地質リスクマネジメント体系化委員会

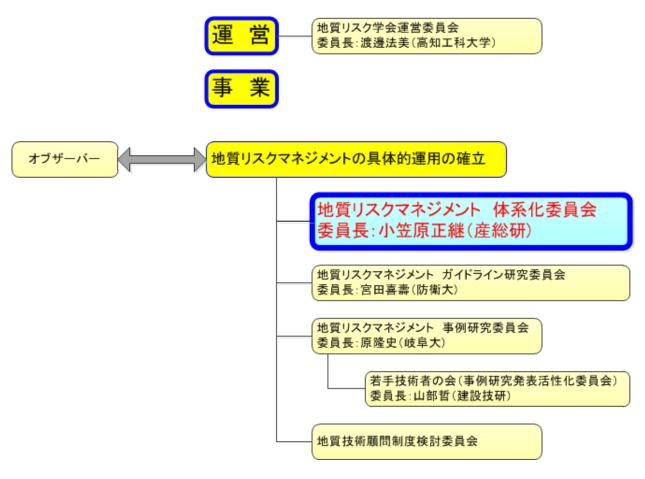
報告書

2014年12月

地質リスク学会 地質リスクマネジメント 体系化委員会

はじめに

地質リスク学会は、適切な地質調査により地質リスクを低減し、公共事業のトータルコストの縮減を 目指すことを目的として活動を行っている。その一端として、地質リスクマネジメントの具体的運用を 確立するために、2012年7月から下記の5つの専門委員会を設立して更なる活動を展開している。



地質リスク学会の委員会体系図

このうち、体系化委員会では以下の項目について検討し、これらの体系化を目指して活動した。

- ・組織的取組みの現状と課題
- ・地質リスクマネジメントの概念
- ・地質リスク要因
- ・地質リスクマネジメントの仕組み
- ・地質リスクマネジメントの仕組みの例

本報告書は、上記の活動結果を取りまとめたものである。

2014年12月

地質リスク学会 地質リスクマネジメント体系化委員会

一目次一

はじめに

1.	組織的取組みの現状と課題	1-1
1	.1 事業種別に見た取組み状況と課題	1-1
	.2 事業主体別に見た取組み状況	
1	.3 事業段階別に見た取組み状況	1-35
	.4 事例研究成果	
	.5 課題の総括	
2.	地質リスクマネジメントの概念	2-1
	地質リスクマネジメントの必要性	
2	.2 事業に影響を与える要因	2-3
2	.3 地質リスクマネジメントの定義と用語	2-5
2	4 地質リスクマネジメントの効果	2-6
	地質リスク要因	
3	3.1 地質の不確実性	3-1
3	3.2 地質技術的課題	3-9
3	3.3 工学的課題	3-14
	地質リスクマネジメントの仕組み	
4	地質リスクマネジメントの体系の概要	4-1
4	l.2 定量的地質リスクマネジメント	4-11
4	.3 事業段階に応じた手法	4-20
5.	地質リスクマネジメントの仕組みの例	5-1
5	i.1 リスク特定のための仕組みの例	5-1
5	5.2 計量化ツール	5-7
5	i.3 リスク分担のためのツールの例	5-13
6.	地質リスクマネジメントのための基礎情報	6-1

地質リスク学会 体系化委員会 名簿

1. 組織的取組みの現状と課題

1.1 事業種別に見た取組み状況と課題

1.1.1 国内の社会基盤整備事業

地質・地盤の不確実性等に対する、内外の発注者等の対応状況について情報収集した。その結果、海外における地質・地盤に関わるリスクマネジメントには遅れているものの、国内においても地質・地盤の条件が不確実であるとの認識が醸成されつつあることが分かった。

しかし、地質の技術を有効に活用して積極的にリスクをマネジメントするという点で国内の発注者の取組みは不十分であり、特に事業の初期段階から事業の進捗に応じてマネジメントを継続して行くという視点はない。また、積極的に不確実性を小さくして地質リスクを小さくし、事業費を削減するという視点が不足している。

(1) 地質技術者とのアドバイザ契約の例

秋田県では、平成20年頃より**地質・地盤に関わる技術アドバイザ業務**を発注している。この業務は総合評価落札方式によって発注され、業務の担当者は管理技術者のみからなる。管理技術者は技術アドバイザとして県職員の相談に対して電話、ファクス、現地調査などによって技術的助言を与えることとされている。

技術相談に基づきとられた行為の結果について、技術アドバイザの責任は問われないが、電話等による技術相談に必要な直接人件費は実支援時間を業務日数に換算して標準単価で積算されており、出面で精算する。すなわち、技術者の時間を細切れにして買っているだけであって、実際に技術者が検討に費やす時間や、技術的積み上げ、経験等の付加価値を正当に評価しているとは言えない。

このアドバイザ業務は、不特定の事業の地質に関わる発注者のアドバイザを正式な委託契約によって確保して活用するという意味では先駆的ではあるが、自治体担当者の疑問点に答えるだけのその場限りの相談相手である。つまり、自治体の土木事業全体に関わる、あるいはある事業の計画段階から維持管理段階に向けての総合的な地質リスクマネジメントに地質技術者の付加価値を活用しようとするものではない。

また本業務は、発注者が建設する構造物のコストや品質に影響する重要な業務になり得ると考えられるが、それらを左右する地質技術者が、業務評定点や業務表彰の有無、プロポーザル業務受注実績の有無などを評価基準とする簡単な総合評価落札方式によって決定される。その結果、**発注者は大きな地質技術者選定リスクを保有していることになっている**。

業務別発注概要書 A 入札参加資格等 委託番号 平成23年度 GK23-Y6 地質・地盤挙動解析 技術アドバイザー業務委託 業務名 委託箇所 秋田県全域 予定工期 平成24年3月23日まで 予定価格 2,310,000 円 (消費税及び地方消費税を含む。) 軟弱地盤及び地すべり地形における挙動・機構解析に関する次の支援業務 (1) 軟弱地盤における現地踏査及び解析計画の立案、現況軟弱地盤の解析、対策工法 の選定、対策後の地盤解析、最適工法の決定に係る助言 業務概要 (2) 地すべり地における地盤特性の検討、地すべり機構解析(運動機構と発生原因の解 明)と安定解析に係る助言 (3) 災害や施工途中におけるトラブル発生時等に係る緊急対策への助言 (4) その他、総合評価落札方式の評価基準及び技術提案に係る助言等 低入札価格調査制度適用の有無 有 総合評価方式の適用の有無 有 入札参加形態 単体 秋田県入札制度実施|登載業種|土木関係建設コンサルタント業務 要綱•有資格者名簿 登載部門|「土質及び基礎部門」又は「地質部門」 入 政令等の|登録規程等 建設コンサルタント登録規程(昭和52年建設省告示第717号) 規程によ 登録部門 「土質及び基礎部門」又は「地質部門」 札. る登録 東北6県内に本店又は営業所を有する 主たる営業所の所在地 参 同種類似 実績の有効期間 不要 加 業務の実業務の内容 不要 者 績 共同企業体出資比率 不要 技術士(建設部門(選択科目を「土質及び基礎」)又は応用理学 の 部門(選択科目を「地質」)とするものに限る。)の資格を有する 資格要件 配置予定 資 管理 者を本業務に配置できること。 技術者の 格 技術者 資格経歴 実績要件 資格取得後(登録後)の実務経験10年以上 1 本業務(GK23-Y6)及び別途公告している業務(GK23-Y5)について、両方の入札に参加し、 本業務において、落札者又は落札候補者に該当することとなった者は、GK23-Y5の入札参加資 格を有しないものとする。 なお、開札の順番は、次のとおりとする。 ① GK23-Y6 地質・地盤挙動解析 技術アドバイザー業務委託 ② GK23-Y5 構造物設計計画・照査 技術アドバイザー業務委託 その他の事 2 配置予定技術者は、管理技術者1名である。 3 本業務委託契約の締結は、受注者に対して、秋田県が発注する工事並びに業務委託の入札参加 に制限を加えるものではない。 項 4 本業務委託契約の締結は、秋田県が発注する業務委託の手持ち業務として算定しないものとする。 ただし、TECRIS登録は行うものとする。

図 1.1.1 秋田県発注の技術アドバイザ業務の概要書 1)

GK23-Y6 地質・地盤挙動解析技術アドバイザー業務委託「仕様書」

1. 業務の目的

本業務は、秋田県建設交通部の技術職員(本庁各課室及び各地域振興局建設部、各港湾事務所、各空港管理事務所)を対象に、業務遂行上の技術的課題に対して専門的見地から迅速に技術支援(以下、技術相談という)を行う技術アドバイザーを配置することにより、業務の効率化及び危機管理の強化並びに職員の技術力の向上を図ることを目的とする。

2. 技術アドバイザーの定義

技術アドバイザーは、契約事項第7条第1項の規定に基づき、受注者が定めた管理技 術者をいう。

3. 技術相談の内容

技術アドバイザーは、軟弱地盤及び地すべり地形における挙動・機構解析に関して次の技術相談業務を行うものとする。ただし、構造物の設計(安定計算、数量計算、図面・報 告書等の作成)や機構解析、成果物の照査・審査等を直接行う業務は含まない。

- (1) 軟弱地盤における現地踏査及び解析計画の立案、現況軟弱地盤の解析、対策工法の選定、対策後の地盤解析、最適工法の決定に係る助言
- (2) 地すべり地における地盤特性の検討、地すべり機構解析(運動機構と発生原因の解明)と安定解析に係る助言
- (3) 災害や施工途中におけるトラブル発生時等における緊急対策に係る助言
- (4) その他、総合評価落札方式の評価基準及び技術提案に係る助言等

4. 技術相談の方法

- (1)技術相談の要請及び当該要請に対する助言は、電話、電子メール、ファックス等(以下、電話等という。)又は現地における調査や助言等(以下、現地調査という。)により行う。
- (2) 電話等による技術相談要請は、技術相談を求める機関の職員が所属課所長と協議の上、直接、技術アドバイザーに対して行う。
- (3) 現地調査による技術相談要請は、原則として、技術相談を求める機関の長があらか じめ本庁事業所管課長と協議の上、機関長名による文書(技術アドバイザー現地調査・相談申込書(様式-1))により行うものとする。
- (4)(2)及び(3)の技術相談要請は、相談者が技術アドバイザー業務打合簿(様式-2)に相談事項及びその概要をとりまとめて行うものとする。
- (5) 電話等による技術相談については、1件当たりの所要時間を1時間以内を標準とし、 1時間を超える場合は、技術相談要請者と技術アドバイザーとが所要時間についてあ らかじめ協議するものとする。
- (6)技術アドバイザーが技術相談に応じる時間帯は、緊急の場合を除き、原則として平日の午前9時から午前12時及び午後1時から午後5時までの時間帯とする。
- (7) 受注者は、技術アドバイザーが不在又は他業務で即時対応できない場合は、その旨要請者に回答するとともに、すみやかに技術アドバイザーに連絡のうえ技術相談に対応できるよう努めなければならない。

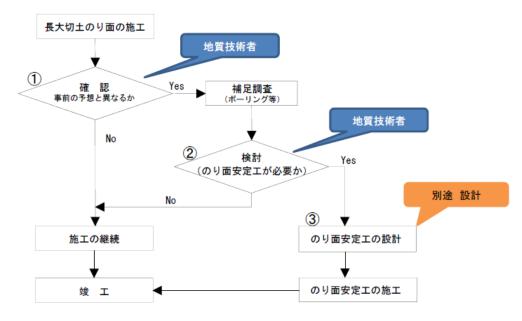
(2)地質技術者の参画を義務づける例

山岳道路が多い高知県では、のり面調査に対する責任のあいまいさや工事中ののり面について 第三者の立場で専門的な調査を行うことの必要性を踏まえ、施工中の崩壊や変状発生に起因する 被害と手戻りの防止を目的として「長大切土のり面の調査・設計・施工管理マニュアル(平成24 年5月第3回改訂)」を定めて公開・運用している。

このマニュアルでは、「一般に長大切土のり面は、のり面全体の地質が均質で堅硬であることは少ない。また、高知県は年間降水量が多く台風や前線による豪雨など厳しい気象条件下にある。このような素因・誘因により施工中に崩壊や変状が発生した場合は、被害と手戻りが大きく、事前に十分な地形、地質などの調査を実施し、長期的なのり面の安定性と施工時の安全を考慮した適切な設計が必要である。」とし、「施工時にはのり面監視を含めた安全管理、のり面・斜面の変状の早期発見・対策を実施し、安全に施工を進めていく必要がある。」としている。

このような考え方から、同マニュアルでは「長大切土のり面の調査・設計・施工管理は地質技術者が実施しなければならない」と明記している。すなわち、切土のり面工事のスムーズな進捗と維持管理のために、地質技術者の関わりが必要であることを強調している。具体的には、例えば施工時の地質技術者の関わり方として図 1.1.3 に示すフローを想定し、施工中の地質に関する管理については地質技術者が実施しなければならないとしている。

山岳地の地質が不均質(不確実)であることを認識し、常に問題発生を事前に察知するよう専門技術者を配置するというリスクマネジメントを実施している例と言えるが、調査・設計段階からリスク要因を抽出して継続的にマネジメントしてゆくことが必要である。



注) 地質技術者: 別途委託業務による

- ①地質技術者が、小段に区切られたのり面毎に調査・確認
- ②地質技術者と監督職員が検討
- ③別途 設計業務により、のり面安定工の委託業務等により再設計。

図 1.1.3 施工時調査の流れ図 3)

長大切土のり面の調査・設計・施工管理マニュアル 【目次】

第1章 総則	
1. 長大切土のり面の定義	1
2. 適用の範囲	
3. 地質技術者	3
第2章 調査・設計	
1. 調査の流れ	4
2. 概略調査について	6
3. 詳細調査について	9
4. 設計の基本1	2
5. のり面の勾配および切土高さ1	2
6. 切土の小段1	3
7. のり面のラウンディング1	4
8. のり面処理工1	4
9. のり面安定工1	5
第3章 施工管理	
第3章 施工管理 1. 施工管理一般1	6
1. 施工管理一般1	7
1. 施工管理一般1 2. 長大切土のり面の地質に関する管理1	7
1. 施工管理一般1 2. 長大切土のり面の地質に関する管理1 3. 施工時ののり面斜面点検1	7 8 8
1. 施工管理一般	7 8 8 9
1. 施工管理一般	7 8 8 9 9
1. 施工管理一般	7 8 8 9 9 0
1. 施工管理一般ーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーー	7 8 8 9 9 0
1.施工管理一般	7 8 8 9 9 0 3 4

図 1.1.4 高知県による長大切土のり面の調査・設計・施工管理マニュアル目次 4)

3. 地質技術者

長大切土のり面の調査・設計及び施工管理は、地質技術者が実施しなければならない。

1) 「第2章 調査・設計」のうち「2. 概略調査」及び「3. 詳細調査」、「第3章 施工管理」のうち「2. 地質に関する管理」及び「6. のり面斜面の異常時の現地調査」については、地質技術者が実施しなければならない。

2) 地質技術者の要件

地質技術者とは、次のいずれかの要件を満たす者であること。

- ①技術士法による第 2 次試験のうち技術部門を建設部門(選択科目を土質及び基礎とするものに限る。)または応用理学部門(選択科目を地質とするものに限る。)に合格し、同法による登録を受けている者。
- ②技術士法による第2次試験のうち①に該当しない建設部門の合格者で、地質調査に関し5年以上の実務経験を有する者。
- ③社団法人建設コンサルタント協会が実施するシビルコンサルティングマネージャ (RCCM) 資格試験において、専門部門を地質部門または土質及び基礎部門に合格し、同協会に備え る「RCCM 登録簿」に登録されている者。

第3章 施工管理

1. 施工管理一般

長大切土のり面の工事は、一般の切土工事と比較して規模が大きいため、のり面の変状など 施工中の問題が発生しやすい。万一崩壊が発生した場合は大災害となるため、第三者の地質技 術者を加え、十分な管理体制のもとに施工しなければならない。

長大切土のり面は、事前に詳細調査を実施しても面的な範囲が広いため正確な情報を得ることが難しく、のり面の掘削時に事前の予想と異なる場合がある。

のり面の掘削時には、掘削面の観察を行い、必要に応じて補足調査を行うものとする。

1) 施工管理一般

工事の施工管理に関する事項は、高知県建設工事共通仕様書に準拠するものとする。

長大切土のり面は、一般の切土工事と比較して規模が大きく万一崩壊が発生した場合は大災害となることから、工事関係者が一体となって安全の確保を図らなければならない。

長大切土のり面の安定性は、地山の地質状況に大きく左右されるので、発注者及び請負者は第 三者の地質技術者を加えて掘削面の観察・調査・検討を行い、切土毎の地質状況把握と施工の妥 当性を判断しなければならない。

2) 施工の流れ

長大切土のり面の施工は、事前に詳細調査を実施しても面的な範囲が広いため正確な情報を得ることが難しく、のり面の掘削時に事前の予測と異なることが判明する場合がある。

のり面の掘削時には、掘削面の観察を行い事前の予測との相違について確認する必要がある。 事前の予測と現場が異なった場合は、発注者と請負者および地質技術者が協議のうえ補足調査を 行うものとする。

図 3-1 に、施工時の調査の流れ図を示す。

図 1.1.5 高知県による長大切土のり面の調査・設計・施工管理マニュアル 抜粋4)

(3) 設計・施工一括発注方式におけるリスク分担

設計・施工一括発注方式においては、受注者(設計を担当するJV構成会社を含む工事業者)に示される施工条件が設計・施工分離発注方式に比べてより不確実である。したがって受注者が負うリスクは設計・施工分離発注方式よりも大きい。そこで、設計・施工一括発注方式の契約時には、発注者・受注者のリスク分担(設計・施工条件)を明示することとされている。

しかし、実際に発注された事例の中には、リスクの受注者負担の原則に対して「予見し得ない地質」のために発注者がコスト増を負担した例があり、発注者も適切に顕在化リスクを負担すべきという議論がなされている。発注者もリスクを負担すべきとする根拠は、次のようなものである(「発注者責任に関する懇談会 品質確保専門部会(第6回)議事概要」)。

- 甲乙で契約に従ってリスク分担する方が、合理的に物事を決められる。
- 設計・施工一括発注方式では、施工者が関与する範囲が少し設計側に遡るだけであり、設計・施工分離発注方式とリスク分担の考え方にそれほど違いがある訳ではない。
- 必要な条件を示さないで乙にリスクを負担させれば、リスクを見込んだ価格となりコスト は高くなる。しかし、日本では今の予定価格の積算にそのような要素は入りづらい。

ただし、支持層等地質に関わるリスクについては受注者負担とするのが一般的である。しかしながらこの場合においても、受注者に過度にリスク分担を求めると応札額の高止まりとなる(「PFI 事業におけるリスクマネジメントの在り方に関する調査(H21.3)」)こと、また発注者が明示した設計条件の範囲内については甲の責任とすべきという議論もある。すなわち、合理的な水準の事前調査を発注者が行い、それでもリスクが発現した場合のリスク分担ルールを明確化することで民間事業者の応札コストの高止まりを防ぐことが有効と考えられる。このような考えから、設計・施工一括発注方式のリスク分担の見直しが必要との議論がなされている(図1.1.6)。この場合、発注者にとって、リスクの発現可能性とそれに伴う設計変更額(すなわち地質リスク)と、追加調査コストのバランスを適正にすること(すなわち地質リスクマネジメント)が重要である。

入札時のリスク分担表では地盤に関わるリスクは受注者負担としていたが、落札後に技術提案 箇所の地質条件が大きく異なっていたということから、発注者が変更増額を負担したといったトラブルも発生している(図 1.1.7)。発注者は自らが負担する可能性のあるリスクの範囲を事前に 見積もることが重要となる。

設計・施工一括発注方式等について (1/3)

事例調査の結果

事例調査の結果、契約時においてこれらのリスクの予測可能性は必ずしも高いものではなく、その結果、契約時に過度に受注者への負担を負わせたり、受発注者間の協議に時間を要したりするなど、設計・施工一括発注方式のもつメリットである効率的・合理的な設計・施工の実施の観点から弊害となっている場合が見受けられる。

基本的な考え方

「原則受注者負担」を撤回し、発注者は、契約時において必要なリスク分担(設計・施工条件)を明示することとし、受注者はこのリスク分担(設計・施工条件)下においてリスク分担を負う。

- ◆契約書等に、設計・施工条件を具体的に明示するとともに、当該条件下における受注者が負担するリスクについても、具体的に明示することとする(その他については発注者が負担(又は受発注者間協議)とする)。
- ◆受発注者双方は、契約時のリスク分担に関する未確定要素は極力少なくなるよう、十分な情報共有、質疑応答、技術対話、リスク分析等に努めなければならない。

図 1.1.6(1) 設計・施工一括発注方式におけるリスク分担に関わる議論 5)

設計・施工一括発注方式等について (2/3)

○ 調査事例のリスク分担

見直しが必要

大項目	小項目	設計·施工一括 発注方式	設計·施工分離 発注方式	PFI
技術特性	工法等 (使用機械の故障等)	Z	Z	=
	支持地盤	乙/協議	乙/協議	乙/協議
自然条件	作業道路・ヤード の制約	Z	甲	-
	洪水、雪以外の気 象の影響	甲	甲	甲
社会条件	騒音・振動水質汚 濁への配慮	Z	甲	Z
マネジメント 特性	工程管理	Z	協議	Z

「国土交通省直轄事業の建設生産システムにおける発注者責任に関する懇談会 品質確保専門部会 (第3回)資料3-3」「地方公共団体におけるPFI事業導入の手引き 内閣府民間資金等活用事業推進室」

等 より抜粋・加筆

3

図 1.1.6(2) 設計・施工一括発注方式におけるリスク分担に関わる議論 5)

設計・施工一括発注方式等について (3/3)

○ 今後の課題

リスクに関する検討

- ◆リスクは様々な条件により発生するため、今後も下記の項目についてフォローアップ調査を行うなど、引き続き検討が必要である。
 - 発注者側の条件明示や情報提供の方法、また、その際の受注者側の認識
 - 設計変更要因や設計変更額
 - 設計承認時の受発注者間のリスク分担や、その後のリスク分担のあり方等

コンソーシアムの活用に関する検討

- ◆ 設計・施工分離型発注方式の効果を発現する上で、建設コンサルタントと建設会社の 企業連合(コンソーシアム)を活用することが考えられる。
- ◆ コンソーシアムと発注者の契約方法について建設業法上の課題について検討する。

品質確保等に関する検討

- ◆ 詳細設計の品質確保のため、第三者の活用について検討する。
- ◆ 契約方式等に関する法令面からの検討が必要である。

標準契約約款等の作成

◆ 設計・施工一括及び詳細設計付工事発注方式を普及するためには、同方式の課題を 十分に整理したうえで、発注者と受注者が交わす標準契約約款等を作成する必要があ る。

図 1.1.6(3) 設計・施工一括発注方式におけるリスク分担に関わる議論 5)

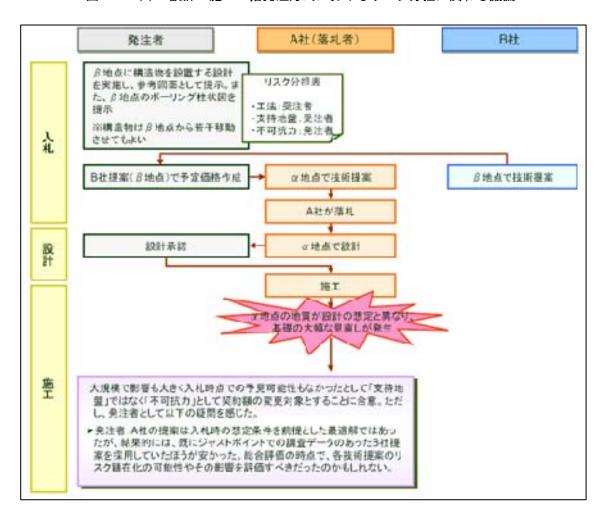


図 1.1.7 設計・施工一括発注方式におけるトラブルの例 6)

(4)工事監理連絡会等の例

工事監理連絡会、いわゆる三者協議を施工段階において開催し、設計思想の伝達や情報共有を図る取組みがなされている。しかし、図 1.1.8 に示すように設計受託者に対して支払われる経費は限られており、その中で会議資料作成まで負担させられるなど、積極的に参加して情報共有を図るというインセンティブにはなりにくい。また、発注者と工事業者の間で先行的に協議がなされ、設計技術者や地質技術者は形式的な参加を要請される場合もある。さらに、このような会議に調査会社が出席を要請される機会は少なく、重要な説明事項が漏れてしまう可能性がある。

事業の初期段階から継続的に削減してきた地質リスクを工事段階にも正しく引き継ぐことが重要であり、その機会として工事監理連絡会は重要である。

土木工事「設計・施工条件確認会議」実施要領

(目的)

- 第1条 工事施工段階における土木工事「設計・施工条件確認会議」(以下「条件確認会議」 という。)は、発注者及び請負者が、大規模工事等における工事目的物の機能確保、品質向 上及び安全施工を図るため、設計条件及び施工条件を的確に把握することを目的とする。 (開催)
- 第2条 「条件確認会議」は、以下の場合に開催する。
- (1) 請負者発議による開催

請負者は、「設計図書の照査」の結果、請負者、発注者及び設計受託者で「条件確認会議」 を開催し、「設計施工条件」を確認することが、工事施工上必要と判断した場合、監督員と 協議する

監督員は、「条件確認会議」を開催することが必要と判断した場合、会議を開催する。

(2) 発注者発議による開催

発注者は、請負者から提出された「条件変更確認請求通知書」により、現地調査を実施 し、検討した結果、発注者及び設計受託者で「条件確認会議」を開催することが必要と判 断した場合、会議を開催する。

(構成員)

- 第3条 条件確認会議の構成員は以下のとおりとする。
- (1) 請負者(現場代理人、監理技術者(主任技術者))
- (2) 設計受託者(詳細設計等を受託したコンサルタント等の管理技術者等)
- (3) 発注者(総括監督員、主任監督員、専任監督員及び必要により企画調整監、工事担当課長)
- (4) 発注者が必要と認めた場合、下請負者の主任技術者並びに隣接工区等の請負者の現場 代理人及び監理技術者(主任技術者) (開催時期)
- 第4条 開催時期は、原則として工事着手前の1回とするが、施工途中に開催することが必要な場合は、複数回とすることができる。

(確認の対象とする事項)

- 第5条 「条件確認会議」で、確認の対象とする事項は、以下のとおりとする。
 - (1) 特記仕様書(施工条件)に関する事項
 - (2) 工事標準仕様書第1編1章1-1-3(設計図書の照査等)に関する事項の内設計・ 施工条件に関する事項
 - (3) 工事請負契約約款第19条(条件変更等)第1項第4号及び第5号に関する事項
 - (4) その他、設計・施工条件に関する事項及び関係機関協議等の工事施工に関する事項 (運営)
- 第6条 「条件確認会議」の運営は以下のとおりとする。
- (1) 特記仕様書への記載

設計図書には、【特記仕様書記載参考例】にある設計施工条件確認会議の項目を記載する。

- (2) 開催の決定及び依頼
 - ア 発注者発議による開催

発注者は、「条件確認会議」の開催を決定した場合、別紙【様式1】会議参加依頼 文を設計受託者に送付する。

- イ 請負者発議による開催
- (ア) 契約後に請負者から「条件確認会議」の開催の協議があり、かつ発注者が必要と

図 1.1.8(1) 愛知県による工事監理連絡会の実施要領 7)

認めた工事について、発注者は、工事打合せ簿により、「条件確認会議」の開催を回答する。

(イ) 発注者は、別紙【様式1】会議参加依頼文を設計受託者に送付する。

(3) 確認事項の提出

- ア 請負者は、「設計図書の照査ガイドライン」により照査した事項の内、「条件確認会 議」の確認事項及び資料を、会議開催2週間前までに発注者に提出する。
- イ 発注者は、請負者から提出された確認事項について整理する。 また、提出された確認事項の他に、設計・施工上確認が必要と思われる事項及び請 負者が施工にあたり理解しておくことが必要と思われる事項を追加し、会議開催 10 日前までに設計受託者及び請負者に送付する。

(4) 会議資料

- ア 設計受託者は、発注者から提出された事項及び提出された事項の他に、請負者が施工にあたり理解しておくことが必要と思われる事項を整理し、回答及び資料を会議開催2日前までに発注者に提出する。
- イ 発注者は、設計受託者からの回答及び資料の中で、発注者側の意思統一が必要な事項は、会議前までに調整する。

(会議の経費)

第7条 設計受託者の資料作成・会議出席費用として、条件確認会議の開催1回につき主任技師0.5人及び技師(A)0.5人分の人件費並びにその旅費交通費を技術管理費として当該工事に計上し、請負者が設計受託者に支払う。

付則

この要領は、平成22年4月1日から施行する。

図 1.1.8(2) 愛知県による工事監理連絡会の実施要領 7)

(5) 地質図に関わる JIS 規格における断層等の位置確実性表示

地質図を作成する際の規格として、JIS A 0204、JIS A 0205、JIS A 0206 がある。JIS A 0204 は印刷物としての地質図を作る際に基準となる規格、JIS A 0205 はデジタル版の地質図を作る際に基準とする規格で、JIS A 0206 はそれらを引用規格として、土木・建築の調査、設計、施工などで利用する工学地質図に適用する際の規格である。

これらが 2012 年から 2013 年にかけて改正された。社会インフラ整備に関わる場面での地質図利活用について見ると、改正点の中で注目される事項として、「断層や地層境界などの存在確実度」と「位置正確度」の考え方が導入されたことが挙げられる。このような改正の背景としては、自然災害対策や様々な構造物設計に際して、精度の高い地質情報が求められている社会情勢を考慮したものと考えられる。また、工学地質図における断層等の位置正確度については、概査段階で用いる 1/50,000 程度の小縮尺の地質図においては「位置ほぼ正確」という信頼区間がやや広い定義を用いてもよいが、設計・施工段階においては位置精度の要求水準から「位置ほぼ正確」という表示はしないこととしている。

具体的な表現方法について規格を参照して表 1.1.1 に示す。

このように、方向性としては、地質情報に不確実性が含まれているということが広く啓発されつつあり、望ましい方向と考えられる。今後は、個別の事業において作成される地質図面類においても、このような不確実性を表現することを検討する必要がある。

表 1.1.1 JIS A 0204 における断層の表現記号 8)

存在確実		方左確宝度	位置確宝度	記号	描画仕様	描画仕様			
度の特定	7時定 度の特定 存在確実度 位置確実度		FL 7	形状	色				
			層)		地層・岩体境界線の4倍の太さの極太 実線。	色黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒黒			
不特定	下特定 不特定	(伏在	断層)	**********	地層・岩体境界線の4倍の太さの極太点線(点線幅:点線間隔=1:3)。	黒			
		確認	断層		地層・岩体境界線の4倍の太さの極太実線。断層確認露頭地点を断層線の太さの2~3倍の直径をもつ小円で示すこと	黒			
		確認断層	强、伏在	*******	地層・岩体境界線の4倍の太さの極太点 線 (点線幅:点線間隔=1:3)。	一			
特定	不特定	推定	断層		地層・岩体境界線の4倍の太さの極太破線(線幅:隙間:実線=1:3:4.5)。 断層線上の隙間に、線幅の30倍間隔で (隙間三つおきに) 疑問符を置く。	黒			
		推定断層	蚤、伏在	****** 5 ******,	地層・岩体境界線の4倍の太さの極太点線 (点線幅:点線間隔=1:3)。断層線上の点を九つおきに(線幅の30倍間隔で)一つ省き,できた隙間に疑問符を置く。	黒			
	特定 特定	75				位置正確		地層・岩体境界線の4倍の太さの極太実 線。断層確認露頭地点を断層線の太さ の2~3倍の直径をもつ小円で示す。	黒
			存在確実	位置ほぼ 正確		地層・岩体境界線の4倍の太さの極太破 線 (線幅:隙間:実線=1:3:12)。	黒		
		行仏雅太	位置推定		地層·岩体境界線の4倍の太さの極太破 線 (線幅:隙間:実線=1:3: 4.5)。	黒			
			位置伏在	**********	地層・岩体境界線の4倍の太さの極太点 線 (点線幅:点線間隔=1:3)。	黒			
特定		特定	位置正確	<u></u>	地層・岩体境界線の4倍の太さの極太実 線。断層線上に線幅の30倍間隔で線幅 3倍の隙間を設けて疑問符を置く。	黒			
13,70			位置ほぼ 正確	?	地層・岩体境界線の4倍の太さの極太破線(線幅:隙間:実線=1:3:12)。 断層線上の隙間に,線幅の30倍間隔で (隙間一つおきに)疑問符を置く。				
		存在不確実	位置推定	?	地層・岩体境界線の4倍の太さの極太破線 (練絹:隙間:実線=1:3: 4.5)。断層線上の隙間に、線幅の30倍間隔で(隙間三つおきに)疑問符を置く。	黒			
			位置伏在	?··	地層・岩体境界線の4倍の太さの極太点線(点線幅:点線間隔=1:3)。断層線上の点を九つおきに(線幅の30倍間隔で)一つ省き,できた隙間に疑問符を置く。				

1.1.2 海外の社会基盤整備における地質リスクマネジメント

欧米では、各国が地盤に関わる、いわゆるリスクマネジメントのガイドラインを制定し、基準化している。それらは地質リスクマネジメントの手法や手続きを示しているに過ぎず、リスク要因や対応方法を具体的に示すものではないが、プロジェクトのスタート段階で潜在的な地質リスク要因を確認し、常に更新することとしている点は、ほぼ共通している。

具体的には、以下のような取組みがなされている。

- (ア) 英国高速道路局の「DESIGN MANUAL FOR ROADS AND BRIDGES」では、地質認証(GEOTECHNICAL CERTIFICATION)という仕組みにより、段階をおって地質リスクをマネジメントすることとしている。
- (イ) 英国環境・交通・地方省は建設工事の生産性を向上させるために、地盤工学的リスクのマネジメントの必要性を認め、大学の研究者、コンサルタント、発注者を含めた研究グループによる技術的検討を支援し、その結果は2001年に解説書として出版された。
- (ウ) オランダのStaverenは、地盤状況の不確実性とそのリスクマネジメントに関する書籍を 2006年に出版し、地質・地盤状況把握における不確実性を無秩序性、不完全性、不明瞭性に 区分することを提案している。
- (エ) 海外における主として山岳トンネル建設における地質リスクの評価及び計量化については、確率論的な手法であるマルコフ連鎖モンテカルロシミュレーション(MCMC)、定性的な手法としてトンネル延長に対するボーリング調査数量の総延長比、フォールトツリー法などで検討されている。
- (オ) 米国土木学会は、契約に示された「推定される地盤状況」と異なる場合のリスクの分担を明確にするためのジオテクニカル・ベースライン・レポート (GBR) 作成のガイドラインを発行し、無用な紛争を避けるための方法の解説を提供している。なお、その完全翻訳版が地質リスク学会/全地連:「地質リスクマネジメント入門」(2010)に掲載されている。
- (カ) ニュージーランドでは運輸省管轄の公的組織であるニュージーランド道路庁(TRANSIT NEW ZEALAND)が最新のリスクマネジメントの考え方を取り入れて2004年に"Risk Management Process Manual"を作成し、実際の国道管理に適用している。
- (キ) スイスのレッチェベルク バシス トンネル(Loetschberg Basis Tunnel)では、定量的な解析ではないが、地質調査結果に基づき、どの程度がまだ不確実なのかを楽観的予測と悲観的 予測の2通りの地質解釈図を作成して表示している。

以下に、それぞれについて述べる。

(ア) 英国高速道路局「DESIGN MANUAL FOR ROADS AND BRIDGES」

全 16 巻からなるマニュアルの第 4 巻が GEOTECHNICS AND DRAINAGE であり、その SECTION1 EARTHWORK の PART2 が MANAGING GEOTECHNICAL RISK (2008) である。同パートでは、工事の複雑さや予想される地盤リスクに応じてプロジェクトの地盤条件(GEOTECHNICAL CLASSIFICATION)を 3 つのカテゴリーに区分すること、そしてプロジェクトのキーステージを4 つに分け、それぞれのステージにおいて地盤技術者(設計アドバイザ)が地盤認証を行うことにより地盤リスクをマネジメントするものとしている。 4 つのキーステージとは以下の通りである。

- Key Stage 1: サイトの地盤条件カテゴリー及び、そのカテゴリーに応じて地盤認証のために要求される事項を決定するために、最初にプロジェクトをレビューして潜在的な地盤リスクを抽出するステージ
- Key Stage 2: 予備的な地盤認証を含む予備評価段階。評価結果は予備設計と、必要に応じて 用地取得の準備に供される。すべての地質調査結果とその評価結果を含む調査報 告書が設計技術者に提供される。
- Key Stage 3: 地盤設計 (Geotechnical Design) と建設認証のステージ。詳細設計と請負業者が工事の準備をするための情報が提供される。すべての断面図(sections)を含む地盤設計報告書 (Geotechnical Design Report) が設計者に提供される。
- Key Stage 4: 地盤に関するフィードバック (Geotechnical Feedback) のステージ。すべての 建設工事と、設計変更が必要となった予想外の地盤条件について報告する。

(イ) 英国環境・交通・地方省のリスクマネジメント解説書

地盤工学リスクが工事費用、工期、品質、環境、及び工事関係者の健康と安全に大きな影響を与えることが示されているほか、地盤工学リスクマネジメントにおける発注者、設計者、施工業者の役割を記述しており、プロジェクト初期段階での適切な地盤工学的アドバイスの重要性を指摘している。技術的検討では事例収集を行って分析しているが、建設費用に占める地質等の現場調査費の割合と工事開始後の建設費用増加率に負の相関があることを明らかにしている。

(ウ) オランダのStaverenによるリスクマネジメント

地質・地盤状況把握における無秩序性は地質分布の規則性の欠如に起因し、不完全性は地質情報の量に依存し、不明瞭性は地質の定義または概念の曖昧さに起因するとしている。地質情報の不確実性のうち、不完全性は調査量を増やすことで相対的に減少できる。さらに、発注者と建設業者の間でのリスクマネジメントの手段として、ジオテクニカル・ベースライン・レポート(GBR)、紛争解決委員会(DRB)、契約と相違する現場状況条項(DSC)の3本柱があることを示している。

(エ) 海外における定量的リスク評価の例 (DAT:Decision Aids for Tunnelingの適用例)

欧米では、種々の方法によってトンネル掘削工事に伴う地質リスクを算定し、工程計画や掘削工法の検討などの意志決定に用いている。それらは、モンテカルロシミュレーションを用いる手法やフォールトツリーを用いるものである。特に MCMC (マルコフ連鎖モンテカルロシミュレーション) は地質に関するリスクの多様性(variability)と不確実性(uncertainty)に起因するトンネル地山としての「複雑系」を確率的・定量的に解析する手法として 1980 年代から研究開発されてきた。

(才) GBR(GEOTECHNICAL BASELINE REPORT)

欧米で用いられている工事契約では、想定と異なる地質条件の出現に対する発注者の責任を Differing Site Conditions 条項 (DSC 条項) で規定しており、米国では 1921 年より適用され始めている。しかし、契約図書に記述されている地質条件は曖昧であり、どのような状況であれば 想定と異なると言えるのか、明確ではない。GBR は当該サイトで遭遇することが想定される地質

状況について、発注者があらかじめ解釈を明示するもので、想定外の地質条件による設計変更を 適用する際のベースライン(閾値)とする情報を記述したものである。すなわち、ベースライン は発注者の免責範囲を定めていると言える。

PFI 事業においても、地盤に関わるリスクの分担は協議により解決されることが多いが、「発注者負担とする想定外の範囲」を明確にしておくことにより、発注者は競争参加者の応札価格をコントロールでき、また工事着工後のクレームの発生しやすさ(コスト変動リスク)もコントロールすることができる。

日本国内のDB事業等においても、予期せぬ地盤条件に対するコスト負担に関する受発注者間の協議に時間を要する事例があり、GBRの作成・活用が望まれる。

(カ) ニュージーランドのリスクマネジメント

ニュージーランドはわが国と同様に変動帯に属し、複雑な地質分布状況を有し、北島及び南島を縦断するアルパイン断層(Alpine Fault)や数多くの活断層も分布する。したがって、TRANSITのリスクマネジメントプロセスマニュアルは、わが国の道路防災に関する地質リスクを検討する上で参考になると考えられる。

(キ) 悲観的・楽観的な地質解釈図

当初段階では地表地質踏査と数本のボーリング調査により地質構造を決定せざるを得なかったため、地質技術者は問題となる地質・岩盤状況を念頭に置き、問題地層が比較的広く出現されると予想される悲観的診断(pessimistische prognose)と、限定的な分布と考えた楽観的診断(optimistische prognose)による図面類を作成した。

英国高速道路局「DESIGN MANUAL FOR ROADS AND BRIDGES」

DESIGN MANUAL FOR ROADS AND BRIDGES



THE HIGHWAYS AGENCY



SCOTTISH GOVERNMENT



WELSH ASSEMBLY GOVERNMENT LLYWODRAETH CYNULLIAD CYMRU



BORD THE DEPARTMENT FOR REGIONAL DEVELOPMENT

Managing Geotechnical Risk

This Standard sets out the procedures to be followed and certificates to be used during the process of planning and reporting of all Geotechnical Works carried out on highways under the jurisdiction of the relevant Overseeing Organisation to ensure that the Geotechnical Risk is correctly managed.

1. INTRODUCTION

Why Geotechnical Certification?

- 1.1 Geotechnical certification is used to ensure that geotechnical risk is managed throughout the lifetime of a scheme. It is applied to all schemes which involve geotechnical activities and which may pose a risk to the general public, the Overseeing Organisation and/or the Overseeing Organisations's asset.
- 1.2 The purpose of this standard is to provide a clear and consistent framework to record the management of the geotechnical risk involved in a scheme. Certification is applied as a series of steps at four Key Stages of projects. It is intended that these stages are related to the key stages of decision making within the lifetime of a scheme.

キーステージ1

サイトの地盤条件カテゴリー及び、そのカ テゴリーに応じて地盤認証のために 要求される事項を決定するために、最 初にプロジェクトをレビューして潜 在的な地盤リスクを抽出するステー ジ。

Volume 4 Section 1 Part 1 HD 22/08

Chapter 2 Management of Geotechnical Risk

2. MANAGEMENT OF GEOTECHNICAL RISK

- 2.1 To be effective in terms of reducing risk and identifying opportunities, geotechnical risk management should be started as soon as possible following project identification. Appendix A of Standard HD 41 (Ref 5) provides advice on what constitutes geohazards that pose risks and will need to be considered when developing the risk registers for a project. The establishment of the Geotechnical Risk Register is an essential part of these procedures and is developed and refined as the project progresses.
- 2.2 Geotechnical risk management should not be carried out in isolation, but should be considered as an integral part of the whole of the project process from initial planning through to construction and completion. The processes set out in this Standard will require interaction between all members of the project team.
- 2.3 To ensure that the geotechnical risks are identified and then correctly managed this Standard requires the project team to follow a logical sequence of reporting and review of the geotechnical design process. The Standard sets out Key Stages to be followed during the process of planning and reporting Geotechnical Activities (as defined in 1.10) for all highways under the jurisdiction of the relevant Overseeing Organisation. These Key Stages link in with the major parts of the overall project procurement process.
- 2.4 There are four Key Stages in the Geotechnical certification procedure. These stages are arranged to be an integral part of the overall project progression to ensure the procurement of the geotechnical information necessary to undertake an accurate assessment of project risks. They are listed below:

Key Stage 1 Initial Review of Project and Geotechnical Risks to determine its Geotechnical Classification and thus the requirement for Geotechnical Certification: This stage ensures that potential geotechnical risks are identified at project inception. The requirements for specialist geotechnical processes are also assessed at this stage. The document required from the Designer at this stage is the Statement of Intent (See Appendix B.)

Key Stage 2 Preliminary Assessment including Preliminary Certification: This stage contributes to the preparation of the outline design and where necessary the requirement for land acquisition and orders preparation. The documents required from the Designer at this stage are the Preliminary Sources Study Report (Desk Study) and the Ground Investigation Report. (See Appendices C

Key Stage 3

Geotechnical Design and Construction Certification: This stage provides the information for the detailed design and for the contractor to prepare and carry out construction. The output required from the Designer at this stage is a Geotechnical Design Report with all sections completed prior to construction of relevant areas. (See Appendix E.)

Key Stage 4

Geotechnical Feedback: This stage reports on all construction work and particularly any unexpected ground conditions requiring changes to design that occurred. This Key Stage is a requirement in contracts let by the Overseeing Organisation. The output required from the Designer at this stage is the Geotechnical Feedback report (See Appendix F.)

2.5 The Statement of Intent, Preliminary Sources Study Report (Desk Study), the Ground Investigation Report, the Geotechnical Design Report and the Feedback Report comprise the main requirements for this Standard. These reports are supported by a single certificate system included in Appendix A.

キーステージ2

予備的な地盤認証を含む、予備 評価段階。評価結果は予備 設計と、必要に応じて用地 取得の準備に供される。す べての地質調査結果とそ の評価結果を含む調査報 告書が設計技術者に提供 される。

キーステージ3

地 盤 設 計 (Geotechnical Design) と建設認証のステ ージ。詳細設計と、請負業 者が工事の準備をするた めの情報が提供される。す べての断面図?(sections) を含む地盤設計報告書 (Geotechnical Design Report) が設計者に提供さ れる。

キーステージ4

地盤に関するフィードバック (Geotechnical Feedback) Ø ステージ。すべての建設工事 と、設計変更が必要となった予 想外の地盤条件について報告

August 2008

2/1

表 1.1.2 海外における地質リスクの計量化手法(山岳トンネル) $^{10)}$

① 確率論的手法による解析					
手法名	研究者グループ	解析対象	代表的論文		
DAT	H.Einstein (MIT: USA),	長大山岳トンネル	C.Hass and H.Einstein(2002) ¹⁾		
	P.Grasso (GeoData : Italy)	(超大土被り)	P.Grasso et al.(2002) ⁵⁾		
Successive Method	T.Isaksson (RIT : Sweden)	長大山岳トンネル	T.Isaksson and H.Stille (2002) ⁶⁾		
@Risk	K.Panthi (NTNU : Norway)	長大山岳トンネル	K.Panthi(2006) ⁸⁾		
② 定性的な手法による	6解析:現地調査数量(総ボーリング掘	削長)結果に基づく解	析など		
手法名	研究者グループ	解析対象	代表的論文		
Boring length ratio	J.Westland(Canada),	都市トンネルほか	J.Westland et al.(1998) ¹⁰⁾		
	Site investigation Steering Group		Sitei nvestigation Steering		
	(UK)		Group(1993) ¹¹⁾		
リスクマトリックス	Ehrbar, Keller, Kellenberger	長大山岳トンネル	H.Ehrbar und S.Keller(2006) ²⁾		
による解析	(ALP Transit Gotthard Ltd.)	(超大土被り)	H.Ehrbar und J.Kellenberger(2003) ¹⁶⁾		
③ 定量的な手法による	4 607 HF				
手法名	研究者グループ	解析対象	代表的論文		
フォールトツリー	D.Eskesen et al(ITA WG No.2)	山岳トンネル、	D.Eskesen et al.(2004) ¹⁷⁾		
(FT)、イベントツリー		都市トンネル	A.Ang and W.Tang(1984) ¹⁸⁾		
(ET)による解析					

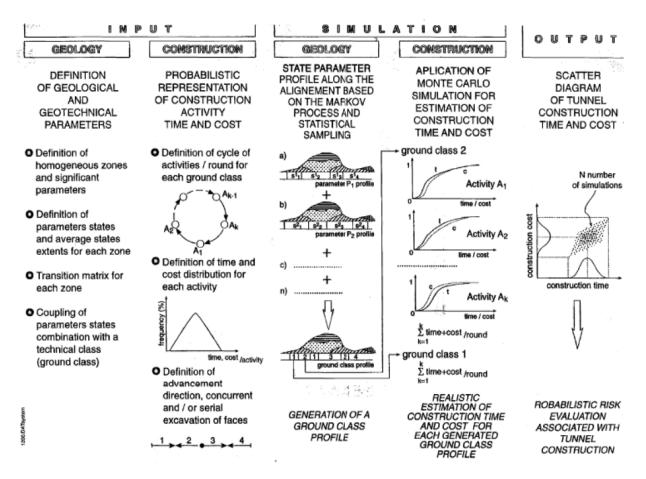


図 1.1.11 DAT (MCMC) による解析のプロセス ⁵⁾

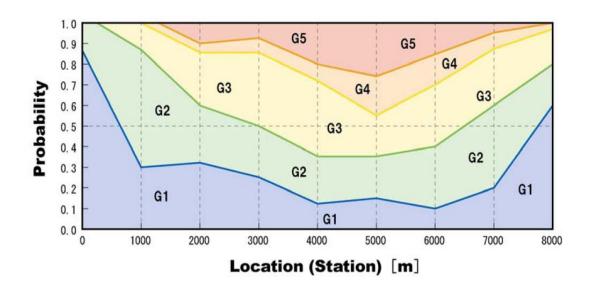


図 1.1.12 DAT (MCMC) によって得られた、出現地山分類の確率的な推定結果 5

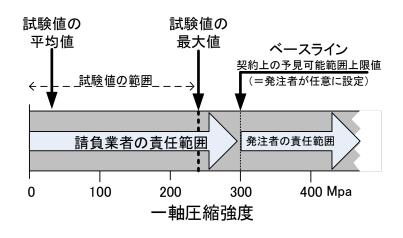


図 1.1.13 一軸圧縮強度を例にしたベースラインのイメージ 11)

表 1.1.2 ベースラインの設定水準とコスト水準 6)

ベースライン [一軸圧縮強度最大値]	実工事での状況	入札額	クレームの多寡	コスト変動量
高い水準に設定	さくさく掘れたので、 BL は超過せず	(工事費+予備費)	ほとんどなし	最小
(大きな値に設定)	時折硬くて掘りにくく、 BLをまれに超過	は高い	少ない	小
低い水準に設定	そこそこ掘れたが、BL はしばしば超過	(工事費+予備費)	多い	大
(小さい値に設定)	そこそこ掘れたが、BL は頻繁に超過	は安い	非常に多い	最大

注)機械掘削により施工されるトンネルをイメージした例である。

表 1. 1. 3 ベースラインの設定例 ⁶⁾ (カリフォルニア州運輸局発注、デビルズスライドトンネル(PFI 事業)

	一軸	u(Mpa)		
岩種	データ範囲	平均値	ベースライン (最大値)	
シルト岩/粘土岩 (新鮮〜弱風化)	2.1~238	30	300	
シルト岩/粘土岩 (中〜強風化)	0.1~34	10	40	
砂岩 (新鮮~弱風化)	11.6~267	110	330	
砂岩 (中~強風化)	9 ~ 73	10	90	
礫岩 (新鮮~弱風化)	3 ∼ 239	50	300	
礫岩 (中~強風化)	10~30	15	30	
花崗岩類 (新鮮~弱風化)	3.9~226	30	280	
花崗岩 (中~強風化)	0.3~91	7	115	

1.1.3 防災事業に関わる地質リスクマネジメント

岩盤・斜面崩壊、特に道路斜面のリスクマネジメント技術については、土木研究所を中心にして体系的な研究がなされてきている。しかし、実際の道路防災事業に活用される事例はまだ多くなく、自治体は対症療法的な防災対策を行っている。このため、防災コストの非効率的な配分につながっていることが考えられる。リスク効率性の高い箇所への選択的・優先的な投資による効果的な予算執行が重要である。地すべり対策、液状化対策や堤防の耐震化等も同様である。

道路斜面以外の一般的な斜面については砂防基礎調査の結果等をもとにして土砂災害ハザードマップが作成されて公開されているが、主に地形をもとにして土砂災害に対する危険区域を設定しているものであり、地質的要素は考慮されていないことから危険性の予見精度は低い。これらマップは住民への啓発も主たる目的の一つであり、マップ作成の方法や、その限界(不確実性があること)などをきちんと説明する必要がある。

- (1) 「道路斜面災害ハザード・リスク管理システム」及び「GISを活用した道路斜面のリスク管理システム」
- (独) 土木研究所を中心とする道路斜面災害のリスク評価に関わる研究内容を表 1.1.4 に示す。これら要素技術をシステムとして運用するリスク管理システムを構築する研究が平成 10 年から平成 14 年にかけて行われている。

表 1.1.4 に示した要素技術の中で、合理的なリスク評価手法として、損害保険の分野等で広く用いられているリスクの数量化手法を適用している(図 1.1.12)。この手法では、災害履歴や降雨履歴、防災点検の結果などを統計的に分析してフラジリティーカーブ(降雨量と斜面の壊れやすさの関係曲線)を求め、これを斜面崩壊規模や道路交通量から計算した人身損失や迂回損失等の被害額に反映させて想定被害額を算定している。それらを年超過確率と組合わせることにより、最終的にリスクカーブ(想定被害額と発生確率の関係曲線)として表示する。

これを発展させ、空中写真判読や地表踏査の結果を取り込むとともに GIS ベースで分析/図化する手法もマニュアル化されている。このマニュアルより、斜面の崩壊に関するハザード評価の詳細フローを抜粋して図 1.1.13 に示す。

さらにミクロ的に、各斜面に分布する崩積土中の地下水位をタンクモデルによって推定し、 降雨レベルごとの条件つき破壊確率を求め、これとその降雨の一年間の発生確率と年間の崩壊確率との合積をもって年間破壊確率とした上で、損失額との積を年間リスクとする手法も検討されている¹²⁾。

これらの方法によれば、斜面ごとの崩壊リスクを計量でき、対策費の投入によってリスク削減額が最も大きい箇所から対策を講ずることができるが、確率的評価の基礎情報となるフラジリティーカーブや条件付き破壊確率の解析を個別の事業において簡便に行うことができるよう、情報の整備が必要と考えられる。

表 1.1.4 土木研究所を中心とする道路斜面災害のハザード・リスク管理システムに関わる研究内容 13)

技術開発項目		個別課題	達成目標
	ハザ 岩盤・斜面の内部構	A斜面安定度調査の効率化・簡素化	斜面安定度の簡易調査手法の開発
ハ		技術の開発	落石・崩壊のハザード評価における先端技術活用手法の開発
_ ĺ		B岩盤内部構造の探査手法の開発	エアトレーサー試験・リモートセバング・物理探査手法等の開発
田 評 「	各種探査法を用いた不安定岩盤斜面選定法の確立		
	斜面ハザード評価への GIS 技術の活用手法の開発		
			GIS を活用した斜面ハザード・リスク情報管理システムの開発
			事前通行規制手法の見直し検討
影	斜面防災管理を効	D事前通行規制手法の高度化	無災害降雨履歴・限界雨量指標の評価方法の検討
(管理)	率化、高度化する技・術		新しい事前通行規制手法の試行
(管理) (管理)		E道路利用者や地域との連携手法他 ソフト対策の検討	道路利用や地域との連携手法他ソフト対策の検討
		F日常管理の高度化	日常管理の効率化・高度化方策の検討
		下口帝官理の同及化	新しい日常管理手法の試行
	斜面表層崩壊のモ ニタリング技術	G降雨浸透モニタリング手法の開発	降雨浸透モニタリング手法の開発
		ニタリング技術 H斜面表層崩壊のモニタリング手法	光ファイバセンサを用いた斜面広域監視システムの開発
~ 予		の確立	斜面表層崩壊メカニズムの推定
(監視)		I岩盤斜面の計器観測	岩盤斜面の計器観測の実施及びデータ解析
份術	7 術 岩盤崩壊のモニタ	J岩盤モニタリングの現地適用可能	岩盤モニタリング手法(崩壊予測・安定度評価)の現地使用可能性と限
	リング技術	性と限度の検討	度の検討
	7004	K岩盤崩壊予測、モニタリング手法 の評価及び確立	岩盤崩壊予知予測システムの改良と適用法の確立
技		理的なリスク評 ・マネジメント技 ト手法の導入	岩盤・斜面崩壊のリスク評価数量化手法の構築
技術(合理的なリスク評		対策優先順位の決定及び対策の合理的な選定手法の検討
2術(説明責任)	価・マネジメント技		モデル路線におけるリスク評価・マネジメントの試行
色から			防災対策目標整備水準の検討

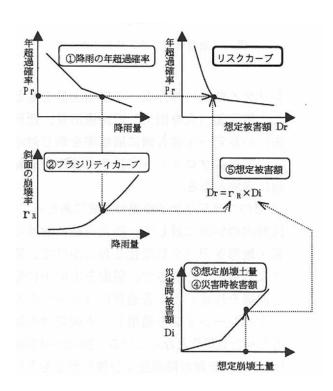


図 1.1.12 リスクカーブ (想定被害額) の作成手順 14)

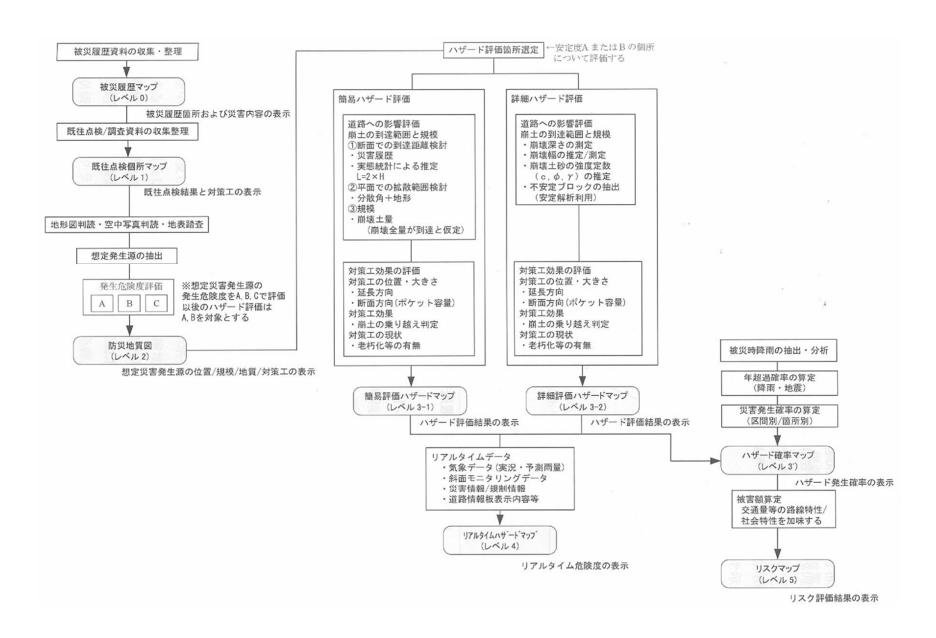


図 1.1.13 崩壊を対象としたハザード評価の詳細フロー15)

(2) 既設構造物の耐震強化にリスク規範を適用した事例

既設長大構造物の維持管理、特に耐震強化対策には膨大な費用がかかるため、合理的に効率の良い対策費投入を行う必要がある。長大構造物基礎地盤の場所ごとの抵抗力の不確実性を同一の評価基準で評価し、一定の地震動を外力として与えた場合の場所ごとの被災確率を算定できれば、対策前の総地質リスク(確率的に予想される被害の大きさ)と、対策後のそれを比較することにより、リスク効率的な対策を決定できる。

そのような対策を検討した例として、木曽川用水路の液状化対策におけるコスト縮減の例²⁾について、以下に大略を述べる。

本事例では、延長約 32km の導水路の基礎地盤が液状化することによって発生する変状によって水路機能が損なわれることを想定し(図 1.1.14)、今後 30 年間の損失期待値(事象の生起確率と社会的損失の積)を地質リスクと定義している(式 1)。このとき、水路の変形量の算定に影響する不確実な事項すなわち地質リスク要因として、Sn 値の空間的なばらつき、統計的推定誤差、そしてモデル化誤差を扱っている。

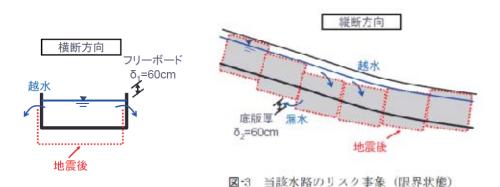


図 1.1.14 水路の変状による機能喪失の模式図 16)

$$R = \sum_{i=1}^{30} P_i \times D \times \frac{1}{(1+r)^{i-1}} = \sum_{i=1}^{30} P_{ei} \times P_{si} \times D \times \frac{1}{(1+r)^{i-1}}$$
 (1)

ここで、R: 当該水路のリスク、 P_i : i 年目のリスク事象の生起確率、 P_{ei} : i 年目における対象 地震の生起確率、 P_{si} : i 年目のリスク事象の生起確率、D: 水路が機能低下に陥った場合の社会的 損失、r: 社会的割引率(ここでは 0.04 と仮定)

式1 本事例における地質リスクの定義 16)

(ア) Sn値の空間的ばらつき

Sn 値とはある地点における表層地盤 (20m 以内) の重み付き平均で、液状化懸念層の厚さ、 N値の大きさと深度を考慮した地盤の軟弱さを表す指標である。Sn 値の空間的なばらつきは、 その水平方向の自己相関を考慮するクリギングの手法によって推定している。この方法により、一般的に行われる推定 (全ての場所で同じ確率分布) とは異なる局所推定 (ボーリング 地点からの離隔に応じて異なるばらつきを推定) を行っている (図 1.1.15)。

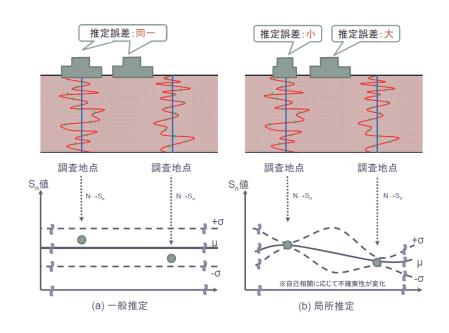


図 1.1.15 Sn 値の一般推定とクリギングによる局所推定 16)

(イ) Sn値の統計的推定誤差

Sn 値の統計的推定誤差とはN値から Sn 値を算定する際の誤差で、本事例においてはN値のばらつき (深度方向のトレンド関数からの残差) がなす確率分布 (図 1.1.16 (c)) から、モンテカルロシミュレーションを行って Sn 値の確率分布を求めている (図 1.1.17 (a))。

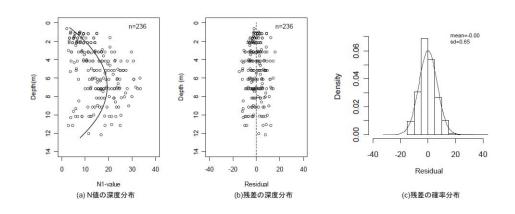


図 1.1.16 (a) N値の深度分布、(b) 残差の深度分布、(c) 残差の確率分布 16)

(ウ) 任意地点のSn値推定結果

Sn 値の空間的ばらつき、統計的誤差を考慮して推定した水路縦断方向の Sn 値の局所推定結果を図 1.1.17 (b)) に示す。

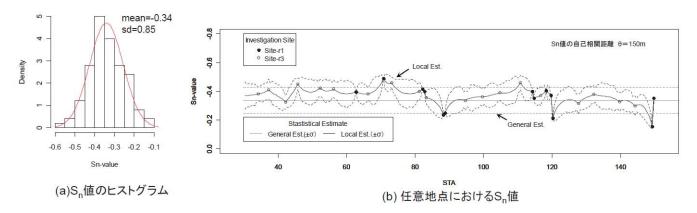


図 1.1.17 (a) Sn 値のヒストグラム、(b) 任意地点における Sn 値 16)

(エ) モデル化誤差

Sn 値と地震力から、水路の変形量を導出する計算モデルの誤差については、類似構造物の模型実験について事前に実施されたブラインド解析の結果と実挙動の関係を多数収集し、分析して定量している。

(オ) 水路機能喪失の発生確率

図 1.1.18 に、水路縦断方向の水路機能喪失発生確率(=水路変形量の制限値超過確率)を示す。全般に Sn 値を一般推定した方が超過確率は大きく算定されており、安全側に評価する傾向があることが分かる。また、STA90 や STA120 のように一般推定が超過確率を過小評価している部分があり、対策の優先箇所の検討に際して重要な情報になると考えられる。

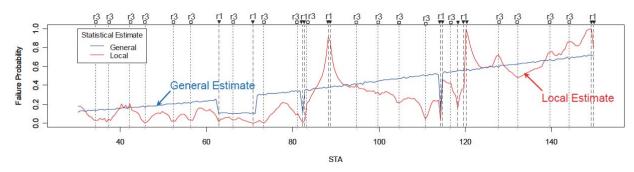


図 1.1.18 リスク事象(水路変形量の制限値超過)発生確率の縦断方向分布 16)

(カ) 対策効果の比較によるリスクマネジメント効果の算定

対応策として、対応策 1 (当初設計=全線薬液注入)、対応策 2-1 (一般推定結果に対して 矢板で対策)、対応策 2-2 (局所推定結果に対して矢板で対策) の 3 ケースを比較している (図 1.1.19)。 いずれのケースにおいても、リスク事象の生起確率が大きい箇所から順に施工す るものとしており、同一コストを投入した場合でもリスクの低減率は対応策 2-2 で最も大き いことが分かる。

また、この図において、 ΔR (トータルリスク削減額) =C (トータルコスト) となる線よりも右側では対策費用が対策効果を上回ることから対策に意味がなく、リスクは保有すべき

領域となる。対応策 2-2 では約 120 億円の対策費を投入するとこの領域に入ることから、それ以上の投資に効果がないことも分かる。

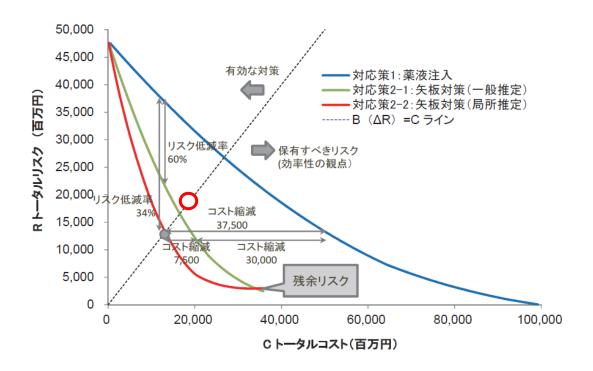


図 1.1.19 対策効果と対策投資額の関係 16)

1.2 事業主体別に見た取組み状況

1.2.1 戸建て住宅

戸建て住宅に関わる地質リスクは、以下のような特徴がある。

- ① 建築確認をクリアし個人に引き渡された後は【私有財産】となり、個人によるリスクマネジメントとなる。
- ② リスク回避には保険制度を活用することになるが、地盤被害に関しては整備が不十分である。
- ③ 購入時に地質リスクに関する十分な説明を受けることが少なく、被害が顕在化してから問題となるが、軽微な被害の場合にはその要因が地質であることを見極めることが難しい。
- ④ 地質に関する専門知識を有していることが少なく、専門業者に委ねることになるが、専門業者の選定基準が個人に依存するため地質技術者が関わる保証はない。
- ⑤ 個人資産のため人生設計におけるダメージが大きく、訴訟となった場合には長期化することや判決内容によっては大きな負担となる。
- ⑥ 地盤品質に関わる技術者認定として「地盤品質判定士」を創設し、課題解決に向けた活動 が展開されている。

(1)私有財産制度の適用

1995年の衆議院予算委員会において「私有財産制度のもとでは、個人の財産を自由かつ排他的に処分し得るかわり、個人の財産は個人の責任のもとに維持することを原則・・・・・」との政府答弁がなされている¹⁷⁾。 戸建住宅の地質リスクは、建築に携わった専門業者や研究者ではなく、所有者側が負担を背負い込む形となる。

(2) 法整備

戸建住宅では建築基準法や宅地造成等規制法などの法令に準じて建築される。2000年に施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律」では、新築住宅の完成引き渡しから10年(特約を結べば20年まで)は、基本構造部分(柱や梁など住宅の構造耐力上主要な部分、雨水の侵入を防止する部分)の瑕疵担保責任が義務づけられたため、施工不良等に起因する問題についてはかなり改善された。

地震・噴火・津波に関しては、地震保険で補償されるが、地震保険は被災者の生活安定を目的としており、火災保険の30~50%を限度として保険金額が定められている。また、2011年東北太平洋沖地震での千葉県浦安市の液状化被害では、多くの宅地が深刻な被害を被ったが、地盤の液状化に対応した法制度は無く、基本的に所有者が全ての損害を負担せざるを得なくなっている。なお、デベロッパーが開発した地域では一部で訴訟が発生しているが、宅建業法の重要事項説明の項目には明記されていない。

(3)地質専門技術者の関わり

所有者には地質の専門知識を有する方は少なく、住宅購入時や被害発生時に地質専門技術者が関わる制度が整備されていない。戸建住宅のような私有財産の場合には「自衛」しかなく、リスク回避するためには中立的第三者の専門家であるセカンドオピニオン制度を活用することが有効である。

2011 年東北太平洋沖地震で液状化が発生した地域では、有識者による検討委員会が立ち上がり、問題解決に向けた活動を展開している¹⁸⁾。

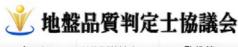
(4) 資産ダメージ

戸建住宅の地震などによる被害は、直接的な被害だけでなくその後の生活再建に大きな影響を及ぼし、個人や家族の人生設計における大きなリスクに結びつくことになる。

(5)資格制度の創設

地盤の品質を適切に判定する技術者を認定するために、地盤品質判定士協議会(地盤工学会が代表、日本建築学会、全国地質調査業協会連合会が発起人)が「地盤品質判定士」の資格制度を 2013 年に創設した。地盤品質判定士の資格制度の目的は、宅地の造成業者、不動産業者、住宅メーカー等と住宅及び宅地取得者の間に立ち、地盤の評価(品質の判定)に関わる調査・試験の提案、調査結果に基づく適切な評価と対策工の提案等を行う能力を有する技術者を社会的に明示することである。

地盤品質判定士とは 1/2 ページ



The Japanese Association for Geotechnical Evaluation

ホーム 地

地盤品質判定士とは

景薄 受験の手引

更新制度

お問い合わせ

| HOME | サイトマップ | サイトボリシー | 個人情報保護方針 アクセス |

コンテンツ▼

地盤品質判定士とは



地盤品質判定士協議会は,2011年春の東日本大震災をはじめ,これまでの地震によって発生した住宅 や宅地の被害を教訓として,公益社団法人地盤工学会を代表に,一般社団法人日本建築学会・一般社団 法人全国地質調査業協会連合会が発起人となり,多くの住宅や宅地の関係諸団体の参画により2013年2 月に発足しました。本協議会では,建築学・土木工学分野や不動産・住宅関連産業等に従事する地盤技 術者を対象に,地諡品質判定士の資格制度を創設しました。

地盤品質判定士協議会、地盤品質判定士および地盤品質判定士補の英語表記と略称



地盤品質判定士協議会: The Japanese Association for Geotechnical Evaluation

(同略称: JAGE)

地盤品質判定士: Professional Engineer for Geotechnical Evaluation

(同略称:PEGE)

地盤品質判定士補: Associate Professional Engineer for Geotechnical Evaluation

(同略称: As. PEGE)

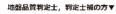
受験申込みを締切りました

受験票は9月中旬までに発送予定です。

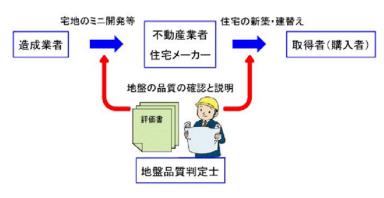
検定試験まで あと 🛂 日です。

地盤品質判定士の業務

この地盤品質判定士の資格制度の目的は、宅地の造成業者、不動産業者、住宅メーカー等と住宅及び 宅地取得者の間に立ち、地盤の評価(品質判定)に関わる調査・試験の立案、調査結果に基づく適切な 評価と対策工の提案等を行う能力を有する技術者を社会的に明示することにあります。







会員種別 学協会·団体名

正会員

(公社) 地位工学会

(一社)全国地質調査業協会連合会

(一社) 地鹽保証検査協会

(NPO) 住宅地盤品質協会

贊助会員

(公社) 土木学会

http://www.jiban.or.jp/jage/hanteishi.html

2014/08/27

図 1.2.1 地盤品質判定士協議会ホームページ 19)

1/2 ページ 報道発表資料:「液状化対策技術検討会議」の検討成果について - 国土交通省 ◎本文へ 文字サイス変更 標準 拡大 (1)音声読み上げ・ルビ振り (1) English 国土交通省 報道・広報 <u>ホーム</u>><u>報道・広報</u>><u>報道発表資料</u>>「液状化対策技術検討会議」の検討成果について 「液状化対策技術検討会議」の検討成果について 平成23年8月31日 下記のとおり、「液状化対策技術検討会議」における検討成果をとりまとめましたのでお知らせします。 検討内容 東日本大震災における液状化による被害実態等の把握、液状化判定手法の検証及び発生メカニズムの確認・解析等の各社会基盤施設等に共通する技術的事項につい て検討しました。 (資料1、資料2、資料3、参考資料 参照) 今回の検討に用いたデータについては、下記の各研究機関等のホームページにてご覧いただけます。 〇関東地方における液状化発生状況とその特徴(資料3の5~8ページ)について http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000061.html ○液状化現象の程度(資料3の9ページ)について http://www.gsi.go.jp/chirijoho/chirijoho40040.html 〇地盤特性の影響等に関する検討(資料3の10~22ページ)について http://www.pwri.go.jp/team/smd/topics-Liquefaction.htm 〇地震動特性を考慮する係数(Cw)等に関する検討(資料3の23~26ページ)について http://www.nilim.go.jp/lab/rdg/earthquake/2011EJ.htm 添付資料 「液状化対策技術検討会議」の検討成果について(PDF形式) ■ 【資料1】「液状化対策技術検討会議」検討成果の要賞(PDF形式) 🚨 【資料2】「液状化対策技術検討会議」検討概要(PDF形式) [5] 【資料3】「液状化対策技術検討会議」検討成果(平成23年10月13日 データの公表に関する情報を追加)(PDF形式) 🚨 【参考資料】国土交通省の液状化対策に関する取組について(PDF形式) 🚨 ☑ お問い合わせ先 国土交通省大臣官房技術調査課 地下(じげ)、水橋 TEL: (03)5253-8111 (内線22344) 直通 (03)5253-8125 FAX: (03)5253-1536 国土交通省総合政策局技術政策課 松本、笠井 TEL: (03)5253-8111(内線25615) 直通 (03)5253-8308 FAX: (03)5253-1560 ※上記は全般関係の問い合わせ先。資料3の専門的内容の問い合わせ先は下記のとおり。 5~8ページについて 国土交通省関東地方整備局企画部広域計画課 丸山 TEL:(048)601-3151(内線3216) 直通 (048)600-1330 FAX:(048)600-1373 9ページについて 国土交通省国土地理院地理地般活動研究センター地理情報解析研究室 小荒井(こあらい)、乙井(おとい) TEL:(029)864-1111(内線8442) 直通 (029)864-6470 FAX:(029)864-2655 10~22ページについて (独)土木研究所地質・地盤研究グループ 石原 TEL: 直通 (029)879-6771 FAX: (029)879-673

http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000154.html

2014/09/08

1.2.2 民間事業者(資源・エネルギー)

民間事業者のうち資源・エネルギーに関わる地質リスクは、以下のような特徴がある。

- ①化石燃料は地球規模から見ても有限なものであり、資源確認埋蔵量により多寡はあるものの40~120年程度で枯渇されると言われている。原子力発電については事故リスクが顕在化したため、市民合意が得られず依存性が急減している。そのため、再生可能エネルギー開発へとシフトさせるリスク軽減が進んでいる。
- ②再生可能エネルギーについては、法的措置を背景に補助金による事業推進が図られている。電力供給についても買電制度を構築し、送配電事業の分離によりエネルギー供給量を増大させる動きを展開している。
- ③原子力発電所などの主要構造物については活断層の存在による地質リスクが内在し、地 震発生時の被災リスクに対し学識者などによる委員会により高度な判定がなされている。
- ④エネルギー効率の減損リスクを軽減するために、スマートコミュニティー(スマートシティ)やコージェネレーション化などが研究され実用化されてきている。また、エコ対策についても補助金による導入推進を図り、温室効果ガス排出規制に繋げている。

(1)化石燃料から再生可能エネルギーへ

有限な化石燃料から無限でクリーンな再生可能エネルギーへとシフトしているが、現在は発展途上にありエネルギー供給量が少なく代替エネルギーとしての位置づけまでには及んでいない。 再生可能エネルギーとして、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、地熱発電、水力発電などが導入されている。

(2)法的整備

法的整備としては2011年に「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が施行され、2017年7月までの時限立法である。同法では電力会社以外の発電事業者や家庭で発電した電気の買い取りを、国が定めた単価(固定価格)で、一定の期間、全量を電力会社が買い取ることを義務づけている。小規模な住宅用太陽光発電システムで発電した電気に対しては、固定価格で10年間の買い取りを行う「太陽光発電の余剰電力買取制度」が実施されている。

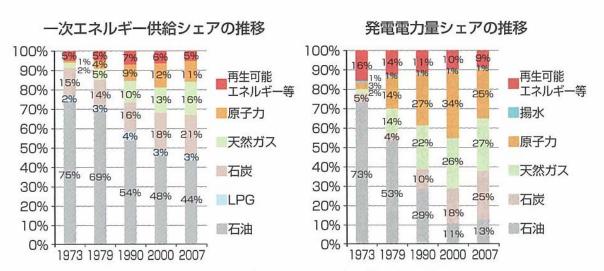
(3) 地質リスク対応

原子力発電所に関しては原子力規制委員会が発足され、活断層に関しても有識者による検討がなされリスク軽減を図っている。ただし、政治的な対応や恣意的な情報開示により実態を明確に認識することが難しい状況にある。

(4)エネルギーの効率化

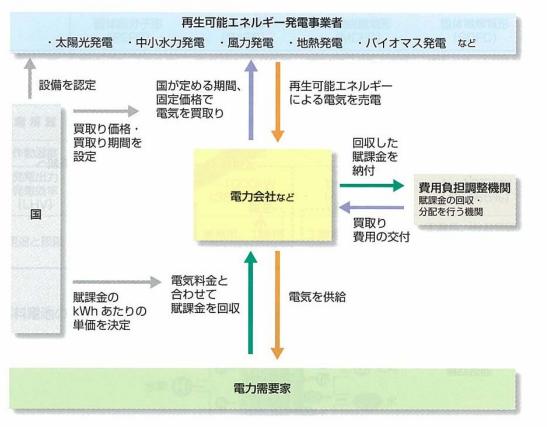
需要側のエネルギー消費リスクを軽減化するために、スマートコミュニティー (スマートシティー) やコージェネレーション化を展開している。スマートコミュニティーとはサステナブルな社会を実現するために、電気の有効利用に加え、熱や未利用エネルギーも含めたエネルギーを地域単位で統合的に管理し、交通システム、市民のライフスタイルの転換などを複合的に組み合わせた地域

社会のことである(エネルギー基本計画 2010年6月18日発表)。コージェネレーション化とは発電と同時に、発生した熱を冷暖房や給湯に利用することで、発電装置を需要側に設置するため送電ロスが大きく軽減でき、省エネはもちろんCO₂削減の効果もある。



出典:資源エネルギー庁ホームページ「なっとく!再生可能エネルギー」

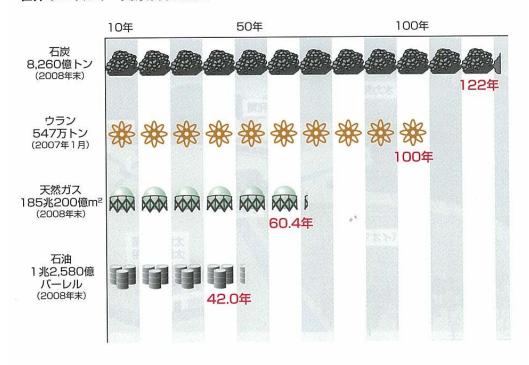
図 1.2.3 一次エネルギー供給シェアの推移と発電電力量シェアの推移 21)



出典:経済産業省資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの固定価格買取制度について資料」(2011)

図 1.2.4 再生可能エネルギーの固定価格買取制度 21)

世界のエネルギー資源確認埋蔵量



出典: 「BP総計2009」 (石油、天然ガス、石炭) NEA 「URANIUM2007」 (ウラン)

図 1.2.5 世界のエネルギー資源確認埋蔵量 21)

エネルギーフローの比較

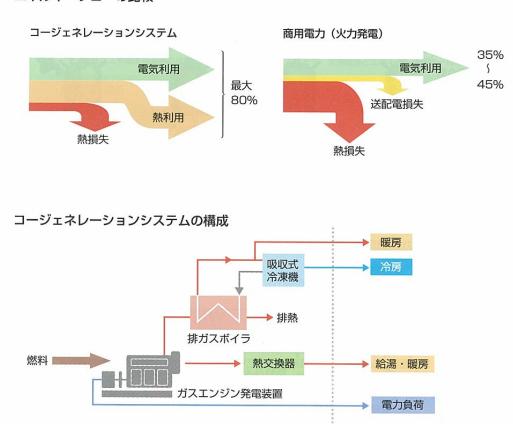


図 1.2.6 エネルギーフローの比較とコージェネレーションシステムの構成 21)

1.3 事業段階別に見た取組み状況

社会資本整備事業には、道路事業、河川事業、砂防事業等があるが、これらの中で道路事業のフローが道路土工(日本道路協会)や土質地質調査要領(NEXCO3社)において最も明確になっている。そこで、道路事業のフローに従い記載する。

道路事業の主な階層は、一般に下記のように区分することができ、NEXCO3社の土質地質調査要領では、各調査段階の関係性が明確になっている。

- ①整備計画段階
- ②基本計画段階(概略設計)
- ③事業計画段階(予備設計、詳細設計)
- ④施工段階(施工管理)
- ⑤維持管理段階(維持管理)

1.3.1 道路土工要領における事業段階

道路土工要領²²⁾には図1.3.1に示すフローがあり、計画段階、予備設計段階、詳細計画段階、施工段階、維持管理段階に区分されている。上記の階層区分と基本的に同じ構成になっている。

(1)計画段階

計画段階においては、**概略調査**が位置づけられており、既存資料収集、地形判読、現地踏査が実施されることになっている。この中で、地形地質の広範囲・大局的な把握を目的として崩壊危険地域や環境保護地域等のコントロールポイントの抽出を行う。また、路線を比較検討する上で、問題となる地形・地質(断層・破砕帯、地すべり地形、軟弱地盤等)を評価し、これらを回避可能か検討する。検討の結果、計画路線の決定が判断された後に事業化が行われる。

問題となる地形・地質・・・急傾斜の山岳地帯

地すべり地帯

崖錐地形

集水地形

崩壊多発地帯

断層•破砕帯

軟弱地盤 など

(2) 予備設計段階

予備設計段階では、**予備調査**が位置づけられている。予備調査は、道路予備設計のために実施される調査であり、既存資料収集、地形判読、現地踏査、ボーリング調査等が実施される。これらの調査により地形・地質(地質構造)の概要を把握し、問題区間の抽出や斜面の変状箇所等を把握する。これらの成果を取り入れて道路予備設計が行われる。また、調査結果は次の段階で実施される詳細調査に引き継がれる。

(3)詳細設計段階

詳細設計段階では、**詳細調査**が位置づけられている。詳細調査は、詳細設計のために実施される調査であり、現地踏査、地盤・土質・地下水等を把握するためのボーリング調査、室内試験等が実施される。そして、これらの成果を各土工構造物の詳細設計に反映させる。また、必

要に応じて設計を補足するための追加調査が実施される。いずれも、調査結果は次の段階で実施される施工管理に引き継がれる。

(4) 施工段階

施工段階では、施工段階調査が位置づけられている。この施工段階調査は施工中に問題点等が発覚した場合に実施されることが多い。つまり、施工段階調査はこれまでの調査では発見できなかった基礎工事の根入れ不足や地下水湧出等の新たな事象を対象として実施されることになる。また、地盤の変形等が予想または発生した場合には動態観測を施工段階調査として実施する。これらの調査結果は、当初設計の修正のためにフィードバックされる。また、必要に応じ新たな対策工が設計・施工されることになる。

(5)維持管理段階

維持管理段階では、**維持管理段階の点検・調査**が位置づけられている。維持管理段階の点検 調査では、日常点検・定期点検・計測管理を通じ、構造物の機能が維持されているかを確認す る。また、地震時や豪雨時には異常時点検を行い変状等の有無を把握する。これらの点検・調 査を通じ、構造物等に異常が発見されれば補修・補強・対策工などが検討されることになる。

1.3.2 NEXCO3社における事業段階

NEXCO 3 社の土質地質調査要領²³⁾には図1.3.2に示すフローがあり、計画段階、調査・設計段階、施工段階、維持管理段階に区分されている。また、図1.3.3では各調査の段階に応じた調査の内容を道路構造区分ごとにまとめられている。さらに、各項種別の調査の流れが設計・施工との関連性の観点から作成されており、切土調査の例を図1.3.4に示す。

このようにNEXCO3社の土質地質調査要領では、地質リスクと言う言葉は記載されていないものの道路の設計・施工上に問題となる地形・地質等を抽出し解決する手法が採用されている。また、各段階の地質調査では、次工程で実施すべき地質調査を後続調査計画として提案することを義務付けている。

(1) 計画段階

計画段階では、予備調査が位置づけられている。予備調査は、「路線にとって重大な影響を及ぼす支障事項や路線の優劣などを比較する資料とする」という観点から実施されている。予備調査は机上調査と現地調査から構成され、机上調査では資料収集・資料判読・地形判読、現地調査では地形地質踏査が行われる。これらの調査は、全般的な地形・地質・土質の概要と問題点を抽出することを目的としており、断層・破砕帯、大規模な地すべり崩壊地帯、大規模な軟弱地盤地帯などがその対象となる。予備調査結果を受けて、路線の選定が行われると同時に道路予備設計が実施される。

(2)調查·設計段階

調査・設計段階では、**概略調査・詳細調査(第一次)・詳細調査(第二次)・補足調査**が実施される。

1) 概略調查

概略調査は予備調査と同様に机上調査と現地調査から構成される。机上調査では資料収集・ 資料判読・地形判読が行われ、現地調査では地形地質踏査のほかに物理探査、調査ボーリング 等が実施される。概略調査の成果としては、断層や地すべり地形、軟弱地盤等を記載した土木 地形地質図が作成され、後段階に実施される第一次詳細調査の具体的な調査計画案が作成される。

2)詳細調査

詳細調査は第一次調査と第二次調査に区分されている。

第一次調査の目的は、設計協議用図面の作成であり、道路構造の決定、線形の細部決定など に調査結果が使用される。受注後に請負人が現地を踏査し、公告時の特記仕様書に記載されて いる事項を含め、現地の地質状況に応じた実施調査計画を作成する。第一次調査は、概略調査 で指摘されている道路構造に関わる重要な問題区間・場所では詳細な調査を実施する。

重要な区間・・・トンネル坑口

切土部の崖錐、流れ盤

断層地形

地すべり、土石流

軟弱地盤 など

第二次調査の目的は、幅杭設計・道路詳細設計・工費積算に使用されることであり、設計資料・施工計画資料になる。第一次調査に引き続き、重要な問題となる場所(橋台・橋脚など)において調査を行う。

成果としては、第一次調査は土木地形地質図・地層地質縦断図の作成、第二次詳細調査の計画案の作成であり、第二次調査は前述の各種図面の他に掘削区分横断の作成、補足調査計画案の作成である。

3)補足調査

補足調査は、設計・施工上特に問題となる場所について、調査ボーリング・物理検層・特殊 調査試験を行うことにより問題点を検討する。

(3)施工段階

施工段階では、施工段階の調査が位置づけられている。この調査の目的は、施工管理のための地盤条件の把握、変状・災害が発生した場合は規模や原因等を把握し復旧のための資料とすることである。調査の内容としては、物理探査・調査ボーリング・現地計測(動態観測調査)が実施される。

(4)維持管理段階

維持管理段階では、維持管理段階の調査が位置づけられている。この調査は、維持点検、技 術資料の収集を目的として実施される。調査の内容としては、地形地質調査・調査ボーリング・ 追跡調査が実施される。

NEXCO3社で特徴的な地質調査の進め方をまとめると以下のとおりである。

- 計画段階から調査・設計段階に至るまで地質調査の階層性および目的が明確になっている。
- 請負人は受注後に現地踏査を行い問題となる地質要因について把握した上で実施調査計画 を作成する。
- 請負人が各段階の成果として次の段階の調査計画案(後続調査計画案)を作成する。
- 地質リスクという言葉を使用していないが、地形・地質的な問題点を抽出し、解決する手法 を採用している。

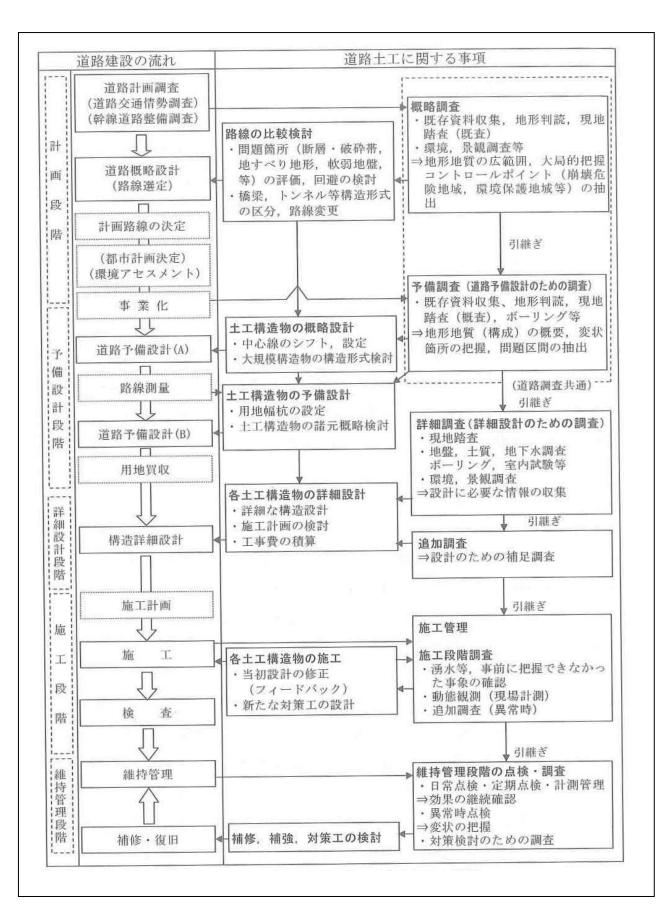


図 1.3.1 道路建設の流れと道路土工の関係 22)

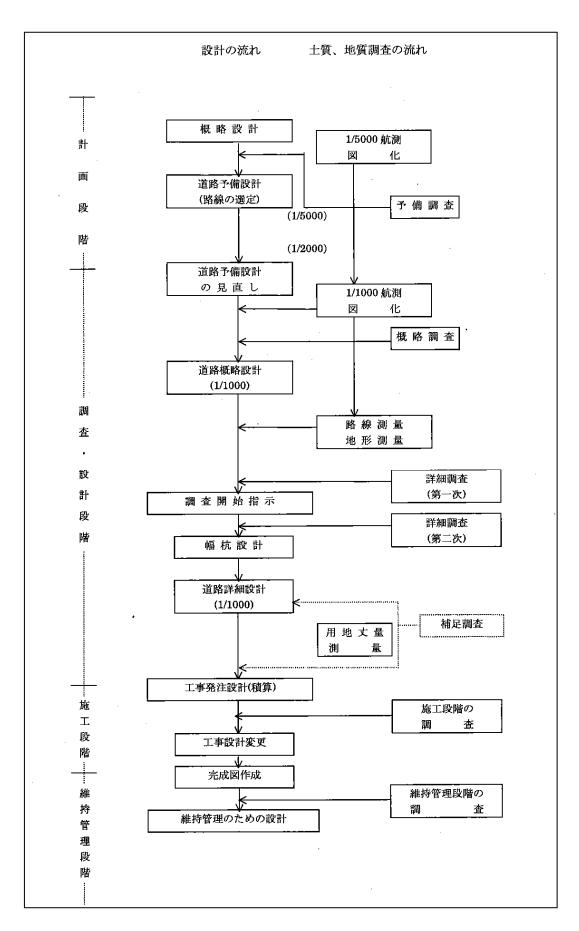
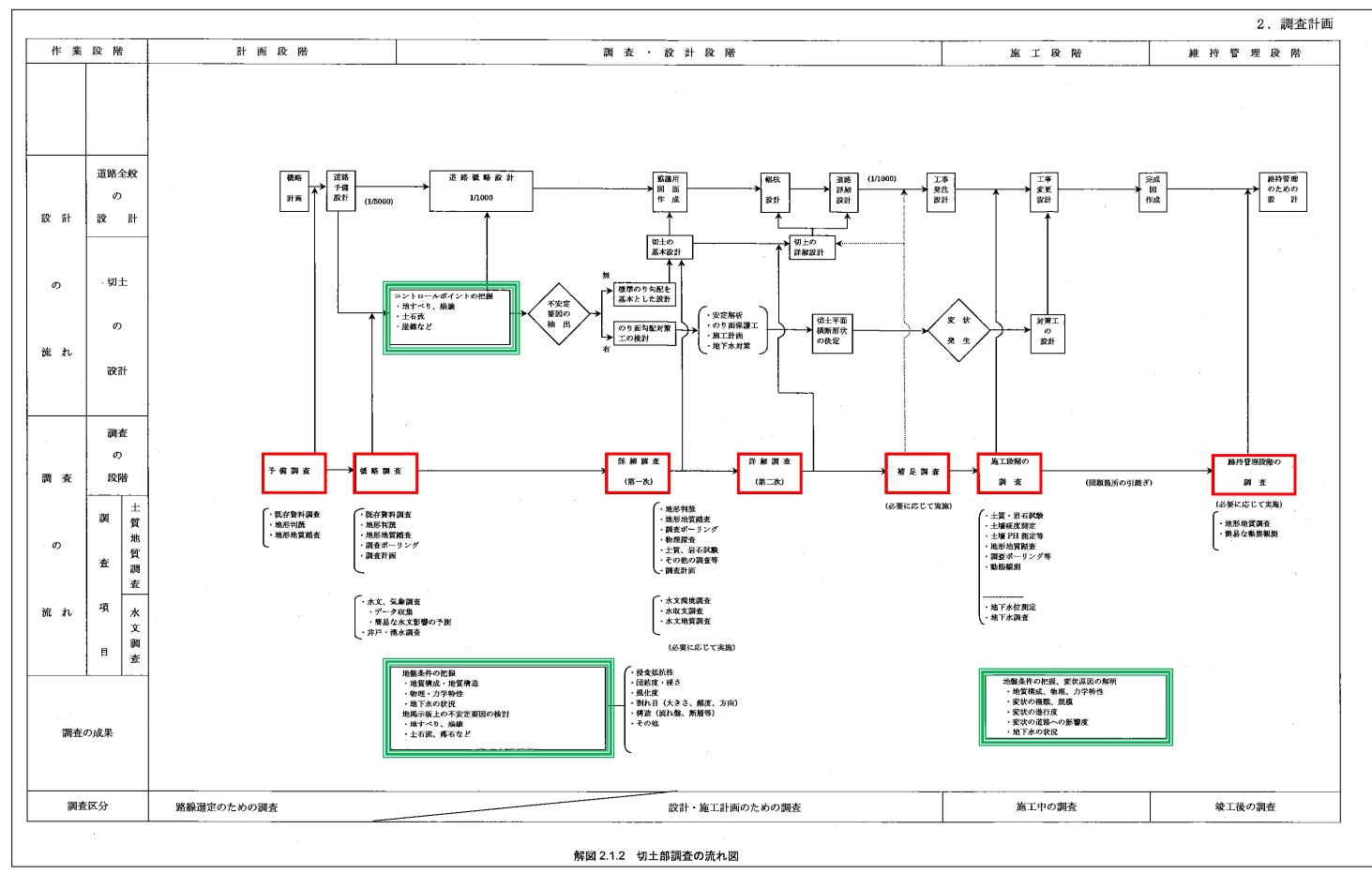


図 1.3.2 道路計画の流れと調査設計の相関 23)

and their oil			計画段階			調査・設計段					
調	查段階		予備調査		略調査		调查	補足調査	施工段階の調査	維持管理段階の調査	
調	査目的	机上調査 道路予備設計 (路線の選定)	現地調査	机上調査 道路概略設計 (路線の選定)	現地調査	第一次調査 設計協議用図面作成 ①道路構造の決定 ②線形の細部決定	第二次調查 「幅析設計・道路詳細設計・工費積算」 「①設計資料 ②施工計画資料	特に問題点の補足	①施工管理資料 ②災害復旧のための資料	(①維持点検 ②技術資料の収集	
主	な手法	①資料収集 ②資料判読 ③地形判読	①地形地質踏査	①資料収集 ②資料判読 ③地形判読	①地形地質踏査 ②物理探査 ③調査ボーリング ④物理絵層	①地形判読 ②地形地質踏査 ③物理探査 ④調査ボーリング ⑤物理格層	①地形判読 ②物理探査 ③調査ボーリング ④物理檢層	①調査ボーリング ②物理検層 ③特殊調査・試験	①物理探査 ②調査ボーリング ③現地計測(動態観測調査)	①地形地質踏査 ②調査ボーリング ③追跡調査	
周をの主は内容	土工関係	部 問題点の抽出 山脈・山塊 楽谷・主要河 大湖沼 新層・破砕帯	川 : べり崩壊地帯	等 ②土木地形地館 (②土木地形地館 (図土木地形地館 (図マル地) (図マルル) (図のでは、 () () () () () () () () () () () () () (図(机上調査) 図 1/5,000 形地質コントロール はで、り地形、扇状地、 が、土石流、地、 上石流、地、 と、 選出等。 の具体的な調査計 の大きな、 大変に、 、 大変に、 、 大変に、 、 、 大変に、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	①発注後に請負人が踏査し、実施調査計画を作成 ②地形地質概略調査で指摘されている道路構造に係わる重要な問題区間・場所については、詳細な調査を実施→線形細部の決定へ反映【Inの杭口、Br 一般図、いの東り部の崖錐・流れ盤・断層地形、地すべり、土石流、異常地形・り、土石流、異常地形・場錐地形・崖錐地形など)等→がまた行し、線形や縦断の検討(幅析設計)に反映】 ①縦横断方向の詳細な地層の分布、②地山の工学的状况、物理・力学的状況で対して反映】 ①(盛士等構造物の)基礎地盤の支徳地路の支に対する対象が表定対しての大力である。 ②軟弱地盤の安定・沈下に対する対象が表定斜面上の盛土の安定に対する対象が実工法の検討 ①材料特性の把握 ②土取採取量、土取の施工性、切土③土取場の選定と評価	①第一次詳細調査に続き、重要な問題となる場所の詳細調査→対策工の設計のための精査②一般部について、詳細設計・工費積算のための調査。主としてボーリング、弾性波の副側線、材料試験、土軟硬の掘削区分、スパン割の決まった橋脚・橋台部の精査③水文調査④地すべりなどの補足調査⑥土取場・本線外盛土の精査⑥工事用道路のための精査の必要に応じて補足調査の計画地質構造の把握物性値の把握場に対する検討方・沈下細判定の詳細判定。	問題箇所の検討	①施工管理のための地盤条件 の詳細把握 ②変状・災害が発生した場合 は、その形態、規模,原因等 の把握 すべり破壊等の問題箇所の対 応	①のり面災害予知のためのの 面現状の把握 ②変状・災害が発生した場合 その形態、規模、原因等の把 災害事象等に対する対応	
	構造物			①既設構造物の ②土地利用条件 ③地盤条件 ①地山条件の持	中		支持層および設計諸定数の決定 立置の地質	問題箇所の検討 ①地山分類	原位置での載荷試験 ①実測による変位の予測	必要に応じて実施 必要に応じて実施	
	トンネル 関係				計画するための資料	③坑内湧水とその集水範囲 ④降水と河川の流量、地下水位、湧 ⑤坑内湧水の利水への影響		②坑口周辺地山状況 ③坑内湧水とその集水 範囲および利水への 影響	②応力·変形解析		
	主な成果品	③地質図 1/2	質図 1/10,000		質図 1/5,000	①調査総合解析 ②土木地形地質図(1/1,000) ③地層地質縦断図(1/1,000)および横断図 ④実施調査計画および第二次詳細調査の計画案 (問題区間は極めて詳細に、他	④地質縦断図・横断図、掘削区分横 断図など⑤実施調査計画および補足調査計画	詳細調査に準ずる	詳細調査に準ずる .	詳細調査に準ずる	

図 1.3.3 道路構造区分毎の調査段階と調査の内容 23)



1.3 事例研究成果

地質リスクマネジメント事例研究発表会は、2010年から開催され今年度で第5回を迎えた。各年度の発表事例数はおよそ15~25件で推移している。事例研究発表の内訳とA型~D型の区分内容は表1.4.1に示すとおりであり、これまでに97編の事例が発表されている。表1.4.2に示す事例の区分では、A型が32編と最も多く、次いでD型の28編であり、B型とC型がそれぞれ18,19編である。各体系型の事例数の経年変化をみると、A型は減少傾向にあり、B型は2013年度に8件に増加したが、2014年度は4件と例年並みとなった。C型は4~5件で推移し、D型は年度による多寡がみられる。A型が減少して、B型やD型が増えている傾向をみると、社会的な認知が図れていることや地質リスクの多様性に繋がっている一面も伺えるものと考える。

表 1.4.1 各年度の事例発表数

区分	A型	B型	C型	D型	計
2010	9	2	4	2	17
2011	9	1	5	10	25
2012	4	3	5	4	16
2013	5	8	0	3	16
2014	5	4	5	9	23
計	32	18	19	28	97

表 1.4.2 事例の区分

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



図1.4.1 各年度の事例数

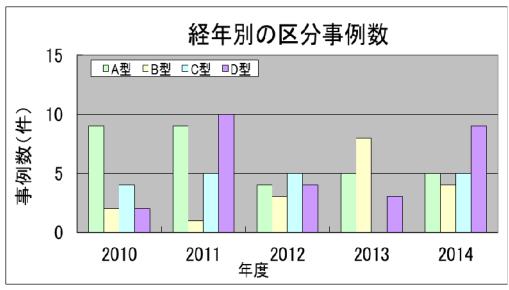


図1.4.2 経年別の区分事例数

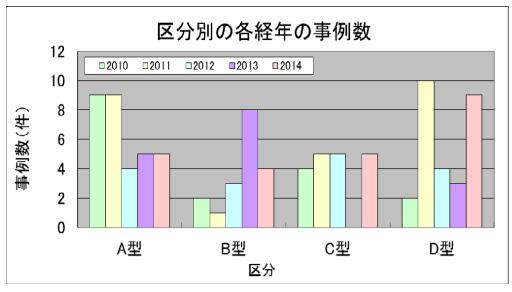


図1.4.3 区分別の各年度の事例数

工種区分による事例の推移をみると、斜面が最も多く23件であり、地すべりが15件とそれ に続くことから、斜面関係で地質リスクを認識することが多いものと考えられる。そのほか盛 土が12件、トンネルが8件、土壌・地下水汚染が7件と続き、この他の工種区分を見ても、地 質リスクが多種・多様な工種に渡ることがわかる。

表 1.4.3 工種区分による事例の推移一覧表

区 分	2010	2011	2012	2013	2014	計
斜面	3	4	4	3	9	23
地すべり	6	4	2	2	1	15
盛土	0	3	1	2	6	12
トンネル	3	3	0	1	1	8
土壌・地下水汚染	0	4	1	0	2	7
橋梁	3	0	1	1	0	5
落石	0	2	1	1	0	4
ダム	1	0	2	0	0	3
その他	1	5	4	6	4	20
計	17	25	16	16	23	97

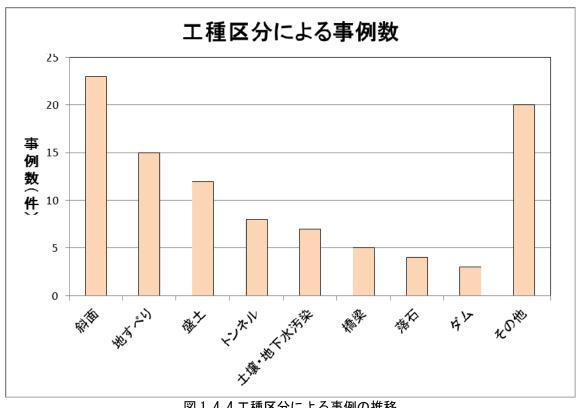


図1.4.4 工種区分による事例の推移

これらの事例の中で、リスクマネジメントの効果として費用が明示されている事例を整理すると下記のとおりである。事例総数に対する計量化された事例は、A型で32件中30件と圧倒的に多く、B型、C型はそれぞれ18件中12件と19件中10件である。区分が明確にできないD型では28件中10件と低い傾向が見られる。リスクマネジメント効果費用による評価では、費用の差異が大きく、対象構造物や発生事象により効果に大きな差が現れているものと考えられる。また、この効果費用は事業費用のみを対象としており、社会的な影響に対する評価は見込んでいない。

表 1.4.4 区分別のリスクマネジメント効果費用一覧表

区分	事例 総数 (件)	計量 事例数 (件)	最小値 (千円)	最大値 (千円)	平均値(千円)
A型	32	30	3,500	5,473,800	323,085
B型	18	12	3,606	2,500,000	275,699
C型	19	10	1,800	2,173,000	288,555
D型	28	10	1,259	385,000	54,671

表 1.4.4 地質リスク事例研究発表一覧(2010~2014年度)

			表 1. 4. 4 地質リスク事例研究発表一覧(2010〜2014年月			
年度	論文No	口頭発表者	題 目	事例種類	区分	RM効果 (千円)
2010	1	鈴木 悟	静岡県太田川ダム貯水池斜面安定対策におけるコスト縮減	A型	ダム	262, 000
2010	2	西村 悟之	県道路改良工事	C型	地すべり	180, 000
2010 2010	3	阿川 展久 鳥居 敏	都市部での地質調査における地質リスク低減プロセスの事例 CM方式を活用したトンネル施工事例	A型 A型	橋梁	38, 500 46, 000
2010	5	島店 収 鈴木 俊司	地すべり地帯に計画された道路改築工事のルート選定	A型 C型	地すべり	2, 173, 000
2010	6	田上 裕	地盤の特徴にあわせた地盤調査の必要性(地質リスクは人為的なもの?)	A型	橋梁	-
2010 2010	7 8	伊藤 和也 長谷川 信介	中小規模の斜面掘削作業を伴う工事における労働災害の防止対策の提案 トンネル事前調査における地質情報の不確実性に起因する建設コストの変動リスク評価の試み	D型 D型	料面トンネル	
2010	9	折原 敬二	地質リスク管理としてのGBR -シンガポールの公共工事より-	特別枠	GBR	-
2010	10	西村 真二	名古屋港西五区耐震強化岸壁 (-14m) 築造工事における桟橋杭の根入れ長の変更	A型	橋梁	880, 000
2010	11	森本 大志	江合川下流流路工事業における東鳴子温泉源泉へのリスク低減効果	C型	水路	292,000
2010 2010	12 13	緒方 康浩 渡邉 聡	排土工法により隣接した土塊の地すべりを誘発した事例 (Bタイプ) 道路トンネル設計に伴う坑口部の地質調査事例	B型 A型	地すべり トンネル	114, 100 16, 000
2010	14	高野 邦夫	道路工事中に発現した地質リスク事例	B型	斜面	182, 860
2010	15	松村 法行	道路建設に伴う切土による岩盤すべり	A型	斜面	25, 000
2010 2010	16 17	吉村 辰朗 藤井 勇	切土掘削中に発生した地すべりの調査と観測施工 地すべり災害において実施したリアルタイム監視によるリスク管理について	C型 A型	地すべり	1,800 3,539
2010	18	佐々 真也	国道108号地すべり災害復旧事業におけるリスク回避事例	A型	地すべり	97, 000
2011	1	今村 純	盛土による地盤破壊対策のコスト低減策	A型	盛土	3,500
2011	2	宮腰 寧崇原 重守	長野県急傾斜地崩壊対策事業における地質リスクマネジメント事例について グラウンドアンカーエにおける確実な定着体造成位置の評価・決定 - 見えるものは全て見る-	A型 A型	料面地すべり	72, 772 17, 561
2011	4	寺井 康文	切土法面の植生工における地質リスクとコスト縮減の試み	A型	斜面	5, 020
2011	5	植松 聡	礫層を主体とした地すべり地における集水井施工時の変状と対策	C型	地すべり	8,000
2011	7	大竹 雄 笠原 健司	木曽川用水路の液状化対策におけるコスト縮減とリスクマネジメントの試み	A型 C型	水路斜面	27, 130 47, 000
2011	8	福田 光治	標準勾配で切土した岩盤法面の崩壊事例 熊本における地盤リスクのポテンシャルとその回避	D型	地質リスク	-
2011	9	吉村 辰朗	破砕帯に起因する地質リスクを予測した事例	D型	トンネル	-
2011	10	熱田 真一	建設工事における迅速分析法を用いた重金属等の地質リスク管理事例	D型	土壌・地下水汚染	100.000
2011	11	西田 宣一 岡島 尚司	軟弱地盤上の大規模土地造成事業における動態観測 安価な監視機器を用いた斜面安定管理	A型 D型	盛土 斜面	100, 000
2011	13	高 豪	ボーリングコア再見直しによる設計条件誤りの回避	A型	建築基礎	-
2011	14	金沢 淳	断層破砕帯における押し出しリスク低減のための事例分析	D型	トンネル	-
2011	15 16	安井 成豊福垣 秀輝	一級河川安永川トンネル新設工事(水源工区)におけるCM方式の活用 法と社会システムから見た地盤リスク	D型 D型	トンネル 地盤リスク	12, 000 23, 600
2011	17	尾上 秀司	国道400号で発生した落石災害に対する対応について	C型	落石	-
2011	18	今岡 裕作	地すべり初期安全率が有する不確かさの低減策とその効果検証 一臨界水位特定による過大設計リスクの低減一	D型	地すべり	1, 259
2011	19 20	鴨井 幸彦 原 勝重	道路改良 (線形変更) にともなう切土により、休眠していた大規模地すべりが再活動した事例 用水管きょ敷設に伴う水道水源と天然記念物 (沼野植物群落) 保全事例	B型 A型	地すべり管渠	257, 062 19, 200
2011	21	正岡 裕之	提体腹付け盛土による近接家屋への影響予測事例	C型	盛土	-
2011	22	杉山 直起	土研式雨水曝露試験による掘削土のリスク評価	D型	土壌・地下水汚染	-
2011	23 24	遠座 昭 荒井 正	高千穂峡の観光地としての管理と地質リスク VOCsによる土壌・地下水汚染調査・措置を地質リスクの観点より考察した事例	C型 A型	落石 土壌・地下水汚染	24, 000 47, 859
2011	25	岡崎 修	VUCSによる工機・地下水汚来調査・指直を地員リスクの親点より考殊した事例 カラム試験を用いた第三紀混岩に含まれる重金属溶出特性の評価~予想される重金属溶出量の過大評価を防ぐため~	D型	土壌・地下水汚染	5, 800
2012	1	三谷 由加里	ダム貯水池対策工基礎に対する地質リスクの予測と回避事例	C型	ダム	-
2012	2	永井 啓資	地質学的判断からのポーリング延伸による地質リスクの回避	A型	補強土	23, 766
2012	3	米浦 大輔 浅野 憲雄	地盤改良設計における地質リスク対応事例 -道路盛土建設を例として- 岐阜県における落石リスク対策	A型 D型	盛土	23, 300
2012	5	常川 善弘	切土のり面のグラウンドアンカー施工時における地質リスク管理事例について	C型	斜面	5, 400
2012	6	牛渡 聡	所定の強度が確認できないアンカー定着層の原因推定と対応事例	C型	地すべり	-
2012	7 8	川井 武志 安元 和己	旧橋撤去工事における地質リスクの妥当性検討の事例 ダム原石採取工事において「品質」と「賦存量」に関するリスクを考慮した採取管理の事例	A型	地すべり	43,000
2012	٠					_
2012	9	川井田 実	地盤リスクは我にあり	C型 D型	ダム 地盤リスク	-
2012	10	川井田 実 原 重守	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク	D型 B型	地盤リスク 斜面	- 28, 451
2012 2012	10 11	川井田 実 原 重守 豊澤 康男	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の威力とリスク 泥炭掘削時における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて	D型 B型 B型	地盤リスク 斜面 地下掘削	-
2012	10	川井田 実 原 重守	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク	D型 B型	地盤リスク 斜面	- 28, 451
2012 2012 2012 2012 2012	10 11 12 13 14	川井田 実 原 重守 豊澤 康男 須藤 宏 仙波 伸治 大栗 究	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の威力とリスク 泥炭纒削時における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 標業基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討	D型 B型 B型 B型	地盤リスク 斜面 地下掘削 斜面 橋梁 土壌・地下水汚染	28, 451 - -
2012 2012 2012 2012 2012 2012	10 11 12 13 14 15	川井田 実原 重守 豊澤 康男 須藤 宏 伸治 大栗 克浩	地館リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 泥炭質制時における土砂前 壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土エで発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施エに伴う漏気による局辺地域への影響リスク回避事例 橋梁基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例	D 절 B 절 B 절 B 型 A 型 D 절 D 절	地盤リスク 斜面 地下掘削 斜面 橋梁 土壌・地下水汚染 可燃性ガス	- 28, 451 - - 710, 000
2012 2012 2012 2012 2012	10 11 12 13 14	川井田 実 原 重守 豊澤 康男 須藤 宏 仙波 伸治 大栗 究	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の威力とリスク 泥炭纒削時における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 標業基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討	D型 B型 B型 B型 D型	地盤リスク 斜面 地下掘削 斜面 橋梁 土壌・地下水汚染	- 28, 451 - - 710, 000
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1	川井田 実 原 要 康	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 泥炭類削除における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土エで発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施エに伴う漏気による高辺地域への影響リスク回避事例 横梁基礎工事による近接水源非戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 建築郵配の安定度評価における地質リスクの経滅 重面電気探査により推定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例	D 型 B 型 B 型 B 型 A 型 D 型 C 型 A 型 A 型	地盤リスク 料面 地下掘削 料面 模梁 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 料面 水関源	- 28, 451
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012	10 11 12 13 14 15 16 1 2	川井田 実際 里守 里守 里守 医溶液 医牙头 化二甲甲甲二甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲甲	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 混炭製剤時における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土エで発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 構築基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避力法の検討 ポーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス製剤事例 長大切土法面施工現場で発生した地質リスク 経経熱固の安定度評価における地質リスクの低減 基確電電気接近における地質リスクの低減	D 型 B 型 B 型 B 型 A 型 D 型 C 型 A 型 A 型 A 型	地能リスク 斜面 地下短削 斜面 横定 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 斜面 水質原 橋梁	- 28, 451 - 710, 000 385, 000 - 88,300 5,473,800 22,500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1	川井田 実 原 要 康 男	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 泥炭類削除における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土エで発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施エに伴う源気による高辺地域への影響リスク回避事例 横梁基礎工事による近接水源非戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 建築郵配の安定度評価における地質リスクの経滅 重面電気探査により推定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例	D 型 B 型 B 型 B 型 A 型 D 型 C 型 A 型 A 型	地盤リスク 料面 地下掘削 料面 模梁 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 料面 水関源	- 28, 451
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 2 3	川井田 実中 東男 東男 東男 東男 東男 東男 東京 神治 太栗 宗本 解	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 混炭製剤時における土砂剤 境災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土エで発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 構実基礎工事による近接水源井戸への影響リスの回避力法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス穀訓事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 延軽料画の安定復評価における地質リスクの低減 亜値電気接近における地質リスクの低減 亜値電気接近にり推定した地管リスクの低減 動画との構築設計における地質リスクマイシメント 教育地盤上の連路構築について 鉱路産工事中に発現した地質リスクマ本ジメント 教育地盤上の連路構築について	D 월 B 환 B 환 B 환 A 환 D 환 C 환 A 환 A 환 A 환 A 환	地能リスク 斜面 地下短削 斜面 横字 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 水質原 橋梁 道路 盛土 斜面	- 28. 451 710,000 385,000 88.300 5.473.800 22,500 883,000
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 2 3 4 5 6	川井田 実 原 里守 里澤 應 男 望海 應 宏 仙波 使 等 天 宗 年	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 混炭盟制制における土砂崩域災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う温気による周辺地域への影響リスク回避事例 標実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス戦測事例 長大切土法面施工現場で発生した地質リスク 挺軽料面の安定度評価における地質リスクの低減 重直電気探索により推定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 新面上の概果設計における地質リスクマネジメント 数割地盤上の道路構築について 道路産土工事中に発現した地質リスクマネジメント 数割地盤上の道路構築について 道路産土工事中に発現した地質リスク事例 新設温路の切上法面工事に不発現した地質リスクマネジ 対策と進路の対土法面工事に不発現した地質リスクマネジ	D 번 8 번 8 번 8 번 A 번 D 번 D 번 C 번 A 번 A 번 A 번 A 번 B 번 B 번 B 번	地館リスク 斜面 地下規刑 料面 構楽 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 外質面 料面 水質素 複楽 道路 盛土 斜面 地すべり	28, 451 - 710, 000 385, 000 - 88, 300 5, 473, 800 22, 500 883,000 39,200 9,000 41,500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 2 3 4 5 6 7	川井田 実 原 里守 東澤 康男 須藤 宏 伸治 栗 完落 東	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 泥炭類削削における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 機変基度工事による近接水源非戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 推動料面の変定度解価における地質リスのの成績 重直電気探査により推定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制面上の構築設計にあける地質リスクマネジメント 数別を態上の機変設計における地質リスクキジメント 数別を態上の通過路機繁について 道路無土工事中に発現した地質リスク事例 新設上路の切上法面工事にて発現した地質リスクのついて 対路差別の切土法面工事にて発現した地質リスクのついて 対路差別の切土法面工事にで発現した地質リスクの一位で	D 발 8 발 8 발 8 발 A 발 D 발 C 발 A 발 A 발 A 발 A 발 B	地盤リスク 斜面 地下短削 斜面 横梁 大水 可燃性ガス 可燃性ガス 斜面 水質源 横梁 連路 連生 が表面 が調源 横梁 が表面 が調源 横梁 が表面 が調源 横変 がある が表面 が表面 が表面 が表面 が表面 が表面 が表面 が表面	28, 451 - 710, 000 385, 000 - 88,300 5,473,800 22,500 39,200 9,000
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 2 3 4 5 6	川井田 実 原 里守 里澤 應 男 望海 應 宏 仙波 使 等 天 宗 年	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 混炭盟制制における土砂崩域災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う温気による周辺地域への影響リスク回避事例 標実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス戦測事例 長大切土法面施工現場で発生した地質リスク 挺軽料面の安定度評価における地質リスクの低減 重直電気探索により推定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 新面上の概果設計における地質リスクマネジメント 数割地盤上の道路構築について 道路産土工事中に発現した地質リスクマネジメント 数割地盤上の道路構築について 道路産土工事中に発現した地質リスク事例 新設温路の切上法面工事に不発現した地質リスクマネジ 対策と進路の対土法面工事に不発現した地質リスクマネジ	D 번 8 번 8 번 8 번 A 번 D 번 D 번 C 번 A 번 A 번 A 번 A 번 B 번 B 번 B 번	地館リスク 斜面 地下規刑 料面 構楽 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 外質面 料面 水質素 複楽 道路 盛土 斜面 地すべり	28, 451 - 710, 000 385, 000 - 88, 300 5, 473, 800 22, 500 883,000 39,200 9,000 41,500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 2 3 4 5 6 7 8 9	川井田 実 原男 項 原 里 守 原男 項 廊 座 界 原 原男 項 廊 座 界 宏 伽 波 栗 東 宛 克 界	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 泥炭質制能における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 機変基度工事による近接水源非戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長大切上法商施工現場で発生した地質リスク 推動料面の変定度解価における地質リスのの低減 重直電気探査により推定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制御上の構築設計における地質リスクマネジメント 数別を態上の構築設計における地質リスク事の 制御上の構築設計における地質リスク事例 新設上路の切上法面工事にて発現した地質リスク事例 新設上路の切上法面工事にて発現した地質リスクの心で 道路無土工事中に発現した地質リスク事例 新設上路の切上法面工事にで発現した地質リスクの心で 行政側から見た公共事業の地質リスク事例 施工中の路面下空洞(間口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(間口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(間口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(間口電製)の対応事例	D 호 용 호 용 호 용 호 모 수 호 고	地館リスク 斜面 地下掘削 斜面 横梁 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 水質源 横梁 道路 盛土 斜面 地質リスク 路面下空洞 水質源 宅土	28, 451 710, 000 385, 000 - 88, 300 5, 473, 800 22, 550 883, 000 39, 200 9, 000 41, 500 - 81, 000 61, 500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 4 4 5 6 7 8 9 10 11	川井田 東守 東男 須藤 康男 須藤 康男 須藤 一 東京 藤 原男 須藤 一 東京 第二 東京 第二 東京	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とりガク 泥炭質制時における土砂前 境災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による局辺地域への影響リスク回避事例 構実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス製測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 延鋒軽電弧の安定度評価に対ける地質リスクの低減 振電電気探査により構定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 特面上の機定設計における地質リスクな低減 振電を設置との道路構築について 遊路産土工事中に発現した地質リスクマ系ジメント 被別地監上の道路構築について 遊路産土工事中に発現した地質リスク専例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスクトのいて 対策工施工料面における地質リスク専例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク専例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク専例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク専例 地工中の路面下空洞(関口亀製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関口亀製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関口亀製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関口亀製)の対応事例	D 발 8 발 8 발 A 발 D 발 C 발 A 발 A 발 A 발 A 발 B	地館リスク 斜面 地下短削 斜面 横梁 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 水質原 横梁 道路 盛土 斜面 地すべり 地質リスク 路面下空洞 水質原 宅生 糸面 地すべり 地質リスク 路面下空洞 水質原	28, 451
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 2 3 4 5 6 7 8 9	川井田 実 原男 項 原 里 守 原男 項 廊 座 界 原 原男 項 廊 座 界 宏 伽 波 栗 東 宛 克 界	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 泥炭質制能における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 機変基度工事による近接水源非戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長大切上法商施工現場で発生した地質リスク 推動料面の変定度解価における地質リスのの低減 重直電気探査により推定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制御上の構築設計における地質リスクマネジメント 数別を態上の構築設計における地質リスク事の 制御上の構築設計における地質リスク事例 新設上路の切上法面工事にて発現した地質リスク事例 新設上路の切上法面工事にて発現した地質リスクの心で 道路無土工事中に発現した地質リスク事例 新設上路の切上法面工事にで発現した地質リスクの心で 行政側から見た公共事業の地質リスク事例 施工中の路面下空洞(間口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(間口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(間口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(間口電製)の対応事例	D 호 용 호 용 호 용 호 모 수 호 고	地館リスク 斜面 地下掘削 斜面 横梁 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 水質源 横梁 道路 盛土 斜面 地質リスク 路面下空洞 水質源 宅土	28, 451 - 210, 000 - 385, 000 88,300 5,473,800 22,500 883,000 39,200 9,000 41,500 - 81,000 61,500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 16 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	川井田 東守 康男 須 伽 次 平 京	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 泥炭質制時における土砂前 境災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気によら高辺地域への影響リスク回避事例 構実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス製測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 塩麺製画の安定度評価における地質リスクの低減 基面電気探査により構定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制面上の構築設計における地質リスクで低減 基面電気探査により構定した地で列力の低減 基面電気探査により構定した地で列力の低減 基面電気探査により構定した地で列力の低減 基面電気探査により構定した地で列力の低減 基面電気を重しい機定した地質リスク事例 制設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク事例 地工中の路面下空洞(関ロ亀製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関ロ亀製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関ロ亀製)の対応事例 ルエルの路面下空洞(関ロ亀製)の対応事例 ルエルの路面下空洞(関ロ亀製)の対応事例 ルエルの路面を選別場における地質リスク事例 地工・ルン製産加減現場における地質リスク事例 NEXCOによける土質・地質調査の考え方 成年泉用発電域を対象とした落石のリスク評価 数英質凝灰岩の切土後要化による地質・発生とを必要が	D 발 8 발 8 발 A 발 D 발 D 발 C 발 A 했 A 했 A 했 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발	地館リスク 斜面 地下短削 斜面 横梁 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 水質原 横梁 道路 盛土 斜面 地すべり 地質リスク 路面下空洞 水質療 宅土 半面 地すいり 地質リスク 路面下空洞 水質療 宅土 半面 地すいり 地質別名 を を を を を を を を を を を を を	- 28, 451 - 510, 000 - 710, 000 - 88,000 - 88,300 5,473,800 22,500 88,300 39,200 9,000 41,500 - 81,000 61,500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 16 17 18 19 10 11 11 12 11 13 14 15 16	川井田 東守 東男 東男 東男 東男 東京 中突 声音 東男 東京 中突 克溶 神突 克洛 東宗 本 仙火 究 克男 异 東京 斯克 文 新 五 東京	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 混炭製剤時における土砂剤・塩災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土エで発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う温気による周辺地域への影響リスク回避事例 構実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス穀訓事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 上延頼画の安定復評価における地質リスクの低減 亜重電管製度点とり推定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 斡面上の構築設計における地質リスクの低減 重確電管製度点とり推定した地管リスクの低減 建設者とはり推定した地性別スクマを減 製造産土工事に主発限した地質リスク軍列 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク軍列 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク軍列 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク軍列 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク軍列 新設道路の切土法面工事にで発現した地質リスク軍列 新設道路の切土法面工事にで発現した地質リスク軍列 新設道路の切土法面工事にで発現した地質リスク軍列 新設道路の切土法で表現地域分問題 東北地方太平洋冲地震によって発生した宅地地間の活動に伴う河川の変状事例 トンネル半盤海域現場における地質リスク事例 NEXCOIにおける土質・地質調査の考え方 彼馬県発酵画域を対象とした滞布のリスク評価 熱質製成災治の切土後またによる地ずべり発生とその対策 維持管理におけるグラウンドアンカー施工のり面の地質リスク管理事例について	D 번 8 번 8 번 8 번 A 번 D 번 D 번 C 번 A 전 A 전 A 전 A 전 A 전 B	地館リスク 斜面 地下短剛 料面 機下水汚染 可燃性ガス 斜面 水質原 橋環染 道路 盛生 斜面 水質原 橋環染 道路 盛生 斜面 水質原 橋環染 道路 盛生 斜面 地すずいり 地質リスク 路面下空洞 水質原 毛質 発面 地質、 上域、 上域、 上域、 上域、 上域、 上域、 上域、 上域	28, 451
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 16 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	川井田 東守 康男 須 伽 次 平 京	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 泥炭質制時における土砂前 境災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気によら高辺地域への影響リスク回避事例 構実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス製測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 塩麺製画の安定度評価における地質リスクの低減 基面電気探査により構定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制面上の構築設計における地質リスクで低減 基面電気探査により構定した地で列力の低減 基面電気探査により構定した地で列力の低減 基面電気探査により構定した地で列力の低減 基面電気探査により構定した地で列力の低減 基面電気を重しい機定した地質リスク事例 制設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク事例 地工中の路面下空洞(関ロ亀製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関ロ亀製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関ロ亀製)の対応事例 ルエルの路面下空洞(関ロ亀製)の対応事例 ルエルの路面下空洞(関ロ亀製)の対応事例 ルエルの路面を選別場における地質リスク事例 地工・ルン製産加減現場における地質リスク事例 NEXCOによける土質・地質調査の考え方 成年泉用発電域を対象とした落石のリスク評価 数英質凝灰岩の切土後要化による地質・発生とを必要が	D 발 8 발 8 발 A 발 D 발 D 발 C 발 A 했 A 했 A 했 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발	地館リスク 斜面 地下短削 斜面 横梁 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 水質原 横梁 道路 盛土 斜面 地すべり 地質リスク 路面下空洞 水質療 宅土 半面 地すいり 地質リスク 路面下空洞 水質療 宅土 半面 地すいり 地質別名 を を を を を を を を を を を を を	- 28, 451 - 510, 000 - 710, 000 - 88,000 - 88,300 5,473,800 22,500 88,300 39,200 9,000 41,500 - 81,000 61,500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 1 12 2 3 3 4 5 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 1 12 13 14 15 16 1 12 2 3	川井田 東守 康男 須伽 大東 塚 大 東京 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 混炭質制時における土砂前・塩災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による局辺地域への影響リスク回避事例 構実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス製測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 整額製面の安定度評価に対ける地質リスクの低速 整面電面の安定度評価に対ける地質リスクの低速 整面電の安定度評価に対ける地質リスクの低速 建築電工事により機定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 斜面上の機保設計における地質リスクマイジメント 教育地配上の道路構設について 対路機士上事中に発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスクはついて 行政側から見た公共事業の地質リスク専例 施工中の部面下空川間口地裂)の対応事例 地形や屋内で表現に対ける地域の対応等例 大理砂硬層の地下水板がに関する表現性分別題 東市中地震によって発生した宅地地線の活動に伴う河川の変状事例 NEXCOにおける土質・地質調査の考え方 域免県飛騨圏域を対象とした落石のリスク評価 熱質質液反治の切土後ま作による他すべり発生とその対策 維持管理におけるグラウンドアンカー施工のリ面の地質リスク管理事例について スレーキングに着目した高度土の安定性評価について スレーキングに着目した高度土の安定性評価について スレーキングに着目した高度土の安定性評価について スレーキングに着目した高度土の安定性評価について	D 발 8 발 8 발 8 발 A 발 D 발 C 발 A 발 A 발 A 발 A 발 A 발 A 발 A 발 A 발 A 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B	地館リスク 斜面 地下掘削 斜面 地下掘削 斜面 横下水汚染 可燃性ガス 斜面 水質原 構像 連路 ・地下水汚染 のでは がない が変	28, 451
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 4 4 5 6 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 16 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	川井田 東守 東男 東男 東男 東男 東男 東男 東男 東京 伸究 克洛 中党 克洛 東京 本 剛 東京 中党 克克 男 晃 東京	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 泥炭蘭門時における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 標楽基度工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長天切上法商施工現場で発生した地質リスク 接触新画の変定度解価における地質リスクの伝統 重直電気探査により権定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 新面上の模架設計における地質リスクマネジメント 被弱極生工事中に発現した地質リスク事例 新設温前路が切上法商工事にで発現した地質リスク事例 新設温前の切土法商工事にで発現した地質リスク中の 新設温前の切土法商工事にで発現した地質リスクので 「改働から見た公共事業の地質リスク事例 施工中の路面下空河(関口電製)の対応事例 推工中の路面下空河(関口電製)の対応事例 東北地力太平洋沖地震によって発生した宅地地盤の活動に伴う河川の変状事例 トンネル岩を開始の地下水位水に関する表質性急が問題 東北地力太平洋沖地震によって発生した宅地地盤の活動に伴う河川の変状事例 トンネル岩を開始表現場における地質リスク事例 NEXCOにおける土貨・地質調査の考え方 岐阜県飛騨圏域を対象とした浄石のリスク評価 熱変質表別の切土を象化による様すより発生とその対策 維持管理に対するグラウンドフンカー施工のリ面の地質リスク管理事例について 又レーキングに着目した高速士の変定性評価について 要定施工による予確水子ブルのの部の本質リスク管理事例について スレーキングに着目した高速士の変定性評価について 要定施工による予確水学でより機能において 要定を見てに発生した。10年の表現した3つの地質リスクー 地震時に発生した道路値上のライン収載におりまりなり	D 발 8 발 8 발 8 발 8 발 8 발 2 D 발 C 발 A 및 D 발 A 및 A 및 A 및 A 및 A 및 A 및 A 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B	地館リスク 斜面 地下経開 料面 地下経開 料面 機下水汚染 可燃性ガス 斜面 系質原 機理 道路 連すバリ 地質リスク 路面下空洞 水質原 を整土 発面 地すていり 地質リスク 路面下空洞 水で調源 を整トンネル 地盤関本 が関係 を対すべり 地盤関本 が関係 を対すが、リージー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	- 28, 451 - 10,000 - 385,000 - 88,300 - 5,473,800 - 22,500 - 83,000 - 39,200 - 9,000 - 41,500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 1 12 2 3 3 4 5 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 1 12 13 14 15 16 1 12 2 3	川井田 実 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東	地盤リスクは我にあり 空中写真判院の成力とリスク 歴史開新時における土砂崩・域災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による局辺地域への影響リスク回避事例 機変基被工事による近接水源非戸への影響リスク回避力法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性が表観測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 歴史を観点を受定課題における地質リスクの近接 重直電気探査により構定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 新面上の規定設計における地質リスクの近接 重直電気探査により構定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 新面上の規定設計における地質リスクマネジメント 被認地盤上の道路構築について 遺跡発土工事中に参視した地質リスク事例 新設設路の切土法面工事にで発現した地質リスクについて 対策直施工等回における地域リスク事例 施工中の路面下空別(関ロ亀製)の対応事例 地工中の路面下空別(関ロ亀製)の対応事例 地工・の路面下空別(関ロ亀製)の対応事例 ル土・中の路面下空別(関ロ亀製)の対応事例 地工・の路面下空別(関ロ亀製)の対応事例 ルトンネル・営部域接現場における地質リスク事例 NEXCOにおける土質・地質調査の考え方 世界県飛躍職域を対象とした発布のリスク評価 熱変質返灰岩の切土後ま化による地すべり発生とその対策 維持管理におけると関でありまった。 建設・開発・電子が発生した場合の地で、ファルー・ナンボールを開発・の変化性界で、ファルー・ナンボールを開発・大の大田のが重要を開たついて 医定施工による不確実性の高い地質モデルへの対応・施工中に発現した3つの地質リスクー地密等に発生した道路を出てが成まれます。 地質単元による不確実性の高い地質モデルへの対応・施工中に発現した3つの地質リスクー地密等に発生した道路を出てかり、地質はおけると表の対応 を対象と関本道路の表大のり面におけるエキ中の地質リスク	D 발 8 월 8월 8월 8월 8월 0 2월 0 2월 0 2월 1 2월 1 2월 1 2월 1 2월 1 2	地館リスク 斜面 地下照附 斜面 地下照附 斜面 横梁下水汚染 可燃性ガス 斜面 木質源 横線定 水質源 横線定 水質源 横線定 水質源 横線で 水質源 横線で 水質源 横線で 水質源 横線で 水質源 横線で 水質源 横線で 地すべり 地質リスク 路面下空洞 水質源 宅盤 トンネル 地盤調査 落石 地すべり 斜面 産土	- 28.451 - 28.451 - 710.000 385.000
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 11 2 3 4 4 5 6 6 7 7 8 8 9 9 10 11 11 12 13 14 15 16 16 16 16 16 17 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	川井田 東守 東男 東男 東男 東男 東男 東男 東男 東京 伸究 克洛 中党 克洛 東京 本 剛 東京 中党 克克 男 晃 東京	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 泥炭蘭門時における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 標楽基度工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長天切上法商施工現場で発生した地質リスク 接触新画の変定度解価における地質リスクの伝統 重直電気探査により権定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 新面上の模架設計における地質リスクマネジメント 被弱極生工事中に発現した地質リスク事例 新設温前路が切上法商工事にで発現した地質リスク事例 新設温前の切土法商工事にで発現した地質リスク中の 新設温前の切土法商工事にで発現した地質リスクので 「改働から見た公共事業の地質リスク事例 施工中の路面下空河(関口電製)の対応事例 推工中の路面下空河(関口電製)の対応事例 東北地力太平洋沖地震によって発生した宅地地盤の活動に伴う河川の変状事例 トンネル岩を開始の地下水位水に関する表質性急が問題 東北地力太平洋沖地震によって発生した宅地地盤の活動に伴う河川の変状事例 トンネル岩を開始表現場における地質リスク事例 NEXCOにおける土貨・地質調査の考え方 岐阜県飛騨圏域を対象とした浄石のリスク評価 熱変質表別の切土を象化による様すより発生とその対策 維持管理に対するグラウンドフンカー施工のリ面の地質リスク管理事例について 又レーキングに着目した高速士の変定性評価について 要定施工による予確水子ブルのの部の本質リスク管理事例について スレーキングに着目した高速士の変定性評価について 要定施工による予確水学でより機能において 要定を見てに発生した。10年の表現した3つの地質リスクー 地震時に発生した道路値上のライン収載におりまりなり	D 발 8 발 8 발 8 발 8 발 8 발 2 D 발 C 발 A 및 D 발 A 및 A 및 A 및 A 및 A 및 A 및 A 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B 및 B	地館リスク 斜面 地下経開 料面 地下経開 料面 機下水汚染 可燃性ガス 斜面 系質原 機理 道路 連すバリ 地質リスク 路面下空洞 水質原 を整土 発面 地すていり 地質リスク 路面下空洞 水で調源 を整トンネル 地盤関本 が関係 を対すべり 地盤関本 が関係 を対すが、リージー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	- 28, 451 - 10,000 - 385,000 - 88,300 - 5,473,800 - 22,500 - 83,000 - 39,200 - 9,000 - 41,500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 3 4 4 5 6 6 7 7 8 8 9 9 10 11 11 12 12 13 14 15 16 16 16 16 16 17 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	川井田 実 東 東 男 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東	地盤リスクは我にあり 空中写真判院の成力とリスク 歴史開新時における土砂前 埃災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による局辺地域への影響リスク回避事例 機変基被工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 歴報の機変設計における地質リスクの近接 重直電気探査により構定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 新面上の構実設計における地質リスクの必接 新面を規実設計における地質リスクマネジメント 被弱地態上の道路構築について 道路療土工事中に条視した地質リスク事例 新設設路の切土法面工事にで発現した地質リスクについて 対策正拡工斜面における地ずいり災害の再発について 対策直拡工斜面における地域リスク事例 施工中の路面下空洞(間口亀裂)の対応事例 地平砂路面下空洞(間口亀裂)の対応事例 地平砂路面下空洞(間口亀裂)の対応事例 ルトンネル岩部構装現場における地質リスタ専例 NEXCOにおける土質・地質調なの考え方 被果用飛舞間域を対象とした第石のリスタ時価 熱変質基灰岩の切土後またによる地すべり発生とその対策 機等管理における地質リスクを通像 熱変質基灰岩の切土後またによる地ずべり発生とその対策 機等管理における地質リスクの影響・ 地質の実力を発生した電石のリスク時価 熱変質基灰岩の切土後またによる地質・スクラ時面、地質モニルで	D 발 8 월 8월 8월 8월 8월 10 월 10 월 10 월 10 월 10 월	地館リスク 斜面 地下照附 斜面 地下照附 斜面 横梁下水汚染 可燃性ガス 斜面 木質原 横線で水汚染 可燃性ガス 斜面 木質原 横線で水汚染 が関係 を出すべり 地質リスク 路面下空洞 水質顕 宅盤 トンネル 地盤調査 落石 地すべり 斜面 産土 刺面 強すべり 対解 に変	- 28.451 - 710.000 - 385.000 883.000 - 5.473.800 - 22.500 - 883.000 - 39.200 - 9.000
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 11 12 2 3 3 4 4 5 6 6 7 7 8 8 9 10 11 12 13 14 15 16 16 11 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16	川井田 東守康男 須伽大東京 東京 東	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 泥炭質制物における土砂前 域災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による局辺地域への影響リスク回避事例 構実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス製測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 整種製製面の安定度評価に対ける地質リスクを接 養血電気変により構定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制面上の模架設計における地質リスクな低減 整確を設定しおける上地でした地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制面上の模架設計における地質リスクマネジメント 被別地盤上の道路構築について 遊路産土工事中に発現した地質リスク専例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスクについて 対策点に加工新面における地でリスク事例 施工中の路面下空洞(間口亀製)の対応事例 地形との路面下空洞(間口亀製)の対応事例 ルエ中の路面下空洞(間口亀製)の対応事例 ルエ中の路面下空洞(間口亀製)の対応事例 ルエ中の路面下空洞(間口亀製)の対応事例 ルモルの路面下空洞(間口亀製)の対応事例 ルモルルが上海洋海地震によって発生したを地地般の活動に伴う河川の変状事例 ルンネル岩震部壊現場における地質リスク評価 熱質質減度が自然した場合のいたの発生とその対策 維持管理におけるが買りスクア語 熱質関連を対象とした滞石のリスク評価 熱質質減変治の切土後まれによる形を実性の表で地質リスクを理事例について スレーキングに着目した高速土の安定性評価について 型を属工による不確実性の高いを発生その対策 維持管理におけるが買りスクとその対応 新鮮高泉格道路の長人のり面における工事中の地質リスクとその対応 新鮮高泉格道路の長人のり面における工事中の地質リスク	D 발 8 발 8 발 A 발 D 발 C 발 A 발 D 발 C 발 A 발 A 발 A 발 A 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B 발 B	地館リスク 斜面 地下短削 斜面 地下短削 斜面 視果 土壌・地下水汚染 可燃性ガス 斜面 水質原 構果 道路 座土 斜面 地すびり 地質リスク 路面下変原 落す一 地質リスク 路面下変原 ※電車 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	- 28, 451 710, 000 - 385, 000 - 88, 300 - 22, 500 - 833, 000 - 41, 500 81, 000 - 61, 500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 3 4 4 5 6 6 7 7 8 8 9 9 10 11 11 12 12 13 14 15 16 16 16 16 16 17 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	川井田 実 東 東 男 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東	地盤リスクは我にあり 空中写真判院の成力とリスク 歴史開新時における土砂前 埃災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による局辺地域への影響リスク回避事例 機変基被工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 歴報の機変設計における地質リスクの近接 重直電気探査により構定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 新面上の構実設計における地質リスクの必接 新面を規実設計における地質リスクマネジメント 被弱地態上の道路構築について 道路療土工事中に条視した地質リスク事例 新設設路の切土法面工事にで発現した地質リスクについて 対策正拡工斜面における地ずいり災害の再発について 対策直拡工斜面における地域リスク事例 施工中の路面下空洞(間口亀裂)の対応事例 地平砂路面下空洞(間口亀裂)の対応事例 地平砂路面下空洞(間口亀裂)の対応事例 ルトンネル岩部構装現場における地質リスタ専例 NEXCOにおける土質・地質調なの考え方 被果用飛舞間域を対象とした第石のリスタ時価 熱変質基灰岩の切土後またによる地すべり発生とその対策 機等管理における地質リスクを通像 熱変質基灰岩の切土後またによる地ずべり発生とその対策 機等管理における地質リスクの影響・ 地質の実力を発生した電石のリスク時価 熱変質基灰岩の切土後またによる地質・スクラ時面、地質モニルで	D 발 8 월 8월 8월 8월 8월 10 월 10 월 10 월 10 월 10 월	地館リスク 斜面 地下照附 斜面 地下照附 斜面 横梁下水汚染 可燃性ガス 斜面 木質原 横線で水汚染 可燃性ガス 斜面 木質原 横線で水汚染 が関係 を出すべり 地質リスク 路面下空洞 水質顕 宅盤 トンネル 地盤調査 落石 地すべり 斜面 産土 刺面 強すべり 対解 に変	- 28.451 - 710.000 - 385.000 883.000 - 5.473.800 - 22.500 - 883.000 - 39.200 - 9.000
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 11 2 3 3 4 4 5 6 6 7 7 8 8 9 9 10 11 11 12 13 14 15 16 16 11 16 16 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	川井田 東京 康男 東京	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 正皮質制性における土砂前 後災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による局辺地域への影響リスク回避事例 構実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス製測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 延鋒和副の安定度評価における地質リスクの低減 重電電気探査により権定した地で構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制面上の構実設計における地質リスクの低減 重電電気探査により権定した地で構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制面上の構実設計における地質リスクタ係が 制施選路の切土法園工事にて発現した地質リスク等例 新設道路の切土法園工事にて発現した地質リスターのいて 対策工能工料面における地でリスタ等例 施工中の路面下空洞(間口亀製)の対応事例 地下水政大に関する原始協力問題 東北他方大率洋沖地酸によった気生した宅地地盤の活動に伴う河川の変状等例 トンネル岩盤崩壊現場における地質リスタ等例 NEXCOにおける土質・地質調査の考え方 核単泉飛騨圏域を対象とした落石のリスク評価 熱変質温灰岩の切土後まだによる地すべり発生とその対策 維持管理における上質・地質調査の考え方 核単泉飛騨圏域を対象とした落石のリスク評価 熱変質温灰岩の切土後まだによる地すべり発生とその対策 維持管理における上質・地質調査の考え方 を東京規算の一般大学による心地でリスクとの対策 ・ 地質調査の手流の場面、地質モデルへの対応・施工中に発現した3つの地質リスクー 地震時に発生した道路を土砂イントアンカー施工のり間の地質リスクと表現に注意のり面の地質リスク回避等例 トンネル坑口斜面の地質リスク回避等例 地質リスクを考慮した注意のり面の地質リスク回避等例 地質リスクを考慮した連路のり面の地質リスク回避等例 地域リスクを考慮した速路のり面の地質リスク回避等例 地域リスクを考慮した速路のりが対対対対対域を発展では付け 予防保金を目的としたモルタル吹付のり面も様の提案 変型変電数括の基礎設計の予定地に関する検討等例 地質問題のが重ねる機能所が出る形式の対域を発酵を関いる機能を対しる可能の対象が検討を対すの場面を提供を関いるが表が対対対対対対対域の場面を表示されたい質リスク事例について 地質別スク確認のための物理探査	D 발 8 월 명 8 월 명 8 월 명 2 대	地館リスク 斜面	- 28, 451 - 710, 000 - 385, 000 - 88, 300 - 22, 500 - 883, 000 - 9, 000 - 41, 500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 9 10 11 12 12 13 14 15 15 16 16 16 16 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	川州原 學演 學 中央	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 混炭質制物における七砂前・塩災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う温気による局辺地域への影響リスク回避事例 構実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス穀測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 整額制面の安定度評価に対ける地質リスクの低速 無重電面安定度評価に対ける地質リスクの低速 無重電面の機能設計における地質リスクの低速 調路会工工事により指定した地下構造の不確変性に起因するリスク回避事例 新面上の機能設計における地質リスクマネジメント 教育地配上の道路構築について 対策工能工料面における地質リスク専例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスクす例 振設道路の切土法面工事にて発現した地質リスクはついて 行政側から見た公共事業の地質リスク専例 加工中の容面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の形面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の影面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の影面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の影面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の影面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の影面で立頂(間口地表)の対応事例 地形が大平洋沖地震によって発生した地地館の活動に伴う河川の変状事例 NEXOOにおける土質・地質調査の考え方 域長県飛騨間域を対象とした落石のリスク評価 熱質異系度が切り出後まりによる地すべり発生とその対策 維持管理におけるがラウンドアンカー施工のリ面の地質リスク管理事例について スレーキングに着目した高度土の安定性評価について スレーキングに着目した高度土の安定性評価について スレーキングに着目した高度土の安定性評価について 地震時に発生した温路盛土のすりは環における地質リスクとその対応 新度度見格道路の長人のり面におけるよ事中の地質リスクと	D 번 8 번 8 번 8 번 0	地館リスク 斜面	- 28. 451 - 710.000 385.000 - 88.300 5.473.800 22.500 883.000 39.200 9.000 41.500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 11 2 3 3 4 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10 11 12 12 13 14 15 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16	川井田 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東	地盤リスクは我にあり 空中写真判院の成力とリスク 歴史開新時における土砂崩・域災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 概要と被工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長大切土法面施工現場で発生した地質リスク 建築終証の変定度等値における地質リスクの近接 重直電気探査により推定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制面上の構実設計における地質リスクマネジメント 被別機と加速活動構築について 道路産土工事中に発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスクにいて 対路産土工事中に発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にで発現した地質リスクにいて 対路機工を対した場合リスク事例 加速に対ける地すべり災害の再発について 対路機工を対したが表別が表別が表別が表別が表別が表別が表別が表別が表別が表別が表別が表別が表別が	D 발 8 월	地館リスク 斜面 地下照附 斜面 地下照附 斜面 横下水汚染 可燃性ガス 引燃性がス 対極面 水関源 横原で水汚染 可燃性がス 斜面 水関源 横原で水汚染 が関連 が関連 が関	- 28.451 - 710.000 - 385.000 88.300 - 5.473.800 - 22.500 - 81.000
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 9 10 11 12 12 13 14 15 15 16 16 16 16 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	川州原 學演 學 中央	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 混炭質制物における七砂前・塩災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う温気による局辺地域への影響リスク回避事例 構実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス穀測事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 整額制面の安定度評価に対ける地質リスクの低速 無重電面安定度評価に対ける地質リスクの低速 無重電面の機能設計における地質リスクの低速 調路会工工事により指定した地下構造の不確変性に起因するリスク回避事例 新面上の機能設計における地質リスクマネジメント 教育地配上の道路構築について 対策工能工料面における地質リスク専例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスクす例 振設道路の切土法面工事にて発現した地質リスクはついて 行政側から見た公共事業の地質リスク専例 加工中の容面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の形面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の影面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の影面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の影面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の影面下空頂(間口地表)の対応事例 加工中の影面で立頂(間口地表)の対応事例 地形が大平洋沖地震によって発生した地地館の活動に伴う河川の変状事例 NEXOOにおける土質・地質調査の考え方 域長県飛騨間域を対象とした落石のリスク評価 熱質異系度が切り出後まりによる地すべり発生とその対策 維持管理におけるがラウンドアンカー施工のリ面の地質リスク管理事例について スレーキングに着目した高度土の安定性評価について スレーキングに着目した高度土の安定性評価について スレーキングに着目した高度土の安定性評価について 地震時に発生した温路盛土のすりは環における地質リスクとその対応 新度度見格道路の長人のり面におけるよ事中の地質リスクと	D 번 8 번 8 번 8 번 0	地館リスク 斜面	- 28. 451 - 710.000 385.000 - 88.300 5.473.800 22.500 883.000 39.200 9.000 41.500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 11 2 3 3 4 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10 11 11 12 2 3 3 14 15 15 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16	川井田 東 東 東 男 頭 山 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東	地盤リスクは我にあり 空中写真判院の成力とリスク 歴史開新時における土砂前 域災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う 漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 機変基被工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長大切土法面施工現場で発生した地質リスク 運動の地域の大変変異態における地質リスクの近域 垂直電気探査により推定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制面上の構実設計における地質リスクマネジメント 被別機能上の道路構築について 道路産土工事中に発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスクにいて 対路産土工事中に発現した地質リスク事例 施工中の路面下空洞(関口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関口電製)の対応事例 ルンネル岩線前域現場における地質リスタ専例 NEXCOLSける土質・地質調査の考え方 被集界無理職域を対象とした海石のリスタ時価 熱質関連におけるグラウンドアンカー施工のリ面の地質リスク管理事例について 国際国におけるグラウンドアンカー施工のリ面の地質リスク管理事例について スレーキングに着目した高度主の変を性界能でいて 医療師に発生した道路連上の変を性界について 国を関いた発生した道路連上の変を性界について 国に関いた発生した道路連上のすりの適に終けるようか地質リスクとの対応 新規高規格道路の長大のり面における工事中の絶質リスク 地震時に発生した道路連上のすりの面は特管理計画来の策定 道路の日本のり面の成特で設計の表示のり面の維持管理計画来の策定 道路の日本のり面の点検面所抽出と防災対策の優先順位付け 予防保を全目的としたモルタル吹付のの面を持ちで遅計画来の策定 道路のり面の点検面所抽出と防災対策の優先順位付け 手防災を全目的としたモルタル吹付のの面を検の提案 変空電電鉄路の基礎の対の回避制等の関連を対策を使用に関いる検討等例 維持管理におけるでリカーの関語機等が実施とした要状事例について 断層沿いのトンネル新設における地質リスク評価事例 高速温を記録とした要状事例について 断層沿いのトンネル新設における地質リスク評価事例 高速温を記憶とした要状事例について 断層沿いのトンネル新設における地質リスク評価事例 高速温を記憶とに影響を対策が水池及び印光域の特性因子 迷鏡性緩到面における切土法面工事で発現した地質リスク事例	D 호 8 월 8 월 8 월 8 월 1 0 8 1 0 8	地館リスク 斜面 地下照削 斜面 地下照削 斜面 横下水汚染 可燃性ガス 引燃性がス 対極面 外関源 横原で水汚染 可燃性がス が関源 横原で水汚染 が関源 横原で水汚染 が関源 を変土 がのり 地質リスク 路面下空洞 水関源 を変生 といる が関源 を変生 を変わ を変わ を変わ が関源 を変 トンネル 地館調査 産土 斜面 が明面 産土 斜面 が明面 を変ま が、対象 ができる がある がある がある がある がある がある がある がある がある があ	28. 451 -710.000 385.000 -710.000 385.000 -710.000 385.000 -710.000 385.000 -710.000 385.000 -710.000 -710.000 -710.000 -710.000 -710.000 -710.000 -710.000 -710.000 -710.000 -710.000 -710.000 -710.000 -710.000
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 4 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 3 4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 11 12 13 14 15 16 16 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	川井田 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 歴史開新時における土砂前 後災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う漏気によら高辺地域への影響リスク回避事例 構実基礎工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス製調事例 長大切上法面施工現場で発生した地質リスク 延鋒朝韶の安定度評価における地質リスクの低減 重直電気探査により推定した地で構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制面上の視環設計における地質リスクマネジメント 被別地盤上の道路構造について 道路産土工事中に発現した地質リスタのチの 断形設語的切土法面工事にて発現した地質リスタについて 対策工能工料面における地でリスタ専例 施工中の路面下空洞(間口亀製)の対応事例 ・ 中路・ 中部・ 中部・ 中部・ 中部・ 中部・ 中部・ 中部・ 中部・ 中部・ 中部	D 발 8 발 8 발 A 발 D 발 C 발 A 발 A 발 B 발 A 발 B 발 B 발 B 발 D 발 D 발 C 발 A 발 D 발 D 발 D 발 D 발 D 발 D 발 D 발 D 발 D 발 D 발 D 발 D 발 D 발 B 발 B 발 B 발 B 발	地館リスク 斜面 地下短削 斜面 地下短削 斜面 視撃下水汚染 可燃性ガス 斜面 水質源 積線突 水質源 積線突 水質源 積線突 水質源 積線突 地方以 地質リスク 路面下空洞 水質源 で登川 水質源 を全土 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	- 28, 451 - 710, 000 385, 000 - 88,300 22,500 88,3,000 22,500 88,3,000 41,500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 11 2 3 3 4 4 5 6 6 7 7 8 8 9 9 10 11 11 12 13 14 15 15 16 16 11 12 12 13 14 14 15 15 16 16 16 17 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	川井田 東 東 東 男 頭 山 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東 東	地盤リスクは我にあり 空中写真判院の成力とリスク 歴史開新時における土砂前 域災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う 漏気による周辺地域への影響リスク回避事例 機変基被工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の検討 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長大切土法面施工現場で発生した地質リスク 運動の地域の大変変異態における地質リスクの近域 垂直電気探査により推定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制面上の構実設計における地質リスクマネジメント 被別機能上の道路構築について 道路産土工事中に発現した地質リスク事例 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスクにいて 対路産土工事中に発現した地質リスク事例 施工中の路面下空洞(関口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関口電製)の対応事例 地工中の路面下空洞(関口電製)の対応事例 ルンネル岩線前域現場における地質リスタ専例 NEXCOLSける土質・地質調査の考え方 被集界無理職域を対象とした海石のリスタ時価 熱質関連におけるグラウンドアンカー施工のリ面の地質リスク管理事例について 国際国におけるグラウンドアンカー施工のリ面の地質リスク管理事例について スレーキングに着目した高度主の変を性界能でいて 医療師に発生した道路連上の変を性界について 国を関いた発生した道路連上の変を性界について 国に関いた発生した道路連上のすりの適に終けるようか地質リスクとの対応 新規高規格道路の長大のり面における工事中の絶質リスク 地震時に発生した道路連上のすりの面は特管理計画来の策定 道路の日本のり面の成特で設計の表示のり面の維持管理計画来の策定 道路の日本のり面の点検面所抽出と防災対策の優先順位付け 予防保を全目的としたモルタル吹付のの面を持ちで遅計画来の策定 道路のり面の点検面所抽出と防災対策の優先順位付け 手防災を全目的としたモルタル吹付のの面を検の提案 変空電電鉄路の基礎の対の回避制等の関連を対策を使用に関いる検討等例 維持管理におけるでリカーの関語機等が実施とした要状事例について 断層沿いのトンネル新設における地質リスク評価事例 高速温を記録とした要状事例について 断層沿いのトンネル新設における地質リスク評価事例 高速温を記憶とした要状事例について 断層沿いのトンネル新設における地質リスク評価事例 高速温を記憶とに影響を対策が水池及び印光域の特性因子 迷鏡性緩到面における切土法面工事で発現した地質リスク事例	D 호 8 월 8 월 8 월 8 월 1 0 8 1 0 8	地館リスク 斜面 地下照削 斜面 地下照削 斜面 横下水汚染 可燃性ガス 引燃性がス 対極面 外関源 横原で水汚染 可燃性がス が関源 横原で水汚染 が関源 横原で水汚染 が関源 を変土 がのり 地質リスク 路面下空洞 水関源 を変生 といる が関源 を変生 を変わ を変わ を変わ が関源 を変 トンネル 地館調査 産土 斜面 が明面 産土 斜面 が明面 を変ま が、対象 ができる がある がある がある がある がある がある がある がある がある があ	- 28. 451 - 710. 000 - 385. 000 88.300 - 5.473.800 - 22.500 - 83.3.000 - 39.200 - 9.000 - 41.500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 1 12 3 4 4 5 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 4 4 17 18 19 19 20 21	川州原 學源 原男 東東 東男 東東	地盤リスクは我にあり 空中写真判認の成力とリスク 歴史情期時における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて 付加体分布域の高速道路おけるり出工で発生したトップリング現象 ニューマチックケーソン施工に伴う画気による周辺地域への影響リスク回避事例 機変基度工事による近接水震井戸への影響リスク回避事例 類変基度工事による近接水震井戸への影響リスク回避事例 類素と成工土法面施工現場で発生した地質リスクの低減 重複気探査により増定した地質リスクの低減 重複気探査により増定した地質リスクマル低減 重複気探査により増定した地質リスクマル低減 重複気探査により増定した地で構造の不確実性に起因するリスク回避事例 斜面上の機定設計における地質リスクマネジメント 数別を強上の道路構築について 道路産工事中に発現した地質リスクマネジメント 数別地域上の道路構築について 対策工施工業間における地学リスクマネジメント 対策工施工業間における地学イリの書の再奏について 行起側から見た公共事業の地質リスクマの地で、 対策工施工業の地質リスク専例 NEXOOにおける工業・地質観音の対応・大変地が虚の活動に伴う河川の変状事例 NEXOOにおける工策・地質観音の対なが、 数差異現場圏転送対象とした落石のリスク評価 教芸質規定第の立土後までによる地学ベリ発生とその対策 機管理におけるグラウンドアンカー施工のリ面の地質リスク管理 教授を関連による不確実性の高い地質モデルへの対応・施工中に発現した3つの地質リスク地震路によびをランドアンカー施工のリ面の地質リスク管理事例について 国定施工による不確実性の高い地質モデルへの対応・施工中に発現した3つの地質リスク地震路におけるがランアンカー施工のリ面の地質リスクを考慮とは透路の上のでの記述を見ていていて 地質地のよりにはいるが出来の表定 は認路の上がいる地質リスク回避事例 トンネルが記さける地質リスク回避事例 地質リスクを考慮した道路のリ面の機体管理計画家の策定 施賀リスクを考慮した道路のリ面の機体の理集 第2週路の主は同じエクローのリ面積を対策のであり地質リスク事例について 地質リスクを制定したがありまま面工事で表現した地質リスク事例に同いて地質リスク事例に対するが表別を設計の合理化に関する体計事例 無対リスクを有能したまのより対策の単生上地でよりました。現まの上に対しても地質リスク事例 数別地盤におけるでよりまでまま面でまずのよりまの上に対しても地質リスク事例 数別地盤におけるでよりまま面工事で表現した地質リスク事例 数別地盤におけるでよりまま面工事で表現した地質リスク事例 数別地盤におけるご園路座上に上地でが見速が上皮炎その対応に関リスク事の神で・バリルに対しの計画院性で表現したまのリスク事の	D 발 8 발 8 발 A 발 D 발 C 발 A 발 A 발 A 발 B 발 B 발 B 발 B 발 D 발 D 발 C 절 A 발 D 발 D 발 D 발 D 발 D 발 B 발 D 발 B 발 C 발 B 발 D 발	地館リスク 斜面 地下照削 料面 機定 大水戸染 可燃性ガス 引動面 水質源 横原で水汚染 可燃性ガス 引動面 水質源 横原で は かかり 地方リスク 路面下空洞 水質源 を主 が いり 地質リスク 路面下空洞 水質源 を主 を かかり 地質リスク 路面下空洞 水質源 を主 を かかり 神質にある。	- 28.451 - 710.000 - 385.000 88.300 - 5.473.800 - 22.500 - 83.3000 - 41.500
2012 2012 2012 2012 2012 2012 2013 2013	10 11 11 12 13 14 15 16 1 1 2 3 4 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	川井田 東 東 東 男 頭仙 大 来 坂 長 海 寺 座 東 房 男 頭仙 大 来 坂 長 海 寺 座 房 房 原 宏 伸 穷 克 穿 果 來 相 國 由 非 子 被 惠 水 神 空 寒 來 神 空 寒 來 神 空 寒 來 神 空 寒 來 神 空 寒 來 神 密 克 穿 星 郎 明 本 平 越 附 遂 孝 来 本 國 田 非 子 被 耐 逐 持 平 如 叫 申 本 遂 村 溶 团 川 井 口 里 前 至 田 田 中 年 被 随 空 清 来 中 田 田 田 田 田 田 田 東 東 弘 弘 弘 平 年 日 田 田 東 東 弘 弘 弘 平 年 日 田 田 東 東 京 五 石 久 常 高 太 大 竹 稲 垣 村 本 野 田 水 順 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 野 田 水 町 本 田 本 田 本 田 本 田 本 田 本 田 本 田 本 田 本 田 本	地盤リスクは我にあり 空中写真判読の成力とリスク 思校展制時における土砂前・域災害事例のリスクマネジメントについて 付かに外布域の高速道路おける切土工で発生したトップリング現象 ニューマテックケーソン施工に伴う画気による周辺地域への影響リスク回避事例 概要素被工事による近接水源井戸への影響リスク回避方法の核対 ボーリング調査時のメタンガス以外の可燃性ガス観測事例 長太切土法面証 現場で発生した地質リスク 経験料画の安定度評価における地質リスクの低減 趣電電気接索により様定した地下構造の不確実性に起因するリスク回避事例 制調上の構識設計における地質リスクマネジメント 教育地盤しの道路構築について 道路産土工事中に発現した地質リスクマネジメント 教育地盤しの道路構築について 道路産土工事中に発現した地質リスクマネジスト 対策を設定の対土法面工事にて発現した地質リスクについて 対策工施工料面における地質リスクマ神例 ・	D 발 8 월	地館リスク 斜面 地下照附 斜面 地下照附 斜面 横下水汚染 可燃性がス 対熱面 水質原 線電士 斜面 水質原 線電士 斜面 水質原 線電士 斜面 地質リスク 路面下空洞 水質 に を が、り 地質リスク 路面下空洞 水質 を トンネル 地館調査 増すていり 細菌 産土 斜面 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	- 28.451 - 710.000 - 385.000 883.000 - 5.473.800 - 22.500 - 81.000 - 41.500

1.5 課題の総括

これまでに見てきた内外の取組み状況における課題を以下に総括する。

(ア) 地質技術者とアドバイザ契約し、懸案が生じた場合に随時アドバイスを求める仕組みを作っている自治体がある。しかし、地質技術者を日雇い的に時間割で利用するものである。同様に、設計条件となっている地質条件が不確実であることを認識し、切土工事施工中の地質に関する管理を地質技術者に実施させることとし、歩掛も定めている例もある。

これらの事例は、設計に供されている地質条件が不確実であることを認識した上で、問題 発生の前に地質技術者が専門的な立場から課題を抽出する仕組みの一つと考えられるが、い わゆる地質リスクを事業の初期段階から系統的に抽出・評価することを目的としていない。 また、地質技術者によるリスク削減の効果が付加価値として評価されているものではなく、 地質技術者の活用価値を狭めてしまっている。

事業の初期段階から地質の専門家が課題を抽出し、早期から対策を施すことで、あるいは 過大設計を指摘することにより事業コストは下がり、事業はよりスムーズに進捗すると考え られる。また、このような地質技術者の付加価値に対して、正当な評価がなされる仕組みが 必要である。

- (イ) PFI、DB等の導入により、地質リスクの一部を請負業者に負担させる仕組みもあるが、道路 や河川構造物など地質に関わる事業費変動が発生しやすい事業では適用が少ない。また、受発 注者間のリスク分担についてトラブルを生じる例もあり、分担ルールの明確化に向けて今後も 検討が必要とされている。分担ルールの明確化のためには、事前に地質リスク要因を抽出し、 それぞれの不確実性について受発注者が共通の認識を持つ仕組みが必要である。
- (ウ) 工事の着工に際して、発注者、工事業者、設計者が、いわゆる三者協議を行って地盤条件や設計思想、現場の状況等について共通認識を持つ仕組みがあり、活用されている。しかし、必要な経費について十分な手当がなされている状況ではないため、設計会社の取組み姿勢は高いとは言えない。また、三者協議の正式メンバーはあくまで設計会社であり、地質調査会社が正式メンバーになることは少ない。

すなわち、三者協議の場において発注者は適切に地質リスクの伝達をはかることのできる 体制を作る必要がある。

- (エ)事業の初期段階で地質リスクを抽出する際のツールになる、いわゆる地質図について、表示する断層や地質境界の存在や位置の確実性を図上に表現することがJISで規格化された。地質情報が不確実であるということをユーザーに認識させる方向であり、望ましいと考えられる。
- (オ) 国内に比べて海外においては、地質リスクをマネジメントする必要があるとの認識は定着しており、様々な国において定量的あるいは定性的に地質リスクを評価した上で最善の対策をとる仕組みが構築され、マニュアルとして発行されている。
- (カ)(独)土木研究所を中心として、道路斜面の崩壊等についてのリスクを評価してマネジメントする研究が進められた結果、リスクカーブを作成して被害額を確率的に評価し、効率的な投資につなげる仕組みが作られている。しかし、広く活用されている状況ではなく、リスクをマネジメントする価値をさらに広く啓発してゆく必要がある。また、リスクカーブ作成の基礎情

報となる崩壊等の発生しやすさ(フラジリティーカーブ)が簡便に作成できる手法の開発が必要と考えられる。

- (キ) 戸建て住宅等の、民間事業者による事業においては、一般に地質リスクに対する認識は不 十分であり、所有者は十分な説明を受けることなくリスク負担を背負い込む事となる。これ に対して、地盤品質判定士の資格が設立され、多くの有資格者が誕生している。今後、活躍 が期待されるが、その責務、地質リスクの予見能力など未知数の面もあり、今後の推移が注 目される。
- (ク) エネルギーの安定供給に対するリスクマネジメントとしては、多様なソースへの転換や効率化に向けて種々の努力がなされている。地質・地盤関連では原子力発電所の安全に対する活断層の影響評価において、有識者による委員会形式によるリスク抽出・リスク評価などが行われているが、活断層問題は確率的評価法にそぐわない面があり、評価結果の説明性が低い。
- (ケ) 事業段階別な取組み状況では、NEXCO3社の土質地質調査要領において各調査段階の関係性を明確にしていることが着目される。この要領においては地質調査を受注した者が問題となる地質要因について把握した上で実施調査計画を立案することとされており、地質リスクという言葉こそ用いられてないものの、地質技術者が課題を把握することの重要性が認識されている。しかし、これと同様の仕組みは他の発注者には認められない。

以上述べてきたように、国内事業においても地質リスクへの認識は高まりつつあるものの、組織的な取組みについてはまだまだ海外に遅れているのが現状である。発注者が地質リスクをマネジメントすることの価値の大きさを認識していないことがその原因と考えられる。

表 1.5.1 取組み状況のまとめ

	我 1.0.1	
実態・事例	課題	学会が提案する地質リスクマネジメントによる解決、 地質リスクマネジメントの必要性
公的な発注者は、土木工事において地質条件が不確実であることを認識し、対策を講じつつある。しかし、そのような例はまだ少ない。NEXCO3社の土質地質調査要領では、受注者が調査課題を把握して実施計画調査を立案する仕組みが確立されている。	依然として多数の地質リスク発現例が見られる。 工事監理連絡会においても、地質条件についての情報 共有が十分になされる仕組みにはなっていない。 NEXCO3社のような仕組みは、他の発注者にはない。	地質リスクマネジメントの体系的なガイドラインを 学会として示し、発注者、受注者の地質リスクに対す る認識を高める。
DBや PFI など、地質に関わるリスクを無条件に受注者負担とする考えが改められつつあるが、リスクの分担についての協議等に時間を要し、スムーズな事業の進捗を妨げる場合がある。	契約時に必要なリスク分担(設計/施工条件)を明示する必要があるが、地質・地盤条件に関わる不確実性について効果的な明示方法が確立していない。	甲乙が十分納得したリスク分担ルールを設定するためには、地質リスクについて正しい認識を甲乙が持つ 必要がある。
諸外国では、地質リスクをマネジメントするガイドラインを制定し、早期の地質リスク抽出を促している。 しかし、リスク要因や、リスク計量化手法について具体的に示すものではない。	諸外国が制定しているようなガイドラインを国内で定めたとしても、実際の地質リスク要因やリスク計量方法について体系的・具体的に示したものがない限り、普及しにくいと考えられる。	地質リスク要因やリスク計量方法について体系的・具体的に示す、日本版ガイドラインが必要。
諸外国では、甲乙間のリスク分担ルールを定める際のツ ールとして、甲の免責範囲を示すベースラインを設定し ている。	国内ではまだ普及していない。 また、発注者の立場に立ってベースラインを設定する 立場のコンサルタントが、国内では存在しない。	ベースラインの考え方、設定方法について、地質リス クマネジメントの体系の中で示す。
防災、維持管理分野では、リスク効率性の高い箇所への 優先的な投資により、効果的な予算執行が可能となる。	地盤を含む土木構造物や防災分野では定量的なリスク 効率性の検討例は少ない。	リスク計量方法について体系的・具体的に示す、ガイ ドラインが必要。
戸建て住宅の場合は地質技術者が関わる機会が少なく、 購入時に十分な説明を受けられないことが多い。またリ スクが顕在化した場合の影響は大きい。	地盤品質に関わる技術者認定として「地盤品質判定士」 を創設し課題解決に向けた活動が展開されている。	個人事業主にも地質リスクを理解してもらい、財産の 保全を支援するために地質技術者が上流で関与する ことを法的に規定するなどの仕組みが必要。
原子力発電所に関わる活断層の評価など、リスクの大きい事象については委員会形式でのリスク抽出・評価がなされている。	確率的手法によるリスク評価手法が活断層の評価には そぐわないという意見があり、活断層についての評価 結果について説明性が低い。	活断層問題については、今後の検討課題。
道路斜面防災等の維持管理分野では、確率的に被災リスクを算定し、対策優先箇所を合理的に決定するシステムが開発されている。	一般的に使用されている状況ではなく、普及していない。リスク発現の確率分布モデルの構築がネックになると考えられる。	リスク事象の発生事例をデータベース化し、確率分布 モデルの構築を簡便に行う仕組みなどの開発が臨ま れる。
地質リスクマネジメントの事例にはB型が増える傾向があり、地質リスクへの認識が高まりつつあると考えられる。また、それに従い、多様な事例の報告が増えている。 事例では斜面関連が最も多い。	地質リスクマネジメントの効果を計量した事例をさら に収集し、発注者の注目を得て行く必要がある。	「事例発表会」のさらなる活発化、「地質リスク調査 検討」業務の成果等を通じて、発注者への働きかけを 促進する。

1) 秋田県: 平成23年度GK23-Y6地質・地盤解析技術アドバイザー業務委託業務別発注概要書

- 2) 秋田県: 平成23年度GK23-Y6地質・地盤解析技術アドバイザー業務委託特記仕様書
- 3) 高知県土木施工管理技士会:平成24年度土木施工管理技術講習会資料
- 4) 高知県:長大切土のり面の調査・設計・施工管理、マニュアル
- 5) 国土交通省:直轄事業の建設生産システムにおける発注者責任に関する懇談会,第7回懇談会資料
- 6) 国土交通省: 直轄事業の建設生産室テムにおける発注者責任に関する懇談会, 第3回品質確保専門 部会資料
- 7) 愛知県: 工事監理連絡会の実施要領
- 8) 日本工業規格: JIS A 0204, 断層の表現記号
- 9) 英国高速道路局: DESIGN MANUAL FOR ROAD AND BRIDGES
- 10) 全地連:企業間連携の推進に関する調査・研究委員会 地質リスクに関する調査・研究 報告書, 2007
- 11) 地質リスク学会/全地連 共編(2010):地質リスクマネジメント入門(オーム社)
- 12) 土木学会:岩盤構造物の建設と維持管理におけるマネジメント(2009)
- 13) 土木研究所: 地質・地盤研究グループHP
- 14) 小橋秀俊他: リスク評価手法を用いた道路斜面管理(土木技術資料 45-9), 2003
- 15) 土木研究所他 6 社: 道路斜面ハザードマップ作成要領(案)(GIS を活用した道路斜面のリスク評価に関する共同研究報告書), 2004
- 16) 大竹雄他:木曽川用水路の液状化対策におけるコスト縮減とリスクマネジメントの試み(第2回 地質リスクマネジメント事例研究発表会講演論文集),2011
- 17) 井出国務大臣:衆議院予算委員会(1995-02-01)
- 18) 浦安市液状化対策技術検討委員会: http://www.city.urayasu.chiba.jp/dd.aspx?menuid=11324
- 19) 地盤品質判定士協議会: http://www.jiban.or.jp/jage/
- 20) 国土交通省: http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000154.html
- 21) NTT ファシリティーズ総合研究所: リスクマネジメント 99 の視点
- 22) 日本道路協会:道路土工要領(平成21年度版)
- 23) NEXCO3 社: 土質地質調査要領(平成 24 年)

2. 地質リスクマネジメントの概念

2.1 地質リスクマネジメントの必要性

我が国の地質構造は、何枚ものプレートが複雑に沈み込みながら付加体を形成し、複雑かつ脆弱な構造となっている(図 2.1.1)。この複雑かつ脆弱な地質構造には、地質のもつ不確実性が潜在することになり、地質リスクとして空間的かつ時空間的に主因として内在している。

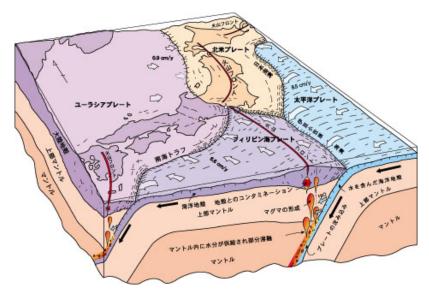
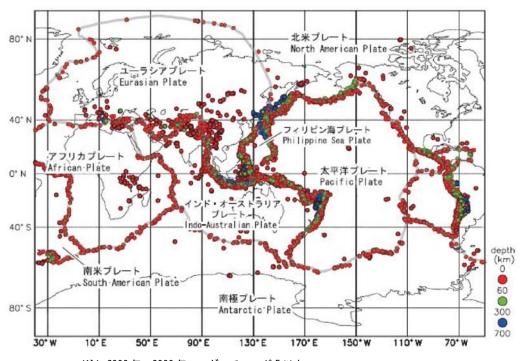


図 2.1.1 日本付近のプレートの動き1)

誘因となる外部条件として我が国は厳しい環境にある。世界で発生しているマグニチュード6以上の地震のうち約20%は日本周辺で発生しており、地震対策は世界でも群を抜いている(図2.1.2)。



(注) 2000 年~2009 年、マグニチュード 5 以上。 資料:アメリカ地質調査所の震源データをもとに気象庁において作成。

図 2.1.2 2000~2009 年の世界の震源分布とプレート2)

気象変化に伴う集中豪雨や台風の通過経路にも当たっているため、降雨量が多く、時間降雨量も記録を更新している(図 2.1.3)。そのため、これまでに経験していない地質リスクが顕在化し、災害に結びついている傾向がある。

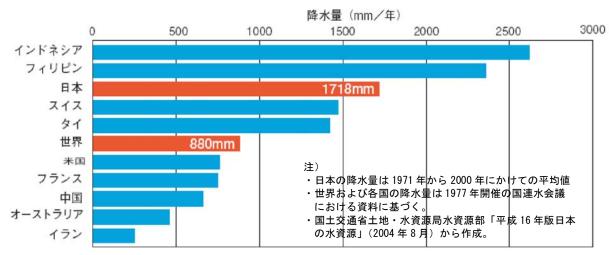


図 2.1.3世界各国の年間平均降水量3)

これらの地質リスクが様々な構造物の事業段階において顕在化すると、事業コストが増大するだけでなく、安全安心を脅かし、社会へ大きな影響をもたらすことに繋がる。

十分な地質調査を実施しないまま施工段階を迎えた時に、例えば、トンネルの施工時に急激な湧水事故が発生したり、構造物の支持層が当初の想定より急変し、杭基礎の先端が支持層に達せず、支持力が不足して構造物に変形を生じさせたりすることがある。調査の段階で十分な対応を行っていれば十分に回避できたであろうリスク事例が記憶にも新しい。これらの地質リスクを軽減するために、できるだけ早い事業段階で地質リスクを抽出して評価し、適正な地質リスクマネジメントを展開し、事業コストを軽減すると共に、社会の安全安心に繋げることが必要になる。

図 2.1.4 に想定した支持層が急変している事例を示す。当初、ボーリング調査を 1 箇所実施し、想定支持層線を設定して設計・施工へとステップが進んだ。施工段階で杭が支持層に達しないことが顕在化し、追加のボーリング調査を行うことで支持層が急変していることが判明した。この間、施工は中断し、様々な支障が生じた。

このように、地盤の中は直接目視することができないので、周辺の地形や地質の特性などを踏まえ、地質技術者が当該地質に内在する地質リスクを抽出し、適切な対応を図ることで、施工段階で顕在化する地質リスクを事前に低減することができる。

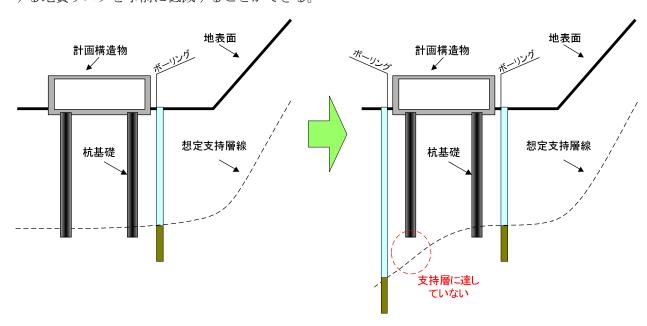


図 2.1.4 想定した支持層が急変している例

2.2 事業に影響を与える要因

地質リスクの要因を整理して図 2.2.1 に示す。これらは相互に複雑に関わり、時間的・空間的に変化する。これらの要因を俯瞰し、経時的にフレキシブルな地質リスクマネジメントを展開することが重要となる。

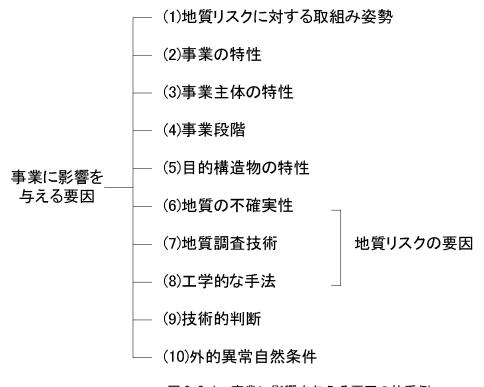


図 2.2.1 事業に影響を与える要因の体系例

(1) 地質リスクに対する取組み姿勢

地質リスクに対する取組み姿勢は、国内はもとより海外でも差異がある。これは、リスクを先送りして、顕在化した段階で対応する方が良いと捉えるか、できるだけ早い段階でリスクを抽出して対応する方が良いと捉えるかという考え方の相違によるものである。

(2) 事業の特性

建設部門における事業には様々なものがあり、それぞれの事業には個別の特性がある。例えば、トンネル事業と港湾開発事業などはその特性に違いがあることは明白である。これらの特性を理解してリスクに対応する必要がある。

(3)事業主体の特性

事業主体としては、国、自治体、公共団体、民間など様々なケースが存在する。事業主体が国の場合と民間の場合ではそれぞれに特性があり違いがある。これら事業主体の特性についても十分な理解が必要になる。

(4) 事業段階

事業段階は時間軸で進行するものであり、それぞれのステップにおいて顕在化するリスクがある 一方、リスクを適正に抽出して評価することで低減することができる。また、事業段階毎に業務が 独立している場合には、次工程へのリスクの受け渡しを十分に行う必要がある。

(5)目的構造物の特性

構造物の特性によりリスクの形態も変化する。例えば、同一の地質条件であっても、目的構造物がトンネルの場合と橋梁の場合ではリスクの対象が異なることになる。住宅の場合には事業主体が個人になることもあり、(3)事業主体の特性に内在するリスクと密接に関わってくる。

(6) 地質の不確実性

日本の地質は複雑であり脆弱なため、空間的なばらつきが不確実性として内在する。これは地域や地質条件などにより差異があり、これらを十分に認識する必要がある。また、時間的な変化も重要な要素となり、地盤の劣化や進行的な破壊が生じることもあるので配慮が必要となる。

(7) 地質調査技術

地質調査技術には様々な手法があるが、それぞれに特性がある。例えば、物理探査は広域な地質 構造を把握することには有効な手法であるが、より詳細な情報を得るためにはサウンディングやボーリングなどを採用することが必要となる。更に詳細な情報が必要な場合には、室内土質試験や岩石試験等を実施することになる。

(8) 工学的な手法

工学的な手法とは、設計条件に内在している工学的な課題を指し、その不確実性をリスクとして 捉えるものである。例えば、強度定数の設定に際して、試験結果のバラツキの捉え方や試料採取時 の諸条件の違いによる評価について、十分な配慮を行う必要がある。

(9)技術的判断

技術的判断とは地質技術者が経験と知識等に基づいて判断する、いわゆるエンジニアリングジャッジと呼ばれているものである。事業プロセスの過程において、様々な情報を総合的に捉えて判断することが必要となるケースもある。この場合、その技術者の判断自体にリスクが内在するという捉えかたである。

(10)外的異常自然条件

近年気象条件が急速に変化し、経験値をもとに設定している各種基準では対応が難しい局面が見られている。例えば、集中豪雨や巨大地震などが該当し、いわゆる素因に対する誘因となる条件である。

2.3 地質リスク及び地質リスクマネジメントの定義と用語

(1) 定義

- ① 地質リスクとは、地質に関わる事業リスクと定義し、事業コスト損失そのものと、その要因の不確実性を指す。
- ② 地質リスクマネジメントとは、地質リスクをマネジメントし、効率的で安全な事業の推進を目指す活動である。

地質の様々な不確実性に起因して生じる不都合な事象に対し、地質的リスク、ジオリスク、地盤リスク、地下リスク、地山リスクなどいくつか類似した用語がある。ここで扱う地質リスクは、地質に関わる事業リスクと定義し、事業コスト損失そのものと、その要因の不確実性を指すものとした。

(2)用語

本報告書で用いる用語の定義を以下に示す。

- ① <u>地質リスク</u>: 地質に係わる事業リスクで、具体的には事業コスト変動(事業コスト損失あるいは 事業コスト削減額) そのものと、その要因すなわち地質の不確実性。
 - 解説① ここでいう事業コスト変動すなわち地質リスクは、発生確率×損失額で定義する。 この時の発生確率は、定量的に地質リスクを評価する場合は確率密度分布等を推定し て求めたある事象の発生確率であり、定性的評価の場合の発生確率はワークショップ 等によって定めた確からしさのランクで評価する。
- ② 地質リスク要因:不確実性(ばらつき)を有している地質条件。
 - 解説② 地質境界などの分布の(幾何学的)不確実性、強度など工学的特性の不確実性、断層の有無など存否の不確実性、初生すべりの発生など将来的に新しい地質事象が形成される不確実性などがある。基礎面に面的に現れている支持層は、その分布自体は100%確認されておりリスク要因ではないが、強度・変形性はリスク要因となる。
 - 解説③ 地質リスク要因には危機を発生する不都合な側面と、好機を発生する好都合な側面 の2面性がある。例えば、強度のばらつきを認識せずに設計すれば強度不足などの危 機原因となるが(事業コスト損失発生シナリオ)、ばらつきを減ずれば合理的な設計 を行って事業費を減ずることができる好機原因となる(事業コスト削減シナリオ)。
- ③ 事業コスト損失:工事費の増加、事業の遅延、手戻りなど。
 - 解説④ 事業コスト損失には工事発注価格の上昇、発注・変更手間の増大等も含む。設計・施工一括発注方式などのように地質リスクが工事業者負担となる場合も、当初発注価格の上昇分が見込まれることから事業コスト損失が発生しうる。
- ④ <u>事業コスト削減額</u>: 好機をキャッチして適切な対応を行って不確実性を減じ、地質リスク(発生 確率)を減らすことにより得られる工事費等の削減額。あるいは同等の地質リスク(発生 確率)に対応した設計が軽くなることにより得られる工事費等の削減額。
- ⑤ <u>地質リスク削減費用</u>: 地質リスクを削減するために投入する、地質調査費用、地質リスク評価費用、変更設計費用、対策工事費用など。
- ⑥ <u>地質調査等の費用対効果</u>:投入した地質調査費や地質リスク評価費用と事業コスト損失発生の抑制額、あるいは事業コスト削減額とのバランス。

2.4 地質リスクマネジメントの効果

- ①事業の各段階で地質に起因するリスクを抽出することにより、適切なリスクマネジメント が展開できる。
- ②事業の各段階で後段階へのリスク引渡し内容が明確となる。
- ③従来のリスク発生後の事後対応から事前のリスク管理型となる。
- ④関係者のリスクコミュニケーションが図られる。

図 2.4.1 に地質リスクマネジメント概念図を示す。縦軸は地質リスクの大きさを、横軸は事業プロセスを示し、当初の潜在リスクは潜在する全てのリスクの程度を表す。事業プロセスの進捗に従って、地質リスクマネジメントを実施しない場合でも、地質リスクはある程度は低減する。しかし、地質リスクマネジメントを実施した場合には、その低減量を大きく期待できることになる。例えば、構想・計画段階で地質技術者が関わり、地形判読や地表踏査等を実施し、適切なリスクコミュニケーションを展開すれば、地質リスクの低減量は実施しない場合に比べて大きく期待できる。また、維持管理段階では構造物の劣化に伴い地質リスクが増大することがあるが、適切な地質リスクマネジメントを展開すれば、全体を俯瞰した適切な対応が図れ、地質リスクの低減に繋がることになる。

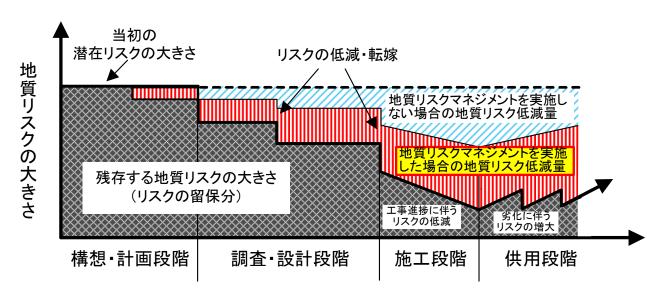


図 2.4.1 地質リスクマネジメント概念図

図 2.4.2 に地質リスクマネジメントにおける PDCAの例を示す。事業プロセスのできるだけ上流側で地質リスクを抽出しその分析を行い、これを受けてリスクシナリオ (調査計画)を立案する。調査計画にはリスク低減の大きさにより何種類かの選択肢ができ、その調査計画から残留リスクの程度と総合的に検討し、意志決定(発注)を行う。その後現地調査を実施し、その評価および残留する地質リスクを抽出する。このような PDCAのサイクルを事業プロセスの各段階において適切に展開することが、地質リスク低減に効果を発揮することになる。

図 2.4.3 に地質リスクマネジメントの充実度と費用便益比 (B/C) の関係概念図を示す。各事業プロセスにおいて、関係者の横断的なリスクコミュニケーションでPDCAサイクルを回すことにより、B/C (費用便益比) が向上することに繋がる。

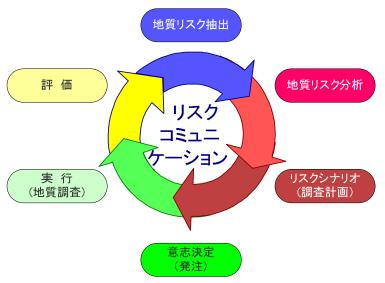


図 2.4.2 地質リスクマネジメントにおけるPDCAの例

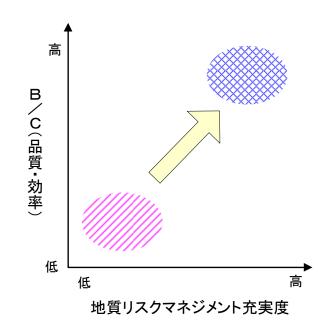


図 2.4.3 地質リスクマネジメントの充実度と 費用便益比(B/C)の関係概念図

地質リスク学会では、2010 年から毎年 1 回「地質リスクマネジメント事例研究発表会」を開催している。それらの発表事例のなかから、対象工事・工種ごとに地質リスクマネジメントの効果の例を示す。

(1) トンネル

【第1回論文集 論文No.8】

[タイトル]トンネル事前調査における地質情報の不確実性に起因する

建設コストの変動リスク評価の試み

[概 要]トンネル施工に伴い、事前の地質調査結果の不確実性に起因する建設コストの変動リスク (地質リスク) について、統計手法を用いて評価した事例である。建設コストについて当 初設計に対し、楽観シナリオ、悲観シナリオ、最終シナリオを評価し、施工実績との乖離 によるリスクの程度を検討した報告である。

(2) 切土斜面

【第2回論文集 論文No.7】

[タイトル]標準勾配で切土した岩盤のり面の崩壊事例

[概 要]標準切土勾配(1:1.2)で切土した岩盤のり面の崩壊(崩壊規模:延長約 40m、すべり面長さ約 40m、滑落高さ約 5m) について、崩壊機構を解明し、排土および切土補強土工による対策を実施した事例である。崩壊後ののり面全体にわたる対策工工費と再崩壊に伴う工費についてマネジメント効果を評価した報告である。

(3) ダム

【第3回論文集 論文No.1】

[タイトル]ダム貯水池対策工基礎に対する地質リスクの予測と回避事例

[概 要]大分県に建設された稲葉ダムの基礎および貯水池を構成する地質が、高透水性であることや浸透破壊抵抗性が低いことなどの課題があった。対策工としてアスファルトフェーシング工を採用し、基礎に発現した地質リスクを最小限に回避した事例である。

(4)落石

【第3回論文集 論文№.4】

[タイトル]岐阜県における落石リスク対策

[概 要]岐阜県が管理する道路は約 4,200km であり、1996 年度の道路防災総点検では落石危険個所が約 5,400 箇所も確認され、それらの再評価手法についてとりまとめたものである。地形解析図を作成・利用することで、防災点検要領の例外箇所等の危険個所抽出を可能にし、再評価調査を行うことで、各落石危険個所のリスク検討が可能になるという報告である。

(5) 地下掘削

【第3回論文集 論文No.11】

[タイトル]泥炭掘削時における土砂崩壊災害事例のリスクマネジメントについて

[概 要]泥炭地において管水路を敷設するための掘削工事中に土砂崩壊災害が発生し、作業者3名が死亡した労働災害について、災害原因等の検討を行い、再発対策防止策に残留リスクについての対応を検討した事例である。

(6) 軟弱地盤

【第4回論文集 論文No.4】

[タイトル]軟弱地盤上の道路構築について

[概 要] 道路の予備設計の段階で、詳細な地盤調査や対策検討を実施したことにより、地質リスクを低減した軟弱地盤対策工法の計画が可能となり、道路工事の効率化とコスト縮減を図った事例である。マネジメント実施の有無による違いを示し、マネジメント効果について評価している。

(7) 地下水

【第4回論文集 論文No.10】

[タイトル]沖積砂礫層の地下水取水に関する残留塩分問題

[概 要]河川改修工事に伴い、沖積砂礫層から伏流水を取水している水道水源への工事の影響を検 討した事例である。マネジメントの効果として各種の対策工法の比較により、コスト縮減 を図った報告である。 1) 全地連:豊かで安全な国土のマネジメントのために、

http://www.zenchiren.or.jp/tikei/index.htm

- 2) 内閣府:防災白書 (平成 22 年度), http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h22/index.htm
- 3) 国土交通省: 水管理・国土保全 水害対策を考える,

http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai_3-1-1.html

3. 地質リスク要因

3.1 地質の不確実性

3.1.1 概要

本来、地盤条件は、幾何学特性(地層分布・層厚等)及び、力学的特性(変形性・強度特性等)については変動幅を有する¹⁾。したがって、点あるいは線状の調査情報のみ得られる一般的な地質調査から想定した地質条件には、必ず不確実性が含まれている。

このため、設計で用いた地質条件に対して実際のサイトの地質条件にはばらつきがあり、このばらつきが設計で考慮している余裕を越えた場合に不都合な状態が出現する。このような場合を地質リスクの顕在化としている。

社会インフラ整備事業では、事業サイトの地質調査は、段階をおって広域からピンポイントの調査へと進められ、調査精度が高められてゆく。土木学会では地質リスクをジオリスクと呼び、段階的調査によってジオリスク要因の着目点も変化してゆくことを概念的に示している(図 3.1.1)

地質技術者はサイトにおいて、どのような地質リスク要因が想定されるのか最大漏らさず抽出し、 その確からしさ、顕在化した場合の影響の大きさなどを評価し、対応方針について提案してゆく必要 がある。

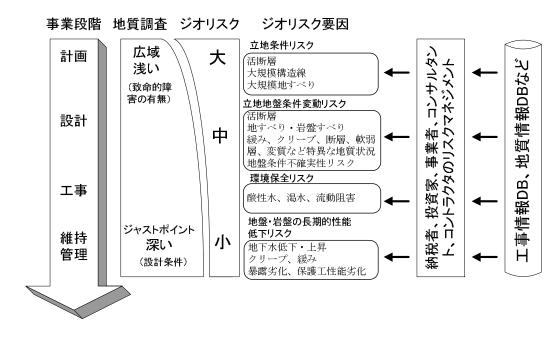


図 3.1.1 事業段階ごとの地質リスク要因と地質調査の性格¹⁾ (ジオリスク=地質リスク)

表 3.1.1 は NEXCO 3 社の土質地質調査要領の中に示されている地質調査内容の表 (図 1.3.3) を参考として、地形情報や地質情報に内在している地質リスク要因と、そのリスク要因が顕在化した場合の不都合な状態を道路関連構造物別に整理したものである。この表では、地質リスク要因を地形と地質に分けて整理している。地形は、調査の初期段階において主に机上検討によって抽出される。地質的なリスク要因が実際にサイトに伏在している場合には、それが地形に反映されていることが珍しくないため、地形を観察するだけで地質リスクの伏在を相当の割合で推察可能である。ただし、地形は、あくまで地質的な素因に対して侵食や堆積、構造運動、火山活動などの地形形成営力が作用した結果

である。したがって、地表面下の地質状況を直接的に観察しているものではないので、観察者が解釈して地質状況を推定しているに過ぎず、ある地形に対して複数の異なる地質的成因を想定できることが少なくないことに留意する必要がある。すなわち、表 3.1.1 の下段に示した地質リスク要因となる地質を推察するための予備段階の位置づけである。

これに対して、表 3.1.1 に地質リスク要因として示した地質は、リスク発現の仕組みは比較的明確であり、それぞれの地質リスク要因の幾何学的な分布や強度・変形性に関わる情報がある程度得られればリスク発現の可能性を確率的に推定することも可能である。ただし、初生地すべりの発生や地形的に抽出できない活断層の存在、あるいは大深度トンネルで遭遇する断層などといったリスク要因は、存否そのものがリスク要因となることから、現段階の技術では計量は困難と考えられる。

なお、計量化の可否に関わらず、これらリスク要因は不都合な事象の発生要因、すなわち事業費増の要因になりうるとともに、好機の要因すなわち事業費削減の糸口にもなりうることは重要である。例えば、強度定数のばらつきが原因となって重厚な設計になっているような場合、ばらつきの原因を見定めて必要な試験や調査を実施することによりばらつきの幅が狭められれば、設計上有利になることが考えられる。すなわち、建設費の削減につながることが考えられる。地質リスク要因のこのような両面性について、あらゆる事業の段階で認識しておくことが重要である。

表 3.1.1 地質の不確実性に伏在する地質リスク要因

	断層地形	沈降・降起	旧河道·沼地	地すべり地形	崩壊地形	遷急線	0次谷	扇状地	異常地形
対象	・断層、構造線の伏在による破砕岩盤の存在、弱面の発達・・地質・力学性状の急変	・溺れ谷の伏在 ・山地急上昇等による緩み、風化の進行		・地すべり ・岩盤すべり ・クリープ	・崩積土の堆積 ・頂部の緩み性岩盤 ・崩壊の拡大	・岩盤の緩み ・キャップロック構造	・集水地形 ・谷頭崩壊による 土石流の発生	・地下水 ・地層構成の急変	風隙、シンクホール etc.
切土	破砕岩盤の不安定化 流れ盤弱面、くさびブロックの滑動 湧水による不安定化、のり面劣化	緩み・風化岩盤の不安 定化	_	滑動誘起 のり面崩壊 深層崩壊		のり面安定 深層崩壊	のり面安定	7K U 書/姿/	断層や開口割れ目 の発達によるのり面 の不安定化
盛土				滑動誘起 地下水上昇	不安定傾斜地盤のす べり		土石流	軟弱層介在による沈下	_
構造物	支持層深度の急変 不等沈下 水文影響		液状化 軟弱層厚さの急変	滑動誘起	支持層深度の急変	基礎地盤のすべり	土石流	水文影響 軟弱層介在による沈下	緩み性岩盤 支持層深度の急変
トンネル	出水、断面変形、盤膨れetc.	緩み・風化岩盤に対する 重い支保	_	坑口不安定化、断面変形	坑口不安定化		土石流	水文影響 断面変形、坑門基礎	緩み性岩盤

地質	軟弱地盤	崩積土	流れ盤	土石流堆積物	熱水変質	大規模断層	支持層分布	湧水
対象	・深い支持層 ・中間支持層の見極め ・地下水流動影響 ・圧密沈下	・支持層分布の傾斜 ・物性値のばらつき ・緩い地層の分布	・地すべりや岩盤すべりのすべり面となりうす弱面の伏在	・土石流そのものの発生 ・巨礫混じり堆積物 ・物性値のばらつき	・膨潤性 ・重金属鉱物 ・軟弱な岩盤	・断層破砕帯、破砕質岩盤・活構造の可能性・地下水流動影響・破砕帯地すべり、初生地すべり	・ボーリング間の凹凸・支持層物性値のばらつき・断層等による急変	・利水影響 ・杭等の施工時影響 ・切土のり面のすべり
切土	_	・のり面の不安定化	のり面の不安定化	のり面の不安定化、落石 砂層等軟弱層の介在 巨礫による施工性不良	孕みだし 盛土材料として不適 酸性水等環境汚染	切土のり面の不安定化 地下水堰上げ構造の乱れに よる利水影響 破砕帯地すべりの発生	不適切な切土勾配	切土のり面の不安定化 地下水脈切断による利水影 響
盛土	沈下、側方流動 液状化	不安定傾斜地盤のすべり	岩盤すべりの発生	液状化	不安定傾斜地盤のすべり 沈下、側方流動	破砕帯地すべりの発生 不等沈下	不等沈下	パイピング 締固め不足 浸潤によるすべり
構造物	基礎形式(の変更) 不等沈下 液状化 地盤改良範囲、工法(の変 更)	支持層深度の急変 施工機械の不適合	仮設切土のり面の不安定化 基礎の不等沈下、すべり	物性値のばらつき(締まり程 度のばらつき) 施工機械の不適合 仮設切土のり面の不安定化 液状化	支持層深度の急変基礎の不等沈下	支持層深度の急変 基礎の不等沈下 仮設切土のり面の不安定化 すべり	支持層深度の過不足 支持力不足	仮設切土のり面の不安定化 杭等グラウチングの不良 地下水脈切断による利水影 響
トンネル	坑門工基礎形式	盛土材料として要注意	坑壁、鏡からの剥落	坑口のり面の不安定化 坑壁、鏡からの剥落 緩み領域の拡大	孕みだし 盛土材料として不適 酸性水等環境汚染 出水		地山分類の変更 支保の過大・過小設計	利水影響排水の酸性化など環境影響

3.1.2 幾何学特性に関連した地質リスク要因

例えば沖積層と基盤岩の境界などの地層境界や、基礎地盤と想定した N値 50 以上の層と上位層との境界などの幾何学的な分布の不確実性に代表されるリスク要因である。また、流れ盤となる地質構造の傾斜や位置等もこの種の地質リスク要因に含まれ、断層や熱水変質帯の有無や位置、幅、傾斜などもこの種の地質リスク要因に含まれる。

構造物によって要求される地質情報の精度が異なることから、実施される地質調査の密度も異なり、結果的にこの種のリスクの発現可能性は異なる。しかし、どのような構造物に関してもつきまとう問題である。例えばトンネルであれば、設計時点から地山分類(支保パターン)の境界に変更が生じることを想定している。このため、相当大規模な変更が生じない限りリスクの発現とは認識されない。一方橋梁の基礎であれば、橋脚1本ごとにボーリングが実施されることが多いため、所定の支持層が出現しないと言った問題は生じにくい。しかし、それでも支持層が大きく傾斜していて基礎面の一部で支持層が下がっているといった問題が生じることはそれほど珍しくなく、その程度の地質条件の変化であっても橋梁基礎の場合は問題となる場合が多い。

このような地層境界、支持層境界の分布をコントロールしているのが、地盤の初生的な生い立ちや その後の後生的な地殻変動、続成作用、風化や変質、地すべり等の重力による変形、人為的な乱れ、 などであり、それらを面的にもれなく把握することは実際上不可能である。

このような幾何学特性に関連したリスクが発現した例を図3.1.2に示す。

この例では、道路橋の建設にあたって1箇所の調査ボーリングが実施され、この調査結果をもとに 橋梁下部工の詳細設計が行われた。

図 3.1.2 は当初の調査結果に基づく地質想定断面図であるが、1 箇所のみの調査にもかかわらず支持層上面や沖積層下面は傾斜を持って描かれている。設計では、この地質想定断面図をもとに下部工の詳細設計を行った。工事段階になって追加ボーリング調査を行ったところ、図 3.1.3 に示すように支持層上面の分布深度が大幅に異なることが判明し、下部工の修正設計が行われた。

追加調査を行わずに工事に着手していたら大変な手戻りが生じたと予想される事例である。

調査者は、周辺の地形や既往資料などを参考にして図 3.1.2 に示す地質想定断面図を作成したものと想定される。おそらく調査者は、この地質想定断面図を模式断面図的な感覚で作成したのであろうが、設計者は精度の高い地質断面図と解釈して詳細設計を進めたと考えられる。このため、設計者は、何の疑問もなく地質断面図を信用してしまった。

地質断面図の作成根拠や精度に関する情報が、調査者から設計者へ十分に伝達されなかった事例であり、結果的に地質に関するリスクを工事段階に先送りした事例でもある。

事業主体である発注者側に地質の専門家がアドバイザーとして情報を伝達しておれば、このような間違いは生じなかったと考えられる。また、当初の地質調査発注時にも地質の専門家が発注者側にいれば、このような複雑な地質が予想される場所で1箇所だけの調査ボーリングで詳細設計を進める事はなかったと考えられる。

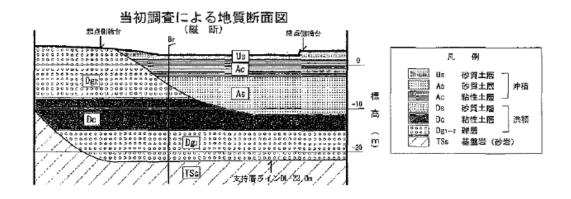


図 3.1.2 1 箇所のボーリング調査結果で作成された想定地質断面図2)

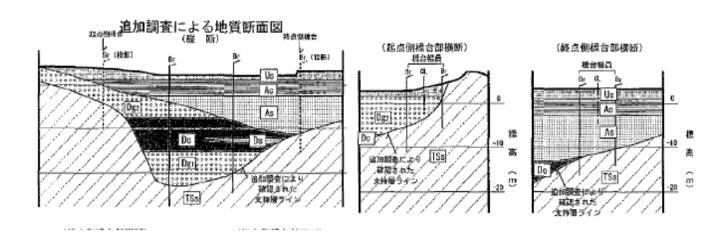


図3.1.3 追加調査で明らかにされた地質断面図2)

3.1.3 力学的特性に関連した地質リスク要因

地層や岩盤の強度や変形性、透水性、密度等のばらつきそのものに起因する地質リスク要因である。よく知られるように、岩盤(岩石)はもともとの素材としての鉱物粒子やマグマが、様々な温度・圧力・速度条件の下で水やガスなどの流体の影響も受けつつ岩化したものである(このプロセスを続成作用と言っている)。このプロセスが異なれば同じ素材からスタートしても硬さ、耐久性、割れ方、化学的安定性、割れ目の摩擦抵抗などが異なる様々な結果、つまり多様な岩盤となる。土質地盤の場合は、特殊な場合を除いて粒子の溜まり方と溜まったあとの締まりの具合によって工学的挙動の大部分が決定してしまう。このため、地盤は材料としての取り扱いは岩盤と比較すれば容易になるが、不均質性を伴っていることに変わりはない。

このような不均質な材料に対して地質技術者は、複雑に混在している地層のうち工学的に同じ取り扱いでよいと考えられるものは統合・単純化して地質モデルとし、工学的に評価すべき性質(割れ目の多寡や方向、風化の程度など)は幾何学的な分布を地質モデルに加味して地盤モデル(例えば岩級区分図)へと転換する。さらに、安定計算〜数値解析するために、この地盤モデルから数理モデルへと単純化される。したがって、このような多段階のモデル化過程において、元々持っている不均一性や不確実性は単純化・表面上確定され、結果的に様々な不確実性を含んだモデルとなる。

このような、力学的特性に起因する地質リスクがマネジメントされた例を以下に示す。

本事例は図3.1.4に示す空港人工島の連絡橋の下部工に関わる事例である。具体的には、多くの調

査・試験を実施することに加え、より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達成した事例である。

本事例では基盤岩が深いうえに起伏に富むため、橋梁の基礎(鋼管矢板井筒基礎)の支持層として、 基盤岩より上部の洪積層に支持させることが目標となった。一方、深くなる基礎の周面摩擦力の算定 には特に多くの不確定要素が含まれ、従来の方法であるN値を用いた周面摩擦力算定では摩擦力算定 精度が十分でないため、結果として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、この ような地盤の特徴に合わせた調査・設計を検討するため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(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)。

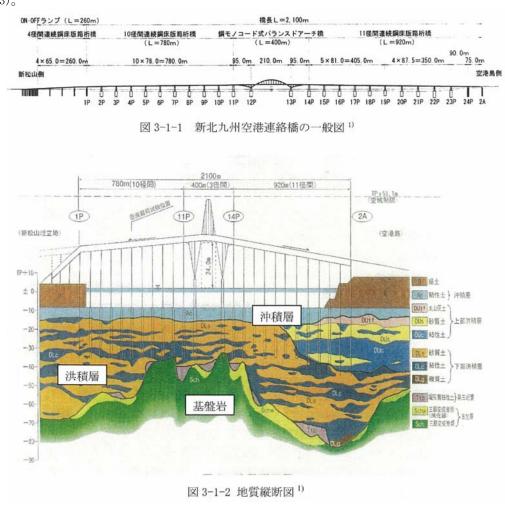


図3.1.4 新北九州空港連絡橋の一般図(上)及び地質横断図(下)3)

本事例での検討フローを図 3.1.5 に示す。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、詳細な地質調査の効果と新たな支持力算定法の検討を行った。

先ず、数次にわたる地質調査によ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。

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

- c'、φ' を用いた摩擦支持力算定法による予測値は、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。
- 先端支持力は、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。

本事例では相当のコストを要して調査・試験を実施したが、図 3.1.6 に示すように基礎工のコスト (施工費+調査試験費) は次の各段階をおって大幅に削減されている。

- ① 岩盤に支持した場合(地質情報が不十分な段階での安全側の判断=予備調査段階に相当)
- 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 (ボーリング調査情報が増えたため、N値を用いた支持力計算を実施=概略調査段階に相当)
- ③ c'、φ' 法で支持力を算定し中間支持させた場合(多くの三軸試験を実施した結果から 支持力を算定し、載荷試験により検証した段階=照査段階に相当)

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。

これら調査試験費と施工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 縮減となっており、調査費は増えても施工費が減少したためにトータルコストは減少している。

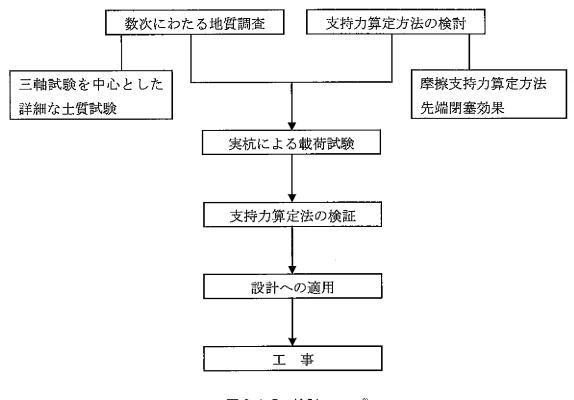


図 3.1.5 検討フロー3)

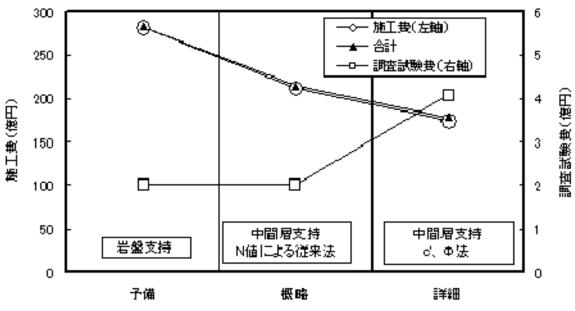


図 3.1.6 各段階と建設コストの推移 3

3.2 地質技術的課題

3.2.1 地質調査技術に内在するリスク要因

地質調査技術にはそれぞれ特徴があり、事業プロセスに応じた調査目的を考慮し、適切な地質調査 技術を選定する。

図3.2.1 に地質調査技術の体系例を示した。このうち、地表地質踏査及び物理探査は、地質構造を大局的ないし面的に捉える調査技術であり、サウンディングやボーリングは地質構造を点の情報として精度高く捉える調査技術である。

それぞれの調査技術には各種の調査方法があり、調査対象となる地質特性を十分考慮し、適切な調査方法を選定する。

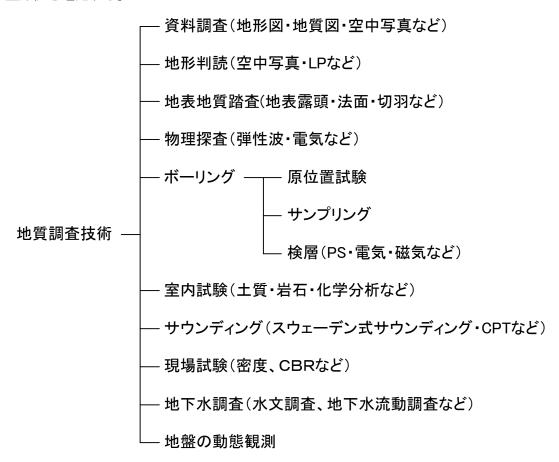


図3.2.1 地質調査技術の体系例

表 3.2.1 に現地調査における地質調査技術に内在するリスク要因の例を示した。管路敷設の事例であるが、地質調査技術の選定により、左から右に向かって精度が向上する傾向を示している。このように、大局的な特性から詳細な特性の把握に、ステップを踏まえて展開することにより、内在する地質リスクが低減されることになる。

表 3.2.1 地質調査技術に内在する地質リスク要因の例(沖積低地:埋没地形が複雑な地域における管路敷設の例)

項目	地表地質踏査	物理探査	サウンディング	ボーリング	
概要	計画構造物の周辺を地形図や地質図等の資料をもとに、現地で地表地質踏査を実施して地質を想定する。大局的な地質構造を推測することができる。	計画構造物の路線に沿って物理探査を行い、物理特性をもとに、地質の概略を面的な情報として想定することができる。	計画構造物の路線に沿ってサウンディングを行い、 調査地点の情報として地質・土質を推定し、計測値 などから強度や透水性などを推定することができ る。	計画構造物の路線に沿ってボーリングを行い、調査 地点の情報として地質・土質を目視観察して詳細に 区分することができる。	
平面図	等高線 計画管路 低地	年	等高線 計画管路 低地 サウンディング エ エ	年高線 計画管路 低地 ボーリング ユ ユ	
断面図	地表線 標高(m) 5 — 未固結層 10 — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	#高(m)	S1 S2 S3 標高(m) 表土	B1 B2 B3	
調査方法	空中写真判読、現地地表地質踏査など	弾性波探査、電気探査、電磁探査、音波探査、地温 探査、重力探査、磁気探査、放射能探査など	静的コーン貫入試験、動的コーン貫入試験など	コアボーリング、ワイヤーライン式ボーリング、サ ンプリング、各種孔内検層など	
内在する地質リスクの例	①被覆層が多く観察露頭が少ない ②褶曲など地質構造が複雑 ③地域開発等で原地形が大きく改変	①観測する物理量が様々な因子による影響 ②観測物理量と地山性状とは 1:1 に比較できない ③観測値から二次元解析断面を作成する時の誤差	①土を直接観察できない ②貫入抵抗値や水圧などから土層を推定する誤差 ③硬質層な土層に遭遇すると調査不能となる	①点の情報であり数が少ないと面的展開に誤差 ②地下水位は調査時の情報であり経時変化する ③破砕帯のコアリングなどでは技能の差が出る	
空間特性	大局			微少	
内在リスク	大きい			小さい	

3.2.2 モデル化過程に内在するリスク要因

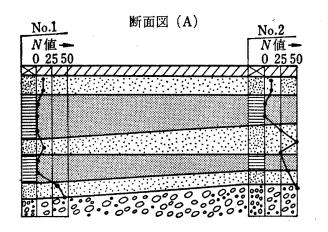
モデル化過程に含まれるリスク要因は、入手した地盤情報からモデル化するプロセスにおいて内在するリスクである。例えば、ボーリング柱状図から地質断面図を作成するプロセスや、トンネルの地山等級をモデル化するプロセスなどがある。

この他に経時変動に伴うリスク要因などもあり、例えば、地下水の流動特性が季節変動することに 伴い発生するリスクなどがある。

(1)モデル化過程に含まれるリスク要因

ボーリング柱状図から地層断面図を作成する場合、点の情報を面に展開することになるので、適切な箇所のボーリング柱状図の情報が必要になる。例えば、図 3.2.2 にボーリング柱状図 2 箇所の情報で、判断の違いによる断面図の違いを示す。断面図 (A) は地層が水平に堆積する成層構造と判断した断面であり、断面図 (B) はボーリング No.1 の方に開析谷が発達していると判断した断面図である。軟弱な粘性土の分布をみると、断面図 (A) ではほぼ均質な厚さで分布しており、不同沈下の危険性は少ないが、断面図 (B) では粘性土の分布の差により不同沈下の発生が懸念され、杭基礎の場合ネガティブフリクションなどへの配慮も必要となる。

このように、地盤をモデル化する時にはその判断によりモデルに差異が生じ、計画構造物に対して支障を及ぼす地質(地下水を含む)である場合には、その地質リスクレベルに差異が生じることになる。



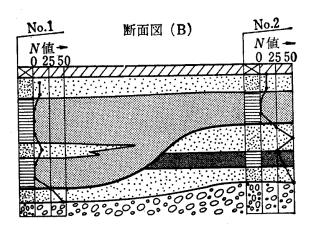


図3.2.2 ボーリング柱状図の判断の違いによる地質断面図の違い1)

(2)経時変動に伴うリスク要因

経時変動に伴うリスク要因の一つに地下水の変動がある。地下水位は降雨などの影響を受け、一般的に経時的に変動をするため、渇水期の地下水位と豊水期の地下水位とに差が生じる。この変動幅を適切に評価して設計・施工に反映しないとさまざまな障害がおきることがある。

図3.2.4と図3.2.5に地下水変動に伴う障害の事例を示した。渇水期の地下水位で想定して地下水対策を採用しなかった場合には、豊水期の地下水位上昇に伴い地中構造物や地下掘削現場に湧水が発生することになる。

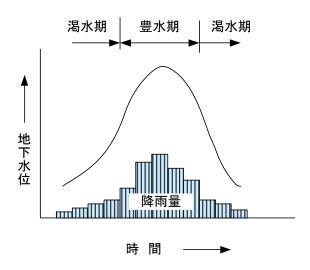


図3.2.3 地下水位の経時変化と降雨量の相関図

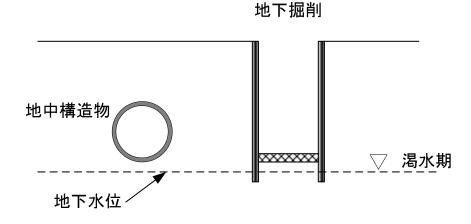


図3.2.4 渇水期の地下水位と各種構造物の関係

地下掘削

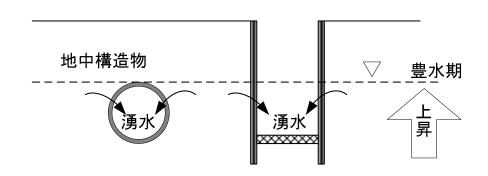


図 3.2.5 豊水期の地下水位と各種構造物の関係

また、図3.2.6に示すように、季節により地下水の流向と流速が変化する地域では、地下水の流動特性にリスクが内在することがある。

図 3.2.7 に地下水の流動変化による地下水汚染の模式図を示した。雪解け水が集まる地域など、季節により地下水の涵養に違いがある地域については、地下水の流動特性によりリスクレベルが変化するので十分な配慮が必要となる。

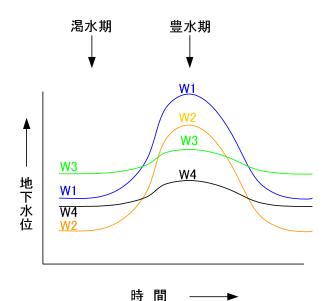
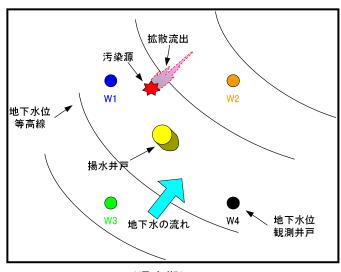


図3.2.6 地下水位の経時変化概念図



(渇水期)

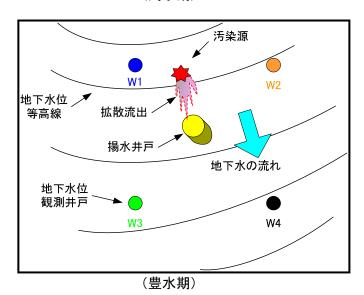


図3.2.7 地下水の流れと汚染物質の拡散流出概念図

3.3 工学的課題

道路事業関連の施工対象としては、切土、盛土、橋梁等構造物、及びトンネルなどがある。これらの対象ごとに設計条件に内在するリスク要因(工学的課題)としては次のような項目が挙げられる。

- 切主:一般的な地質における切土のり面の設計は、標準のり面勾配の範囲でほとんど問題ないが、 崩壊性要因を有する特殊な地質や地形においては別途検討が必要である。切土高が 20m 以上 の長大のり面ではのり面全体の地質が均質であるのは稀であり、断層破砕帯などの弱部が存在 することもあるため、地質や地下水状況をより詳細に把握してリスク対応を行う必要がある。
- **盛土**:軟弱地盤上に盛土を行う場合には安定と沈下に関する検討が重要であり、盛土設計に内在する工学的リスクとしては盛土施工時の破壊に対する安定性、周辺地盤への変形影響、軟弱粘性土の長期的な圧密沈下が挙げられる。また、地震時の液状化により盛土が崩壊するリスクもある。
- **橋梁等構造物基礎**:橋梁基礎設計に内在するリスクとしては、橋台背面のアプローチ盛土による側方流動、杭に作用するネガティブフリクション、地震時の液状化による基礎杭への影響などがある。
- トンネル:トンネルの設計に内在するリスクは、限られた数量のボーリング調査や弾性波探査による地質情報に基づいて設計が行われるため、施工時の地山条件が想定と異なることがあり、その差異が大きいと工法変更、工事遅延、工費増大に繋がることになる。

以下、切土、軟弱地盤上の盛土、及び橋梁等構造物基礎における工学的リスク要因について取り上げる。

3.3.1 切土のり面における工学的リスク要因

(1)標準のり面勾配4)

高速道路では切土のり面勾配は構成する地層の種類、状態及び切土高に応じて、一般的な地質であれば表 3.3.1 を標準としている。自然地盤はきわめて複雑、不均質であり、しかも切土のり面は経年的な風化などにより徐々に不安定化して行く。したがって切土のり面の安定性を検討する際に、有意な安定計算ができる場合はほとんどない。一般的には地質調査結果やその他制約条件を総合的に判断してのり面勾配を決定している。表 3.3.1 は経験的に求めたのり面勾配の標準値の範囲を示したものであり、のり表面の浸食を防止する程度の保護工を前提とした標準勾配である。 ただし、

崩壊性要因をもつ地質部や積雪寒冷地では 別途検討を行い、総合的に判断しなければ ならないとしている。

また全国 2,400 箇所のデータから、採用 されたのり面勾配が次のように要約されて いる。

- ①軟岩では、地質及び年代に係わらず 1:1.0付近にピークを示すものが多い。
- ②硬岩では、蛇紋岩の 1:1.0 を除き、 地質及び年代に関係なく 1:0.8 付近に ピークを示すものが多い。

崩壊性要因をもつ地質部や積雪寒冷地では 表 3.3.1 地山の土質に対する標準のり面勾配の範囲

地山の土質		切土高	のり面勾配
硬 岩		1:0.3~1:0.8	
軟 岩			1:0.5~1:1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1:1.5~
砂質土	密実なもの	5m以下	1: 0.8~1:1.0
		5~10m	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの	5m以下	1:1.0~1:1.2
		5~10m	1:1.2~1:1.5
砂利または岩塊ま	密実なもの,または粒度分布のよいもの	10m以下	1:0.8~1:1.0
じり砂質土		10~15m	1:1.0~1:1.2
	密実でないもの、または粒度分布の悪い	10m以下	1:1.0~1:1.2
	もの	10∼15m	1:1.2~1:1.5
粘性土	0~10m	1:0.8~1:1.2	
岩塊または玉石まじ	5m以下	1:1.0~1:1.2	
	5~10m	1:1.2~1:1.5	

以上のように、施工実態としては表 3.3.1 の標準のり面勾配の中央値(軟岩 で 1:0.85, 硬岩で 1:0.55) よりも緩い勾配で施工されているようであり、安全サイドののり面勾配となっているようである。

(2)崩壊性要因をもつ地質ののり面5)

崩壊性要因を持つ地質は表3.3.2の代表

表 3.3.2 崩壊性要因を持つ地質

地質に示されるとおり、特殊土や亀裂の 多い岩のように土質や岩質に問題がある ものと、流れ盤や構造的弱線を持つ場合 のように地質構造に問題があるものとに 分けられる。前者は現地の土質・岩質分 布状況を把握した上で土質試験等でもあ る程度推定できるが、後者は現地調査を

崩壊性要因を持つ地質	代表地質等
浸食に弱い土質	しらす、山砂、まさ土
固結度の低い土砂や強風化岩	崖錐性堆積物,火山灰土,火山砕屑物(第四紀),崩積土や強 風化花崗岩等
風化が速い岩	泥岩,凝灰岩,頁岩,粘板岩,蛇紋岩,片岩類等
亀裂が多い岩	片岩類、頁岩、蛇紋岩、花崗岩、安山岩、チャート等
亀裂が流れ盤となる岩	層理, 節理が斜面の傾斜方向と一致している片岩類, 粘板岩等
構造的弱線を持つ地質	断層破砕帯、地すべり地、崩壊跡地等

行って判断することが重要である。これら崩壊性要因を持つ地質ののり面勾配については、別途に参考資料「II. 崩壊性要因を持つ地質のり面の安定検討に参考となる資料(1-4)」が挙げられている。 6

(3)のり面排水7)

切土のり面では降雨・融雪により表流水が発生すると侵食されるリスクがあり、侵食作用と相乗して表層的なのり面崩壊がしばしば起こる。また、地下水がのり面に湧出する場合はのり面を侵食するほか、地下水がのり面の土のせん断強さを減じたり、間隙水圧を増大させてのり面崩壊を生ずる場合もある。このようなリスクを回避するためには調査の段階から準備排水、工事中の排水及び隣接地からの排水等にも十分留意し、のり面排水工が確実に効果を発揮するように設計・施工を行うことが大切である。

3.3.2 軟弱地盤における工学的リスク要因

軟弱地盤における工学的リスク要因として、軟らかい粘性土においては盛土に伴うすべり破壊や圧 密沈下が挙げられる。また、緩い砂質土においては地震時の液状化リスクがある。

(1)盛土に伴うすべり破壊

軟弱粘性土上の盛土では、地盤のせん断強さを適切に評価せずに盛土を行い、すべり破壊を生じさせるというリスクがある。その原因は、地盤のせん断強さを越えた盛土を一気に施工するという工学的な配慮を欠いた施工方法にある場合が多いが、地盤のせん断強さが適切に評価されていないというリスクも存在する。

軟弱粘性土のせん断強さは、サンプリング試料を用いた室内力学試験(一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、一面せん断試験等)で求められるが、試験結果から設計用物性値を設定するうえではサンプリングに伴う乱れの影響や、砂分混入の影響を排除する必要がある。サンプリングに伴う乱れの影響は、一軸圧縮試験や三軸圧縮試験時の破壊ひずみの大きさで判断できることが多い。泥炭や有機質土を除く我が国の沖積粘性土では、破壊ひずみが6%程度を超えるデータはサンプリングに伴う乱れの影

響を受けていると判断できるので、そのようなデータは棄却する。また、砂分を多く混入する粘性 土では、拘束圧のない一軸圧縮試験では砂分の影響により圧縮強度を過小評価する可能性があるこ とから、拘束圧を作用させる三軸圧縮試験(UU)によって評価する必要がある。

以上のように、室内試験結果から設計用物性値を設定する場合には、サンプリングに伴う乱れの 影響を受けたデータを棄却することや、試験方法の妥当性を確認した上で試験値を評価することが 重要であり、適切に設定された物性値によって始めて安全な盛土設計が可能となる。

(2)長期的な圧密沈下

層厚の大きな軟弱粘土地盤上の盛土では長期にわたって圧密沈下が継続するリスクがあり、供用時期を見据えた沈下対策が必要となる。海成粘土層では中間に連続した砂層が存在しないため、沿岸埋立地では十年以上の長期にわたって圧密沈下が継続するケースが多く、圧密促進工が必要となる。一方、内陸部に分布する陸成粘性土層には連続した砂層を挟在することが多いため、比較的短期間で圧密沈下が収束することから、供用までの時間を十分にとって無処理で圧密を進行させるのが一般的である。また、橋梁や横断構造物との取り付け部では段差を生じて度重なる修復工事が必要となるというリスクもあるため、プレロードによって構造物構築前に圧密沈下を収束させるのがリスク回避の原則となっている。

(3) 地震時の液状化

地震時に液状化を生じやすいのは、低平地の緩い砂質土で地下水位が高い地盤である。地震時の液状化について判定する手法は各種機関で整備されているが、簡易判定法に用いる地盤物性値はN値、粒度特性、塑性指数、土被り圧(土の湿潤密度と地下水位)である。このうち、N値は液状化抵抗を表す繰返し三軸応力比(R_L)を算出する際に用いられるが、N値が比較的小さく、細粒分含有率(P_C)が高い場合には R_L をやや低めに評価することがある、という指摘がある。すなわち、簡易判定法ではN値の小さい砂質土については本来より液状化しやすいという判定になるリスクがある、ということである。

より詳細な液状化判定を行う場合には、乱れの少ない砂質試料を採取して室内で繰返し三軸試験を行って液状化強度比を求めることになる。しかし、N値の小さな緩い砂質土をサンプリングするのは非常に難しい作業であり、現地凍結サンプリングが最も品質の高い試料を得られるということになっているが、あまりに費用が高いため一般的な地盤調査で採用されることは稀である。これに対して東京電機大学の安田教授は、エクステンションロッド式固定ピストンサンプラーによる砂質土の採取方法を提唱されている8°。2011年東日本大震災で液状化を生じた地盤においてこの手法を適用して試料採取を行い、繰返し三軸試験によって従来よりも大きな液状化抵抗を得ていることから、ベーシックな固定ピストン式サンプラーで高品質な砂質土試料が採取できることが実証されている。今後、砂質土のサンプリングにこの採取方法が広く適用され、室内の繰返し三軸試験で精度の高い液状化強度を得ることによって詳細な液状化判定が行われ、より経済的な液状化対策に繋がって行くことが期待される。

3.3.3 橋梁等構造物基礎における工学的リスク要因

橋梁等構造物基礎設計に内在するリスクとしては、橋台背面のアプローチ盛土による側方流動、杭

に作用するネガティブフリクション、地震時の液状化による基礎杭への影響などがある。また、設計 に用いる物性値の評価についても工学的リスク要因である。

(1) 背面盛土による橋台基礎の側方流動

橋台構築と背面盛土の施工順序を誤ると、橋台基礎杭に側方流動圧が作用して完成橋台に悪影響を及ぼすことになる。すなわち、杭基礎を先行打設して橋台を構築してから背面盛土を行うという間違った施工順序であり、盛土による側方流動圧で橋台が前方に変形してしまい、橋桁が乗らないということにもなりかねない。また、供用後にも沈下が継続する場合には、取り付け部のオーバーレイを繰り返すというリスクが生じる。こうしたリスクを避けるため、杭基礎を必要とする橋台背面の盛土を先行して施工し、圧密沈下を終了させてから基礎杭を打設して橋台を構築するという手順をとるのが基本である。

(2) ネガティブフリクション

橋台基礎が支持杭の場合、圧密沈下が継続していると杭にネガティブフリクション(負の摩擦力) が作用し、極端な場合には杭が座屈してしまうというリスクがある。こうしたリスクを避けるため、 側方流動問題と同様にプレロードによって圧密を終了させた後、基礎杭を打設するのが基本である。

(3)物性値の評価

橋梁などの構造物基礎設計においては、標準貫入試験によるN値によって支持層の評価や支持力を算定するのが一般的な設計の流れになっている。また、粘着力cやせん断抵抗角 ϕ とN値との相関式も設定されており、N値さえあれば構造物基礎の設計は可能という風潮も否めない。しかし、標準貫入試験は必ずしも万能の試験ではないので、N値から設計用の物性値を設定する場合には、試験の適用条件や限界を認識した上で設計値を評価することが必要である。

設計用の物性値を設定する最善の方法は、直接的に地盤の強度特性や変形特性を得るための原位置試験や室内試験を適用することである。乱れの少ない試料を用いた室内試験や孔内載荷試験により、設計用の強度定数 (c,ϕ) や変形係数 (E) を設定することが重要である。N値による推定は、サンプリングや孔内試験が困難な場合における最後の手段として考慮すべきである。

¹⁾ 土木学会 (2009): 岩盤構造物の建設と維持管理におけるマネジメントージオリスクマネジメント への取組み

²⁾ 建設コンサルタンツ協会:平成17年度品質セミナー 成果品に関するエラーの事例集

³⁾ 新北九州空港連絡橋設計·施工委員会編(2005):新北九州空港連絡橋委員会報告書

⁴⁾ NEXCO 3 社:設計要領 第一集 土工編, pp. 3-4, 2012

⁵⁾ NEXC0 3 社:設計要領 第一集 土工編, pp. 3-8, 2012

⁶⁾ NEXC0 3 社:設計要領 第一集 土工編, pp. 参 3-8, 2012

⁷⁾ 日本道路協会: 道路土工 切土工·斜面安定工指針, p. 165, 2009

⁸⁾安田進:液状化災害, 地質と調査, vol. 130, No.4, pp. 17-23, 2011

4. 地質リスクマネジメントの仕組み

4.1 地質リスクマネジメントの体系の概要

社会インフラ整備・保全事業を例とし、地質リスクマネジメントの概要を以下に述べる。

4.1.1 地質リスクマネジメントの実施者

地質リスクマネジメントは発注者(≒公共工事の責任者)が行う。

地質リスクマネジメントでは、事業の段階ごとあるいは必要に応じて、**発注者が地質の技術顧問やコンサルタントなど地質技術者等を活用して地質リスク要因を特定**し、要因の不確実性と、それに起因する事業コスト損失を評価する。あるいは、よりリスク効率的な調査・設計手法、すなわち事業コスト削減策を検討する(好機の実現)。発注者は、評価・検討した事業コスト損失、事業コスト削減策から地質調査の費用便益費を見極め、リスク対応方針を決定し、実行する。合わせて次段階に実行結果を伝達する。

4.1.2 地質リスク要因の特定とシナリオの想定

当該事業サイトに伏在している地質リスク要因を地質技術者が抽出し、想定される事業コスト 損失シナリオ、事業コスト削減シナリオを整理する。

地質リスクマネジメントは、事業サイトに潜在している地質リスク要因の全てを抽出することから スタートする。地質技術者は、文献、先行調査の報告書などに加えて自らの経験・知識、踏査データ 等をもとにして当該サイトの地質リスク要因を悲観的なスタンスで抽出し、各地質リスク要因の不確 実性の程度、関連して想定される事業コスト損失発生シナリオ、事業コスト削減シナリオを整理し、 発注者に報告する。

いうまでもなく、事業の初期段階では構造物の具体的な位置や形式は未定であるし、事業の初期段階では主に地形のみを観察してサイトの特性を評価する場面もある。事業の進捗とともに調査による地質情報が増えて設計も具体化し、リスク要因はより詳細で具体的な項目へと深化してゆくと考えられる。逆に、設計が深化してゆくにしたがって新たな地質リスク要因が浮上することもあると考えられる。

(1) 地質リスク要因の抽出手法

地質技術者が自らの経験や文献の研究等によってリスクを抽出する他、チェックリストを活用する 方法や、関係者によるワークショップ(ブレーンストーミング)による方法などが一般的に用いられ る。また、類似事例を知識データベース化してリスク・不確実性マップを作成しておき、これを参照 しつつ当該事業のリスク・不確実性事象を抽出するという考え方もある¹⁾。

地質リスク要因は事業の初期段階から抽出を始め、事業(地質調査や設計、工法の検討)の進捗に したがって常に更新(不要なリスク要因の棄却と新規抽出、各リスク要因に関わる地質リスクを高精 度化)することが重要である。その際、後続段階への確実な伝達、すなわちリスクコミュニケーショ ンが重要となる。

また、事業初期段階で抽出されたリスク要因に伴う地質リスクの評価方法としては、抽出者の主観による定性的評価が主となるが、これを情報量やリスク要因の重要度など必要に応じて定量的な評価

へと変換してゆくことになる。

(2) 事業コスト削減シナリオ

事業コスト削減シナリオとは、地質リスク要因に対してリスク効率的な調査・設計法を適用して、 過大設計を防止して事業コストを削減するシナリオである。逆に言うと、対策を実施しない場合でも 工事費増など不都合な事象が起こることは考えにくいが、対策を実施しないことにより事業コストが 減らない(好機を逃してしまう)ことを想定するシナリオである(図 4.1.1 の事業 A)。

無駄を廃して効率的な調査を行うという意味で新規建設事業においては常に考慮すべきシナリオであるが、例えば 1.1.3 や 3.1.3 で示した事例のように、強度特性の推定誤差を確立的に局所推定することにより、あるいは適正な土質試験や原位置試験を実施することにより土質定数の過小設定に起因する過大設計を回避するなどの方法により、事業コストを大幅に削減するシナリオである。

また、防災対策等、予防保全事業においては、確率的なアプローチによるリスク効率的な対策の設計・実施によって同じ地質リスク削減効果(例えば斜面防災事業であれば、斜面崩壊による通行止め期間の短縮効果など)に対して地質調査の B/C (B:リスク削減額、C: 地質調査コスト)が大幅に高まり、同時に事業コストを削減できる。

1.4 で述べた収集事例のタイプ区分に当てはめると、好ましいリスクを実現するというシナリオであることから、A タイプの一種と言える。

(3) 事業コスト損失発生シナリオ

事業コスト損失発生シナリオとは、不都合な事象を発生する可能性のある危機(地質リスク要因の 過小評価)に起因して実際に事業コスト損失が発生することを想定するシナリオである(図 4.1.1 の 事業 B)。すなわち、対策を実施しないことにより事業コストが増えるシナリオである。

主に新規建設事業において想定される。例えば、3.1.2で示したような複雑な地盤状況に起因して、 工事中の構造物の基礎地盤が得られない事態が発生し、工事遅延や段取り替え等に伴うコスト増加な どが発生するシナリオである。

1.4で述べた、収集事例のタイプ区分に当てはめると、想定した地質リスク要因を放置、あるリスは伏在している地質リスは大田を認識できながBタイプに相当し、場合がBタイプに相当し、リスクの発現を回避した場合がAタイプに相当する。

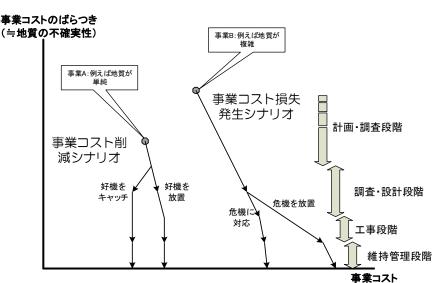


図 4.1.1 地質リスクマネジメントで描くシナリオ (図中の事業 A でも事業コスト損失発生シナリオを、逆に事業 B でも事業コスト削減シナリオを描きうることに注意)

4.1.3 地質リスクの評価

発注者は地質技術者の協力のもと、当該シナリオにおける地質リスクを評価し、対策のための 地質リスク削減費用を算定する。

事業段階(当該サイトに関わる地質情報の精度)や地質リスク要因の性質に応じて、地質技術者は 地質リスクの評価方法を提案する。また地質技術者は最もリスク効率的な地質調査〜解析方法を検討 し、その効果とともに投入すべき地質調査の内容について提案する。

(1) 地質リスクの評価手法

地質リスクの評価手法には、定性的手法と定量的手法がある。また定性的手法には半定量的手法が 含まれる。

事業の初期段階では情報量が限られることから定性的評価にならざるを得ないリスク要因であっても、事業の後半段階では必要に応じて定量的評価が有効になりうる。また、既述の2つのシナリオのうち、事業コスト削減シナリオにおいてはリスク効率性の追求が課題となるため、定量的手法のニーズがより高いと言える。

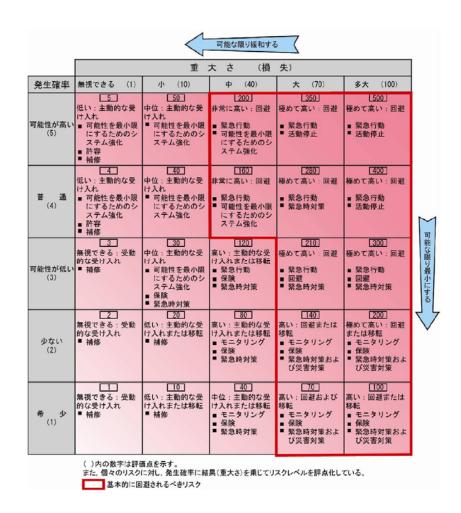
1) 定性的地質リスク評価

抽出した地質リスク要因が好まざる事象を発生する確からしさを、地質リスク発現の仕組みを踏まえ定性的(主観的)に表現する。各地質リスクにどの程度の不確実さがあるのか、そして当該地質リスクが発生しうる好まざる事象の大きさを評価する必要がある。この目的で、いわゆるリスクレジスター、あるいはリスクマトリクスを作成する。

リスクマトリクスの例を表 4.1.1 に示す。この例では、損失を発生しリスク要因と利益を発生 しうるリスク要因とを区別しており、重大さと発生の確からしさからなるマトリクス中には基本 的な対応行動が示されている。抽出したリスク要因はこのマトリクスに直接記入してゆく。

抽出・評価したリスク要因は、表 4.1.2 のような対応策等も合わせて記入できるリスト形式に整理してゆく。このリスト形式の表では、リスクの負担者を記入する場合もあるなど、様々なバリエーションがある。

定性的地質リスク評価の段階では、発生確率、影響の程度共に表 4.1.1 に例示したようなランクによって評価する。ランクを何段階に区分するか、またどのランクに評価するかは評価する者の主観によるが、関係者が認識を共有することが重要である。



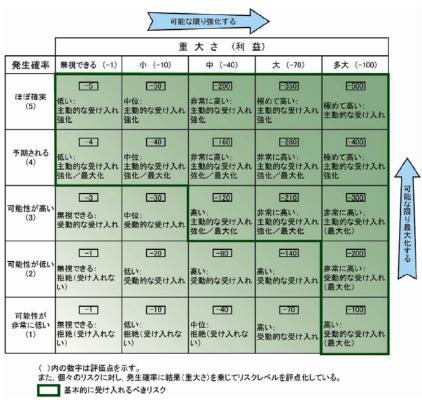


表 4.1.1 リスクマトリクスの例2)

(上:危機の分類と提案される措置のタイプ=事業コスト損失発生シナリオに相当下:好機の分類と提案される措置のタイプ=事業コスト削減シナリオに相当)

表 4.1.2 リスクレジスター(リスク評価表)³⁾

	No. リスク項目	m 41 co mis	事前リスク評価		41.44	事後				
No.		発生段階	発生 確率	影響度 (費用)	影響度(期間)	重要度 (費用)	重要度 (期間)	対応策	事後 リスク評価 ランキング	備考
1										
2										
3										
4										
5										
6										

2) 定量的地質リスク評価

事業が進捗して調査精度が高まってくれば、地質リスク要因は破壊に対する地盤の抵抗力のばらつきや経時的な劣化に伴う抵抗力の低下、支持層としうる地層の分布の幾何学的なばらつきなど、より具体的かつ定量的な評価が可能となる。

このような、ある特性値のばらつきは、適正な情報量があれば特性値が何らかの確率分布モデルに従うと仮定することによって計量化可能である。ばらつきを計量化できれば、リスクが発現する確率(破壊確率)を求めることができ、事業コスト損失は確率的に算定される。

この場合、既述の事業コスト削減シナリオも想定できる。抵抗や荷重のばらつきを計量化する信頼性設計では、図 4.1.1(a)に示すように、適切な地質調査によって構造物の基礎地盤の抵抗のばらつき(不確実)を小さくすることができれば、荷重条件が同じである限り破壊確率を低減させることができ、安全性は向上する。そして、安全性を同じレベルで許容するならば、抵抗のばらつきを小さくしつつ平均値を下げることにより、コストを縮減することができる(図 4.1.1(b))。

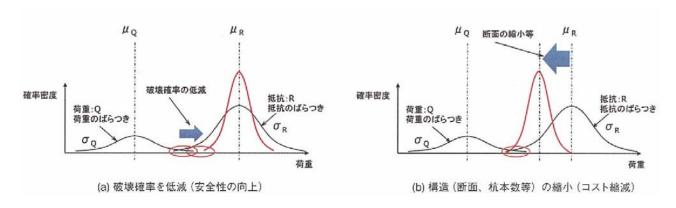


図 4.1.1 地質調査で抵抗のばらつき(不確実性)を低減する効果⁴⁾

(2) 地質リスク評価手法の選定

2.4にて述べたように、地質リスクマネジメントも他の一般的事業におけるリスクマネジメントと同様に、段階ごとの PDCA サイクルを運用して地質リスクを削減しながら、次段階のマネジメントサ

イクルへと移行し、事業の総地質リスクを削減してゆくプロセスである。

既述のように地質リスクの評価には定性的評価と定量的評価があり、発注者はこのマネジメントサイクルの中で各地質リスク要因に対する対応方針の検討の一部として、定性的評価に続いて定量的評価を行うかどうかの判断を行う。この際の判断材料としては以下の項目が考えられる。

- 事業の進捗状況
- 地質リスク要因の特性、事業コスト等への影響度
- 定量化のコストと効果(事業規模)
- 判断時点での情報量

事業の初期段階では目的構造物の位置や形式が決定しておらず、当面は定性的地質リスク評価を行いつつ追加調査を実施して情報収集を進めることが考えられる。

計量化可能な地質リスク要因であれば事業コスト損失や事業コスト削減効果は確率的・具体的に求められる。そこで、計量化に要するコストがリスク削減効果に見合うと発注者が判断すれば、最も効果的に地質リスクを削減することのできる地質調査内容(例えばボーリングの実施位置)を定量的に検討するなどの対応が可能となる。また計量化可能な地質リスク要因であっても、当該リスク発現時の事業コスト損失が小さい、追加地質調査によって容易に詳細な評価が可能などの場合は、定量化のコストを掛ける必要はなく、定性的評価のままで判断可能な場合があると考えられる。

計量化ができない地質リスク要因の場合、あるいは十分な信頼度で計量化するためには情報量が不足しているなどの場合は、地質技術者の技術力(経験・地域への精通度・現場分析力等)を活用して定性的に不確実性の程度・予想される事業コスト損失などを評価し、次段階での定量化に向けて追加調査を実施するなどの対応をとる。あるいは当該地質リスク要因に起因する地質リスクが受容可能と判断できれば、定量化を省略して設計を進めることも可能であり、設計が深化してから、ピンポイント調査を実施するなどの対応が可能である。

「岩盤構造物の建設と維持管理におけるマネジメント(土木学会,2009)」では、「マネジメントとは意志決定に供する情報を明示する方法論の一つである」としている。この情報を定量的に求めることにより、技術者の主観を廃した客観的なリスク対応方針の判断根拠を与えるとともに、最もリスク効率的な対応策を提供することができ、発注者は一律的な地質調査のための過剰な地質調査コスト、地質技術者等の能力差による投資効果のばらつきなどを削減することができる。

(3) 地質リスク削減費用の算定

地質リスク対応方針を決定するためには、その時点での地質リスクの大きさと、それを受容できるレベルまで削減するための費用が情報として必要となる。この費用には、単に地質調査に要する費用のみではなく、対策として構造形式の変更や補助工法の採用等を検討するならば、そのような対策により生ずる費用も含めて検討する必要がある。検討結果は、各地質リスク要因に起因する地質リスクの大きさと、それぞれに対する対策費用を表 4.1.2 に例示する形で整理する。

なお、事業段階によって地質リスク対応方針の選択肢は異なる。例えば、詳細設計段階におけるリスク対応方針として後述の「リスク回避」を選択することは考えにくい。ことから、受容できる地質リスクのレベルは、事業段階によって異なる。事業の初期段階では地質リスクの不確実性(ブレ幅)が大きく、また事業コスト変動の分母となる初期事業費そのものの算定精度が低いことから、地質リスク削減費用は大まかに想定される。しかし、この段階では比較的高いレベルの地質リスクが受容さ

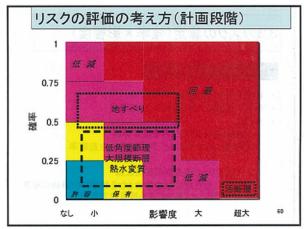
れ、しかも少量の地質調査によって地質リスクの削減幅は大きいと考えられる。逆に言うと、リスク 効率的な地質調査と、非効率な地質調査のリスク削減効果の違いが大きいと考えられる。

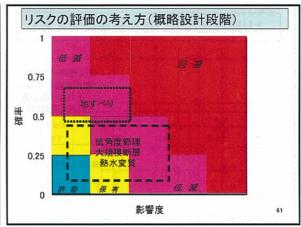
概略設計~詳細設計段階など地質調査最盛期の段階では、徐々に設計も深化しているため、地質リスクの大きさ、それを削減するために必要な地質調査費用について具体的に算定できる。この段階で地質技術者が提案する地質調査の内容が最もリスク効率的であるかどうかについては、地質技術者の経験や地域精通度、技術レベル等、地質技術者の能力に依存しているため、発注者は地質リスクマネジメントの一部として、十分な技術レベルの地質技術者を選定する必要がある。一方、定量的な地質リスク評価を実施する場合は、数学的な算定方法に誤りがない限り地質技術者の能力に依存する部分は少ないと考えられるので、上記のような技術者選定リスクは少ないと考えられる。

4.1.4 地質リスク対応方針の検討

発注者は地質リスク評価結果を検討し、各地質リスク要因への対応方針を決定する。

一般にリスク対応方針は、表 4.1.1 にも示したように望ましくない (あるいは望ましい) 事象の生 起確率と、当該事象の影響の大きさを軸とするマトリクス図上でゾーニングして考えるとわかりやすい。図 4.1.2 には、ダムの地質調査におけるリスク評価の考え方の例を示す。





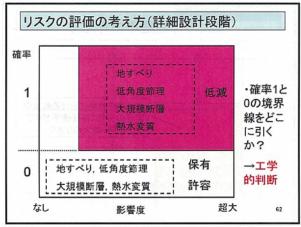


図 4.1.2 リスク対応方針の考え方の例5)

この例では、概略設計段階から詳細設計段階に事業が進展すると同じ地質課題に対する発生確率の考え方を変える必要がある。また、詳細設計段階では曖昧な発生確率は許容されないこと、すなわち確定論的な調査を進めてリスクを最小限まで削減することが必要であることを示している。

(1)地質リスクの削減

地質リスクが発現した場合の事業コスト損失が比較的大きく、地質リスク削減費用が相対的に 小さいと評価できる場合は、追加調査、設計変更、施工方法変更等の地質リスク削減策を適用し て地質リスクを削減する。

地質リスクの削減策は、事業の段階や地質リスク要因の特性により異なるが、少ない費用で大きな地質リスク削減が望める効率的な対策を検討することが重要である。このとき、地質リスクを計量可能であれば調査費を投入する位置や数量等に応じた地質リスク削減効果が明瞭になり、調査方針を合理的に決定できる。

事業の初期段階では定量的なリスク計量は困難と考えられるので、事例収集結果の分析などを 有効に活用する。

効果的な地質リスク削減策は、一般に最もリスク効率的な対策と考えられるが、不適切な調査はリスクの増大要因である。また、基礎構造など設計方針によっては地質条件が同じであってもリスクが増大することがあるので、関係者による対話が重要である。

(2) リスク保有

地質リスクが発現した場合の事業コスト損失が小さく、当該リスクが発現したとしても工事中 に容易に対処可能であるような場合は、対応策を講じない、すなわちそのまま地質リスクを残し たままで次段階に進む、あるいは工事を発注するなどの対応が考えられる。

(3) リスク回避

地質リスクが発現した場合の事業コスト損失が非常に大きく、また当該地質リスクに関わる不 確実性を削減するための費用も同様に大きい場合は、当該事業を中止する、事業サイトの選定か らやり直す、などの対応が考えられる。

(4)リスク移転

標準請負契約では、発注時の施工条件明示において示された地盤条件が実際の状況と異なって おれば、その結果生じた設計変更は発注者が負担している。これは、地質リスクを発注者が保有 して発注しているということである。

これに対し、地質リスクに関わる不確実性の削減費用が比較的大きいにも関わらず、事業コスト損失の削減額が比較的小さい、あるいは事業コスト損失の見積もり精度が低いなどの場合は、リスク分担のルールを明確化した上で当該地質リスクに関わる不確実性を削減するかどうかの判断を受注者にゆだねる、すなわち地質リスクを受注者に移転する対応が考えられる。例えば設計・施工一括発注方式による発注がこのようなリスク移転の例である。この場合に重要であるのは、発注時の施工条件明示であり、地質リスクが発現した場合のリスク負担ルールを契約条項に盛り込んでおく必要がある。

なお、リスクを施工業者に移転する場合、入札価格は相応に大きくなると考えられる。しかし、 受注者の受注意欲や地質リスクに対する独自の分析等に応じて入札価格は抑えられる可能性はあ り、また発注者は工事発注後の事業コスト変動を抑制できるというメリットがある。

4.1.5 地質リスクの伝達

地質技術者は、評価した地質リスク要因、各地質リスク要因への対応方針等について報告書に具体的に記述し、発注者はそれら地質リスク要因に対して決定した対応方針を付加して次段階に伝達する。

抽出した地質リスク要因の全てについての評価結果と、各地質リスク要因に対する対応策を次段階に引き継ぐことが重要である。この引継ぎにより、既述のPDCAサイクルが途切れることなく継続し、リスク削減のスパイラルが望ましい方向となる。

以上述べた地質リスクマネジメントについて、道路事業を例にした総括表を表 4.1.3 に示す。

リスクマネジメントサイクル

	事業段階	地質リス	ク要因の抽出	地質リスク評価		地質リスク対策検討		実施・フィードバック・展開	
		・構想段階から地質技術者が参画し、路線上の不都合な地盤条件を大まかに認識する。ただし、イベントがいつ、どのような要因でどのように影響するのか、想定する。 (この段階では不都合な事象の想定が主)		・リスクの大きさを、発現可能性 評価によりランク分けする。	や影響の大小を基に検討し、定性的	・リスク評価結果をもとに、リスク対応方針を検討する。			
		具体のリスク要因例	ツール	手法	ツール	方針	対応策	・地質リスクマネジメント報告	
	計画段階	 ・軟弱地盤 ・活断層や構造線 ・大規模地すべり ・廃棄物不適正処分、自然由来重金属 汚染との遭遇 ・地下水、温泉等の枯渇 	 ワークショップ (ブレーンストーミング) 検討委員会、技術顧問 地形図、地質図、周辺での工事誌 リスク発現事例 リスクレジスター (リスクマトリクス) 	ワークショップ経験的判断技術顧問	・検討委員会 ・リスク発現事例(リスク・不確実性 マップ) ・リスクレジスター(リスクマトリク ス)	・リスク回避 → ・リスク削減 →	基準・マニュアル等にしたがった対応策 ・ルート変更 ・追加調査、基本構造再検討	を作成し、次段階へ申し送り。 ・構造再検討・変更を含む計画	
		・地質調査結果を咀嚼し、個別地 ・詳細設計上過大な不確実性の存 ク要因など、地質リスクを抽出し	否、あるいは好機となりうる地質リス	レベルに合わせて具体的な影響		地質調査の費用対効果、設計レベル、残余リスクの大きさなどを検 討し、リスク対応策を決定する。		・調査、設計精度の高まりと合 わせ、許容できるリスクの大き	
	測量・設計段階	具体のリスク要因例	ツール	手法	ツール	手法	ツール	さになるまでPDCAサイクルを回 す。	
		・支持層分布、強度のばらつき ・断層、変質帯等の存否 ・湧水、渇水影響 ・斜面不安定化懸念 ・過大設計、過小設計	・検討委員会、技術顧問・設計VE・前段階リスクマネジメント報告書・リスクレジスターアップデート・リスクブレークダウンストラクチャー	・地質リスク調査検討業務 ・検討委員会、設計VE ・先例検討 ・確率分析、信頼性解析など定 量的地質リスク計量化	・NEXCO3社方式実施調査計画策定・力学、水理シミュレーション・イベントツリー、シナリオ分析・応答曲面法、モンテカルロシミュレーション	・リスク削減・リスク移転・リスク受容	・追加調査・試験、修正設計 ・構造変更、基礎形式変更、地盤改良 ・発注形態検討 (PFI, DB) ・GBR等によるリスク分担明確化 ・工事積算	・調査設計の最終段階で地質に 関わる総合的な解析報告書をと りまとめ	
事業		・詳細設計申し送り事項・施工計画、仮設設計・最終的な地質解析報告書などの結果から、工事発注	に際しての残余地質リスクを特定	工事発注できるレベルのリスクかどうか、評価		残余地質リスクの大きさに応じて、リスク対応策を検討する。		・施工条件明示図書の確定 ・PFI、DBにおいては、リスク分	
	工事発注段階	具体のリスク要因	ツール	手法	ツール	手法	ツール	担ルールを設定。あるいはベー	
段階		・設計図書と現場の相違・仮設に関わる調査不足・重大な地質リスクの見落とし・過大設計、過小設計	・技術顧問・詳細設計報告書・入札時VE・リスク分担法・GBRのレビュー	・基本設計会議 ・先例検討 ・技術委員会 ・CMの活用 ・定量的地質リスク計量化	・力学、水理シミュレーション ・イベントツリー、シナリオ分析 ・応答曲面法、モンテカルロシミュレーション	・リスク移転	・追加調査および修正設計・発注方式の検討・リスク分担ルールの再検討・予備費計上	スラインを設定し、GBR作成。	
		・施行中の地質リスク発現、予期 ・不適正廃棄物や、自然由来汚染 ・災害あるいは安全管理上のやむ ・設計との相違 などを事前に想定、または工事	土壌との遭遇 を得ない対応		査・試験を実施・分析して発現リス もとに、対応設計、対応工事費用積	更)を決定する。	策(変更設計、対策工事、工法変 協議し、費用分担について決定す	・工事竣工図書に、地質・地盤	
								』に関わろ確認事実 地質リスク │	
	工事段階	具体のリスク要因	ツール	手法	ツール	手法	ツール	に関わる確認事実、地質リスクに関わる対処内容等をすべて盛	
	工事段階	具体のリスク要因 ・未調査箇所での工事に 伴う不慮の不安定化 ・地下水噴出、地下水枯渇 ・強度不足、支持層不在	ツール ・CM、技術顧問 ・工事監理連絡会(四者協議) ・契約後VE	手法 ・技術管理費による調査 ・コンサルタント発注 ・インハウスエンジニア ・検討委員会の設置 ・土木研究所等の技術指導	・力学シミュレーション、安定解析	手法 同左	ツール ・設計変更、補助工法発注 ・工法変更など		
	工事段階	・未調査箇所での工事に 伴う不慮の不安定化・地下水噴出、地下水枯渇・強度不足、支持層不在・長期間にわたる供用期間中の被	・CM、技術顧問 ・工事監理連絡会(四者協議)	・技術管理費による調査 ・コンサルタント発注 ・インハウスエンジニア ・検討委員会の設置 ・土木研究所等の技術指導	・力学シミュレーション、安定解析 ・原位置調査、試験 ・試験施工 ・類似事例調査 あるいは箇所別、構造物別に作成	同左 解析による評価結果をもとに、維 ・地盤条件を考慮した最適維持管 ・地盤条件を考慮した最適防災計	・設計変更、補助工法発注・工法変更など持管理計画を策定する。理計画	に関わる対処内容等をすべて盛 り込み、維持管理段階に引き継	
	工事段階 維持管理段階	・未調査箇所での工事に 伴う不慮の不安定化 ・地下水噴出、地下水枯渇 ・強度不足、支持層不在 ・長期間にわたる供用期間中の被 クについて、モニタリングや各	・CM、技術顧問 ・工事監理連絡会(四者協議) ・契約後VE 災リスク、地盤構造物の劣化リス	・技術管理費による調査 ・コンサルタント発注 ・インハウスエンジニア ・検討委員会の設置 ・土木研究所等の技術指導 ・リスク削減費用対効果を路線別	・力学シミュレーション、安定解析 ・原位置調査、試験 ・試験施工 ・類似事例調査 あるいは箇所別、構造物別に作成	同左 解析による評価結果をもとに、維 ・地盤条件を考慮した最適維持管 ・地盤条件を考慮した最適防災計	・設計変更、補助工法発注・工法変更など持管理計画を策定する。理計画画(斜面)	に関わる対処内容等をすべて盛 り込み、維持管理段階に引き継	
	,維持管理段階	・未調査箇所での工事に 伴う不慮の不安定化 ・地下水噴出、地下水枯渇 ・強度不足、支持層不在 ・長期間にわたる供用期間中の被 クについて、モニタリングや各 点検・把握する。 リスク要因 ・地震 ・風化、緩み、降雨 ・交通振動など人的インパクト ・材料劣化	・CM、技術顧問 ・工事監理連絡会(四者協議) ・契約後VE 災リスク、地盤構造物の劣化リス 種ハザードマップなどを利用して	・技術管理費による調査 ・コンサルタント発注 ・インハウスエンジニア ・検討委員会の設置 ・土木研究所等の技術指導 ・リスク削減費用対効果を路線別し、リスク効率性の観点から対応 手法 ・信頼性解析 ・地震時、降雨時破壊確率推定	・力学シミュレーション、安定解析・原位置調査、試験・試験施工・類似事例調査 あるいは箇所別、構造物別に作成優先度を検討する。 ツール ・マルコフ過程モデル ・モンテカルロジミュレーションによる 破壊確率	同左 解析による評価結果をもとに、維 ・地盤条件を考慮した最適維持管 ・地盤条件を考慮した最適防災計	・設計変更、補助工法発注 ・工法変更など 持管理計画を策定する。 理計画 画(斜面) など	に関わる対処内容等をすべて盛 り込み、維持管理段階に引き継	

4.2 定量的地質リスクマネジメント

計算により設計される構造物は、一般に荷重と抵抗、あるいは構造物の応答と限界状態の関係から 所定の安全余裕を確保するように、構造物の材料や形状寸法等が決定される。ここで所定の安全余裕 とは、例えば図 4.2.1 に示すように荷重と抵抗の関係に着目した場合、荷重と抵抗のばらつきから推 定される破壊確率*が構造物として妥当な範囲となるように、荷重と抵抗の特性値の離隔であるといえ る。この際の破壊確率が、これを満足しないことによって生じる事業コストや損失に及ぼす影響を考 え合わせ、「どの程度が対象構造物としての妥当な破壊確率なのか」を検討するのが「リスクマネジメ ント」である。

※ 破壊確率とは、例えば抵抗は荷重よりも大きいという設計の目標に対し、荷重と抵抗のばらつきから、抵抗よりも 荷重が大きくなるといった設計の目標を満足しない確率をいう。

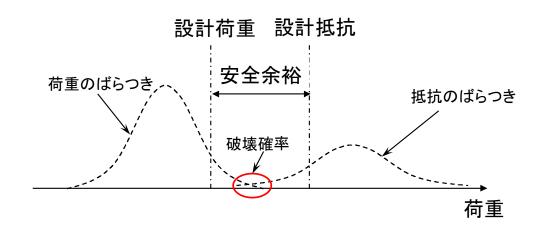


図 4.2.1 構造物の安全余裕

ここでは、調査の質や量などに応じて評価される地盤そのものと地盤挙動の不確実性を考慮し、どの程度の構造物とするか、あるいはどんな対策工を実施すべきかについて、事業コストや損失に及ぼす影響を考え合わせて検討する「定量的地質リスクマネジメント」の概要を述べる。

4.2.1 定量的地質リスクマネジメントの流れ

定量的地質リスクマネジメントの流れを図4.2.2に示す。

ここでは、既存データや対象とする限界状態の不確実性評価と構造物の応答解析から信頼性解析により破壊確率を推定し、別途事業費や被害損失の推定とを考え合わせリスクを推定する。これが受容リスクを満足すればそこで検討が終了するが、満足しない場合には、追加調査や対策工の検討から受容リスクを満足する最も合理的なアプローチを検討するものである。

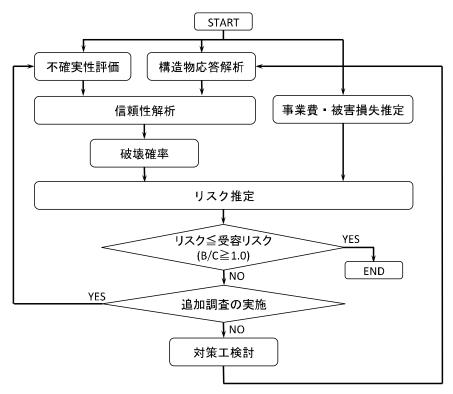


図 4.2.2 定量的地質リスクマネジメント

4.2.2 不確実性評価

ここでは、構造物の応答解析や限界状態に影響を及ぼす不確実性を評価して整理する。

地質に関する代表的な不確実性としては、例えば次のものなどがある。これらについて、限界状態 のばらつきと合わせて以下に説明する。

- 調査結果の空間分布
- 調査結果の設計定数への変換誤差
- 調査数量による不確実性

(1) 調査結果の空間分布

地盤は均一ではなく、調査結果もこれに応じてばらつく。例えば、標準貫入試験のN値が深さ方向や水平方向にばらつくことをイメージすると分かりやすい。しかしながら、これが設計に及ぼす影響は比較的小さい。これは、例えば杭の周面摩擦力を推定する場合、深さ方向に周面摩擦力度がばらついたとしても、結局は深さ方向に合計するため、このばらつきは杭の長さによって平均化されるためである。このことは円弧すべり計算でも同じことがいえる。

したがって調査結果の空間分布は、調査結果をそのまま不確実性評価するのではなく、設計対象に 応じて、例えば平均に対するばらつきなどとして評価⁶⁾するのがよい。

(2) 調査結果の設計定数への変換誤差

調査結果の設計定数への変換誤差とは、例えばN値から強度定数 c や ϕ を推定する際の誤差である。この不確実性は構造物の任意の断面の設計に及ぼす影響が大きいため、調査方法や室内試験方法に応じて、設計定数の設定に関する不確実性を適切に評価する必要がある。

(3) 調査数量による不確実性

堤防や道路盛土などのように延長の長い構造物の設計においては、調査数量の不確実性が設計成果

に及ぼす影響は大きい。例えば河川堤防の耐震性照査を行う場合、一般に照査は調査箇所で行われ、 この結果を調査していない箇所へも適用される。これは技術者の判断により適用されるが、数百メートル、場合によっては数キロメートルも調査が行われていない区間でも、調査箇所の結果が適用される場合もあり、ここには当然大きな不確実性が存在する。

例えば図 4.2.3 に、延長 5 km の盛土水路と 10 本のボーリングデータの例、および地表から 20 m 以内の液状化の影響も加味した平均的なせん断剛性(10^5 kPa)について、自己相関距離を 200 m とした場合の Kriging 7^{7} の手法で推定したばらつきを示す。ここで実線はせん断剛性の平均値、破線は ± 1 σ を表している。なお、標準偏差がゼロとなっている部分は調査地点であり、この例では調査地点でのせん断剛性を確定値として取り扱っている。

すなわちこの図では、調査地点のデータを調査していない箇所へ適用する場合の不確実性を表して おり、より遠くへ適用する場合により大きな不確実性を伴うことを表している。

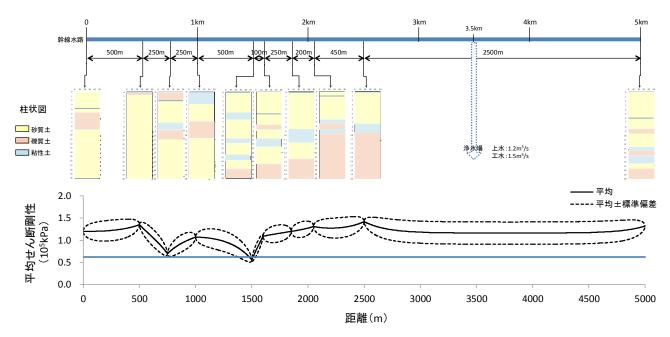


図 4.2.3 調査数量による不確実性の例

(4) 限界状態の不確実性

設計では、構造物の応答値が限界状態を超えないことを照査する。ここで、円弧すべり計算のように荷重と限界状態が同時に計算される場合を除き、例えば限界状態が杭の極限支持力やせん断耐力などのように、別途の研究から定められる場合には、杭の支持力式やせん断耐力評価式の実験結果(載荷試験結果)に対する再現性が限界状態の不確実性である。

(5) その他

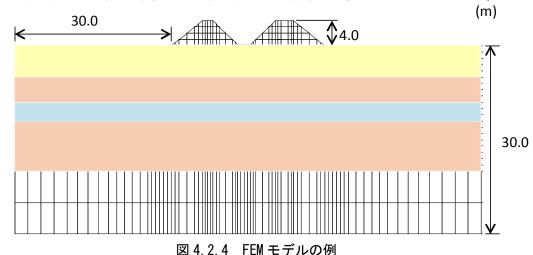
ここで示した以外にも設計に用いる不確実性は色々とあり、必要に応じて設計に及ぼす影響が大きなものは設計者の判断で考慮するものとする。特に、FEM 解析といった応答解析に用いる手法の不確実性を評価する。

なお、構造物の応答解析における応答曲面の簡略化において、独自のパラメータが必要な場合には そのばらつきについて評価する必要があるが、この点については次項で例示する。

4.2.3 構造物応答解析

構造物応答解析とは、円弧すべり計算や FEM 解析、あるいは基礎に及ぼす荷重の計算のことである。 ただし、後で述べる信頼性解析にあたり、例えば FEM 解析を百万回実施するといったことは現実的で はない。そこで、ここではこのための実用的な手法として応答曲面法⁹⁾を紹介する。

応答曲面とは、応答解析で得られる結果と応答解析に影響を及ぼすパラメータとの関係式と理解されるとよい。参考として、図 4.2.4 に示す地震時に液状化が懸念される地盤上の盛土水路の地震時沈下量の応答曲面の例を式 (4.2.1)、この応答曲面の FEM 結果の再現性を図 4.2.5 に示す。



$$S = \left[5.15 - 6.44 \left\{ 1 - EXP \left(-\frac{H_a - 0.6}{0.3} \right)^{0.14} \right\} \right] \cdot \left[1 - EXP \left(-\frac{FS_{03} - 1.8}{1.8} \right)^{0.7} \right]$$
(4. 2. 1)

ここに、S:沈下量(m)、 H_a :地表から 20m 以内の液状化の影響も加味した平均的なせん断剛性 ($10^5 k Pa$)、 FS_{03} : 地震動のフーリエスペクトルの $0-3H_z$ の積分値 (ga1)

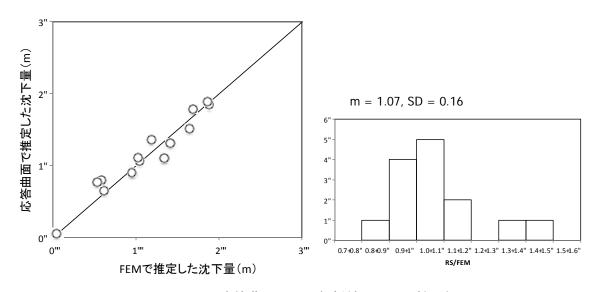


図 4.2.5 応答曲面の FEM 解析結果の再現性の例

すなわち、どんな複雑な解析であっても解析結果を再現しうる応答曲面を作成してしまえば、信頼性解析を簡易に行うことができる。ただし、応答曲面の再現性は信頼性解析における不確実性の 1 つとして考慮しなければならない。また、式(4.2.1)での H_a や FE_{03} など、応答曲面を作成する上で対象としたパラメータの不確実性は、事前に評価しておく必要がある。

4.2.4 信頼性解析·破壊確率

例えば構造物の応答を式(4.2.1)で推定する場合の性能関数を式(4.2.2)で表せば、破壊確率は モンテカルロ・シミュレーション(以下, MCSと呼称)により簡易に推定することができる。

$$g = S_{L} - S_{R}$$

$$= S_{L} - \left[5.15 - 6.44 \left\{ 1 - EXP \left(-\frac{H_{a} \cdot \delta_{Ha} - 0.6}{0.3} \right)^{0.14} \right\} \right] \cdot \left[1 - EXP \left(-\frac{FS_{03} - 1.8}{1.8} \right)^{0.7} \right] \cdot \delta_{RS} \cdot \delta_{FEM} \ge 1.0$$

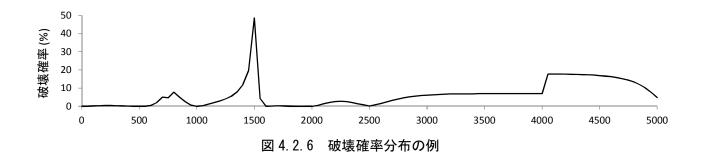
$$(4. 2. 2)$$

ここに、 S_L : 沈下の限界状態(m)、 S_R : 応答沈下量(m)、 δ_{Ha} : 平均的なせん断剛性の不確実性、 δ_{RS} : 応答曲面の FEM 解析再現性の不確実性、 δ_{FEM} : FEM 解析の実態挙動再現性の不確実性

ここで、不確実性はすべて確率変数で表す。なお、この例では、地震動は水路の各位置で予測されているものについて確定的に取扱うこととし、地震の発生にともなう不確実性は考慮していない。また、沈下の限界状態についてもここでは確定値として取り扱っている。

式(4.2.2)は、沈下の限界状態は応答沈下量より大きいことを意味しており、MCSではこれを満足しない確率を破壊確率として取扱う。 MCSの解説は 5.2 で述べる。

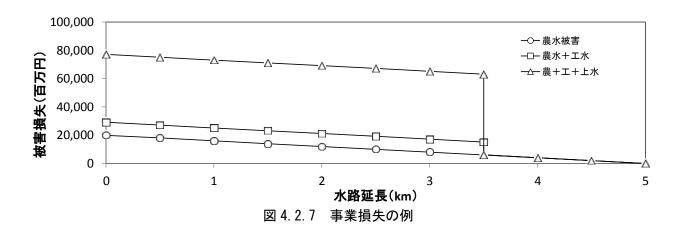
参考として、式 (4.2.2) により、沈下の限界状態を 1.2m とした場合の各水路位置での破壊確率の例を図 4.2.6 に示す。



4.2.5 事業費·被害損失推定

ここでは、問題が発生した場合の事業費増加、事業損失、復旧費、および社会的な損失について計上する。

例えば、既設水路の場合の各水路位置における事業損失の例を図 4.2.7 に示す。この水路モデルでは、上水、工水、および農業用水が供給されており、上水と工水は 3.5km 地点で浄水場へ供給され、農業用水は均等に周辺の田畑へ供給することを仮定している。



4.2.6 リスク推定

破壊確率、すなわち問題の生起確率と事業費・被害損失から対象構造物のリスクを推定する。一般には式(4.2.3)から推定される。

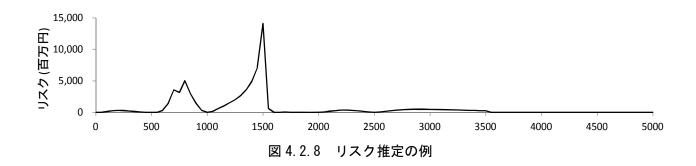
リスク = 生起確率
$$\times$$
 被害損失 $(4.2.3)$

参考として、図 4.2.6 と 4.2.7 で示した破壊確率と事業損失から推定された、水路各位置でのリスクを図 4.2.8 に示す。水路全体のリスクは、リスク分布を積分すればよく、この例の場合には約 680 億円と推定されている。

なお、水路の事業損失のみに着目した場合には、上流側で損傷した場合にそれより下流側の損失は ゼロとなるため、リスクは式(4.2.4)に示すように、水路各位置での健全である確率に破壊確率と被 害損失を乗じて推定している。

$$R_{i} = \{ (1 - P_{1})(1 - P_{2}) \cdots (1 - P_{i-1})P_{i} \} \cdot D_{i}$$
(4. 2. 4)

ここに、 R_i : i 点のリスク、 P_i : i 点の破壊確率、 D_i : i 点の被害損失



4.2.7 リスク評価

推定されたリスクに対し、受容リスクとの比較から対策等の必要性について検討する。ただし、一般に受容リスクを定めるのは困難なため、よく行われる手法として、対策等を実施した場合の効果を評価する費用対効果 (B/C) による評価法がある。ここで B はリスク低減料であり、C は対策等にともなう費用である。すなわち、B/C が 1.0 以上であれば対策等を実施する価値があるというもので、こ

の大きさにより対策等の実施を検討する手法である。

この評価方法の具体は、追加地盤調査や対策工検討で詳しく述べる。

4.2.8 追加地盤調査の検討

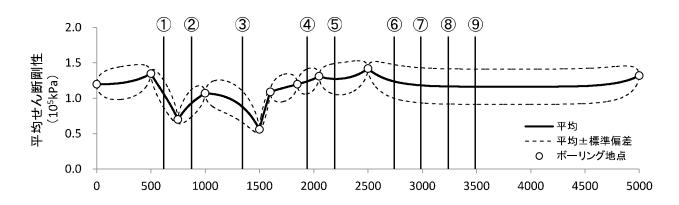
ここでは地盤調査による効果を推定し、追加地盤調査の実施とその量や位置を検討する。

ただし、一般に追加地盤調査はリスク低減上有効で、特に連続した構造物のリスクを低減する上で は、「極めて有効な対応策」である。

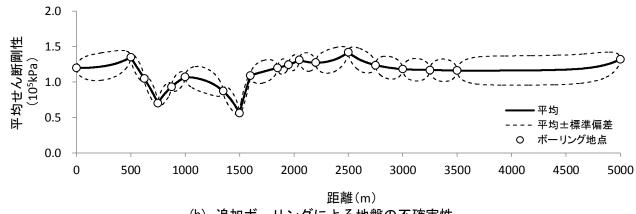
例えば図 4.2.3 で示した既存ボーリングによる地盤の不確実性に対し、図 4.2.9 に示すように、9 本のボーリングを追加し、その結果が図 4.2.3 で示した地盤の不確実性の平均値だったと仮定する。 すなわち、追加ボーリングの結果そのものは何ら嬉しくないものである。

しかしながら、追加ボーリングにより地盤の不確実性は減少しており、この結果を用いて推定した リスク分布を図4.2.10に示すが、全体のリスクは約580億円と既存ボーリングのみでの結果と比較し て、100 億円のリスクが低減されたことになる。この場合の費用対効果を表 4.2.1 に示すが、1000 万 円に満たない投資で100億円のリスクが低減されるため、費用対効果(B/C)は1000以上となり、追 加地盤調査の有効性がよく分かる。

なお、図 4.2.10 において、1.5km 地点のリスクが追加地盤調査前と比較して大きくなっているのは、 それより上流側での破壊確率が小さくなった、すなわち健全である確率が大きくなったためである。



(a) 既存ボーリングによる地盤の不確実性と追加ボーリング位置



(b) 追加ボーリングによる地盤の不確実性

図 4.2.9 追加ボーリングの仮定と地盤の不確実性

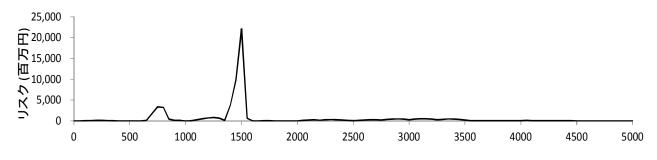


図 4.2.10 追加地盤調査後のリスク推定の例

表 4.2.1 追加地盤調査の費用対効果の例

(B/C 以外の単位は百万円)

地盤調査	無対策リスク	追加地盤調査によ るリスクの増減 (B = R ₀ - R ₁)	追加地盤調査費用 (C)	B/C
既存調査	$R_0 = 68,000$			
追加調査	$R_1 = 58,000$	10,000	9	1111

4.2.9 対策工検討

ここでは、対策工等にともなう効果を推定し、対策工の実施と工法と位置について検討する。

定量的地質リスクマネジメントでは、リスクの分布を確認することができるため、最も効果的な対 策工を選定することができる。

例えば図 4.2.10 で示したリスク分布に対し、図 4.2.11(a)の対策工を計画した場合のリス分を図 4.2.11(b)に示す。また、この際の費用対効果を表 4.2.2に示す。この結果によると、調査費を含み約 45 億円の対策により、610 億円のリスク低減が可能となり費用対効果 (B/C) は 11 以上と高い効果が期待できる。

ただし、これは1つの例であり、事業主体は予算に応じて最も効果的な対策工とその効果から、対 策等の対応を検討することとなる。

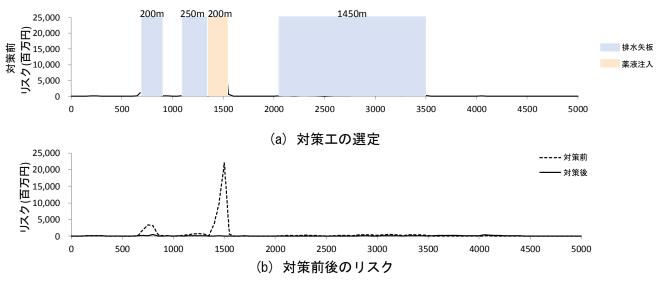


図 4.2.11 対策工と対策前後のリスク

表 4.2.2 追加地盤調査と対策工の費用対効果の例

(B/C 以外の単位:百万円)

		追加地盤調査+対策工
対策前リスク	R ₀	68,000
追加地盤調査+対策工費用	С	4,500
対策後リスク	R ₁	6,850
リスク低減量	$B = R_0 - R_1$	61,150
費用対効果	B/C	13.6

4.3 事業段階に応じた手法

4.3.1 事業段階

一般的に公共事業は、図4.3.1に示すように計画・構想、設計、施工、供用の4段階に区分することができ、さらに、設計段階には予備設計と詳細設計の詳細な段階が存在する。そして、地質調査は、各段階において、その都度、事業者と契約を結び別々の地質技術者により実施されており、事業段階間で地質リスクが確実に引き継がれていない場合もある。また、現時点ではこれらの各段階の地質調査において、地質リスクマネジメントの概念を導入した調査は一部の事業者を除き行われていない。

川井田(2013)10によれば、地質リスクの回避あるいは低減する対応として以下の順序が示されている。

- ①リスクのある地盤や地質を避ける
- ②避けることができない場合は、技術的に対処しやすい設計とする
- ③上記の選択ができない場合は、その対策を早くから準備する

構想・計画段階において地質リスクが特定できれば、路線や計画を変更し①の対応が可能である。しかし、調査・設計段階や施工段階になると、小規模な範囲での計画や施工の変更は可能であるが、多くの場合は用地取得が終了しており路線の変更はできずリスクを回避することができない。この場合は②の対応を採用することになる。

このように、各事業段階においては、採用することのできる対応方法に制約が生じるため、次項からそれぞれの事業段階における地質リスクマネジメントの手法について考察する。

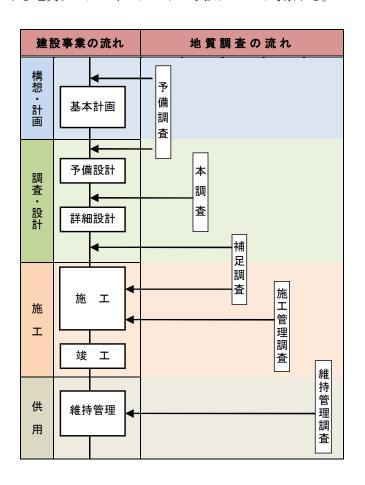


図 4.3.1 建設事業における一般的な事業段階と地質調査の関係

4.3.2 事業の関係者

建設事業には多くの関係者が存在し、各事業段階において関係者が異なっている。その現状の関係を図 4.3.2 に示す。いずれの段階においても、事業者はその事業の中心的役割を果たすため、常に関わることになる。また、地質技術者も各段階で事業に関わっている。一方、設計技術者は主に設計段階に、施工技術者は主に施工段階、維持管理技術者は主に維持管理段階で事業に関わることになる。

このように、地質技術者は地質のエキスパートとして、すべての段階に登場し、地質リスクマネジメントを行う上で重要な役割を果たすことができる。

また、新たな取り組みとして、発注者(事業者)支援を行うためのジオ・アドバイザー¹¹⁾の運用も始まっており、地質技術者が事業者側に加わることで地質リスクマネジメントを円滑に実施できるようになる。

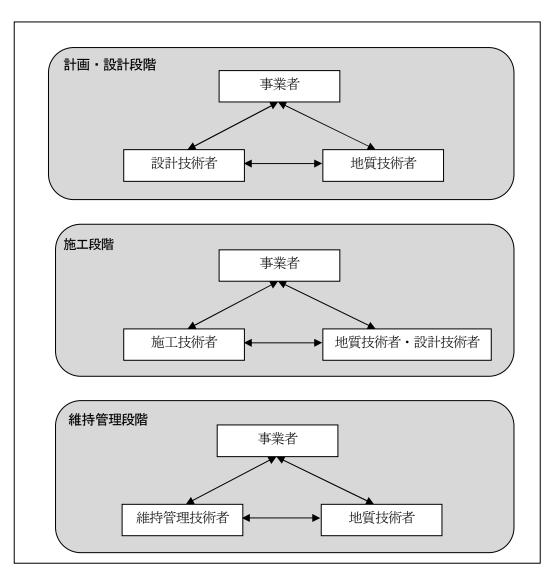


図 4.3.2 各事業段階における現時点の関係者

4.3.3 事業における地質リスクマネジメントのプロセス

従来の事業段階の中に地質リスクマネジメントを組み込んだフローを図 4.3.3 に示す。この図は道路事業のプロセスを参考にして、関係者間の地質リスクの伝達と地質リスクが各段階を踏んで削減されていく 状況を示している。また、対応すべき地質リスクマネジメントの内容について記載してある。

基本的に、地質リスクの削減は、適切な地質調査の計画と実施およびその解釈・解析により行われるものと考える。このため地質調査は事業の中で重要な役割を果たしていると考える。

また、地質リスクは、基本的には段階を踏んで小さくなる方向にマネジメントされるが、設計段階での 構造形式の変更や施工段階での新たな事象の発生等により地質リスクが増大する場合もある。このような 場合には、すべての当事者が柔軟に対応する必要がある。

事業段階における地質リスクマネジメントは各段階で実施される地質調査業務の中で実施されるが、単独の地質調査で実施し効果が挙がるものではなく、事業全体を通じ実施されることにより事業コストの適切なマネジメントに貢献することができる。なお、各段階の詳細なプロセスについては、4.3.4 以降に記載した。

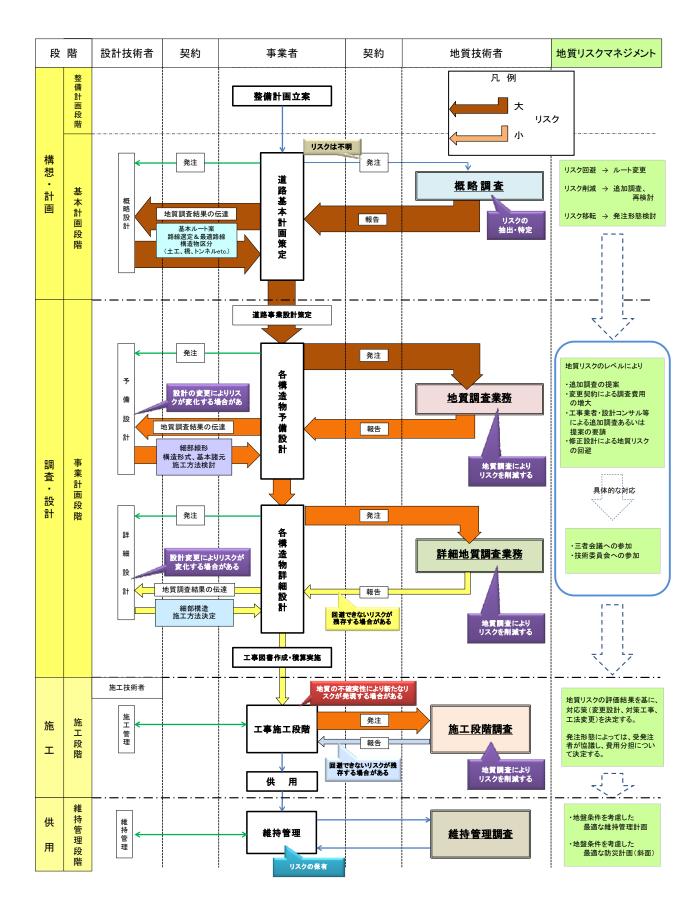


図4.3.3 公共事業(道路事業)における地質リスクマネジメントのプロセス

4.3.4 構想・計画段階における地質リスクマネジメントの手法

(1)検討に用いるインプット情報

構想・計画段階では、地質リスクとしてどのような要因がその事業に内在しているのか明らかになっていない場合が多い。この理由は、事業者が中心となり計画を進めることが多く、地質リスクに関する知識が不足している場合があるためである。

そこで、地質技術者が構想・計画段階から加わることにより、地形・地質に対する知識や経験に基づき、 以下に例示する事項をインプット情報とし、地質リスクマネジメントを実施することが望まれる。

- ・地質リスクマネジメントを行うためのインプット情報
 - ① 地形図判読
 - ② 空中写真判読
 - ③ 斜面災害履歴調査
 - ④ 地盤の液状化履歴調査
 - ⑤ 地表地質踏査

(2) 適切な有資格者等の活用

地質リスクマネジメントを実施する地質技術者としては、地質調査に関する多くの経験と知識を有する者が適切である。その裏付けとして、下記の資格を有する者が望ましい。さらに、その地域に精通した地質技術者や地質に精通した設計技術者が参画することにより地質リスクマネジメントを向上させることが可能になる。

- ・地質リスクマネジメントを実施する上で望ましい資格
 - ① 技術士(建設部門:土質及び基礎、応用理学部門:地質)
 - ② 技術士(総合技術監理部門:上記部門)
 - ③ 応用地形判読士
- ・地域に精通した地質技術者
- ・地質に精通した設計技術者

表 4.3.1 応用地形判読士を紹介した資料 12)

	地質調査技士	地質情報管理士	応用地形判読士
資格 制度	Y	2000	
制度 発足	昭和41年	平成18年	平成24年
趣旨	地質調査の成果は、後の解析や設計を通して将来の施工に係る品質やコストを大きく左右するものであり、この段階での技術的信頼が地質調査業務の根幹をなすものといえる。そこで、地質調査業務の自然・技術力向上等を目的に資格試験制度を発足。	地質情報の活用は、地質調査の精度向上に寄与するものであり、国土が狭く脆弱な地質からなる日本の場合、地質情報の積極的活用は意義が大きいといえる。 そこで、地質情報の適切な電子化と、その有効な活用の技術を兼ね備えた技術者の育成・技術向上等を目的に資格制度を発足。	地形判読の活用は、地質調査の精度向上に寄与するばかりでなく、建設事業の計画・立案から維持管理までの各段階に貴重な土地情報となる。そこで、正確かつ精度の高い地形判読能力を有すると共に、地質リスクを判断できる応用能力を有する技術者の育成・技術向上等を目的に資格制度を発足。
	査業務全般の品質向上に貢献	納品等)の品質向上をはじめ、地質情報の二次利用を通じた新たな事業展開	はじめ、調査一設計一施工一維持管理計画、防災計画や災害査定な
業界戦略	●地質調査専門業者の活用促進活動のための基本資格	●成果品の生成の部分(業務の出口)を地質情報管理士で品質確保することにより、地盤情報の有効活用(2次利用)に繋がる。	●地形と地質(地質調査技士)に関する資格制度により地質調査業務に付加価値が生まれ、新しい領域拡大に繋がる。 ●関係機関(国土交通省、(独)土木研究所等)に認知されている資格である。

(3)地質リスクマネジメントの内容

この段階における地質リスクマネジメントの目的は、想定され得る地質リスクを抽出・特定し、適切な調査計画を策定することである。

この段階の地質リスクマネジメントの手法としては、リスクを回避する方法、リスクを削減する方法、 リスクを移転する方法がある。

リスクを回避する方法は、一般論としては、道路計画であればルートの変更、ダム事業であればダム軸の変更などであるが、計画段階の作業が進んでいる場合には、これらの変更は困難な場合が多い。

リスクを削減する方法は、抽出された地質リスク要因に対し、適切な内容、適切な位置、適切な数量の 地質調査計画を立案することになる。実際の調査は、後工程で実施される本調査(地質調査業務)で実施 される。この地質リスク要因を特定した上での地質調査計画の立案は重要な事項である。

リスクの移転は、発注形態を検討することになる。その一例として、設計・施工一括発注方式による発 注や委託業務のプロポーザル方式において、地質リスクを把握する業務(地質リスク調査検討業務)が発 注できるようになった。

(4)地質リスクの伝達

この段階の関係者は、事業者、設計技術者、地質技術者である。地質技術者は、上記のインプット情報 や自らの経験と知識にもとづき、地質リスクを抽出し特定する。更にこの結果から、後続の地質調査計画 を立案する。

地質技術者は、ここで抽出された地質リスクを事業者に報告し説明する。報告に際しては、地質の知識が乏しい事業者に対しても十分に理解できるよう心掛ける。また、事業者に伝達された地質リスクに関する情報は、設計技術者に伝達される。そのためには、判り易い表現が必要になる。

設計技術者に伝達された地質リスクの情報は、設計技術者により設計作業に取り込まれ設計資料となる。 この設計技術者の作業過程で、新たな地質リスクとなる事項が指摘される場合がある。この時には、設計 担当者から事業者に報告が行われ、地質技術者にフィードバックされる。

表 4.3.2 に伝達されるべき地質リスクに関する情報の例を示す。これらの地質リスクは事業に対する影響度と発生確率から評価するとともに、費用対効果についても併せて検討する。

地	質リスクとして伝達されることが 望ましい事項	地質リスク対応の検討内容
	・地層の走向傾斜の構造	・ルート変更、のり面対策、のり面切土勾配
切土	・地層の亀裂、節理の構造	・ルート変更、のり面対策、のり面切土勾配
	・地すべり地形の有無と大小	・ルート変更、地すべり土隗の除去、 地すべり対策
盛土	・ 軟弱地盤の深浅	・ルート変更、軟弱地盤対策
橋梁	・平坦地における支持層線の深浅	・ルート変更、基礎形式選定
備条	・傾斜地における支持層線の凹凸	・ルート変更、基礎形式選定、斜面対策
トンネル	・坑口における偏土圧(地すべり)の大小	・ルート変更、斜面対策、トンネル構造検討
掘割	・地下水環境への影響の大小	・ルート変更、縦断勾配変更、通水対策

表 4.3.2 道路事業の構想・計画段階における主な地質リスクの伝達内容

4.3.5 調査・設計段階における地質リスクマネジメントの手法

(1)検討に用いるインプット情報

調査・設計段階では、構想・計画段階の地質リスクの抽出・特定を受けて、地質リスクマネジメントを 実施する。実際には、この段階では物理探査やボーリング調査などの現地調査が実施されることになる。 そして、想定された地質リスクの確認が行われる。

この際に用いる調査手法としては、概査から精査へ階層性を活用し、経済的で合理的な調査が行われる。

- ・調査・設計段階における地質リスクマネジメントを行うためのインプット情報
 - ① 弹性波探查
 - ② 電気探査 (二次元探査)
 - ③ スウェーデン式サウンディング
 - ④ 静的コーン貫入試験 (CPT)
 - ⑤ ボーリング調査

(2)適切な有資格者等の活用

調査設計段階においても、活用すべき技術者は構想・計画段階と同じ資格等を有する技術者であることが望ましい。

(3)地質リスクマネジメントの内容

この段階の地質リスクマネジメントの目的は、以下のとおりである。

目的①: 構想・計画段階で提示された地質リスクを解決するための現地調査の実施

目的②:現地調査を進める中で新たな地質リスクの有無を検討し、有の場合は地質リスクの解明をその 業務の中で行うか、または、地質リスクを留保し後段階で解決のための調査を行うかの判断 この段階では、事業が進行し用地買収が終了しているため、ほとんどの場合、計画路線のルート変更等 ができない。このため、地質リスクを削減する方法のみが採用されることになる。

地質リスクを削減する方法としては、構想・計画段階で示された地質リスクに対応した適切な現地調査を実施することになる。また、当初に想定していない地層や岩石の出現、被圧地下水の出現などが予見された場合には、実施している業務の中で追加調査の提案を行うなどして、柔軟に対応することが望まれる。 工期や費用の面で、当該業務では実施できない場合は、後段階での業務として実施されるために後続調査計画を立案し伝達する。

追加調査の提案(当該業務内で実施、または後続業務で実施)

また、予備設計等が同時に実施されている場合には、設計技術者と情報交換を行い、修正設計等により地質リスクを回避できることを提案することが望まれる。このような場面として、事業者・地質技術者・設計技術者による新たな三者協議会が開催され、対等な立場でより直接的に地質リスクに関する情報の伝達ならびに共有が行われることが望ましい。

新たな三者協議会の開催(事業者・地質技術者・設計技術者)

(4)地質リスクの伝達

この段階では、現地調査が実施されることにより、事実に即した情報が取得されている。しかし、上記したように工期の制約や予算の制約により、十分な調査が実施されない場合もある。このような場合には事業者と綿密な協議を行い、後段階で実施すべき調査計画を策定する必要がある。この調査計画には、地質リスクに関する事項が中心となり記載されるべきであり、地質リスクの重要な伝達になる。

また、地質技術者が地質調査結果をモデル化し考察・評価するが、その過程において地質リスクが内在することもあり、これについても伝達する必要がある。なお、モデル化の過程に内在するリスク要因については、すでに3.2.2で述べているので参照されたい。

調査・設計段階で伝達されるべき地質リスクに関する情報の例を表4.3.3に示す。

地	質リスクとして伝達されることが 望ましい事項	地質リスク対応の検討内容
لتا الـ	・地層の風化度および膨潤性の評価と 道路施工への影響	・切土のり面勾配、のり面対策工の比較検討
切土	・地すべりのすべり面深度および活動度 の評価と道路施工への影響	・複数案による地すべり対策の比較検討
盛土	・軟弱地盤の地層構成および土質定数 の評価	・複数案による軟弱地盤対策の比較検討 ・採用する地盤定数の比較検討
橋梁	・地層構成および具体的な支持層線の 凹凸状況の評価 ・土質定数に基づく設計用定数の評価	・杭の根入れ長などの基礎形式の比較検討 ・採用する地盤定数の比較検討
トンネル	・地山評価の決定過程の評価 ・断層破砕帯の性状、規模、地下水状況 の評価とトンネル施工への影響	・トンネル構造の検討、地下水対策の検討
掘割	・地下水位変動、帯水層区分、水理定数 の評価と周辺環境への影響	・地下水止水の検討、通水対策の検討

表 4.3.3 道路事業の調査・設計段階における主な地質リスクの伝達内容

4.3.6 施工段階における地質リスクマネジメントの手法

(1)検討に用いるインプット情報

施工段階では、地山の掘削や基礎杭施工などの建設工事が施工される。これにより、地質調査では把握することのできなかった新たな地質リスクの発現や留保していた地質リスクが発現することがある。

施工後に地質リスクが発現した事例として、橋台の基礎杭の根入れ長不足により橋台に沈下が発生した事例がある¹³⁾。その原因を把握するために調査ボーリングが実施され、海側の支持層線が調査・設計時に想定した支持層ラインより深くなっていることが判明した。当初実施された調査ボーリングは、橋台位置の道路法線上の縦断方向の2本であった。しかし、地形は道路法線と直行する海側に傾斜しており、道路法線と直交する方向における測線での調査ボーリングは実施されていなかった。このため、道路法線上での調査結果により杭長が設計され施工された。地質リスク発現後に道路法線に直交する海側で実施された調査ボーリングにより、支持層線が深くなっていることが判明した。

この事例の場合は、支持層の出現深度を3次元で把握していなかったことに原因があり、調査・設計段

階および施工段階で橋台4隅における調査ボーリングの実施を含んだが地質リスクマネジメントが実施されていれば事業損失を防げた可能性がある。

顕在化した地質リスクに対応するために、以下に示すような施工に伴う情報を収集し、地質リスクマネジメントのインプット情報とすることができる。

- ・施工段階における地質リスクマネジメントを行うためのインプット情報
 - ① 工事施工記録
 - ② 追加ボーリング調査
 - ③ 施工に伴う斜面等の動態観測記録
 - ④ 地下水位観測記録

(2) 適切な有資格者等の活用

施工段階においても、活用すべき技術者は構想・計画段階と同じ資格等を有する技術者であることが望ましい。より多くの施工中の現場における地質調査に携わったものであればさらに良い。

(3)地質リスクマネジメントの内容

施工段階においては、地質リスクが発現してからの対応ではなく、地質リスクが発現する前にその地質リスクを把握し、施工前に地質リスクを解決しておくことが重要である。

このためには、現在、実施されている三者協議会(発注者・設計技術者・施工技術者)において、地質リスクの有無を適切に説明し、地質リスクが存在すればその地質リスクを解決しておく地質調査の実施を提案することが重要である。しかし、現在の三者協議会に設計技術者が参加しているという理由から地質技術者の参加は要求されていない。地質を熟知している地質技術者が三者協議会に参加することにより地質リスクを適切にマネジメントすることが可能になることから、今後、地質技術者が協議会に参加する環境を整備することを提案する。

三者協議会への参加(発注者、設計技術者、施工技術者+地質技術)

地質リスクに対する認識は、構想・計画段階や調査・設計段階を通じて発注者・設計技術者に理解されているものと思われる。しかし、施工技術者には地質リスクについての認識がないため、今後は施工技術者にも理解してもらえるような地質技術者の活動が必要になる。

(4)地質リスクの伝達

施工段階で伝達されることが望まれる地質リスクは、工事費を増大させる可能性がある事項とその対応 方法、施工中の安全管理のための事項とその対応方法になる。事業費の観点から前者についての伝達され るべき地質リスクに関する情報の例を表 4.3.4 に示す。

表 4.3.4 道路事業の施工段階における主な地質リスクの伝達内容

地	質リスクとして伝達されることが 望ましい事項	地質リスク対応の検討内容
切土	・切土のり面背後からの斜面崩壊発生の評価	・追加対策工の検討 ・切土のり面背後斜面の調査 ・のり面および背後斜面の動態観測
	・膨潤性地山における盤膨れ発生の評価	・追加対策工の検討 ・のり面の動態観測の検討
盛土	・盛土の安定と沈下発生の評価 ・盛土周辺地盤への影響の評価	・追加対策工の検討 ・盛土および周辺地盤の動態観測
橋梁	・地耐力不足、根入れ不足の評価	・地耐力の調査、支持層出現深度の調査
トンネル	・坑口斜面の不安定化の評価・断層破砕帯等に伴う地下水異常出水の評価	・トンネル構造の検討、地下水対策の検討
掘割	・周辺井戸の水位低下の評価 ・水質汚濁の評価	・止水対策の検討 ・地下水揚水の検討

4.3.7 維持管理段階における地質リスクマネジメントの手法

(1)検討に用いるインプット情報

維持管理段階は、道路事業であれば供用開始直後から長期間にわたることになる。このため、経時的な構造物の劣化、地層や地盤の劣化(風化)、地下水の変化等を考慮する必要がある。維持管理段階において地質リスクマネジメントを行う場合には、長期的な視野に立ち、どのような地質リスクが顕在化するかを検討する。このような検討のためには、以下に例示する事項をインプット情報として、地質リスクマネジメントを実施することが望まれる。

- ・維持管理段階における地質リスクマネジメントを行うためのインプット情報
 - ① 各段階で実施された地質調査結果
 - ② 日常点検記録
 - ③ 同種の地質分布域での災害等の記録
 - ④ 施工時の動態観測記録
 - ⑤ 地下水位観測記録

(2) 適切な有資格者等の活用

高度経済成長期に整備された社会資本ストックの老朽化が急速に進むなか、維持管理段階においても活用すべき技術者は、構想・計画段階と同じ資格等を有する技術者であることが望ましい。また、国交省は平成26年7月に「社会資本メンテナンスの確立に向けた緊急提言:民間資格の登録制度の創設について」。を作成した。資格制度の検討を急ぐ対象となる施設は、道路橋や道路トンネル、河川堤防・河道、砂防設備、海岸堤防、下水道管路、公園施設などであり、これらに関する資格を有することも地質リスクマネジメントを行う上で重要である。

(3)地質リスクマネジメントの内容

国交省の「社会資本メンテナンスの確立に向けた緊急提言:民間資格の登録制度の創設について」において示された道路トンネルにおける維持管理・更新の標準的な業務プロセスを図4.3.4に示す。このプロセスではトンネル構造物に対する点検・診断の内容については記載されているが、トンネル坑口周辺の斜面やトンネル覆工背面の地山の劣化などの地質に関する点検・診断については記載されていない。将来的には図4.3.4の業務プロセスに地質リスクマネジメントの概念を導入した維持管理を行うことが望まれる。維持管理段階において、地質リスクマネジメントを行うことがふさわしい道路事業に関係する例を以下に示す。

のり面:長期にわたる風化作用に伴う地層の劣化によるのり面構造物への影響

地すべり:地下水排除工の目詰まりによる地下水状況の変化に伴う地すべり土隗の不安定化

アンカー工定着部の地層の劣化に伴う必要抑止力の低下

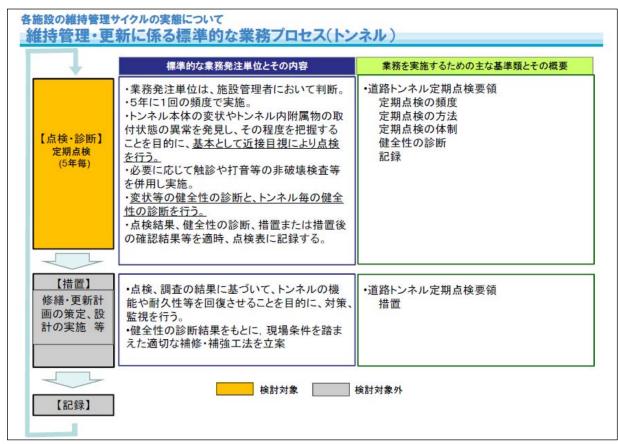


図4.3.4 道路トンネルにおける維持管理・更新の標準的なプロセス14)

なお、図 4.3.4 の維持管理・更新に係る標準的な業務プロセスについては、トンネルのほかに橋梁、堤防・河道、砂防、海岸堤防等、下水道管路施設、港湾施設、空港施設、公園施設についても示されているので、参考としていただきたい。

(4)地質リスクの伝達

維持管理段階で伝達されることが望ましい地質リスクは、長期的な視野に基づき地質リスクを特定し、 その対応についてマネジメントされることが望まれる。

表 4.3.5 道路事業の維持管理段階における主な地質リスクの伝達内容

地	質リスクとして伝達されることが 望ましい事項	地質リスク対応の検討内容
切土	・切土のり面の風化による不安定化の の評価	・風化を抑制するための追加対策工の検討 ・のり面および背後斜面の動態観測
盛土	・盛土の変形の評価 ・盛土周辺地盤の評価	・変形を抑制するための追加対策工の検討 ・盛土および周辺地盤の動態観測
橋梁	・支持地盤の変形の評価	・周辺地盤の動態観測
トンネル	・坑口斜面の不安定化の評価	・周辺地山の動態観測
掘割	・周辺井戸の水位低下の評価・水質汚濁の評価	・通水対策の効果確認の地下水位観測

1) 渡邊法美: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, 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, 2004

- 2) 渡邊法美: 地質リスク分析のためのデータ収集様式の研究,日本建設情報総合センター研究助成事業報告書,2008
- 3) 土木学会建設マネジメント委員会インフラ PFI 研究小委員会: 道路事業におけるリスクマネジメントマニュアル (Ver. 1.0), 2010.3
- 4) 原隆史:地質リスク活動の事例報告(全国地質調査業協会連合会50周年記念誌),2013
- 5) 脇坂安彦: ダム地質におけるリスクマネジメント, 平成22年度(社)建設コンサルタンツ協会 地質技術報告会 講演要旨,2010
- 6) 大竹雄, 本城勇介: 地盤パラメータ局所平均を用いた空間的ばらつきの簡易信頼性評価法の検証, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 68, No. 3, pp. 475-490, 2012.
- 7) Dagan, G. 1982. Stochastic modeling of groundwater flow by unconditional and conditional probabilities, 1, Conditional simulation and the direct problem, Water Resourced Research: Vol. 18, No. 4, 813-833.
- 8) 大竹雄, 本城勇介: 応答曲面を用いた実用的な地盤構造物の信頼性設計法, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 68, No. 1, pp. 68-83, 2012.
- 9) Honjo, Y. 2011. Challenges in geotechnical reliability based design; Proc. of the 3rd intern. symp. On Geotechnical Safety and Risk, 11-27, Munich, 2-3 June 2011.
- 10) 社会資本整備審議会・交通政策審議会技術分科会技術部会: 社会資本メンテナンスの確立に向けた緊急提言: 民間資格の登録制度の創設について, 2014.8

5. 地質リスクマネジメントの仕組みの例

5.1 リスク特定のための仕組みの例

地質リスクは、計画・構想、調査・設計、施工、供用の各事業段階における適切な時期に、地質のエキスパートである地質技術者が関わる地質調査業務によって特定され、特定されたリスクは後続段階へ確実に引き継がれて低減対策が講じられて行くことが望ましい。特に事業の上流段階で地質リスクを特定できれば対応するチャンスは大きく、地質に関わる事業損失を大きく低減することが可能となる。

この考え方を明確に打ち出したのが、1992年(平成4年)に日本道路公団が制定した『土質地質調査要領』及び『調査等共通仕様書』である。その要領・共通仕様書は民営化以降もNEXCO3社に引き継がれており、地質リスクという言葉こそ用いられていないものの、まさしく地質リスクマネジメントの重要性を制度化した仕組みであるといえる。以下、その仕組みと事例について紹介する。

(1) NEXCO 3 社の仕組み

NEXCO 3 社では、「契約締結後に受注者が現地を確認し、既存の調査結果及び計画されている 道路構造などを考慮して実施調査計画案を詳細に企画し、その案に基づいて監督員と協議のうえ、実施調査計画を策定する」業務を「実施調査計画」と定義し、その費用を支払う体系が確立されている。すなわち、受注者が既往文献調査や地表地質踏査を行って地質的に問題となる事象・要因(まさに地質リスク)を洗い出し、それを解決するための地質調査計画(実施調査計画)を立案することを求めているのである。また、予備調査〜概略調査〜詳細調査(第一次調査、第二次調査)と段階的に地質調査を進めることにより、設計に提供する地質データの精度を上げて行く、すなわち地質リスクを低減させて行くシステムとなっている。

一例をあげると、初期段階における概略調査の成果として「土木地形地質図」、「地質図」、「地 層地質縦断面図」等を作成し、次段階の詳細調査ではこれらを総括した形で「調査解析結果総 括図」において切土・盛土の設計・施工上の課題、橋梁等の構造物基礎設計・施工上の課題、 またトンネル設計・施工上の課題などを記述して後続業務に引き継ぐ仕組みとなっている。地 質技術者はそれらの課題に対して解決されていない地形地質上の問題点(地質リスク)を洗い出 して必要な後続調査計画案を策定し、発注者と協議のうえ次段階の調査設計に引き継ぐ仕組み である。

図5.1.1に第一次詳細構造物基礎調査の「調査解析結果総括図」例を示す。ここでは、構造物(橋台・橋脚)ごとに「設計施工上の留意点」を記載しており、地質リスクに関わる事項を後続業務(第二次調査・詳細設計・施工)に引き継ぐ事例である。

また、図5.1.2、表5.1.1には、後続調査計画の例を示す。現時点で未解明の地質リスク、ここではP2及びP4橋脚ジャスト位置での支持層深度とその強度、また地下水状況がリスクとして残されているため、後続調査においてこれらを確認する調査計画を引き継いでいる。

工事発注後はいわゆる三者協議(工事監理連絡会など)を行うことにより、工事施工に係わる 地質リスクを工事請負会社に引き継ぐことが行われる。

(2) 三者協議会

表5.1.2に三者協議会における質問の例を示す。三者協議会は、工事発注段階で発注者、施工者、 設計者が一堂に会して、施工者がいだく疑問点を解決して行く会議である。この事例の場合は、土 質・地質に関わる課題を明確にするため地質技術者も招聘されており、実質的には四者間で協議が行われた。ただし、この事例のように三者協議会に地質技術者が招聘される事例は稀であり、通常は発注者、施工者、設計者の三者協議会となっている。自治体において地質技術者を含めた四者協議会を行っている例もあるが、一般的には三者協議にとどまっているため、地質技術者の参画を制度化する仕組みを確立することが望まれるところである。

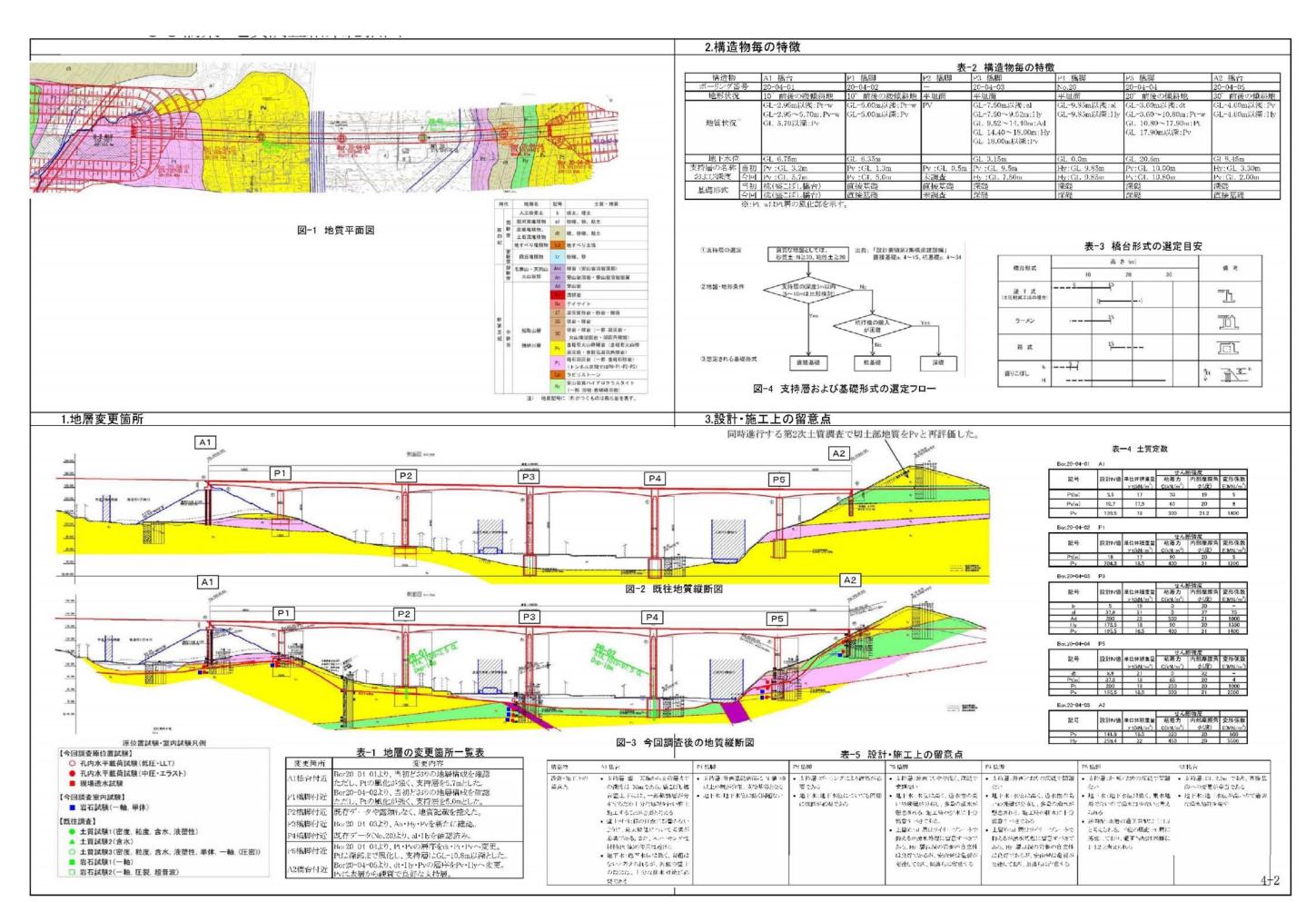


図5.1.1「地質調査結果総括図」例

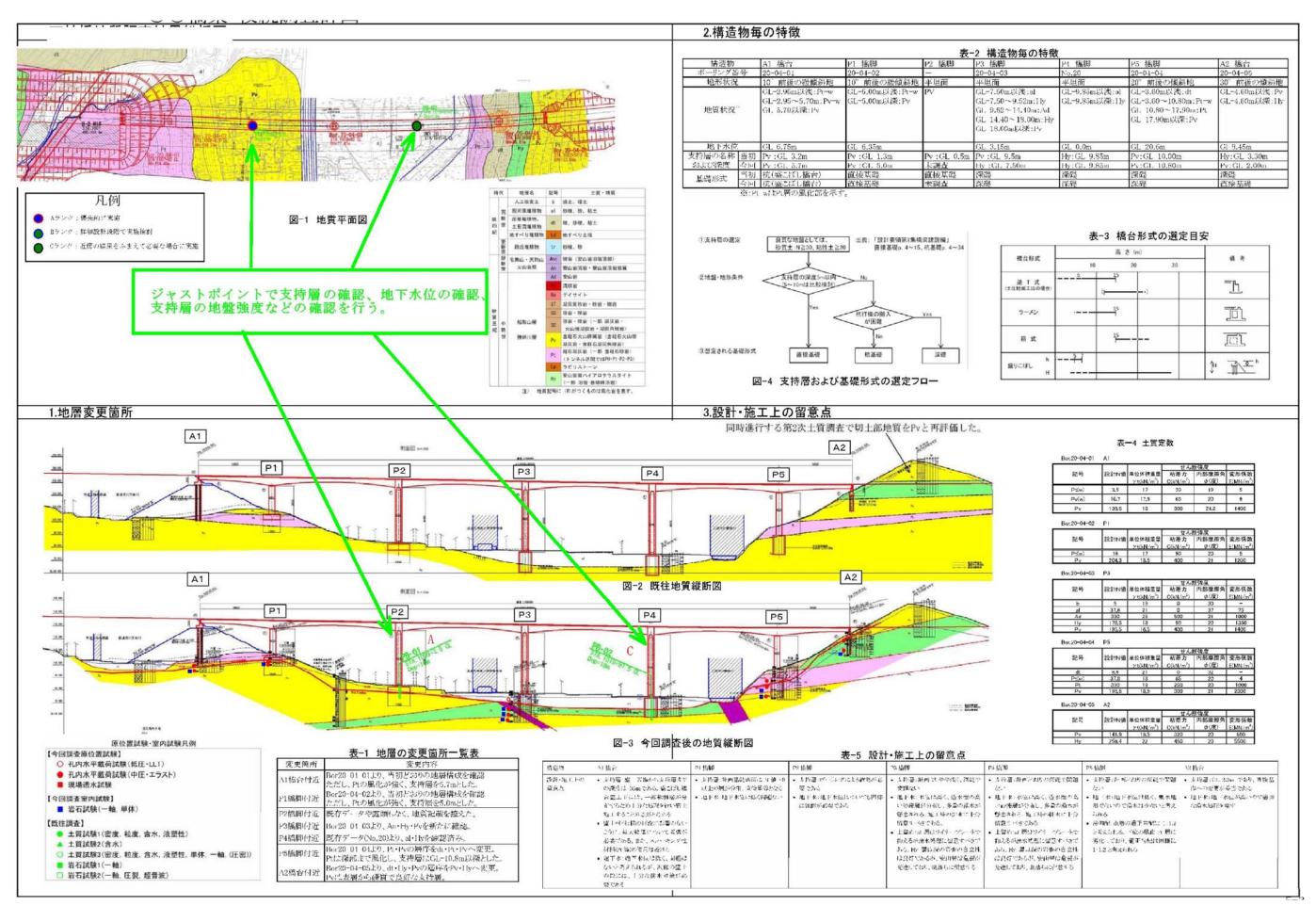


図5.1.2 「後続調査計画(案)」例

表 5.1.1 後続調査計画数量表(例)

		位置	情報				ボー	リング			原位置試		岩石試		
│ │調査孔番	STA	L/R	 構浩種類	│ │基礎形式	橋梁名	目的	】 孔径mm	計画深度	│標準貫入 │討騒討騒	孔内水平載荷試験		│ │ 流速測定	験(qu、	優先度	備考
ᆒᆵᆘᅖ	SIA	L/ IX	神坦性块	圣贬//八八	(仮)		101五11111	(m)		低圧	中圧	加处点定	γt)		
PB-01	1009+3.5	CL	P2	深礎杭	O O 括	支持層確認、地下水位確認、支持層の地盤 強度等確認	66	10	8		1		1	Α	民家玄関前で実 作業は困難。
PB-02	1010+97.5	CL	P4	深礎杭	○○橋	支持層確認、地下水位確認、支持層の地盤 強度等確認	66	18	16	1	1		1	С	
PB-03	1020+42.3	R20.5	A2	杭基礎	橋	支持層確認、地下水位確認、支持層の地盤 強度等確認、埋没谷の地下水流速確認	66	20	18	1	1	1	1	В	
PB-04	1021+11.5	R19.4	A2	杭基礎	跨道橋	支持層確認、地下水位確認、支持層の地盤 強度等確認、埋没谷の地下水流速確認	66	30	28	1	1	1	1	В	
PB-05	1050+33.3	R5.4	A1	深礎杭	梧	支持層確認、特に傾斜具合を確認、地下水 位確認、支持層の地盤強度等確認	66	16	14	1	1		1	O	基盤線が複雑。できれば支持層の傾きを確認すべき
PB-06	1051+1	R5.5	A2	深礎杭	""	支持層確認、特に傾斜具合を確認、地下水 位確認、支持層の地盤強度等確認、埋没谷 の地下水流速確認	66	23	21	1	1	1	1	O	基盤線が複雑。できれば支持層の傾きを確認すべき
PB-07	1054+96.4	CL	P1	深礎杭		支持層確認、地下水位確認、支持層の地盤 強度等確認	66	10	8		1		1	Α	
PB-08	1056+38.4	CL	P3	深礎杭	橋	支持層確認、地下水位確認、支持層の地盤 強度等確認	66	22	20	1	1		1	Α	
PB-09	1057+80.4	CL	P5	深礎杭		支持層確認、地下水位確認、支持層の地盤 強度等確認	66	27	25	1	1		1.	Α	
PB-10	1088+73.6	CL	P2	深礎杭	・ Bランプ [*] 橋	支持層確認、地下水位確認、支持層の地盤 強度等確認	66	15	13	1	1		1	В	
PB-11	1089+40.1	CL	P4	深礎杭		支持層確認、地下水位確認、支持層の地盤 強度等確認	66	18		1	1		1	В	
合計					<u> </u>			209	187	9 A:4基失的			11		

A:優先的に実施 優先度 B:詳細設計段階で実施を検討 C:近隣の結果をふまえて必要な場合に実施

表 5.1.2 三者協議会における質問例

〇〇〇〇工事 三者協議会質問書

No.	項目	確認内容	添付資料	備考
1	盛土材料	Pv層の試料採取地点が〇〇川左岸(STA1020付近)です。Pv層の物性値はバラッキがあると本文内にも記載がありますが、1ヶ所のデータ(〇〇会社:H21〇〇地区第二次詳細構造物基礎調査の〇〇S-2)のみで設計定数の設定は妥当でしょうか。追加の土質試験が必要ではないでしょうか。		
1-2		高盛土施工時に行うべき調査(盛土材や基礎地盤を対象)について、考えられるとしたらどの様なものが挙げられますか?(例:追加ボーリング、乱していない状態や乱した状態での三軸圧縮試験、大型一軸圧縮試験等)。また、置換範囲の考え方(高盛土およびC-Bx基礎)は、その試験データをフィードバックすると考えますが、いかかでしょうか?		
2		地震時の安定計算については、盛土材料(Pv)の土質定数の設定において、a線、b線により近似し、拘束圧の小さい盛土表層部と拘束圧の大きい盛土深層部に分けてそれぞれを使用するとされています(設計要領pp.6-16)。今回の盛土安定解析では盛土材料を全て同一として扱っていますが、そのあたりの見解はいかがでしょうか(ニューマーク法では考慮している)。	資料-1	
3		設計の強度が確保できる材料が無い場合の対策についてはどの様にお考えですか。		
4		ニューマーク法で使用している残留強度の設定についてどのような考えで設定されましたか。	資料-2	
5	高盛土安定計算	「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施エマニュアル改訂版」よるとジオテキスタイルの最大敷設間隔の目安が示されています。今回は盛土の安定検討の結果から1枚の敷設になっていますが、これに関してはいかがお考えでしょうか。	資料一3	
6		設計において使用されている「パラリンク」は通常軟弱地盤対策として、軟弱地盤上の盛土下部に使用されています。盛土本体の円弧すべり対策としての使用実績があるのでしょうか。盛土の補強土壁工や盛土補強工に使用されている「テンサー: 三井化学、三菱樹脂」「アデム: 前田工繊」などを使用し、多段敷設に変更したほうが良いと考えられますが、如何がお考えでしょうか。		
7		置換部分のジオテキスタイルT=800kNにおいて、引き抜きに対する安定性が検討されていないようですが、如何お考えでしょうか。	資料-4	
8	排水工	STA.1070付近の沢で雨水排水管が1系統に変更されていますが、設計要領では「2系統以上でφ600を標準とする。」とありますがどのようにお考えでしょうか。	資料一5	
9	高盛土沈下量	高盛土の予想沈下量が計算されていませんが、どの程度沈下すると予想されていますか。		
10	〇〇TN 〇〇坑口 6段切土の施工	坑口切土に関して、〇〇川を挟んで対面側は地すべり地帯となっています。 切土施工において斜面(法面)崩落の危険性や動態観測等および、現地踏査実施の必要性については、どのようにお考えでしょうか?		

5.2 計量化ツール

5.2.1 信頼性設計計算法

ここでは、信頼性設計の簡易的な概算手法と近年のパソコンの発達から信頼性設計で主流となりつつあるモンテカルロシミュレーション (Monte Carlo Simulation, 以下 MCS と呼称) を用いた具体的な計算例を示す。

簡易的な概算手法とは、荷重や抵抗(応答と限界値)の両方を正規分布と仮定して信頼性を推定する手法(以下,簡易法と呼称)であり、最近でも用いられることが少なくない。これは正規分布と仮定することでクローズドフォームがあり、荷重と抵抗の両方が標準正規分布の場合は式(5.2.1),対数正規分布の場合は式(5.2.2)で簡易に信頼性指標を推定でき、概算の信頼性を知る上で便利なためである。また、信頼性指標が分かれば,破壊確率も式(5.2.3)で求めることができる。ただし、正規分布で近似させるところが概算である所以であり、厳密解を得る必要がある場合には別途検討する必要がある。AASHTO(LRFD)でも多くの信頼性解析がこれによるが、詳細検討が必要な場合にはMCSによることとしている1)。

$$\beta = \frac{\overline{R} - \overline{S}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}$$
 (5. 2. 1)

$$\beta = \frac{LN\left[\frac{\overline{R}}{\overline{S}}\sqrt{\frac{1+COV_{S}^{2}}{1+COV_{R}^{2}}}\right]}{\sqrt{LN\left[\left(1+COV_{S}^{2}\right)\left(1+COV_{R}^{2}\right)\right]}}$$
(5. 2. 2)

$$P_f = 1 - \Phi(\beta) \tag{5.2.3}$$

ここに、 β :信頼性指標、 \overline{R} , \overline{S} :抵抗強度と荷重強度の平均値、 σ_R , σ_S :抵抗強度と荷重強度の標準偏差、 COV_R , COV_S :抵抗強度と荷重強度の変動係数、 P_f :破壊確率、 Φ ():正規分布関数(エクセルの関数は "NORMDIST")

次に MCS とは、任意の確率変数からランダムに値を抽出し計算を行うもので、確率変数の数や分布、および性能関数の線形/非線形にかかわらず、必要な回数の計算を行えば厳密な解を得ることができる方法である。以前は多くの回数を計算することが困難であったため、複雑な確率計算によらざるを得なかったが、近年のパソコンの発達から非常に簡易に行えるようになり、今後の信頼性設計計算法の主流になると考えられている。MCS における必要計算回数については、次項で具体的に述べる。

5.2.2 計算例

具体的な信頼性設計の例として、図 5.2.1 に示す 1 本の杭の杭軸方向押込み支持力の信頼性を計算する。

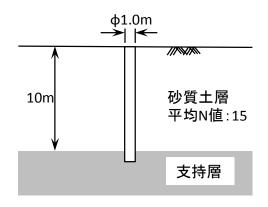


図 5.2.1 計算モデル

ここで杭は、径が $1.0 \,\mathrm{m}$ 、長さ $11.0 \,\mathrm{m}$ の場所打ち杭であり、先端 $1.0 \,\mathrm{m}$ が支持層に根入れされている。中間層は砂質土層で平均 N 値は 15 である。杭先端の極限支持力度を $3000 \,\mathrm{kN/m^2}$,極限周面摩擦力度を N値から推定 $(5\mathrm{N})$ するとすれば、この杭の極限押込み支持力は、式 (5.2.4) から $4710 \,\mathrm{kN}$ と推定される。

$$R_{u} = q_{d} \cdot A + U \cdot L \cdot f \tag{5.2.4}$$

ここに、 R_u :極限押込み支持力 (kN)、 q_d : 杭先端の極限支持力度 (kN/m^2) 、A: 杭先端の面積 (m^2) 、U: 杭の周長 (m)、L: 周面摩擦力を考慮する層の厚さ (m)、f: 杭周面の極限摩擦力度 (kN/m^2) 、杭の極限押込み支持力評価のばらつきとしては、多くの杭の鉛直載荷試験と式 (5.2.1) で示した支持力式との比較から、以下の値(載荷試験/支持力式)が得られているものとする。

平均值: 0.94、標準偏差: 0.276

一方押し込み力は1500kNで、ばらつきは以下のとおりとする。

平均值:1.0、標準偏差:0.2

なお、これらのばらつきは、支持力は標準正規分布と対数正規分布の両方を対象とし、押し込み力は標準正規分布として計算する。

支持力と押し込み力の両方を標準正規分布とした場合の簡易法による信頼性は、性能関数を式 (5.2.5) として式 (5.2.6), (5.2.7) から、信頼性指標は 2.2、破壊確率は 1.4%と推定される。 この結果を視覚的に図 5.2.2 に示す。ここで、押し込み力と支持力のばらつきの交わる斜線部分が破壊確率である。また、図中の σ は支持力と押込み力の平均的な標準偏差で、式 (5.2.8) から算出する。

$$g = R - S = R_u \cdot \delta_{Ru} - V \cdot \delta_V \ge 0 \tag{5.2.5}$$

$$\beta = \frac{\overline{R} - \overline{S}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} = \frac{4427 - 1500}{\sqrt{1299^2 + 300^2}} = 2.20$$
(5. 2. 6)

$$P_f = 1 - \Phi(\beta) = 0.014$$
 (5. 2. 7)

$$\sigma = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} \tag{5.2.8}$$

ここに、R, S: ばらつきを考慮した抵抗強度と荷重強度、 δ_{Ru} , δ_{V} : 支持力と押込み力のばらつき (確率変数)、V: 押込み力 (kN)

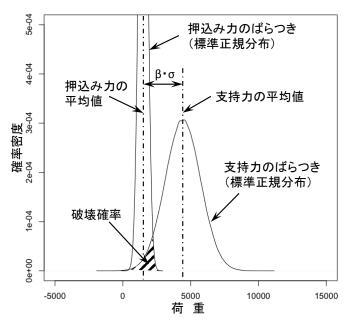


図 5.2.2 支持力のばらつきを標準正規分布とした結果

支持力を対数正規分布とした場合の信頼性は、以下に結果のみを示し、支持力のばらつきは図 5.2.3 に示す。

信頼性指標(β): 3.14 破壊確率(P_f): 0.083%

次に、押込み支持力のばらつきが全体としてはそのままに、将来的に表 5.2.1 に示すように分解できた場合を考える。この場合の性能関数は式 (5.2.9) のとおりとなり、複数の確率変数を取扱うため、ここでは MCS により信頼性を推定する。

平均值 標準偏差 分布形状 先端支持力のモデル誤差 0.8 正規分布 0.25 N値のばらつき 1.0 0.15 正規分布 N値から周面摩擦力度への変換誤差 1.2 0.3 正規分布 周面摩擦力のモデル誤差 0.9 0.3 正規分布

表 5.2.1 押込み支持力の構成要因のばらつき

$$g = R - S = R_{u} \cdot \delta_{Ru} - V \cdot \delta_{V}$$

$$= q_{d} \cdot \delta_{TM} \cdot A + U \cdot L \cdot f \cdot \delta_{N} \cdot \delta_{fN} \cdot \delta_{fM}$$

$$-V \cdot \delta_{V} \ge 0$$
(5. 2. 9)

ここに、 δ_{TM} : 先端支持力のモデル誤差、 δ_{N} : N値のばらつき、 δ_{fN} : N値から周面摩擦力度への

変換誤差、δ_M:周面摩擦力のモデル誤差で、いずれも確率変数

MCS (10⁶回) の結果によると、信頼性の結果は以下のとおりである。

信頼性指標(β): 2.57 破壊確率(P_f): 0.51%

この結果から、抵抗強度 (R) の平均値 (4427kN) と標準偏差 (1299kN) は同じだが、ばらつきの分解が可能な場合の非線形性を考慮することにより、得られる信頼性が異なることがわかる。これらの違いは、支持力全体を標準正規分布や対数正規分布とした場合と視覚的に比較したものを図 5.2.3 に示すが、複数の確率変数を有する支持力のばらつきが両者の中間的なものとなっていることから生じている。

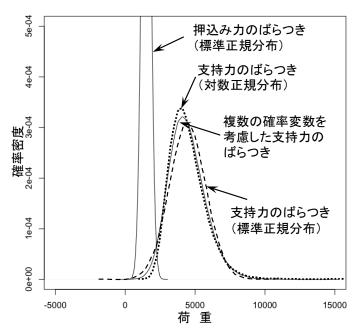


図 5.2.3 確率変数に応じた支持力のばらつきの比較

このような MCS の計算は、近年色々な信頼性解析のためのツールがあるので、非常に簡単に行うことができる。例えば、現在世界的に普及しつつあるフリーの信頼性解析ツール「R^{2」}」を用いた例題の計算内容を図 5.2.4 に示す。ここで、「#」はコメントで計算とは無関係のため、例題程度であれば、わずか 18 行で計算することができる。

計算内容を説明する前に、MCSという計算のイメージについて述べる。確率変数ごとに箱があり、この中にはMCSの計算回数分の確率変数に対応した値が書かれているボールが入っており、毎回その中から1つのボールを無造作に取り出して計算を行う。これを計算回数分繰返し、最後に性能関数を満足しない回数を計算回数で除すことで破壊確率が計算される。非常に単純で明快な計算方法である。

なお、MCS の計算回数については、上記で述べたような MCS の特性上、計算の度に解が若干変化することを考慮し、得たい破壊確率の桁の数値が変化しない程度に設定する。具体的には、ここでの計算では 10^{-4} (0.51%) までの破壊確率を計算しているので、計算回数は 10^{6} (百万) 回としている。

さて、具体的な計算内容について、各行のコメント番号ごとに次のとおりである。

#1: MCS の計算回数 (ここでは百万回)

#2: 杭先端の極限支持力度

#3: 杭先端支持力のモデル誤差について、平均値 0.8、標準偏差 0.25 の標準正規分布に対応した、

MCS の計算回数分の値

#4~#7: 杭先端の断面積、杭の周長、周面摩擦を考慮する中間層の厚さ、杭の極限周面摩擦力度 #8~#10: N 値のばらつき、N値から周面摩擦力度への変換誤差、周面摩擦力のモデル誤差の各確率 変数に対応した、MCS の計算回数分の値

#11:押込み力

#12:押込み力の確率変数に対応した、MCSの計算回数分の値

#13:計算1回分の荷重の算出 #14:計算1回分の抵抗の算出

#15:性能関数を満足しない(抵抗から荷重を差引いた値が負となる)回数

#16:性能関数を満足しない回数を MCS の計算回数で除し、破壊確率 (Pf) を計算

#17:正規分布関数により信頼性指標(β)を計算

#18:計算結果 $(P_f \geq \beta)$ のアウトプット

具体的な計算は、ウェブより「R」をダウンロードしてインストールし、立ち上げた画面に図 5.2.4 のテキストをコピー・ペーストすることで瞬時に計算がはじまり終了する。

のテキストをコピー・ペーストすることで豚	平時に計算かはしまり終了する。
#★設計条件	
n.MCS <- 1000000	# 1
QD <- 3000	# 2
DMT <- rnorm(n.MCS,0.8,0.25)	# 3
A <- 0.785	# 4
U <- 3.14	# 5
L<- 10	# 6
F <- 75	# 7
DN <- rnorm(n.MCS,1.0,0.15)	# 8
DF <- rnorm(n.MCS,1.2,0.3)	# 9
DMF <- rnorm(n.MCS,0.9,0.3)	#10
V <- 1500	#11
DV <- rnorm(n.MCS,1.0,0.2)	#12
#★荷重の計算	
#★刊 里ジロ 昇 VV <- V*DV	#13
V ~ V DV	#13
#★抵抗の計算	
RU <- QD*DMT*A+U*L*F*DN*DF*DMF	#14
#★性能関数を満足しない回数	
Count <- length(which(RU-VV <= 0))	#15
#★Pf と β の計算	
Pf <- Count/n.MCS	#16
Beta <1*qnorm(Pf,0,1)	#17
#★計算結果 (Pf と β) のアウトプット	
Pf;Beta	#18

図 5.2.4 「R」による例題の計算内容

最後に、ここでの計算結果によると、支持力のばらつき評価で β が 1 程度異なり、ばらつき評価の重要性と影響の大きさに頭を悩ませる方がいるかもしれない。確かにばらつき評価は重要だが、ここでの例では大きな信頼性の中での差(破壊確率の差は小さい)であるとともに、組杭を基本とする杭基礎は冗長性(リダンダンシー)の大きな構造物であり、1 本の杭の β が 2.3 で杭基礎としての β は 3.5 に相当するという報告 $^{1)}$ もあり、ここでの結果はいずれも構造物に求められる性能を満足する杭基礎の信頼性を有しているものと考える。

5.3 リスク分担のためのツールの例—GBR-Geotechnical Baseline Report

5.3.1 概要

GBR - Geotechnical Baseline Report (以下では GBR と略す)とは、建設工事の契約における発注者と受注者の地質リスク分担の基準値(ベースライン)を示す文書である。このため GBR は、地質リスクに対するリスク管理のツールとして利用される 30。米国土木学会がこの GBR の役割を分析し、ベースラインの概念をはじめとして GBR 執筆・適用上の様々な留意点等についてまとめたガイドライン「Geotechnical Baseline Reports for Construction - Suggested Guidelines - 」(以下ガイドラインと略す)を 2007 年に発行している。 GBR は米国連邦道路管理局をはじめとして欧米の政府機関で作成され、地質リスクのマネジメントに活用されており、インターネット上に非常に多数の実例が公開されている。

地質リスク学会と(社)全国地質調査業協会連合会は共編により日本語完全翻訳版を出版した⁴⁾。 本節ではこの翻訳版の要点を述べる形で引用しつつ、GBR の有効性や記述すべき内容などについて概要を述べる。

5.3.2 GBR の概念

最初に、GBR の概念について述べる。

一般的な(従来型の)建設工事契約においては、契約と著しく異なる地盤状況に遭遇した場合には その解決に要する費用を発注者が負担することによって受注者をリスクから解放している。しかし、 どのような状況をもって契約と著しく異なると言えるのか曖昧である。GBR は、このような曖昧さを 排除するために、契約上の記述として発注者と受注者の責任範囲の閾値とする地盤状況

(Geotechnical Baseline) を記述するものである。

ガイドラインは次のような具体例を上げて説明している。(図 5.3.1)

2種類の岩石層を貫通する、あるトンネルプロジェクトがトンネル・ボーリング・マシンで施工されると仮定する。そこで1つの岩石は、もう片方より強固で、より掘削するのが難しいとする。トンネル計画ルート上の2種類の岩石の相対的な割合は不明確である。 入手可能な情報を基にすれば、強固な岩石に遭遇する割合についての合理的な解釈は、総トンネル長の30%から60%の範囲にある。

~ 中略 ~

遭遇する堅硬な岩石のベースライン量を 45%とするときに、請負者が 50%の量に遭遇した場合、増加した 5%が、追加費用が生じた範囲に対しての数量化可能な量となる. その遭遇した 50%がデータによって示された範囲の中であっても、請負者は堅硬な岩石に遭遇したことによる追加 5%の追加補償の権利を与えられる. しかしながら、ベースラインが 45%と確立され、請負者は入札額を 35%を基にしており、実際に 40%の堅硬な岩石に遭遇しても、クレームの根拠は全くない.

この例では、堅硬な岩石の存在割合45%が一つのベースラインとして定義されている。

このように、ベースラインは発注者の免責範囲を発注者が自ら定めるものと言え、この値を越えるような状況が出現すれば、それは予見不可能な特異な地質条件として発注者の責任に帰し、逆にこの値の範囲内の地質条件に対しては工事受注業者が責任を負うとする。

また、工事業者が、サイトそのものやサイト周辺において予想される地質条件に対してあらかじめ

適正に認識し、着工後に適切に対応することができるよう入札価格の検討のための情報を与えることも重要な目的の一つである。

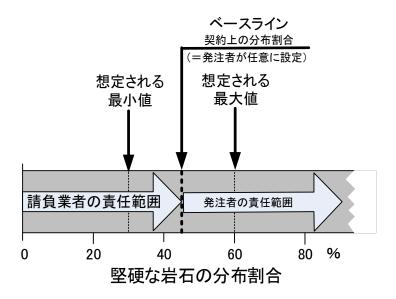


図5.3.1 ベースラインと責任分担範囲を示す模式図

5.3.3 GBR を用いたリスク分担のコントロール

ガイドラインはその9章において、発注者の視点から見たベースラインの設定水準の意義について述べている。すなわち、設計に組み込んだ予備費を入札後にも確保できるかどうか、あるいは工事開始後の予算超過を避けることができるかどうか、など発注者としての能力に関わる問題とベースライン水準との関係について述べている。

前項で述べたように、ベースラインは発注者が自ら設定するものであり、リスク負担の水準を どのようなレベルに置くか、発注者の裁量に委ねられている。これにより発注者は地質リスク分 担の度合をコントロールすることができる。すなわち、以下の二つの場合が想定できる。

【ケース A: 相対的に地質条件が悪いと判断してベースラインを設定する場合】

これは、発注者がベースラインをより高い水準に設定する場合である(図 5.3.2 のベースライン A)。この場合は、請負業者により多くの地質リスクを負担させることになるので請負業者はより多くの予備費を入札価格に見込むであろうから、入札価格は大きくなる傾向があると考えられる。同時に、実際に遭遇する地質条件がベースラインを越える機会は減ると考えられるので、請負業者からの設計変更要求は減り、発注時の契約額と最終工事金額との乖離は小さくなると考えられる。

ただし、この場合、実際に悪い地質条件に遭遇するかどうかに関わらず、遭遇した場合に相当する工事費を発注者が負担している。

【ケースB:相対的に地質条件が良いと判断してベースラインを設定する場合】

ケース A に対して、発注者がベースラインを低い水準に想定する場合である (図 5.3.2 のベースライン B)。この場合は、請負業者のリスク負担は軽減されるので、入札価格に予備費を見込む

必要性が少なくなり、入札価格は小さくなる傾向があると考えられる。同時に、ベースラインよりも悪い状況に遭遇する機会は増えるため、設計変更要求は頻繁になり、工事開始後に事業費変動幅は大きくなると予想される。

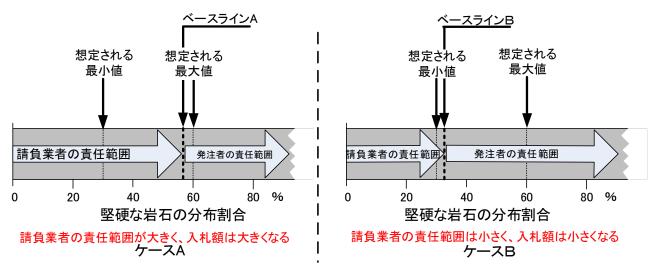


図 5.3.2 ベースラインの設定水準によって想定しうる入札価格の違い (入札額 A>入札額 B となることが期待される)

このような、ベースラインの設定水準と、入札価格及び工事後の工事費変動の関係を示した表を表 5.3.1 に示す。

ベースライン (一軸圧縮強度最大値)	入札額	実工事での状況	クレームの多寡	コスト変動量	
高い水準に設定	(工事費+予備費)	さくさく掘れたので、ベース ラインは超過せず	ほとんどなし	最小	
(大きな値に設定)	は高い	時折硬くて掘りにくく、ベー スラインをまれに超過	少ない	小	
低い水準に設定	(工事費+予備費)	そこそこ掘れたが、ベースラ インはしばしば超過	多い	大	
(小さい値に設定)	は安い	そこそこ掘れたが、ベースラ インは頻繁に超過	非常に多い	最大	

表 5.3.1 ベースラインの設定水準とコスト変動

注)「地質リスクマネジメント入門 (2010) P105」に加筆修正

ガイドラインでは、通常最も良いアプローチは、「現実的なベースラインを設定して、それより 悪い現場状況のための予備費を組み込むこと」とし、「過度に悪い現場状況に対応したベースラインを通してクレームを排除する試みは、もしベースラインが非現実的であれば逆の効果となる」 としている。つまり、ベースラインが非現実的であると入札者が認識した場合には、落札のため にベースラインに対応できるよりも低い入札価格とし、実際に悪い状況に遭遇した場合において もやはり「ベースラインが非現実的であった」とクレームし、発注者はベースラインの妥当性を 証明するために多大な裁判費用を負担する可能性があることを示唆している。

このように、ベースラインは、地質リスクの大きさに応じた適切な量と質の地質調査を実施したうえで、[当初契約額+変更増額]の期待値が最小になるよう設定される必要があるり。

5.3.4 GBR に記述すべき情報

これまでに述べたような、地盤に関する唯一の契約上の解釈を入札者に提供し、リスク分担ルールを明確化するという目的の他に、GBR 作成の効果としてプロジェクトの概観を提示する機会が提供され、そのため他の書類に含まれている事項がより理解しやすくなるという点がある。すなわち、図面や仕様など他の場所で詳細に記述された項目のための理論的根拠と基礎を提供する。以下のような役割もガイドラインに述べられているが、これらはいずれもベースラインの理論的根拠と基礎の記述の結果として得られる効果と考えられる。

- 設計根拠となっている地盤工学的検討結果及び施工に関わる検討結果の提示
- 入札者が準備期間中に、請負業者が工事中に良く認識し、取り組むべき制約条件や契約図面、仕様などにおける重要な要件についての理解の向上
- 地盤を掘削して支持するための要件を評価する際の、請負者やDBチームに対する支援
- 契約を管理し、工事中の執行状況を監視することにおける発注者への手引き

このような目的を達成することのできる GBR 作成のために、ガイドラインは GBR を作成する時に検討すべき項目のチェックリストを提示している。これを表 5.3.2 に示す。プロジェクトによっては記述が不要な事項も含まれるが、単独で読まれた場合でも他の文書を参照する必要がないよう多岐にわたる。例えば、プロジェクトの歴史など概要的事項から地盤・岩盤の物理・力学的性質、地下水分布、化学組成、湧水量、既知・未知の断層破砕帯などの地質工学的特性、周辺構造物への影響、工程遅延につながる事象などである。

なお、GBR の下位文書として契約図書に含まれるべき報告書として、GDR-Geotechnical Data Report-がある。これは、地質調査の結果を事実に基づいて記載した報告書であり¹⁾、ボーリングやトレンチ調査、室内試験など、主に具体的地質調査の内容と結果を含むものである。したがって、GBR とは実質的に異なるものである。また、GBR はベースラインが GDR に含まれるデータとどのように関連するかを説明している必要がある。

表 5.3.2(1) GBR チェックリスト (ガイドライン訳 pp. 154~P156)

表 5. 3. 2(2) GBR チェックリスト (ガイドライン訳 pp. 154~P156)

□標準貫入試験(SPT)の打撃回数、打撃回数の補正を行った場合には補正係数も含む □巨石や他の障害物の存在;数、頻度(すなわち、ランダムに分布するか地質境界に沿って集中するか), 粒径、および強度に関するベースライン □土量変化率と土の圧縮率 □掘削のとき遭遇する、適切に区分可能な地盤タイプか地層のそれぞれの深度/厚さ、様々な長さまたは割合に関するベースライン記述;それぞれの地盤タイプの特性;図面か仕様に含まれている情報への相互参照 □GDRの概要表における直接または間接的に測定された透水係数の値を含む地盤のマスとしての透水係数;地盤のマスとしての透水係数の値によって示されなかった。大きな局所流入する可能性に対する基礎情報 □TBMプロジェクトの場合、区分可能な岩石タイプそれぞれに対する掘削可能性とカッター摩耗見積りに関連するような岩盤特性の解釈、またそれらの性能に影響するかもしれない試験結果を含む(明白な貫通率または進行率の見積りを避ける).
設計への考察―トンネルと立坑 □設計に役立つ地盤分類システムの記述,地盤挙動用語体系を含む. □地盤荷重を含んで,地盤支持と地盤安定化システムの設計に用いられる基準と方法(または図面/仕様を参照) □最終的な巻立ての設計のための基準と基礎(または図面/仕様を参照) □沈下や地下水位の低下などの環境への影響の考察(または仕様の中に) □当初推定と異なった地盤タイプのために異なる対策工が必要となった場合の対応法,必要なら費用支払いのための現場における地盤対策工種別の決定の実施要綱;地盤対策工と施工手順の詳細な記述のための仕様書の参照 □図面と仕様に含まれる地盤挙動観測機器の根拠
設計への考察─他の掘削と基礎 □水平土圧管理図(または図面 / 仕様で)とたわみ / 変形を管理する必要性を含んだ, 山留め掘削の設計のための基準と方法 □実行可能な掘削支保システム □深い基礎のための最小の杭端標高 □打込み杭の拒否基準 □タイバックのための許容表面摩擦 □沈下や地下水位低下の規制などの環境配慮(または仕様の中で) □図面と仕様に示されていた測定機器 / モニタリングのための根拠
工事への考察―トンネルと立坑 □それぞれの土と岩の各単位層の中の施工に伴う予想地盤挙動 □必要な工事手順(または図面/仕様で) □特に予想される施工上の問題点 □仕様中の要求事項として請負者によって検討された手段・工法か、あるいは既往の仕様による手段と工法のいずれかをとるかの根拠(例えば、EPBか泥水シールドの要求された使用) □施工中に遭遇する地下水の流入量のベースライン推定の根拠、および導坑での持続した流入量、導坑でのフラッシュ流入量、および坑口や立坑でくみ上げる累積継続地下水流入量のベースライン□契約に含まれる、地盤改良技術と地下水制御方法の根拠 □地下水の流入や、破砕帯や断層、巨石、木材、タイバック、地下埋設管、他の人工障害物、ガス、汚染土壌や地下水、高温水、高温岩石などの工事遅延の潜在的原因

表 5.3.2(3) GBR チェックリスト (ガイドライン訳 pp. 154~P156)

工事への考察一他の掘削と基礎
□土と岩の各単位層の中での要求された施工作業に対応した予想地盤挙動
□岩、氷河堆積物、カリーチェ、他の硬質材料のリッパビリティおよび爆破要件 / 限界を含む他の掘
削検討課題
□地下水の制御の必要性と適用可能な制御方法
□ドリルシャフトのケーシング要件
□特に予想される施工上の問題点
□仕様中の要求事項として請負者によって検討された手段・工法か、あるいは既往の仕様による手段・
工法をとるかの根拠
□掘削地点からポンプにより送られる持続した流入量のベースラインとともに、工事中に遭遇する地
下水の流入量のベースライン推定の根拠
□契約に含まれる、地盤改良技術と地下水制御方法の根拠
□地下水の流入や、破砕帯や断層、巨石、地下埋設管、人工障害物、ガス、または汚染土壌や地下水
などの工事遅延の潜在的原因

5.3.5 GBR 作成上の留意点

(1) ボリューム

ガイドラインでは、2~3 時間で読めてかつ理解できる簡潔な文章を推奨しており、その目安として、深部基礎またはパイプラインのプロジェクトについては 5~10 頁程度かもしれないとしている。複雑なトンネルプロジェクトでも 40~50 頁を越えない長さを推奨している。

また、地盤の物性や挙動を長く詳細に記述することは GDR の役割であるとし、GBR は工事費や使用されるべき機材に影響を与えるような地盤の物性や挙動に重点を置くべきとしている。

(2) 執筆者と作成時期

GBR は、対象地域の地盤状況、同種プロジェクトでの設計・施工・及び既往の建設契約の管理で GBR を作成した経験のあるコンサルタントによって作成される必要がある。

ガイドラインは、通常の設計施工分離発注方式の場合、GBR は最低でも設計の 50~60%以上 が完成した後で作成されることを推奨しており、それに向けて以下のステップを踏んで GBR が作成されることが望ましいとしている。

- ① 設計コンサルタントの地盤工学担当者と設計担当者がGBRの注釈付き概要を作成し、プロジェクトの重要な構成部分と工事課題に適合するGBRの形式と内容に焦点を当てる。
- ② 地盤工学コンサルタントが、調査結果の解釈と地盤工学的状況を適切にGBRに反映するよう、 最初の草稿の項目を作成。他の項目について設計と施工計画、仕様を担当した設計コンサル タントが作成
- ③以後の原稿は、全て設計コンサルタントの設計担当者と地盤工学担当者が協働で作業する。
- ④ できあがったGBRを、設計コンサルタント、発注者、独立した評価者が共同で照査する。

なお、リスク登録の作業は、GBR 作成の段階よりかなり前の段階で完了しているはずであり、 しかも GBR は本質的に発注者の解釈を示すものであることから、GBR にリスク登録~リスク評価 について収録されている必要はない。 また、発注者は常に、上記のプロセスに積極的に関与すべきであり、同時にベースラインが 設定される水準に応じてもたらされる可能性のある結果について理解する必要がある。

(3) 記述方法

ベースラインは、曖昧さを完全に排除して書くことは困難であるが、可能な限り工事中に計測して検証できる特性かパラメータを使用して記述される必要がある。また定性的な記述が必要な場合においても、一般的に受け入れられている定義にしたがった語法で記述する。

表 5.3.3 に、ベースラインの記述例を示す。

表 5.3.3 ベースラインの記述例 (ガイドライン訳 p. 160)

[9]	問題のある記述	改善した記述
1. 背景:露出すると劣化すると 子想される軟岩に建設される トンネル.	地層は脆弱で、粘土に富んで水 分に敏感で、土のような岩石で、 乾燥すると劣化の対象となる。	地層は、乾燥すると劣化 <u>し</u> 、脆弱で、粘土に富んで水分に敏感で、 土のような岩石である.
2. 背景:深い立坑掘削の基礎の 下に不安定な土と著しい地下 水圧が予想される。	もし地下水圧が適切に制御されないなら、立坑底部の材料は、立坑掘削の不安定性に至るに違いないパイピング、ヒービング、あるいはボイリングを生じるであろう.	地下水圧が立坑底面以下に維持されないと、立坑底部の内側と下側の材料はパイピング、ヒービング、あるいはボイリングを生じる可能性があり、立坑掘削を不安定化させる.
3. 背景: 硬岩を貫くトンネルは それぞれ幅 0.6 ~ 3m の三つ のせん断帯を含んでいると予 想される. 開放型 TBM が使 用されることになっている.	TBM の押込み反力を保持するのはこれらの状況でいくらか影響を受けるかもしれないが、影響は厳しくないと予想される.	TBM の押込み反力を保持するのはこれらの状況では不適切になるので、追加の押込み反力を確保しなければならない。
4. 背景:4マイル(5.4km)の長いトンネルで、二つの短い区間で礫岩質沖積層の出現が予想される、直径30cm未満の材料は粗石(コブル)として特定されて、掘削に付随するものとする。すべてのトンネル掘削と支保工は一括契約として入札される。	3フィート(90 cm) <u>までの大きさ</u> の、 <u>最大</u> 10個の巨石がトンネル工事で遭遇すると予想されるべきである。	ベースラインの目的のため、最大 <u>径1~3フィート(30~90 cm)</u> <u>の大きさの10個の巨石が</u> トンネ ルの地山区分「X」に伴い遭遇する ことが予想 <u>される</u> .
5. 背景:10 のせん断帯が、長さ3 マイル(4.8km)のトンネルで遭遇すると予想される。 「せん断帯」の定義は GBR の用語集に提供されている。	<u>いくつかの</u> せん断帯は導坑の近くで 250 gpm (ガロン毎分)の初期流入量を生じる <u>であろう</u> . しかし, 流入は時間と共に <u>消散するであろう</u> .	トンネルで10のせん断帯に遭遇すると予想される. そのうちの三つのせん断帯は、TBM グリッパのステーションで測定されるように、導坑の近くで250 gpm の初期流入量を生じると予想される. 初期流入量にかかわらず、それぞれのせん断帯は1か月後には60 gpm 以上の流入は生じないと予想される.
6. 背景: 硬岩トンネルが、 TBM を使用し塊状岩石を通 して掘削されることになって いる。	トンネルは花崗岩と花崗閃緑岩 に遭遇するであろう。新鮮な花 崗岩の一軸圧縮強度(UCS) は 6,000 から 25,000 psi (41 から 172 MPa) に, また花崗閃緑岩の UCS は 8,000 から 35,000 psi (55 から 241 MPa) に及ぶかもしれ ない.	花崗岩はトンネルの長さの40パーセント以上で遭遇するであろう;新鮮な花崗岩の一軸圧縮強度(UCS)は 平均20,000 psi(138MPa)で、6,000 psi (41 MPa)から25,000 psi (172 MPa)までの範囲に及ぶであろう。花崗閃緑岩は残りの60%の上で遭遇するであろう。新鮮な花崗閃緑岩のUCSは図"X"のヒストグラムに示すように平均28,000 psi (193 MPa)で8,000 psi (55 MPa)から35,000 psi (241 MPa)までの範囲に及ぶ。

5.3.6 GBR の適用例

(1) 計量可能な特性値のベースライン

具体例として米国カリフォルニア州運輸局の発注により建設された Devil's Slide Tunnel (現在は New Tom Lantos Tunnels という名前になっている) プロジェクトの GBR から、一軸圧 縮強度のベースラインを図 5.3.4 に示す。このプロジェクトは全長 1,250m、幅 9m の双子トンネルからなっており、NATM 工法で 2本同時に掘削された。工事契約は DB 契約である。GBR は全 33 頁からなっている。

この例では、掘削工法に関するベースラインの一つとして一軸圧縮強度の最大値が設定されている。その値は試験データを十分広くカバーするように設定されている(試験データが少ないために特に大きな値に設定されているものもある)。

	Unconfined Compressive Strength, qu (MPa)				
Lithology	Data Range	Average	Baseline Maximum		
Siltstone/Claystone, fresh to slightly weathered	2.1 to 238	the beh 08 or of roc	300		
Siltstone/Claystone, moderately to intensely weathered	0.1 to 34	oisson's ratio are im form 01	T to soulsV		
Sandstone, fresh to slightly weathered	11.6 to 267	110	330		
Sandstone, moderately to intensely weathered	9 to 73	ouegan 10 splvoid	90		
Conglomerate, fresh to slightly weathered	3 to 239	50	300		
Conglomerate, moderately to intensely weathered	0.1 to 0.3	A detailed 15 descussion A	30		
Granitic Rock, fresh to slightly weathered	3.9 to 226	summerized in Ta the class and the	280		
Granitic Rock, moderately to intensely weathered	0.3 to 91	isings isholog le inipased 77 sloot	115		

図 5.3.4 Devil's Slide Tunnel 事業における一軸圧縮強度に関する GBR⁵⁾

この例では、得られている試験値に対して高めのベースラインが設定されている。同運輸局 は自己の免責範囲を大きくし、地質リスクを受注業者にあらかじめ負担させていると考えられる。

(2) 定性的な記述のベースライン

具体例として、カリフォルニア州 Fortuna 市の Home Avenue-Garden Lane Pipeline Project における Horizontal Directional Drill (HDD) の例を示す。このプロジェクトでは、パイプラインの敷設工事の一部を図 5.3.6 のようなコントロールボーリングで施工している。すなわち、水平距離約 250feet、高低差約 90feet の斜面をボーリングで貫く計画である。GBR は、全 11 頁からなる簡潔なものである。

この中から、地層の分布に関するベースラインと、施工に関わる検討の部分を図 5.3.5 に示す。各土質の現れる区間、各土質の安定勾配や地下水への耐性などが文章で記述されている。

5.0 Baseline Distribution of Soil Units

Based on the geotechnical investigation conducted at the site, we anticipate that the Home Avenue-Garden Lane HDD will be characterized by colluvial deposits at the launch pit site, quickly transitioning to the Hookton Formation bedrock unit through the majority of the alignment, before eventually, reaching terrace deposits beneath the receiving pit (see the interpretive cross section on Drawing 1). Although observed elsewhere, thick alluvial deposits and fill are not expected to be present along the proposed alignment.

STA 10+90 to ±STA 11+14: The colluvium soil unit is present within this segment. The boring alignment will encounter lenses, layers, and seams of each soil type associated within this unit. It should be assumed that boring will also encounter currently unexposed materials such as woody debris and cobble to boulder-size blocks of weathered Hookton Formation bedrock.

<u>+</u>STA 11+14 to <u>+</u>STA 13+15: The Hookton Formation bedrock unit is present within this segment. It should be assumed that randomly distributed coarse gravel and cobble layers will be encountered. The boring alignment will not pass through the plastic clay (CL and CH) layer we encountered at the base of boring BH-2 (the alignment passes above the clay layer).

<u>+</u>STA 13+15 to <u>+</u>STA 13+47. The terrace deposit soil unit is present within this segment. The boring alignment will encounter lenses, layers, and seams of each soil type associated within this unit.

6.0 Construction Considerations

6.1 Excavation Characteristics

Based on the results of this investigation, the soil units that will be encountered at the launch and receiving pits can be excavated using conventional soil excavation equipment. This includes bucket excavators, bull dozers, earth augers, and similar equipment. A ripper tooth will provide for better excavation efficiency in areas characterized by more compact strata. We do not anticipate the need for blasting.

6.2 Launch/Receiving Pit Stability and Shoring Considerations

Colluvial deposits will be exposed in the HDD launch pit, and the receiving pit will be excavated into terrace deposits. Pit excavations can be accomplished by laying slopes back to a stable configuration and/or using temporary shoring systems.

Temporary cut slopes excavated into the colluvial deposits between zero and 5 feet in height should be graded no steeper than 1.5:1 (horizontal: vertical [H:V]) or 2:1 H:V between 5 and 10 feet without installation of appropriate shoring systems. If support systems are required, they should be designed to resist lateral earth pressures and must meet Occupational Health and Safety Act (OHSA) requirements. The principal construction consideration at the launch pit will be the head cut into the base of the hillslope, and the need to retain the loose or moderately consolidated colluvial materials.

Temporary cuts in the higher strength terrace deposits at the receiving pit can be excavated to 1.5:1 (H:V) prior to placement of a shoring system.

図 5.3.5 Home Avenue-Garden Lane Pipeline Project における Horizontal Directional Drill(HDD)に対する GBR

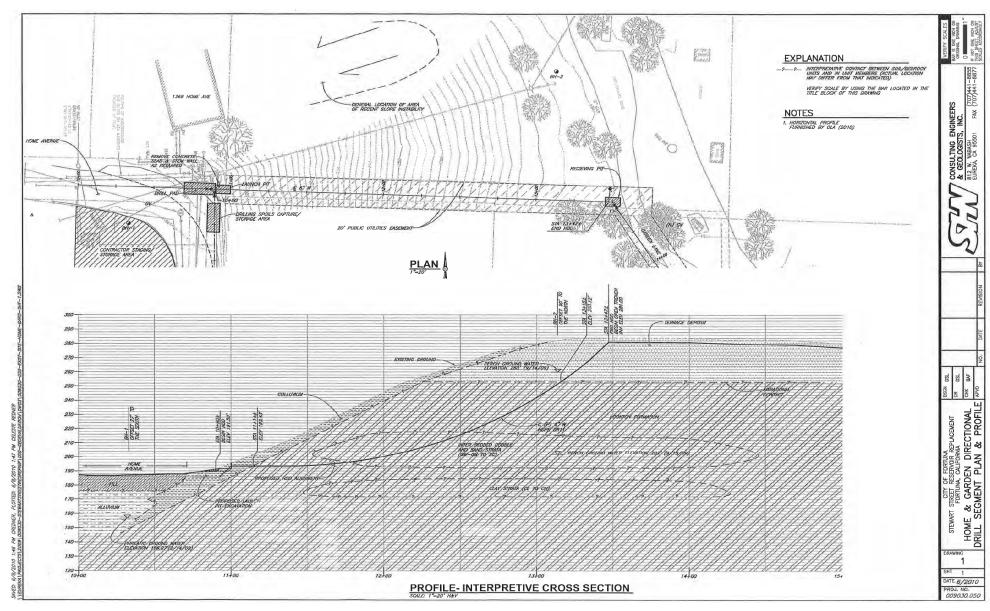


図 5.3.6 Home Avenue-Garden Lane Pipeline Project における Horizontal Directional Drill(HDD)セクション

1) Tony M. Allen, Andrzej S. Nowak & Richard J. Bathurst: Calibration to Determine Load and Resistance Factors for Geotechnical and Structural Design, 2005

2) http://www.kkaneko.com/rinkou/r/rinstall.html

- 3)長瀬雅美:米国カリフォルニア州の建設事業における地質リスクマネジメント,産業技術総合研究 所地質調査総合センター研究資料集,pp. 472, 2008
- 4) 地質リスク学会・全地連:地質リスクマネジメント入門,オーム社,2010
- 5)尾園修治郎: やさしい知識 GBR(Geotechnical Baseline Report), 地質と調査, 通巻第 116 号, 第 2 号, pp. 37~39, 2008

6. 地質リスクマネジメントのための基礎情報

地質リスクマネジメントのための基礎情報のうち、活用できる地盤情報としては、一般社団法人 全国地質調査業協会連合会が出版している「地質調査技士登録更新講習会テキスト (平成 26・27 年版)」
¹⁾に良く取りまとめられているので、本文献から抜粋して紹介する。

(1)ボーリングデータの公開状況

国、地方自治体等におけるボーリングデータの主な公開状況は、表 6.1 に示すとおりである。ボーリングデータの公開については、次のように整理できる。

公開主体としては、国、自治体などの発注機関が自らデータを公開するケース、学協会等が発注 機関に代わり公開するケース、複数の発注機関が協議会を組織し公開するケースなどがある。

公開形態としては、無償公開、CD等による有償頒布、会費徴収(協議会等の場合)などがある。

表 6.1 ボーリングデータの公開状況 1)

情報名称など	提供者	提供方法	概算数量	形態
統合化地下構造データベース -GeoStation-	(独)防災科学技術研究所	Web-GIS	0.2万本	無償
国土地盤情報検索サイト -Kuni Jiban-	(独)土木研究所[国土交通省]	Web-GIS	11万本	無償
三次元統合システム 〈ボーリングデータ解析サイト〉	(独)産業技術総合研究所 地質調査総合センター	Web-GIS	未公表	無償
みちのくGIDAS	とうほく地盤情報システム運営協議会	Web-GIS	未公表	無償
茨城県ボーリング柱状図 -GeoStation-	(独)防災科学技術研究所	Web-GIS	0.76万本	無償
とちぎ地図情報公開システム	栃木県	Web-GIS	未公表	無償
栃木地質調査資料(営繕報告書抜粋)	栃木県土木部	Web	未公表	無償
群馬県ボーリング Map	(財)群馬県建設技術センター	Web-GIS	0.74万本	無償
埼玉県地理環境情報Web-GIS	埼玉県	Web-GIS	未公表	無償
地質環境インフォメーションバンク	千葉県	Web-GIS	(2.6万)	無償
東京の地盤(Web版)[集合柱状図]	東京都・土木技術支援・人材育成センター	Web	(0.7万)	無償
東京都新宿区「地盤資料の閲覧」	東京都新宿区	Web	未公表	無償
かながわ地質情報MAP	(財)神奈川県都市整備技術センター	Web-GIS	1.14万本	無償
環境地図情報「地盤View」	横浜市	Web-GIS	(0.8万)	無償
地質図集[集合柱状図]	川崎市	Web	未公表	無償
鈴鹿市・地理情報サイト(土地情報)	三重県鈴鹿市	Web-GIS	未公表	無償
滋賀県ボーリング柱状図-GeoStation-	(独)防災科学技術研究所	Web-GIS	0.07万本	無償
岡山県地盤情報	岡山地質情報活用協議会	Web-GIS	0.21万本	無償
高知市域地盤災害関連情報	高知地盤情報評価委員会	Web-GIS	0.17万本	無償
しまね地盤情報配信サービス	(組)島根土質技術研究センター	Web-GIS	(0.2万)	一部無償
長崎県ボーリング柱状図-GeoStation-	(独)防災科学技術研究所	Web-GIS	(0.8万)	無償
北海道地盤情報DB	(社)地盤工学会 北海道支部	CD-R	(1.3万)	有償
関東の地盤(地盤情報DB)	(社)地盤工学会 関東支部	DVD-R	820本3	有償
九州地盤情報DB	(社)地盤工学会 九州支部	CD-R	(3.0万)	有償
ほくりく地盤情報システム	北陸地盤情報活用協議会	Web-GIS	2.75万本	会員
関西圏地盤情報DB	関西圏地盤情報活用協議会	CD-R	(4.0万)	会員
神戸JIBANKUN	神戸市地盤調査検討委員会	CD-R	0.6万本	会員
四国地盤情報DB	四国地盤情報活用協議会	CD-R	(1.0万)	会員

- 注1 ボーリング本数は、一般に公開あるいは市販されている数量(内は未確認数)。印刷媒体のみは省略。
- 注 2 GeoStation の登録本数のうち、国土交通省と自治体分は除外した。
- 注3 地盤工学会関東支部の登録本数のうち、Kuni Jiban など Web での併行公開分は除外した。
- 注 4 Web はインターネットによる公開、Web-GIS はインターネットの GIS 技術を利用した公開。

表 6.2 はインターネットで公開されているボーリングデータの特徴等をまとめたものである。公開主体ごとに情報内容やフォーマット等に違いがあり、利用に当たって留意する必要がある。

- 位置座標については、メタデータに記載しているケース、柱状図に記載しているケースがある。
- 住所、記事等については、記載しているケース、省略しているケースがある。
- 電子データのフォーマットとして、XML 形式、PDF 形式などがある。
- *N*値については、10cm ごとの標準貫入試験の全データを記載しているケース、30cm 貫入量の合計値のみ記載しているケースがある。

表 6.2 インターネットで公開されている主なボーリングデータの概要 1)

情報略称	背景地図	位置座標	略住所	柱状図	記事	N値
KuniJiban(建設)	電子国土	A+B	$\bigcirc(\times)$	XML	$\bigcirc(\times)$	10cm, 30cm
KuniJiban(港湾)	电丁国工	A	×	土性図(PDF)	×	30cm
みちのくGIDAS	数值地図	В	×	XML	×	10cm
茨城県,滋賀県, 長崎県	数值地図	В	×	XML	○(×)	10cm, 30cm
栃木県	数值地図	В	×	PDF	0	30cm
群馬県	Google Map	В	0	PDF	×	30cm
埼玉県	数值地図	×	×	PDF	0	30cm
千葉県	数值地図	×	0	PDF	0	30cm
神奈川県	Google Map	×	0	PDF	0	30cm
横浜市	独自仕様	×	×	PDF	0	30cm
三重県鈴鹿市	独自仕様	В	0	PDF	○(×)	原則10cm
島根県	数值地図	×	0	PDF	0	30cm
岡山県	数值地図	A	0	PDF	0	10cm
高知市	Google Map	В	0	XML	0	原則10cm

- 注1 Kuni Jiban: 旧建設省系のボーリングデータは交換用ボーリングデータ (XML) であるが、旧運輸省系のボーリングデータは土性図 (PDF) である。
- 注2 A:メタデータ中に位置座標の記載あり。 B:柱状図中に位置座標の記載あり。
- 注3 ○:住所や記事の記載がある。×:住所や記事の記載が無い。○(×):柱状図によって記載が異なる。
- 注 4 N値 10cm:標準貫入試験の全データが記載。 N値 30cm: 30cm 貫入量の合計値のみ記載。
- 注 5 東京都と川崎市は、ボーリング柱状図を集合図として公開しているため、本表 へは非掲載とした。

(2) 地質図、ハザードマップ等の公開状況

ボーリングや土質試験結果などの生データだけでなく、地質図、ハザードマップ等の加工・解析データについてもインターネットを通じて一般公開されている。主な公開事例を表 6.3 に示す。

情報名称など	提供者	提供方法	範囲	形態
統合地質図データベース	(独法)産業技術総合研究所・	Web-GIS, Web	全 国	無償
5万の1地質図 等	地質調査総合センター	印刷媒体 CD-R	全 国	無償
全国電子地盤図	(公法)地盤工学会	Web-GIS	全国(整備中)	無償
地域限定地質図類	地質・地盤系学会、地質調査業界等	印刷媒体	該当地域等	無償
土地分類基本調査(1/5万~1/50万)	国土交通省 土地・水資源局	印刷, Web-GIS	都道府県等	無償
土地分類調査(垂直調査)	国土交通省 国土政策局 国土情報課	Web	該当地域	無償
地すべり地形分布図	(独法)防災科学研究所	Web-GIS	全 国	無償
表層地質図・地形分類図 等	地方自治体(浜松市、大府市等)	Web	該当地域	無償
全国地盤環境情報ディレクトリ	環境省	Web	都道府県別	無償
(地盤沈下、地下水の利用状況)				

表 6.3 地質図、ハザードマップ等の主な公開事例 1) (加筆)

国土交通省ではハザードマップポータルサイトを設けており、全国の自治体の情報ともリンクしている。地盤の液状化災害、土砂災害、火山、洪水、内水などの情報が開示されている(図 6.1)。それぞれの情報は重ね合わせることもできるので、多種多様な使い道がある。

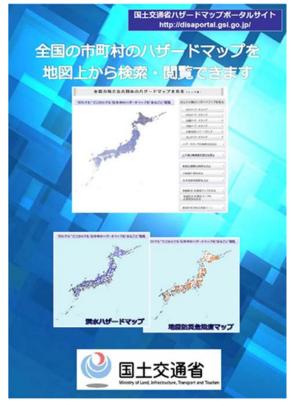




図 6.1 国土交通省ハザードマップポータルサイト 2)

地盤工学会が整備を進めている「全国電子地盤図」は、同学会の「表層地盤情報データベース連携に関する研究委員会」の研究活動の成果であり、表層地盤の 250m メッシュ地盤モデルである (図 6.2 参照)。2014年7月現在の公開情報は表 6.4 に示すとおりである。

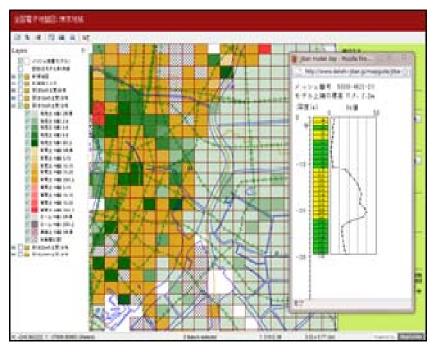


図 6.2 全国電子地盤図の例(東京都千代田区・中央区付近)³⁾ 表 6.4 全国電子地盤図の情報公開地域(2014年7月現在)³⁾

	表 0.4 全国電子地盛図の情	報公開地域(2014 年 / 月現社)。
No	地域	公開/作成•更新
1	札幌市(中心部と新さっぽろ駅周辺)	2010年公開/2008年度作成
2	新潟市	2010年公開/2009年度作成
3	東京都(中心部と低地部)	2010年公開/2009年度作成, 2013年更新
4	名古屋市	2011年公開/2010年度作成
5	大阪市および周辺	2010年公開/2007年度作成
6	広島市(旧広島市内)	2011年公開/2010年度作成
7	松山市(松山平野)	2010年公開/2008年度作成
8	福岡市(福岡平野)	2010年公開/2007年度作成, 2013年更新
9	仙台市(仙台平野)	2012年公開/2010年度作成
10	京都市および周辺(京都盆地)	2014年テスト公開/2010年度作成
11	八戸市 および周辺	2014年テスト公開/2010年度作成,2013年更新
12	静岡県	2014年テスト公開/2013年度作成
13	高知市および周辺	2014年テスト公開/2009年度作成
14	秋田市	調整中/2013年度作成
15	横手市 および周辺(横手盆地)	調整中/2012年度作成
16	長岡市 および周辺	2014年テスト公開/2013年度作成
17	柏崎市および周辺	2014年テスト公開/2013年度作成
18	上越市 および周辺	2014年テスト公開/2013年度作成
19	富山市 および周辺	2014年テスト公開/2013年度作成
20	金沢市 および周辺	2014年テスト公開/2013年度作成
21	七尾市 および周辺	2014年テスト公開/2013年度作成
22	水戸市	2014年公開/2013年度作成
23	埼玉県(低地部ならびに台地部)	2014年公開/2013年度作成
24	千葉市	2014年公開/2013年度作成
25	川崎市	2014年公開/2013年度作成
26	平塚市	調整中/2013年度作成
27	宇都宮市および周辺	2014年公開/2013年度作成
28	前橋市	2014年公開/2013年度作成
29	甲府市(甲府盆地)	2014年公開/2013年度作成
30	習志野市	2014年公開/2013年度作成
31	浦安市および周辺	2014年公開/2013年度作成
32	滋賀県(東域部)	2014年テスト公開/2013年度作成
33	松江市	2014年テスト公開/2013年度作成
34	高松市(高松平野)	2014年テスト公開/2013年度作成

国土交通省国土政策局国土情報課からは、「土地分類・水調査」として地形分類図、表層地質図、土壌図及び土地分類基本調査[垂直調査]の各成果が公表されている(図 6.3 参照)。このうち、垂直調査は『近年の大都市圏を中心とする地下利用や地震をはじめとする地盤災害に適切に対処するため、従来の面的な土地分類調査に加えて、垂直方向(地下)の地質状況や土地利用等の現況を明らかにし、地下の適正な利用及び地盤災害(地震に伴う液状化、軟弱地盤)対策等を図るうえでの基礎資料として、首都圏、近畿圏、中部圏の三大都市圏及び広島、福岡、札幌、仙台地域について、ボーリング、井戸等の既存資料に基づき、東西南北 2km ごとの地質断面図を作成しています。』3)という説明が国交省のWeb サイトに掲載されている。

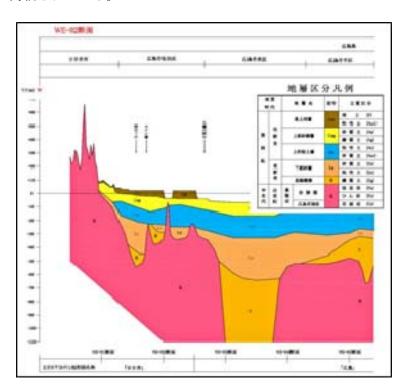


図 6.3 国土交通省国土政策局国土情報課から公開されている垂直調査の成果(例) 4)

これまでハザードマップなどは、土地の評価価格が低下するなどのリスクを敬遠して情報開示が遅れていた。ボーリング情報については、個人の情報であるのか、公共の情報であるのか議論を重ねてきているが、いまだに難しい面を有し情報開示にバラツキがある。しかし、情報開示の社会全体の動きや、東日本大震災をはじめとする様々な災害を背景に、情報開示が進んできている。今後は、近年の災害を受けて、土石流や噴火に関するハザードマップが充実してくることが期待されるものである。

http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/index.html#tbv

¹⁾ 全地連:地質調査技士登録更新講習会テキスト (平成 26・27 年版)

²⁾ 国土交通省:ハザードマップポータルサイト, http://disapotal.gsi.go.jp/

³⁾ 地盤工学会:全国電子地盤図 HP, http://www.denshi-jiban.jp/map_menu.htm

⁴⁾ 国土交通省: 国土政策局国土情報課 HP,

地質リスク学会 体系化委員会 名簿

委員長:小笠原 正継

(地質リスク学会副会長/(独)産業技術総合研究所)

副委員長:原隆史(地質リスク学会理事/岐阜大学)

委員:阿南修司((独)土木研究所)

委員:小橋秀俊(国土交通省)

幹事:尾園修治郎(㈱建設技術研究所)

幹 事: 小田部 雄二 (㈱アサノ大成基礎エンジニアリング)

幹事:黛麗志(川崎地質㈱)

幹 事:渡辺 寛 (㈱日さく)