

日本の公共工事地質リスクマネジメント の現状と変革の方向性

高知工科大学 渡邊 法美^{*1}
 (株)建設技術研究所 佐橋 義仁^{*2}
 (独)産業技術総合研究所 小笠原正継^{*3}
 (株)建設技術研究所 尾園修治郎^{*4}
 By Tsunemi WATANABE, Yoshihito SABASE,
 Masatsugu OGASAWARA, and Shujiro OZONO

論文主旨 日本の公共工事において、地質は「予見しがたき」事象として、設計変更の根拠を提供することが多かった。しかし、この方式は「右肩上り」経済が終焉しつつある中で、幾つかの深刻な問題を発生させている。本研究は、新しい地質リスクマネジメントの方向性を検討するものである。まず、日本の公共工事地質リスクマネジメント実務の概要を述べ、その問題点を整理した。次に、海外、特に米国の事例をも参考にしながら、①リスク計量化手法の開発、②プロセスマネジメントシステムの開発と実施、③発注者の側に立つ技術顧問の導入、を三つの柱とする新しい地質リスクマネジメント方式を提案した。①を検討する第一歩として、地質リスクマネジメントの事例調査を実施した。具体的には、まず予備調査を行い、地質リスクマネジメントの効果を記録するための様式を検討した。次に本調査を行い、マネジメントの効果を定量的に試算することを試みた。最後に、新システムを導入していくための道筋を検討した。

【キーワード】 リスク、地質リスク、プロジェクトマネジメント

1. はじめに

日本の公共工事において、地質は「予見しがたき」事象として、設計変更の根拠を提供することが多かった。このように、地質に関する不確実性或いはリスクについて、主に事後的に対応する方法は、大量の事業執行が要求された高度経済成長期以降の「右肩上り」の経済において有効であったと考えられる。しかし「右肩上り」経済が終焉しつつある中で、この方式は、幾つかの深刻な問題を発生させており、新しい方法が求められている。本研究は、新しい地質リスクマネジメントの方向性を検討するものである。まず、日本の公共工事地質リスクマネジメント実務の概要を述べ（2章）、その問題点を整

理した（3章）。次に、海外、特に米国の事例をも参考にしながら、①リスク計量化手法の開発、②プロセスマネジメントシステムの開発と実施、③発注者の側に立つ技術顧問の導入、を三つの柱とする新しい地質リスクマネジメント方式を提案した（4章）。①を検討する第一歩として、地質リスクマネジメントの事例調査を実施した（5、6章）。具体的には、まず予備調査を行い、地質リスクマネジメントの効果を記録するための様式を検討した。次に本調査を行い、マネジメントの効果を定量的に試算することを試みた。最後に、新システムを導入していくための道筋を検討した（7章）。

¹ マネジメント学部 0887-57-2408 watanabe.tsunemi@kochi-tech.ac.jp

² マネジメント事業部 03-3668-0451 sabase@ctie.co.jp

³ 地質情報研究部門 029-861-3854 masa.ogasawara@aist.go.jp

⁴ 東京本社地圏環境部 048-835-3458 ozono@ctie.co.jp

2. 既往研究の調査

(1) 地質・地盤の不確実性に関する考察

自然を相手にする土木工事において、地質・地盤の条件が予想と異なっているために、思わぬ工程の遅れや追加費用が生じてしまうことは少なくない。このような地盤・地質の不確実性に対し、地盤工学会（旧土質工学会）では、既に 20 年以上前の 1987 年に「地盤工学におけるリスク評価手法に関するシンポジウム」を開催している¹⁾。発表内容は①リスク評価のための各種モデル化、②地盤の物性、斜面、盛土に関するリスク解析、③地震、地盤動力学、施工管理システムに関するリスク評価などである。地盤の持つ不確実性を評価するためのモデル化や地盤の物性値の評価手法などが含まれ、既にクリギングを応用した統計的予測モデルについても発表されている²⁾。このシンポジウムではリスクの定義は明確には示されていないが、最終的な設計に誤差を生じさせる要因を広くリスクと捉えていると見られる。

また元来、植生の豊かな我が国においては地表に露出している地盤・岩盤が限られ、地下の状況については限られた地点で実施されたボーリングや物理探査結果等を活用して推定することになる。横田³⁾は、そのような観測または測定によって直接得られる情報（一次情報）から、それらを組み合わせて立体的な地質モデル（二次情報）を解釈してゆく過程でデータ値の精度、正確さ、あいまいさ等の変更が行われていることを指摘し、適正な工学的判断のためには情報の正確さやあいまいさ等も含めて伝達する必要があるとした。正垣・日下部⁴⁾は、設計値に誤差を生じる原因の一つに計画者の判断の相違、すなわち設計用地盤モデルを作成する際の地層区分、成層区分の単純化や対象地盤の調査位置選定法に伴う判断等があることを述べている。この計画者の判断こそが横田³⁾のいう一次情報から二次情報への変換過程に対応するものであるが、正垣・日下部⁴⁾はその影響は極めて大きいものの定量的評価の困難な要因であるとしている。

なお、横田³⁾はあいまいさの表現にはファジー論理による取り扱いが有効であるとした。地質情報のあいまいさをファジー論理によって表現しようとした研究には桜井・清水⁵⁾、永田⁶⁾などがあり、大野・清水⁷⁾はファジー論理が地盤工学分野の様々な不確

定性に展開されつつあることを示している。

近藤⁸⁾は、地質調査の目的は工事遅延や工事費増加、人身事故などの工事リスクの要因評価並びに地盤物性の評価にあるとしたうえで地質技術者が行っている地質のモデル化プロセスを考察し、地質調査の解は一義的に求めることが困難なこと、したがって常に不確実性が伴うことを示した。

なお、いずれの議論においても、設計に供する地盤条件の持つ不確実性には一次情報を取得する際のバラツキや曖昧さ、そしてそれを二次情報に加工・解釈する際に生じる不確実性の二つがあることが概ね共通して指摘されている。また一次情報のばらつきについては調査・試験の方法の吟味や人為的誤差の削減、統計的操作などによってある程度除去可能であるが、それを加工・解釈する際の不確実性については定量的な処理方法がなく、地質学的知識や経験豊富な技術者の判断をまじえた総合的見地から錯誤を少なくする努力が必要である⁴⁾。

(2) 地質リスクの定義

前項で述べたような地盤・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な言葉が用いられている。全地連⁹⁾では地質に係わる事業リスクを地質リスクと定義し、事業コスト損失そのものとその要因の不確実性をさすとした。これらの用語は大まかな概念としては大きな違いはないものの、リスクの大きさを表現する手法には異なるものがある。大津・大西¹⁰⁾はリスクの表現方法として客観的リスクと主観的リスクがあり、前者は確率・統計理論に基づく数学モデルを用いて定量的に評価されるもの、後者は多くの関係者の経験・直感等の主観に基づく定性的な判定結果を集めて総合的に評価するものとしている。

a) 客観的リスクとして大きさを表現

①損失期待値として計量するもの

これは、統計・確率モデルにより客観的に評価される確率を基に、事象が発生する確率と事象が発生した場合の損失を掛け合わせて求めるもので、工学分野で通常用いられるリスクの計量手法である。これに類するものとして脇坂¹¹⁾は、土木地質におけるリスクの定義を「望ましくない地質事象の生起確率とその事象の大きさの組み合わせ」と定義し、ダム

における望ましくない地質事象の相対的頻度¹²⁾から求めた疑似生起確率を示している。

②平均値まわりの変動幅、あるいは VaR (バリューアットリスク) として計量するもの

大津¹³⁾は、①における損失期待値の周りのはずれ量 (標準偏差 σ) をリスクとして評価可能であることを示し、保険にリスクを転嫁するなどファイナンスの観点からは期待値そのものよりも期待値からのはずれ量が重要であるとしている。

また VaR は、図-1において、ある超過確率を想定した場合の建設コストである。これにより、 $x\%$ の確率で建設コストが VaR 円を超過する、といったリスク評価が可能となる。

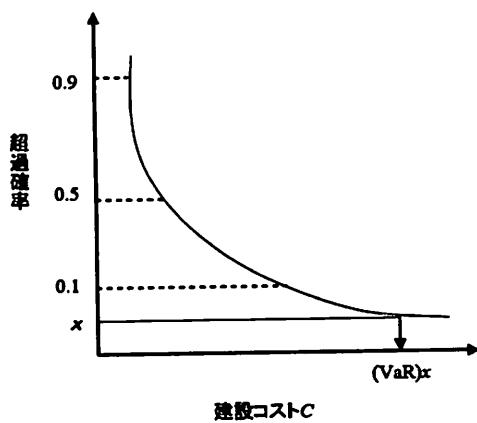


図-1 VaR による建設コストの変動特性評価¹⁴⁾より抜粋

b) 主観的リスクとして大きさを表現

応用地質学会物理探査評価研究小委員会基盤内弱層検討ワーキンググループ¹⁵⁾は不良地質に起因する施工時の地山諸問題のうち、不確実な地山情報に起因して発生する場合を地山リスク ($R = \langle C_i, P_i \rangle$) と呼び、地山問題の大きさ C_i と地山問題が発生する確率 P_i (ただし P_i ①: 調査予測確信度、 P_i ②: 工学的評価) を4段階評価するリスクマトリクスを用いてリスク対応方針を検討することを提案している。

なお、日下部¹⁶⁾は施工経験や事故事例等の地盤リスク経験の蓄積と分析・類型化が地盤リスクの同定・分析・評価・対策において重要な役割を果たすとしている。全地連企業間連携等の推進に関する調査・研究委員会¹⁷⁾においても同様に、リスクが発現した事例を基にしてコスト変動額あるいは、事前にリスクを予見したことによるコスト縮減額などのデータ収集を行っている。

本研究では、全地連の定義に沿って、地質に係わる事業リスクを地質リスクと定義し、事業コスト損失そのものとその要因の不確実性をさすとした。

3. 日本の公共工事地質リスクマネジメント実務の概要

(1) 公共工事地質リスクマネジメント実務の特徴

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

一般に地質調査は民間への発注によって民間の地質技術者が担当するが、民間技術者に期待されるのは計画後の設計条件を設定する役割に止まっていることが多い(図-2)。

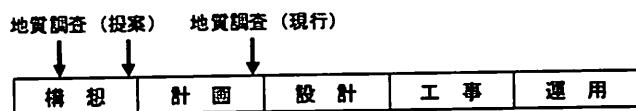


図-2 地質調査のプロセス上の位置

従来の地質リスクマネジメントでは、「最小限」の地質調査に基づき、発注者側が「標準的」仕様を詳細に規定した設計図書を作成して工事を発注し、施工時には甲乙協議による設計図書変更を実施する場合が少なくなかった。この方式は、大量の工事を早期に発注し円滑に完成させる上で有効であったといえる。

(2) 公共工事地質リスクマネジメント実務の課題

ただしこのマネジメント方式には、以下の四つの課題が存在する^{18,19)}。

第一の課題は、技術者自身への「期待」が充足されにくいことである。地質調査が計画後に位置づけられ、設計条件を設定するためのものである場合、そこで設定された設計条件が工事段階で遭遇した事象と異なる場合は、設計変更によってそのリスクに対応することが一般的である。このことが一層地質調査・地質技術の役割を希薄にしてきた。

また、受注者が多くのリスクを取ることができる得意分野であったとしても、標準的工法以外の方法の選択が認められない場合も少なくなかった。この

ことは、受注者が自己の技術を発揮することによって、困難なリスクに挑戦し、技術者自身への期待を充足することが必ずしも容易ではなかったことを意味する。

第二の課題は、受注者と発注者の双方が「不安」を抱えていることである。受注者の不安は、発注者とのリスク分担の基準が必ずしも明確に示されていないことによって生じている。「変更に伴う対価が必ずしも十分に支払われないのではないか」という、いわゆる「請け負け」の不安である。一方、発注者の不安は、その大部分が地質の専門家を有していないことによって生じている。「受注者からの増額変更提案に対して過払いになっているのではないか」という不安である。

第三の課題は、近年、大幅な増額変更を「許容」する公共工事の執行手続きに疑念を抱き始めている納税者が増加していると思われることである。最近、設計変更・事業費増大が議会の合意を得られず工事が中止される事件が起きている。

第四の課題は、従来の不安緩和方法が、今後は機能しにくくなることである。受注者と発注者の不安は、指名競争入札や受注調整に基づく長期的な「貸し借り」の関係によって相当程度緩和されてきた。しかし、今後指名競争入札に代わって一般競争入札が本格的に導入された場合、従来の長期的な「貸し借り」の関係は存在しにくくなる。

今後は、納税者の疑念を払拭するためにも、公共事業の執行手続きの透明性を高めた上で、個々の技術者の能力を最大限に活かすことによって、事業を効率的に実施していく必要がある。そのために今、新しい地質リスクマネジメントを構築し実践することが早急に求められている。

(3) 地質リスク低減の基本的考え方の一例

角湯²⁰⁾は道路事業における事業実施段階と地質リスク低減の基本的考え方を次のように整理している。

- ・ 計画段階：地質リスクの高い箇所を回避したルート選定
 - ・ 設計段階：土木地質における望ましくない地質現象を誘発しない設計
 - ・ 施工段階：顕在化した地質リスクの適切なマネジメント
- このような事業の進捗に応じたリスクマネジメン

トのために、各段階で実施する地質調査で留意すべき地質の不確実性等について概観すると以下の通りである（図-3 参照）。

a) 計画段階

活断層や大規模地すべり、岩盤クリープ、広域的な熱水変質など回避すべき地質課題の洗い出しが重要となる。

手法として広域を小縮尺の地質情報により調査することになるため、地形と地質の結びつきなど経験的な洞察力が重要であり、潜在している地質リスク要因を発見できるかどうか、技術個人の能力が最も発揮される。

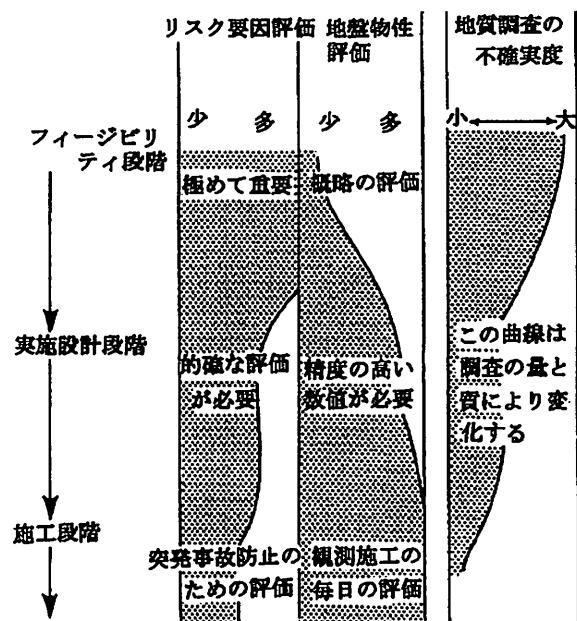


図-3 リスク要因調査と地盤物性調査
ならびに地質調査の不確実性⁸⁾

b) 設計段階

設計段階の調査では、建設サイトの立地・地盤条件の調査を行い、基礎地盤分布や地下水分布など幾何学的な地質状況の把握精度を高め、合わせて各地質単元の地盤定数を推定する。また、サイト周辺の環境影響（自然由来汚染や地下水影響）などについても調査・モニタリングを行い、影響予測を行う。

この段階は弾性波探査やボーリング、各種現位置試験等が実施されることから、それら一次情報から最大限の情報を引き出すこと、そして二次情報に加工する際に、如何に合理的に信頼性の高い地質モデルを構築できるかが鍵となる。またそのための最小コスト・最大効果の調査計画立案も技術者の能力に

大きく依存する。

c) 施工段階

施工現場を観察することにより顕在化する前に地質リスクの素因を発見すること、誘因を排除する提案をすること、またリスクが発現した場合は、最小限の時間とコストで素因・誘因について調査・考察を行い、不詳な場合は端的な調査を提案すること、などが地質技術者の役割となる。

そのためには、設計段階で地質調査に携わった地質技術者が引き続き施工段階においても担当することが望ましい。それが難しい場合には三者（四者）協議を行って最大限の情報共有を行う必要がある。

(4) 地質リスクマネジメント実施の阻害要因の一例

しかし、以下のような技術的・政策的課題があり簡単には改善できない。

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

このうち④の地質技術者は、その多くは民間側（受注者側）に位置づけられるが、民間受注者の役割の多くは計画・設計条件算定のための調査であり、発注者の側に立って当該事業の地質リスクを管理するという立場で活動することは比較的少ない。さらに、地質リスクをマネジメントする立場の発注者側においても、代理人・支援者を活用する制度が導入されておらず、必要な技術を容易に調達できない状況である。官側に技術者の少ない地質分野では、構想・計画段階において技術力不足が生じており、その影響が深刻化しつつある。地質リスクマネジメント手法の変革が求められている。

4. 公共工事地質リスクマネジメント実務変革の一考察

(1) 変革の方向性

a) 地質リスクプロセスマネジメントの3つの要素

地質リスクをタイムリーにマネジメントし、コスト縮減を達成するということは、コスト形成プロセス（コスト構造）をマネジメントすることである。

そのイメージを図-4に示すが、先ず想定されるリスク（悲観的リスクと呼ぶ）を抽出し、プロセスにそって一つ一つ処理し、リスクを低減しながら段階を進めて行くもので、この勾配が地質技術・地質調査の「投資効果」をイメージしている。考えられる全てのリスクを抽出することから始める「悲観的リスクから出発」に対し、リスクが発現してから対応する「楽観的リスクから出発」を比較すると、リスクマネジメントのプロセスを開示して説明責任を果たすためには、前者の方が有効である。リスク低減量と地質調査・事前対応費用との関係から妥当投資額を導きたいと考えており、その効果を大きくするために技術顧問（発注者支援者）を雇うことも考えられる。なお、前段階から後段階への移行に当たっては何らかの基準を満足する必要があると考える。

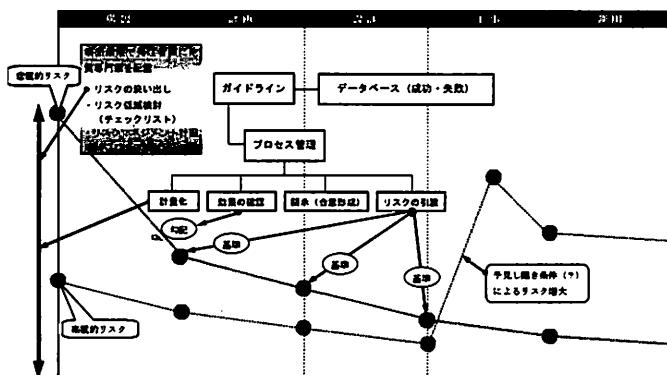


図-4 地質リスクプロセスマネジメントのイメージ

このマネジメントシステムを運用するためには、以下の3つの要素が必要である。

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

上記の3点セットによって公共工事のコスト構造改革は以下のような進展が期待できそうである。マネジメントの効果は、次の①に集約されるが、これは②③④に示す「合意形成の円滑化」と⑤⑥に示す「リスク管理の実施」によってコスト構造（コスト構成要因とコスト形成過程）を改善することにある。

- ① リスクへの予防措置による工期短縮・コスト縮減
- ② 楽観的リスクからの出発による工期延長・コスト増大（市民の不信）からの脱皮

- ③ 事後対応（設計変更など）から事前対応への変更により合意形成に寄与
- ④ 悲観的リスクから出発するプロセスマネジメントによって説明責任とリスクコミュニケーションに寄与
- ⑤ プロジェクトの各段階の後段へのリスク引渡し内容の明確化
- ⑥ リスクの事前把握により民間とのリスク取引（PPP）が進展

b) 地質の技術顧問

地質の技術顧問は、法務顧問・弁護士、財務顧問・公認会計士と同様発注者側に位置づけられ、受注者側の地質調査者とは立場が異なる。

地質の技術顧問は個人の技術のみで対応するのではなく、組織的な支援ツールを具備したものである。現在、このような支援ツールは全く整備されていないが、以下のような研究成果が必要である。

- ① リスク要素の体系
- ② リスクの因果関係のモデル
- ③ ガイドライン（リスク抽出・計量方法・予測方法、リスク削減方法、リスクの引渡し基準、地質調査妥当投資額算定方法、設計監督方法、工事監督方法など）
- ④ データベース（各段階での成功・失敗事例）

(2) Geotechnical Baseline Report (GBR) の概要

既述のように、地質リスクの顕在化に伴う設計変更に対して発注者はより重い説明責任を求められてきている。PFI方式や設計・施工一括発注方式による工事発注によって発注者のリスクの一部を受注者に移転する試みがなされているものの、地質リスクの分担について発注者と受注者の間で見解が異なる例が見られ²¹⁾、リスク分担の明確化は依然として課題となっている。

これに対して米国では、地下工事を含むプロジェクトにおける地質条件を発注者が明示し、地質リスクを発注者と受注者が分担する際のよりどころとするための契約図書すなわち GBR (Geotechnical Baseline Report) が作成されている。GBR は当該工事現場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具体的かつできる限り定量的に示すもので、地質リスクの発現による設計変更を適用する際の閾値（ベースライン）を示すものである。

GBR を用いることにより、発注者は地質リスクの分担の度合を当該状況に応じて適切に規定することができる²²⁾。具体例として米国カリフォルニア州発注の Devil's Slide Tunnel プロジェクトの GBR²³⁾から、一軸圧縮強度のベースラインを表 4.1 に示す。この例では掘削工法に関連する地質条件のベースラインとして一軸圧縮強度の最大値が設定されているが、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。すなわち発注者は、工事現場に分布する岩石の一軸圧縮強度は相当高い値のものが出現すると想定していることを入札業者に示している。これにより発注者は、一軸圧縮強度に関する自己の免責範囲を十分広くとっていることとなり、受注者に地質リスクを転嫁していると言える。結果的に入札額は硬質な岩石が分布した場合に備える予備費を見込んだ高めの額になると推定されるが、工事着工後に設計変更が生じる可能性を低くできる。また、受注業者はあらかじめ高い一軸圧縮強度が出現する可能性を想定した施工計画を立てると考えられるので、予想外の硬岩が出現することによる工程遅延も避けることができる。

Lithology	Unconfined Compressive Strength, q_u (MPa)		
	Data Range	Average	Baseline Maximum
Siltstone/Claystone, fresh to slightly weathered	2.1 to 238	30	300
Siltstone/Claystone, moderately to intensely weathered	0.1 to 34	10	40
Sandstone, fresh to slightly weathered	11.6 to 267	110	330
Sandstone, moderately to intensely weathered	9 to 73	10	90
Conglomerate, fresh to slightly weathered	3 to 239	50	300
Conglomerate, moderately to intensely weathered	0.1 to 0.3	15	30
Granitic Rock, fresh to slightly weathered	3.9 to 226	30	280
Granitic Rock, moderately to intensely weathered	0.3 to 91	7	115

表-1 Devil's Slide Tunnel プロジェクト
一軸圧縮強度のベースライン²³⁾

地質条件の複雑な我が国においては、発注者が説明責任を果たすために地質リスクマネジメントが重要であり、そのためのツールとして GBR を活用できる。しかし、ベースラインの設定が適切な水準に設定されない限り、いたずらにリスク対応のための予備費を膨らませるばかりになる可能性も孕んでいる。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²²⁾。

(3) リスクのタイプとデータ収集様式

地質リスクマネジメントの3点セットのうち「リスクの計量化」は最大の課題である。本研究においては「リスクの計量化」をマネジメントによる「リスクの低減効果」、すなわちマネジメントの有無による「工事費」の変化として捉えた。

対象とするリスクのタイプとして以下の3タイプを想定し、それぞれデータ収集様式(表-2)を作成して事例を収集し「マネジメント効果」を算定した。各表中のデータは事例分析の(1)～(3)の事例から記載した。なお、様式ごとにマネジメントの効果を算定するためのデータに番号(①～③、④)を付けたため、様式間では同じ番号のデータの意味が異なる。データ様式によって収集されるデータは「リスクの計量化」研究などに活用される他、7(2)(図11)に示すような活用場面が考えられる。

a) Aタイプ

Aタイプはリスクを未然に管理することによって当初工事費の縮減を達成したもので、効果は下式によって算出する。

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

表-2(1)のA表においては、「マネジメント効果=①当初工事費-③変更後工事費-②リスク対応費用」となる。

b) Bタイプ

Bタイプは発現した事象(変更後工事費)からリスク管理を行っていれば(リスク対応費用を掛けていれば)工事費の増額変更はなかったと推定するもので効果は下式によって算出する。すなわち、Bタイプの工事実績から、どのようなマネジメントを行えば、どの程度増額を抑えることができたかを推定するものである。

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

表-2(2)のB表においては、「マネジメント効果=変更後工事費(①+②)-リスク対応費用(③+④)」となる。

表-2(1) A表(地質リスクを回避した事例)

データ収集様式

大項目	中項目	データ
対象工事	免注者	〇〇県
	工事名	空港連絡橋下部工工事
	工種	海上連絡橋の下部工
	工事概要	海上連絡橋の下部工基礎として採用された鋼管矢板井筒基礎の工事
	①当初工事費	21,195,000千円(中間支持、N値法) ～28,060,800千円(岩盤支持)
	当初工期	平成8年～平成13年
リスク回避事象	予測されたリスク	設計のための地質調査がほぼ終了した時期
	発現時期	
	予測されたトラブル	
	回避した事象	
	工事への影響	
	予測されたトラブルおよび回避した事象	道路橋示方書によるN値を用いた杭の周面摩擦力算定方法によると、摩擦力算定精度が十分でないため、結果として杭長が増してコスト増大リスクが予想された。
リスク管理の実際	判断した時期	詳細設計が始まろうとしていた時期
	判断した者	「空港連絡橋委員会」の委員、地質調査会社および設計会社の技術者
	判断の内容	鋼管杭の閉塞効果が期待できない支持層であったので、その分摩擦力の高い予測精度が要求された。ただし、摩擦力を期待する対象地盤は、砂・粘土の区別が困難で、N値による設計では誤差が大きいと判断された。そこで、土の種類にあまり左右されないc'、φ'法を用いて設計する方法を採用した。
	判断に必要な情報	十分な質・量の地質調査による地層構成の詳細な把握、三軸圧縮試験によるc'、φ'
	内 容	追加調査 修正設計 対策工
	費 用	ボーリング: ▲48,115千円(従来法より削減されたため減額) サンプリング: 18,181千円 室内土質試験(三軸試験等): 50,141千円 実杭の鉛直載荷試験(2箇所): 188,206千円 修正設計 対策工 ②合計 208,413千円
変更後工事の内容	工事後変更の内容	—
	③変更後工事費	17,400,000千円
	変更後工期	—
	間接的な影響項目	—
	受益者	〇〇県
リスクマネジメントの効果	費用(①-③-②)	4,003,41千円(対中間支持)～10,869,213千円(対岩盤支持)
	工期	—
	その他	—

c) Cタイプ

Cタイプはリスクが発現した、あるいは発現しそうなので(ここまでBタイプ)、リスクマネジメントを行って(ここからはAタイプ)リスクを最小限にしたケースである。効果は次式によって算出する。

表-2(2) B表 (地質リスクの発現事例) データ収集様式

大項目	中項目	データ
対象工事	免注者	自治体
	工事名	緊急地方道路整備事業○トンネル工事
	工種	NATM トンネル本体工事
	工事概要	トンネル延長 364m (全体延長 1053m)
	①当初工事費	10.29 億円 (全体)
	①当該工事費	38,000 千円 (トラブル区間本体工事費、除仮設)
	当初工期	平成 14 年～平成 19 年 (平成 19 年度末供用開始)
リスク発現事象	リスク発現時期	工事段階
	トラブルの内容	内空変位 60cm 及び支保変形
	トラブルの原因	集水地形をなす小土被り区間に断層が発達していたが、この断層上盤には透水性の高い砂岩が分布しており、強雨時に作用した地下水圧が砂岩沿いに浸透して断層面に作用し、断層沿いの局部的なすべりを生じた。 地形、弾性波探査速度層の低下に着目した上で、断層の発達、地下水位等に関する追加調査を実施すべきであった。
	トラブル発生の原因となった地質リスクカテゴリー	①支持層・安定層の凹凸、②すべり、崩壊の危険度、③地盤・岩盤の母岩評価試験、④断層・地下水変質帯などの発達、⑤土壤地下水汚染、⑥地下水影響、⑦その他 (記述)
	原因となった(柔軟的)リスク評価	調査段階：基盤速度層内に位置し、追加調査は不要 設計段階：被りは十分であり、補助工法は不要
	工事への影響	変位に対する地質調査、対策工として支保パターンを変更してインパートを追加。本体工事は 1 月の遅延、事業全体の工期は予定どおり。
	追加工事の内容	坑内より調査ボーリング (10m×4 本、20m×1 本、3m×1 本) を実施
追加工事の内容	修正設計内容	設計地質条件 地山分類を 1 段階下げ 周辺条件 とくになし 対策工のリスク評価 不詳 (二次検査完了までに予想される降雨に対する安全性に付いての照査)
	対策工事	なし
	追加工事	支保パターン変更 (CII-b→DI-b-i-s) にインパート追加
	追加費用	追加調査 5,037 千円 修正設計 一 対策工 一 追加工事 25,435 千円 (支保変更とインパート 14,809 千円+設備リース延長 10,626 千円) ②合計 30,472 千円
	延長工期	全体工期に変化なし、トンネル工事は全体で 2 ヶ月遅延、当該区間での工事中断は約 1 ヶ月
	間接的な影響項目	本体工事と付帯工事を並行作業とすることによる、リソースのマネジメント
	負担者	変更工事：免注者、間接的影響：工事業者
リスク管理の理想像	対応(すべき)時期	調査段階、設計段階、工事段階
	対応(すべき)者	調査段階：地質技術者 設計段階：設計技術者 工事段階：工事業者、免注者
	対応(すべき)内容	調査段階：谷を横断する小土被り区間の補足踏査を実施し、調査ボーリングを提案 設計段階：重い支保の採用 工事段階：調査を兼ねた水抜きボーリングの提案
	判断に必要な情報	強雨時の水位変化、断層を推定するためのボーリングコア状況
	対応費用	調査 約 2,000 千円 対策工 一 ③合計 2,000 千円
	想定工事	坑内より先進調査ボーリングを兼ねた水抜きボーリングを実施し、支保パターンはあらかじめ CII から DI へ変更 ④工事費 水抜きボーリング 3,500 千円、当初工事費 38,000 千円、支保パターン変更に伴う差額 10,800 千円 合計 52,300 千円
	工期	数日
リスクマネジメントの効果	費用((①+②)+(③+④))	14,172 千円
	工期	トンネル本体工事約 1 ヶ月短縮
	その他	工程遅延回復に対する工事業者のマネジメント負荷軽減

表-2(3) C表 (発現した地質リスクを最小限に回避した事例) データ収集様式

大項目	中項目	データ
対象工事	免注者	県土木事務所
	工事名	○○インターチェンジ道路改良工事
	工種	鋼管工
	工事概要	バックカルバート工 (施工延長 L=約 40m, 幅 B=約 24m)
	①当初工事費	89,500 千円
	当初工期	200 日
	リスク発現時期	工事中
発現したリスク発現事象	トラブルの内容	バックカルバート基礎部掘削時に、軟弱地盤が出現。
	トラブルの原因	調査不足
	工事への影響	工事の中止および対策工の追加。(ただし、当初工期内に対策工を含め完了。)
	追加調査の内容	
	修正設計内容	
	対策工事	
	追加工事	
追加工事の内容	追加調査	
	修正設計	
	対策工	
	追加工事	
	②合計	
	延長工期	
	間接的な影響項目	
最小小限に回避されたリスク	負担者	
	予測されたリスク発現時期	工事中および、工事完了後の供用中
	予測されたトラブル	軟弱地盤区間ににおいて、地耐力不足による重機の施工不能および、バックカルバートの沈下、破損および舗装の破損。
	回避した事象	工事の中止および、工事完了後の供用中の圧密沈下による道路状況に対する補修工事
	工事への影響	工事の中断、対策工の検討・施工
	判断(した)時期	工事中 (基礎部掘削時)
	判断した者	施工者・地質調査業者
リスク管理の実際	判断の内容	地盤改良の提案
	判断に必要な情報	地質情報 (地質図序、土質特性、地耐力)
	内容	地質調査 (スウェーデン式サンディング試験 3 個所、簡易的コーン貫入試験 8 個所)
	追加調査	土質試験 (セメント安定処理配合試験 1 式、六角コロム溶出試験 1 検体、一輪圧縮試験 1 試料)
	修正設計	平板載荷試験 1 個所
	対策工	安定処理工 (バックホウ混合) 構造物基礎、1m 以下
	費用	280 千円
リスク対応の実際	修正設計	なし
	対策工	安定処理工 (バックホウ混合) 構造物基礎、1m 以下
	追加調査	280 千円
	修正設計	なし
	対策工	1,900 千円
	③合計	2,180 千円
	工事変更の内容	施工時、部分的な地盤破壊によるバックカルバートの沈下、損傷および、供用後、圧密沈下による沈下・上部構造 (舗装等) の損傷に対する補修工事。
回避しなかった場合	④変更後工事費	算定困難 94,500 千円 (推定) (当初工事費 89,500 千円+補修対策工事費 5,000 千円)
	変更後工期	90 日～ (推定)
	間接的な影響項目	供用時期への影響 (遅れ)、圧密沈下による供用時の維持修理費の増大および、補修工事等による通行への影響 (経済的損失)
	受益者	管理者、利用者 (地域住民)、納税者
	費用④-(①+②+③)	2,820 千円 (推定)
	工期	90 日以上
	その他	-
リスクマネジメントの効果	リスクマネジメントの効果	

効果 = (回避しなかった場合の工事費)

- (当初工事費) - (追加工事費)
- (リスク対応費用)

表-2 (3) のC表においては、「マネジメント効果 = ④回避しなかった場合の工事費 - ①当初工事費 - ②追加工事費 - ③リスク対応費用」となる。

5. 事例分析（リスクの計量化）

事例分析の目的はタイプ A, B, C それぞれにおいて地質に係わるリスク因果関係（コスト構造・コスト形成プロセス）を想定し、それを数値データとして確認することである。例えばタイプ B においては工事費が増大したという結果に対する原因をマネジメントが「無かった」とし、仮にマネジメントが「有った」ならどうなっていたかを推定して、両者の差を「マネジメント効果」として定量的に把握することを試みた。その過程において必要なデータ項目を確認しデータ収集様式を修正していった。

(1) Aタイプ（海上橋梁下部工事）

本事例は図-5 に示す空港人工島への連絡橋を対象に、多くの調査・試験を実施することに加え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果たした事例である。

橋梁の基礎（鋼管矢板井筒基礎）の支持層として、基盤岩上部の洪積層に支持させるためには、深くなる基礎の特に周面摩擦力の算定に多くの不確定要素が含まれ、必然的に杭長が大きくなり不経済となることが予測された。そこで技術委員会を組織し、調査試験結果の評価や支持力算定方法などの検討が行われた²⁴⁾。

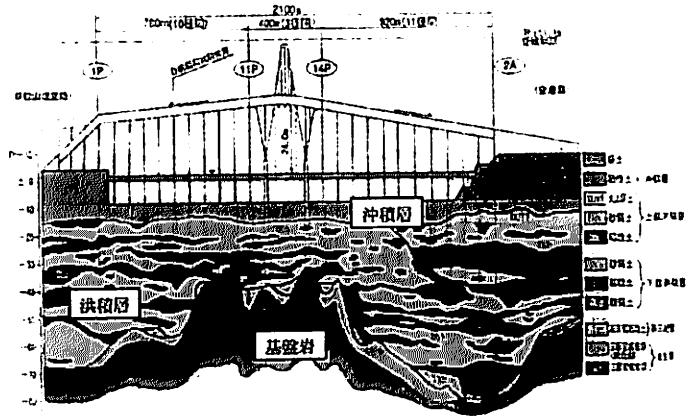
表-2 は基礎工の費用（施工費+調査試験費）を以下のケースで比較したものである。

① 岩盤に支持した場合

② N 値による従来法で支持力を算定し中間支持させた場合

③ $c' \cdot \phi'$ 法で支持力を算定し中間支持させた場合

この結果、③案が採用されたが、③案は①案や②案に対して約 2 億円の調査・試験費を追加投入することで、②案に比べてさらに約 13% の縮減、①案に比べ 37%（約 105 億円）の縮減となった。



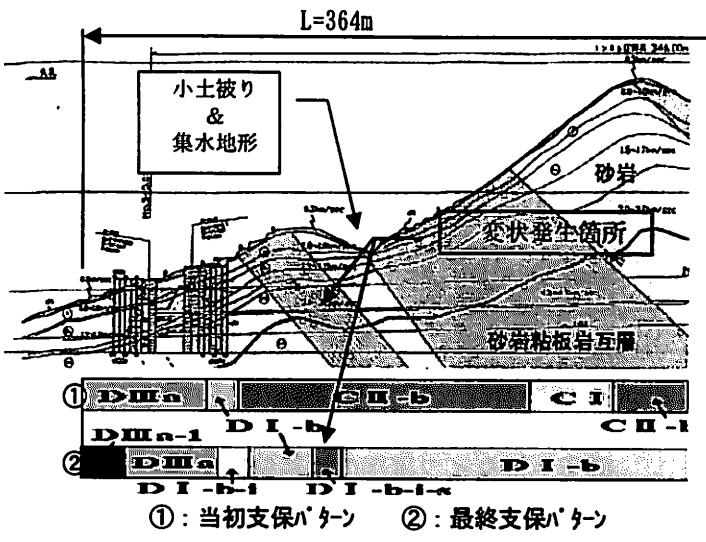


図-6 工事概要 (Bタイプ事例)

表-4 マネジメントの効果 (Bタイプ事例)

	リスク発現による実追加コスト(千円)	事前に想定した場合の対策費(リスク対応費用)(千円)
調査費	調査ボーリングなど 5,037	調査ボーリング1孔 2,000
対策費	インバート追加支保パターン変更 設備リース費増 25,435	水抜きボーリング3孔 支保パターン変更 (CII→D, 30m) 14,300
合計	30,472	16,300
マネジメント効果		14,172

ており、表面には現れない潜在的なコスト増も考えられる。

(3) Cタイプ(軟弱地盤における県道改良工事)

本事例は、図-7に示す旧河道を横断する約40mのボックスカルバート施工による道路改良工事において軟弱地盤に遭遇したが速やかに対応しリスクを最小限に回避したものである。

当初調査では、調査時期が水田耕作期と重なったため調査ボーリングは旧河道の両岸で2箇所実施し、表土層(耕作土)の下位にはN値30程度の砂質土層～砂礫層が分布すると推定された。しかし、施工時、施工管理者の判断により、ボックスカルバート基礎部の床掘り工程において調査結果と現地状況との整合性を確認するために耕作土の剥ぎ取り作業をおこなった結果、当初想定されていなかった粘性土層が確認された。

粘性土層は床掘り工程の早い時期に発見されたため、直ちに追加調査を実施して地盤改良を行い、工事後の補修工事等を回避することができたものであ

る。表-5に示すように、地盤改良工事実施時期の違いによるコスト差、また無対策の場合の舗装補修工事コストなど約280万円がマネジメントの効果として考えられる。また、コスト増として考慮していないが、およそ90日程度の完工遅延も回避された。

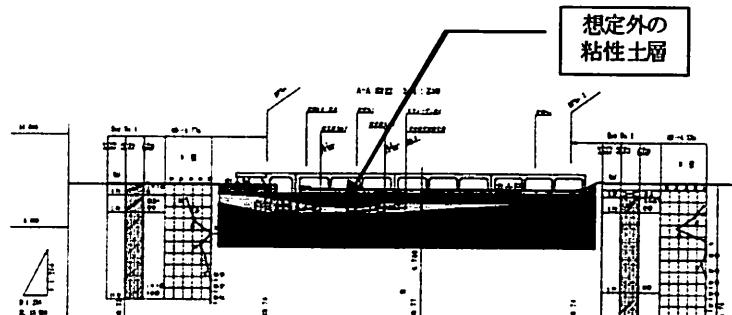


図-7 Cタイプ事例の地質縦断図(着工後)

表-5 Cタイプ事例のマネジメント効果算定結果

	リスク回避しなかった場合の対策費(千円)	実工事における迅速なリスク回避(千円)
当初工事費	89,500	89,500
調査費		サウンディングなど 280
対策費	施工後の地盤改良 舗装のオーバーレイ 等補修費 5,000	地盤改良 1,900
合計	94,500	91,680
マネジメント効果		2,820

6. 事例研究結果の考察

(1) 概念の定義と類型化

本研究の着手時は概念整理が不十分でありリスク事象を表す用語の定義に苦慮してきた。事例研究を積み重ねることでマネジメントのタイプをA, B, Cの3つに分類し、かつ設計費(含:調査費)および工事費データの定義を「当初」「追加」「最終」などに区分した。さらに「実績値」と「想定値」の区分も必要になった。

これらの概念を整理し本研究で分類したマネジメントのケース(A, B, C)と対比したものが図-8である。さらにこの4つの類型を図示したものが図-9である。

ケース1(I=F)は、適切な地質調査に基づく設計により事業費が想定された通りになった場合である。この場合、地質リスクが存在しなかったというのではなく、地質リスクが適切に回避された事例といえる。

事業費(設計費+工事費)の定義

- I : 当初事業費(当初設計費+当初工事費)
- A: 追加事業費(追加設計費+追加工事費)
- F: 最終事業費(最終設計費+最終工事費)
- E: 想定事業費(想定設計費+想定工事費)

マネジメントの類型化 → 図-8

- ケース1(I=F) 当初 = 最終
- ケース2(I>F) 当初>最終……タイプAに相当
- ケース3(I<E<F) 当初<想定<最終…タイプBに相当
- ケース4(I<F<E) 当初<最終<想定…タイプCに相当

図-8 事業費の定義と類型化

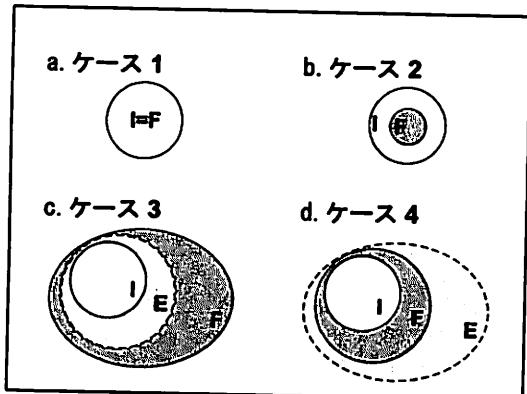


図-9 事業費の増減による類型化

ケース2 ($I > F$) は、最終事業費が当初事業費を下回った場合で、事例研究のAタイプに相当する。この場合、地質状況の不確実性に対してより悲観的な判断を行い、それに基づいて事業費を計上したもので、当初に適切な地質調査・試験を行っていれば当初工事費を大きく想定する必要はない。すなわち一見リスクマネジメントの効果があったように見えても当初工事費を工事開始前のどの段階で定義するかで見かけの効果が異なることを示している。

ケース3 ($I < E < F$) は、最終事業費が当初事業費および想定事業費を上回った場合で、Bタイプに相当する。

ケース4 ($I < F < E$) は、最終事業費が想定事業費を下回った場合で、Cタイプに相当する。本研究の着手時にはAタイプとBタイプという極端なケースを設定したが、実際はCタイプが存在することに気付いた。このCタイプを定義するには想定事業費(E)という概念を用いてケース3とケース4を区分することができた。

当初工事費の算定期間をいつにするかとあわせて

工事中に想定事業費という概念を持ち込むことでリスクマネジメントが連続する事業プロセスの中で論じられるべきものであることが明確となった。

(2) 地質リスクマネジメントを記録する際の留意点

a) リスク効率性

一般にリスクマネジメントの目的の一つは、リスクとリターン、あるいはリスクとコストの最も好ましいバランスをもたらす対策を導出することにある。

図-10 にその概念図を示す。横軸に事業コストの期待値を、縦軸にそのばらつきを示す。事業コストは、事業の構想段階から運用段階までに要した費用を指す。リスクマネジメントでは、より少ない費用でより多くの「コストのばらつき(変動)」を削減することが望ましい。この考えをリスク効率的(risk efficient)であるという。図-10 では対策AとBは対策Dよりもリスク効率的である。より南西方向の結果をもたらす対応策がより効率的な対応策となる。

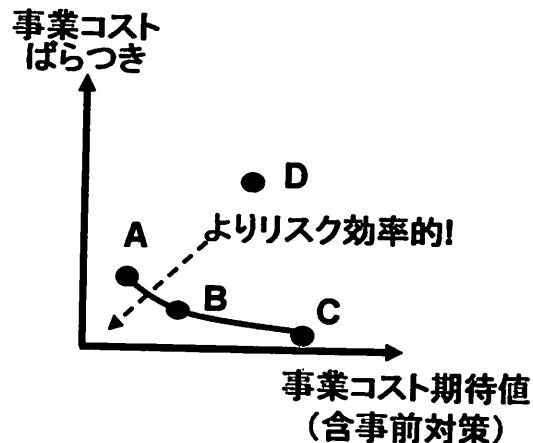


図-10 リスク効率性概念図

通常は、事業コストの期待値とそのばらつきは、トレードオフの関係にあり、対策A, B, Cはそれぞれ他の対策よりも効率的であるとは言えない。このように、より効率的な対策が他に存在しない対策を結んだ線をリスク効率曲線という。

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

なお、調査を多く実施することによって事業費が小さくなる場合も当然存在する。それは事業費の期待値とばらつき(変動)が共に小さくなる「リスク効率的な」対策であり、そのような対策を導くことが、地質リスクマネジメントを実施する第一の目標

にほかならない。それは、図-10 で言えば、対策 D（例えば、不十分な調査とそれ基づく標準的な設計基準を適用することによって、現場に即していない設計がなされ、事業費の期待値もそのばらつきも大きくなると予想される場合）から、対策 B（十分な調査とそれに基づいて現場に即した設計を行うことによって、事業費の期待値とそのばらつきの双方が低減できると予想される場合）に改善できる状態に相当する。

しかし、それ以外の場合は、事業費の期待値とそのばらつきを同時に縮減できないため、両者はトレードオフの関係になる。この場合、地質リスクマネジメントの第二の目標は、十分な調査・検討を行うことによって、事業コストの期待値は当初対応策のそれよりも若干増加するが、事業コストのばらつきを大幅に低減できる対策を導出すること（例えば図-11 では、A₀ から A₂への改善に相当）にある。

b) リスク効率性概念図によるリスクマネジメント過程の表現

この概念を用いて、A タイプのリスクマネジメントの過程の一例を図-11 に示す。A₀ は通常の対応策、A₁ は当初対応策、A₂ は修正された最終対応策の期待値とばらつき（標準偏差）をそれぞれ示す。A₂→A₃ は工事段階と運用段階におけるリスクマネジメントの状況推移を表し、A₃ は事業終了時、すなわち、事業がその役割を果たし終えた時点での状態を表す。

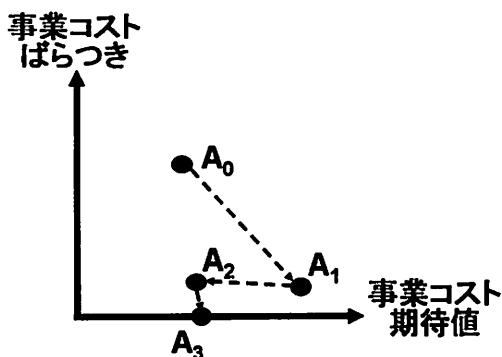


図-11 A タイプのリスクマネジメントの一例

まず、通常の対応策 A₀ では、事業コストのばらつき（狭義のリスク）が大きくなると考えられたため、ばらつきを小さくする修正案 A₁ が検討・提案されている。さらに、修正案 A₁ の経済性（コストの期待値）を改善するために詳細な分析・検討が重ねられ

た結果、最終案 A₂ が導出された。A₃ の横軸の値は最終的な事業コストを示す。事業コストは確定しているので、標準偏差はゼロとなる。

今回の事例研究で実施した A タイプの事例は、大規模な事業において、構想・設計段階で地質リスクマネジメントが十分に検討された場合であった。

B タイプと C タイプについても、同様の考察を行った結果、表-6 を得た。これは、結果としてのリスク対応満足度によってマネジメントを類型化したもので、それぞれを記述できる様式を対応させて示した。

表-6 リスク対応満足度による類型化

対応策結果	結果の概要	該当様式
満足	タイプ1 十分な事前検討、リスク発現回避、最終事業コスト最小化	A表
	タイプ2 想定内リスク発現、的確対応、最終事業コスト最小化	C表
	タイプ3 想定内リスク発現、的確対応、最終事業コスト最小化せず	C表またはB表
	タイプ4 想定外リスク発現、的確対応、損害拡大抑制	C表
不満	タイプ5 想定外リスク発現、(的確対応)、損害拡大	B表
	タイプ6 リスク発現回避のため、過大対応策採用	該当なし

c) 地質リスクマネジメントを記録する際の留意点

今後の地質リスクマネジメントでは、不確実性が高い状況で一層の建設コスト縮減が求められる。地質リスクマネジメントの担当者には、地質リスク低減とコスト縮減の間の益々厳しい「せめぎ合い」が求められている。このことは、特に地質技術者による技術判断が不十分な場合には、タイプ 1 からタイプ 4 までの対応策を探ることは必ずしも容易ではない場合もあることを示唆している。

タイプ 5 の結果の招来は、決して社会的さらには組織内で批判や非難されるべきではないことを強調したい。強い批判や非難は、地質リスクマネジメントの担当者に、タイプ 6 の非経済的な対応策を採用させる誘引になるからである。

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

7. 今後の取り組みの方向

(1) 事例研究の拡大とデータ様式の検討

今後も事例研究を重ねてデータ様式の規格化を進め、地質リスクマネジメントの3点セット（リスクの計量化、プロセスマネジメントシステム、地質技術顧問）の具体化を図りたい。計量化研究にはA～Cなどのデータ様式の規格化が必要であり、一方で研究を通して様式の改善（有効なデータ項目、データタイプの高度化など）へのフィードバックがなされる。これらの様式はリスクが発現した工事段階で記述するのみではなく、構想段階、調査段階、計画段階でリスクを想定して調査を提案しその効果を予測する場合にも利用できる。さらにデータの蓄積によって前段階から後段階への引き渡しリスクに基準を設定するなどのプロセスマネジメントシステムを構築したいし、そのためには事例研究の継続・拡大が必要である。

(2) データ登録の制度化と活用

地質リスクマネジメント研究を促進し、成果を活用するためには成功例（A表）・失敗例（B表）・改善例（C表）などのデータを自動収集し、広く産官学で情報共有すること（制度化）が有効である。データ項目はさらなる検討が必要であるがデータの活用としては図-12のような場面が考えられる。先ずデータ収集であるが、Bタイプの場合は工事費増額に基準を設け、基準を超えた場合は登録を義務付ける。さらに義務付けをA、Cタイプにまで拡張する場合は登録の基準を「工事費変更額」とすべきであろう。

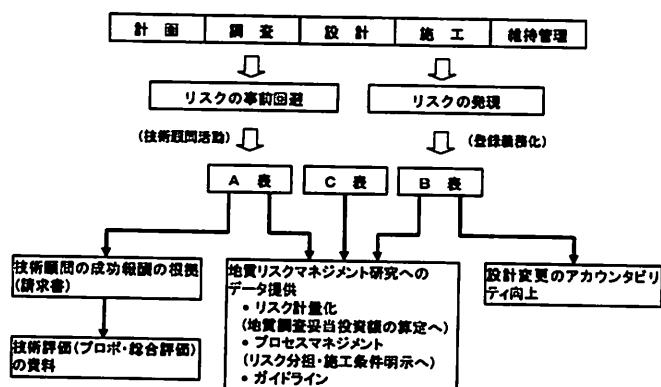


図-12 A表・B表・C表の活用事例場面

Aタイプは（技術顧問を採用して）地質リスクマネジメントを行った結果としての効果を計量的に示すものであるから、「技術投入効果の証明書」「VE効果の計量計算書」「技術顧問の請求書」などに利用できる。地質技術者の評価は竣工検査時（業務成績評定）と、業者選定時（プロポーザルなどの技術評価）に行われるが、その様式として（TECRISと連携しても）利用できる。

この様式は発注者の側に立つ者が記述するものであり、民間技術者が技術顧問として参画した場合は発注者として行った行為を記録（証明）するものとなる。

なお、データ収集の方法には「過去の事例の記録」と「進行中の事業の記録」があり、進行中のものには「有る条件の場合に記録する（共通基準）」場合と「特定の工事で記録する（特記基準）」場合などがある。

(3) プロセスマネジメントシステム（ガイドライン）の作成

構想・計画・設計・工事・運用といった事業プロセスにそって地質技術者がマネジメントする内容を図-13に示すが、この技術者の行為を支援するガイドライン・事例集（データベース）の整備が望まれる。

ガイドラインは構想段階における潜在的リスク要因の抽出、それらの抽出・定量化のための地質調査計画の立案支援から始まり、設計契約段階における設計条件明示・工事契約段階における施工条件明示の方法、設計者・施工者選定の要件などを示す。また、前段階から後段階への残存リスクの記述方法、各段階における地質リスクへの対応方法・効果の計量方法について事例を交えて（データベースを利用しながら）説明する。

ガイドラインは事例研究の積み重ねによって作成するものであり、最終的には想定される各リスクに対して、どの段階でどのような方法で対応するのが適切（投資効果最大）かを示すことを目指している。

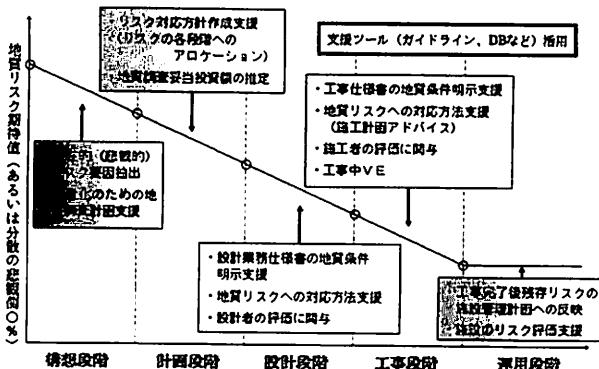


図-13 技術顧問の役割

(4) 地質技術顧問の実現

地質技術者が充実しているにも係わらず、受注者側の現行の役割では、コスト構造改革への貢献に限界がある。より効果的な立場で技術的判断を行うためには発注者の立場（のコンサルタント＝技術顧問）が必要と考えられ、国等を除いてほとんどの発注機関において外部から技術顧問を調達することが望まれる。発注者側に地質専門家を必要とする場面は、「事業計画の立案（技術アドバイザーとして）」「設計・工事などの調達（CMとして）」「リスクの取引（PFI）（代理人として）」「職員の教育・指導（先生として）」など多様である。

このような技術顧問を制度化する方法としては以下のよう仕組みが考えられる。

①技術顧問制度の成立

発注者が外部から発注者支援を受ける考え方の一つが品質確保法第15条で言及されたが、今後多様な分野において発注者を支援する仕組みが施行され制度化の方向に向かうと考えられる。

②地質リスクマネジメントのコスト縮減施策への導入

地質リスクマネジメントは、効果が実証されれば国のコスト縮減プログラムの一つとしてコスト縮減施策に導入されることが期待される。

③地質リスクの説明責任の制度化

今後、発注者は事業費の変更に説明責任を負うのみではなく、公共事業に潜在している地質リスクを事前に把握し公衆に伝達する役割が求められている。そのことが事業執行における合意形成の条件となれば、必然的に地質リスクマネジメントが導入されるであろう。

④妥当投資としての地質技術

研究に着手したばかりであるが、1つの技術顧問活動によって1,000万円以上の効果が期待でき、仮に年間2、3箇所で成果が出せれば採算に乗る事業であると考えてよさそうである。

技術を公共投資として扱う考え方方が導入されつつあり、先ずは地質調査費の妥当性を立証し、あわせて地質技術（質）の投入妥当性を立証することが必要である。このことは発注者側の技術者の存在証明ならびに成功報酬の考え方にもつながるものである。

8. おわりに

地質リスクのマネジメント、すなわち地質リスクを明らかにし、分析し、適切な対策を実施することは、地球、並びに昔の人々が織りなしてきた「目に見えない」歴史を紐解き、共有し、感謝すること、と言っても過言ではないように思われる。「右肩上り」の時代は、「目に見える」ものを重視し、目に見えないものが私たちの意識から失われていった時代でもあった²⁵⁾。「右肩上り」の時代が終焉を迎える中、目に見えないものを大切にする時代が始まっている。地質リスクマネジメントに従事し、それを探究する者は、時代の風を感じ、先端を走っているとの誇りを持ちたいと思う。

【謝辞】

本研究の一部は（財）日本建設情報総合センター（JACIC）の研究助成を受けて行ったものです。また、事例研究は、全地連・技術委員会・地質リスクWGの研究チームと連携して実施致しました。皆さまのご支援・ご協力に厚くお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 松尾稔：地盤工学におけるリスク評価手法に関するシンポジウム概要、土と基礎 vol. 35, No. 9, 1987
- 2) 本城勇助, 森嶋章, 坂口修司：造成工事における残留不同沈下量の平面的予測、地盤工学におけるリスク評価手法に関するシンポジウム発表論文集, pp. 21-28
- 3) 横田修一郎：地質情報の伝達媒体としてみた土木地質図、応用地質 vol. 30, No. 3, pp. 23-

32, 1989

- 4) 正垣孝晴, 日下部治: 地盤データのばらつきの原因と一次処理, 土と基礎 vol. 35, No. 1, pp. 73-81
- 5) 桜井春輔・清水則一: 岩盤分類に対するファジィ理論の適用, 岩盤分類とその適用, 吉中龍之進ほか編, 土木工学社, pp. 225-232, 1986
- 6) 永田秀尚: ファジィ測度による地質図表現の解釈, 情報地質第 9 卷第 4 号, pp. 211-220, 1998
- 7) 大野研・清水則一: 地盤工学へのファジィ理論の応用, 日本ファジィ学会誌, vol. 2, No. 3, pp. 300-312
- 8) 近藤達敏: 地質調査の不確実性とトンネル工事のリスク要因評価, 応用地質 vol. 40, No. 6, pp. 340-345, 2000
- 9) 全国地質調査業協会連合会: 平成 17 年度 地質に係わる事業リスク検討報告書, pp. 64
- 10) 大津宏康・大西有三: 開発途上国建設プロジェクトでの請負者のリスク管理に関する研究, 土木学会論文集 No. 707 / VI -55, pp. 207-218, 2002
- 11) 脇坂安彦: 地質のリスクマネジメント, 地盤工学会誌, vol. 57, No. 2, pp. 10-13, 2009
- 12) 小林潔司: リスク工学と地盤工学 1. 講座を始めるにあたって, 土と基礎, vol. 52, No. 4, PP. 41-42, 2004
- 13) 大津宏康: リスク工学と地盤工学 5. ジオリスクエンジニアリング, 土と基礎, vol. 52, No. 7, PP. 27-34, 2004
- 14) 大津宏康, 見掛信一郎, 井尻裕二, 坂井一雄: トンネル掘削コスト変動リスク評価手法に関する研究, 建設マネジメント研究論文集,

土木学会, Vol. 13, 101-114, 2006

- 15) 応用地質学会物理探査評価研究小委員会基盤内弱層検討ワーキンググループ: トンネル地質調査におけるリスクマネジメントシステム導入の提唱, 応用地質, vol. 44, No. 1, pp. 36-47, 2003
- 16) 日下部治: 地盤リスクを考える, 地質と調査 2008 年第 2 号, pp. 4-8
- 17) 企業間連携等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, 全国地質調査業協会連合会, 2007.4
- 18) 渡邊法美: 今後の地質リスクマネジメントへの思い, 地質と調査 2008 第 2 号, p1
- 19) 渡邊法美: リスクマネジメントの視点から見たわが国の公共工事入札・契約方式の特性分析と改革に関する一考察, 土木学会論文集 F, Vol.62, No.4, pp.684-703, 2006.
- 20) 角湯克典: 道路事業において地質リスク低減のために求められる方策, 地質と調査 2008 年第 2 号, pp. 9-12
- 21) 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 3 回品質確保専門部会資料, 2007.
- 22) 尾園修治郎: GBR-Geotechnical Baseline Report, 地質と調査 2008 第 2 号, pp. 37-39
- 23) HNTB Corporation, ILF Consultants, Inc. and Earth Mechanics, Inc. : GEOTECHNICAL BASELINE REPORT, Devil's Slide Tunnel Project for The California Department of Transportation, (2005).
- 24) 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
- 25) 内山節: 日本人はなぜキツネにだまされなくなったのか, 講談社現代新書, 2007

Current Situations and Direction of Change of Geological Risk Management in Public works in Japan

By Tsunemi WATANABE, Yoshihito SABASE, Masatsugu OGASAWARA, and Shujiro OZONO

Abstract:

In Public works in Japan, geological conditions have been treated as “unpredictable” risk and have been providing “reasons” for the design document changes. When the growing economy is being over, however, such a treatment is generating serious problems. The goal of this study is to discuss direction of new geological risk management. First, overview of the current situations of geological risk management in Public works in Japan is described, and their problems are summarized. Second, an attempt is made to propose new geological risk management approach consisting of 1) development of risk quantification method, 2) development and implementation of process management systems, and 3) introduction of geological advisor for the public client. Third, as a first step towards the development of risk quantification method, case studies are conducted. Concretely, by conducting preliminary studies, the format of collecting information on effects of geological risk management. Based on the proposed data format, an attempt is made to estimate the effects associated with geological risk management. Finally, discussions are made of future tasks to introduce and implement the new geological risk management approach.