

ダム事業における地質・地盤リスクマネジメント

阿南修司

1. はじめに

国土交通省と土木研究所が作成した「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」¹⁾（以下「ガイドライン」という。）では、事業の各段階に応じて地質・地盤リスクとその特性を明示・評価し、対応方針を決定する「地質・地盤リスクマネジメント」の考え方を示している。その中で、導入における留意点として「適切な体制の構築」、「全ての関係者間の連携（ONE-TEAM体制の構築）」、「リスクマネジメントの不断な実施」、「質の高いリスクアセスメント及びリスク対応の実施」の4点を挙げている。一方でガイドラインでは、画一的な対応や体制・組織を求めるものではなく個々の事業の状況に応じて導入・運用することを想定しているため、地質・地盤リスクマネジメントを具体的にどう進めていくかは個々の事業に委ねられている。

本稿では、土木事業への地質・地盤リスクマネジメントの導入・運用の参考となる考え方や手順、仕組みの事例として、国土交通省所管のダム事業（以下「ダム事業」という。）での地質調査と設計・施工における地質・地盤リスクの評価と対応の面から整理し、その特徴と意義について解説した。

2. ダムにおける地質調査のながれ

ダム事業における地質調査は、図-1のように事業着手前のダム候補地点の選定に始まり、ダムサイトおよびダム形式決定、ダムの設計、さらには施工中にも実施されている²⁾。

ダムは基礎岩盤としての広がりが多いことや、地質が複雑で変化に富むことが多いことから、文献調査、空中写真判読、地表地質踏査、物理探査、ボーリング、調査横坑など様々な調査手法や室内試験、原位置試験を組み合わせ実施される。これらの調査・試験は、事業が進むにつれ、広域的

なものからより狭い範囲へ、調査密度も粗から密へ、基本的な地質性状や分布の把握のための調査・試験から個別の地質的課題に対する調査・試験と、段階的かつ系統的に進められる。

地質調査の結果は、地質の分布や成り立ちといった地質学的解釈を経て、地質工学的評価として岩級区分図や透水性区分図（ルジオンマップ）等にまとめられる。基礎岩盤の地質工学的評価は、全体的な性状だけでなく、岩盤の弱部や高透水部などの分布や成因等の個別に対応すべき事象についても評価が行われる。このような作業は調査ごとに行われる「地質解析」と、本体実施設計などの事業の区切り等において実施される「地質総合解析」に区別され³⁾、これらを繰り返しながら基礎岩盤の地質工学的評価が更新されていく。

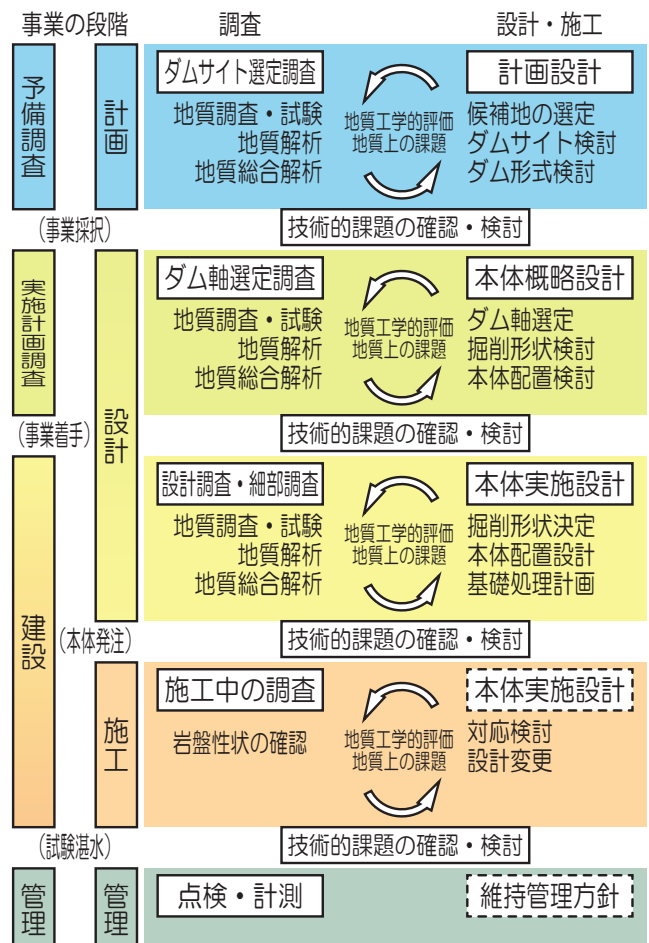


図-1 ダムにおける地質調査のながれ

図のように各段階の「地質総合解析」でまとめられた地質学的解釈と地質工学的評価は、それぞれの段階の「ダム本体設計」³⁾に設計条件として引き継がれるが、ダム事業ではこれに際して、事業者と地質・地盤技術者、設計技術者による詳細な技術的検討が行われることが一般的である。また、これらの技術的検討やその前段階での調査・設計の作業に際して、その妥当性や検討方針について、専門技術者による技術的助言を受けることも標準的に行われている。

3. ダムの地質・地盤リスクマネジメント

ダム事業において、地質・地盤リスクマネジメントを明示的に導入・運用している事例はまだ少ない。しかしながら、前章で述べた地質調査と設計・施工の手順には、地質・地盤リスクへの対応の機能がそれとは意識されずに組み込まれている。ここでは、これらの手順や仕組みに内在する地質・地盤リスクマネジメントの要素について抽出し、「ガイドライン」に示された導入における4つの留意点に沿って、その意義について解説する。なお、用語については「ガイドライン」を参照されたい。

3.1 「適切な体制の構築」と「全ての関係者間の連携（ONE-TEAM体制の構築）」

3.1.1 必要な能力・知識を持つ技術者の参画

地質調査計画の立案や調査結果の解析には、地質の成り立ちが岩盤の工学的性質とどう結びつくかという地質工学的な解析を行う能力と知識が必要となる。すなわち「地質・地盤技術者」には、「設計技術者」がその情報をどう使うかという、ダムの設計や施工の知識も必要となる。一方で、「設計技術者」および「施工技術者」には岩級区分や透水性区分などの地質工学的解釈の根拠となる地質学的な背景に対する基本的な理解や知識が必要とされる。

ガイドラインでは「体制の構築」として必要な能力・知識を持つ技術者を参画させることを求めている。ダム事業における地質調査や設計業務においては、受注者に専門的な知識を有する技術者が配置されているだけでなく、ダムに関する知識や経験の豊富な技術者が社内での技術的検討や照査に当たっていることが多く、これが実現されていると思われる。

3.1.2 プロセスに応じたチームでの対応

基礎岩盤の地質工学的評価と設計条件の検討作業は図-2のように、事業者、地質・地盤技術者および設計技術者が、打合せと合同の現地調査を繰り返しながら、相互の密接な連携により進められている。このような連携による作業は、地質情報の伝達不足や理解不足によるミスを防ぐだけでなく、設計に必要な情報を調査方法や内容に反映し、調査や設計の対応方針を決める仕組みとして機能している。

3.1.3 地質・地盤リスクアドバイザーの活用

国土交通省所管のダム建設事業については、国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）と土木研究所（以下「土研」という。）による技術支援が標準的に行われている。これは内務省土木試験所時代から連綿として行われてきており、国総研・土研のダム関係の技術者によって、地質調査とダムの本体設計、水理設計を中心に技術的な助言が行われている。

これらは一時的なものではなく、事業化前からダムの竣工に至るまで、ほぼ毎年各ダムで年数回程度（多い場合は十数回）実施している。また、地質調査に関するものでも設計の担当者と一体となって実施することがほとんどであり、事業者からの依頼によって現地確認や協議により、調査と設計の方針、調査結果の解釈と解析、調査結果に基づいた設計等について、その妥当性や課題への対応方針について図-2のように助言を行っている。このような国総研と土研による継続的な技術支援は「地質・地盤リスクアドバイザー」として、リスクの取り扱いについてチェックし、リスク評価、

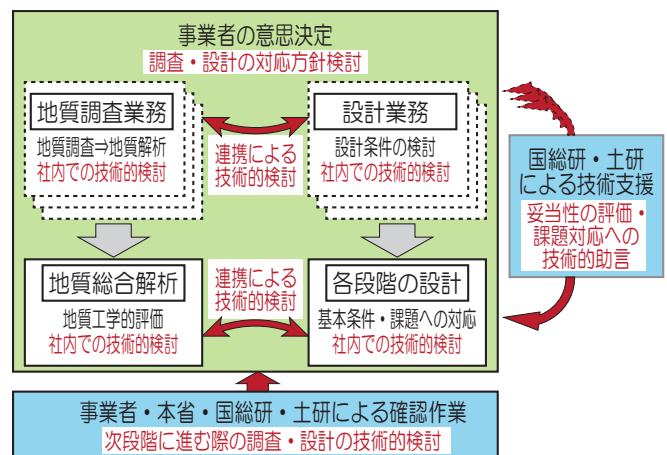


図-2 ダムにおける地質調査と設計における検討手順
関係者の連携、アドバイザーの助言など多面的な検討が行われている

リスク対応等について、助言し支援するという機能を有している。

3.2 「リスクマネジメントの不断な実施」

3.2.1 継続的なリスクマネジメント

ダムにおいては事業着手前から施工段階まで地質調査が段階的・系統的に実施され、各段階において実施される地質総合解析によって地質工学的評価が更新され、各段階の設計が行われていること、これに際して国総研・土研による技術支援が継続的に行われていることは既に述べた。

これに加え、ダム事業では事業の主要な節目ごとに、調査・設計・施工が妥当であるか基本設計会議と呼ばれる場で確認作業が行われている。この会議は、ダムの調査・設計・施工が最新の技術的知見を反映した高度な技術的判断を必要とするものであることから、各ダムの技術的課題等について検討・確認を行うために設置されるもので、昭和56年から続いているものである⁴⁾。会議には国土交通省（本省、国総研）、土研のダム担当者が集まり、事業を担当する事務所等がとりまとめた各ダムの技術的課題とその対応について協議・確認が行われる。

この作業は、その段階におけるリスクアセスメントとリスク対応を確定し、次段階のリスクマネジメントのプロセスに進む区切りとしての機能を有しており、リスクを次段階に適切に引き継ぎつつリスクマネジメントの不断な実施を実現するた

めに大きな意味を持つものである。

このように、ダム事業においては「ガイドライン」で提示した図-3のような各段階で決定したリスク対応の方針を次の段階に引き継ぎながら、その対応方針を更新・追加していく作業が標準的に組み込まれている。

3.2.2 早期からのリスクマネジメント

ダム事業においては、事業着手前（計画段階）からボーリング調査や弾性波探査といった現地立ち入りを伴う調査が行われ、その結果に基づいてダムサイトの比較検討・選定が行われる。現地立ち入りを伴う調査には困難が多いが、事業着手前の段階から地質・地盤リスクの抽出～評価が行われることは、ダム事業の最大の特徴である。

地質・地盤リスクを事業着手前に全て把握することはできないが、少なくとも事業の実現可能性や経済性を左右するリスク要因については、計画段階で検討しておく必要があり、この段階におけるリスクの把握・抽出は地質・地盤リスクマネジメントの出発点であり極めて重要である。

3.2.3 施工・管理段階でのリスクマネジメント

ダムサイトの地質調査では施工中の掘削面の地質観察が実施され、地質や岩級などの観察結果を1/500程度の詳細スケッチを作成している。また、透水性についても、施工段階で実施する透水試験や施工実績の解析が行われている。これらに基づいて、調査・設計段階での想定と実際の岩盤状況

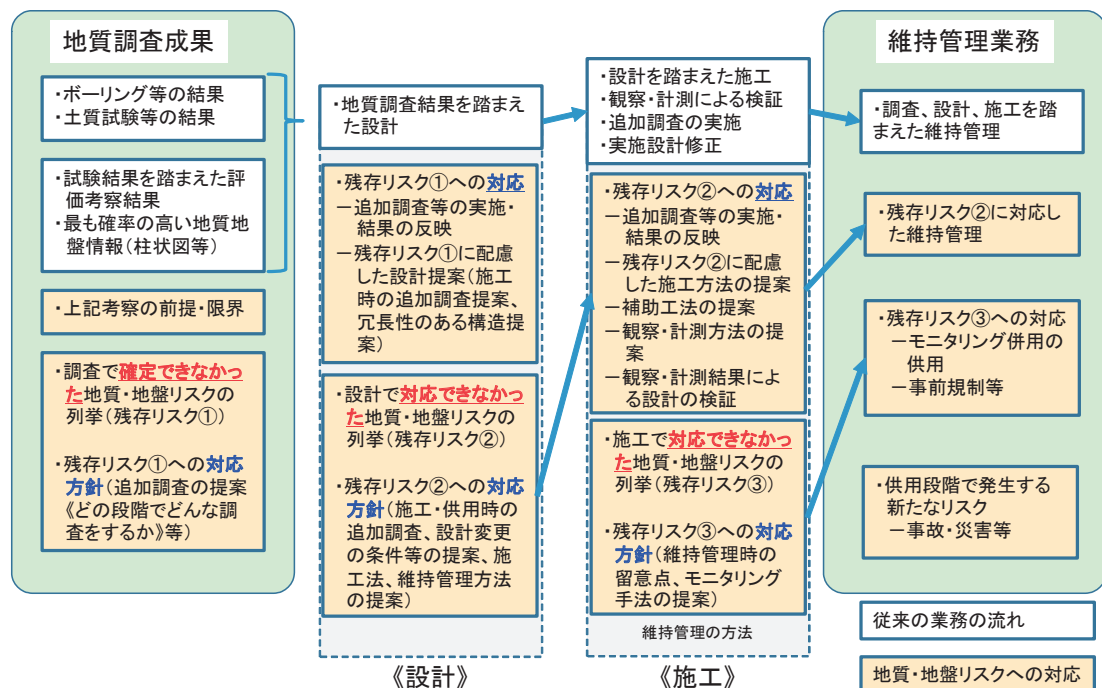


図-3 地質・地盤リスクマネジメントを意識した業務フローイメージ¹⁾

の対比が行われ、想定と異なる状況が出現した場合には、設計上の対応の要否の検討が行われ必要に応じて設計変更が行われる。このような手順は、施工時にリスクの状態をモニタリングしリスク対応を修正する作業として、また維持管理段階への引き継ぎとしても基礎岩盤の状況を記録に残すという意味で重要なものである。

また、ダムでは施工完了時に実際に貯水を行いダム本体および貯水池の安全性や機能を確認する試験湛水が行われる。試験湛水中は各種計測や巡視が行われ、漏水や変位などの一般的な確認のほか、調査・設計において課題とされていた項目に対する確認も実施される。これもリスクをモニタリングし、残留するリスクを評価する作業として重要なものである。

3.3 「質の高いリスクアセスメント及びリスク対応の実施」

3.3.1 地質総合解析

2章で述べた「地質総合解析」は、それまでに得られた地質調査や試験のデータに基づいて、地質の成り立ちや性状や岩盤の地質工学的評価を整理する作業であり、同時に地質上の課題を整理する作業でもある。これは、ダムの施設としての規模が大きく事業が長期にわたり地質調査が繰り返されることや、ダムサイトの地質が複雑なことが多いこと等が理由と考えられるが、事業のながれとして標準的に実施されることはダム特有のものであり、「質の高いリスクアセスメント」の手順として機能していると考えられる。

3.3.2 設計・施工における対応

地質・地盤条件には性状および分布の不確実性が含まれる。例えば基礎岩盤のせん断強度では、各岩級の強度設定とその岩級の基礎岩盤での分布それぞれに、想定と実際の乖離が生じる余地、すなわち不確実性が存在している。ダムにおいては3.2で述べたように、このような不確実性が設計にどう影響するかは、調査・設計双方の技術者や外部の技術者によって地質工学的評価の内容とその根拠について繰り返し検討され、経験的あるいは定性的な判断として、設計条件・施工条件に反映されている。

リスク対応ではリスクの起こりやすさや結果の大きさを考慮することが重要であり、ダムにおける手順では、様々な技術者の知識や経験に基づい

たマルチオピニオンによるリスクの評価と対応の検討がなされるという点で、リスク対応が適切に行えるよう工夫されている。

4. まとめ

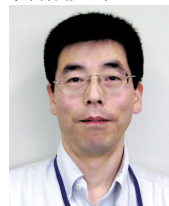
地質・地盤リスクマネジメントは事業の効率性や合理性を高めるための手段であり、目的ではない。ダム事業では、基礎岩盤の複雑な地質性状や地質上の課題に対して、構造物としての機能と安全性を確保し合理的で経済的な設計を行うために、地質調査による地質工学的評価と設計の繰り返しの作業を行っている。結果的に、この手順や体制は地質・地盤リスクを取り扱う仕組みとして機能している。これらは、体系として初めからあったものではなく、数多くのダムの経験の蓄積により発展・改良されてきた。

土木事業には施設や構造物ごとに手続きや事業の進め方に特徴があるため、本稿で紹介したダム事業の仕組みをそのまま当てはめることは必ずしも適切ではないが、地質・地盤リスクを取り扱う手順や仕組みを各事業に導入・運用する参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 国土交通省、土木研究所、土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会：土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン・関係者がONE-TEAMでリスクに対応するために、<https://www.pwri.go.jp/jpn/research/saisentan/tis-hitsu-jiban/iinkai-guide2020.html>、2020
- 2) 例えば、ダム技術センター：多目的ダムの建設—平成17年版、第3巻調査Ⅱ編、第15章ダムの地質調査、2005
- 3) 国土交通省：土木設計業務等共通仕様書（案）、第5編ダム編、第3章ダム地質調査および第4章ダム本体設計、令和4年度版
- 4) 国土交通省河川局治水課：基本設計会議について、ダム技術、No.197、2003

阿南修司



土木研究所 地質研究監
ANAN Shuji