

トンネル切羽前方探査におけるリスクマネジメント手法の適用

安藤ハザマ 正会員 ○大沼 和弘, 正会員 中谷 匡志

1. はじめに

2017年11月8日、福岡市地下鉄工事現場において発生した道路陥没事故では、死傷者の発生は無かったものの、住民の避難など、社会に対する影響が大きいものであった。その発生要因として、工事施工前の地質調査が不足し、設計時や施工時の地質評価が実際の地質状況を相違していたことが指摘されており¹⁾、このような地質情報の不足などが建設事業において危険要素となることがあり、適切に対応することが必要と考えられる。また、地質リスク学会らは、建設事業などにおける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指すこととして、地質リスクの解説を行っている²⁾。

山岳トンネルでは、調査設計時において地表踏査やボーリングによる地質調査や屈折法弾性波探査などの物理探査が行われ、トンネル掘削基面の地質状況が想定される。しかし、トンネル掘削時に切羽の崩壊などを伴う破碎帯などが出現することがあり、近年、切羽前方の地質状況を把握するため、トンネル掘削時に切羽前方探査が実施されることが多くなっている。このような切羽前方探査手法として、反射法弾性波探査などの物理探査手法とドリルジャンボなどの削孔機械の掘削記録を用いた削孔検層などが示されている。しかし、このような切羽前方探査手法は、調査精度が異なるとともに、調査に要するコストも異なっている。このため、前方探査手法の選定では、トンネル施工に関するすべての要因を考慮することが必要であり、合理的なリスクマネジメント手法の導入が必要と考えられる。

本論は、切羽前方探査として反射法弾性波探査であるTFT法とTSP202などによる従来の探査手法に対して、ISO 31000に基づくリスクアセスメントを実施し、トンネル施工時の切羽前方探査におけるリスクマネジメントの適用を検討した。

2. リスクマネジメント

機械安全の国際規格ISO/IEC Guide 51:2014 (Safety aspect -Guidelines for their inclusion in standards, 日本語訳はJIS Z 8051:2015による)³⁾では、「リスク」は「危害の発生確率及びその危害の度合いの組合せ」と定義される。また、厚生労働省⁴⁾は「危険性又は有害性等の調査等に関する指針」において、「特定された危険性又は有害性によって生ずるおそれのある負傷又は疾病の重篤度及び発生する可能性の度合い」を「リスク」と呼んでいる。また、「安全」の定義として、ISO/IEC Guide 51の定義では、「許容不可能なリスクがないこと」とされ、ここでのリスクは好ましくない方向のみを意味し、安全の達成するためには、リスクを合理的に実行可能な限り低くしなければならないとするALARPの原則が適用される。また、安全衛生法における「安全」は労働者の災害防止を指すのに対し、日用品などに対する「安全」は、その製品を使用することにより、使用者が怪我をしないといった「製品安全」を指すことが多い。

一方、リスクマネジメントの用語を定義する国際規格であるISO Guide 73:2009 (Risk management -Vocabulary, 日本語訳はJIS 0073:2010⁵⁾による)では、「リスク」は「目的に対する不確かさの影響」と定義され、ここで、「影響」とは、期待されていることから、好ましい方向及び／又は好ましくない方向にかい(乖)離することとし、ISO 31000:2009 (Risk management-Principle and guideline, 日本語訳はJIS Q 31000:2010⁶⁾。以下、ISO 31000と呼ぶ)においても同定義となっている。

ISO Guide 51における「リスク」は好ましくない方向だけを考慮するのに対し、ISO Guide 73における「リスク」は好ましい方向と好ましくない方向の双方を考慮するものとなっている。このように、国際規格においても、対象分野により「リスク」の定義が異なる。「製品安全」の考え方を土木構造物に適用した場合、土木構造物の品質が「製品安全」にあたり、土木構造物の品質については、「好ましくない方向」は許容されない。しかしながら、土木構造物の施工においては、構造物の品質確保やトンネル施工の安全確保を前提とした上で、工期や工費なども考慮したマネジメントが要求される。つまり、「好ましい方向」と「好ましくない方向」の双方を考慮する必要があり、リスクマネジメント手法としてISO 31000を適用することが可能と考えられる。

ISO 31000におけるリスクマネジメントでは、対象となる枠組みの設計において、外部の状況と内部の状況の双方を評価し、理解することが重要とされる。外部の状況としては、「国際、国内、地方又は近隣地域を問わず、社会

キーワード トンネル, 切羽前方探査, TFT探査, リスクマネジメント, ISO 31000

連絡先 〒980-8640 仙台市青葉区片平1-2-32 安藤ハザマ東北支店安全環境部 TEL 022-266-8112

及び文化、政治、法律、規制、金融、技術、経済、自然並びに競争の環境」⁶⁾を含むとされる。トンネル施工に関する法律や規制としては、建設業法や安全衛生法などがあり、関連する法令や基準などを調査し、該当の有無を評価しておくことが必要となる。また、切羽前方探査の技術としては、適用可能な探査手法を調査し、その特徴を評価しておくことが必要となる。内部の状況としては、「資源及び知識として理解されている能力（例えば、資本、時間、人員、プロセス、システム、技術）」⁶⁾が含まれ、トンネル施工の場合には、施工業者の能力を評価する必要となる。これらの評価後、枠組みを設計し、リスクアセスメントを実施する。

3. トンネル施工時の切羽前方探査におけるリスクマネジメント

トンネル施工時の切羽前方探査におけるリスクマネジメントにおいて、枠組みとして切羽前方探査における反射法弾性波探査手法の選定を設定した。ここで、反射法弾性波探査としては、TFT 探査と TSP202 などによる探査（以降、従来技術と呼ぶ）に対して、図-1 に示す探査フロー⁷⁾を想定し、リスクアセスメントを行った。リスク特定では、経済性、工程、品質、安全性、施工性、周辺環境への影響、その他を対象とし、それぞれの手法についてリスク分析を実施し、その結果の比較によりリスク評価を行った。表-1 にリスク評価の結果を示す。

なお、次の段階では、リスクアセスメントを考慮し、探査手法を選定することになる。



図-1 反射法弾性波探査のフロー（300m連続探査の場合）⁷⁾

表-1 リスクアセスメント

リスク特定	リスク分析		リスク評価 (従来手法に対する TFT 探査)
	TFT 探査	従来技術	
経済性	121,800 円	500,582 円	75.67%向上
工程	1 日	1.5 日	33.3%短縮
品質	反射法地震探査の精度による	反射法地震探査の精度による	同程度
安全性	掘削発破を利用（探査用発破なし）	探査用発破を実施	向上
施工性	探査機材の取扱いが比較的容易	探査機材の取扱いが比較的難しい	向上
周辺環境への影響	特になし	探査用発破による損傷発生の恐れ	向上
その他	トンネル施工の中断なし	トンネル施工の中断発生 (1.5 日/1 回)	トンネル掘削における 施工性向上が見込まれる

4. まとめ

トンネル施工時の切羽前方探査手法の選定において、ISO 31000 によるリスクマネジメント手法の適用を試みた。TFT 探査と TSP202 などによる従来技術に対するリスクアセスメントでは、経済性や工程などをリスクとして特定し、リスク分析を行った。その結果、TFT 探査は従来技術に対して、経済性などの向上が把握されるとともに、トンネル掘削における施工性の向上が見込まれた。

今回、反射法弾性波探査に対して ISO 31000 によるリスクマネジメントの適用を検討したが、削孔検層など異なる探査手法との比較においても適用可能であり、ISO 31000 によるリスクマネジメント手法は合理的な探査手法の選定に用いることができると考えられる。

参考文献

- 1) 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, 2018
- 2) 地質リスク学会, 地質リスクマネジメント入門, 2010
- 3) JIS Z8051:2004(ISO/IEC Guide 51:1999)安全側面-規格への導入指針
- 4) 危険性又は有害性等の調査等に関する指針, <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudouki-junkyokuanzeniseibu/0000077404.pdf>, 2018 年 3 月 27 日閲覧
- 5) 日本工業規格, JIS Q0073:2010(ISO Guide 73:2009)リスクマネジメント-用語
- 6) 日本工業規格, JIS Q 31000:2010(ISO 31000:2009)リスクマネジメント-原則及び指針
- 7) http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Search/NtDetail1.asp?REG_NO=TH-170003, 2018 年 3 月 27 日閲覧