

## 地質・地盤リスクマネジメントの基本体系の構築に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 31～令 3

担当チーム：地質チーム

研究担当者：阿南修司、品川俊介、梶山敦司

### 【要旨】

土木構造物の大部分が地質・地盤を基礎あるいは材料として利用されているが、地質・地盤の分布やその性状には不確実性が存在している。土木事業を行う上で、地質・地盤の不確実性を適切に取り扱うことは重要である。本研究では地質・地盤の不確実性を適切に取り扱う手法の開発を目的として、過去の事例を分析しリスクの発現機構を整理した。また、地質・地盤リスクマネジメントの手順を整理するとともに、リスクの分析・評価を行うためのリスク表現手法を検討した。過去の事例分析結果からは、影響の大きなリスク要因とリスク要因が明らかになる事業段階が分かった。地質・地盤リスクマネジメントの手順の整理では、有識者委員会を組織し議論を進めることによってリスクマネジメントの考え方を示したガイドラインを作成した。リスクの分析・評価を行うためのリスク表現手法の検討では、貯水池周辺地すべりを対象として事業初期段階の地質調査未実施時に不確実性の幅を表す方法を示した。

キーワード：地質・地盤リスク、リスクマネジメント、リスク要因

### 1. はじめに

土木構造物の大部分は地質・地盤を基礎あるいは材料として利用している。地質・地盤は一部の人工構造物を除き、自然に形成されたものであり、分布が複雑で性状も不均質な事が多いという特徴がある（地質・地盤の不確実性）。また、地下の状態を直接確認することが難しいため、地質・地盤の分布や性状を完全に把握することは困難であり、想定との乖離は避けられない。このような特徴を持つ地質・地盤の取扱いを間違えると、土木事業では事業の効果と効率性を損ない、事故や損害につながる場合がある（地質・地盤リスク）。

近年、地質・地盤の不確実性の取り扱いを間違えることで事故などが発生して状況である。地質・地盤の不確実性の取り扱いを適切に対応することが出来ず発生した福岡市地下鉄七隈線延伸工事における道路陥没などの地質・地盤に関わる事故等の影響を受け、社会資本整備審議会・交通政策審議会が実施された。審議会の答申「地下空間の利活用に関する安全技術の確立について」（平成 29 年 9 月）<sup>1)</sup>において、計画・設計・施工・維持管理の各段階における地質・地盤リスクアセスメントを実施することが必要とされた。

これまでの土木事業における地質・地盤への対応は、事業や構造物種別ごとに地質・地盤にかかわる計画・調査の留意点は提示されているが、地質・地盤にお

けるリスクの「特定」・「分析」・「評価」に基づく「リスク対応」は、体系的には行われてこなかった。また、地質・地盤リスクについては、計画～施工段階・管理段階のどの部分で、どのようにリスクを評価し、誰がどのようにリスクに対応するかが明確でないまま事業が進められることが多い。そのため、計画段階での重大リスクの見逃しや、調査段階での推定の不確実さに起因する事故・問題の発生といった好ましくない結果が発生していた。これらの問題を解決するために、事業全体を通じた枠組みの構築とこれを支援するリスクアセスメント技術、リスク対応手法・対応技術の構築が求められていた。

本研究では地質・地盤の不確実性を取り扱うため体系的な手法を開発するために、過去の公表資料をもとに事例分析することによってリスクの発現機構を整理した。また、土木事業における地質・地盤リスクの取扱いやその対応の基本的な考え方、地質・地盤リスクマネジメントの導入および運用方法を示した「土木事業における地質・地盤リスクマネジメント：令和 2 年 3 月」<sup>2)</sup>（以下「ガイドライン」という）を作成した。さらに、リスクの分析・評価を行うために、地質調査資料をもとに事業初期段階における不確実性の幅を表す方法を示した。

## 2. 土木事業における地質・地盤リスク

「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン（以後、ガイドラインと称する）」<sup>2)</sup>において、「地質・地盤リスクとは」および「地質・地盤リスクにおけるリスク要因とは」は以下のように定義されている。

### 2.1 地質・地盤リスク

ガイドラインにおける地質・地盤リスクは、ISO 31000（リスクマネジメントー指針）の考え方に準じて「当該事業の目的に対する地質・地盤に関わる不確実性の影響。計画や想定との乖離によって生じる影響。」と定義している。

「事業の目的」とは一般に、建設する施設の仕様や機能、工期、工費、施工時および建設後の安全性や周辺環境への影響等を含むものである。また、「影響」とは、事業の目的への影響を指し、例えば工費や工期の変化、事故の発生等である。このように地質・地盤リスクは事業と無関係に存在するものではなく、事業の特性や内部・外部の要求によって決まる達成すべき目的に影響を及ぼすものかどうかという観点で特定されるものである。

なお、土木を含む工学に関わる分野では一般的に好ましくない結果をリスクと考えていたことから、ISO/IEC Guide 51 等に準じた定義である「地質事象による好ましくない結果の発生確率とその影響の大きさの組合せ」を地質・地盤リスクの狭義の意味（またはリスクレベルの表現法、リスクの算定法）として使用することが多かった。

ガイドラインで主に着目するリスクも、主として好ましくない結果を指すが、地質・地盤の不確実性が結果として好ましい方向に働く場合（チャンス）もあるため、地質・地盤リスクマネジメントにおいては、そのような場合もあることを考慮する必要がある。例えば、軟弱地盤対策において、施工時に改良範囲や深度が想定よりも小さいため、結果として事業コスト縮減となる場合がある。

### 2.2 地質・地盤リスクにおけるリスク要因

ガイドラインにおけるリスク要因は、ISO 31000（リスクマネジメントー指針）の考え方を参考に、「それ自体またはほかとの組合せによって、地質・地盤リスクを生じさせる力を潜在的に持っている要素。自然的要因と人為的要因が存在。」と定義している。ISO 31000（リスクマネジメントー指針）では「リスク源」を用いているが、土木工学的には自然的な要因、人為的な要因といった表現になじみがあるため、「リスク要因」

を用いている。

土木事業における地質・地盤リスクマネジメントの対象となるリスク要因には以下のようなものがある。

- ①自然的要因（地質・地盤・地下水等の要因：素因）
  - ・地質・地盤の材質・構造・物性等の不確実性に起因するもの（盛土や埋土の不確実性等、地質・地盤であっても人為的要因が関与するものもある）
  - ・地質・地盤災害の発生の不確実性に起因するもの
  - ・地盤や地下水等による環境影響の発生の不確実性に起因するもの
  - ・地下水・地中ガス等の存在や挙動の不確実性に起因するもの 等
- ②人為的要因（関係者やその対応の要因：誘因）
  - ・地盤に対する調査・設計・施工法・工事の妥当性や不確実性に起因するもの
  - ・施設（基礎を含む）の管理の妥当性や不確実性に起因するもの
  - ・地質・地盤情報の伝達・対応の妥当性や不確実性に起因するもの 等

地質・地盤リスクマネジメントにおいては自然的な要因だけでなく、ここに示すように施工の不確実性（例えば転圧の不均質性、アンカー工における定着の不確実性、薬液注入工法の改良体の不確実性・不均質性）等、人為的な要因もあることに留意が必要である。

また、地質・地盤リスクのリスク要因は、自然的要因単独ではなく人為的要因との組合せによる場合がある。過去の事例を分析した結果（図-1 参照）によると、地質・地盤リスクの約8割は人為的要因が関与しているとの統計もあるため、人為的な要因は重要である。

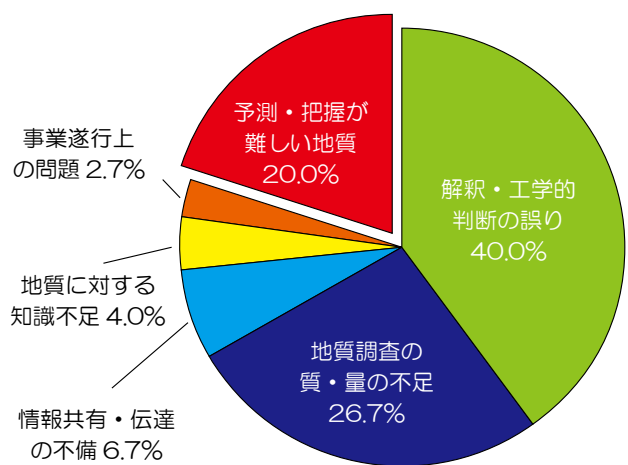


図-1 土木事業における地質・地盤リスクのリスク要因の割合<sup>2)</sup>

### 3. 事例分析によるリスク発現機構の解明

#### 3.1 リスク事例のパターン分析

リスク事例のパターンを分析するため、公表されている資料である公共事業の再評価結果を収集・整理した。ここでは、植田ほか<sup>3)</sup>に整理した結果の一部を示す。

##### 3.1.1 分析方法

分析に用いた資料は、公共事業の再評価結果を国土交通省の各地方整備局、北海道開発局および内閣府沖縄総合事務局のウェブサイトから平成26年度から令和元年度までの6年分を収集した。収集した資料から、事業費の増額等が影響として現れた事業のうち、増額等の要因として地質・地盤に関するものを抽出した。抽出した事業をもとに、地質・地盤に関する要因の特徴を把握するために以下の項目を整理した。

- ・再評価年度
- ・前回再評価事業費
- ・地質・地盤に関する増額・増額率
- ・増額の要因
- ・構造物
- ・事業段階
- ・想定との乖離
- ・要因ごとの増額
- ・分布する地質
- ・要因の詳細
- ・対応策

なお、増額等の要因は表-1に示す区分を用いた。

##### 3.1.2 分析結果

###### 1) 地質・地盤に関するリスク要因による増額

増額を発生させた地質・地盤に関する要因を分析するために、地質・地盤に関する要因を表-1に示す9種（その他を含め10種）に分類し、各要因の増額を集計した。その内訳と1件当たりの金額を表-2に、グラフ化した結果を図-2および図-3に示す。表-2に示すように、地質・地盤に関する要因による増額の6年間の合計は約2兆円であった。これは、国土交通省の一般会計歳出の支出済歳出額<sup>4)</sup>の6年間の合計約40.5兆円に対して4.9%を占める。

###### 2) 地質・地盤に関するリスク要因の特徴

表-1において分類した各要因の特徴を分析するために、増額が発生した事業段階および想定からの乖離の種類（分布又は性状）を集計した。なお、想定からの乖離は、施工段階に判明した場合には設計段階に想定したものとの乖離を表し、設計段階に判明した場合には構想・計画段階に想定したものとの乖離を表す。

表-1 地質・地盤に関する要因の分類<sup>3)</sup>

要因	定義
想定より悪い地質	掘削した際に明らかになる想定よりも脆い又は軟質な地質状況。
盛土材の不良	盛土への流用のための条件(強度)を満たさない発生土。
軟弱地盤	沈下や液状化を引き起こした又は引き起こす可能性がある地盤。
斜面変動	斜面崩壊、地すべり、落石等の事象が発生した又は発生する可能性がある斜面・法面。
重金属	環境対策が必要となる自然由来重金属等。
想定より深い支持層	掘削した際に明らかになる想定よりも深くに分布する支持層。
想定より硬い地質	掘削した際に明らかになる想定よりも硬い地質状況。
地下水	湧水や盤ぶくれを引き起こした又は引き起こす可能性がある地下水。
玉石等の出現	地層中に含まれる巨大な玉石・転石・岩塊等。
その他	上記に含まれないもの。または地質・地盤に関する要因ではあるが、詳細が不明のものを含む。

表-2 地質・地盤に関する要因ごとの増額<sup>3)</sup>

地質・地盤に関する要因	発生数		増額		1件当たりの金額	
	順位	件	順位	億円	順位	億円
想定より悪い地質	1	129	1	4779.5	4	37.1
盛土材の不良	4	59	2	3074.2	2	52.1
軟弱地盤	2	113	3	2853.2	6	25.2
斜面変動	3	107	4	2598.9	8	24.3
重金属	6	34	5	2114.5	1	62.2
想定より深い支持層	5	42	6	1748.3	3	41.6
想定より硬い地質	7	32	7	751.9	9	23.5
地下水	8	28	9	683.3	7	24.4
玉石等の出現	8	28	10	465.8	10	16.6
その他	10	23	8	695.4	5	30.2
合計		595		19765.0		33.2

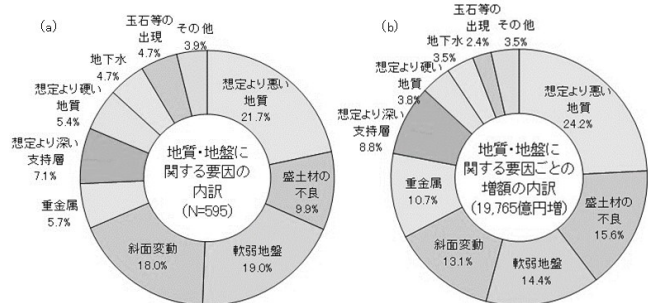


図-2 地質・地盤に関する要因ごとの内訳<sup>3)</sup>

(a) 発生数, (b) 増額

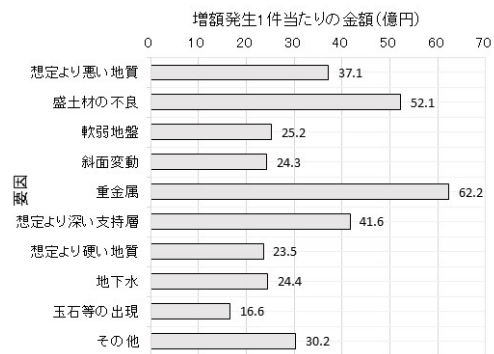


図-3 地質・地盤に関する要因ごとの増額発生1件当たりの金額の比較<sup>3)</sup>



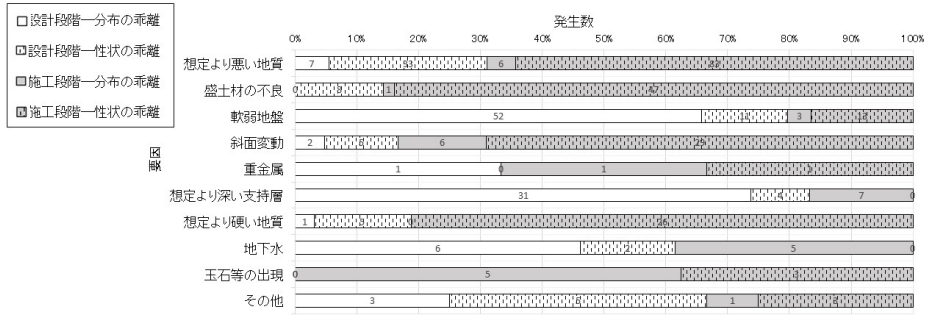


図-4 地質・地盤に関する要因における影響が現れる段階と想定からの乖離の関係<sup>3)</sup>

表-3 入力データの一例<sup>3)</sup>

番号	事業種別	事業細分類	位置情報		地方区分	構造物	構造物細別	地質・地盤に関する要因	地質・地盤に関する要因(細別)	対策
			有無	緯度 経度						
1	道路	道路	無		中部	トンネル	トンネル	想定より悪い地質		-
2	ダム	ダム	無		中部	橋梁基礎	橋梁基礎	斜面変動		
3	海路	道路	有		近畿	トンネル	トンネル	想定より悪い地質		支保工パターンの変更のり面対策
4	道路	道路	有		近畿	切土	切土	斜面変動		地盤改良
5	道路	道路	有		近畿	盛土	盛土	軟弱地盤		支保工パターンの変更のり面対策工
6	道路	道路	有		近畿	トンネル	トンネル	想定より悪い地質		支保工パターンの変更のり面対策工
7	道路	道路	有		近畿	切土	切土	斜面変動		工法変更
8	道路	道路	有		近畿	橋梁基礎	橋梁基礎	斜面変動		有料処分
9	道路	道路	有		近畿	トンネル	トンネル	建設発生土(重金屬)		補強対策
10	道路	道路	有		近畿	切土	切土	斜面変動		支保工パターンの変更
11	道路	道路	有		近畿	トンネル	トンネル	想定より悪い地質		支保工パターンの変更
12	道路	道路	有		近畿	切土	切土	斜面変動		斜面対策
13	道路	道路	有		近畿	トンネル	トンネル	想定より悪い地質		支保工パターンの変更
14	道路	道路	有		近畿	盛土	盛土	軟弱地盤		地盤改良



図-5 地図上での表示検索例



図-6 項目からの検索例

これらの組合せを図-4のグラフに示す。

- ①「軟弱地盤」および「想定より深い支持層」は、設計段階に地質・地盤の分布の乖離が判明する場合が多い。
- ②「想定より悪い地質」、「盛土材の不良」、「斜面変動」および「想定より硬い地質」は、施工段階に地質・地盤の性状の乖離が判明する場合が多い。
- ③「重金属」は母数が少ないが、地質・地盤の分布および性状のいずれの乖離も認められる。
- ④「地下水」は、設計段階での判明がやや多く、地質・地盤の分布の乖離が多くを占める。
- ⑤「玉石等の出現」は、全て施工段階に現れており、やや地質・地盤の分布の乖離が多い。

ただし、「想定より悪い地質」の一部には、蛇紋岩のようなある特定の「悪い地質」の分布や、「斜面変動」では地すべり面の分布の乖離が判明した事例も認められた。また、「軟弱地盤」では性状の乖離による想定より大きな沈下が施工時に発生した事例や、「想定より深い支持層」では強度不足により深い位置へ支持層を変更した事例も認められた。

### 3.2 リスクデータベースプロトタイプの開発

地質・地盤リスクマネジメントを行うにあたり、「どのような事業において」、「どのような要因により」、「どのような影響が発生するか」を把握することが重要であることから、過去の事例を整理し容易に検索できるシステムを開発した。開発に使用したデータは、リスク事例のパターン分析に用いた事業再評価資料を用いた。

#### 3.2.1 データベースの機能

##### 1) 入力データ

「どのような事業において」、「どのような要因により」、「どのような影響が発生するか」を検索できる機能を持たせるため、以下の項目を入力・検索・表示できる仕様とした。入力データの一例を表-3に示す。

- ・事業種別
- ・事業細分類
- ・位置情報（有無、緯度、経度）
- ・地方区分
- ・構造物
- ・構造物細別
- ・地質・地盤に関する要因
- ・地質・地盤に関する要因（細別）
- ・地形
- ・地質種別
- ・地質時代
- ・総事業費
- ・変更金額
- ・資料名
- ・事業名 OR 文献タイトル
- ・PDF 保存場所
- ・備考

##### 2) 表示機能

背景地図に、国土地理院の提供する標高タイルや国立研究開発法人産業技術総合研究所が提供するシームレス地質図をオーバーレイ表示でき、オーバーレイで表示させた図の不透明度を自由に変更できる仕様とした。検索前は、データベースに登録されている全件を表示できるようにした。

##### 3) 検索機能

検索は、「地図上で検索する方法」、「項目から選択する方法」、「キーワードで検索する方法」の三通りで行える。地図上で検索する方法は、画面表示範囲に含まれる地質・地盤リスクをデータベースから検索する。項目から選択する方法は、「事業種別」、「地方区分」、「構造物」、「地形」、「地質種別」、「地質時代」から選択し、該当となる地質・地盤リスクをデータベースから検索する。キーワード検索の方法は、データベース内のすべての項目を対象として検索する。

検索結果は、地質・地盤リスクの検索結果をリスト表示でき、地図上でも対象となる地点を表示させることができる。リスト等で検索された結果の内、PDF 保存場所が指定されている対象資料を選択した場合、ブラウザ等で関連資料を表示できるようにした。

##### 4) システム

本システムに使用する機器は以下の構成である。

OS	: RedHat Enterprise Linux8
プロセッサ	: 1基 XeonB3204 1.9GHz 1P6C
メモリ	: 合計 16GB
ハードディスク	: 2.0TB

サーバーへのアクセス数は最大 20 台程度を同時接続できるシステムとした。

#### 3.2.2 データベースの検索例

検索した例を図-5 および図-6 に示す。図-5 は地図表示からの検索例であり、図-6 は項目から検索した例である。これから事業を始めようとしている地域や、過去にどのような場所でどのような事例があったか等を確認する際に利用することが出来ると考えられる。

### 4. 事業段階に応じたリスクマネジメント手順

#### 4.1 既往の枠組みにおけるリスクマネジメントの事例

既往の枠組みにおけるリスクマネジメント事例を整理するために各種指針・マニュアル等の記載を確認し、現在実施されている手法とその課題を整理した。ここでは、植田ほか<sup>5)</sup>に整理した一部を示す。

##### 4.1.1 既往の枠組み

各事業や構造物の指針・基準類およびそれに準ずる

図書、各事業のマニュアル類においては、「リスク」という表現ではなくとも、リスクマネジメント的手法に関する記載が多く存在し、従前からこれらの書籍の手法により、事業の中で経験的に地質・地盤リスクアセスメント・マネジメントが行われてきた。

#### ① リスク要因の抽出

事業の計画段階における、問題となる地形や地山を避ける等の事業上のコントロールポイントへの配慮や、避けられない場合の検討・対策の必要性を、多くの指針・基準類で指摘している。また、外部の有識者へ言をを求めることを提言している。これらは、事業の早い段階でのリスク特定、および回避によるリスク対応を示すものとなっている。

#### ② 調査計画の策定

多くの指針・基準類において、リスクの特定・分析や、その後の低減等の対応を決定するための情報を得る目的で、各段階での適切な調査計画を策定することが必要であることが示されている。

#### ③ リスク情報の共有・伝達

情報伝達不足により調査段階と施工段階で評価が異なる例もあり、地質・地盤の不均質性や不確実性に関する情報の共有化や引継ぎの重要性は、多くの指針・基準類で示されている。

#### ④ 事業における意思決定

各地整・開発局の設計便覧<sup>9)</sup>等には、道路事業の流れが記載されており、いつ、どのような意思決定を行うかが規定されている。

### 4.1.2 実運用上の課題

現状、土木事業においては、各事業・各構造物の指針やマニュアル等により地質・地盤に関する留意点等を考慮した設計や施工が実施されている(表-4参照)。しかし、リスクマネジメントに関する記載が不足する、

または具体的でないことから、リスクマネジメントが暗黙のうちに行われる場合や、着実に実行されない場合がある。これにより地質・地盤リスクが顕在化した事例が多く存在する。指針・マニュアル類の整理結果から考えられる課題として以下のようなものが挙げられる。

#### ① リスク要因の抽出における課題

地質・地盤リスク要因は多種多様であるが、その抽出作業は、地質・地盤技術者の知識や経験(ノウハウ)に依るところが大きい。また、地表地質踏査は面的な地質情報を得るために有効な調査であり、その重要性も指針等に示されているが、一般的な地質調査業務では、地表地質踏査が含まれないことが多く、適切なリスク要因の抽出が行われていない。

#### ② 調査計画の策定における課題

指針・基準類には調査計画の重要性や調査項目は記載されているものの、策定方法については詳細に記載されていない。調査計画の策定には、対象地毎の地質・地盤リスク要因と設計上の要求性能を把握することが前提となるが、上記①と同様に地質・地盤技術者のノウハウに依るところが大きい。また、調査計画策定は業務においては解析等調査に含まれるが、事業の流れの中にどう組み込むかが明確でない。

#### ③ リスクの情報の共有・伝達における課題

調査段階などにおいて地質・地盤の不確実性を認識していたにもかかわらず、施工時にリスクが顕在化する場合がある。これは、事業の次段階へのリスク情報の伝達不足が原因であることが多い。すなわち、事業の円滑な遂行においては、リスクに関する情報共有が極めて重要となる。指針・基準類には、地質調査記録の保存、活用に関する記載は多いものの、具体的にどうやって関係者間で情報を共有するかが示されていない。

表-4 指針・基準類およびマニュアル類におけるリスクマネジメントに関する記載の例<sup>4)</sup>

事業・構造物	リスク要因の抽出	調査計画の策定	リスク情報の共有・伝達	事業における意思決定
道路全般	・地形・地質条件を考慮したか6) ・高度な技術的判断が必要となる場合は、外部の有識者等に助言を求める6)	—	—	・各段階での意思決定のタイミングを規定7)
道路土工	・道路計画時のコントロールポイントへの配慮6) ・設計・施工上問題となりやすい岩質6)	・各段階で適切な調査計画の立案6)	・調査・設計・施工・維持管理段階における情報の共有化が必要9)	—
トンネル	・路線選定上問題となるコントロールポイントを検討10) ・不良地山：膨張性、湧水、未固結、地熱・温泉・ガス、山はね、偏土圧、地すべり10)	・各段階に応じて順次、系統的に調査を実施10)	・情報伝達不足による事前調査と施工実績との地山評価の違い11)	—
橋梁	・地盤変動の影響を避けられる架橋位置とする12) ・軟弱地盤、液状化、斜面崩壊等、断層について検討12)	・できるだけ早い段階から調査項目や実施時期を検討12) ・設計の進捗に合わせて計画的に実施13)	・以降の調査、設計に適切に引き継ぐことが重要13)	—
ダム	・ダム計画にとって大きな課題となる事項はできるだけ予備調査段階で検討14)	・綿密な調査計画を策定し地質・地質情報を取得15)	・事業区域や各サイトの地質情報の水平展開15) ・段階ごとの判断や課題の明確化15)	—

#### ④ 事業での意思決定における課題

事業の流れの中で誰が何を根拠に意思決定を行うかを明確にすることが、リスクの取り扱いの点で非常に重要であるが、それらの点についての具体的な記述は確認できない。

#### ⑤ リスク対応の手法における課題

上記①～③のように地質情報の質や量、情報の共有化などリスクの特定や評価の面だけではなく、悲観的な設計の採用等のリスク対応も実際には経験的に行われている可能性がある。しかし、このような手法は既存の指針・基準類には具体的なものは示されていない。

### 4.2 事業段階毎に必要なリスクの特定と分析・評価

福岡市地下鉄七隈線延伸工事における道路陥没等を受け、平成 28 年 11 月に国土交通大臣から社会資本整備審議会および交通審議会へ「地下空間の利活用に関する安全技術の確立について」を諮問し、「地下空間の利活用に関する安全技術の確立に関する小委員会」（委員長大西有三 関西大学環境都市工学部客員教授（当時））における議論を経て平成 29 年 9 月に答申を受けました。この答申では「地下工事における地盤リスクアセスメントの技術的手法を確立させる必要がある」こと、「計画・設計・施工・維持管理の段階において、地盤リスクアセスメントを実施できるよう、関係する技術体系の確立、手続きの明確化、専門家の育成等を行う必要がある」こと等が挙げられている。

#### 4.2.1 作成方法

（国研）土木研究所と国土交通省では、土木事業に関連する学協会等と連携し、「土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会」（委員長大西有三 京都大学名誉教授）を組織し、土木事業における地質・地盤リスクマネジメントの基本的な考え方について議論を進めた。委員 7 名と幹事 18 名（委員兼任 1 名含む）を迎え、委員会計 6 回、幹事会計 4 回を行い、地質・地盤リスクマネジメント手法の議論を行った。

#### 4.2.2 ガイドラインの公表

ガイドラインでは地質・地盤リスクマネジメントを、事業全体の最適な計画を立てることによって事業の効率的な実施という新たな価値を創造することを目指すものと位置づけた。これは、地質・地盤リスクマネジメントが、地質・地盤に起因するトラブルを防止するという戦術ではなく、リスクマネジメントのプロセスあるいはその繰り返しの中で、どの事業段階や工程でリスクに対応することが効率性や安全性といった事業の目的に合致するかを考え、地質・地盤リスクへの対応を最適なものとするという戦略を立てる手段となる

ということである。

一般的には地質・地盤リスクへの対応は、事業の初期段階ほど自由度があり多くの選択肢があるため、経済性や効率性の観点からは事業のより早い段階からリスクマネジメントを開始することが必要である。ただし、リスクマネジメントを早期に開始することと、早期にリスク対応を確定することは異なることに留意が必要である。

地質・地盤リスクの特徴の一つは、事業の進捗によってその情報が変化することである。調査が増えることによって地質・地盤条件の想定精度が向上することもあるが、対象となる地質・地盤の種別や事業の特性によっては設計段階での想定に限界があることもしばしばである。このため、地質・地盤リスクには、いわゆるフロントローディングによって調査段階等事業の初期段階で対応を早めに決定することが有利なもの、施工段階の現場条件が把握できる状況で対応をとることが有利なものなど、リスク対応の決定時期には様々なケースがある。

このためガイドラインでは、事業のどの段階でリスクに対応することが最適かをリスクマネジメントの実施にあたっての計画立案で検討すること、リスクの情報やその状況の変化に応じたリスクマネジメントのプロセスを継続的に実施し、必要に応じた見直しを行う必要があることを示した。

図-7 はリスクマネジメントのプロセスがどのような構成となるか示したものであり、①コミュニケーションおよび協議を基盤として、②リスクマネジメントの計画、③リスクアセスメント、④リスク対応というながれを、⑤リスクマネジメントの継続的な改善に

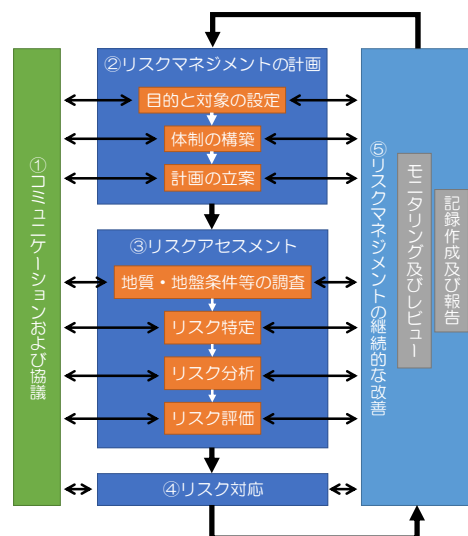


図-7 リスクマネジメントのプロセス<sup>2)</sup>



よって見直しながら、継続していくという枠組みを提示した。

## 5. リスクの分析・評価のためのリスク表現手法の提案

事業初期段階の地質調査未実施時に不確実性の幅を想定する手法を開発するために、既存資料をもとに不確実性の幅を表す方法を整理した。ここでは、梶山ほか<sup>16)</sup>に整理した一部を示す。

### 5.1 整理方法

ダム貯水池に関連する既往資料の内「貯水池周辺の地すべり等に係る調査と対策に関する技術指針・同解説」に示される精査結果を収集した。収集した資料は、

「貯水池周辺の地すべり等に係る調査と対策に関する技術指針・同解説」に準拠して実施された23ダム、214ブロックを対象とした。収集した資料をもとに、ブロック形状などの諸元を整理するために、以下の項目を資料から抽出した。抽出は資料に記載された各種諸元が記載された一覧から読み取り、一覧に記載がないブロックは平面図や断面図から区分した。各種諸元の区分は、ブロックの諸元（長さ、幅、比高、深さ）とした。

### 5.2 整理結果

#### 1) 幅の分類による比較結果

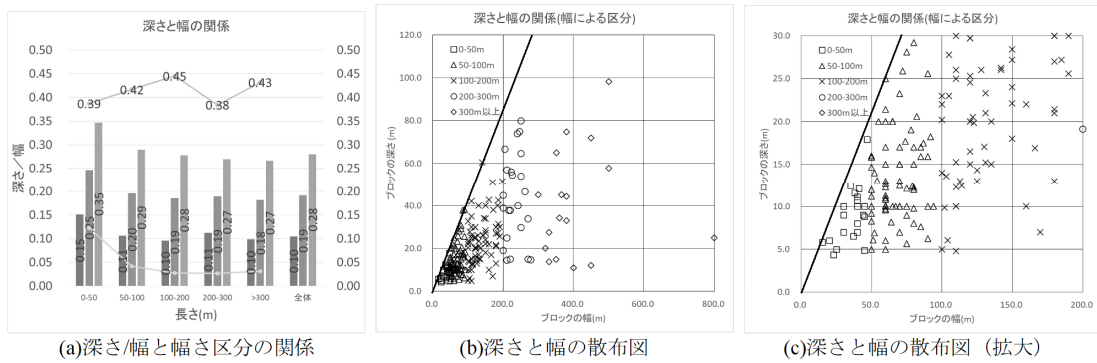


図-8 深さと幅の関係<sup>16)</sup>

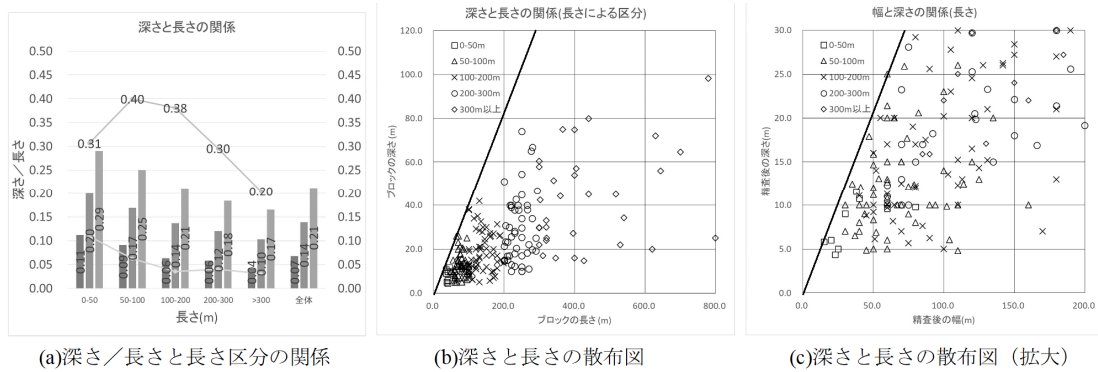


図-9 深さと長さの関係<sup>16)</sup>

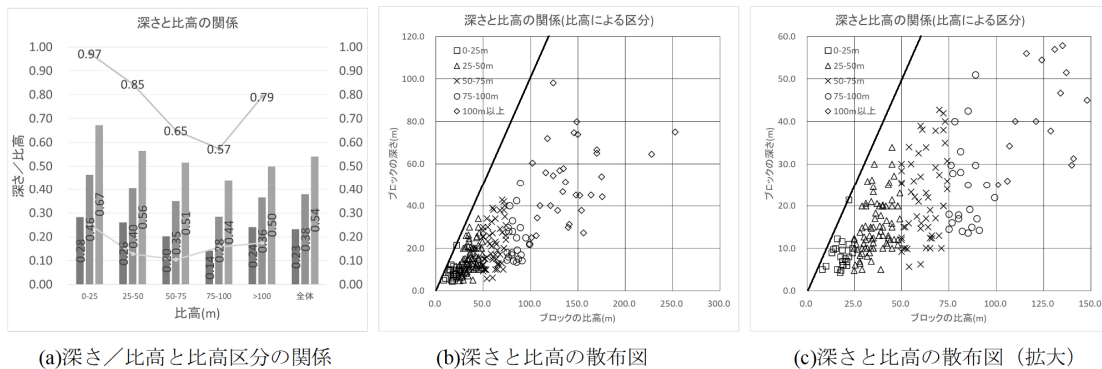


図-10 深さと比高の関係<sup>16)</sup>



幅と深さの関係を表した図-8(a)より傾きの平均値は、幅が100m以下のもので傾きが大きな値を示し、幅が広がるほど傾きが小さい値を示す傾向がある。最大値も同様に幅が狭いと傾きが大きな値を示すのに対し、幅が広がると傾きが小さい値となる傾向となる。図-8(b)および(c)に示す散布図からは、幅が0~250m付近までの最大値は同一線上( $D=0.45 \times W$ )に分布し、最小値も同様に同一線上( $D=0.03 \times W$ )に分布する。

#### 2) 長さの分類による比較結果

長さとの関係を表した図-9(a)より傾きの平均値は、長さが短いもので傾きが大きな値を示しており、長さが長くなるほど傾きが小さい値を示す傾向がある。最大値も同様に長さが短いと傾きが大きな値を示すのに対し、長さが長くなると傾きが小さい値となる傾向となる。図-9(b)および(c)に示す散布図からは、幅が0~250m付近までの最大値は同一線上( $D=0.40 \times L$ )に分布し、最小値も同様に同一線上( $D=0.03 \times L$ )に分布する。

#### 3) 比高の分類による比較結果

比高との関係を表した図-10(a)より傾きの平均値は、比高が小さいブロックにおいて傾きが大きな値を示しており、比高が大きくなるほど傾きが小さい値を示す傾向がある。最大値も同様に比高が高いと傾きが大きな値を示すのに対し、比高が小さいと傾きが小さく値となる傾向を示す。図-10(b)および(c)に示す散布図からは、比高が0~25m付近において最大値( $D=0.97 \times H$ )があるが、比高が高くなると減少する傾向を示す。最小値も同様に0~60m付近において最小値( $D=0.10 \times H$ )を示すが、比高が高くなると増加する傾向を示した。

## 6. まとめ

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

### 【事例分析によるリスク発現機構の解明】

- 1) 地質・地盤に関するリスク要因による増額が、国土交通省の一般会計歳出の支出済歳出額の6年間の合計約40.5兆円に対して4.9%を占める。
- 2) 「軟弱地盤」および「想定より深い支持層」は、設計段階に地質・地盤の分布の乖離が判明する場合が多い。
- 3) 「想定より悪い地質」、「盛土材の不良」、「斜面変動」および「想定より硬い地質」は、施工段階に地質・地盤の性状の乖離が判明する場合が多い。
- 4) 「重金属」は母数が少ないが、地質・地盤の分布

および性状のいずれの乖離も認められる。

- 5) 「地下水」は、設計段階での判明がやや多く、地質・地盤の分布の乖離が多くを占める。
- 6) リスクデータベースのプロトタイプを作成し、これから事業を始めようとしている地域や、過去にどのような場所でどのような事例があったか等を確認する際に利用することが出来る。

### 【事業段階に応じたリスクマネジメント手順】

- 1) 指針・マニュアル類の整理結果から考えられる課題を整理した。
- 2) 地質・地盤リスクマネジメントの基本的考え方を示したガイドラインを作成し公表した。

### 【リスクの分析・評価のためのリスク表現手法の提案】

- 1) 貯水池周辺地すべりを対象として、事業初期段階の地質調査未実施時に不確実性の幅を表す表現方法を示した。

## 参考文献

- 1) 社会資本整備審議会・交通政策審議会：地下空間の利活用に関する安全技術の確立について答申、国土交通省、[https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/kanbo08\\_sg\\_000128.html](https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/kanbo08_sg_000128.html)、2017年9月。(2022年6月21日閲覧)。
- 2) 国土交通省、土木研究所、土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会：土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン-関係者がONE-TEAMでリスクに対応するために-、<https://www.pwri.go.jp/jpn/research/saisentan/tishitsu-jiban/iinkai-guide2020.html>、2020年3月。(2022年6月21日閲覧)。
- 3) 植田律、阿南修司、梶山敦司：公共事業における地質・地盤に関するリスク要因の特徴、応用地質、62巻、3号、pp.181-186、2021年8月
- 4) 植田律、阿南修司、佐々木靖人、梶山敦司：土木事業における地質・地盤リスクマネジメントの現状の手法とその課題、日本応用地質学会令和元年度研究発表会講演論文集、pp.129-130、2019年10月
- 5) 国土交通省：決算の概要(平成26年度から令和元年度まで)<https://www.mlit.go.jp/policy/file000004.html>、(2022年6月21日閲覧)。
- 6) 国土交通省道路局：構想段階における道路計画策定プロセスガイドライン、pp.25-28。2013年7月
- 7) 国土交通省近畿地方整備局：設計便覧(案)第3編 道路編、pp.1-2-1-5。2012年2月
- 8) (公社)日本道路協会：道路土工要綱、p.13。2009年7月
- 9) (公社)日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針、p.31。2009年7月

- 10) (公社)日本道路協会：道路トンネル技術基準（構造編）・同解説, pp.10-72. 2003年12月
- 11) (公社)土木学会：トンネルライブラリー18号 より良い山岳トンネルの事前調査・事前設計に向けて, p.24. 2007年5月
- 12) (公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編, pp.14-15. 2017年11月
- 13) (公社)日本道路協会：杭基礎設計便覧, pp.45-61. 2015年4月
- 14) (一財)ダム技術センター：多目的ダムの建設 第2巻 環境・調査I編, p.97. 2005年6月
- 15) (一社)ダム工学会：総説 岩盤の地質調査と評価, pp.12-285, 古今書院. 2012年12月
- 16) 梶山敦司、阿南修司：貯水池周辺地すべりにおけるブロック形状の特徴、応用地質、62巻、6号、pp.377-383、2022年2月

# Research on the Construction of a Basic System for Geological and Geotechnical Risk Management

Research Period: FY2018-2021

Research Team: Geology and Geotechnical  
Research Group

Author: SINAGAWA Shunsuke

KAJIYAMA Atsushi

ANAN Shuji

## Abstract:

Most civil engineering structures use ground as foundations or materials. Therefore, it is important to properly handle geological and ground uncertainties when conducting civil engineering projects. In this study, in order to develop a method to properly handle geological and ground uncertainties, past case analysis is performed to organize the risk manifestation mechanism, geological and geotechnical risk management procedures are organized, and risk analysis is performed. We perform an evaluation by examining the risk expression method for evaluation. From the results of past case analysis, the risk factors and the business stages in which the risks are clarified were found. With respect to the procedures related to geological and geotechnical risk management, a guideline showing the concept of risk management is developed by the formation of a committee and proceeding with discussions. The application of the risk expression method for risk analysis and evaluation is shown to express the range of uncertainty when geological surveys are not performed during the initial stages of the project to detect the presence of landslides in close proximity to reservoirs.

**Keywords:** geological and geotechnical risk, risk management, risk source