

山岳トンネル工事における施工サイドからみた地質リスク

(株)熊谷組 正会員 ○片山 政弘

1. はじめに

山岳トンネルは急峻な山岳地帯に計画される線形構造物であることや日本の地質が複雑であることから、事前調査の精度には自ずと限界があり、しばしば予期せぬトラブル見舞われる。このようなトラブルは地質リスクと認識され、近年の事例研究として、公開文献を整理した倉橋らの研究¹⁾などが挙げられる。今回は、弊社が2000年から2009年の間に施工した山岳トンネルにおいて、現場が地質リスクとして認識し、地質技術者に検討を依頼した、大小さまざまな地質リスクの整理を試みることで、施工サイドから見た地質リスクの傾向およびその考察などを行った。

2. 施工サイドからみた地質リスク

地質リスク学会では地質リスクの定義を「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」²⁾としている。このような地質に関わるリスクは、立場（発注者、施工者、近隣住民）が異なれば、それぞれ視点が異なると考えられ、施工サイドからみたリスクは、経験上、作業の安全や工程、品質などに対し障害となる要因を優先的に地質リスクと捉える傾向にあると考える。また、これら障害となる要因の克服は、事業コスト損失を考慮しながら発注者と協議する場合が多く、施工サイドは利益の増減に対し無視できない状況となる。

3. 地質リスクの要因

上記の施工サイドから見た地質リスクの考え方を念頭におき、リスクとして認識された国内各地の46現場の合計86のリスクについて整理した。尚、これらトンネルに分布する地質を整理した結果（図-1）では、その分布比率が日本に分布する地質比率とさほど大きな違いは無いことから、整理結果は概ね地質の偏在性なくリスクを反映していると考ええる。

認識された地質リスクを概して坑内、坑口、環境問題に関わるリスクとして10の要因に区分し、安全、工程などへの影響度について整理を試みた（表-1）。坑内や坑口に関わる要因は安全や工程に影響を及ぼすリスクと考えられ、多大なコストを要することが多いことから、従前から地質リスクとして普遍的に取り上げられてきた。一方、環境に関わる要因は、安全、工程などに大きな影響は与えないものの、近年の環境問題意識の高まりと併せ、近隣住民に与える影響は大きく、施工サイドとしても社会的要請に応える必要性から今後とも留意すべき要因と考える。

表-1 地質リスク要因

	要因	内容	リスクの顕在に伴い影響を受ける項目 ^{*)}			施工時のリスク対応内容
			安全	工程	品質	
坑内	崩壊	トンネル掘削に伴う切羽崩壊	○	○	△	切羽崩壊原因分析と対策検討
	変形	トンネル掘削後の内空変位の増大	○	○	○	変位増大原因分析、追加調査と対策検討
	突発湧水	トンネル掘削時における突発湧水	○	○	—	供給源の特定、湧水量予測
	難掘削	中硬岩～硬岩での機械掘削	—	○	—	難掘削区間長の想定、最適機械選定
	ガス類	可燃性・有害ガスの発生	○	△	—	発生源（地層）の特定と対策検討
坑口	坑口不安定化（事後）	坑口造成中の法面崩壊（地すべり、崩壊）	○	○	△	法面崩壊原因分析、追加調査と対策検討
	坑口不安定化（事前）	坑口法面の不安定化（地すべり、崩壊、落石）に対する事前検討・補強				安定性評価、追加調査と対策検討
環境	減濁水	トンネル湧水に伴う周辺河川・溜池などの減濁水	—	△	—	掘削との関連性検討、水質分析、対策検討
	沈下・近接	トンネル掘削に伴う地表面沈下、近接構造物への悪影響	△	○	○	沈下・悪影響要因分析、対策工検討
	重金属	掘削ズリに含まれる重金属	△	○	—	施工中における迅速・正確な分析方法検討

○：影響あり △：影響少 —：影響なし

*)コストはすべてに影響するため省略

キーワード：山岳トンネル、地質リスク

* 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 (株)熊谷組 ・TEL 03-3235-8622 ・FAX 03-3266-8525

4. 地質リスク分析

図-2に地質リスクの要因の比率を整理した。要因比率は坑内45%、坑口32%、環境23%となっている。前述文献¹⁾では地山の押し出し(35%)、集中湧水(28%)、地すべり(20%)でほぼ80%以上占めていることから比較すると、施工サイドから見た地質に対するリスクの認識は多岐にわたっているものとする。また、特徴のひとつとして、坑口のリスクは事後より事前に対応する結果が多かった。これは施工サイドからみるとトンネル坑口の切土は風化の影響で不良地山となっている箇所での施工が多く、坑口の構築の巧拙(崩壊の有無)がその後のトンネル工事の工程に大きく影響を及ぼすことでリスクとして認知され易いことによるものとする。

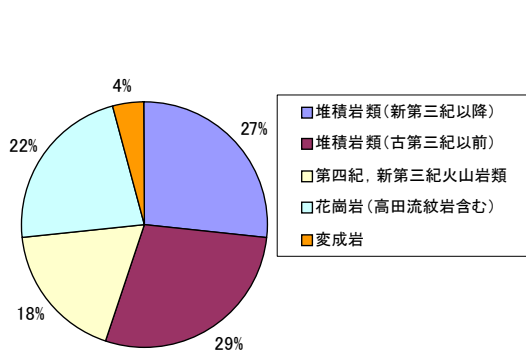


図-1 分析したトンネルの地質分布

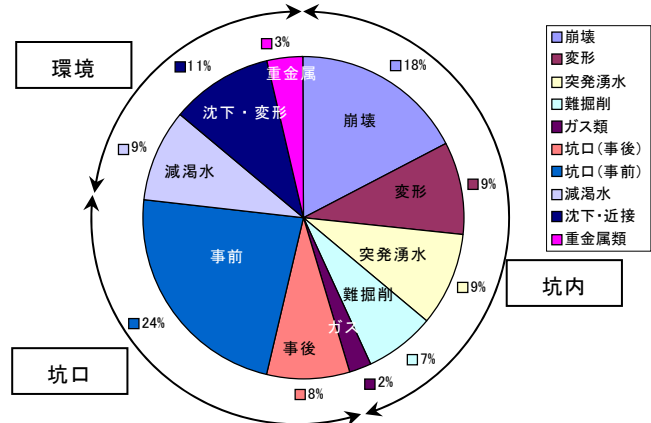


図-2 地質リスクの事象とその比率

図-3にこれら要因の概念的なリスク図作成を試みた。崩壊、変形、突発湧水、坑口の課題は安全上、工程上からも問題となり、事業コスト損失にも多大な影響を与える場合がある。また、ガス類によるリスクは地域偏在性があることで、頻繁には発生しないが、リスク発生時には、大規模な事故に繋がる場合があると考えられる。このようなリスクは水抜き、前方探査、防爆(換気)対策などで積極的にリスク低減が図られる。一方、沈下や重金属などの環境問題は、トンネル掘削時において直接的な影響は少なく、リスクを一時的に保有する場合があるが、リスク顕在時には影響が近隣住民も含め広範となり、却って事業コスト増大に繋がる場合があることに留意する。

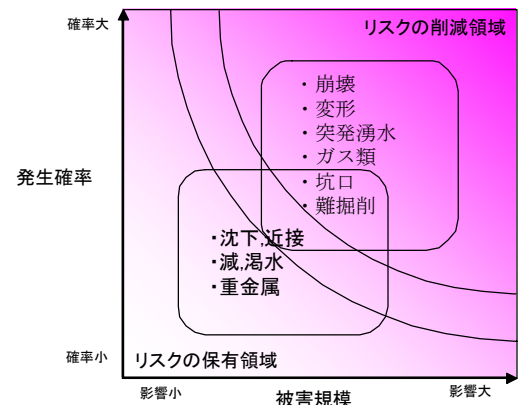


図-3 リスク図(概念図)

5. まとめと今後の課題

- 1) 施工実績に基づいて地質リスクを分析した結果、坑内に関わる地質リスクが最も多い。
- 2) 施工サイドでは環境なども地質のリスクとして捉え、リスクが多岐にわたっていることを示唆している。
- 3) 坑口は事後より事前対策が多い結果が得られた。坑口の構築の巧拙(崩壊の有無)がその後のトンネル工事の工程に大きく影響を及ぼすことが、リスクとして認知され易いことによるものとする。
- 4) 工程、安全、事業コスト損失に関わるリスクは積極的に低減を図られる。一方、環境に関わるリスクは一時的に保有される場合もあるが、却って事業コスト増大に繋がる場合があることに留意する。
- 5) データの更なる蓄積、ならびに各事象に対する地質別の分析を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 倉橋、金沢、佐々木(2010) : トンネルにおける地質リスク事例のデータベース化,
日本応用地質学会平成22年度研究発表会講演論文集
- 2) 地質リスク学会ホームページ(2011.3現在) : http://www.georisk.jp/?page_id=18