊法面に対する調査ボーリング 2箇所、現地踏査、対策工比較検討 (B-3) ボーリング調査、のり面スケッチ(工事に含める形で)	○	○	○	
	修正設計内容	(B-1) 設計地質条件:地山分類を1段階下げ 周辺条件:特になし 対策工のリスク評価:不詳(二次覆工完了までに予想される降雨に対する安全性についての照査) (B-2) 崩壊部の法面対策工を自穿孔ロックボルト+吹付法砕工に変更 (B-3) 現場吹付法砕工、ロックボルト工、グラウンドアンカー工	○	○	○	
	対策工事	(B-1)なし (B-2)5250万 (B-3) 現場吹付法砕工、ロックボルト工、グラウンドアンカー工	○	○	○	
	追加工事	(B-1) 支保パターン変更(C II-b→D I b-i-s)にインバート追加	○			
	追加費用	追加調査	(B-1) 5,037千円 (B-2) 350万 (B-3) 15,000千円	○	○	○
		修正設計	(B-2) 450万 (B-3) 11,000千円		○	○
		対策工	(B-2) 自穿孔ロックボルト+吹付法砕工+幅員の拡幅 (B-3) 242,000千円、当初は切り土のり面緑化		○	○
		追加工事	(B-1) 25,435千円(支保変更とインバート14,809千円+設備リース延長10,626千円) (B-2) 5250万	○	○	
		②合計	(B-1) 30,472千円 (B-2) 6050万 (B-3) 268,000千円	○	○	○
	延長工期	(B-1) 全体工期に変更なし。トンネル工事は全体で2ヶ月遅延。当該区間での工事中断は約1ヶ月。 (B-3) H17.9.29~H18.3.20 ⇒H19.5.27 約13ヶ月	○		○	
間接的な影響項目	(B-1) 本体工事と付帯工事を並行作業とすることによるリソースのマネジメント (B-2) 調査・設計業務を別途発注 (B-3) 工期の延長、対策費用の増加	○	○	○		

大項目	中項目	記入例	B-1	B-2	B-3
	間接的な影響額				
	負担者	(B-1) 変更工事:発注者 間接的影響:工事業者 (B-2) 地方自治体 (B-3) 国	○	○	○
リスク管理の理想像(想定されるリスクマネジメント)	対応(すべき)時期	(B-1) 調査段階、設計段階、工事段階 (B-2) 当初の設計段階 (B-3) 調査設計段階での十分な調査(ルート選定、用地買収に関係するため)。工事実施段階での十分な調査(変状が起きた場合、対策工法検討のため)	○	○	○
	対応(すべき)者	(B-1) 調査段階:地質技術者 設計段階:設計技術者 工事段階:工事業者、発注者 (B-2) 設計者 (B-3) 発注者:調査から工事までの段階で、地質調査に関する出来る調査を実施すべき。	○	○	○
	対応(すべき)内容	(B-1) 調査段階: 谷を横断する小土被り区間の補足踏査を実施し調査ボーリングを提案。 設計段階: 重い支保の採用。 施工段階: 調査を兼ねた水抜きボーリングの提案 (B-2) ① 調査地は地元では崩壊しやすい山としてよく知られていた。地元での聞き込みを怠った。 ② 現地踏査して地質状況を確認すべきだった。 ③ 既存の地質調査結果を十分に理解して設計へ反映させるべきだった。 ④ 設計時に山岳地の気象を考慮すべきであった。 (B-3) ルート検討段階で問題となる地質かなど、地質専門家の意見も含め判断できる材料を持ってそのリスクも考慮したルート選定が必要。設計段階では、ボーリング調査等の詳細な調査を実施し、施工費や工事実施時でのリスク等を考慮し、道路縦断勾配やのり勾配、また切土かトンネルかなどの検討が必要。設計時には設計コンサルタントだけでなく、地質調査専門家も交えた検討設計が必要と思われる。	○	○	○
	判断に必要な情報	(B-1) 強雨時の水位変化、断層を推定するためのボーリングコア状況 (B-2) 亀裂の発達した中・古生層砂岩の崩壊のメカニズムや形態 (B-3) 地質および地盤情報、付随するリスク情報	○	○	○

大項目	中項目		記入例	B-1	B-2	B-3
	対応費用	調査	(B-1) 約 200 万円 (B-2) 地表地質踏査、調査ボーリング(2 断面程度)	○	○	
		対策工	(B-2) 崩壊地周辺:ロックボルト+吹付法砕工、 その他:法面勾配 1:1.0 で切土し、植生マ ットで保護		○	
		③合計	(B-1) 200 万円 (B-2) 5750 万	○	○	
	想定工事	工事概要	(B-1) 坑内より先進調査ボーリングを兼ねた水 抜きボーリングを実施し、支保パターンを あらかじめCⅡからDⅠへ変更 (B-3) ・切土として施工する場合には、安定勾配 でのり勾配として用地買収を実施。土 工が最も安上がり。 ・トンネル施工のケースも考えられたので はないか	○		○
		④工事費	(B-1) 水抜きボーリング 350 万円、当該区間工 事費 3800 万円、支保パターン変更に伴う 差額 1080 万円、合計 5230 万円	○		
	工期	(B-1) 数日	○			
リスクマネジメ ントの効果	費用(②-③)		(B-1) 2847.2 万円 (B-2) 300 万 (B-3) 結果、工費が増額となっているが、調査が充 実していれば、トンネルにするなど工法の選 択肢はあるが、当初から必要な予算であり、 それを計上していなかっただけである。本当 の損失は供用の遅れによる経済的損失、工事 がシムーズにすすまなかったための施工業 者の経費等の損失であると思われる。	○	○	○
	費用 (((①+②)-(③+④)))		(B-1) 1417.2 万円 (B-2) 800 万	○	○	
	工期		(B-1) トンネル本体工事約1ヶ月短縮	○		
	その他		(B-1) 工程遅延回復に対する工事業者のマメジ メント負担軽減 (B-3) 供用期限のある施工段階での工法の見 直しは、限られた空間の中での対策工と なり、当該箇所では法砕、ロックボルト、ア ンカーと、結果的に切り土法面全てを覆う ことになり、また変状も部分的に発生 し、その都度対応している結果から継ぎ 接ぎでの施工とならざるを得なかった。道 路の景観という視点での課題が残る。	○		○

4-2-3 C表データ記入例

記入例として3事例のデータを表4-6に示した。

C表においては、①当初工事費においてはリスクが発現しそうなので、②変更工事（増額）を実施し、さらに「リスク回避事象」→「リスク管理の実際」→「③リスク対応の実際」のサイクルでリスクマネジメントを実施する。すなわち、①+②+③の費目を投入することで、投入しなかった場合に掛かる④想定工事費を防止するというシナリオから、

$$\text{マネジメント効果} = \text{④} - (\text{①} + \text{②} + \text{③})$$

で算出するものとした。

この場合、④の内訳に①②を含むか含まないかで算出式は異なり、含まない場合は①②は共通であるから、

$$\text{マネジメント効果} = \text{④} - \text{③}$$

で算出できる。

このように、「工事費」「対応費」の範囲（定義）を確定しないまま実証的にデータ収集を行ったものであり、今後使いやすい様式（データ項目の定義）にしていきたい。

C表の特徴は、マネジメントプロセスを表現するところにあり、「リスク回避事象」→「リスク管理の実際」→「リスク対応の実際」のサイクルを繰り返し利用する方法（C-1）もある。

表 4-6 C表(発現したリスクを最小限に回避した事例)データ記入例

大項目		中項目	記入例	C-1	C-2	C-3	
対象工事	発注者	(C-1) 地方自治体(県) (C-2) 〇〇県 (C-3) 県土木事務所		○	○	○	
	工事名	(C-1) 国道〇号道路改良工事 (C-2) 〇〇トンネル (C-3) 〇〇インター線道路改良工事		○	○	○	
	工種	(C-1) 道路切土 (C-2) 道路トンネル (C-3) 函渠工		○	○	○	
	工事概要	(C-1) 高規格道路の切土のり面工事(3段オープンカット) (C-2) 土砂部を含むトンネル(延長 279m) (C-3) ボックスカルバート工(施工延長 L=約 40 m、幅 B=約 24m)		○	○	○	
	①当初工事費	(C-2) 12.6 億円 (C-3) 89,500 千円			○	○	
	当初工期	(C-2) H13.4~H15.3 (24 ヶ月) (C-3) 200 日			○	○	
発 現 し た	リスク発現事象	リスク発現時期	(C-1) 工事中 (C-3) 工事中	○		○	
		トラブルの内容	(C-1) 道路の切土のり面(3段オープンカット)の工事中、最下段まで掘削した段階でのり面に地中変位が生じ、大規模地すべりの兆候が現れ、対策が必要となった。 (C-3) ボックスカルバート基礎部掘削時に、軟弱地盤が出現。	○		○	
		トラブルの原因	(C-1) 調査不足 (当該区域における事前調査なし) (C-3) 調査不足	○		○	
		事業・工事への影響	(C-1) 追加対策工事、工期延長(供用遅れ) (C-3) 工事の中断および対策工の追加。(ただし、当初工期内に対策工を含め完了。)	○		○	
リ ス ク	追加工事の内容	追加調査の内容					
		修正設計内容					
		対策工事					
		追加工事					
		追 加 費 用	追加調査				
			修正設計				
			対策工				
			追加工事				
②合 計							
延長工期							
間接的な影響項目							
負担者							

大項目		中項目	記入例	C-1	C-2	C-3
最 小 限 に 回 避 し た リ ス ク	リスク回避事象1	予想されたリスク発現時期	(C-1) 工事中 (C-2) 施工段階 (C-3) 工事中および、工事完了後の供用中	○	○	○
		内容	(C-2) トンネル天端および緩みエリア(1~2D)に土砂と岩盤が分布し、補助工法、支保パターンの切替の判断が難しい		○	
		予想されたトラブル	(C-1) 隣接区域の切り取り斜面で想定外の軟弱層が確認され、当該区域でも軟弱層が存在し、切土のり面での安定性が低下し、大規模地すべりに繋がるのが危惧された。 (C-2) 過大施工、天端部の崩壊 (C-3) 軟弱地盤区間において、地耐力不足による重機の施工不能および、ボックスカルバートの沈下、破損および舗装の破損。	○	○	○
		回避した事象	(C-1) 大規模地すべり (C-2) 過大施工、天端部の崩壊 (C-3) 工事の中断および、工事完了後の供用中の圧密沈下による道路変状に対する補修工事	○	○	○
		事業・工事への影響	(C-1) 追加対策工事、工期延長(供用遅れ) (C-2) 当初計画通り施工できた (C-3) 工事の中断、対策工の検討・施工	○	○	○
	リスク管理の実際1	判断(した)時期	(C-1) 工事中(当該地区の施工着手前) (C-2) 調査・設計時と施工時 (C-3) 工事中(基礎部掘削時)	○	○	○
		判断した者	(C-1) 施工者、地質技術者 (C-2) 調査時の地質技術者と発注者、地質調査者(設計者)施工者による委員会 (C-3) 施工者・地質調査業者	○	○	○
		判断の内容	(C-1) 隣接区域における掘削状況より、当該区域にも想定外の軟弱層が存在する可能性と切土のり面の安定性の低下 (C-2) 適切な地質調査を実施し地質断面図の精度を向上させ設計に反映した。 不確実な要素を回避するため委員会を設置し施工時に適時判断した。 (C-3) 地盤改良の提案	○	○	○
		判断に必要な情報	(C-1) 地盤情報、施工状況 (C-2) 土砂と岩盤の境界と施工時の情報 (C-3) 地質情報(地質層序、土質特性、地耐力)	○	○	○

大項目		中項目		記入例	C-1	C-2	C-3
最 小 限 に 回 避 し た リ ス ク	リスク対応の実際1	内容	追加調査	(C-1) 傾斜計による地中変位観測 (C-2) なし (C-3) ・地質調査(スウェーデン式サウンディング 試験 3 箇所、簡易動的コーン貫入試験 8 箇所) ・土質試験(セメント安定処理配合試験 1 式、六価クロム溶出試験 1 検体、一軸圧縮 試験 1 試料) ・平板載荷試験 1 箇所	○	○	○
			修正設計	(C-3) なし			○
			対策工	(C-3) 安定処理工(バックホウ混合)構造物基 礎、1m 以下			○
		費用	追加調査	(C-1) 3 百万円 (C-2) なし (C-3) 280 千円	○	○	○
			修正設計	(C-3) なし			○
			対策工	(C-3) 1,900 千円			○
			③合計	(C-1) 3 百万円 (C-3) 2,180 千円	○		○
	リスク回避事象2	予測されたリスク発現 時期		(C-1) 工事中	○		
		予測されたトラブル		(C-1) 最下段まで掘削した段階で、地中変位が 大きくなり、このままでは大規模地すべり が発生する。	○		
		回避した事象		(C-1) 大規模地すべり	○		
		事業・工事への影響		(C-1) 追加対策工事、工期延長(供用遅れ)	○		
	リスク管理の実際2	判断(した)時期		(C-1) 工事中(掘削施工中)	○		
		判断した者		(C-1) 地質技術者	○		
		判断の内容		(C-1) 傾斜計による地中変位観測の結果、地中 変位が増大し、地すべり変動が発生したと 判断された。緊急措置として押え盛土で地 盤変位の増加を止め、その後、必要な調 査ならびに対策工設計を行うこととした。	○		
判断に必要な情報		(C-1) 地盤情報、施工データ、地盤挙動データ	○				
リスク対応の実際2	内容	追加調査	(C-1) ボーリング10本、 弾性波探査2測線、他	○			
		修正設計					
		対策工	(C-1) 集水井6基、グランドアンカー付鋼製受圧 盤 545 基	○			
	費用	追加調査	(C-1) 30 百万円	○			
		修正設計	(C-1) 10 百万円	○			
		対策工	(C-1) 760 百万円	○			
		③合計	(C-1) 800 百万円	○			

大項目		中項目	記入例	C-1	C-2	C-3
最 小 限 に 回 避 し た リ ス ク	回避しなかった場合	工事変更の内容	(C-1) 大規模地すべりの発生により、地すべり土砂の撤去、安定対策が不可避。安定対策は長大のり面工事になっていた可能性大。また、用地の追加買収が必要となる。 (C-2) なし (C-3) 施工時、部分的な地盤破壊によるボックスカルバートの沈下・損傷および、供用後、圧密沈下による沈下・上部構造(舗装等)の損傷に対する補修工事。	○	○	○
		④変更後工事費	(C-1) 算定困難(2,000~3,000 百万円程度か) (C-2) 支保工延長増額 0.6 億円(想定) 崩壊対応増額 3.0 億円(想定) (C-3) 算定困難 94,500 千円(推定) (当初工事費 89,500 千円+補修対策工事費 5,000 千円)	○	○	○
		変更後工期	(C-1) 3年以上 (C-2) α日 (C-3) 90日~(推定)	○	○	○
		間接的な影響項目	(C-1) 供用時期の大幅な遅れ、用地の追加取得、地元とのトラブル、等々 (C-3) 供用時期への影響(遅れ)、圧密沈下による供用時の維持補修費の増大および、補修工事等による通行への影響(経済的損失)	○		○
		受益者	(C-1) 施主(地域住民、納税者) (C-3) 管理者、利用者(地域住民)、納税者	○		○
		リスクマネジメントの効果	費用④-(①+②+③)	(C-1) 1,000~2,000 百万円 (C-2) 想定増額 3.6 億円を押さえたこと (C-3) 2,820 千円(推定)	○	○
	工期	(C-2) α日 (C-3) 90日以上		○	○	
	その他	-		-	-	

5. 事例研究から見た地質リスクマネジメントの体系的整理に向けた一考察

事例研究を通して、地質リスクマネジメントの特徴と様々な実務上の課題を発見することができた。これらの課題を解決するためには、地質リスクマネジメントの特徴を幅広くかつ深く理解することが不可欠であることを再認識した。

そこで本章では、地質リスクマネジメントの体系的整理を最終目的として、事例研究から見えてきた地質リスクマネジメントの特徴を整理することを試みる。

5-1 地質リスクの種類・影響・発現過程

地質リスクの種類と発現時期の一例を表 5-1 に示す。

表 5-1 地質リスクの種類と発現時期の一例

地質リスクの種類	発現時期
1) 追加費用発生	調査・測量・設計・発注・工事・運用
2) 品質不良	設計・工事・運用
3) 工期延長	工事・運用
4) 安全不遵守	工事・運用

品質不良、工期遅延、安全不遵守のリスクは、追加費用発生というリスクを伴う場合が多い。本研究では、地質リスクを「事業コスト損失」に関わるものに限定している。

発現した地質リスクの影響を受ける主体とそれらの影響の一例を表 5-2 に示す。

表 5-2 発現した地質リスクの影響を受ける主体とそれらの影響の一例

影響を受ける主体	影響の一例
1) 納税者	費用負担、社会的便益低下
2) 利用者	安全・安心低下、健康被害、社会的便益低下、利用者満足度低下
3) 労働者	健康被害、費用負担
4) 施工者	費用負担、経営安定度低下、(利潤増大)
5) 設計者	費用負担、(利潤増大)
6) 調査・測量者	費用負担、(利潤増大)
7) 発注者	行政目標不遵守、社会的批判増大

() の部分は、正の影響を示す。発現した地質リスクは、契約の増額変更によって解決されることが少なくない。地質リスクは、民間企業に利潤増大という正の影響ももたらしていたことに留意する必要がある。

ここで、費用負担の中で、工期延長に伴う費用増加に言及しておきたい。旧来の公共工事の設計図書変更では、工期延長に伴う費用増加は別の費目として支払われる、或いは、小額の場合は施工者が負担する場合も少なくなかった。工期延長に伴う費用増加が明確に

認められることは多くなかったため、公共発注者も施工者もこの費用増加への関心は必ずしも高くはなかった。

ただし、今後の公共工事では、公共発注者の説明責任遂行の要請が益々高まることが予想される。また、受注競争の激化に伴い、施工者の経営リスクが増大することが懸念される。このことは、今後の地質リスクマネジメントでは、工期延長に伴う費用増加を正確に把握し、抑制することが益々重要となることを意味している。

本研究では、リスクの発現過程を以下のように表現し、データ収集様式を提案した。

- ・ マネジメントを実施しない場合

原因→トラブル（物理現象）→リスク発現→影響

- ・ マネジメントを実施した場合

原因→＜事前マネジメント＞→トラブル（物理現象）→＜事中マネジメント＞
→リスク発現→＜事中マネジメント＞→影響 →＜事後マネジメント＞

ここで、トラブルとは、法面崩壊などの物理現象を指す。

事前マネジメントとは、トラブルの発生前にその原因を特定し、適宜除去する行為を指す。事中マネジメントとは、現場の地盤状態を観測しながら、その結果に基づき迅速に適切な対策を採る行為を指す。事後マネジメントとは、影響の拡大を防止しつつ、工事の完成や施設機能の維持を図る行為を指す。

5-2 地質リスクマネジメントの類型化の一例

(1) リスク効率性について

リスクマネジメントの目的の一つは、リスクとリターン、或いはリスクとコストの最も好ましいバランスをもたらす対策を導出することにある。

図 5-1 にその概念図を示す。横軸は事業コストの期待値を、縦軸はそのばらつきを示す。事業コストは、事業の構想段階から運用段階までに要した費用を指す。縦軸のばらつきが、リスクを表す指標として用いられることが多い。一般に、ばらつきの指標として、標準偏差や分散が用いられる。本稿では、以下縦軸は標準偏差を表すものとする。

リスクマネジメントでは、より少ない費用でより多くのリスクを削減することが望ましいことは言うまでもない。この考え方をリスク効率的(risk efficient)であるという。図 5-1 において、対策 A と B は対策 D よりもリスク効率的である。より南西方向の結果をもたらす対応策が、よりリスク効率的な対応策となる。

ただし通常は、事業コストの期待値と標準偏差とは、トレードオフの関係にある。対策 A、B、C は、それぞれ他の対策よりもリスク効率的であるとはいえない。このように、よりリスク効率的な対策が他に存在しない対策を結んだ線を、リスク効率性曲線(risk efficiency curve)という。

リスクマネジメントでは、このリスク効率性曲線を求め、その中で最も望ましいバランスを生み出す対策を導出することが求められる。

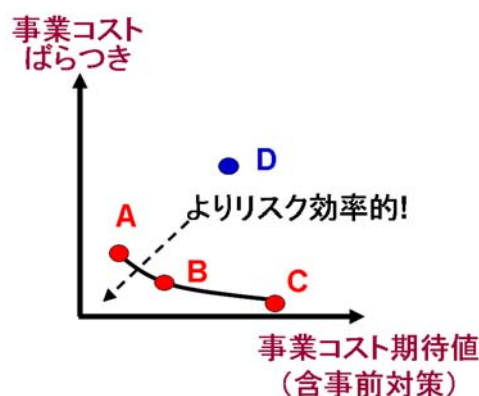


図 5-1 リスク効率性の概念図

(2) 本研究における地質リスクの定義

一般的に、リスクとは、事業コストのばらつきを指す場合が多い。しかし本研究では、「地質リスク」は、事業（損失）コストのばらつき（標準偏差）だけでなく、その期待値も含むものとした。このようにリスクを広義に解釈する理由は、以下の通りである。

- 1) 事業コストのばらつきだけでなく期待値も縮減することは、実務上重要な目的の一つであること、
- 2) それにもかかわらず、コストの期待値を縮減する手法さえ十分に活用されていないこと、
- 3) したがって、事業コストの期待値とばらつきを縮減する実践的方法論を確立することが、本研究の最終目的となっていること。

(3) リスク効率性に基づく地質リスクマネジメントの各類型の特徴の一例

本研究では、データ収集様式として A、B、C 表の三種類の表を提案した。

本節では、各表に該当する地質リスクマネジメントの特徴の一例を、推察も交えて以下のように整理することを試みた。

① A 表の特徴の一例

図 5-2 に、A 表に該当するリスクマネジメントの特徴の一例を示す。A₀ は通常の見当策、A₁ は当初見当策、A₂ は修正された最終見当策の期待値と標準偏差をそれぞれ示す。A₂→A₃ は工事段階と運用段階におけるリスクマネジメントの状況推移を表し、A₃ は事業終了時、すなわち、事業がその役割を果たし終えた時点での状態を表す。

まず、通常の見当策 A₀ では、事業コストのばらつき（狭義のリスク）が大きくなると考えられたため、ばらつきを小さくする修正案 A₁ が検討・提案されている。さらに、修正案 A₁ の経済性（コストの期待値）を改善するために詳細な分析・検討が重ねられた結果、最終案 A₂ が導出された。A₃ の横軸の値は最終的な事業コストを示す。事業コストは確定しているため、標準偏差はゼロとなる。

A 表に該当する事例の一つは、特に大規模な事業において、構想・設計段階で地質リスクマネジメントが十分に検討される場合であるといえる。

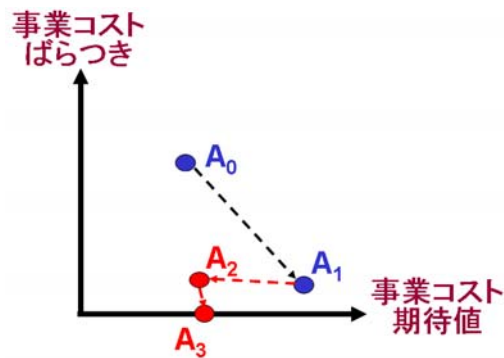


図 5-2 A 表に該当するリスクマネジメントの特徴の一例

② B 表の特徴の一例

図 5-3 に、B 表に該当するリスクマネジメントの特徴の一例を示す。 B_a は提案された対応策の事業コストの期待値とばらつきを著しく過小に評価した場合を示す。 B_{aL} は事業コストの想定下限値であり、 B_{aU} がその上限値である。

これに対して、 B_{b1} は提案対策の真の特性、すなわち、事業コストの期待値とばらつきの正しい値を示す。次に、 $B_{b1} \rightarrow B_{b2}$ は、リスクが発現した後、事後的に採用された対応策の推移を表す。この場合、最終的な事業コスト B_{b2} が、事業コストの想定上限値 B_{aU} を超過したことを示している。

B 表に該当するリスクマネジメントが実施される第一の要因は、地質リスクの著しい過小評価にある。

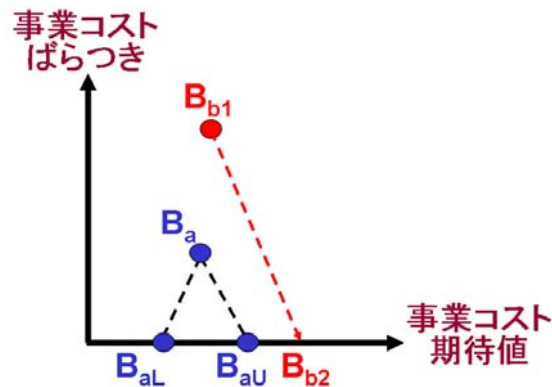


図 5-3 B 表に該当するリスクマネジメントの第一の特徴の一例

③ B 表の第二の特徴の一例

このリスクマネジメントが実施される要因は他にも存在する。それは、地質リスクの過大評価への恐れとそれに伴う過大設計防止の要請である。図 5-4 に、その概要を示した。

図 5-4(1) は、適切な事中管理が要求されている事例である。 B_a と B_b は事前に検討された二つの案を示す。 B_a は経済性を重視した案であり、 B_b はリスク低減を図った案である。

B_{aL} と B_{bL} はそれぞれ B_a と B_b の最終事業コストの想定下限値であり、 B_{aU} と B_{bU} はそれぞれの想定上限値である。

B_{aU} が B_{bL} よりも小さいと判断される場合は、 B_a が採用される可能性が高い。これは、最小限の対策から出発し、現場の状況を観察しながら、その結果に基づいて適切な対策を迅速に実施する方法である。この「事中管理」は、日本のこれまでの多くの公共工事で実施された方法であり、現在環境保全分野で注目されている **adaptive management**（適応型管理）と共通部分を持つ方法であるともいえる。過大設計を防止する合理的な方法であるといえる。

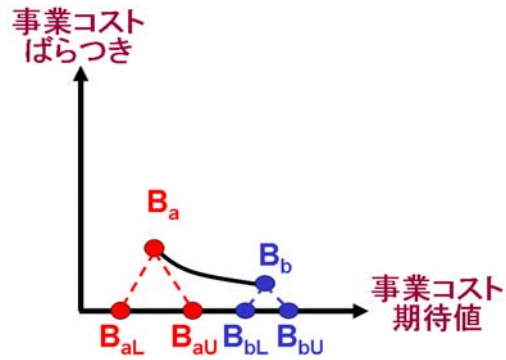
ただし、図 5-4(2)に示すように、事中管理が不適切に実施されるなどの理由で、最終的な事業コスト B_{a2} が大幅に上昇する場合もある。事中管理の適切な実施が必要であることを、再認識したい。

対応策の選択が難しくなるのは、図 5-4(3)の場合である。 B_{bL} を B_b の想定下限値とし、 B_{bU} はその上限値とする。この場合、 B_{aU} が B_b よりも大きく、 B_{bL} と B_{bU} の範囲が B_{aL} と B_{aU} の範囲の中に含まれると判断されている。 B_a は「ハイリスクハイリターン」、 B_b は「ローリスクローリターン」な対応策である。

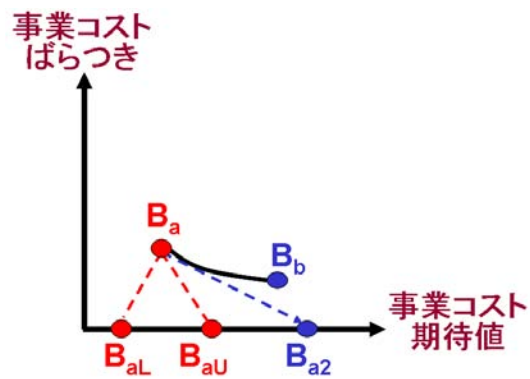
この場合、担当者には、「ハイリスクハイリターン」な対応策である B_a を採用する誘因が働くと思われる。それは、地質リスクの過大評価への恐れとそれに伴う過大設計防止の要請である。 B_a 採用に伴う最終コストが、 B_b 採用に伴う最終コストより小さくなる確率は小さくない。納税者からのコスト縮減への要請を日々実感して事業を実施する公共発注組織ほど、その傾向は顕著になると思われる。

ここで、留意すべき点は、

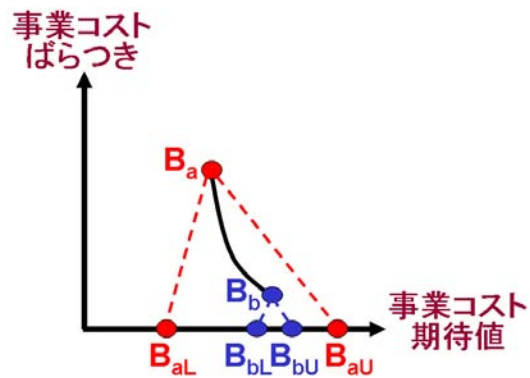
- 1) B_a と B_b の選択に関して、唯一絶対的な正答は存在しないこと、
- 2) B_a を採用して、リスクが発現した結果、その最終的な事業コストが B_b を上回った場合でも、それは決してマネジメントの失敗と捉えるべきではないこと、
などが挙げられる。



(1) 適切な事中管理が要求されている場合



(2) 事中管理が不適切に実施される場合



(3) ハイリスクハイリターンな B_a とローリスクローリターンな B_b の選択が困難な場合

図 5-4 B 表に該当するリスクマネジメントの第二の特徴の一例

④ C表の特徴の一例

図5-5に、C表に該当するリスクマネジメントの特徴の一例を示す。C₁は対応策の期待値と標準偏差を表す。C₁→C₂は、想定内、或いは想定外のリスクが発現した後に、標準的なリスクマネジメント対応策が採られた場合の、工事段階と運用段階における状況の推移を表す。C₂は事業終了時点での状態を表す。C₁→C₃は、より優れたリスクマネジメント対応策を実施したことによって、最終的な事業コストを縮減できたことを示している。C表は、優れた事後または事中のマネジメントを記録するための様式である。

C表によって記録される案件には、事前のマネジメントが不十分であった案件も含まれると予想される。事前、事中、事後のマネジメントは、互いに独立しているものではなく、それらのあり方は本来総合的に検討されるべきであると考えられる。したがって、C表による記録の充実は、優れた事後または事中のマネジメントの改善だけでなく、事前のマネジメントの改善にも貢献できると考えられる。

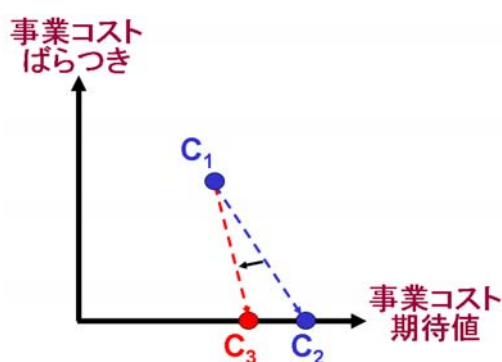


図5-5 C表に該当するリスクマネジメントの特徴の一例

5-3 地質リスクへの具体的対応策と結果について

以上の考察から、地質リスクへの対応策の分類として、表5-3から表5-5までの分類方法も有益であると考えられた。

表5-3 対応主体に基づく地質リスク対応策の一分類

対応有無	対応主体	対応主体例	対応方法例
有	自身	インハウス技術者	実施 (do something)
			無作為 (intentionally do nothing)
	他者	受託者、施工者、技術顧問 保険会社	移転 (transfer)
			保険 (insure)
無	---	---	不作為 (unintentionally do nothing)

表 5-4 削減水準に基づく地質リスク対応策の一分類

削減水準の程度	削減水準の内容
回避 (avoidance)	削減リスク 100%、残余リスク 0%
低減 (reduction)	削減リスク X%、残余リスク (100-X)%(*)
受容 (acceptance)	削減リスク 0%、残余リスク 100%

注*)削減水準 X は、 $0 < X < 100$ の値を採る。

表 5-5 結果に基づく地質リスク対応策と主に該当する提案データ収集様式の一分類

対応策の結果		結果の概要	主に該当する データ収集様式
満足	タイプ 1	事前に十分な検討を行い、リスクの発現を回避し、最終事業コストを最小化した場合	A 表
	タイプ 2	想定内のリスクが発現したので、的確に対応し、最終事業コストを最小化した場合	C 表
	タイプ 3	想定内のリスクが発現したので、的確に対応したが、最終事業コストは最小化できなかった場合	C 表または B 表
	タイプ 4	想定外のリスクが発現したが、的確に対応し、損害の拡大を抑えた場合	C 表
不満	タイプ 5	想定外のリスクの発現に対して、その後の対応が十分ではなく、損害を拡大してしまった場合	B 表
	タイプ 6	リスクの発現を回避するために、過大な対応策を採用する場合	該当なし

表 5-3 には、対応主体に基づく地質リスク対応策の一分類を示した。今後の日本の公共工事では、リスクへの対応主体を明確にすることが重要である。表 5-4 には、削減水準に基づく地質リスク対応策の一分類を示した。今後の地質リスクマネジメントでは、残余リスクの正確な把握と適切な対応が重要になると考えられる。

表 5-5 には、結果に基づく地質リスク対応策と主に該当する提案データ収集様式の一分類を示した。ここで、特に今後の地質リスクマネジメントでは、不確実性が高い状況で一層の建設コスト縮減が求められることに再度留意する必要がある。地質リスクマネジメントの担当者には、地質リスク低減とコスト縮減の間の益々厳しい「せめぎ合い」が求められているのである。このことは、特に地質技術者による技術判断が不十分な場合には、タイプ 1 からタイプ 4 までの対応策を採ることは必ずしも容易ではない場合もあることを示唆している。

したがって、タイプ 5 の結果の招来は、決して社会的さらには組織内で批判や非難されるべきではないことを強調したい。もしそのような批判や非難が一般的に行われた場合は、地質リスクマネジメントの担当者は、タイプ 6 の非経済的な対応策を採用する「誘惑」に駆られることになるからである。

タイプ5の対応策を採用したことが判明した場合は、データ収集の姿勢に注意する必要がある。その第一は、当事者責任の追及を排除することである。その第二は、「タイプ5の対応策を採用せざるを得なかった理由」を関係者全員で丁寧に明らかにし、共有化することである。

データ収集には、「地質リスクマネジメントの現状を真摯に受け止め、それを改善するために、現状の情報を『オープン』にし、関係者全員で『楽しく』知恵を出し合っていく」、いわゆる、地道で、真摯で、建設的で、かつ明るい姿勢が求められている。地質技術顧問には、そのような明るくオープンな姿勢を引き出す「ファシリテーター」の役割も求められている。

6. 地質リスク計量化のための事例収集と事例区分の意義

6-1. 地質リスクに関する事例収集の意義

本研究で検討された地質リスク計量化のための事例収集のデータ様式は、ケーススタディを実施することにより、様々な課題が明確になった。この検討の結果、今後の事例収集に向けて、大きな進展が得られた。全国地質調査業協会連合会技術委員会地質調査の役割に関するワーキンググループは効果的な地質調査・不十分な地質調査の事例と合理的な地質調査の提案のため、「事例に学ぶ地質調査」の報告書(全国地質調査業協会連合会, 2003)を作成した。報告書には様々な地質リスクが発現した事例が示されており、その分析をもとに地質調査のあり方についての提言を行っている。今回の研究では、このケーススタディをさらに進めて、地質リスクマネジメントにおける地質調査の効果を貨幣価値として求めることにある。このようなデータ収集の試みは少なく、データ収集が進めば地質調査の役割を検討する上で参考になり、合理的な地質調査のあり方へ重要なデータを提供する。

海外においては地盤工学分野でリスクマネジメントの事例を収集する動きがある(Roberds, 2005)。そこでは事例名称、プロジェクトの概要、プロジェクトの発注者、事例評価の概要、リスクマネジメントの方法、リスクマネジメント結果、結果の費用と効用価値、今後の課題等が記述される。すなわち本研究で提案している事例収集のデータ様式と同様な様式によるデータ収集の動きが海外でも始まりつつあり、地質リスクマネジメントに関するデータ収集の意義が認識されつつあることを示している。今回本研究で検討された様式はRoberds(2005)の様式と比較し、より計量化に適しており、その点で今回実施した研究の先進性とその意義が明確である。

6-2. 地質リスク効果の計量化における各種費用の概念と事例区分

本項では効果計量化の費用内容の整理を行い、A、B、Cタイプに分類された地質リスクマネジメントパターンのそれぞれの特徴を見てみる。

始めに費用を以下のように区分し、数式ではアルファベットの略号で示すこととする。

I: 当初事業費 (Project cost initially planned)

A: 追加事業費 (Additional project cost)

F: 最終事業費 (実績事業費) (Final project cost)

E: 想定事業費 (Estimated project cost)

D: 設計費用 (地質調査費はここに含める) (Design cost)

B: 工事費 (Cost to build)

Di: 当初設計費

Da: 追加設計費

Df: 最終設計費 (実績設計費)

De: 想定設計費

Bi: 当初工事費

Ba : 追加工事費

Bf : 最終工事費 (実績工事費)

Be : 想定工事費

ここでは事業費を基本的には設計費と工事費からなるとする。地質リスクに関する議論を単純化するため、その他の費用についてはそのどちらかに含めることとする。

したがって

$$I = D_i + B_i$$

$$F = D_f + B_f$$

想定事業費には2種類が考えられる。地質リスクを適切にマネジメントし事業費を抑えた場合、マネジメントできなかった時の想定事業費と、地質リスクを適切にマネジメントできず事業費が増大した場合、適切にマネジメントできた場合の想定事業費である。

また様々なリスクが生じたことにより設計変更がなされ追加工事があった場合、追加設計費 (Da) と追加工事費 (Ba) と表現する。何回かの設計変更があれば Da1、Da2 等と示すことができる。同様に Ba1、Ba2 等も表現できる。

追加事業費 A は追加設計費と追加工事費の和になる。

すなわち

$$A = D_a + B_a$$

また追加設計があった場合、最終設計費は

$$D_f = D_i + D_a$$

同様に最終工事費は

$$B_f = B_i + B_a$$

これらから最終事業費は以下のようにも表現できる。

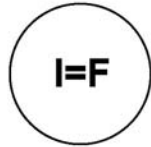
$$F = D_i + D_a + B_i + B_a$$

以上の定義の上で様々なケースを考える。ただし、地質リスクに関する議論なので、ここでは費用に与える影響は地質状況のみに起因するとして議論する。

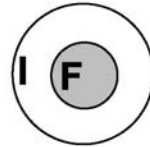
(1) ケース1: I=F の場合

この場合は最終事業費が当初事業費で計画されたとおりになったケースで、適切な地質調査に基づく設計により事業費が想定されたとおりになった場合である (図6-1a)。例えば、事業対象地域に断層破碎帯が存在していたとしても、適切な地表調査やボーリング調査、また物理探査によりそれが把握され、当初の計画から適切な工法が採用されることで、事業費の増大には至らなかった場合が含まれる。この点では、地質リスクが回避された例と言える。どのような工事にも地質的には様々な課題があると考えられるので、I=F の場合、地質リスクが存在していなかったということではなく、地質リスクが適切に回避された事例と言える。

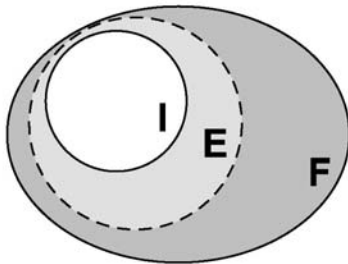
a. ケース 1



b. ケース 2



c. ケース 3



d. ケース 4

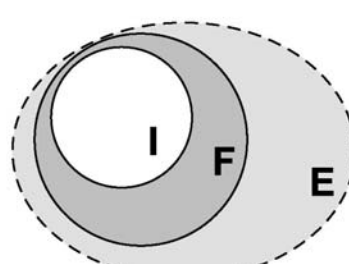


図 6-1 事業費の増減と地質リスクマネジメント

(2) ケース2: $I > F (=Bf + Di + Da)$

この場合は最終事業費が当初事業費を下回った場合で、計算上は事例分析(3章)のAタイプに相当すると考えられる(図6-1b)。すでに述べたように、Aタイプはリスクを過大評価して望んだと考えられる場合があるが、このケースはそれを示している。この場合、地質状況の不確実性に対して、より悲観的な判断を行い、それにもとづき事業費を計上したと考えられる。このケースでは最終事業費は当初事業費を下回ったものの、当初に適切な地質調査・試験を行っていれば B_i と B_f が一致し、またその場合の D_i は増加するものの、その増加分は D_a より少ない可能性がある。最終事業費が当初事業費を下回り、一見、リスクマネジメント効果があったようにも考えられるが、地質リスクを回避した事例とするにはさらに議論が必要と考える。

Aタイプの事例にある海上橋梁下部工工事の事例では、岩盤支持にもとづく当初事業費の計算があったものの、詳細な地質調査と試験の結果にもとづく設計に至る中で、実際の工法が決まり、事業費が算出されたとも考えられる。この場合、詳細な地質調査・試験が当初設計作業の一部ではないかとも考えられる。すなわち、詳細設計にもとづく事業費の計上は当初事業費であると考えられる。この当初事業費に対して、工事完了時点での最終事業費が同じであれば、ケース1に含まれることになる。この事例は地質調査と各種試験の結果による判断が工事費用削減に大きく貢献したことに間違いはないが、当初事業費を工事開始前のどの段階で定義するかでその見かけ上の効果が異なってくることが示されている。

(3) ケース3: $I < F$ で $E < F$

最終事業費が想定事業費を上回った場合である (図 6-1 c)。もし適切な地質調査がなされていれば、想定事業費で示される、より少ない費用で済んだことになり、地質リスクマネジメントが適切でなかったと言える。これは B タイプの例と考えられる。ここでもし地質リスクマネジメントが適切であれば、 $F - E$ の効果が得られたことになる。ここで、最終事業費 F のための地質調査を含む設計費用 D_a と、想定事業費 E のケースでの追加設計費用 D_e を比較すると、 $D_e > D_a$ とすると考える。もしより多くの地質調査量を含めることができれば、最終事業費が削減できた可能性を示している。

(4) ケース4: $I < F$ で $F < E$

最終事業費が想定事業費を下回った場合である (図 6-1 d)。 $I < F < E$ となる。当初事業費を上回ったものの予見できなかった地質リスクが適切に回避された場合と考えられる。これは C タイプの例と考えられる。この場合、地質リスクマネジメントで $E - F$ の効果が得られたことになる。

以上のような地質状況の変化とその対応がどのように事業費用へ影響するかを分析することにより、4 区分のケースを示したが、それらと、事例区分の A、B、C タイプを比較することにより、事例区分の意味が明確になったと考える。

文献

全国地質調査業協会連合会 (2003) 事例に学ぶ地質調査. 全国地質調査業協会連合会, pp. 114.

Roberds, B. (2005) Proposed case study format. Preliminary Draft, TC32 Case Study Data Base Proposal, <http://www.engmath.dal.ca/t32/casehists.html>, pp. 4.

7. ニュージーランドにおけるリスクマネジメントプロセスマニュアル

7-1 はじめに

ニュージーランドでは同国運輸省の管轄下にある公的組織(Crown Entity)である TRANSIT NEW ZEALAND (ニュージーランド道路庁；以下、TRANSIT と略記)が国内の約 11,000km の国道の管理・運営・開発を行っている。

TRANSIT では最新のリスクマネジメントの考え方を取り入れて「Risk Management Process Manual」を 2004 年 9 月に作成し実際の国道管理に適用している。

ニュージーランドは我が国と同様に変動帯に属し複雑な地質分布状況を有し、北島および南島を縦断する Alpine Fault(アルパイン断層)や数多くの活断層も分布する。

我が国の道路防災に関する地質リスクを検討する上でも参考となる TRANSIT のリスクマネジメントプロセスマニュアルの概要について、図表を中心に粗訳し本報告書の一部として紹介する。

7-2 リスクマネジメントプロセスマニュアルの構成

本マニュアルは以下の内容で構成されている。

1. 概説
 - 1.1 定義
 - 1.2 主目的、適用性および範囲
 - 1.3 リスクマネジメントの理念
 - 1.4 TRANSIT におけるリスクマネジメントプロセスマニュアルの重要な考え方
2. 責任
3. 解決手法
 - 3.1 リスクファイルの働き
 - 3.2 ワークショップ
4. 適用
 - 4.1 TRANSIT におけるリスクマネジメントの実行
 - 4.2 一般的なアプローチの使用
 - 4.3 高度なアプローチの使用
 - 4.4 報告、モニタリングおよびレビュー
 - 4.5 コミュニケーションおよびコンサルテーション

7-3 リスクマネジメントプロセスマニュアルの概説

TRANSIT におけるリスクマネジメントでは、不確実性を伴うリスクに対して危機(Threat)と好機(Opportunity)の両面に焦点をあて体系的にマネジメントを行っているのが特徴的である。

リスクの定義としては、リスク= 事象の結果×発生確率と捉えて、事象の結果についての記述と重大性(影響度)についての評価(Rating)を行っている。

上記した「TRANSIT におけるリスクマネジメントプロセスマニュアルの重要な考え方」の

内容を以下に示す。

- 目的：TRANSITにおけるリスク管理の開発および適用に関連した重要な概念の記述
- 規格：リスク管理プロセスおよび実行はAS/NZS 4360：2004で定義された指針と一致
- 進展：戦略的な計画へのリスク管理方針の繋がり、明確さと方針の鍵となるプロセスコミュニケーションは、計画と資源管理確約の配分を処理する。責務と当局管理レビューについて定義された適切なシステムの遂行とメンテナンスを行う。
- 適用
 - 1) リスクが管理されなければならない状況の確立
 - 2) リスク評価への適切なアプローチの選択；つまり形式にとらわれない、質・量的あるいは種々のアプローチの組合せ
 - 3) リスクの識別、分析および評価
 - 4) リスク措置計画の決定
 - 5) 進行的により高い事業レベルへの重要なリスクの報告
 - 6) 危機の減少、好機の実現への焦点を確立するリスクコミュニケーションの実施

本マニュアルでのリスクマネジメントプロセスの概要を図7-1に示す。

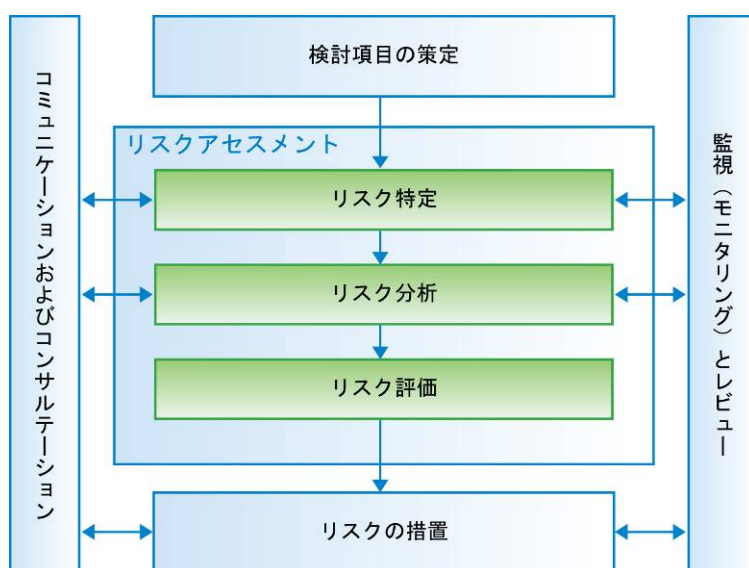


図7-1 リスクマネジメントプロセスの概要

表7-1に危機と好機の評価をまとめたものを示す。

表 7-1 事象（危機・好機）の記述と重大性評価

記述項目	衛生面と安全性	イメージと世評	環 境	利害関係者の関心	コスト	期 間	評価点	
危 機	多大	多数の死亡者	国際的な報道	永久的かつ広大な環境被害	調査委員会による検討	10(百万ドル)	多 年	100
	大	数名の死亡者	全国的な報道	重大な環境被害、高コストな復旧要	大臣への照会	10~1(百万ドル)	数 年	70
	中	多数の重傷者	地方的な報道もしくは短期的な全国的報道	大きいが修復可能な環境被害	大臣への質問または第三者機関による調査	1(百万ドル)~10(万ドル)	数ヶ月	40
	小	少数の重傷者	地域的な報道	中程度の負の弊害(限定的)	公式な情報要求	10~1(万ドル)	数週間	10
	無視できる(極く僅か)	重傷者寡少	短期間地域内での報道	短期的な被害	クレーム少ない	1(万ドル)程度以下	数日間	1
好 機	無視できる(極く僅か)	負傷者(寡少)の防止	短期間地域内での報道	短期間内での向上	支援者の投書	1(万ドル)程度以下	数日間	-1
	小	負傷者(少)の防止	地域的な報道	中間期内での向上	RMA ¹ とLTMA ² の支援による提案	10~1(万ドル)	数週間	-10
	中	重傷者(多数)の防止	地方的な報道もしくは短期的な全国的報道	中~長期的な環境の良化	地域社会での支持	1(百万ドル)~10(万ドル)	数ヶ月	-40
	大	死亡者(数件)の抑制	全国的な報道	長期間における重要な環境の良化	財政貢献(小)	10~1(百万ドル)	数年間	-70
	多大	死亡者(多数)の抑制	国際的な報道	永久的かつ広大な環境の良化	財政貢献(大)	10(百万ドル)	多年	-100

¹ : Risk Management Association , ² : Land Transport Management Act

表 7-2 および表 7-3 には事象発生確率と評価を危機、好機についてそれぞれ記述している。例えば、発生確率が「多い(Likely)」ことの記述は「危機が発生するあるいは危機に関する知識が非常に貧弱な状態」であるとされ、発生確率と直接関係のない情報量で発生確率が定義されている。リスクに対する情報量が豊富であればリスクの発生が予測でき、リスク回避が可能であると解釈することができると読み取れる。

表 7-2 事象（危機）の発生確率と評価

（通常、受動的なプロセスに適用される）

発生確率	確率 （資産改善のよう な短期間の活動）	頻度 （資産管理や法人企業な どの長期的活動に関連）	記述	評価点
可能性が高い	>50%	1年に1度以上	危機の発生が予想される。 あるいは危機に関する知識が非常に貧弱な状態。	5
普通	20%-50%	1～5年に1度	危機が発生するかもしれない。 あるいは危機に関する知識が貧弱な状態。	4
可能性が低い	10%-20%	5～10年に1度	危機が稀に発生する。 あるいは危機に関する知識が中庸な状態。	3
少ない	1%-10%	10～50年に1度	危機が極めて稀に発生する。 あるいは危機に関する知識が良好な状態。	2
希少	<1%	50年に1度以下	危機が例外的な状況で発生する可能性 がある。 あるいは危機に関する知識が非常に良 好な状態。	1

表 7-3 事象（好機）の発生確率と評価

（通常のプロセスに一般的に適用される）

発生確率	確率 （長期および短期 間の活動に関連）	記述	評価点
ほぼ確実	>90%	好機がほぼ確実に生じる。 あるいは利益が非常に高い確度で発生する。	5
予期される	75%-90%	好機はほとんどの状況で実現すると予想される。 あるいは利益が高い確度で発生する。	4
可能性が高い	50%-75%	好機がおそらく生じる。 あるいは利益が中庸な確度で発生する。	3
可能性が低い	25%-50%	好機はおそらく生じない。 あるいは利益が少ない確度で発生する。	2
可能性が非常に低い	<25%	好機は減多に生じない。 あるいは利益が非常に少ない確度で発生する。	1

表 7-4 および表 7-5 には危機、好機の種類と提案される措置のタイプが記述されている。

これらの表の特徴は、個々のリスクに対して発生確率に結果を乗じてリスクのレベルを評点化していること、リスクの措置の選定はリスクの点数を考慮していることである。

また、これらの表からリスク措置の優先度(priority)を判断することができる。すなわちリスクスコアの大きさによってリスク措置の優先度を決定している。表 7-4 では赤線で囲んだ領域が基本的にリスクを回避する領域であり、このような領域が存在するとリスクが高くて一般的には事業としては認められないことになる。

一方、表 7-5 の緑線で囲んだ領域は基本的に受け入れるべきリスクと解されている。

表 7-4 危機の種類と提案される措置のタイプ

発生確率	重大さ (損失)				
	無視できる (1)	小 (10)	中 (40)	大 (70)	多大 (100)
可能性が高い (5)	[5] 低い：主動的な受け入れ ■ 可能性を最小限にするためのシステム強化 ■ 許容 ■ 補修	[50] 中位：主動的な受け入れ ■ 可能性を最小限にするためのシステム強化	[200] 非常に高い：回避 ■ 緊急行動 ■ 可能性を最小限にするためのシステム強化	[350] 極めて高い：回避 ■ 緊急行動 ■ 活動停止	[500] 極めて高い：回避 ■ 緊急行動 ■ 活動停止
普通 (4)	[4] 低い：主動的な受け入れ ■ 可能性を最小限にするためのシステム強化 ■ 許容 ■ 補修	[40] 中位：主動的な受け入れ ■ 可能性を最小限にするためのシステム強化	[160] 非常に高い：回避 ■ 緊急行動 ■ 可能性を最小限にするためのシステム強化	[280] 極めて高い：回避 ■ 緊急行動 ■ 緊急時対策	[400] 極めて高い：回避 ■ 緊急行動 ■ 活動停止
可能性が低い (3)	[3] 無視できる：受動的な受け入れ ■ 補修	[30] 中位：主動的な受け入れ ■ 可能性を最小限にするためのシステム強化 ■ 保険 ■ 緊急時対策	[120] 高い：主動的な受け入れまたは移転 ■ 緊急行動 ■ 保険 ■ 緊急時対策	[210] 極めて高い：回避 ■ 緊急行動 ■ 回避 ■ 緊急時対策	[300] 極めて高い：回避 ■ 緊急行動 ■ 回避 ■ 緊急時対策
少ない (2)	[2] 無視できる：受動的な受け入れ ■ 補修	[20] 低い：主動的な受け入れまたは移転 ■ 補修	[80] 高い：主動的な受け入れまたは移転 ■ モニタリング ■ 保険 ■ 緊急時対策	[140] 高い：回避または移転 ■ モニタリング ■ 保険 ■ 緊急時対策および災害対策	[200] 極めて高い：回避または移転 ■ モニタリング ■ 保険 ■ 緊急時対策および災害対策
希少 (1)	[1] 無視できる：受動的な受け入れ ■ 補修	[10] 低い：主動的な受け入れまたは移転 ■ 補修	[40] 中位：主動的な受け入れまたは移転 ■ モニタリング ■ 保険 ■ 緊急時対策	[70] 高い：回避および移転 ■ モニタリング ■ 保険 ■ 緊急時対策および災害対策	[100] 高い：回避または移転 ■ モニタリング ■ 保険 ■ 緊急時対策および災害対策

()内の数字は評価点を示す。

また、個々のリスクに対し、発生確率に結果(重大さ)を乗じてリスクレベルを評点化している。

 基本的に回避されるべきリスク

表 7-5 好機の種類と提案される措置のタイプ

発生確率	重大さ (利益)				
	無視できる (-1)	小 (-10)	中 (-40)	大 (-70)	多大 (-100)
ほぼ確実 (5)	-5 低い: 主动的な受け入れ 強化	-50 中位: 主动的な受け入れ 強化	-200 非常に高い: 主动的な受け入れ 強化	-350 極めて高い: 主动的な受け入れ 強化	-500 極めて高い: 主动的な受け入れ 強化
予期される (4)	-4 低い: 主动的な受け入れ 強化/最大化	-40 中位: 主动的な受け入れ 強化/最大化	-160 非常に高い: 主动的な受け入れ 強化/最大化	-280 非常に高い: 主动的な受け入れ 強化/最大化	-400 極めて高い: 主动的な受け入れ 強化
可能性が高い (3)	-3 無視できる: 受動的な受け入れ	-30 中位: 受動的な受け入れ	-120 高い: 主动的な受け入れ 強化/最大化	-210 非常に高い: 主动的な受け入れ 強化/最大化	-300 非常に高い: 主动的な受け入れ (最大化)
可能性が低い (2)	-1 無視できる: 拒絶(受け入れない)	-20 低い: 受動的な受け入れ	-80 高い: 受動的な受け入れ	-140 高い: 受動的な受け入れ	-200 非常に高い: 受動的な受け入れ (最大化)
可能性が非常に低い (1)	-1 無視できる: 拒絶(受け入れない)	-10 低い: 拒絶(受け入れない)	-40 中位: 拒絶(受け入れない)	-70 高い: 受動的な受け入れ	-100 高い: 受動的な受け入れ (最大化)

()内の数字は評価点を示す。
また、個々のリスクに対し、発生確率に結果(重大さ)を乗じてリスクレベルを評点化している。

 基本的に受け入れるべきリスク

■本マニュアルにおける**危機**(Threat)と**好機**(Opportunity) の定義

危機：好ましくない状態に活動の成果を導く可能性がある事象。

好機：より好ましい状態に活動の成果を導く可能性がある事象。

7-4 リスク登録表およびリスク措置計画表

本マニュアルにはリスク登録表および地盤リスクに対するリスク措置計画表の一例が付記されている。それらを表 7-6、表 7-7 として掲載する。

この例に示されるように、TRANSIT ではリスク低減対策計画を立案し、それを再評価し、費用対効果を検討している。

表7-6：リスク登録表の例

活動内容		分析者氏名									
登録番号		審査者氏名									
日付		情報源									
番号	名称	詳述	状況	危機あるいは好機	既存の手法	影響度(重大さ) 詳述 評価点(C)	発生確率 詳述 評価点(L)	点数 = C × L ¹	先進的アプローチによる分析 結果の記載	措置計画の要約	優先度
事例	1	杭基礎下の予想外な地盤状況 杭打設時に杭地盤の耐力不足が生じ、No.1～No.16の杭長を長くする必要が生じた。	L	T	該当なし	損失 2M (NZD) 70	可能性が高い 5	350	必要な杭長は+0～+10m(20%の安全率を含む)である。延長する長さにはリスクの発生をポアソン分布によってモデル化することによって決定する。	杭打設位置で最小限の試験を行う。	
独自の識別番号	短い説明的な表題	成果の中で不確実性に結びついている特定の事象を詳述すること		危機を最小限にするか、あるいはそれらがどのように影響するのかの指針を含んだ好機を増強するための詳細な既存のプロセス、計画、実行および管理	事象の結果	事象が起こりそうな程度	時間リスク分析およびコストリスク分析の両方で使用されるべきアプローチに関する詳細な説明	提案あるいは実行した措置計画と現状の概要	リスクスコアあるいは感度分析および先進的アプローチの相関分析に基づくリスクの優先度		
(例外の記述)											

凡例

- L リスクが発生し、その程度が特定された状態
- E リスクは発生しているが、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

¹点数によるリスク区分

極めて高い	≥ 350
非常に高い	350-200
高い	200-70
中位	70-30
低い	4-30
無視できる	1-3

表7-7: リスク措置計画表の例

活動内容				分析者氏名							
登録番号				審査者氏名							
日付				情報源							
番号	名称	危機ある いは好機	措置の 種類	措置の 進捗状況	措置対策	責任者	時期	資源	観察(モニタリング) および報告	措置のコスト (NZD)	リスク低減
1	杭基礎下の予想外な 地盤状況	危機	最小化	完了	[1.1] 2番目の杭ごとに懸杭を 設置すること	〇〇主任	2004.6.30までに 行なう	懸杭設置に3日間 必要(XYZ社)		15,000	該当なし
				着手	[1.2] 上述1.1を考慮した杭システム の妥当性の再評価を行なうこと	■■課長	2004.6.30 会議 により設計変更 に関する合意を 得る		コンサルタントに より準備された設計 レビューと簡単な 報告	5,000	支持強度不足の発生確率は50%低減される。しかし、追加された杭のコストを可能な限り低減することにより、300,000 (NZD)のコスト縮減が可能となる。
	リスクを扱う際に取り入れ られるアプローチの種類 (リスクの許容, 移転, 最大あるいは最小化補 強, 回避, 緩和)		措置計画の 現時点での 簡潔な表示		リスク措置を完了さ せるために措置リス トが要求される	措置を完了す るための個別 の責任者	措置完了の デッドライン	措置を完了させるた めに要求されている 資源についての要約		措置の総コスト (予想あるいは 実績)	措置完了に続いて期待さ れているレベルでのリス クについての低減予測

7-5 おわりに

今回紹介したニュージーランドのリスクマネジメントプロセスマニュアルでは、リスク分析を「事象の発生確率」と「発生した事象の重大さ」についてのマトリックス方式で行っており、好ましくない側面（危機）と好ましい側面（好機）の両面に焦点をあてている。

我が国の道路防災業務においても、様々な地質を抱えており、それらに潜在する地質リスクが問題となることが多い。

海岸線沿いの急崖部を明かりで通過する路線計画では、供用後かなりの頻度で発生が予想される落石に対する対策が必要となることが多い。しかし、予期されない規模の岩盤崩落により多数の死傷者が発生したケースもある。このような路線計画ではメンテナンス費用も考慮すると、初期投資コスト面からはやや費用が嵩むが山岳トンネルルートに変更されることもある。この場合には、安全面（死傷者の防止）や環境保全の面からも地質リスクをコントロールした好機のリスクマネジメントと考えられる。

特に欧米では斜面防災に関連して地質リスクマネジメントが以前から研究されている。今後、我が国でも変動帯という地質特性を考慮しつつ、これらの手法を参考にして道路・鉄道などの路線計画、設計、建設段階ならびに供用後の防災関連事業を地質リスクの面からも検討すべきと考える。

(参考文献)

1. Transit New Zealand (2004) : Risk Management Process Manual AC/Man/1 48p.
2. 角湯克典(2008) : 道路事業において地質リスク低減のために求められる方策, 地質と調査, pp. 9-12, No. 2, 2008.

8. JACIC への提言

8-1 様式の改良

(1) 様式として未完成な点

共 通

①タイプの分類が不十分

様式によって因果関係（プロセス）が表現できていることが重要であるが、この因果関係のとらえ方（のタイプ）はマネジメントのタイプそのものである。今回、A、B、Cのタイプを提案したが、その他にも適切なタイプがあるかもしれない。

②データ項目の重要度は未検討

今回はマネジメント効果を計量化するために必要と思われるデータ項目については、事例分析を通して抽出し全て採用した。データ項目の重要度の相対的な差については検討していない。

③データのタイプが未検討

文字か数値で記入したが、文字情報の場合、どれくらい数値化した情報を記入すべきかなどデータの数値化要求水準の議論は行っていない。今後、数値化の必要性とあわせて数値化手法もマニュアル化することが望まれる。

今回は記述式を前提としたが、一部選択式の提案もあり、今後マニュアル化とあわせてあらかじめ準備した項目の中から選択する方法も検討する。

④検索情報

地質リスク事例のデータベースを検索するインデックス情報（表 2-1 参照）として特に「地質特性」「リスクの種類」「マネジメントの種類」などを付け加える。

⑤一連のプロセスを表現できる様式

地質リスクは事業の進捗に伴って変動する。リスクが発現あるいは発現しそうになれば何らかの対応（マネジメント）を行い、リスクの低減（縮小）を図る。このマネジメントプロセスを表現するデータの収集様式を検討することが本研究の目的であるが、時系列的なリスク変動のどの区間を切り出してデータにするかによって3つのタイプを提案した。

しかし、これらのタイプはリスク変動の一部の切り出し方に依存しており、様式の理想からみれば、リスク変動の一連を把握できることが望ましい。A、Bといったリスクの勾配が減少あるいは増大という単純な切り出し方に対して、リスクが増大する（右肩上がり）のを押さえる（右肩下がり）といったプロセスを表現するタイプとしてCタイプを提案したのはそのような意図があつてのことである。

⑥維持管理段階で効果が発現するもの

マネジメント効果として工事費の縮減に着目したが、事例2（A-2）のように維持管理段階で効果を発揮しそうなものは、それに対応する様式が必要である。

⑦誰がマネジメントするか

マネジメントの状況をデータとして把握するのであるから、様式から読み取る情報は「いつ、どこで、だれが、何をしたか」が明確でなければならない。この場合、「誰」は、「公

共工事の責任者」(発注者という定義だけでは馴染まない。発注行為はなくても責任は存在するので、あくまで公共側の責任者)であり、地質調査者あるいは施工者などの受注者が主語となることはない。たとえ、調査、工事はアウトソーシングできてもマネジメントは官庁の責任である。従って、このマネジメントをアウトソーシングする場合は「技術顧問」という発注者側に立つ技術者を想定することになる。

様式A

Aタイプの事例を分析する中で以下のような課題が抽出された。

⑧バックデータの所在情報

特にリスクを回避した事例では、その判断プロセス(着目点、対処案、実績など)がより重要であるため、事後にそれらを紐解くプロセスの内容やデータの管理所在を明確にする必要がある。

様式B

Bタイプの事例を分析する中で以下のような課題が抽出された。

⑨工種別工事費が必要

工事総額の増減だけでなく、工種別の増減が分からないとデータ分析ができない。発現リスクとは直接関係しない条件で対策工を決めていることも考えられるので、必ずしも増加工事費が地質リスクとリンクしない可能性もある。

⑩残余リスク

対策工にも地質リスクが含まれていることが考えられる。その場合、残余の地質リスクの取り扱いについて検討が必要である。

⑪地質リスクの定義

妥当投資額を対応させるためにも地質リスクの定義(地質に係わる事業リスク)をさらに具体化する必要がある。現状はコスト改善に係わる多様な事象を何でも扱うこととしており、その都度リスク発現とマネジメントを対応させている。この関係をあらかじめ定義するという事は「リスクの体系」を構築することである。

様式C

Cタイプの事例を分析する中で以下のような課題が抽出された。

⑫詳細データが追記可能な様式

実際の工事では様々な事象が発生しA、B、Cに分類できない(分類しにくい)事象も多々あると想定される。このため、最終的には様々な事例に対応できるような様式とすることが望ましく、また、工事毎に必要なデータは少しずつ違ってくることから、上記のデータを基本として、詳細データを必要に応じて追記できるようにすべきである。

⑬事業プロセスに沿ったリスクの把握

地質リスクの発現は、結果として施工時に集約されるが、計画時、調査時、維持管理時においても発生し、「プロジェクトの各段階の後段へのリスクの引渡し」によって、予算・工程の変更は起きている。このため、今後、様式の整備にあたっては計画・調査・設計・施工・維持管理の各段階について作成することも必要と考える。そのことによっ

てリスクの引渡し内容が記録できると考える。

⑭データ記入の時期（データ様式活用場面）の配慮

一般に過去を振り返って記入する機会が多いが、データ記入時期によっても採用する様式のタイプが異なるかも知れない。構想段階でリスクを全て抽出（悲観的リスク）しておくことが理想であるが、現実には前段階から引き渡される潜在リスクが発現して初めて認識できることもある。

また、リスクの認識、対策などは本来発注者が行うものであるが、現実には受注者が対応することも多い。このように考えると、事業プロセスに係わる発注者、受注者が逐次追記できる様式が望ましい。またBタイプでスタートしたリスクマネジメントがAタイプに転換することもある。

今後の検討においては時間軸（プロセス）が大きな指標になる。また、プロセスを振り返って評価することも多いので、⑧に示す「バックデータの管理」が重要である。

⑮データ項目の正確な定義

「工事費」の表記方法について、例えば、当初工事費については諸経費込みの落札額で、対策費は直接工事費での比較など、表記方法が統一できれば分かりやすい。

(2) 様式を完成させるための手順

上記のような課題を解決し、様式を完成に近づけるためには以下のような作業が必要である。

①発注機関の賛同を得る

地質リスクマネジメントの主体・責任者は発注機関であり、本研究の進展に当たっては発注機関の賛同が不可欠である。地質リスクを計量化し、プロセスマネジメントに活用するのは発注機関であり、その支援者・代理人として「地質の技術顧問」は必要であるが、あくまで主体は発注機関である。自らの責任において地質リスクマネジメントを行うことを前提に、そのために必要となるデータベースの構築に参画するという姿勢が望まれる。

②事例を増やす

多くの事例をA、B、C様式に記入し、重要なデータ項目を絞り込む、あるいは追加する。あわせて、A、B、C以外の様式が必要か検討する。

③データ項目の重要度決定

因果関係を把握するためのデータ項目、マネジメント効果を計量するためのデータ項目、事例を検索し参考にするためのデータ項目など、データ項目には利用場面によって重要度が異なる。データベースの利活用場面をいくつか設定して重要なデータ項目を整理する。

④データ作成方法の規格化

データ項目の定義の曖昧さが課題になっているが、データのタイプ（文字、数値、記述式、選択式など）および数値化水準（絶対値、ランクなど）の設定とあわせてデータの作成方法を規定（マニュアル化）することによって、定義に係わる多くの課題が解決できる。

⑤データベース化の検討

データベースを利活用（検索）する場面を想定した検討を行い、③に示す重要データ項目の抽出とあわせてデータ項目間の関係（全体を表す項目と部分を表す項目の関係など）

を検討し定義する。また、検索を意識することによりデータのタイプ（文字、数値、記述式、選択式など）を検討することができる。

⑥プロセスマネジメントの検討

事例データベースの構築とあわせて、リスク計量化手法の開発、プロセスマネジメントシステムの構築を行うことになる。プロセスマネジメントシステムの検討は本研究成果の利活用場面の一つと考えられるが、このことを考慮することによって、逆に「必要なデータ項目」「データの精度」「数値化基準」などが確認できる。

8-2 様式の活用に関する事項

(1) 様式の活用場面・活用方法

今回提案した様式は、当初想定した様式活用場面（1-2(3)）に加えて、本事例研究を通じて以下のような場面で活用できることが確認できた。逆に様式の検討に当たっては、利活用場面を想定したデータ項目の検討を行うことになる。

①地質リスク事例データベースの構築

様式を一つに統一するか、いくつかのタイプに区分するか検討しなければならないが、様式を用いて収集されたデータはデータベース化することで多様な利用が考えられる。

- ・地質リスク研究（リスク計量化、マネジメントシステム構築など）の支援
- ・マネジメントツール（ガイドライン、プロセスマネジメントシステムなど）の開発

②技術投入効果を証明する様式

技術顧問を採用してマネジメントを行った結果としての効果が計量的に記述できることから「建設行政のアウトカム指標としての活用」「VE効果の計量計算書」「技術投入の効果証明書」「技術顧問の請求書」などに利用できる。

さらに事業主体においては、地質調査・技術の投入妥当投資額の証明に利用できる。

③事業プロセスのアカウントビリティ

設計変更の経緯説明、特に増額の説明に利用できる。これは本研究の背景の一つでもある「地質条件の変更による増額」が安易に認められなくなった社会的背景に対応することでもある。

④地質技術者の実績評価

プロポーザルなど、地質技術者の実績を評価するときに現在使われているTECRISより一層明確な情報を提供できる。

⑤TECRIS、CORINSとの連携

業務および工事のデータベースと連携することにより、一連のプロジェクトの情報を組み合わせて利用することが出来る。

⑥地質技術の商取引への利用

効果を記述する様式であることから上記のように「妥当投資額」の証明に利用できるが、さらに「商取引」への利用が期待できる。すなわち、地質調査・技術など現在「コスト」でしか取引できていないものを、成果・効果・満足度で取引するための情報として利用するものである。

⑦契約条件としての地質条件の明示

地質リスクの工事への影響が極めて大きいことが今回のデータから明らかである。今後特にデザインビルドやPFIなどにおける契約時の地質リスクを明示するためのGBR（Geotechnical Baseline Report）の枠組み検討に様式の分析結果が活用できる。

⑧民間投資の促進

データベースを活用して地質リスクの計量精度を高めれば民間投資判断の際の投資リスクの推定精度が高まり民間投資が促進される。

(2) リスク計量方法・プロセス管理システム・技術顧問と様式の関係

地質リスクマネジメントの3点セット（リスクの計量化、プロセスマネジメントシステム、地質技術顧問）とデータ様式の関係は以下のように整理できる。

① リスクの計量化

この様式を介して計量化のプロセスを記述するのであるが、データを蓄積することにより計量化手法の研究に寄与することが期待される。ある程度データが蓄積されないと研究は進まないのであろうが、研究活動を通じて様式の改善（有効なデータ項目、データタイプの高度化など）へのフィードバックも期待できる。

② プロセスマネジメントシステム

この様式はリスクが発現した工事段階で記述するのみではなく、構想段階、調査段階、計画段階でリスクを想定して調査を提案し（投資を行い）その効果を予測する場合にも利用できる。すなわち、事業のあらゆる段階で管理に利用できるものであり、プロセスマネジメントシステムの要素を構成するものである。

さらに、プロセスマネジメントシステムのガイドラインを作成する際に、前段階から後段階への引き渡しリスクに基準（段階を移行するための最大残存リスクなど）を設定する上でこのような様式によって得られたデータは有効である。

③ 地質技術顧問

この様式は発注者側に立つ者が記述するもので、一般に発注者側には地質の専門家が手薄であることから民間技術者が技術顧問として参画し、発注者として行った行為を記録することになる。また技術顧問という技術者を設定することにより、発注者側で記録をとるという行為が現実的なものになる。

(3) データ蓄積方法と情報共有の方法

① 過去の事例の記録

結果が定まっているからどの様式を適用するかが分かりやすいし、発注者として情報を提供できるかどうかの判断が容易である。ただ、既存資料の再整理を伴い時間と経費の負担が大きい。予算が組めれば全地連の組織を活用して膨大な既存データを整理するよい機会である。

② 進行中の事業の記録

プロセスを追うことができる様式（たとえばC表）を用いて、事業の進捗にあわせて地質に係わるリスクマネジメントの記録をとるものである。地質の技術顧問が現実化すれば技術顧問の行為の記録でもある。

③ ある条件の場合に記録（共通基準）

上記②に相当するが、発注者が記録を留めるべき事業あるいは工事の基準を設定し、全国統一的に情報を収集するものである。記録者は技術顧問の立場の者である。

④ 特定工事で記録（特記基準）

上記②に相当するが、発注者が記録を留めたい事業あるいは工事にあたって様式への記録を決定するものである。記録者は技術顧問の立場の者である。

⑤ J A C I Cにおける情報共有環境の提供

このようにして様式に記録された情報は、自らが蓄積し再利用することもあるし、互いに情報共有し、あるいは情報公表して広く活用することが考えられる。後者はJ A C I Cが最適であり、さらにTECRIS、CORINSなどとの連携を想定するとより一層の活用が期待できる。

(4) 様式を活用するための制度など

様式の活用を推進するためには以下のような制度が有効である。

①登録の義務化

上記(3)③と同様の主旨であるが、Bケースの場合は工事費増額に基準を設け、基準を超えた場合、登録を義務付けるものである。一方、登録の義務付けをA、Cケースにまで拡張する場合は、登録の基準を工事費増額に設定できないから「工事費変更額」とすべきであろう。

②地質技術者選定における実績評価

地質技術者の評価は竣工検査（業務成績評定）時と、業者選定時（プロポーザルなどの技術評価）に行われるが、そのときの様式に指定するものである。データベースと連動できれば一層強固になる。

A study on data collection format for geological risk analysis

1. Needs of study on data collection format

In order to properly manage geological risks and improve cost structure of public works construction projects, three components of quantification of risk, process management, and employment of geological technical adviser are effective. To develop these three management components, it is needed to accumulate and utilize data on geological risks. Unification of data collection is urgently needed.

2. Pattern classification

In geological risk management, avoidance and actualization of risks are repeated; thus, it is not easy to straightforwardly classify risk management in several patterns. After doing each case study, we conclude that it is effective and efficient to classify the geological risk management in the following three patterns. Then an attempt is made to study data collection format for each pattern.

Type A) A case of avoiding geological risk,

Type B) A case in which geological risk is actualized, and

Type C) A case of minimizing damage associated with geological risk which was actualized

3. Procedure of case analysis

Geological risk analysis was conducted in the following manner. Although the main objective of this study was to study data collection format, a method of geological risk management was additionally proposed.

a) Overview of a case (a reason for selecting this example)

b) Scenario of case analysis (Explanation of logic development)

c) Data collection analysis (Data collection to validate each logic)

d) Effects of management (Quantification of management effects)

e) Discussion of data collection format (Data needed to quantify management effects)

4. Proposal of data collection format

In developing data collection format, a draft format is continuously updated by adding necessary data. With an increase in the number of case studies, the number of collected data items increases. Relative importance of these data items seems different; thus, they might have to be prioritized. However, all of the data items are included presently. In time transition diagram of risk magnitude with the horizontal axis of time and the vertical axis of risk magnitude, Type A is represented with a continuously decreasing graph, and Type B is represented with a continuously increasing graph. At the beginning of this study, we thought that these two types would be sufficient

to classify all cases of geological risk management. Among case studies, however, there were cases in which the situation was first represented with Type A but then changed to Type B. Since it was considered appropriate to these cases independently, we called these cases Type C and proposed a different format.

In Type A, B, and C formats, collected data were actually put.

“Percentage of completion” of each data format is not necessarily high. We tried to represent effectiveness of risk management in terms of change in construction or project costs and proposed formats to receive and classify collected data. For example, however, the following four type costs are estimated and interpreted differently in each case study: the initial construction costs, costs of reactive measures, construction costs after change, and construction costs at which appropriate risk management would not have been conducted. Thus, the issues of definition of data item, data estimation method, and data description manual have not fully been discussed yet. To solve these issues, comprehensive definition of risk and risk management is needed. This study was successfully in experimentally finding issues until unification of data collection format and demonstrating research process. Main achievement of this study, thus, was demonstration of procedure of geological risk management research rather than proposal of completed format.

5. Recommendations to the JACIC

Assuming that data base of geological risk should be developed by the JACIC, some recommendations for the JACIC to develop various projects on geological risk management.

- 1) Incomplete data collection format
- 2) Procedures of completing data format
- 3) Situations in which the data format is needed and its utilization method
- 4) Relationship among three sets of geological risk management: risk quantification method, process management, technical adviser
- 5) Methods of accumulating and sharing data
- 6) Institutions of using the data format

研 究 成 果 の 要 約

助成番号	助成研究名	研究者・所属
第2007-12号	地質リスク分析のためのデータ収集様式の研究	渡邊法美・高知工科大学
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>1. データ様式の必要性 地質（に関する事業）リスクを管理し公共事業のコスト構造を改善するには、「リスクの計量化」「プロセスマネジメント」「地質の技術顧問」の3点セットが有効である。これらのマネジメント要素を開発するには地質リスクに係わるデータの蓄積と活用が不可欠であり、そのためのデータ収集様式の統一化が急がれる。</p> <p>2. 地質リスクマネジメントのパターン分類 地質リスクマネジメントはリスクの発現と回避の連続であり、単純なパターンに分類することは困難であるが、以下の3つのパターンに分類するとともに3つのパターンのデータ収集様式を検討した。 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</p> <p>3. 事例分析の手順 地質リスク分析に以下のような手順を設定した。最終目的は「様式の検討」であるが、地質リスク分析の一手法を提案できた。 ①事例の概要（事例に着目した理由） ②事例分析のシナリオ（論理展開の説明） ③データ収集分析（論理を実証するためのデータ収集） ④マネジメントの効果について（マネジメント効果の計量化） ⑤データ様式の検討（マネジメント効果を計量するために必要なデータ）</p> <p>4. データ収集様式の提案 A、B、Cそれぞれのデータ収集様式の作成に当たっては、様式原案への記入を通して不足するデータを追加する形で修正していった。このため事例の増加に伴いデータ項目が増加した。これらのデータ項目には相対的に重要度があると思われるが現段階では全てを計上している。Aはリスク変化図（時間軸）において右肩下がりの事象を示し、Bは右肩</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>上がりの事象を切り出して表現しており、研究着手時はこの2つタイプで分析しようとした。しかし、事例の中にはBからAへの転換（リスクが発現した、あるいは発現しそうなので対応策を施しリスクを最小限に回避したもの）を一つの事象として扱うのが適切なケースが出てきたため、これをCタイプとして新たに様式を提案した。 A、B、C様式に事例分析で記入したデータを記入例として整理した。 各様式の完成度は決して高くない。特にマネジメント効果を工事費・事業費の増減で評価しようとしたが、「当初工事費」「対策費」「変更後工事費」「マネジメントをしなかった場合の想定工事費」などの考え方が事例毎に異なり、如何様にも解釈できるなど、データの受け皿としての様式は提案できたが、データ項目の定義、データ作成方法、ひいては記入マニュアルの確立には至っていない。これらの定義を確立するには、その対象となるリスクとマネジメントの体系的定義が必要である。本研究は、このようなデータ様式の統一に至るまでの課題を実験的に掘り起こし、実際の研究プロセスを示すことで「様式の確立度」よりも「研究手順」を提示したものである。</p> <p>5. JACICへの提言 地質リスク事例のデータベースはJACICに構築することが適切であることを前提に、今後JACICが地質リスクマネジメントに係わる多様な事業を展開するための方策を提言した。 ①様式として未完成な点 ②様式を完成させるための手順 ③様式の活用場面・活用方法 ④地質リスクマネジメント3点セット（リスク計量化手法、プロセスマネジメント手法、技術顧問）との関係 ⑤データ蓄積方法と情報共有の方法 ⑥様式を活用するための制度など</p> </div> </div>		