

2025 年 6 月 30 日 地質・地盤リスクマネジメント講演会
(国研)土木研究所・(一社)応用地質学会・(一社)全国地質調査業協会連合会共催

講演録

地質・地盤リスクマネジメントが必要な理由

～地質・地盤リスクマネジメントの効果について考える～

国立研究開発法人 土木研究所

地質・地盤研究グループ長 宮武 裕昭

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会

地質・地盤リスクマネジメントが必要な理由

～地質・地盤リスクマネジメントの効果について考える～

(国研)土木研究所 地質・地盤研究グループ長 宮武 裕昭

基調講演①

地質・地盤リスクマネジメントが必要な理由

～地質・地盤リスクマネジメントの効果について考える～

国立研究開発法人 土木研究所
地質・地盤研究グループ長
宮武 裕昭

2025.6.30 地質・地盤リスクマネジメント講習会

ただいまご紹介に預かりました、土木研究所の宮武でございます。

地質地盤リスクマネジメントが必要な理由ということでお話をさせていただきたいと思います。今日のコンテンツとしては、一つ目が背景、それから地質・地盤リスクマネジメントとは、それからその目的と、具体的にどんなことをすればよいのか、そして最後にそれらのマネジメントをうまくやるためにはということでお話をさせていただきたいと思います。

背景 【博多駅前地下鉄陥没事故】

平成28年11月8日早朝

- 未固結層下の古第三紀の岩盤（岩被り2～3m）を大断面で掘削中、土砂流入・陥没が発生
- 設計時の想定より被りが薄く、岩盤自体も風化や亀裂のため部分的に弱部あり

出典：福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会報告書（土木研究所HP）、福岡市交通局撮影

○地質・地盤に起因する事故や不具合に至る「地質・地盤リスク」への対応が重要
○事業者、調査実施者、設計者、施工者、管理者のいずれにとっても重要な課題

1. 背景

まず背景でございます。ご記憶の方も多いと思います平成28年11月に発生した博多駅前の地下鉄陥没事故というのがございまして、日本のみならず世界的にも大きなニュースとなりました。この際、地質・地盤に起因する事故や不具合に至る地質・地盤リスクへの対応が重要であるということ、それから事業者、調査実施者、設計者、施工者、管理者のいずれにとっても重要な課題であるということが確認されまして社会資本整備審議会（社整審）の委員会から『地下空間の利活用に関する安全技術の確立について』という答申が出されております。その中で、計画・設計・施工・維持関連の各段階における地盤リスクアセスメントを実施することが方向性として示されました。それを受けて、国土交通省技術調査課と土木研究所が、平成31年3月から土木事業における地質・地盤リスクマネジメ

国土交通省・土木研究所の対応

- 博多駅前の陥没事故をはじめとする事故・事象の顕在化を受け、国土交通省の社会資本整備審議会・交通政策審議会より「地下空間の利活用に関する安全技術の確立について」を答申（平成29年9月）
- 計画・設計・施工・維持管理の各段階における地盤リスクアセスメントを実施することが、今後の方向性として示された
- その具体的な方法の検討のため、平成31年3月より「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」を実施し、ガイドラインを作成（令和2年3月）

リスクマネジメントとは何か

○リスクマネジメントとは、価値を創造し、保護するもの
(ISO31000：リスクマネジメント)

- リスク：目的に対する不確かさの影響
- 不確かさ：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

→事業実施にあたって、不確実性に適切に対応し、
事業の効果を高め（≒価値を創造）、
損失を回避低減（≒保護）する技術（≒効率の向上）

※特に不確実性が大きい環境でこそ重要性が増す。

地質・地盤リスクマネジメント
一般的なリスクマネジメント手法を地質・地盤分野に適用

2. 地質・地盤リスクマネジメントとは？

そもそも地質・地盤リスクマネジメントとは何かということから考えていきたいと思います。

この地質・地盤リスクマネジメントの元になるのはリスクマネジメントで、その基本となる ISO31000 リスクマネジメントというものがあります。こちらには、『リスクマネジメントとは価値を創造し保護するものである』という定義があります。すぐには分からない表現ですが、ここでいうリスクというのは

は『目的に対する不確かさの影響』です。そして不確かさというのは『事象やその結果の起こりやすさなどに関して情報・理解・知識が一部でも欠けている状況』を意味しており、単なる結果のばらつきや分散などではないということが言われています。

これを土木事業に読み換えてみますと、事業実施にあたって不確実性に適切に対応することで事業の効果を高める。これが『価値を創造』という意味ですし、損失を回避・低減することで『保護する』ということになるわけです。要するに、投資した費用に対しての効果を上げるということですので、これは効率の向上だと考えればよいかと思います。

参考 リスクマネジメントの概念 (ISO 31000)

リスクアセスメント

- リスクの特定
- リスク分析
- リスク評価

リスク対応

- ①リスク回避
- ②リスクテイク
- ③リスク源の除去
- ④リスク発生率低減
- ⑤リスク結果変更
- ⑥リスク共有
- ⑦リスクの保有

ISO31000は、一般的なリスクマネジメントのプロセスを記述したものであり、全ての団体、業種（組織、業務、あるいは業務の一部のプロセス）などに適用できる。

異なる業種間のリスクマネジメントのプロセスの統一を企図したものではないので、実践にあたっては業種毎のアレンジが必要。

↓

地質地盤リスクマネジメントに特化した『地質地盤リスクマネジメントの手引き』および技術図書『ハンドブック』の必要性

そして、リスクマネジメントというのは、ISO31000 にも書かれていますが、特に不確実性、不確かさが大きな環境でこそ重要性を増していきます。地質・地盤リスクマネジメントというのは、この ISO31000 のリスクマネジメントの一般的な手法を地質・地盤分野に適用したものであるということができると思います。

これは、左側に書かれているのが ISO31000 におけるリスクマネジメントの手順です。ISO31000 の考え方によりますと、前段がリスクアセスメント、そして後段がリスク

対応、この 2 つをまとめてリスクマネジメントになります。先ほどの提言の中に「リスクアセスメントの技術的手法を確立すること」と書かれていましたけれども、対応するつもりもないことについてアセスメントをしてもあまり意味がないので、「リスクマネジメントの技術的手法を確立すること」と読み替えたほうが良いと思います。、本来、リスクアセスメントという言葉が単独で出てくるというのは若干違和感がありますが、アセスメントという用語が環境アセスメントなどで広く理解されやすいことによるかと思います。そして、リスクの特定・分析・評価というのが 3 つあり、これがアセスメントになり、その後のリスク対応という中身がいくつかあります。これらをまとめて行うのがリスクマネジメントになります。

地質・地盤リスクとは？

地質・地盤リスク」 ガイドラインでの定義

当該事業の目的に対する地質・地盤に関わる不確実性の影響
計画や想定との乖離によって生じる影響

地質・地盤の不確実性

地質・地盤の状態に関する『情報』や『理解』が一部欠落している状態

地質・地盤の不確実性の要因を、影響の面で整理すると

- 地質・地盤の本来持つ不均一性、不規則性という自然的要因
 - 調査の限界（情報の欠落あるいは不足）
- 自然的要因に対する対処の過程で発生する人為的要因
 - 解釈の当たりはずれ（地質現象の理解の欠落あるいは不足？）
 - 適切な調査が実施されない（理解・情報とも欠落すること）
 - 地質調査結果の不適切な取り扱い（理解・情報が欠落してしまう）



12

地質・地盤リスクマネジメントとは何かについて先ほどお話ししたガイドラインの中での定義を見ていきますと、『当該事業の目的に対する地質・地盤に関わる不確実性の影響、計画や想定との乖離によって生じる影響』です。不確実性とは、『地質・地盤の状態に関する情報や理解が一部欠落している状態』であるということが書かれておりまして、この不確かさにはいろいろなものがあります。

分布の複雑さの例

□自然的原因



不整合 削りこまれた岩盤と充填された堆積物



微細な褶曲
片麻岩中の褶曲構造



混在岩 孤立した砂岩や引き
ちぎられた砂岩泥岩互層



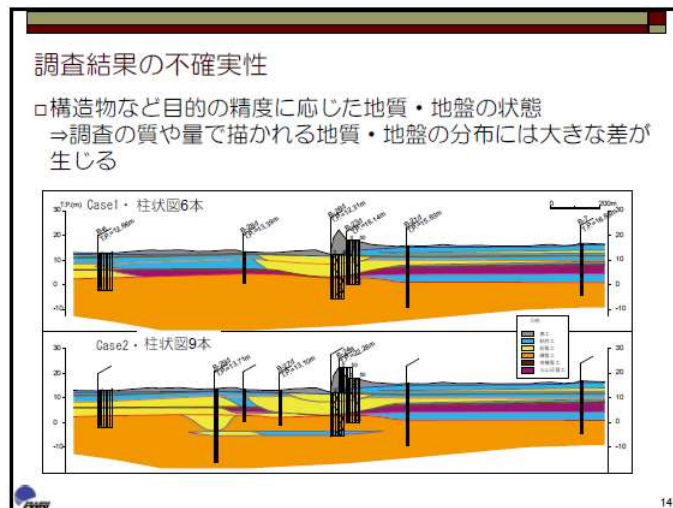
13

これは代表的な例ですが、もともと地盤が持っている不確かさというのがあります。こういう地質、地層の形成というのは、さまざまな活動の結果として生まれております。例えば、上の図を見ていくと不整合があるということです。

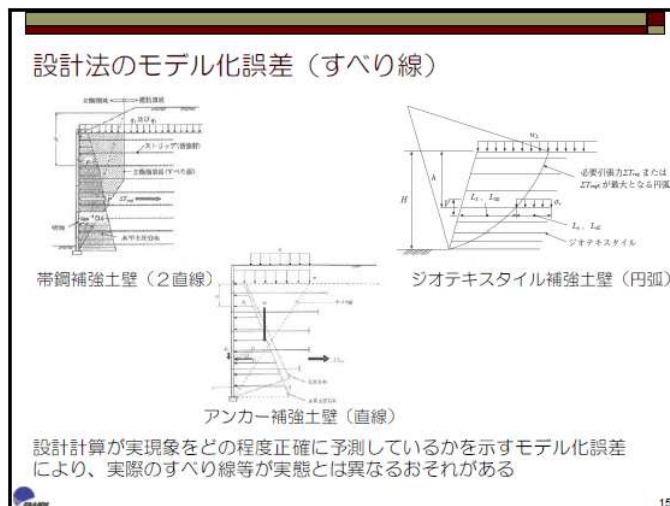
一般的なばらつきは、統計データの場合でいえば中心値に対して多少ずれると値がしだいに減っていくという、いわゆる正規分布のような山形の分布になるわけです。このような統計的に分布してばらつきに対して、地質に関しては数センチ離

れたところに突然とんでもない値が出てきてしまうということもあり、統計で扱えるようなものではありません。

計画系とか構造系をやっておられる方にとっては不確かさといわれると統計の分散や確率の話を思い浮かべられるようですが、地質や地盤をやる人間とはだいぶ認識が違っていることがわかっていただけたと思います。このように他分野の方々と、認識が乖離しているということも一つ問題なのかなと思います。



リングが 6 本と 9 本の違いはあるにせよ、技術者がサボっているわけでもなく、また間違いをしているわけでもないにもかかわらずこうなるという、不可抗力的な不確かさもあるわけです。



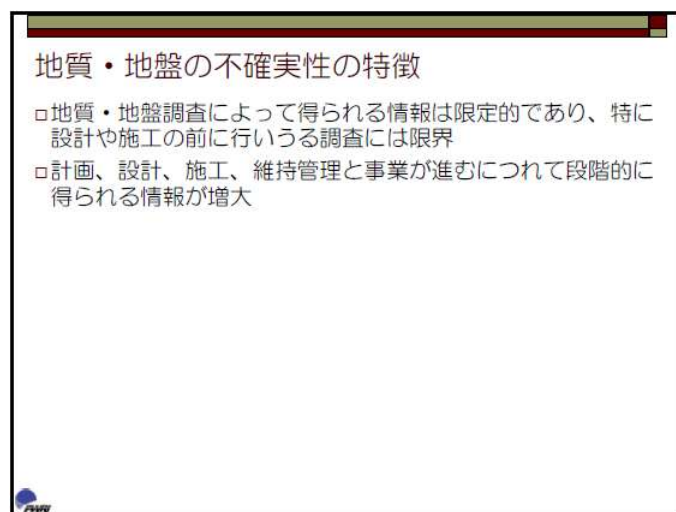
法も合っていないというのが現実です。しかしながら、そのような状況でも我々はちゃんと補強土壁などを作ってますし、その後の地震などにもちゃんと耐えており、この現実と理論の間に差というものもございます。

それから、もともとの対象物の不確実性だけでなく、地質調査とその解釈も地質・地盤のリスクの中に入ると我々は考えています。

例えば、これは土研で昔つくって見たものですが、同じ場所に対して柱状図が 6 本の場合と 9 本の場合で、それぞれある程度熟練した方に地層断面図を書いて頂いたものです。本数が違うと、このように結果が違ってきてしまう。同じ場所で同じデータを使ってもこのように違ってきてしまう。これは、同じ対象物に対してボーリ

そして、設計法にも不確かさはございます。これは補強土壁で、代表的な工法のものですけれども、これもモデルを作るにあたって補強材がジオテキスタイルなのか帯状なのか支圧板なのかによってすべり線の形状が全部違います。これを統一しようとして頑張ったこともあるんですけども、やはり過去の蓄積が違うものですからどうしても統一できなくて、今もこれは課題です。

では実際に発生するすべり面の形はこれに合致するかというと、意外にどの工



それから、施工の不確実性も当然あります。先ほどの補強土壁の例ですが、壁の背面における土の締固めや壁面、背面の施工、それから狭隘部の施工であるとか、さらには施工中の天候の不良にも影響されて、最善を尽くしても結果としてはばらついてしまうことになります。そもそも、ここに運ばれてくる土も工場で生産された均質な土ではないわけですから、同じ補強土壁でも場所によって土は違うのはごく普通なことです。これらの否定してもどうしようもない現実が存在しており、それを解消するために全ての土をどこかの工場で焼いたり混ぜたりして全部均質なものにしてから現場に運び込むようなことはナンセンス過ぎます。

このような不確かさ・違い・ばらつきというものがあるという前提で仕事をやっているときにこそ、やはり地質・地盤リスクマネジメントというものが大きく効いてくると言えます。

この地質・地盤の不確実性の特徴というのは、もともと非常に大きな不確かさや

ばらつきの要因があるわけです。知ろうとしても知り得ないという不確かさを生む素因もあります。それに加えて、我々の調査というものはどうしても限定的です。特に設計や施工の前に行われる調査には限界があります。

そしてもう一つは、計画、設計、施工、維持管理と事業が進んでいくにつれて、段階的に情報が増えていくということです。事前の段階にほぼ全ての情報が得られたらよいのですが、事前の段階にできるだけ多くの情報を集めて計画を立てた後でも困らないようにしようというのがフロントローディングの考えです。しかし、それはある程度頑張れば事前の段階で後ろの段階の情報が手に入り、そしてその情報の精度が後から手に入れた情報とそんなに差がないならば、フロントローディングという制御ができるわけです。ところが、地盤というのはそういうものではない。なぜ不確かさがこのように生じるのかということを考えてみたいと思います。

不確実性が生じる理由=調査の限界

□絶対的な限界：理論的な限界

□技術的な限界：現在の人類の技術レベルでは解消不能

□効率性の限界：
 不確実性を解消するためにかかる費用 >
 不確実性を解消することによって得られる便益

どんな調査もやればやるほど一回当たりの効果は減る
限界効用逓減の法則・・・やめ時が肝心

□有意性の限界：
 意思決定のシステムが有する不確実性 >
 対象の不確実性

まず一つとして、これは覚えておいていただきたいんですが、『絶対的な限界』とか『技術的な限界』があります。『絶対的な限界』というのは、どのような材料でも、これも素粒子とか量子レベルでいうと絶対に不確かなものがあるということが証明されています。我々の生活にはそんなに影響してこないですが、そういうものもあります。一方で『技術的な限界』があります。今の我々の技術では絶対届かないところというのは必ずあります。

それから3つ目、このあたりが結構大きいんですけど、『効率性の限界』というのがあります。つまり不確実性を解消するためにかかる費用が、不確実性を解消することによって得られる便益より大きい場合、調査をすればするほど便益が赤字になります。これはやめなきゃいけません。この『効率性の限界』に我々の事業のほとんどが支配されます。技術的には金をかけたり頑張ればできるけど、やればやるほど赤字になるというのは多分あります。調べれば絶対答えが出てきます。私はあまりやらないんですけど、多分パチンコはそうでしょうね。入れれば球がどんどん出てくるんですけど、まだ勝ってるうちにやめなきゃいけない。ああもうそろそろダメかなっていうところで、なんか効率が下がり始めたぞっていうときにはもう遅いわけです。調査も結構そういうところはあります。まだもう少しという段階、腹8分目ぐらいで止めておこうとするのは結構大事です。実際、結果論としてみると、ほとんどの場合は我々もそのあたりで止めてるんです。ボーリング調査でも、追加で1本掘れば掘るほど、1本あたりによって得られる情報が与える効用というのは減っていきます。これが『限界効用逓減の法則』で、経済学で習ったと思います。だからどこかで止めなきゃいけない。調べれば分かるかもしれないけど、調べないということも大事です。

それから、『有意性の限界』というのは私が勝手に名前をつけたものですが、意思決定のシステムが不確実性を持ったら、意思決定のシステムが有する不確実性が対象の不確実性より大きい場合は調べても無駄になります。

有意性の限界

□しら玉団子の作り方

- 白玉粉100g 水100ccを用意
- 粉によっては1〜2割少ない分量が適量なので、必ず2割くらいの水を残した状態で、水を加え、生地をこねる。
- こねてみて、まだ生地がボロボロする場合は水を少量ずつ足し入れる。
- ちょうどいい生地の具合は、耳たぶより少し固いくらい
- 生地を2〜3等分にして棒状にのばす。それを手でちぎり、乾いたお皿やまな板の上に並べて丸める。
- ゆで時間の目安は3分ほど。同じ大きさに作れているわけではないので、すべての白玉だんごが浮いてきてから、さらに1分以上ゆでる

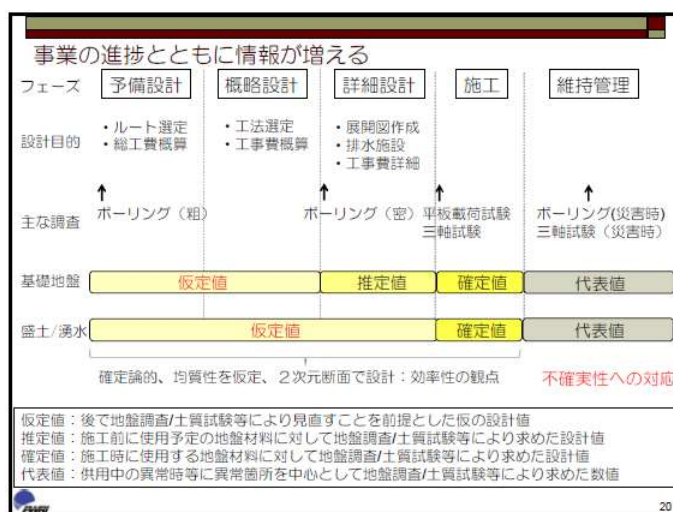
→水の量や粉の量を正確に計量したらおいしくできる？
 →耳たぶの固さって何？

ここで脱線しますが、インターネットで白玉団子の作り方を調べてみるとレシピが出てきます。白玉粉 100g・水 100g を用意してくださいと書いてあります。ではこの 100g・100cc を厳密に計測したらおいしい白玉ができるか？といったら、その後の記述を見て下さい。粉によって 1、2 割少ない分量が適量なので水を全部混ぜないでくださいと書いてあります。何のための水分量だったのだろうかと思ってしまいます。また、その後ろの方には耳たぶぐらいの固さと書いてあり、これは定

量化はできません。スキームの中にいくつかそんなものがあつたら、調べられるとこだけ頑張って水を小数点以下何桁まで電子秤を使って測っても、おいしくなんかならないわけです。これが『有意性の限界』です。

全体の事業のスキームを見ていったときに、どこかの部分だけを最先端の技術を入れて高い精度で調べたとしても、後ろにどんぶり勘定があつたら結局事業全体をどんぶり勘定が支配するわけです。

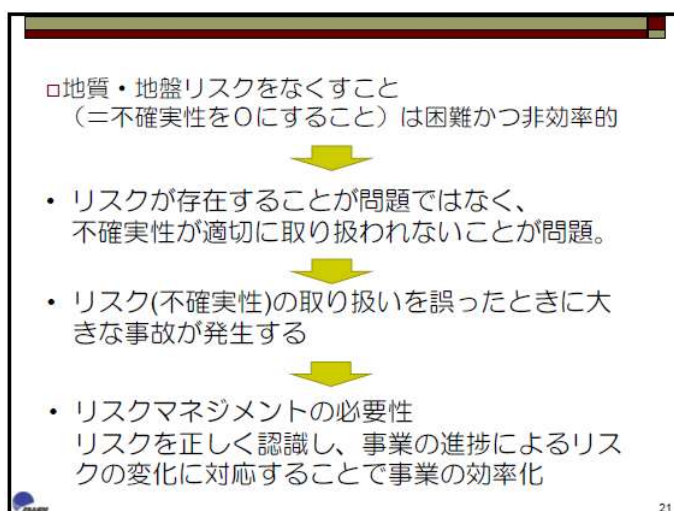
どんぶり勘定がいいというわけではありませんが、さっきも言いましたように『効率性の限界』で、やっぱりどこかはどんぶりかバケツかこういうもので測らなきゃいけないことがあるときに、精度の良いメスシリンダー持ってるからそれで測ってやろうと思うかもしれない。しかし、それは趣味の世界になってしまいます。



事業の進捗とともに情報が増えるということは、例えばこの図のようなことです。私は元々専門が補強土なので補強土の話ばかりになっていますけれども、例えば事業が予備設計、概略設計、詳細設計と進んでいくわけですが、そのときに土という値はどう使っているか。だいたい予備設計段階や概略設計段階で土のデータがわかっていることはまずありません。そのため、基礎地盤や盛土に対しては仮定をした値を使います。そもそも砂なのか粘土なのかかわからないので、割り

切って土工指針に書かれている $c=0$ 、 $\phi=30^\circ$ のような数字を使って進めていきます。

詳細設計になってくると基礎地盤の場合近隣のボーリングのデータなどが分かってきますので、もう少しマシな推定値が得られます。施工の段階になると、さらに現地の情報から出てくる値もあるし実際に現地の土を掘削したりボーリングを掘ったりというのができます。あと盛土の材料をどこの土を持ってくるかで分るので確定値が手に入れられるようになります。そこから後ろの維持管理の段階になると、もうすでに施工されたものですから代表値ということになります。



事業の後ろに行けば行くほど精度がどんどんどんどん上がってくる、情報も増えてくる、そんなに手間かけずに増えてくる。従いまして、仮定値を使ってフロントローディングして緻密に立てた計画と、推定値あるいは代表値などを使って臨機応変、悪く言えば場当たりの行った計画はどちらの精度が高いかと言えば天と地ほどの違いが生じる可能性があります。

我々が対象とする事業ってそういうものだと考えた方がいいと思います。ややもすると予備設計とか概略設計の段階で、仮

定値を使って FEM(有限要素解析)を実施し何か安心感を得ようとするところがあるんですけど、それは効率としてどうかといえば、やはり地質・地盤の問題では効率が悪いと思います。

地質・地盤リスクをなくすことは極めて困難で非効率的ですし無理です。リスクが存在することが問題ではなくて、不確実性が適切に扱われないことこそが問題だという認識を持っていただければ、と思います。

リスクの取扱いを誤ったときに大きな事故は発生しやすくなります。リスクマネジメントの必要性とは何かというと、リスクを正しく認識して事業の進捗によるリスクの変化に対応することで事業の効率化を図ることです。リスクを減らすことが主目的ではありません。発注者とか事業全体を見ることができる方がこの視点を持っていただきたいと思います。

地質・地盤リスクマネジメントの目的

- 事業全体の最適な計画を立てることによって、事業の効率的な実施という新たな価値を創造することを目指すもの (ガイドライン)
- 「事故や損失といった好ましくない影響を回避する手段にとどまらず、土木施設にとって地質上の有利なルートやサイトを選択する機会を得る等、地質・地盤による好ましい影響を得る手段」

23

3. 地質・地盤リスクマネジメントの目的

地質・基盤リスクマネジメントの目的ですが、今までも申し上げてきたように事業の効率的な実施という新たな価値を創造すること、事故や損失といった好ましくない影響を回避する手段に留まらず、土木施設にとって地質上の有利なルートやサイトを選択する機会を得るなど、地質・地盤による好ましい影響を得る手段でもあるということです。単なるコスト削減の方法ではありません。

ちょっと余談になるんですけども、リスクマネジメントを日本語に翻訳しようとする、リスク管理としてしまう人がいるんですけども、これは違います。ISO31000 を日本語に翻訳するときに、ここはかなり議論があったようです。その時にマネジメントは管理ではないので『マネジメントすること』という用語にせざるを得なかったようです。

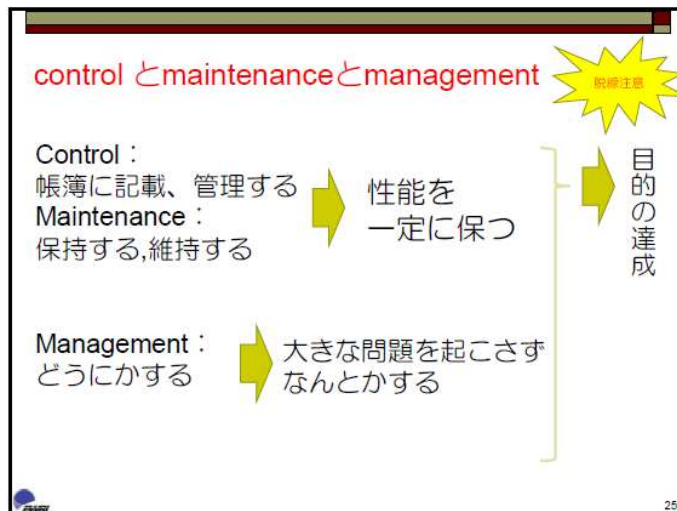
余談
control と maintenance と management

Contrā : ~に対して(ラテン語)
Rotula : 名簿(ラテン語)
main, manu : 手(ラテン語 manus)
→ manufacture, manual
tain : 持つ(ラテン語 tenere)
→ contain, sustain

24

管理というのはコントロールで、コントロール、メンテナンス、そしてマネジメントは我々がよく使う言葉ですが、それらの違いが理解されていません。そこで、これをラテン語の語源を調べてみました。コントロールの語源というのはラテン語のコントラとロトゥラ、前半は何々に対して、後半は名簿・巻物の意味です。一方で、メンテナンスとマネジメントに入っているマニュというのは手の意味です。そしてメンテナンスの後ろに入っているテナンスのところはテイン、これはラテン語のテネレという

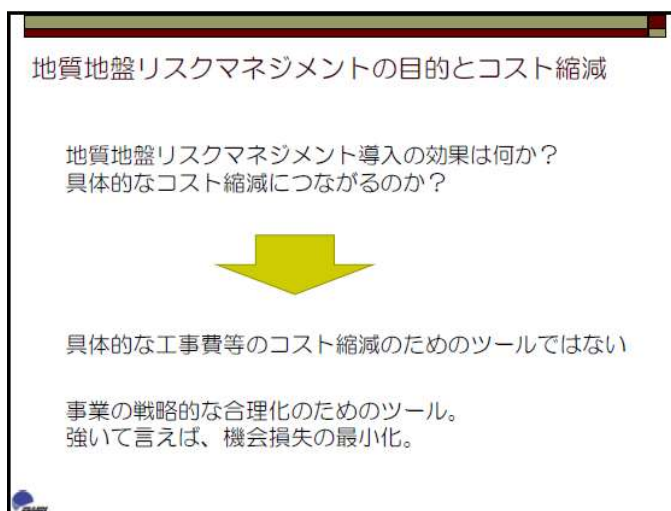
言葉で持つという意味です。だから、マニファクチャーとかマニュアルとか手にまつわるものはマニュがついていますし、コンテインやサステインのように手で持ったりするものは何々テインとなるわけです。



コントロールというのは、帳簿に記載して管理するという意味です。それからメンテナンスというのは手で保持するという意味です。性能を一定に保つという目的を達成しようというのがコントロールやメンテナンスなんです。マネジメントというのは動詞のマネージで、手でどうにかするという事です。これは一定水準の保持のような概念ではなく、何とかするという事で、これがマネジメントです。

コントロールとかメンテナンスの方が効率がよいのです。具体的な目標数値はあ

りますし誰が見ても数字で示した目標や情報っていうのは変わらない。でもそれができない場合にはマネジメントしかない。できない場合というのは不確かさが大きいときで、だからマネジメントは管理ではなくマネジメントなんです。



ちょっと話を戻します。地質・地盤リスクマネジメントの目的という、やっぱりコスト縮減だとよく言われるんですが、具体的なコストの縮減につながるのかどうかと言われると、いやそうじゃないとしか言いようがありません。

具体的な工事費等のコスト縮減のためのツールではないということをご理解いただけたと思います。事業の戦略的な合理化のためのツールで、強いて言うと投資したコストが大きな事故とか失敗でパーになってしまうということを未然に防ぐことが

目的です。未然に防いでしまうから、その効果が結果的に出てこない。起こってはまずいことを起こらなくするという事の効果を計測するってなかなか難しいです。これは経済学的には機会費用損失(オポチュニティ・コスト)というと思いますが、これを最小化することがリスクマネジメントの目標になります。

戦略と戦術

- 戦略（Strategy）とは
 - 目的を達成するために、複数の局面に適切なリソースを配分する方法
- 戦術（Tactics）とは
 - 個々の局面において、配分されたリソースを前提に局面の目的を最大効率で達成する方法
- リソースとは
 - 目的を達成するために運用可能な要素（人材、費用、時間、資材、機材、etc.）

リソースが十分ならば、部分最適化(戦術)=全体最適化(戦略)
 リソースが不足する状況でこそ戦略が重要。

27

戦略と戦術という用語についても考えてみたいと思います。これも半分くらい脱線になります。

いろいろ調べてみると、戦略とはストラテジー、戦術はタクティクスという英語に相当すると思います。戦略(ストラテジー)というのは、目的を達成するために複数の局面、複数の部隊、複数の部署、複数の会社、複数の人の間に適切なリソースを配分する方法です。例えば、この課は仕事が重要で大きいから3人配置しましょう、ここはもうちょっと省力化できるから

1人にしましょう、そういう配分を決めていき全体として最も効率に動くかどうかというのを考えるのが戦略です。

一方、各部署でうちはこの仕事をいつまでにこのぐらいうるようになっていくのが、3人いるから彼らをどう動かして目標となるノルマを果たしていくかを考えるのが戦術(タクティクス)です。すなわち、与えられたリソースを前提にして、これをもとに局面の目的を最大効率で達成するのが戦術です。

土木事業でいうと、全体の予算や期待される効果があり、調査・設計・施工・維持管理に対してどのぐらいの割合で予算を投入していくかということを全体として考えるのが戦略です。その配分された予算の中で、各課がいかに効率よく最大の成果を出していくかというのが戦術です。ここでいうリソースというのは、目的達成するために必要なもので、人、費用、時間、あるいは資材もそうですし、ありとあらゆるものが対象となります。

なぜ地質地盤リスクマネジメントの導入が必要か
 意思決定には必ずリソースが必要となる。
 リソースは多くの場合、欠乏している。
 どこにリソースを投入するのが最も有効なのか、
 を考える必要がある。（どこに＝場所、時間）
 物事にはすべて、最適の決め時がある。
 決めないでいいときには決めない。
 考えないでいいときは考えない。
 何が決まっているのか、何が決まっていないかを
 きちんと継承するしかけが必要

38

リソースが十分にあるなら戦略は大していきりません。各人が要求すれば要求しただけの人員と予算と資材が来る中で全員のベストを尽くしていけば、必ずその組織が最大の効果を発揮します。

しかしながら、予算が限られている、人が限られている、時間が限られている、制約ができてしまうと、誰かがやたら頑張っても次の部署の能力が上がらなかったら結局ある段階まで終わった未成品がやたら増えて、この在庫のせいで全体としては効率下がってしまう。このようにリ

ソースが不足する状況でこそ戦略が重要ですし、リソースの不足が何で起こるかといえば、やはり不確かさがあるから起こるわけです。だから、戦略とマネジメントというのは、地質・地盤の分野には必要なんです。

そして、意思決定には必ずリソースが必要になって、リソースは多くの場合欠乏しています。それをどこに投入するが有効かというのを考えないといけない。それは人材や場所もありますけど、もう一つ重要なこととして決断のタイミングがあります。物事には全て必ず最適の決め時があります。不確

かさが少ない場合にはできるだけ最初の方にフロントローディングして決めるというのが一番です。

しかしながら不確かさが多い場合には、最初の段階にリソースや判断力を集中して無理して決断するして、後でどうせひっくり返ってしまう可能性の高い事前計画を緻密に立てるのではなく、最初は大雑把な計画を立ててみて要所要所で見直していくという方が結果は効率的になります。決めないでよい時には決めない、考えないでよい時には考えない、調べなくてよい時には調べない、ただし何が決まっていって何が決まっていないかというのをきちんと継承していく、これがリスクマネジメントの中で一番重要なことです。

地質・地盤リスクマネジメント

- リスクマネジメント：
リスクアセスメント+リスク対応
- リスクアセスメント：
リスク特定+リスク分析+リスク評価
- リスク特定：
リスクを発見、認識及び記述するプロセス。
- リスク分析：
リスクの要因と特性、結果の起こりやすさと影響の大きさを把握し、リスクレベルを決定するプロセス。
- リスク評価：
リスク分析の結果をリスク基準と比較し、リスクへの対応方針を決定するプロセス。

4. 地質・地盤リスクマネジメントはどんなことをすればよいか

では地質・地盤リスクマネジメントはどんなことをすればいいのかということです。

さきほどお話ししたリスクマネジメントは、リスクアセスメントとリスク対応に区分されます。このうちリスクアセスメントは、『リスク特定』、『リスク分析』、ならびに『リスク評価』のプロセスから構成されています。

『リスク特定』というのは、リスクを発見、認識、記述するプロセスで、どんな問題

が起こるかなというのを見つけ出すことです。リスク分析というのは、そのリスクというのはどのくらいの確率で起こるんだろう、起こったら何が発生するんだろう、そういうことを考えて、そのレベルを決めていくというプロセスです。最後にその結果を、リスク基準、つまりどこまでだったら許容できるか、あるいは許されないかというような予め決めた基準に基づいて、影響が少ないので起こったら我慢しようとか、あるいはこれにはしっかり対策しよう、このようなことを決めていくのが『リスク評価』です。

リスクアセスメントをなぜ3つに分けているかと言いますと、やはり人間は不確かなものが嫌なんです。見なかったことにしたい。だから最初からリスク特定・分析・評価を一つの作業でやろうとすると、つい次の対応のことを考え、「リスクとしてリストアップしても後で対策ができなさそうだから、リストアップはやめよう」と考えてしまうかもしれない。だからあえて3つに分けて、できるだけ、難しいんですが全体を意識しつつ、なるべく一つ一つの工程は分けて考えようというのが、リスクアセスメントを3つに分けている理由だそうです。

『リスク対応』の種類

『リスク回避』 リスクを回避する

『リスク低減』 リスクを減らす

『リスク移転』 リスクを第三者に転嫁

『リスク受容』 リスクを受け入れる

※回避と低減はわかりやすい

回避の事例：事前調査でリスク要因を回避できた
低減の事例：対策を工夫して、安全性が向上した

※移転は事例がほとんどない？
受容は事例はあるが報告がない？

次に『リスク対応』ですが、大きく4つに分かれます。『リスク回避』、はリスクを回避することです。『リスク低減』はリスクを減らしていくことで、『リスク移転』はリスクを第三者に転嫁することで、『リスク受容』はリスクを受け入れることです。

ここで言っているリスクは、ISO31000リスクマネジメントでは不確かさの影響としていますが、大体皆さんがよくリスクと言っている危険とか損害とか、そんなイメージで聞いていただければ、感覚的には変わらないと言えます。回避と低減は分かりや

すいですね。危ないところは避ける、道路ではルートを変える、これが『リスク回避』ですし、斜面がすべりそうなときにそこに対策をする、これが『リスク低減』です。

『リスク回避』の事例では事前調査でリスク要因を回避できました、『リスク低減』の事例では対策を工夫して安全性が向上しましたとなります。しかし『リスク移転』はあまりないですね。我々もなかなか見つけられないですが、保険があり得るのかなと思います。これは保険を災害などに適用することが想定されます。しかしながら、事業者が頑張らなければ頑張らないほど得になるという、いわゆるモラルハザードを起こしてしまうので、あまり保険による移転は考えない方がよいと思います。

『リスク受容』というのは事例としてあまり出てきません。しかし、細かく事例を見ていくとあるのですが、報告としてはあまり上がってこないと思います。

事業における地質・地盤リスクマネジメントの事例紹介 (1)

不良地山が想定されたため、調査設計段階で追加調査を実施し、その結果にもとづきトンネルルートを変更し、特定地質のリスクを回避する対応とした事例

トンネルは非常に脆弱な岩質である「蛇紋岩」地帯を通過する計画であり、掘工事とそれに伴う事業費の大幅増が想定されたため、蛇紋岩の回避を念頭に追加でボーリング等の地質調査を実施

追加調査結果に基づき、極力蛇紋岩エリアを通過しないルートへ見直しを実施
(特定地質のリスクをできるだけ回避)



次に、事業における事例を3つほど紹介させていただきます。

1 つ目は、ある不良地山が想定されたので、調査設計段階で追加調査を実施し、蛇紋岩の分布状況を推定してトンネル掘削時にできるだけ出現可能性の低いルートに変更したという、典型的な事業のリスク回避の事例です。

事業における地質・地盤リスクマネジメントの事例紹介（２）

早期の本復旧のため、応急復旧時に設置した袋詰玉石や大型土のうを存置して施工、残余の不確実性に対し**モニタリングを併用してリスク保有に対応し、早期復旧を実現**



迂回路のない道路の河川隣接区間において、河川の増水により延長100mにわたり護岸擁壁の倒壊と路体の流出が発生

洗堀防止や工期短縮等の観点で有利な袋詰玉石、大型土のう、消波ブロック（洗堀防止）を施工し、片側交互通行で応急復旧を完了

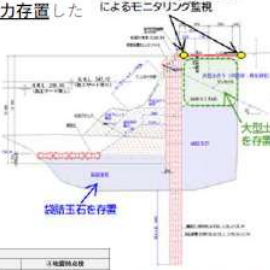
事業における地質・地盤リスクマネジメントの事例紹介（２）

早期の本復旧と復旧工事中の片側交互通行確保の両立が求められた

応急復旧時に施工した**袋詰玉石や大型土のうを極力存置**した本復旧計画の立案

大型土のうは一般的な締め固め基準による評価が適用できないため、**沈下等のリスクが残る**

本復旧後も路面の沈下量や法面の傾斜変位量を継続的に**モニタリング**することで沈下等の不確実性を確認（**リスクの保有に対応**）



自動観測トータルステーションによるモニタリング監視

点検監視項目

項目	応急復旧時		本復旧時	
	監視項目	監視方法	監視項目	監視方法
路面沈下	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション
法面傾斜	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション
土のう沈下	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション
土のう傾斜	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション
土のう変位	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション
土のう沈下	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション
土のう傾斜	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション
土のう変位	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション
土のう沈下	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション
土のう傾斜	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション
土のう変位	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション	自動観測トータルステーション

これをやると、調査の本数は増え、トンネルの延長が長くなり、見た目上コストはどんどん増えている。だから、明らかに事業費軽減のためのツールではない。では、なぜこれをやったのかといえ、蛇紋岩の中を掘削していったら、今回は増えなかったのですが、増えたらどう／増えたかもしれない、この『かもしれない』というのは少し不安ですが、そこを避けられた、起こらなかった現象を避けられたという、まるで一休さんみたいなロジックがあるから、このリスクマネジメントは必要だったし実施したわけです。

二つ目の事例は、九州の方で生じた道路の災害に関するものです。応急復旧において、玉石を混ぜた大型土のうを設置したのですが、本復旧を行う際にこの大型土のうをどうしようかと問題になりました。

とりあえず応急復旧の時にはいざとなれば全撤去というつもりでいたんですが、実際に応急開放してみたら交通量も多いえに、玉石などでしっかり作ってるから

全然変状も生じませんでした。大型土のうに玉石を詰めたものを永久構造物の下に入れてよいのかどうかは基準のどこにも書いてありません。そのようなことは想定してないのでどうしようという相談があり私に対応しました。助言としては、この大型土のうはある程度しっかり固まっているし、良い材料を使っており施工もしっかりされているので、その後の変形も起こっていない。まず感覚的にこれは大丈夫だろうと思いました。それをわざわざ撤去するのか？ いやそれはないから、このどう見ても大丈夫そうな大型土のうや玉石を残すということによって、基準には厳格に適合していないが、そういう不確かさは受容しようと考えました。ただ受容するって言っても、それだけで終わるわけにはいけないので、もし仮に大型土のうが沈下したら（するとは思ってませんが）、何がどこにどういう現象が生じるかというのを内部で議論して、どこに変形が生じるか、圧密沈下したら道路の鋼管矢板と土のうの間に変位が発生するので、その変位を計測し、変位がある程度生じたら止めましょう。変状が起こらないうちは大丈夫だということで交通を通していきましょうという判断をしました。

結果としては、ある程度最初に見立てたとおり、変状は起こらず、受容したリスクは発現しませんでした。そして大型土のうを撤去することなく、現在の応急の交通を確保したまま全面復旧ができました。内部で議論し細かく事例を見て、どこに変状が起こり得るか検討し、それを計測しようという手段を伴いましたが大きなリスクを発注者、事業者が受容すると判断しました。そして頑張っ受けて止めることによって大幅なコストダウンと効果が得られました。もし、土のうを全部撤去したら工費もかさむし、その間交通も止めなければならず大きな損害が発生したことになります。これは重要な事例

事業における地質・地盤リスクマネジメントの事例紹介（3）

トンネル掘削施工中に発生した地すべり変状に対し、供用後もモニタリングを継続することで、リスクの一部保有に対応するとともに、検証期間や通常管理体制への移行方針を予め検討することで、維持管理段階への適切な引継ぎと負担軽減を図った事例



トンネルの掘削施工中にトンネルの内外で地すべりによる変状が発生

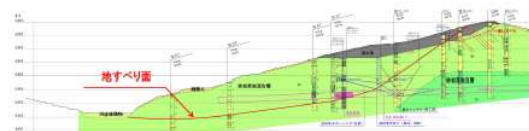
だと思っています。

もう一つの事例は、トンネルを掘っている最中に大きな地すべりが発生したという事例です。想定されるすべりに対して地すべりの対策をしようということで、全部抑えとなると、すごくとんでもない対策になってしまう。

さあどうしようかということで、もう少しコストを縮減できないか、ギリギリまでリスクを受容する代わりにコストを下げられないだろうかという検討されました。その結果、頭部を排除することですべりの機動力を抑え、それからある程度のすべりの対策を行い、そしてそれらの効果が出ているかどうかをモニタリングするという手段を条件として、万全というか書類上の完全な対策は講じずに事業を進めました。この時もリスクの受容をしているわけです。

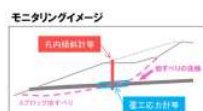
その結果、この事業は無事に終わりました。事業の終了後もモニタリングをやっていますけれども、変状がなく、そのうち徐々に対策を終了するという計画も出てきて、特に今のところ順調にきています。頑張っって覚悟を決めたことによってコストが下げられた。これがリスクマネジメントの事例だといえます。

事業における地質・地盤リスクマネジメントの事例紹介（3）



地すべり対策として、地下水排除工と頭部排土が実施されたが、頭部排土により背後の新たな浅い地すべりの動きが懸念された。

切土勾配を一部変更し排土量を縮小することで、背後の地すべりに対応するとともに、メインの地すべりに対してはモニタリングによる監視体制を構築することで、リスクの一部保有に対応

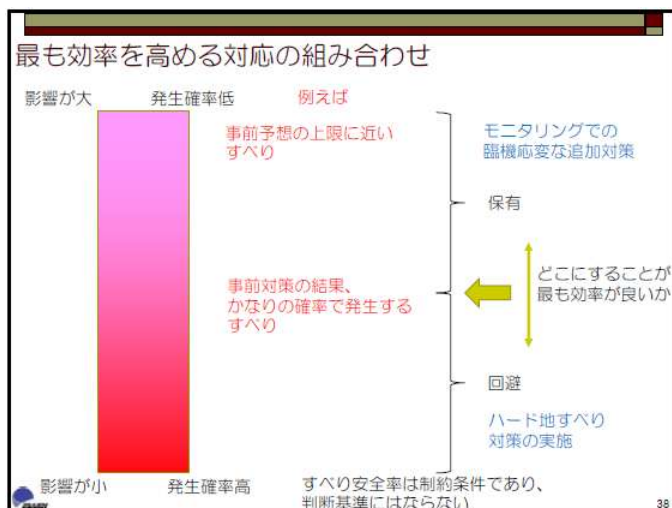


さらに、通常の管理体制への移行期間の目安や方針を整理することで、維持管理段階へ適切な引き継ぎとその際の負担軽減がなされるようにしている

事業における地質・地盤リスクマネジメントの事例紹介（3）

年度	R5～R7【効果検証期間】	R8以降【通常管理体制】
観測体制	常時モニタリング R5 R6 R7 詳細点検：年1回（内容は定期点検と同じ）	モニタリングなし R8 R12 R17 定期点検：5年に1回
観測項目	・モニタリング： ・地すべり計測（断面型）（常時） ・地下水位（常時） ・孔内傾斜計（挿入型）（常時） ・詳細点検： ・断面点検（断面型）（年1回） ・地すべり計測（断面型）（年1回） ・地下水位（年1回） ・孔内傾斜計（挿入型）（年1回） ・異常点検： ・断面点検（断面型）（常時） ・地すべり計測（断面型）（常時） ・地下水位（常時） ・孔内傾斜計（挿入型）（常時）	・モニタリングなし ・定期点検： ・断面点検（断面型）（年1回） ・地すべり計測（断面型）（年1回） ・地下水位（年1回） ・孔内傾斜計（挿入型）（年1回） ・異常点検： ・断面点検（断面型）（常時） ・地すべり計測（断面型）（常時） ・地下水位（常時） ・孔内傾斜計（挿入型）（常時）

※Aプロット地すべり計測はトンネル掘削中の地すべり計測点（断面型）に実施する。



最後の例のところを考えると、この図のようなことかなと思います。左側にあるのはリスクの状況を示したものです。下の方は発生確率が高くて影響が小さいような現象で、それから上に行けば行くほど発生確率が低くても発生したら影響が大きいというものです。一番上は多分事前予想の最上限に近いすべりが起こる場合で、起こったら結構とんでもないですけど、起こる確率は低いものです。一方、下の方はまず間違いなく起こる、というかすでにトンネル掘削中に起こってます。

この時、下の方は既に起こってますから回避せざるを得ない、これを受容できないから問題になっているので回避せざるを得ない。しかし上の方まで全部回避してしまうと、結構大きな費用になってしまうということは、上の方の影響が大きくて発生確率が低いものは、何らかのリスクを保有しなければなりません。下の方のすでに起こってるし、近いうちに確実に起こるだろうっていうのは回避しなければならない。

この黄土色の矢印で示されている保有と回避の境目を上にするか下にするかが、事業効率性をいかに最大化するかというリスクマネジメントの問題となります。決して安全率 F_s を高くしたり低くしたりするものではありません。すべり安全率というのは制約条件ですが判断基準ではないのです。判断はあくまでもこの矢印を上や下に少しずらしたときに最大効率が生まれる点はどこか？であり、安全率のような客観的基準ではないんです。

多分事業者の皆さんは、そこは感覚的に分かっているんだろうと思います。こういうものだということをご理解ください。いたずらに保有と回避の間を、すべり安全率が大きいか小さいかで上にいくか下にいくかを決めようとしません。最後は結局、投下した資本に対してのリターン、言い換えれば B/C が最も高くなるのが判断どころです。

よく言われるリスクマネジメントの成功事例

対応の種類	効果？	シナリオ	効果算定
回避	事業費削減	調査したらリスクがわかった（不確実性の低減）	成功事業費 －失敗事業費
低減	安全性向上	調査をしてリスク要因に対応した（不確実性の低減）	？
移転			
受容	安全性低下	モニタリング併用の暫定交通開放	？

よく言われるリスクマネジメントの成功事例というのは、大体こんなものなのかなと表をまとめてみました。

回避・低減・移転・受容ですが、移転は思いつかなかったのが空白です。回避は事業費を削減した事例で、調査したらリスクが分かったということで、成功事業費から失敗事業費を引いて事業費を削減しましたというのが例としてよく出ているのかなと思います。

低減の例では、調査してリスク要因に対して対応し、不確実性が減りましたと

いうことや安全性の向上ということが成功の結果として説明してくるケースが多いです。ただし、効果の算定っていうのは定性的にならざるを得ません。

一番下の受容は事例が結構少ないです。上がってこないんです。あるはずなんですけど、報告としてまとまってなかなか聞こえてこないんです。なぜかという、多分効果の算定の方法もなかなかないし、シナリオとしてはモニタリングを併用した結果暫定交通の開放ができましたということだと、完全な対策に比べると安全性は低下しているんですね。それはちょっと論文にまとめる勇気はなかなかないというので、事例として上がってこないんじゃないかと私は分析しております。

こうあるべきリスクマネジメントの成功事例			
対応の種類	効果？	シナリオ	効果算定
回避	事業効率の向上	より少ないリソースで決断できた	成功事業費 －失敗事業費
低減		調査併用で、より経済的な対策で同じ成果	
移転		？	
受容		ハード対策だけより少ない費用で同じ安全性	対策費削減効果

こうあるべきということで考えてみると、効果というのは全部『事業効率の向上』という線で考えるべきであるというのが私の考え方です。

回避は、先ほどの蛇紋岩を回避した例でもよいのですが、あるいは成功事業費や失敗事業費という見方でもよいのですが、より少ないリソースで決断ができたというようなことがリスクマネジメントを行う時の工夫のポイントですし、そういう報告をしていただきたいと思います。

例えば、事前に現地調査などから場所の絞り込みをやって本当に必要なところにだけボーリングを行って調べることができて成功しましたという事例の方が、特に発注者さんとしても受け入れやすいでしょう。今のままだと、調査をしました、場所が分かりました、ルート伸びました、事業費伸びました、のような流れでは発注者がえーって感じになっちゃうと思うんです。

リスクマネジメントをさらに推進していくためには、回避の事例も事業の対策の効率の向上という視点で評価して頂きたい。低減についても、調査と併用することでモニタリングより経済的な対策で同じ効果が出たという事例や、どちらも結局すべりは起こりませんでしたが 100%の対策をやった場合に対して 7 割の対策プラス 3 割のモニタリングでやった結果事業費は少し減りましたというような事例が、まさに地質・地盤リスクマネジメントです。

また受容については、ハード対策だけより少ない費用で同じ安全性が保てたというところを対策費の削減効果として出していくことも、もっと報告をしていただきたいと思います。

**あまり報告されないけど
もっと評価されるべき事例**

- 自然由来重金属やルート上の有害物質の処理にあたり、工事段階での実態に即した追加調査により、経済的な対策レベルを選定し、環境基準類を満足しつつ、事業費を削減できた
- 道路斜面災害の発生後、応急的な対策とモニタリングを利用した管理基準(通行規制雨量基準、変位基準)を設定することで、早期の交通開放を実現した、ハードとしての事業費を抑えることができた、

こういった事例がもっと報告され、
評価されてしかるべきでは？

今までも気の利いた人ならやってたこと

自然由来重金属について考えますと、ルート上の有害物質の処理に当たって、工事段階での実態に即した追加調査で経済的な対策レベルを選定して、環境基準を満足しつつ事業費が抑えられたという事例はもう皆さん普通にやっていると思うんですよ。でもなかなか報告が上がってこない。

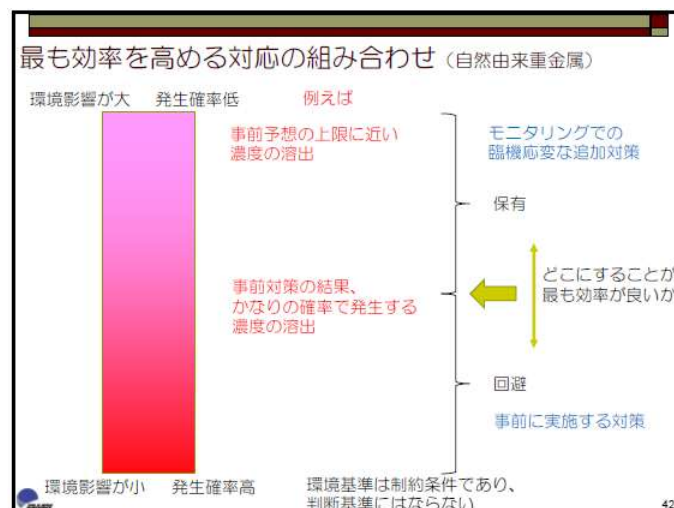
さらに、斜面災害の発生後に応急的な対策とモニタリングをすることで、暫定交通開放をしました。その結果、ゴールデンウィークに間に合いました、夏休みに間に

合いました、交通のピークの前に間に合いました、という事例は皆さんあるのだと思いますが、なかなかこれがリスクマネジメントの結果として上がってこない。

こういった事例というのはもっと報告され評価されるべきだろうと私は思います。そして皆さん今までも気の利いた人ならやっていたことだと思うんです。

だけどこれがやはりリスクを完全回避ってできない。ある程度は受容せざるを得ない。その受容と回避の狭間の黄土色の矢印を上にも上げるか下にも上げるかというところで皆さん苦労しているし、そこで頑張った結果、成果が出ています。

そういうものを地質・地盤リスクマネジメントの効果として、事例をみんなで理解するべきですし、事例を促進するためにも事例報告はそういうところに力を入れてやっていったらいいんじゃないかなと思っています。



さきほどのバーチャートですが、自然由来重金属だったら、一番上が事前予想の上限に近い濃度の溶出というものがあって、これに対してフルで回避するかというと膨大なコストになってしまいます。そうするとどこか技術的にこの辺だなんていう中間のポイントがあって、かなりの確率で大体この辺だろうっていうものまでを下は回避、上は追加対策という保有という形によることで効用が最大になる。

リスクマネジメントはほぼこのように表現できるのかと思います。この時も環境基準というのは外的な制約要件であって、リスクマネジメントによって環境基準をクリアすることはないでしょうし、それは義務なので考えてもどうしようもない。それをクリアしつつ事業費をどれだけ減らしたかというところを、地質・地盤リスクマネジメントをうまくやるためにはどうすればよいでしょうか。さきほどの事例のようなことですが、事例は特別に学会で報告されるようなものではないと思います。皆さんも過去の先輩たちがやったことの中で、少しそういう目で見れば、立派なリスクマネジメントだなという事例はあると思います。

5. 地質・地盤リスクマネジメントをうまくやるために、あるいは失敗しないために

リスクマネジメントをうまくやるために、あるいは失敗しないためにどういう体制で行えばよいかという話を2つほどさせていただきます。

適切な体制の構築 ～ONE TEAM～

- リスクに関する技術的な観点とともに経営の観点が重要
- 事業の全体効率化のための原則
個々のリスクに最も適切に対応できるものが
当該リスクを分担する
- 一義的な責任は事業者が負う
- 必要に応じて専門家の参画を図る（地質・地盤技術者だけでなく、事業の進め方に関する専門家も含む）
- 様々な形態
内部の組織体制変更、外部への業務委託、有識者の助言、技術委員会等
- ・・・どのような専門家をどのような体制で参画させるかは
事業者の判断

1 つは適切な体制の構築～ONE TEAM～というのをガイドラインで示しています。ONE TEAMという言葉は、当時ラグビー・ワールドカップで日本代表がONE TEAM で活躍したので、そこから持ってきたもので、流行語大賞になりました。これは非常に重要かと思います。リスクに関する技術的な観点とともに、経営の観点が重要だと思います。経営というのはさっき会社の例でお話しましたが、部署がいくつかあったときに限られた人材をどこにどのくらい配置するかということ

で考えていくということです。リスクマネジメントを行う場合は戦略から考えなければいけません。

そして事業の全体効率化のための原則というものがあります。これはリスクマネジメントに限りません。全てのマネジメントに関わるものです。個々のリスクに最も適切に対応できるものが当該リスクを分担するというのが、一番大事な全体効率化のための方法です。

あるリスクを一番うまく対応できない人以外に任せてしまうと全体効率は必ず悪化します。昔内閣府の PFI 推進室というところにいた経験からいいますと、当時の PFI 立上げ時に日本国内での PFI の失敗の最初の事例をずいぶん研究しました。温泉施設が対象ですが、この時の失敗の結論というのは資本を出資する人間があまりにも自分のリスクを回避しすぎたことにあり、そのせいでかなりのリスクが、一番うまく対応できる人以外に回ってしまった、その結果全体としての効率が悪くなった、ということでした。やはり関係者全員がそれなりにリスクを分担するという形をしないとうまくいきません。

そう考えていくと、土木事業の場合というのは、一義的な責任というのはやはり事業者が負わざるを得ないんです。そのため、その担当というのはすごく責任は大きいです。

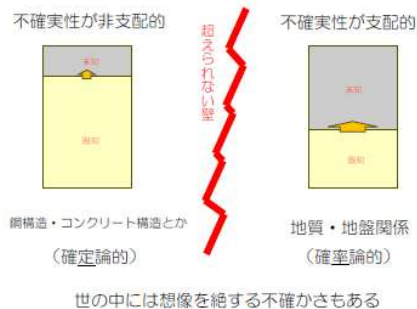
しかし一方で、知識は万全にはならないので、必要に応じて専門家の参画というものを図らねばならないですし、その形態というのは色々あると思います。内部での組織体制の変更であったり、内部での議論を密に行ったりとか、朝のミーティングの回数を増やすでも構いません。それもリスクの大きさとか種類に応じてどんなかたちでもいくらでもやればよい。外部への業務委託をやってもいいです。有識者の助言をもらってもいいです。技術委員会を立ち上げてもいいです。

どのような専門家をどのような体制で参画させるかという経営は、やはり事業者の判断でやらなければなりません。その時に不確実性はすごく大きいんだということは認識した方がいい。

大雑把に不確実性が非支配的と支配的とここで分けましたけれども、例えば鋼構造やコンクリート構造については、不確実性は非支配的で、ばらつきというのは統計的に確率的に処理できるようなものと考えてください。

不確実性が支配的か否か

不確実性、と聞くと値のばらつきを想像する人は多い



一方、地質地盤というのは、なかなかそれに乗ってこないようなものです。非支配的なところというのは確定論的だといえることができると思いますし、不確実性が支配的なところは確率論的にしか言えないのかもしれません。この間には絶対超えられない壁があるわけです。

世の中には想像ができないようなことがあり、先ほども言いましたように、現場には1センチ離れたところのN値の違いが30とか40とかあるんです。これは、確率統計的に処理はできません。

では、こんな状況の中での経営とはそれなりの思想を持たなければいけないわけですね。不確実性が支配的な系におけるONE TEAMって何だろうっていうのを、野球とサッカーで考えてみました。

野球の不確実性というのはサッカーの不確実性より全然小さいと私は思っています。野球というのは絶対座標のスポーツなんです。サッカーというのは相対座標のスポーツなんです。例えば選手のポジションでいうと野球の場合は投手・

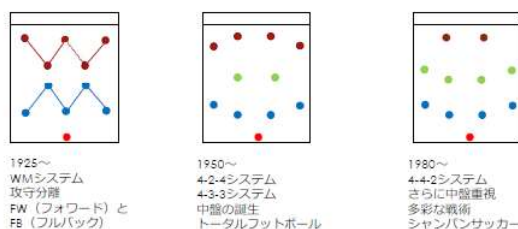
不確実性が支配的な系におけるONE-TEAMとは？

- 野球とサッカーを考えてみる
 - 野球の不確実性 < サッカーの不確実性
 - 野球：絶対座標
 - サッカー：相対座標
 - ▶ 選手のポジション
 - 野球：投手、捕手、打者の位置がルールで規定
 - サッカー：ポジションの規定なし。
 - GKが手を使える範囲が規定されているのみ。
 - ▶ PLAYのon-off
 - 野球：ベースが動いた場合、あった場所にいればセーフ
 - サッカー：オフサイドラインはボール、選手に応じて動く
- 野球のポジションは歴史的にほとんど変わっていない
サッカーポジションは歴史的に大きく変化

捕手・打者の位置がルールで規定されています。ところが、サッカーにはポジションの規定はありません。ゴールキーパーに関して言うとこの範囲でなら手で触っていいっていうルールがあるだけで、ゴールキーパーはペナルティ・エリア内にいなければならないというルールがない。

それからプレーのオン・オフでも、野球はすべり込んでベースが吹っ飛んだ場合、ベースのあった場所にいてもいいですし、飛んでいったベースに触っていてもいい。どっちでもタッチされてもアウトになりません。サッカーは非常にわかりにくいことで有名なオフサイドラインというのは、ボールだつたり

サッカーのフォーメーションの歴史

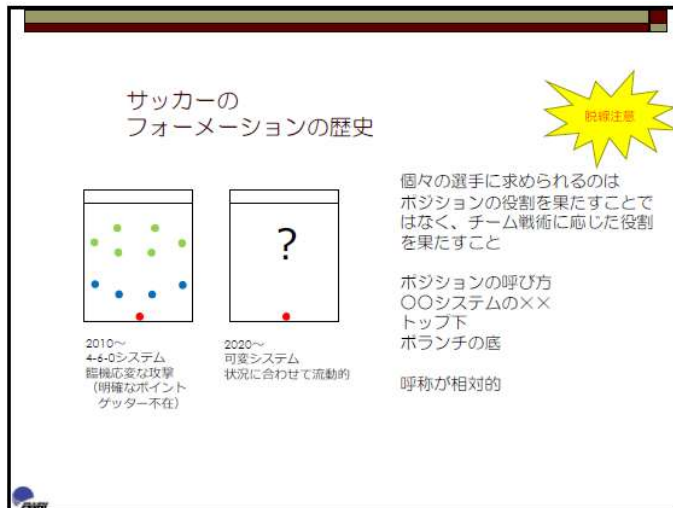


り選手だつたりハーフウェイラインだつたりいろんなものが臨機応変に変化するんです。そのため、この2つを考えると、やはりサッカーというのは相当不確実性が大きいといえます。

また歴史的に見ると野球のポジションはほとんど変わってないんです。王シフトとか、なんとかシフトっていう例外はたまにありますけど。それに対してサッカーはむしろちゃくちゃ変わっています。

大昔は、私が中学校の体育で習いま

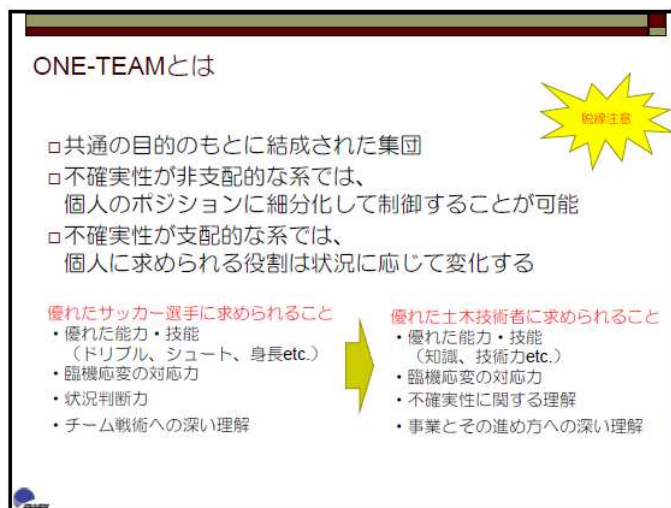
したけれども WM システムというのがあって、守る人と攻める人は分業だったのです。これが次第に 1950 年ぐらいになってくると、中盤の人間が増えてきて、トータルフットボールと呼ばれるオランダなどの皆でやるサッカーになりました。さらに 1980 年頃になるとフランスがすごく強かった時代ですけどシャンパン・サッカーが出てきて、選手がみんな中盤になっている。最近どうかっていうと、もう攻撃専任の人間がいない。さらに最近ですと決まったポジションがないというのが正しいそうです。



個々の選手に求められるのはポジションの役割を果たすことではありません。臨機応変に変化するゲームの中において自分の役割を果たすことで、サッカーはどんどん戦術を進めた結果そうになりました。これは不確実性に対応するということは、場合によって臨機応変に、それぞれの人がどういう役割をするかということを考えていかなければならないということです。昔のサッカーは攻める人と守る人だけでよかったんですけど、今は違います。

土木事業において、地盤は調査する人、自分は設計する人と割り切り、調査している間に設計は休んでいいかという、大昔はそうだったかもしれない。昔のサッカーはそれが許されましたが、今のサッカーは許されません。変わらなきゃいけないですよ。

土木事業において、地盤は調査する



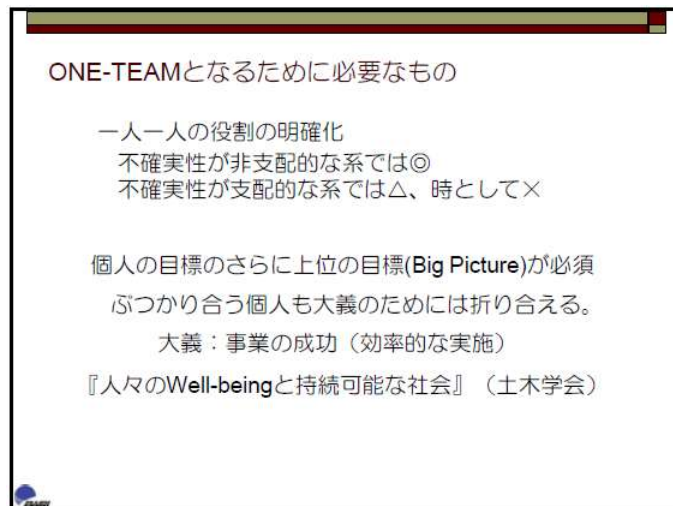
共通の目的のもとに結成された集団というのが ONE TEAM だというなら、不確実性が非支配的なところでは個人のポジションに細分化して制御することが可能です。ここはこういう役割の人だからこの仕事やりなさい、ということを徹底的にやって教え込むことでよいわけです。

しかしながら、不確実性が支配的な系では、その人に求められる役割に基本はありません。いや、基本はあるんだけど、そこから逸脱したところも、例えば優れたサッカー選手に求められることって、優れた

た能力だったり技能だったり、臨機応変の対応力があると思います。

これを土木技術者というか優れた地盤系の技術者に置き換えると、もちろん優れた能力とか技能とか臨機応変の対応力というのは技術者として必要です。でも最近のサッカーは、状況判断力、その場その場に合わせたの、場合によっては役割とかポジション、判断能力が選手に求められるようになっています。

また、最近ではチーム戦術への深い理解がなければ、どれほど点数を上げているリーグ選手でも日本代表と呼ばれないということがあります。そう考えると事業とその進め方に関する深い理解がある技術者こそがサッカーという日本代表で選ばれるような選手であるといえるわけです。



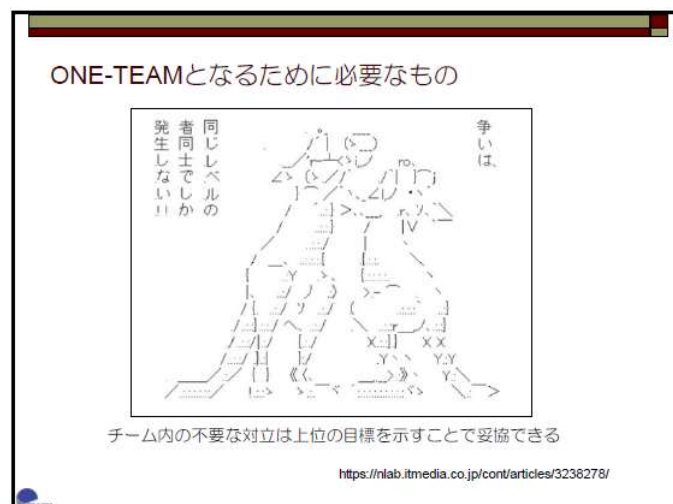
ワンチームになるために必要なものとして一人一人の役割の明確化というのは不確実性が少ないところでは二重丸の対応だと思います。しかし、不確実性が支配的な系ではあまり効果は出なくて下手をすると×、逆にそれが悪い方向に働くかもしれません。それは自分の仕事じゃないから知らないという人がいるとチームは崩壊します。

プロジェクトごとにチームが作られるわけですから、その中でうまくまとめていくためには、個人の目標、役割分担というも

のをそれぞれが判断することが大切です。それを束ねてチームにするためには、上位の目標が必要です。これを示すのがサッカーチームでいえば監督です。一人一人は自分の判断で最善の部分をやって、それが同じイレブンの中で俺がシュートを打つかお前がシュートを打つか、フリーキックは俺がやるのか誰がやるのかなど揉めたときに、それを一つ上のレベルで「勝つためにはお前が打つべきだろ」と言ってまとめることが必要で、これがビッグピクチャーです。ぶつかり合う個人でも大義のためには折合えるし、マネージャーや管理者というのはその目標を示してあげることが必要です。チーム内でぶつかり合うけどみんな勝ちたい、でも勝つために行ってるだけではぶつかり合ってしまう。この時マネージャーが、勝つために上位の目標を示してあげることで折合えるようになるわけです。

大義というのは事業の成功です。効率的な事業の実施です。土木学会でビッグピクチャーが示され、『人々のウェルビーイングと持続可能な社会』というのが大義として謳われています。事業者というのは、必要に応じてこのぐらいの目標をどんな業務に対しても言えるようになると、ぶつかり合っている人に対して「お前も、お前も、よくしようとしているのだから、ここで協力できるよね」って示すことができる。

私のところにはいろいろ情報が来るんです。なんだかんだ言って設計コンサルは地質調査業者がどうのこうのと言ってくるし、地質調査業者は設計コンサルがどうのこうのと言ってくるんですが、皆さん良い仕事がしたいのに同じライン上だとぶつかり合ってしまう。ここを丸めてうまくまとめる。これがマネージャーに必要な仕事だと思います。



この図はインターネットによく出てくるネタ画像です。「争いは同じレベルの者同士でしか発生しない」というインターネットの昔の2ちゃんねるのアスキー・アートでよく出ていたカンガルー同士が殴り合っている絵です。同じレベルのところで言い合うと、やはり設計コンサル・地質調査会社・測量会社もこういう感じになっていきますけど、ここでさらに事業者が入って同じレベルで殴り合いになったら絶対混沌化するだけなんです。このようなチーム内の

無理に不確かさを減らそう、なくそうとしない

- 判断は不確かさがなければするのではなく、判断しなければならないから、判断する
- 不確かさを減らす努力（例えば調査・解析）は可能な範囲で行うべき
- 不確かさを減らす努力が目的の効率を低下させることもある。
- 不確かさを減らす努力とともに、不確かさの影響【リスク】を減らす努力も必要

がある』っていうのは、映画銀河鉄道 999 におけるキャプテン・ハーロックのセリフですけども。事業者というのは、不確かさがなくなったから判断するのではないです。判断しなくちゃいけない時だから判断するのです。不確かさが大きかろうが小さかろうが判断しなくちゃいけない時に判断しなければならない。

また、不確かさを減らす努力というのは、可能な範囲で頑張ってやらなくちゃいけません、さきほ

不要な対立は、上位の目標を示すことによって妥協できると思います。もし、事業者がそこをうまく示せないで困っているなら、誰かが意見を提示してもよいのですが、最終責任は事業者が持つことになります。それがワンチームであると思います。

あとは無理に不確かさをなくそうとしないというのが二つ目のポイントです。

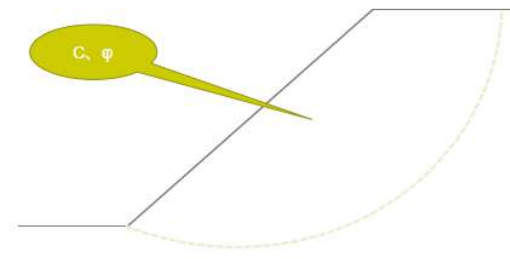
判断は、不確かさがなくなり確かになったからするものではありません。判断しなければならないからするんです。『男なら負けると分かってても戦わなきゃいけない時

ど申しましたように不確かさを減らす努力が事業の効率を低下させることもあります。

不確かさを減らす努力とともに、不確かさの影響を減らす努力も必要になります。例えば我々技術者としては、この斜面の図を見て、この地盤でc、φがいくつですと言われると、ついで下の式に当てはめて安全率 F_s を出したいくなります。けれども、このc、φはどここの位置の代表値でしょうか。実際にこの斜面の長い円弧すべり面のどこでも同じ値でしょうか、といえは違いますよね。概略としてはこんなものだろうという掴みに使うのはよいのですが、実際に起こっている災害などに対して厳密化を図ろうとするのは、最後まで突き詰めようとしていくと多分最後の方は無駄が出てきます。止め時が大事、というのは完全にパチンコと同じですよ。

不確かさを嫌うのは人間の本能です。それは、不確かさがあるとストレスが増えるため、誰でも不確かさをなくして枕を高くして寝たいです。そのため、基本的に調査や検討で不確かさをなくそうとするん

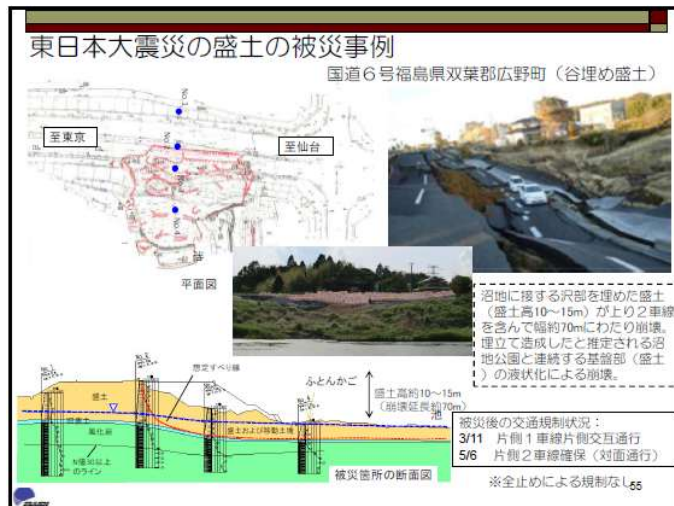
斜面とみると安定計算したくなる技術者の性


$$F_s = \frac{R \{ \Sigma W \cos \alpha + \tan \phi - \Sigma U \cos \alpha \tan \phi - \Sigma k W \sin \alpha \tan \phi + \Sigma c \}}{R (\Sigma W \sin \alpha + \Sigma h / R \cos \alpha + P w_1 \Delta Y_1 / R + P w_2 \Delta Y_2 / R)} > 1.2$$

不確かさを嫌悪するのは人間の本能

- 人間は本能的に不確かさを嫌う→ストレスが増大する
- 基本的に調査や検討で不確かさをなくそうとする
- どうしても解消しきれない場合は、なかったことにしようとする
- 本当は残っている不確かさを、解決済み、対応済み、として既決箱に入れようとする。
- 既決箱に入れると、解決した気になってしまう。

です。不確かさがなくなると自覚できて、みんなにも言ってもらえると心のストレスが減るんです。けどどうしても不確かさを解消しきれない場合には、不確かさはなかったことにしようとするんです。これはやっちゃいけないことですが、人間の心を守るためのしくみです。人間ってこういうものだと思います。本当は残っている不確かさを解決済み・対応済みという既決箱に入れたいと思う、既決箱に入れたらもう自分の手離れたから自分の仕事じゃないと思ってしまう。



これは、東日本大震災における福島県の広野町の盛土の被災事例です。片側2車線を確保するまでに2ヶ月ぐらいかかりました。この地区は元々沼地だったことが分かってまして対策も行われています。さきほどのリスクマネジメントの例に当てはめると、リスクの特定・分析・評価はそれぞれのところでそれなりにちゃんとやっていました。リスク特定では沢埋め部や地盤の傾斜などを認識していましたし、リスク評価というのをやった結果、安定性照査を実施してふとんかごを設置しているんです。





しかし、残念ながら盛土は崩壊してしまいました。なぜかということ、リスクマネジメントの失敗事例として一般化するなら、こんなことが考えられます。技術者の判断として、リスク源 1、2、3 があつたときに、それに対して 1、2、3 の結果を予想し、さらにそれに対して対策 1、2、3 を施してしまうと、これでリスク源 1、2、3 は終わりと考えてしまう。でも見つけた全てのリスクに対してこうやって満足しても、実はリスク源 3 には別の結果 4 があるかもしれない。これは対応策 3 では対抗できないかもしれない

いけど、既にリスク源 3 が既決箱に入ってしまった。そうすると上記の事例ですと、ふとんかごが設置されていたんですけど、もっと大きな地震が来る可能性という結果 4 を想定していなかったの、残念ながら効果を発揮しなかったという事例です。このような事態を回避するためには、先ほどお話ししたリスクアセスメントとリスク対応を分けて分けて考えることが有効です。

戦略と戦術

リソースが充足している場合
戦術的目的の追求が戦略的目的の追求に一致。

リソースが欠乏している場合
ある局面の戦術的目的の追求が、
全体の戦略目的に反する場合がある。

非常に不確実性が大きな状況
＝相対的にリソースが不足

調査や設計にリソースを投入することが、
戦略的に有効でない場合も・・・

戦略と戦術についてはさきほど言った話です。リソースが充足してたら戦術的目的の追求というのは戦略的目的に合致するのでどんどん行えばよいのですが、通常はそんな環境にはないのです。やはりどこかで止めなければいけない。やりたいし、やったら勝てる、やったら分かるけど、やらないという判断は大事です。

戦術と戦略(第二次上田合戦の事例)

□1600年9月 関ヶ原合戦前

- 徳川秀忠：38,000 中山道を西進
- 真田昌幸ら：2,000 上田城籠城

□秀忠軍は、上田城で5日ほど足止め。
その結果、関ヶ原合戦に間に合わず。

- 家康は、終戦後三日間、秀忠に会わなかった。
- 上田城の足止め以外にも諸事情あり、との説。

□秀忠の失敗

- 目の前に、保有するリソースで解決出来る問題(上田城攻略)があつたとしても、最終的な戦略目標(関ヶ原合戦)に照らして必要性が低ければ、そもそも解決が必要なかった。
- 土木技術者に置き換えると・・・調査して、設計して答えが出る問題でも、結果に影響が小さいならば調査も設計もする必要は無い。
・・・その判断ができるか？
問題を残す不安、問題解決の達成感

これも脱線です。これは真田丸のドラマでもあつたかと思いますが、関ヶ原合戦前に徳川秀忠が中仙道を西進していた時に、上田城に真田親子が立ちふさがりました。その結果、秀忠はここの城に5日ほど足止めになって関ヶ原は間に合いませんでした。

いろいろ理由はあると言われてますが、秀忠の失敗は何かというと、目の前にお城があり持てる戦力で攻めれば勝てるという時に攻めてしまったのが間違い。全体を見たらスルーしておくべきでした。

それと同じように、目の前に調査したら分かるものがあり、そのための予算もある、技術者もある、手法もある。しかしスルーした方がよい場合もあるということです。

まとめ

- リスクマネジメントは、不確実性が支配的な環境で、事業の効率性を高める技術
- リスクマネジメントの適用にあたっては、事業者の責任が大きい
- 地質・地盤の不確実性を減らすことには限界がある。
- 地質・地盤の不確実性の大きさを関係者が“我がこと”として共有する必要
- リスクマネジメントの効果は、効率性の観点で考えるべき
- リスクマネジメントは、今までも気の利いた人ならやってきたこと
- 気を付けること
 - 目的意識の共有：ONE TEAM
 - 過度に不確実性を減らそうとしすぎない

61

6. まとめ

最後まとめです。リスクマネジメントというのは、不確実性が支配的な環境で事業の効率性を高める技術であり、リスクを減らすことではありません。

その適用にあたっては、事業者の役割と責任が大きいです。不確実性というのは減らすのには限界があります。関係者がみんな『我がこと』として共有するのが大事なことです。

そしてリスクマネジメントの効果というのは、効率性が上がるという観点で考えるべきです。リスクが減った、増えた、安全性が高まったというのはもうちょっと下位のものといえます。

リスクマネジメントというのは、今まで気の利いた人ならやってきたことなんです。急に、今まで見たこともないとつぴなことをやれとか、皆さんに空を飛びましょうなどと言っているわけではないんです。

気をつけるべきことは目的意識を共有してワンチームになること、それから過度に不確実性を減らそうとしないこと、こういったところが重要かと思います。

全地連の組織と協会活動

地質調査の業界団体は、全国 10 の地区協会とその連合会である「全地連」が中心的な組織となっています。地区協会や全地連では、発注機関様を対象とした技術講習会の開催や調査計画・積算の相談受付を行うなど地質調査業務に関するサポート活動を行っています。

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会

Japan Geotechnical Consultants Association

<https://www.zenchiren.or.jp/>

〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-5-13 内神田 TK ビル 3F

電話:03-3518-8873 FAX:03-3518-8876

- | | |
|------------|---|
| 北海道地質調査業協会 | 〒060-0003 札幌市中央区北3条西7丁目1(第1水産ビル5階)
電話:011-251-5766 FAX:011-251-5775 |
| 東北地質調査業協会 | 〒983-0852 仙台市宮城野区榴岡 4-1-8 (パルシティ仙台 1F)
電話:022-299-9470 FAX:022-298-6260 |
| 北陸地質調査業協会 | 〒951-8051 新潟市中央区新島町通 1ノ町 1977(ロイヤル礎 406)
電話:025-225-8360 FAX:025-225-8361 |
| 関東地質調査業協会 | 〒101-0047 千代田区内神田 2-6-8(内神田クレストビル)
電話:03-3252-2961 FAX:03-3256-0858 |
| 中部地質調査業協会 | 〒461-0004 名古屋市東区葵 3-25-20(ニューコーポ千種)
電話:052-937-4606 FAX:052-937-4607 |
| 関西地質調査業協会 | 〒550-0004 大阪市西区靱本町 1-14-15(本町クィーバービル)
電話:06-6441-0056 FAX:06-6446-0609 |
| 中国地質調査業協会 | 〒730-0017 広島市中区鉄砲町 1-18(佐々木ビル)
電話:082-221-2666 FAX:082-227-5765 |
| 四国地質調査業協会 | 〒761-8056 高松市上天神町 231 番地 1(マリッチ F1 101)
電話:087-899-5410 FAX:087-899-5411 |
| 九州地質調査業協会 | 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30(いわきビル)
電話:092-471-0059 FAX:092-471-5786 |
| 沖縄県地質調査業協会 | 〒903-0128 沖縄県中頭郡西原町森川 143-2(森川アパート 106 号)
電話:098-988-8350 FAX:098-988-8351 |