

地質リスク低減のための調査・設計マニュアル(案)

改訂版

令和3年3月

国土交通省 近畿地方整備局

目 次

1. はじめに	1
2. 本マニュアルの概要	3
2.1 目的	3
2.2 適用範囲	3
2.3 用語の定義	3
2.4 地質低減の考え方	5
2.5 地質リスクマネジメントの概要	6
3. 地質リスクの検討方法	8
3.1 地質リスク検討の流れ	8
3.2 地質リスクの抽出	9
3.3 地質リスクの分析	10
3.4 地質リスクの評価	15
4. リスクコミュニケーション	18
4.1 三(四)者会議の実施方針	18
4.2 協議事項	18
5. 道路事業を例とした地質リスクマネジメントの流れ	19
5.1 地質調査と地質リスク検討、設計の流れ	20
5.2 道路事業の各実施段階における地質調査・地質リスク検討内容	27
6. 情報の共有と引継ぎ	35
6.1 記録様式	35
6.2 地質リスク顕在化事例の蓄積	35
7. 参考資料	40
7.1 「発生のしやすさ」の設定例	40
7.2 地質リスクの可視化(三次元化)	42
7.3 地質リスクによる変動幅の検討事例	43

1. はじめに

公共事業は、国民生活にとって重要な基盤整備であり、最も身近な社会資本整備の一つです。一方、多くの事業費を必要とするため、整備にあたってはその効果を十分見極めるとともに、経済性や維持管理に優れたものでなければなりません。

とりわけ経済性については、従前より、構想・計画段階から、調査・設計段階、施工段階、維持管理段階の各事業段階で地形・地質等様々な事業リスク（事業コストや工期の変動要因）に配慮しつつ、経済性を追求して事業を進めてきました。今後は、更に各事業段階における検討の連続性の確保や、近年の施工時の地形・地質リスクの低減を図り事業を推進する必要があります。

このため、近畿地方整備局の公共事業を対象に、近畿地方整備局、（一社）建設コンサルタンツ協会近畿支部、（一社）関西地質調査業協会の三者が協働して、地質リスクを中心にして各事業段階で、さらなる事業リスクの低減のため、「地質リスク低減のための調査・設計マニュアル（案）」（以下、「マニュアル」という。）を平成30年2月に作成・公開しました。

マニュアル公開以降、業務レベルで実施された「地質リスク」の実施状況も踏まえ、近畿地方整備局、（一社）建設コンサルタンツ協会近畿支部、（一社）関西地質調査業協会に学識経験者を加え勉強会を開催し、地質リスク低減について、事業の構想・計画段階、調査・設計段階、施工段階、維持管理段階の各事業段階で地形・地質等を要因とする事業リスクを抽出・分析・評価し、事業関係者が連携・情報共有することで地質リスクマネジメントを行い、円滑な事業執行が図れるような具体的な内容とすべく検討を重ねてきました。

また、令和元年度には、国土交通省と（国研）土木研究所は、土木事業に関連する学協会等と連携し「土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会」を組織し、その議論の成果を「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン—ONE—TEAM でリスクに対応するために— 令和2年3月 国土交通省大臣官房技術調査課・国立研究開発法人土木研究所・土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会」（以下「ガイドライン」という。）が公開されました。ガイドラインには、どのような形で地質リスクマネジメントを導入・運用すれば、当該事業において地質リスクへの対応が最適なものとなるかという考え方が示されています。

本マニュアルは、近畿地方整備局管内のみならず全国の地質リスク検討の実績や動向等、最新の知見を加味し、ガイドラインの考え方をより具体化するものとしており、事業の各段階において地質リスクの低減を図るための調査・設計システムを構築することを目的としています。

本マニュアルを活用して事業を進めることにより、実務者が地質リスクマネジメントを効率的に導入・運用する一助となり、地質リスクによる大幅な事業への影響が低減されることを期待します。

なお、本マニュアルの作成にあたっては下記の図書を参考にしました。

- 参考図書
- ①設計便覧：近畿地方整備局（平成 24 年 4 月）
 - ②道路土工要綱：（公社）日本道路協会（平成 21 年 6 月）
 - ③道路事業における地質・土質調査計画の立て方（第 1 回改訂版）
：（一社）建設コンサルタンツ協会技術部会
<http://www.jcca.or.jp/>
 - ④地質リスク調査検討業務発注ガイド（2016 改訂版）
：（一社）全国地質調査業協会連合会
<https://www.zenchiren.or.jp>
 - ⑤土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン
-関係者が ONE-TEAM でリスクに対応するために-（令和 2 年 3 月）
：国土交通省大臣官房 技術調査課・国立研究開発法人 土木研究所・
土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会

2. 本マニュアルの概要

2.1 目的

わが国は、急峻な山岳地や、軟弱な地層が厚く堆積する沖積平野などで形成されているとともに、多くの活断層が分布しており、地質は極めて複雑である。このため、公共事業を進めるうえで、対象地域の地質特性を適切に評価して、事業リスクを低減することが非常に重要である。地質情報が十分に把握されていなかったことにより、施工時における手戻りや、構造物等の設計変更等が発生し、当初予測していた事業コストや工期が増大した事例がある。従来は、事業における地質リスクを低減するマネジメントは体系立てて行われていなかったが、今後は地質リスクの抽出・評価結果に基づくリスクマネジメントを行う必要がある。

本マニュアルは、公共事業の遂行にあたって構想・計画段階から、調査・設計段階、施工段階、維持管理段階の各事業段階における、地質調査内容を設計に効果的かつ適切に活かすことにより、地質に起因する事業リスクを低減させることを目的として、地質リスク検討の必要性とその手法を示し、事業関係者間の情報共有と、後続の地質調査業務や設計業務、施工、維持管理への申し送りの具体的な方法について取りまとめた。

2.2 適用範囲

本マニュアルは、主に構想・計画段階、調査・設計段階を適用範囲とし、各段階において、設計業務に並行して実施すべき地質調査業務と地質リスク検討業務の関連を示している。事業管理者、地質技術者、設計技術者が、本マニュアルに示す三者会議等でリスクコミュニケーションを図り情報共有することで、地質リスクの検討結果が地質調査・設計等に効果的に活かされ、施工時における地質リスクを低減するとともに、維持管理にも引き継がれ有効活用されることを念頭に置いている。

地質リスクを検討・情報の共有・申し送りを行い措置する一連のプロセスは、どの事業においても適用可能である。なお、本マニュアルでは、具体的なマネジメントの一連の流れを理解するために道路事業の事例を掲載している。

また、本マニュアルで記載した地質リスク検討方法等は、過年度の検討事例を参考に取りまとめたものである。事業の規模やその性質に合わせて適否を検討し、最適な検討手法を選択すること。

2.3 用語の定義

本マニュアルでは、「事業のコスト増大や工期の延長等に結びつく可能性のある地形・地質や地下水、地盤等に起因する事業リスク」を「地質リスク」と定義する。また、広義では「地質リスクの存在を認識していないこと」もリスクの一部とする。本マニュアルでの用語の定義をガイドラインとの対比と合わせて表 2-1 に示す。

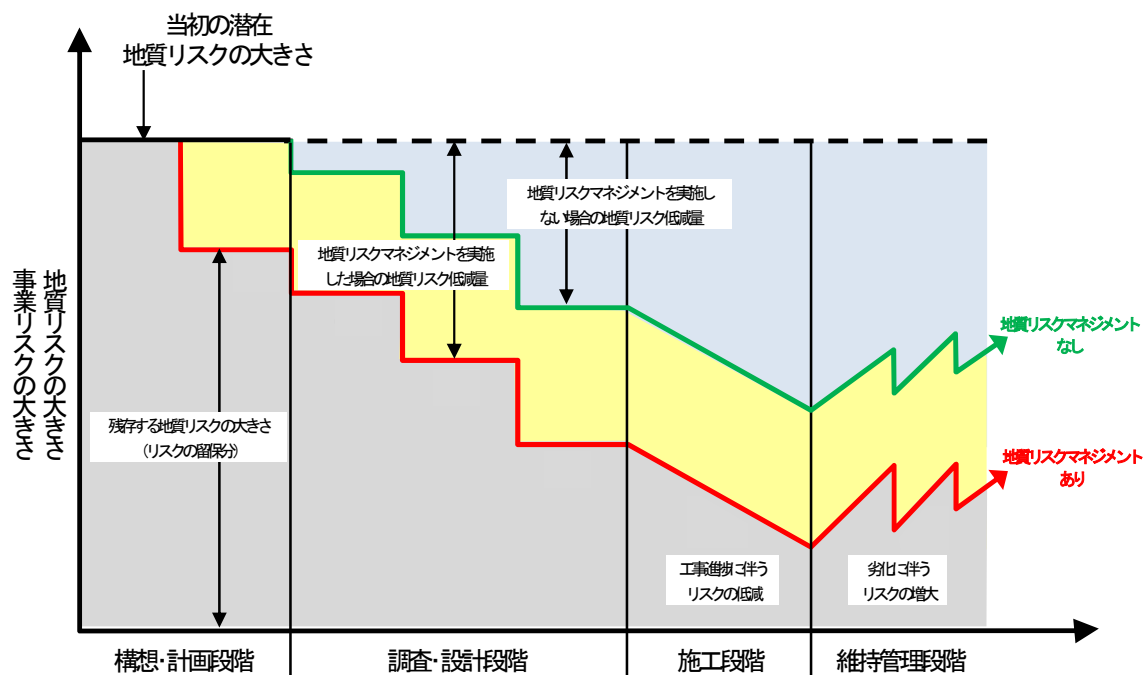
表 2-1 本マニュアルの用語の定義

用語	定義	ガイドラインの用語との対比
地質リスク	事業のコスト増大や工期の延長等に結びつく可能性のある地形・地質や地下水、地盤等に起因する事業リスク。また、広義では地質リスクの存在を認識していないこと。	地質・地盤リスク
地質リスクマネジメント	当該事業における地質リスクを評価し、最適な対応を行うためのプロセス。また、そのための組織・仕組みを構築・運用し、事業の進捗等に応じて改善していくための活動。	地質・地盤リスクマネジメント
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。地質境界の分布などの（幾何学的）不確実性、地盤強度など工学的特性の不確実性、断層の有無など存在の不確実性等を伴う地質・地盤的な素因。	リスク源
不確実性	地質リスクを要因とする事象、その結果またはその起こりやすさに関する情報、理解または知識が、たとえ部分的にでも欠落している状態。地質・地盤条件の情報不足、推定・想定との乖離。	不確実性
リスクコミュニケーション	地質リスク情報の提供、共有または取得、および内部外部の関係者との対話を行うために、継続的かつ繰り返し行うプロセス。リスクコミュニケーションのための協議を三（四）者会議とする。	コミュニケーション及び協議
地質リスクランク	当該事業における地質リスクの重要度、対応優先度決定のための目安とする条件。	リスクレベル
地質リスク検討	地質リスクを特定し、分析および評価を行い地質リスクランクと対応方法を決定する一連のプロセス。	リスクアセスメント
地質リスク特定	地質リスクを発見、認識および記述するプロセス。	リスク特定
地質リスク分析	地質リスク要因と当該事項や構造物の特性を踏まえて、結果の「影響の大きさ」と「起こりやすさ」とを分析するプロセス。	リスク分析
地質リスク評価	地質リスク分析結果を踏まえて、地質リスクランクを設定するプロセス。	リスク評価
地質リスク対応方針	地質リスクに対する対応を決定するプロセス。保有、低減、回避等の対応策の選定と実施。	リスク対応

2.4 地質リスク低減の考え方

構想・計画段階から施工・維持管理段階に至る地質リスク低減の考え方を図 2-1 に示す。縦軸に地質リスクの大きさを、横軸に事業プロセスを示す。事業当初は潜在的な地質リスクがもっとも大きくなるが、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、従来の方法で地質リスクはある程度低減されていく。一方、地質リスクマネジメントを実施した場合には、地質リスクの低減量を大きく期待できる。

例えば、構想・計画段階では潜在的な地質リスクを評価し、相対的に地質リスクが少ない箇所を計画地とする、地質リスクのランク分けを行い、重要度の高い箇所から重点的に調査を行う、調査・設計段階では地質リスク評価結果を踏まえた設計計画を策定することにより施工段階での地質リスクによる不具合を低減させることができる。また、地質リスクマネジメントの記録を引き継ぐことにより、維持管理段階における地質リスクの低減効果を期待できる。



出展：「地質リスク調査検討業務発注ガイド」2016年一般財団法人全国地質調査業協会

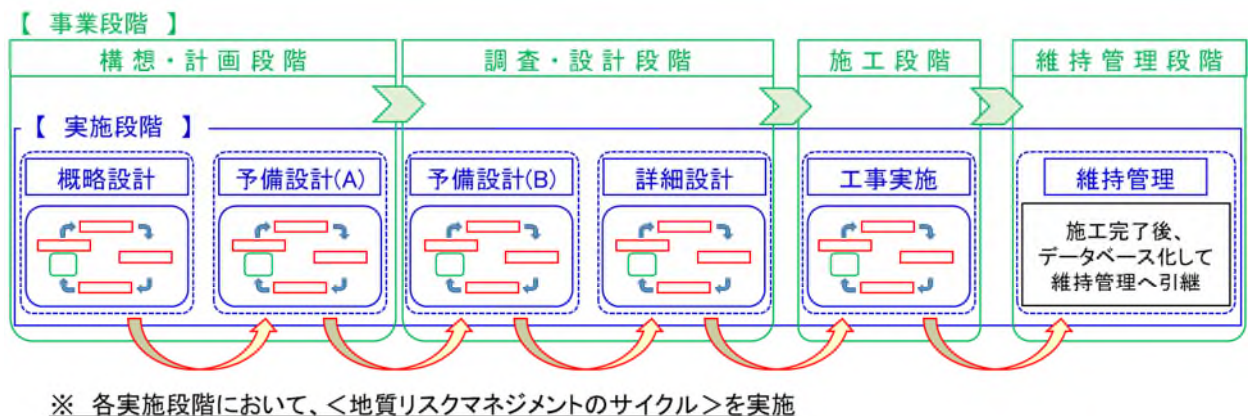
図 2-1 地質リスク（事業リスク）低減の考え方

2.5 地質リスクマネジメントの概要

図 2-2 に地質リスクマネジメントの体系図を示す。地質リスクマネジメントは、一般的なリスクマネジメントと同様に、地質リスクの評価を行い、リスクの重要度に応じて措置を講じるための意思決定を行う一連のプロセスを指す。

地質リスクを回避・低減するためには、各事業段階で地質リスクを評価して、その対応方針を設計計画に反映することが重要となる。各事業段階でリスクコミュニケーションを図り、必要な後続調査を効率的に行い、その結果を地質リスクの再評価に反映して地質リスクの評価の精度を高めることにより、事業を通して地質リスクの低減を図ることができる。

本マニュアルでは、地質リスクを抽出し、分析・評価して、その後の対応方法を決定するために必要な検討内容を 3 章に示した。また、地質リスクの情報共有や意思決定のためのリスクコミュニケーションを事業者、設計技術者、地質技術者および施工業者により実施することとし、その役割や実施時期と協議内容、及び地質リスクを申し送るために必要な管理票やリスク措置計画の例を 6 章に示した。また、事前に想定していない地質リスクが発現した場合や顕在化した場合には、その記録を蓄積し、その後のリスクマネジメントに活かすことで将来的な地質リスクを低減するため、報告書様式の例を 6 章に示した。



※ 各実施段階において、<地質リスクマネジメントのサイクル>を実施

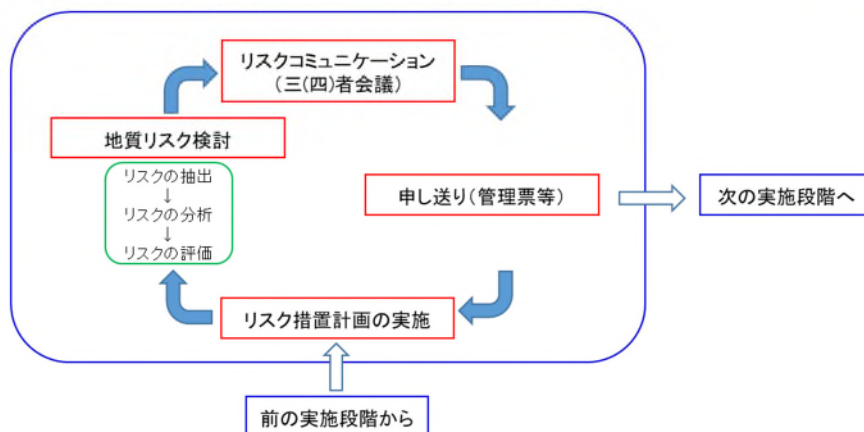


図 2-2 地質リスクマネジメントの体系図

(1) 役割

地質リスクマネジメントは、各事業段階において、地質リスクの検討とリスクコミュニケーションの2つの役割を担う。地質リスクの検討は、文献資料調査や地表地質踏査、地質調査結果等を踏まえ地質リスクの抽出・分析・評価を行うもので、設計計画を踏まえた地質リスクへの対応方針（回避・低減・保有）を策定する。リスクコミュニケーションは、事業関係者間で地質リスクの情報を共有し、対応方針を決定するための三（四）者会議を実施するもので、会議で決定した対応方針に基づきリスク措置計画（設計対応策や後続調査計画等の対応方法）をとりまとめ、次の事業段階への申し送りを行う。

(2) 実施時期

地質リスクへの対応を最適なものにするためには、事業全体を通じて不断のマネジメントを行うことが必要である。特に、事業への影響が大きな地質リスクは、事業の初期段階で抽出し対応する必要があるため、事業の構想・計画段階より地質リスク検討を行う。また、各事業段階で検討を行い、追加実施された地質調査の結果や設計計画の情報を反映し、精度を高めるものとする。

ただし、既にある程度計画が進んでいる事業や事業規模・事業特性により初期段階での地質リスク検討が困難な事業も想定される。本マニュアルには、各事業段階で実施するのが望ましい地質リスク検討項目や協議内容を取りまとめているが、適応する事業段階に照らし実情を踏まえて実施する内容を検討することが望まれる。

(3) 実施すべき事業

どのような構造物でも基礎は地盤と接するため、大小にかかわらず地質リスクが存在する。しかし、事業によっては、事業への影響が軽微である場合や事業規模が小規模で地質リスクマネジメントによる経済的な効果等が期待されない場合もある。

地質リスク検討を実施すべき事業はガイドラインを参考に下記のとおりとする。ただし、小規模な事業であっても、周辺や同類の地形地質で地質リスクが発現した事例がある場合には、事業のできる限り初期段階で地質リスクを抽出し、対応策を検討することが望ましい。

- ・ 大規模な掘削や地形改変を伴う事業
（ダム、規模の大きい橋梁・切盛土工・トンネル等）
- ・ 周辺に様々な施設が近接する事業
（都市部での地下工事、各種施設の直近での掘削工事等）
- ・ 地下水に影響を与える可能性のある事業
（地下水利用に影響を与える事業、大規模・広域に地下水変化を生じる事業、地下水変化に起因する地盤沈下や浮力の変化等の影響を生じる事業等）
- ・ 自然由来の重金属等を含む可能性がある地質の箇所での事業
- ・ 地すべり、崩壊、土石流等の災害危険箇所での事業
- ・ 軟弱地盤、液状化しやすい地層等の脆弱な地盤の箇所での事業等

3. 地質リスクの検討方法

3.1 地質リスク検討の流れ

図 3-1 に地質リスク検討の流れを示す。地質リスクの検討は、一般的なリスクマネジメント同様に、リスクへの対応方針の意思決定を行うために地質リスクを抽出、分析し評価するものである。公共事業においては、事業の進捗に応じて、地質地盤情報が增加するため、各事業段階で、地質リスクの再評価を行い、対応方針の見直しを行う必要がある。

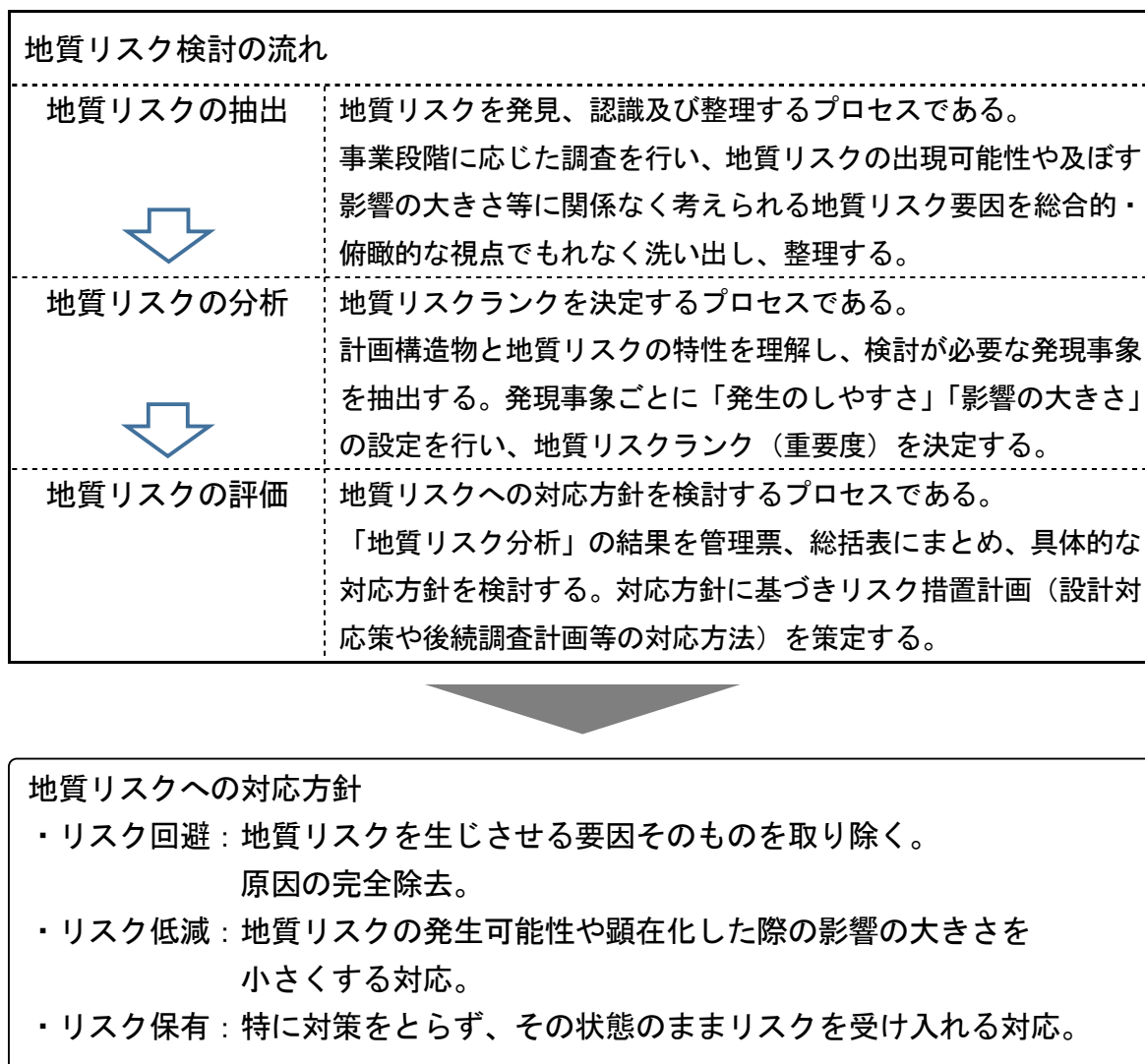


図 3-1 地質リスク検討の流れ

3.2 地質リスクの抽出

地質リスクの抽出は、事業計画に影響を及ぼす可能性のある地質リスク要因を漏れなく抽出することから始まる。地質リスク要因の抽出に漏れや抜けがあった場合は、以降のリスクマネジメントの結果に重大な影響を及ぼすことになるため、できる限り事業の早い段階で総合的・俯瞰的に抽出を行うことが望ましい。また、事業の進捗に応じて地質情報が増えることにより、事業初期段階では予測していない地質リスク要因が確認されることもあるため、その都度、見直しを行うことが必要である。

地質リスク要因は、文献調査や過去の事例分析等によるその地域特有の地質リスクの洗い出しと、地表地質踏査や各種地質調査による抽出・整理する。地質リスク要因は、各種の技術指針類や文献に加えて、周辺事業の地質リスク発現事例、最新の研究成果などを参考に、専門知識と豊富な経験を有する技術者が行う必要がある。

また、地質リスク要因は、地形的特徴や地質構造等の幾何学特性、軟弱地盤の分布、風化特性等の力学特性、地下水の存在、重金属の含有、スレーキング等の化学特性などさまざまであるため、これらの地質リスク要因が構造物等にどのような影響を及ぼすかを整理する。計画構造物と地質リスク要因の組み合わせによる地質リスク発現事象の整理例を表 3-1 に示す。地質リスク抽出に当たっては、専門技術の分野が多岐にわたることから、事業者は個々のリスクに適正に対処できる技術者を配置できるように留意が必要である。

表 3-1 地質リスク要因の整理例

地質リスク要因	切 土	盛 土	橋 梁	トンネル
地すべり等 (岩盤崩壊、深層崩壊)	法面の不安定化 滑動誘起	滑動誘起 地下水位上昇	滑動誘起	坑口斜面の不安定化 断面変形、滑動誘起
崩壊地形 崖錐堆積物など	法面の不安定化	地すべりの誘発	支持層の不陸による強度不足	坑口斜面の不安定化
風化帯・ゆるみ帯	法面の不安定化	地すべりの誘発	支持層の不陸による強度不足	坑口斜面の不安定化
表流水、湧水、地下水	法面の不安定化 利水への影響	湿潤によるすべりの発生	仮設切土法面の不安定化、グラ ウチング材の流出、利水の影響	切羽の崩壊 利水への影響
集水地形	法面の不安定化 土砂水の流入	湿潤によるすべりの発生	—	坑口斜面の不安定化 土砂水の流入
浮石、転石	自然斜面からの落石	自然斜面からの落石	自然斜面からの落石	坑口への落石
流れ盤構造(断層、層理面、 節理面、スラスト、低角度断層)	法面の不安定化	地すべりの誘発	仮設切土法面の不安定化	坑口斜面の不安定化 切羽の崩壊
高角度の受盤 (見かけ傾斜60°以上など)	法面の不安定化	—	仮設切土法面の不安定化	坑口斜面の不安定化
断層破砕帯、熱水変質脈、 岩脈などの不連続面	法面の不安定化	地すべりの誘発 不等沈下	支持層深度の急変、不等沈下 仮設切土法面の不安定化	出水による切羽の不安定化 利水への影響
特異な水理地質構造 (水ミチなど)	法面の不安定化	湿潤によるすべりの発生	仮設切土法面の不安定化	出水による切羽の不安定化 利水への影響
スレーキング	法面の不安定化 (遅れ破壊)	法面の不安定化 不等沈下	—	覆工の変状 路盤の膨張
軟弱地盤	—	沈下、側方流動 液状化	沈下、側方流動、液状化 地盤改良範囲、工法の変更	坑門工の沈下、側方流動 液状化
支持層分布 (土軟硬分布)	法面の不安定化 (不適切な切土勾配)	不等沈下	定着不足	支保の大幅変更
土石流堆積物 (渓床・溪岸堆積物など)	土石流、土砂水の流入	土石流・土砂水の流入 横断管閉塞による排水不良	物性値のバラつき 玉石等による施工機械の不適合	坑口法面の不安定化
有害物質 (硫化鉄物、重金属含有鉱物)	土壌汚染材料の拡散 植生不良	土壌汚染 地下水汚染	—	土壌汚染材料の拡散

3.3 地質リスクの分析

(1) 地質リスクランクの設定

各事業段階において、入手できる地質情報に基づいて、より重要度の高い地質リスクから対応方針（リスクの回避、低減、保有）を考えていく必要がある。このため、事業関係者が共通認識をもって、後続業務や次の事業段階に地質リスクを申し送りするために、地質リスクの重要度をランク付けする。地質リスクランクは、一般的なリスクマネジメントの方法を参考に、「影響の大きさ」と「発生のしやすさ」による重みづけを行う。

$$\text{地質リスクランク} = \text{「影響の大きさ」} \times \text{「発生のしやすさ」}$$

ランク付けの定義は、事業段階で異なると混乱が生じる可能性があるため、リスクへの対応方針は事業段階を通して統一した指標とし表3-2に示す。なお、地質リスクランクを決定するための「影響の大きさ」や「発生のしやすさ」の閾値等は事業段階に応じて検討する。

表 3-2 地質リスクのランク付け定義例

リスク ランク	対 応 方 針	具体的な対応	想定事象
AA	回 避	構造物や周辺環境に影響が出ない範囲へ回避する 例：路線を変更する	事象が発現した場合、通常考えられる対策工で対応ができない事象 例1：大規模な地すべりや深層崩壊等が発生し、通常計画可能な対策工での対応が困難になる。
A	回 避 ・ 低 減	構造物や周辺環境に影響が出ない範囲へ回避もしくは標準的な工法以上の対策を講じる（詳細な調査や検討が必要） 例：構想計画段階では、路線変更等により回避する、もしくは必要な対策費用を計上する 事業化後は、詳細な調査を実施して、確実なリスク低減策を講じる。	事象が発現した場合、構造形式の変更が必要となる場合や安全性が著しく低下する事象 例1：切土により地すべり（法面崩壊）が発生し、追加調査や追加対策工（グラウンドアンカー工）が必要となる。 例2：支持層が予測より深く、基礎形式が変更となる。 例3：高濃度の自然由来重金属が連続して分布し、相当の対策が必要となる。
B	低 減	標準的な工法で対応 （共通仕様書等に示される調査手法で対応が可能） 例：通常の地質調査を行い、調査結果に応じて対策工を検討する。	事象が発現した場合、軽微な追加対策や、対策範囲の変更により対応できる事象 例1：軟弱地盤の範囲が予測より広くなり改良範囲が変更となる。 例2：崖錐堆積物層の分布範囲が広くなり鉄筋挿入工の範囲が変更となる。
C	保 有	次の事業段階へリスクを保有	事前の低減対策等の必要性が低いため、施工段階や維持管理段階にリスクを保有する事象 例1：擁壁基礎地盤にわずかな不陸があり置き換えにより対応する。 例2：切土法面からの湧水が著しく認められたため、水抜きを行う。

(2) 検討が必要な発現事象の選定

地質リスクの抽出段階では、総合的・俯瞰的な観点で地質リスク要因を洗いざらい抽出するため、事業への影響が大きな地質リスク要因から容易に対応可能な地質リスク要因まで混在している。そこで、地質リスクランクを決定するための「影響の大きさ」と「発生のしやすさ」の閾値等をできる限り具体的に設定し、技術者による判断の振れ幅を抑制する。また、構造物ごとの地質リスク要因による発現事象の組み合わせは多岐にわたるため、「影響の大きさ」や「発生のしやすさ」の閾値等を要因毎に設定するのは煩雑になる。このため、発現事象ごとにタイプ分けを行い、事業段階毎に必要な発現事象の「影響の大きさ」と「発生のしやすさ」の設定を行うものとする。

下記に発現事象の区分の例を示した。

検討が必要な発現事象は、事業地の条件や事業段階に応じて変化する。例えば、平野部の事業では、ii) 主に土石流・土砂流入による事象は対象外としてよいし、山岳道路であっても構想・計画段階では、iii) 落石に関わる事象などは、評価するための情報がなく、事業費等への影響が小さいことが多いため検討対象外としてよい。

【「発現事象」のタイプ分け例】

- i) 主に法面・自然斜面の不安定化に関わる事象
- ii) 主に土石流・土砂流入による事象
- iii) 落石に関わる事象
- iv) 主に支持地盤の不確実性に関わる事象
- v) 主に沈下、液状化に関わる事象
- vi) 主に地下水、土壌汚染に関わる事象
- vii) トンネル掘削に関する特有の事象

(3) 影響の大きさ

過去の地質リスク発現事例から、例えば下記のような事象が事業推進への影響が大きいものとしてあげられる。

①建設中

- ・切土法面の大規模崩壊(変状)の対応
- ・支持層の未達による基礎構造等の変更
- ・土軟硬や地山区分(支保)、軟弱地盤の分布範囲の変更による予算超過
- ・突発湧水や想定外事象の発現による工程遅延

②供用後

- ・盛土や軟弱地盤の沈下・変形による交通障害
- ・崩壊・土石流、土砂水流入による交通障害、通行車両の被災
- ・落石による通行車両の被災
- ・地下水障害による水利用者への影響
- ・赤水等環境汚染物質の発生

これらのことを踏まえると影響の大きさの指標としては、次の4つに大別される。

- ・費用(大幅な事業予算変更など)
- ・期間(工程の遅延など)
- ・安全(事故、災害など)
- ・環境(社会環境への負担増加など)
- ・その他

発現事象に合わせ、それぞれの項目の指標を作成し、客観的な評価を行うことが望ましい。以下に影響の大きさの評価例を示す。

a)費用(コスト) の目安

費用の目安の例を下表に示す。

(円)

影響の大きさ	極小	小	中	大	特大
土木学会※1	—	1000万未満	1000万以上	5000万以上	—
地質リスク学会※2	100万未満	100万以上	1000万以上	1億以上	10億以上
A道路	—	9000万未満	9000万以上	3億以上	—
B道路	—	3000万未満	3000万以上	1億以上	—

費用の閾値は、上表の目安を参考として、事業規模や構造物の規模等により定めればよい。なお、構想・計画段階で抽出する必要のある「リスクランク AA」は大規模な地すべりがあるが、地すべりの規模による影響の大きさの設定に際しては、表 3-3 に示す地すべり規模による影響の大きさの設定例等を参考とするとよい。

表 3-3 地すべり規模による影響の大きさ設定例

内容 ランク	区分内容
小	3万m ³ 未満
中	3万m ³ 以上 40万m ³ 未満
大	40万m ³ 以上 200万m ³ 未満
特大	200万m ³ 以上

貯水池周辺の地すべり調査と対策 改訂新版，平成 22 年 12 月，
(財)国土技術研究センター編を参考に設定

b) 期間の目安

期間の目安の例を下表に示す。

影響の大きさ	極小	小	中	大	特大
土木学会	—	1年未満	1～3年	3年以上	—
地質リスク学会	数日間	数週間	数か月	数年	多年
A 道路	—	1ヶ月未満	1年未満	1年以上	—

期間は、事象が発現した時の工期の遅延日数の目安として取り扱う。

A 道路では、影響の大きさ「大」は 3 箇年にまたがるような工事の遅延となる場合、影響の大きさ「中」は 2 箇年以内に収まる遅延となる場合、影響の大きさ「小」は当該工事の工期内に収まる遅延となる場合と想定している

c) 安全

発現事象ごとに、地質リスクが発現した場合の安全性を施工段階と維持管理段階に分けて整理する。

d) 環境

発現事象ごとに、地質リスクが発現した場合の環境への影響を施工段階と維持管理段階に分けて整理する。

e) その他

発現事象ごとに、地質リスクが発現した場合のその他の影響を施工段階と維持管理段階に分けて整理する。

※1：道路事業におけるリスクマネジメントマニュアル(Ver. 1)，2010. 3，社団法人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

※2：地質リスクマネジメント体系化委員会 報告書，2014. 12，地質リスク学会

(4) 発生のしやすさ

発生のしやすさの指標は、発現事象毎・地質リスク要因毎に、技術指針や文献、地質リスクに関わる論文等を参考にできる限り定量的に設定する。特に、周辺事業や同類の地形地質での地質リスク発現事例の情報を収集・分析することにより、評価精度を向上させることができる。

(5) 地質リスクランク

地質リスクランクは影響の大きさと発生のしやすさの掛け合わせにより決定するが、発現事象により影響の大きさや発生のしやすさの重みづけが異なるため、(2)で設定した発現事象ごとにマトリクス表を作成する。また、構想・計画段階など地質情報が十分に得られない段階でも、評価の指標を2段階にするなどにより、総合的・俯瞰的な視点で評価できるようにすることが必要である。

道路事業における「主に法面・自然斜面の不安定化に関わる事象」について、概略設計段階の設定例を表3-4に、予備設計(B)段階の設定例を表3-5に示す。「影響の大きさ」、「発生のしやすさ」とともに最も重い評価を掛け合わせてリスクランクを決定する。

【「地質リスクランク」決定の流れ】

- ①「影響の大きさ」の各指標について閾値を設定する。
- ②「影響の大きさ」の各指標を評価する。
- ③各指標の評価結果のうち、最大のものを「影響の大きさ」の評価結果としてマトリクス表にあてはめる
- ④「発生のしやすさ」の各指標について閾値を設定する。
- ⑤「地質リスク要因」ごとに各指標の閾値を設定する。
- ⑥「地質リスク要因」ごとに各指標を評価する。
- ⑦「地質リスク要因」の評価結果のうち、最大のものを「発生のしやすさ」の評価結果としてマトリクス表にあてはめる。
- ⑧マトリクス表にあてはめられた地質リスクランクを当該区間の地質リスクランクとする。

表 3-4 構想・計画段階の地質リスクランク設定例
 (主に法面、自然斜面の不安定化に関わる事象)

		発生のしやすさ	
		中	大
影響の大きさ	特大	A	A A
	大	B	A
	中	B	A

評価項目	影響の大きさ		
	中	大	特大
地すべり等の規模	40万m ³ 未満	40万m ³ ~200万m ³	200万m ³ 以上

地質リスク要因等	発生のしやすさ	
	中	大
地すべり地形 重力変形地形	LP地形判読で明瞭な地すべり地形が読み取れる	地すべり指定地 LP地形解析で分化等が進んでいることが確認できる
地質特性 (災害履歴)	同様の地形地質で災害履歴が複数存在する	周辺事業に災害履歴がある 流れ盤構造等の分布が予測される
新技術を活用した活動性の評価等	InSARやLP差分解析等では活動性が確認できない。	InSARやLP差分解析等で活動性が確認できる。
⋮		

表 3-5 調査・設計段階の地質リスクランク設定例
(主に法面、自然斜面の不安定化に関わる事象)

		発 生 の し や す さ		
		小	中	大
影 響 の 大 き さ	大	B	A	A
	中	B	B	A
	小	C	B	A

指 標	影 響 の 大 き さ		
	小	中	大
事業継続の可能性	法面1段程度の変状 対策費用1000万円未満	変状範囲が法面2~4段に及ぶ (~40万㎡) 対策費用1000万円以上	対策費用が甚大な(40万~200 万㎡) 法面5段以上 対策費用1億円以上
施工への影響	現場対応が可能 軽微な追加対策 (対策完了までに1か月以内)	追加対策などで対応可能(対策 完了までに1か月~半年程度必 要)	構造形式の変更のための追加 調査や対策工の検討が必要(対 策完了までに半年以上)
通行車両への影響	発生後数日で通行規制を解除 できる	発生後数週間で通行規制を解 除できる	一旦発生すると長期間の通行 規制が必要
周辺への影響	通行車両には直接影響しない 人家等が周辺にない	通行車両に間接的に接触する 可能性がある 人家等の周辺に影響を及ぼす 可能性がある	通行車両に直接接触する可能 性がある 人家等に影響を及ぼす可能性 がある
⋮			

地質リスク要因	発 生 の し や す さ		
	小	中	大
すべり面となる地質 構造(流れ盤、クサビ崩 壊)	節理面等が見かけ傾斜●~ ●°程度、断層、節理等の組 み合わせなし	層理面等が見かけ傾斜●~ ●°程度の流れ盤構造 断層、節理の組み合わせあり	破碎帯、粘土層等弱面が見かけ 傾斜●~●°の流れ盤構造 周辺に同構造の変状履歴あり
風化帯・ゆるみ帯 断層破碎帯	深層風化や深部までゆるんだ 地山が分布する	幅1m以内の断層破碎帯や熱水 変質帯が分布する	断層破碎帯、熱水変質帯等周 辺に比較して強度の低い地山 が広く分布(幅1m以上)
地すべり等活動誘起 (道路土工指針 解表3-4参照)	段差地形等が認められる 表層崩壊跡が見られる	やや明瞭な地すべり地形が認 められる クリープ変形の形跡がある	明瞭な地すべり地形が認めら れる 現地踏査により滑動性が確認 される
スレーキング (設計要領第1集 図2.2参照)	(1)材	2(材)	(3)材
⋮			

※「すべり面となる地質構造」の「見かけ傾斜角の検討方法」の例を7.1章 発生しやすいさの設定例に例示している。

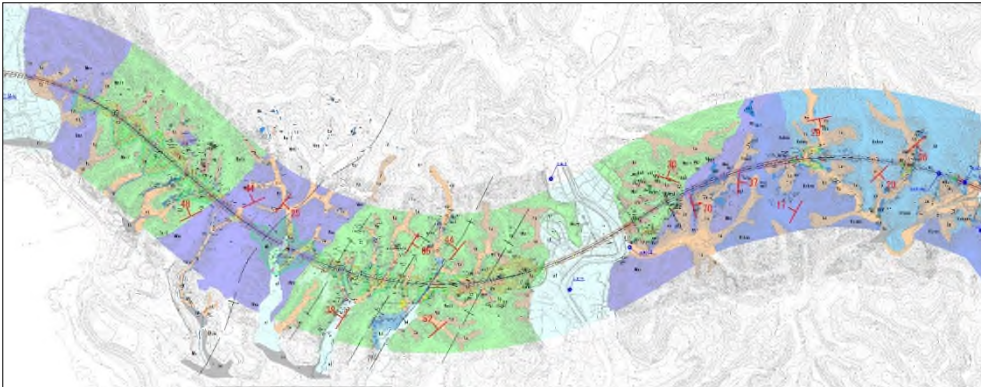
3.4 地質リスクの評価

地質リスクの評価は、地質リスクの分析結果をもとに、設計計画や施工へ反映すべき事項を決定する。地質リスク評価結果の整理の一例として、地質リスク管理票を表3-6に示した。地質リスク管理票は、その段階で作成可能な平面図や断面図に地質リスクを明示し、下記のような情報を区間ごとに記載する。

- ①地質リスク要因
- ②想定発現事象
- ③地質リスク発現の可能性（発生確率）とその根拠
- ④発現時の影響（影響度）
- ⑤地質リスクランク
- ⑥リスク措置計画（設計対応策や後続調査計画等の対応方法）

事業管理者、設計技術者、地質技術者によるリスクコミュニケーションを実施し、作成した地質リスク管理票の案をもとに記載内容を協議する。後続業務や次の事業段階への申し送りが必要な地質リスク情報やリスク措置計画を作成する。

表 3-6 地質リスク管理票の例



構造物	切土(4段)	盛土(両盛7段)	切土(6段)
地質リスク要因	①浮石・転石(20cm~1m) (特に中央の沢状凹地) ②流れ盤構造	①軟弱地盤(沢部) ②上流沢部に酸性水	①流れ盤、ゆるみ
発現事象	①法面上部からの落石 ②法面崩壊	①盛土の沈下、横断管の破損 盛土のすべり ②地下水汚染	①法面崩壊(地すべり)
発生のしやすさ	①大(安定度2) ②中(見かけ傾斜35°)	①大(粘性土地盤有、湿地帯) ②中(赤水発生)	①大(見かけ傾斜16°)
影響の大きさ	①中(直接被災の可能性はあり) ②中(4段)	①中(高盛土) ②中(直接被害の可能性は小さい)	①大(長長大法面)
リスクランク	①B(落石調査) ②B(ボーリング)	①B(ボーリング) ②B(試験、モニタリング)	①A(詳細調査：高品質ボーリング、ポアホールカメラ)
リスク措置計画	①【設計】落石対策の検討 ※原位置対策が必要な巨石あり ②【調査】ボーリング調査により弱面の有無、構造を確認 【設計】法面対策の検討 【施工】法面観察により節理面等の不連続面を確認	①【調査】軟弱地盤の調査 ①【設計】基礎処理の検討 ※起点側袖部の沢状凹地もあり、十分な暗渠排水の設置が必要 ②汚染範囲の特定と、施工前からの環境モニタリングが必要	①【調査】詳細なボーリング調査により地質性状の確認 【設計】予備設計段階：軟岩の最緩傾斜1：1.2で計画 ※破砕帯等を狭在する場合は抑止対策が必要

4. リスクコミュニケーション

地質リスクマネジメントにより地質リスクを低減するには、関係者間の情報共有と共通認識（意思決定）が重要となる。事業管理者、設計技術者、地質技術者（施工時には施工技術者加わる）が連携してお互いの情報を共有し、各々の業務内容を確認しながら適切な成果を、次の事業段階へ引き継がなくてはならない。そこで、各事業段階で事業管理者、設計技術者、地質技術者、施工者によるリスクコミュニケーションを実施するために「三（四）者会議」を開催する。三（四）者会議の実施方針と協議事項は以下のとおりとする。

4.1 三（四）者会議の実施方針

- ① 主催者は事業管理者として、会議のメンバーは、事業管理者、地質技術者、設計技術者、（施工者）とする。
- ② 会議資料の作成は、地質リスク検討業務において担当し、設計業務より必要な資料の提供を受ける。
- ③ 各業務を実施するにあたり、各々の方針・計画・業務内容等を共有する。既往の地質調査結果の精査を行い、業務及び会議の成果に反映する。特に、設計や仮設計画に必要な地質・地盤条件や必要な地質調査の内容に関して議論する。設計技術者から地質技術者への要望を明確にする。
- ④ 地質調査結果に基づいて、内容の評価等に関する協議を行い、設計計画に確実に反映する。地質技術者は、設計技術者に地質リスク検討結果とリスク措置計画に関する情報を伝達する。
- ⑤ リスク措置計画の方針を三（四）者会議で決定する。
- ⑥ 後続の設計業務及び地質調査業務へ、業務内容の引継ぎを行う。
- ⑦ 必要に応じて、現地で立会・追加協議を行う。
- ⑧ 事業の規模に応じて、三（四）者会議の頻度を設定する。

4.2 協議事項

- ① 事業の全容の確認
- ② 設計業務と地質調査業務の内容確認と各業務の実施方針
- ③ 地質リスクの検討等に必要な収集資料の範囲
- ④ 地質リスク検討結果
- ⑤ 設計において必要な地質情報の確認
- ⑥ 地質リスクに関するリスク措置計画（設計対応策や後続調査計画等）

5. 道路事業を例とした地質リスクマネジメントの流れ

ここでは、道路事業の例を取り上げ、事業における地質リスクマネジメントの流れを以下に示す。

道路事業に地質リスクマネジメントを適用する場合、図 5-1 に示す通り、2 段階の選定・判定を経て該当する場合に、地質リスクマネジメントを実施することとなる。

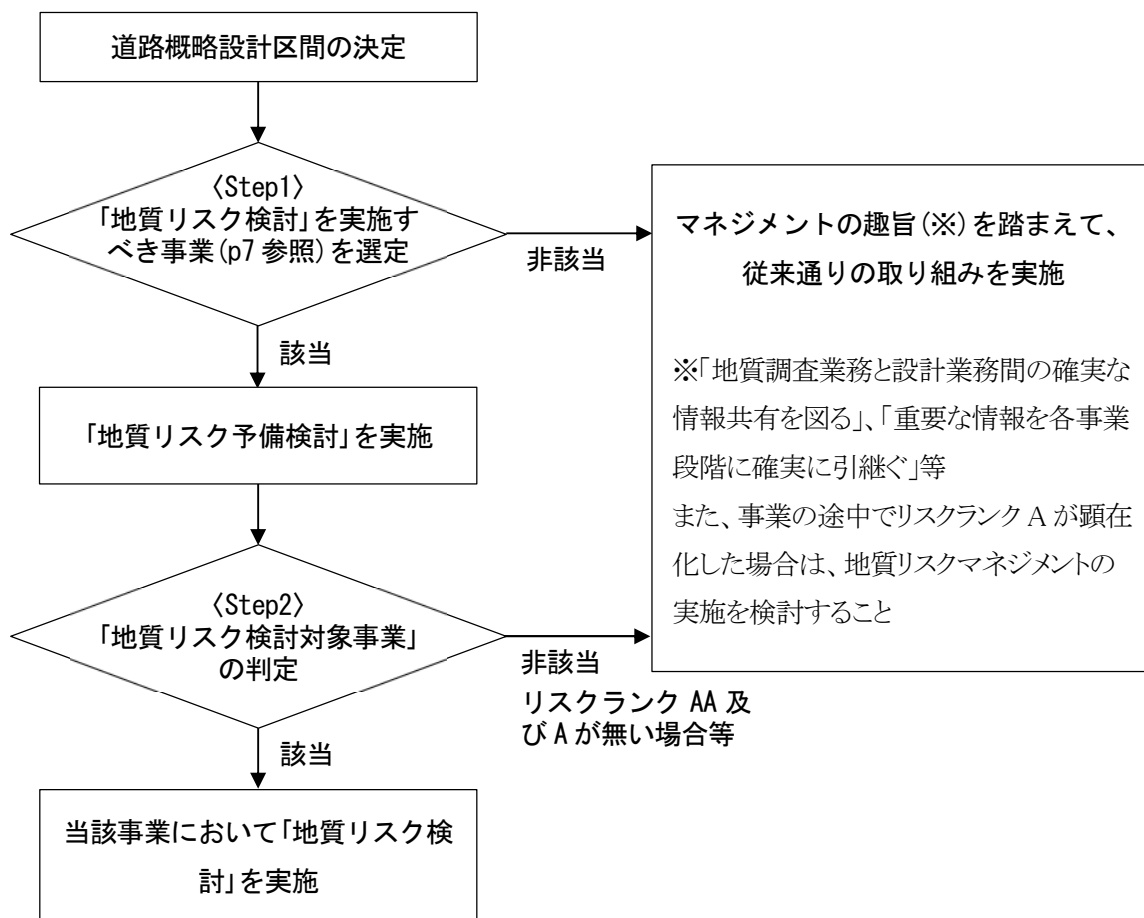


図 5-1 道路事業の地質リスクマネジメントの対応フロー (1)

5.1 地質調査と地質リスク検討、設計の流れ

(1) 概要

従来の道路事業は、概略設計区間が決定されると「道路概略設計」⇒「道路予備設計（A）」⇒「道路予備設計（B）」⇒「道路及び擁壁等付帯構造物詳細設計」・「橋梁・トンネル等重要構造物詳細設計」の順に設計が進められるが、本格的な地質調査は、道路予備設計（B）の段階から実施されていた。

本マニュアルでは、地質リスクを低減するためには地質リスク等に関する情報を概略設計段階からの的確に反映することが重要であると考え、道路事業の各段階における地質調査及び地質リスク検討と設計業務の関係及び実施順序等を図 5-2 にまとめた。また、同フロー図には、事業管理者、地質技術者、設計技術者、施工業者による「三（四）者会議」を実施することを組み込み、密接な意思疎通を図ることを提案している。表 5-1 に道路事業における三者会議の主な議題の例を示した。

表 5-1 道路事業における三（四）者会議の主な議題の例

実施段階	主な議題	決定事項
道路概略設計 (ルート帯の検討)	①地質リスク検討対象事業の適否 ②ランク AA の有無とリスク措置計画（回避） ③ランク A 抽出結果と設計時留意事項 ④ランク A の確認のためのリスク措置計画	・ リスクマネジメント方針 ・ ルート帯 ・ リスク措置計画
道路予備設計(A) (ルート中心線の検討)	①調査結果を踏まえたリスクランクの見直し ②ランク A の内容とリスク措置計画（回避・低減） ③上記②を踏まえた最終ルートの確認 ④ランク A、B 抽出のためのリスク措置計画	・ ルート中心線 ・ リスク措置計画
道路予備設計(B) (幅杭の検討)	①調査計画を踏まえたランクの見直し ②ランク A、B の内容とリスク措置計画（低減） ③上記②を踏まえた最終幅杭図面の確認 ④ランク A、B 対策検討のためのリスク措置計画	・ 道路構造物の形式（法面勾配含む）を踏まえた幅杭位置 ・ リスク措置計画
道路詳細設計 (施工図面の作成)	①対応優先度を踏まえた調査計画の見直し ②調査結果を踏まえたランクの見直し ③ランク A、B の内容とリスク措置計画 ④上記③を踏まえた施工計画図面等の確認 ⑤施工時確認事項(ランク C の対策方針の確認)	・ リスク措置計画 ・ 施工時確認事項
施 工	①地質リスク検討結果とリスク措置計画の共有 ②施工時確認事項(ランク C の対策方針)の確認 ③必要に応じて監視・観測・観察等の追加計画 ④維持管理段階への申し送り事項 ※地質リスク発現時は別途検討	・ 顕在化した地質リスクの措置方針 ・ 維持管理申し送り事項

道路概略設計区間の決定

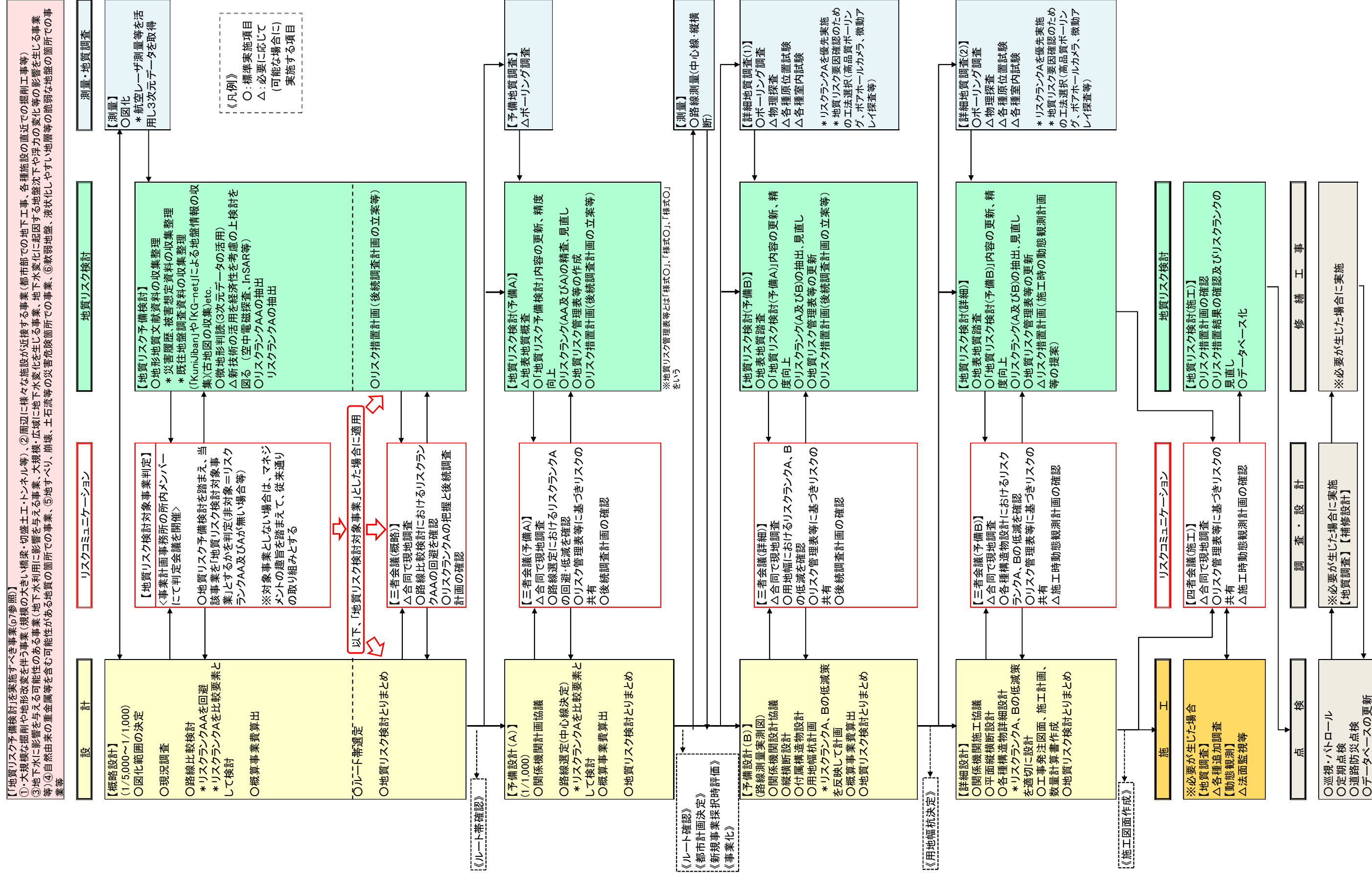


図 5-2 道路事業の地質リスクマネジメントの対応フロー (2)

(2) 設計便覧（案）道路事業の流れにおける地質リスク検討の位置付け

リスクを低減するための地質リスク検討は、各実施段階と平行して行う必要がある。設計便覧（案）（第3編 道路編）に示されている道路事業の流れ（H24.1時点）に地質リスク検討および三（四）者会議の発注時期を示す（図5-3）。

地質リスク検討は、道路概略設計の初期段階で地質リスク検討対象事業の判定を行うための予備検討が必要となる。その後、三者会議で対象事業の判定を行い、対象事業とした場合は、路線比較検討時にリスクランク AA を回避する。道路予備設計（A）段階では、予備地質調査の結果を踏まえて「路線比較選定」の過程で実施し、リスクランク A の回避・低減を図るとともに、事業化後に優先的に調査すべき事項等のリスク措置計画を策定する。

都市計画決定後の道路予備設計（B）段階では路線測量と並行して実施される詳細地質調査の結果を踏まえて「用地幅杭設置」の過程で実施し、リスクランク A、B の低減を図るとともに、構造物の計画に合わせたリスク措置計画を策定する。詳細設計段階では、詳細地質調査(2)の結果を踏まえて、構造物全般の設計時に実施し、リスクランク A、B の低減策を決定するとともに、施工時の動態観測計画等を取りまとめる。

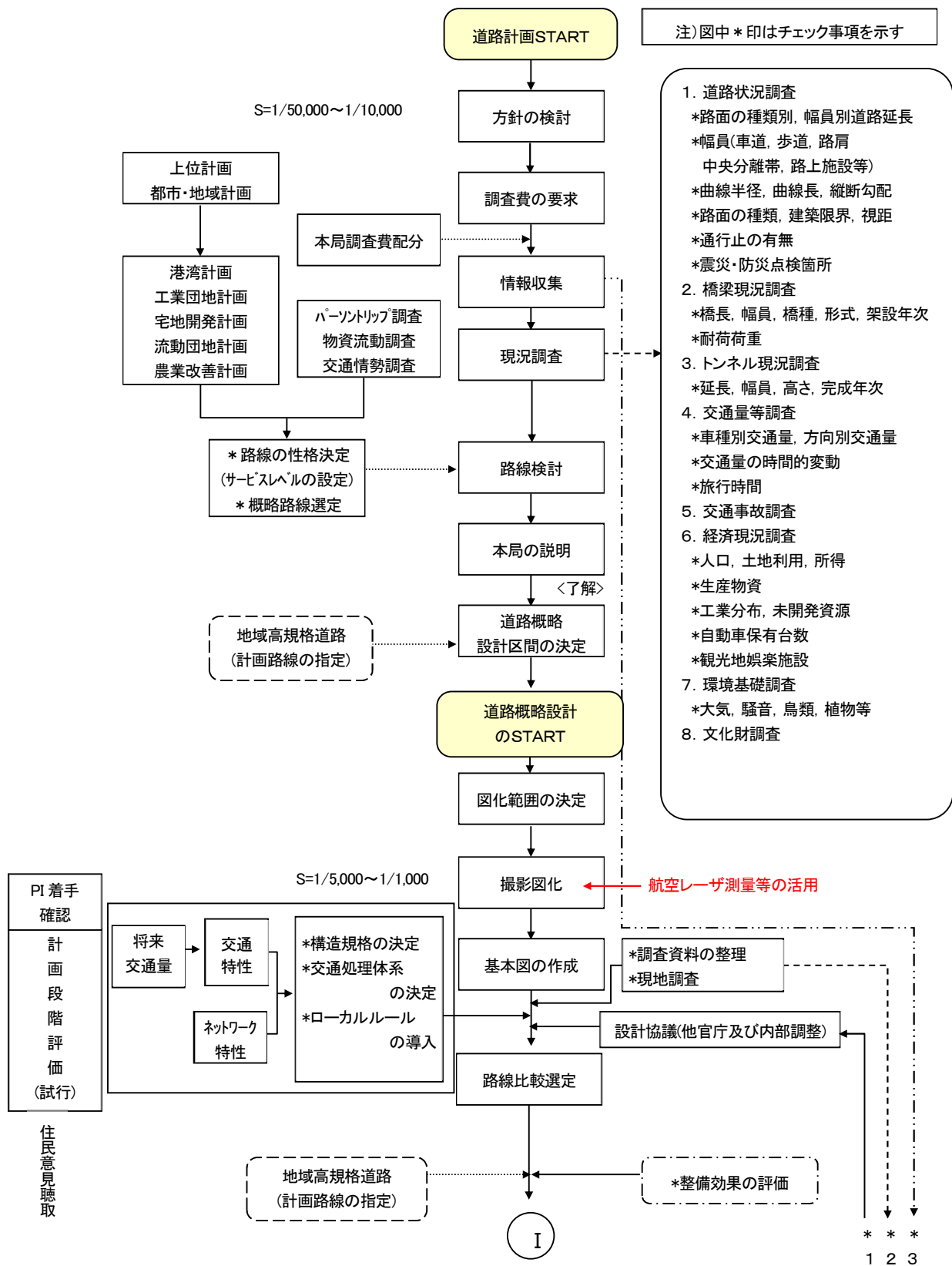


図 5-3 (1) 道路設計フローにおける地質リスク検討の実施

注) 図中*印はチェック事項を示す

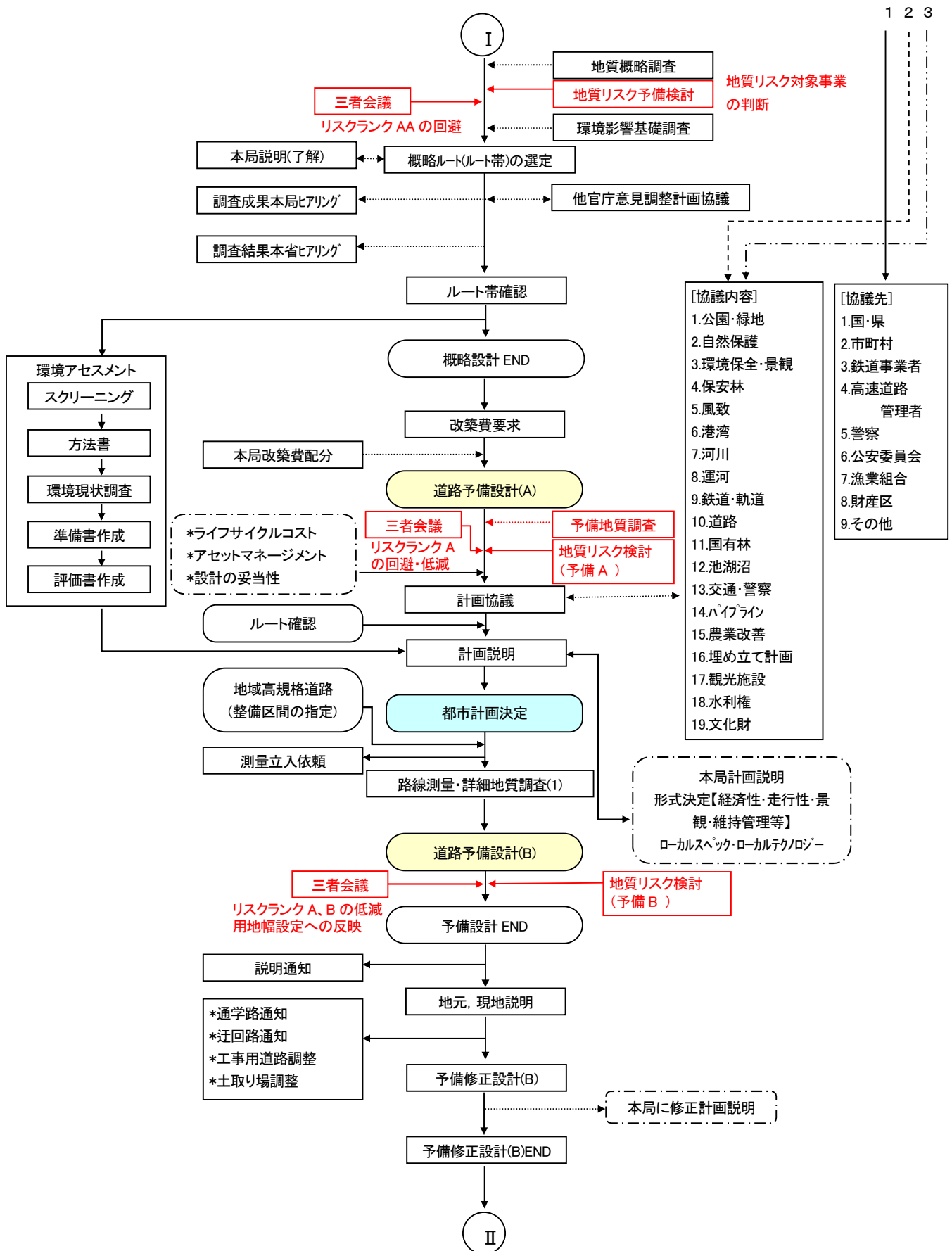


図 5-3 (2) 道路設計フローにおける地質リスク検討の実施

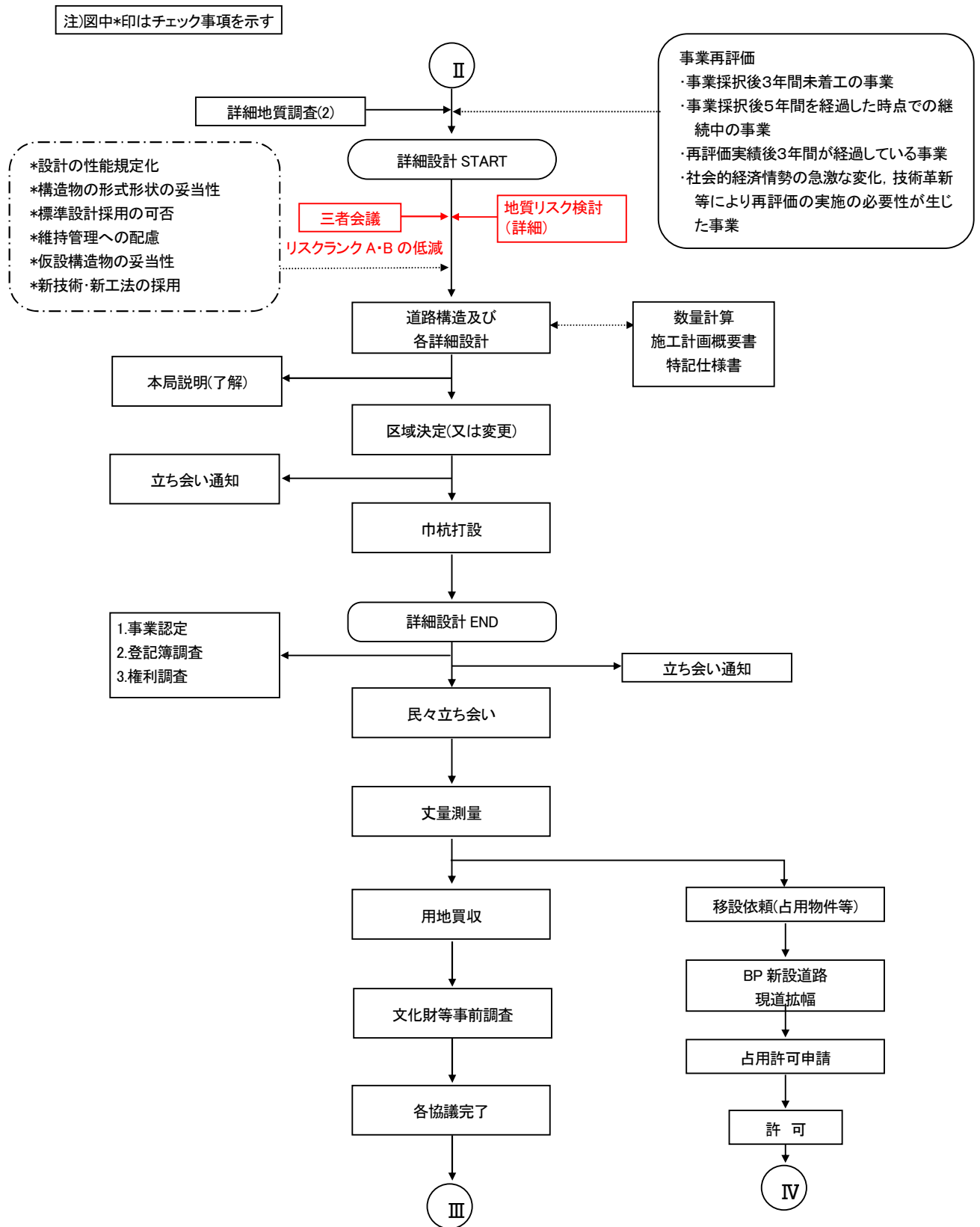


図 5-3 (3) 道路設計フローにおける地質リスク検討の実施

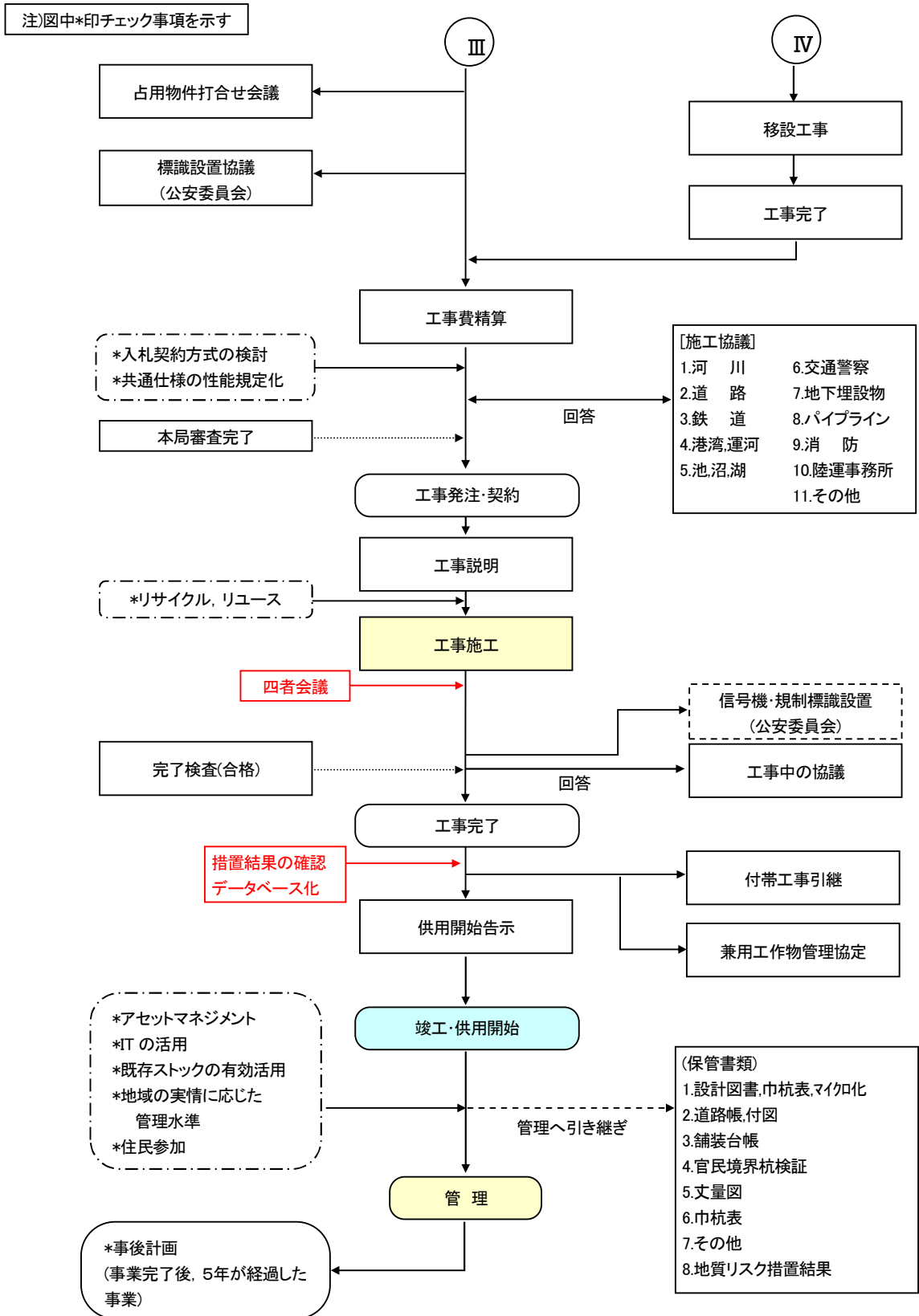


図 5-3 (4) 道路設計フローにおける地質リスク検討の実施

5.2 道路事業の各実施段階における地質調査・地質リスク検討内容

(1) 道路概略設計段階

概略設計は、「自然、社会的条件ならびにコントロール要因を考慮し、設計条件に適合するルート帯を比較し、概略ルート（ルート帯）を選定する」ものである。ここで、主なコントロール要因としては表 5-2 が挙げられるが、このうち、地質リスクは、その他の要因に比べて変動幅が広く不確実性を有することが多い。そのため、多くの路線で地質リスクを内在した形で予備設計に引き継がれることが多い。

表 5-2 主なコントロール要因

項目	内容
社会環境	学校・病院・住宅密集地(DID)等
自然環境	保全地域・特別保護区・天然由来土壌汚染(特に重金属)等
文化財など	天然記念物・遺跡・文化財・社寺・仏閣・墓地・景勝地等
公共施設	空港・鉄道駅・浄水場・清掃センター・廃棄物処分場等
地質リスク	地形・地質(土質)・気象・活断層・軟弱地盤・火山・地下水・被災履歴等
関連公共事業	主要道路・都市計画・地域開発等

先に述べたように、どのような構造物であっても大小にかかわらず地質リスクは内在する。地質リスク検討を実施すべき事業は 2.5 章に示したが、事業によっては、地質リスクに起因する事業への影響が軽微である場合や事業規模が小規模で効果を期待しにくい場合もある。

そこで、概略設計段階で地質リスク検討の対象とする事業かどうかの判定を行う。地質リスクマネジメント対象事業判定は、各種文献資料調査の結果から地質リスクを総合的・俯瞰的に抽出し、当該事業に与える影響を評価する。地質リスクマネジメント対象業務と判定された場合は、路線比較検討時に地質リスク検討を行う。この段階での地質リスク検討は、その後の事業計画に大きな影響を与えるリスクランク AA に相当する地質リスクを抽出し確実に回避することにある。また、可能な範囲でリスクランク A を抽出することにより、ルート帯検討時の比較要素とすることに加えて、予備設計(A)段階で必要な地質調査の項目を立案することができる。表 5-3 に道路概略設計段階の地質リスク検討の内容を示す。

表 5-3 概略設計段階の地質リスク検討の内容

実施段階	構想・計画段階（都市計画決定前）
設計段階	道路概略設計（ルート帯の検討・選定段階）
検討段階	地質リスク予備検討
目的	路線選定のための広範囲で大局的な調査・検討
検討手法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地形地質文献資料の収集整理 ・ 災害履歴、被災想定資料の収集整理 ・ 既往地盤調査資料の収集整理 ・ 地形解析（空中写真判読、航空レーザ測量図解析）
検討項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計画地域の地形地質の特徴と危険区域の抽出 ・ 過去の災害履歴と被害想定のとりのまとめ ・ 地盤環境、地下水環境等の特徴とリスク保有地域の抽出 ・ 地質リスクの評価（リスクランク）と対応方針の検討 （ランク AA の確実な抽出と回避方針の提案） ・ リスク措置計画立案（予備地質調査の提案）

【地質リスク検討時のポイント】

事業の初期段階では現地調査が困難な場合が多いため机上調査が主体となることが多いが、この段階で収集する文献・資料調査は、路線選定に重大な影響を与える大規模な地すべりや山腹崩壊の激しい地域など、施工段階や維持管理段階に重大な障害となる事項について評価する必要があるため、収集する資料の質と分析が重要となる。表 5-4 に地質リスク抽出に必要な文献・資料の例の一覧表を示した。

近年の研究により、航空レーザ測量データを活用して微地形解析を行えば、事業への影響が大きな大規模な地すべりの見落としや規模の誤認が減少するとされている。このため、概略設計段階で実施する測量は、航空レーザ測量データ等の三次元データを取得することを標準とする。これを用いて地形解析を行い、リスクランク AA となる大規模な地すべり等を抽出して確実に回避する等の対応を行う。

文献・資料調査は膨大に存在するため、対象となる事業の地質リスクに着目して、確認する資料を選択する必要がある。例えば、地質図ひとつでも、さまざま研究成果がある。中には発行年が古いものもあり、最新の研究成果で確認された地質分野や地質構造が反映されていない箇所もあるため注意が必要である。空中写真や地形図は最新版だけでなく、過去の発行されたものや古地図を確認することで災害履歴や過去の土地利用による基礎地盤の不陸などを確認することが可能である。また、地盤情報は国土地盤情報検索サイト「KuniJiban」を積極活用することに加えて、民間の地盤情報データベースを利用することにより精度向上が期待できる。多種多様な地質リスクを漏れなく抽出する必要があるため、地形・地質や地質リスクに関する専門知識を有する者が実施する。

表 5-4 地質リスク検討に必要な文献・資料の例一覧表

	文献・資料名	内 容
1	地形図	国土地理院、都市計画図、 森林基本図、古地図
2	空中写真	国土地理院
3	三次元地形情報	航測レーザ測量データ等
4	地質図	産業技術総合研究所所管地質図 近畿地方土木地質図 日本地質学会、地学団体研究会等
5	地盤図	大阪地盤図
6	土地利用図	国土地理院、地方公共団体
7	土地条件図	国土地理院、地方公共団体
8	ボーリング情報	kunijiban、TRABISU、KG-net、 地方公共団体等
9	既存調査結果	周辺事業や同類地形地質の調査結果
10	工事記録	周辺事業や同類地形地質の工事記録
11	災害記録	周辺の災害記録 道路防災点検結果
12	地質文献資料	活断層分布図、地すべり地形分布図、 日本地方鉱床誌、学会誌
13	その他	衛星画像 (LandSat) 、 指定地 (砂防、地すべり、急傾斜) 等

(2) 道路予備設計(A)段階

道路予備設計(A)では、概略設計において選定された概略ルート（ルート帯）に対して平面線形、縦横断線形を選定し、施工性、経済性、維持管理、走行性、安全性及び環境等の総合的な検討と橋梁、トンネル等の主要構造物の位置、概略形式、基本寸法を計画し、技術的、経済的判定によりルートの中心線を決定することを目的とする。

そのため、この段階で実施する地質リスク検討では、主要構造物の検討に際して地質リスクへの対応方針が検討できるようにする必要がある。例えば、ルートの検討時にリスクランク A をコントロールポイントの一つと考え、ルート帯の中での回避や対策工による低減等の対応を検討すること。ここでは、事業化後に事業費等の乖離の原因となりやすい地質リスク（例えば、地すべり対策、トンネル支保工の乖離、軟弱地盤対策、自然由来重金属対策）については、リスクランクに応じて対策費を計上する等の対応を検討する。表 5-5 に予備設計(A)段階の地質リスク検討の内容を示す。

表 5-5 予備設計(A)段階の地質リスク検討・予備地質調査の内容

実施段階	構想・計画段階（都市計画決定前）
設計段階	道路予備設計(A)（ルートの検討・中心線決定段階）
目的	構造形式、ルート中心線決定のための調査・検討
検討段階	地質リスク検討（予備 A）
検討手法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 文献・資料調査（精査） ・ 微地形判読（精査） ・ 地表地質概査 ・ 新技術（調査手法）の活用
検討項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造物の計画に合わせた地質リスクの抽出・評価 ・ 地質リスク評価（リスクランク）と対応方針の検討 （ランク A をコントロールポイントとしたルート検討に必要な基礎資料整理） ・ リスク措置計画立案（詳細地質調査の提案）
調査段階	予備地質調査
調査手法	<ul style="list-style-type: none"> ・ ボーリング調査（主に鉛直ボーリング） ・ 原位置試験、室内試験
解析項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地質（地層）構成の把握 ・ 各地質（地層）の物性値の概略把握

【地質リスク検討時のポイント】

道路予備設計(A)段階では、ルート中心線を固定して都市計画決定等の準備を行う。この段階では、地質リスク予備検討の内容を更新し、精度を向上させるための調査と検討が必要となる。比較ルート沿いの詳細な地形・地質等の情報、特に同類地形地質の災害や建設時の不具合の情報を収集するとともに、地表地質概査を行い、ルー

ト検討に必要な地質リスクを漏れなく抽出する。これまで、道路事業では地表地質踏査が実施されることが少なくなかったが、地表の面的な情報から得られる情報無しには精度の高い地質・地盤情報を得ることはできない(既存の地質図は地表地質踏査から得られた情報をもとに作成されている)。そのため、公共地や既設道路敷地等可能な範囲で地表地質踏査を実施することが望ましい。

地表地質踏査の精度としては、「土木設計業務等共通仕様書(案)、令和2年4月、近畿地方整備局」の第5編ダム編第3章第4節の第5305条ダムサイト候補地選定地表地質概査(1/5,000)および第5306条ダムサイト地表地質概査(1/2,500)相当とする。

また、地質リスクランクを決定するための「発生のしやすさ」の設定は、詳細な地質調査がない段階では、不確実性を多く含んでいるが、近年では、航空レーザ測量データを活用した微地形解析のように新技術を活用することにより、その精度向上が期待できるものも増えてきている。地質リスクの検討に有効と考えられる新技術の一例を以下に示す。当該事業の特性や内在する地質リスクの影響を考慮の上、新技術の活用を検討することが望ましい。

【調査精度の向上が期待される新技術の例】

- ・ UAV を用いたレーザ計測による高精度微地形解析
- ・ 高度な微地形解析手法 (S-DEM 解析等) の適用
- ・ 空中物理探査による三次元地盤物性の把握
- ・ 干渉 SAR を用いた地盤変動解析
- ・ ハンドヘルド型 XRF 機器を用いた自然由来重金属の含有量分布状況の把握

(3) 道路予備設計(B)段階

道路予備設計(B)は、事業後に実施するもので、決定された中心線に基づいて行われた実測路線測量による実測図を用いて、用地幅杭位置を決定することを目的としている。

したがって、この段階で実施する詳細地質調査(1)には、現地で実施する地質調査（ボーリングや各種土質試験及び探査等）をメインに用地幅の決定に影響する地質リスクに対応した対策検討を可能にする調査が求められる。すなわち、地盤に関する基本的な詳細情報を網羅しておく必要がある。

表 5-6 予備設計(B)段階の地質リスク検討・詳細地質調査（1）の内容

実施段階	調査・設計段階（都市計画決定後）
設計段階	道路予備設計(B)（用地幅杭の決定段階）
目的	細部構造検討のための詳細な調査
検討段階	地質リスク検討(予備 B)
検討手法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地質リスク検討(予備 A) および詳細地質調査結果を利用 ・ 地表地質踏査
検討項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新たな地質データを加味した地質リスクの抽出・分析 ・ 地質リスク評価（リスクランク）と具体の対応策を検討（極力すべての A ~B ランクに対応する対策方針等を提案） ・ リスク措置計画立案（詳細地質調査(2)の提案）
調査段階	詳細地質調査（1）
調査手法	<ul style="list-style-type: none"> ・ ボーリング調査（鉛直ボーリング、水平ボーリング等） ・ 原位置試験、室内試験 ・ 弾性波探査、電気探査 ※リスクランク A は高度な調査手法を適用
解析項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地質（地層）構成の設定 ・ 各地質（地層）の設計用定数値の設定 ・ 地下水位等の施工法決定に係る諸条件の設定

【地質リスク検討時のポイント】

事業化後の地質リスク検討は、できる限り早期に事業計画の精度を高め事業費等の変動幅を最小限に抑えることが望まれる。そのため、地質リスク検討（予備 A）により評価されたリスクランク A の事象について優先的に詳細調査を実施することが望ましい。例えば、流れ盤等の地質構造を素因としたすべりの発生が懸念される区間では、あらかじめ法面勾配を標準勾配よりも緩くすることで、施工段階の追加対策費用を最小限にとどめることが可能となる。リスクランク A の詳細調査にあたっては、共通仕様書に示される標準的な調査法では確認ができない事項も多いため、各種指針を参考に新技術等の積極活用を図る必要があることから、地質リスクの評

価に有効と考えられる調査手法の一例を以下に示す。

【調査精度の向上が期待される調査手法の例】

- ・ 高品質ボーリングや口径の大きなボーリング調査によるすべり面深度の確認
- ・ ボーリングコア等のスレーキング試験等による材料特性の把握
- ・ ボーリングコア等の含有量試験、溶出試験による自然由来重金属汚染の把握
- ・ 表面波探査による支持地盤の連続性の確認
- ・ ハンドヘルドレーザ計測機器による浮石・転石調査
- ・ 微動アレイ探査による溪流堆積物分布範囲の確認

また、精度の高い地質地盤情報を得るには、点の情報であるボーリング調査や二次的な物性値を取り扱う物理探査に加えて、地表地質踏査を行うことが重要である。1/500～1/1,000 レベルの地表地質踏査を行い詳細な地質図を作成し、他の調査結果と照合して、詳細な解析のための基礎資料を作成することが必要である。

地表地質踏査の精度としては、「土木設計業務等共通仕様書（案）、令和2年4月、近畿地方整備局」の第5編ダム編第3章第4節の第5307条ダムサイト地表地質踏査（1/500）相当とする。地表地質踏査は、先行して施工を開始する工事用道路等がある場合には、その範囲についても実施することが望ましい（工事用道路施工時に地質リスクが発現すると事業工程が大幅に遅延するため）。地表地質踏査を事業化後の早い段階で実施することで、ボーリング調査等の位置の再配置や仕様の再検討を効率的に行うことができる。

(4) 道路詳細設計段階

道路詳細設計は、工事に必要な詳細構造について経済的かつ合理的な設計を行い、工事発注に必要な図面・報告書を作成することを目的とする。この段階で実施する詳細地質調査(2)では、各構造物基礎における支持層の確認、地山の土軟硬区分など施工法決定に関わる検討ができるようにすることが重要である。

表 5-7 詳細設計段階の地質リスク検討・詳細地質調査(2)の内容

実施段階	調査・設計段階（都市計画決定後）
設計段階	道路詳細設計（工事発注に必要な詳細構造等の作成段階）
目的	施工法等の検討のための詳細な調査
検討段階	地質リスク検討（詳細）
検討手法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地質リスク検討（予備 B）および詳細地質調査(2)結果を利用 ・ 補足的に地形・地質精査や地形判読、その他追加調査を実施
検討項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新たな地質データを加味した地質リスクの抽出・分析 ・ 地質リスク評価（リスクランク）と具体の対応策を検討（Bランクまでの地質リスクに対応する対策方針等を提案） ・ 必要に応じ後続調査計画立案（施工段階動態観測等の提案）
調査段階	詳細地質調査(2)
調査手法	<ul style="list-style-type: none"> ・ ボーリング調査（鉛直ボーリング、水平ボーリング等） ・ 原位置試験、各種検層、室内試験、水質分析など ・ 弾性波探査、電気探査、土壌溶出量試験など ※リスクランク A は高度な調査手法の適用を検討
解析項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地質（地層）構成の確認 ・ 各地質（地層）の設計用定数値の確認 ・ 地下水位等の施工法決定に係る諸条件の設定

【地質リスク検討時のポイント】

詳細設計段階では、詳細地質調査(2)の結果を踏まえて地質リスクランクの見直しを行うとともに、最終の設計計画想定される地質リスクに対応可能かを確認する必要がある。そのため、路線全体を通じた再評価を行い、地質リスクに対する対応の抜け・漏れがないかを確認する。各地質調査結果を踏まえて地質リスクランクを決定するための、「影響の大きさ」「発生のしやすさ」の見直しと再評価を行う。また、本段階で確認が難しいもしくは、施工時に確認することが効率的な事象については、施工へ確実に申し送りを行うために地質リスク管理票として取りまとめる。

6. 情報の共有と引継ぎ

6.1 記録様式

通常の事業では、事業期間は長期間に及び、事業関係者も入れ替わっていく。事業で得られた地質リスクに関する情報を関係者間で共有するには、抽出された地質リスクやリスクランクだけではなく、その評価理由と変更履歴等を引き継ぐ必要がある。そこで、表 3-6 に示した地質リスク管理票に加えて、地質リスクの再評価の内容を整理した一覧表や各事業段階における地質リスクの措置経緯を整理した管理個票を作成し、地質リスクへの対応方針等を三（四）者会議等で相互に確認するものとする。

6.2 地質リスク顕在化事例の蓄積

事業が進捗すると、事前に予見していない地質リスクが顕在化することがある。このような事例を蓄積・分析することにより、将来的な地質リスク評価の精度を向上させることができる。そこで、地質リスク管理票等の検討結果と合わせて、地質リスク発現時および地質リスクが顕在化した事例を地質リスク顕在事例報告書にとりまとめる。

参考に、次ページ以降に各様式の例を示す。

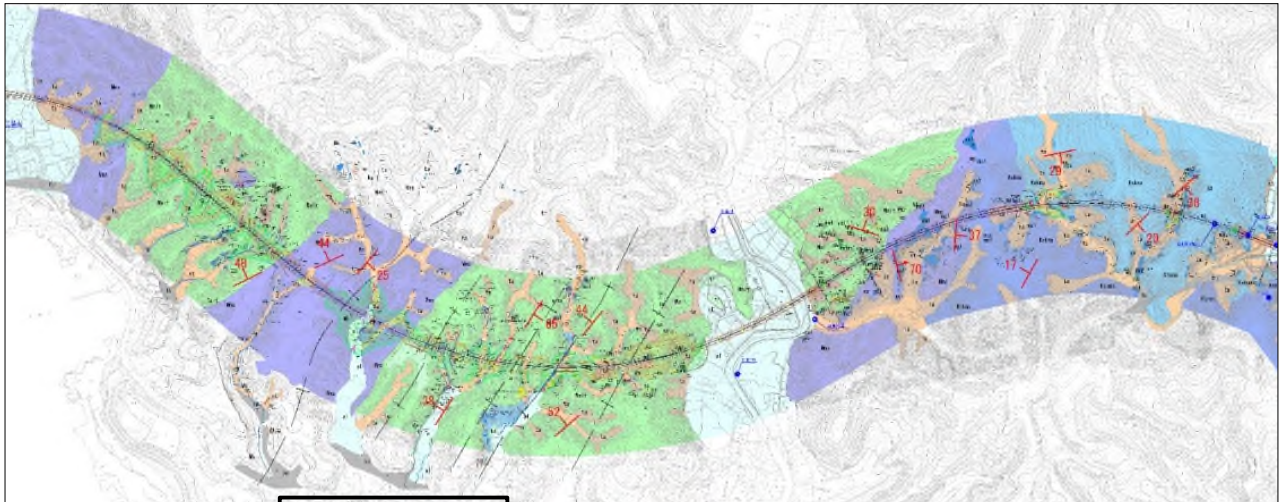
様式-1-1 地質リスク管理票（例） ※表 3-6 再掲

様式-1-2 地質リスク管理個票（例）

様式-2 地質リスク再評価一覧表（例）

様式-3 地質リスク顕在事例報告書（例）

様式-1-1 地質リスク管理票 (例)



下り線 北側	構造物																				
	地質リスク要因																				
	発現現象																				
発生 の し や す さ																					
影響 の 大 き さ																					
リス ク ラ ン ク																					
リス ク 措 置 計 画																					

	構造物	切土(4段)	盛土(両盛7段)	切土(6段)
地質リスク要因		①浮石・転石(20cm~1m) (特に中央の沢状凹地) ②流れ盤構造	①軟弱地盤(沢部) ②上流沢部に酸性水	①流れ盤、ゆるみ
発現現象		①法面上部からの落石 ②法面崩壊	①盛土の沈下、横断管の破損 盛土のすべり ②地下水汚染	①法面崩壊(地すべり)
発生 の し や す さ		①大(安定度2) ②中(見かけ傾斜35°)	①大(粘性土地盤有、湿地帯) ②中(赤水発生)	①大(見かけ傾斜16°)
影響 の 大 き さ		①中(直接被災の可能性はあり) ②中(4段)	①中(高盛土) ②中(直接被害の可能性は小さい)	①大(長長大法面)
リス ク ラ ン ク		①B(落石調査) ②B(ボーリング)	①B(ボーリング) ②B(試験、モニタリング)	①A(詳細調査:高品質ボーリング、 ポアホールカメラ)
リス ク 措 置 計 画		①【設計】落石対策の検討 ※原位置対策が必要な巨石あり ②【調査】ボーリング調査により 弱面の有無、構造を確認 【設計】法面対策の検討 【施工】法面観察により節理面等 の不連続面を確認	①【調査】軟弱地盤の調査 ①【設計】基礎処理の検討 ※起点側袖部の沢状凹地もあり、 十分な暗渠排水の設置が必要 ②汚染範囲の特定と、施工前から の環境モニタリングが必要	①【調査】詳細なボーリング調査により 地質性状の確認 【設計】予備設計段階:軟岩の最緩 傾斜1:1.2で計画 ※破砕帯等を狹在する場合は抑止対 策が必要

様式-1-2 地質リスク管理個票（例）

地質リスク管理個票

事業名 ○○○○○○事業
 事業者名 ○○事務所
 事業区間 ○○地区
 測点 STA No. 60～66
 構造物 切土法面
 発現事象 法面・斜面不安定化

更新日	業務名	更新内容
2016. 3. 31	○○○○○○地質リスク評価業務	リスクランク設定
2017. 10. 23	○○○○○○地質調査業務	リスクランク見直し
2019. 7. 9	○○○○○○道路詳細修正設計業務	対策工の詳細設計
2021. 6. 13	○○○○○○工事	対策完了

更新日	事業段階	リスク分析手法	発生確率	影響度	リスクランク	評価（措置）	後続調査計画	備考
2016. 3. 31	予備(A)	地表地質踏査	大 流れ盤、見かけ傾斜15～25°、破砕帯あり	大	切土法面6段	A 切土に伴い地すべりが発生する可能性が高い	地質構造、破砕帯の有無の確認（φ86mmボーリング、ポアホールカメラ）	
2017. 10. 23	予備(B)	ボーリング調査	大 流れ盤、見かけ傾斜18°、破砕帯あり	大	切土法面6段	A 切土に伴い○×○mの地すべりが発生する可能性が高い	抑止対策工法の検討	
2019. 7. 9	詳細	安定解析構造計算	大 流れ盤、見かけ傾斜18°、破砕帯あり（切土時Fs=0.94）	大	切土法面6段	A 地すべり対策工 グランドアンカー工3段、p=○m、設計アンカー力d=○kN/m	切土時に移動土塊の範囲を確認	
2021. 6. 13	施工	法面観察	小 対策済	大	切土法面6段	C アンカー工を施工	法高15m超過のため、特定土工構造部点検の実施（1回/5年）	のり面観察結果を踏まえて打設範囲を修正
	維持管理							

※リスクランクAA、Aを対象とする

地質リスク管理個票

事業名 ○○○○○○事業
 事業者名 ○○事務所
 事業区間 ○○地区
 測点 STA No. 60～66
 構造物 トンネル
 発現事象 地下水・土壌汚染

更新日	業務名	更新内容
2014. 6. 6	○○○○○○地質リスク評価業務	リスクランク設定
2017. 11. 29	○○○○○○地質リスク評価業務	リスクランク見直し
2018. 12. 25	○○○○○○トンネル地質調査業務	リスクランク見直し
2018. 2. 28	○○○○○○トンネル詳細設計業務	リスクランク見直し

更新日	事業段階	リスク分析手法	発生確率	影響度	リスクランク	評価（措置）	後続調査計画	備考
2014. 6. 6	概略	文献・資料調査	大 周辺に自然由来重金属汚染の履歴ある地質帯が分布	大	人家が近く、地下水利用の可能性が高い	A トンネル掘削土やトンネル排水からヒ素が溶出する可能性がある	地表地質踏査により、○○層の分布範囲とヒ素含有を確認すること	
2017. 11. 29	予備(A)	地表地質踏査	中 No. 60～62に○○層が分布するがヒ素含有量は基準値内	大	人家が近く、地下水利用の可能性が高い	A トンネル掘削土やトンネル排水からヒ素が溶出する可能性がある	ボーリング調査時に○○層のコアの溶出試験を実施	ハンドヘルドXRF分析により含有量を確認
2018. 12. 25	予備(B)	ボーリングコア溶出試験	小 すべて基準値内	大	人家が近く、地下水利用の可能性が高い	B ヒ素溶出の可能性は低い ため、通常計画で問題なし	特になし	
2018. 2. 28	詳細(B)		小	小	水利用に影響のない排水計画	C ヒ素溶出の可能性は低く、道路排水等の水利用への影響は低い		

※リスクランクAA、Aを対象とする

様式-2 地質リスク再評価一覧表 (例)

業務名	調査対象		調査深慮の考え方					
	主要調査目的	調査対象	調査深慮の考え方	調査深慮の考え方				
受注者	調査対象		調査深慮の考え方					
		地層構成、弱層の有無、地山状況等の把握	法訳：計画高+2m確認、法訳：計画高+2m確認					
		盛土・掘削、擁壁	地層構成、支持層、地盤の液状化の有無等の把握	支持層を3m確認				
測点(No.)	構造物	地質リスク要因	発生事象	リスク評価	対応方針	調査結果	リスク再評価	今後の対応方針(設計施工上の留意点)
149+20~151+10	盛土(両盛4段)	①崖錐堆積物 (149+70, 150+60~150+75) ②軟弱地盤	①盛土内地下水位が上昇し不安定化 ②盛土の沈下、横断管の破損	①B(ボーリング) ②B(ボーリング)	①②リスク保有。施工時対応	周辺露頭より支持層泥質砂岩と推定される。	①B ②B	①②比較的規模の大きな盛土のため、ボーリングを実施するのが望ましい。
151+10~151+20	切土(両切5段)	①風化帯、緩み	①法面前壊	①C	①リスク保有。施工時対応	構成地質砂質泥岩	①C	①リスクは低い。
151+20~152+10	盛土(両盛6段)	①軟弱地盤、谷底堆積物	①盛土の沈下、横断管の破損	①B(ボーリング)	①地盤状況と支持層分布の確認。	【17B-Tk01~03】崖錐堆積物層厚厚い(約4~8m)所々に値が低い。	①B	①崖錐層について改良が必要。
152+10~153+00	切土(両切5段)	①流れ盤、ゆるみ	①法面前壊	①A(ボーリング)	①地山状況の確認	【17B-Tk04, 05】泥質砂岩主体、Cl級岩盤主体。	①A	流れ盤
153+00~153+30	盛土(両盛3段)	①軟弱地盤、谷底堆積物	①盛土の沈下、横断管の破損	①C	①リスク保有。施工時対応	支持層泥質砂岩	①C	スウェーデン式サウンディングで軟弱層の把握や支持層の確認を行う。
153+30~155+80	切土(6段)	①流れ盤、ゆるみ	①法面前壊	①A(ボーリング)	①地山状況の確認	【17B-Tk06~08】泥質砂岩主体、液層D級みられるもほとんどCl級で構成され	①A	流れ盤。見かけ傾斜10°。
155+80~156+60	橋梁(東雨川第一橋)	①基礎地盤の不陸	①定着不足	①B(設計計画に反映)	①リスク保有。施工時対応	【Bv16B-Et04~06】支持層泥岩・砂質泥岩。基礎部不陸あり、右岸側小規模崩壊あり。	①B	施工時に小崩壊・不陸について対応
156+60~157+80	切土(5段)	①流れ盤、ゆるみ	①法面前壊	①B(ボーリング)	①リスク保有。施工時対応	現地に入れないため未対応	①B	ボーリング調査実施
157+80	盛土(両盛2段)	①崖錐堆積物	①沈下	①C	①リスク保有。施工時対応	現地に入れないため未対応	①B	スウェーデン式サウンディングで軟弱層の把握や支持層の確認を行う。
157+80~158+60	切土(3段)	①流れ盤、ゆるみ	①法面前壊	①B(ボーリング)	①リスク保有。施工時対応	現地に入れないため未対応	①B	ボーリング調査実施
158+60~159+15	橋梁(東雨川第二橋)	①基礎地盤の不陸	①定着不足	①B(設計計画に反映)	①リスク保有。施工時対応	調査予定であったが未実施	①B	ボーリング調査実施
159+15~161+15	切土(片切・片盛~両切5段)	①崖錐堆積物 ②深層風化・ゆるみ	①豪雨時にO字谷部の土砂が法面および本線に流入する。 ②安定勾配が確保できないため、施工時に法面が崩壊する。	①B(ボーリング) ②B(ボーリング)	①②地山状況の確認	【17B-Tk11~17】Tk12崖錐堆積物9.3m程度。泥質砂岩、泥岩主体。D級岩盤2~5m程度。以深Cl級。	①B	崖錐層厚く土砂流入について留意する必要がある。 流れ盤。
161+15~161+80	盛土(3段)	①崖錐堆積物	①盛土のすべり	①C	①リスク保有。施工時対応	構成地質泥質砂岩	①C	
161+80~162+50	切土(1段)	①風化帯、緩み ②浮石・軽石	①法面前壊 ②落石	①C ②B	①リスク保有。施工時対応	構成地質泥質砂岩	①C ②B	Tk16・17の結果で検討可能。 落石調査実施。
162+50~163+90	橋梁(釜原川橋)	①基礎地盤の不陸	①定着不足	①B(設計計画に反映)	①リスク保有。施工時対応	【Bv16B-Et09~11】支持層泥岩・泥岩・砂岩。支持層浅い。基礎部不陸あり。	①B	施工時に不陸について対応
163+90~164+00	切土(1段)	①風化帯、緩み	①法面前壊	①C	①リスク保有。施工時対応	構成地質砂岩・泥岩	①C	Bv16B-Et11の結果で検討可能
164+00~164+45	盛土(両盛5段)	①軟弱地盤(旧耕作0.5~1m程度) ②集水地形	①盛土の沈下、横断管の破損 ②盛土内地下水位が上昇し不安定化	①B(ボーリング) ②B(ボーリング)	①支持層確認	【17SW-Tk01・02】支持層2~3m。調査より、基礎は泥岩と推定される。軟弱粘性土は存在なし。	①B ②B	
164+45~165+35	切土(両切5段)	①流れ盤、深層風化・ゆるみ	①地すべりの発生・法面前壊	①B(ボーリング)	①地山状況の確認	【17B-Tk18・19】泥質砂岩主体。D級岩盤層厚1~3m。以深Cl級。	①B	流れ盤。見かけ傾斜2°。

備考

様式-3 地質リスク顕在事例報告書（例）

事業分野	道路事業
事業者	〇〇河川国道事務所
事業名	〇〇〇〇道路事業
事業段階	施工段階
構造物の種類	切土法面（6段、1:0.8~1:1.0）

No. 10

報告日	2019/10/19
報告者	〇〇〇〇株式会社 （現場代理人 〇〇 〇〇）

顕在化・発現日時	2019/10/10
位置情報	北緯〇〇° , 〇, 〇〇 、東経〇〇° , 〇, 〇〇
発現事象のタイプ	斜面・法面の不安定性
発現事象の内容	幅30m、法面長20m、深さ3~5mの地すべりが発生 切土は1か月前に完成
地質リスク要因	流れ盤構造（見かけ傾斜14°） スレーキング地山
顕在化・発現のきっかけ（誘因）	切土 前週に累積140mmの降雨あり（2019/10/2）
地形区分	丘陵地、自然斜面の傾斜28°
地質区分	新第三紀中新世 熊野層群 断層破碎帯
当初リスクランク	B（発生確率：小、影響度：大）
事業への影響	コスト：50,000,000円 工期：6か月 その他：
措置方法	押さえ盛土後 滑落崖に地盤伸縮計設置
追加調査	ボーリング調査、ボアホールカメラ 孔内傾斜計観測
追加対策工の内容	グラウンドアンカー工4段 Pr=360kN/m
同様の地質リスクへの対応方法	地質調査時に地質構造の確認とスレーキング試験を実施すること スレーキングによる遅れ破壊を考慮して設計を行うこと

※変状状況（経緯、写真、図面）、地質調査結果（既存、追加）、対策工の詳細設計図面を添付すること

7. 参考資料

7.1 「発生のしやすさ」の設定例

地質リスクランクの設定は、技術者の能力や思想による差を最小限とするために、できる限り客観的・定量的な指標を作成することが望まれる。ここでは、近接する道路で発生した地質リスク発現事例の解析から発生のしやすさを設定した事例を示す。

【紀勢自動車道の事例】

紀伊半島南部は、プレートの境界付近に位置し、海洋プレートの沈み込みにより形成された付加体（牟婁層群）、陸地から流れてきた砂や泥が堆積した前弧海盆堆積体（田辺層群、熊野層群）、その後のマグマ活動により形成された火成岩体（熊野酸性岩類）からなる。平成27年に供用した紀勢自動車道では、このような複雑な地質特有の特性を素因とした地質リスクが複数発現した。隣接して計画されている道路でも同様の地質リスクの発現が予想されることから、これらの事例を解析し、発生のしやすさの指標を検討した。

図7.1に切土のり面の地質構造別変状割合を示す。切土のり面では、全体の17%、16箇所に変状が記録されている。このうち14箇所は地質構造が流れ盤を呈する法面で発生しており、特に標準貫入試験が貫入不能となる岩盤中で変状が発生したものが多く見られた。地質構造が流れ盤構造を呈する法面の見かけ傾斜の関係を図7.2に示す。変状箇所の見かけ傾斜は、10～20°と緩傾斜なものが9箇所と最も多くなっている。つぎに、すべり面の性状と変状規模（切土段数）の関係を図7.3に整理した。すべり面に断層破碎帯や層理面沿いの破碎泥岩が挟在する箇所は全体の18箇所であった。特に3段以上の変状のケースではすべて破碎帯等の挟在が確認されている。これらのことから、切土のり面における地すべりの発生確率は、土軟硬による評価のみでは地質構造的素因によるリスクを見逃す可能性が高く、見かけ傾斜が10～40°までの流れ盤構造を呈するのり面、特に破碎した泥岩や断層破碎帯を挟在する箇所は変状の可能性が高いと判断される。これらの事例解析結果を踏まえ、同様の地形地質が分布する区間では、表7.1に示すような指標を閾値として設定することができる。

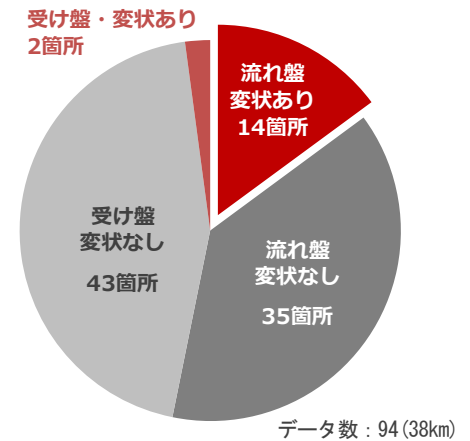


図 7.1 地質構造別変状記録

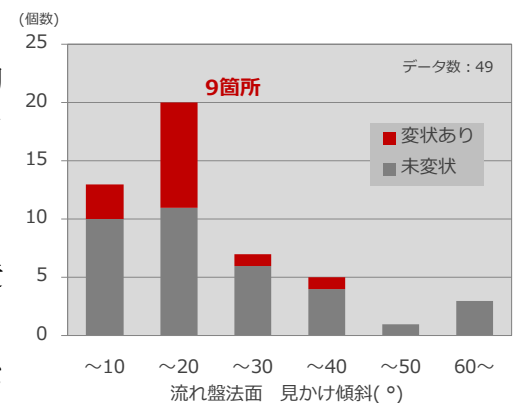


図 7.2 流れ盤のり面の見かけ傾斜

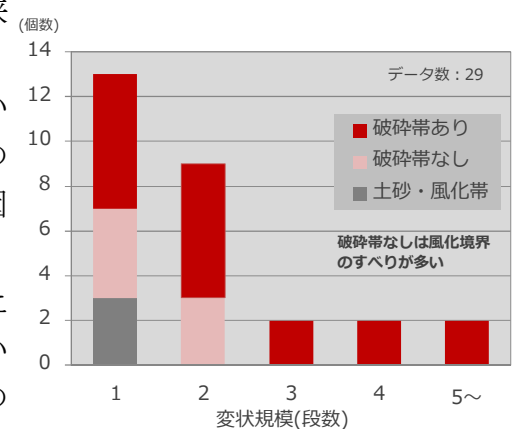


図 7.3 変状規模とすべり面の性状

表 7.1 紀勢道のすべり面となる地質構造の発生のしやすさの指標の一例

大	破砕帯、粘土層等の弱面が見かけ傾斜 10~40° の流れ盤構造を呈する
中	層理面等が見かけ傾斜 10~40° 以上の流れ盤構造
小	節理面等が見かけ傾斜 10~40° 程度の流れ盤構造

道路土工指針等の技術指針に示される切土のり面の標準勾配は、経済成長期の高速道路等の建設時の変状事例から決定されたものであるが、その後のデータは蓄積・分析されることなく、個別に対応されてきた。今後は、本マニュアルに示すような地形や地質の情報をデータベース化し、分析することで、地質リスクの発現による事業費等の変動幅を早期に低減し、事業計画の高度化に寄与することを期待する。

7.2 地質リスクの可視化（三次元化）

現在、建設現場の生産性革命のために、i-Construction が推進され、公共工事の現場で測量から設計、施工、維持管理に至る建設プロセス全体を 3 次元データでつなぐなど、新たな建設手法の導入が進んでいる。また、地質・土質調査業務においても BIM/CIM モデルの作成が推奨されており、地質・地盤の見える化が急務となっている。公共事業に関わる BIM/CIM の活用目的や適用範囲などは「BIM/CIM 活用ガイドライン（案）共通編、令和 2 年 3 月、国土交通省」にまとめられているため参照されたい。

3 次元モデルは、従来は専門家でしかわからなかった地面の下の複雑な情報を共有するとともに、地質リスクの検討結果を属性情報に付与しておくことで、リスクコミュニケーションの一助とすることもできる。一方、わが国の地質は、複数のプレートが沈み込む境界部にあり、分布が複雑でさらに構造変形を受け、地層が褶曲したり破碎されるなど、3 次元的に複雑な構造を呈してことから、限られた地点の地質・土質調査データだけで正確なモデル化を行うことは難しい。3 次元地盤モデルは、3 次元図示技術がいかに進歩しようとも、地質・土質調査手法の精度や限界、情報の粗密などに生起する不確実性を多分に含んでいる（図 7.4）。そのため、地質技術者が次の点に留意して 3 次元地盤モデルの妥当性を評価する必要がある。

- ・対象構造物およびその事業段階によって異なる使用目的や要求性能に応じた精度を有するために必要となる、地質・土質調査データの量と質が確保されているか。
- ・地質構造発達等の地質学的解釈が妥当であるか（地盤の成り立ちが考慮されているか）。

また、三次元モデルは、調査の質と量に応じた不確実性を含むため、モデルの品質を明確にするために、作成で用いた地質・土質調査成果やこれらに基づく推定の考え方を同ガイドラインに示される「BIM/CIM モデル作成事前協議・引継書シート」等へ必ず記録し、継承することが必要である。

さらに、各事業段階で追加された地質情報をもとにモデルの修正を行い、修正した事項を確実に引き継ぐとともに、施工段階では、掘削中に確認される掘削面等の観察結果と評価、支持層の深度等による確度の高い地盤情報を得られることから、地盤情報の施工条件への反映を目的としたモデルの修正を行い、維持・管理に引き継ぐことが重要である。

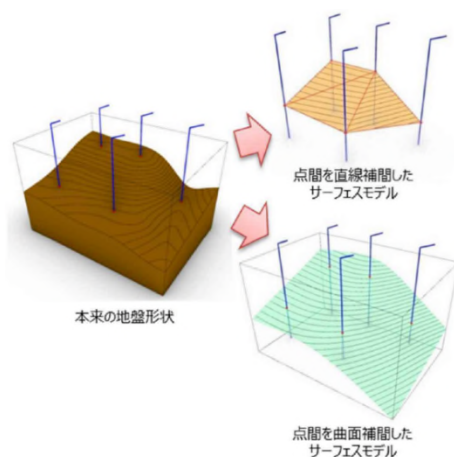


図 7.4 限られたデータによる空間補間モデルの違いの例

出展：「3次元地質解析技術マニュアル Ver2.0.0」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

7.3 地質リスクによる変動幅の検討事例

事業化時点では、限られた情報をもとに事業計画を策定するために、事業化後に事業費の増大や工期の延伸等の変動が少なからず発生する。特に日本の地質や地盤は複雑で不確実性を多く内在するため、変動幅が大きいことが明らかになってきた。表 7.2 に近畿地方整備局管内の道路事業 55 件の事業再評価資料による増工割合の内訳を示す。近年の事業では、「トンネル」「橋梁」「切土」で増額割合が大きいことがわかる。

表 7.2 地質リスクに起因する増額要因割合 (H26~H30 道路事業 55 件)

要因	増額割合(%)	備考
切土	17.7	
盛土	7.8	
橋梁	19.1	
トンネル	29.0	
その他	26.3	地質リスク以外の要因
合計	100.0	

増額割合の要因を分析するために、事業費の変動幅が大きな橋梁区間において、事業進捗に合わせた支持層の変化をシミュレーションした (図 7.5)。この区間では、事業化前の概略設計段階では近隣のボーリング情報から標高-10m 付近に支持地盤が分布するとしていた。事業化後の予備設計段階では、4 箇所で行ったボーリング調査が実施され、支持層が想定よりかなり深いことが判明した。この段階で杭工工事費は約 2.5 倍に膨れ上がる。その後、詳細調査の結果、支持地盤の大きな不陸が確認され、最終的な増工は約 2 倍となった。これまでは、地質調査を実施する前にこのような変動幅の予測は難しいと考えられていた。しかし、この区間の地質リスク要因を分析すると、「付加体のユニット境界」「蛇行河川」「隆起地形」というような特徴があり、同様のキーワードで周辺の既往ボーリング情報を収集すると、基礎地盤が大きな不陸を伴うことを予想することができることが分かった。

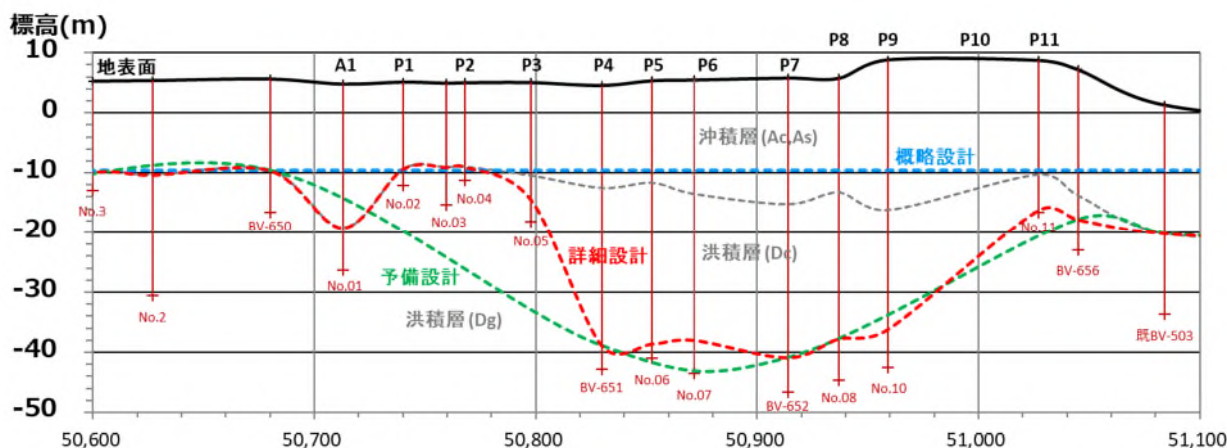


図 7.5 設計段階別の支持地盤の変化

つづいて、平成17年から28年に管内で施工されたトンネルの岩判定結果をもとに設計時と施工時の支保工の変化を地質別に整理した（図7.6）。堆積岩や付加体ではB・C Iパターンはほとんど分布しないこと、付加体ではD IIが1割程度分布することなどがわかる。また、事業再評価の結果と比較すると、支保の変更に加えて補助工法の追加が大きな増工要因となっていることがわかる。

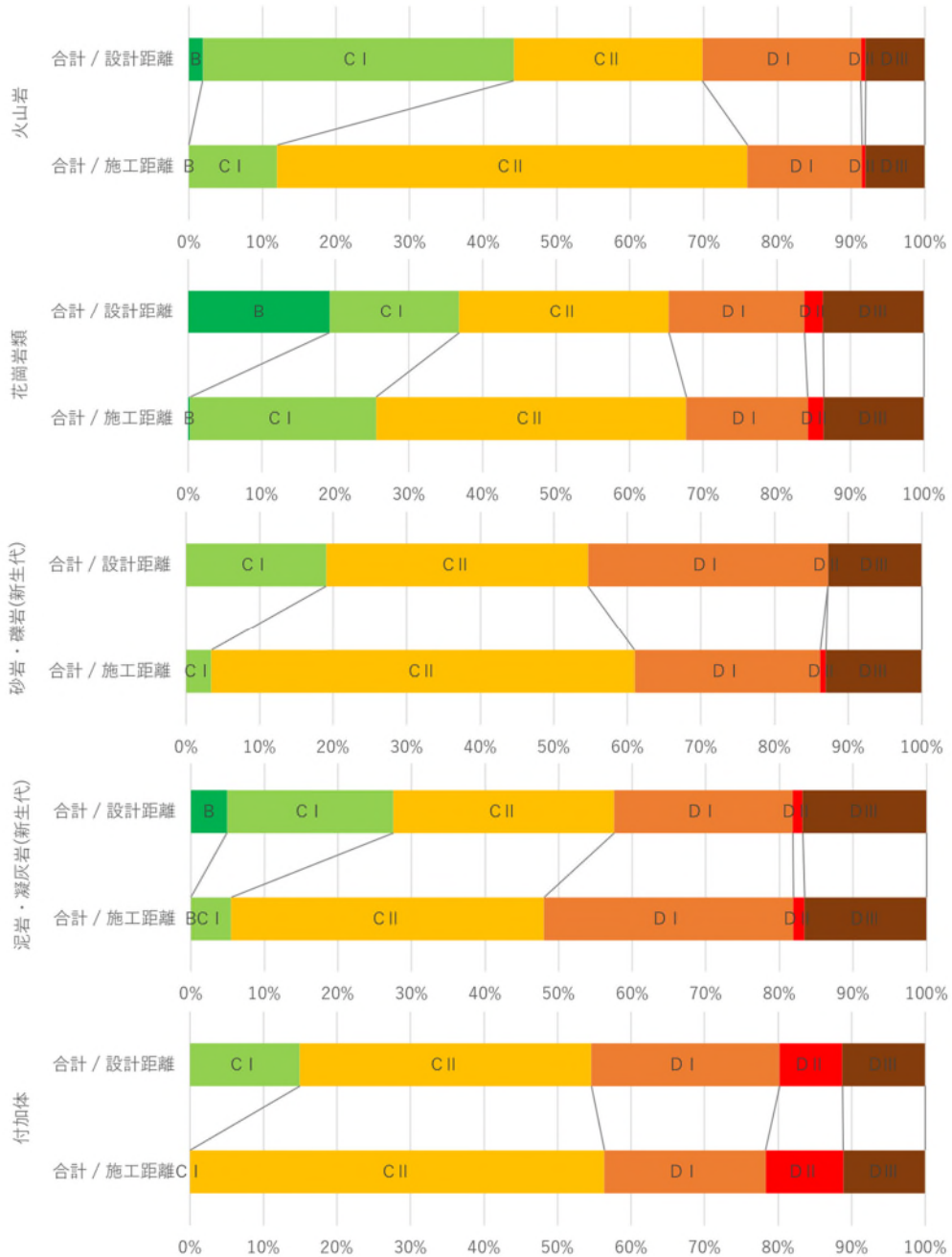


図 7.6 設計時（上）と施工時（下）の支保パターンの変化（68 トンネル、64 km）

このように、地質リスクの観点に立ち、データを蓄積し科学的に分析することにより、事業化前であっても地質リスクの変動幅を予測することができるため、今後は、過去のデータを活用した統計的手法等の分析を行うことにより、事業の構想計画段階における事業費の算出精度の向上を期待する。

以上