

山岳トンネルにおける地質リスク事象と地質要因に関する分析

○フジタ 正会員 宇田川義夫

1. はじめに

山岳トンネルの建設工事においては、施工前に内在している地質リスクや、施工段階に顕在化する地質リスク、あるいは維持管理段階において顕在化する地質リスクがある。また、山岳トンネルは線状構造物であり、延長が長いこともあり、施工前の地質調査においては、経済的な理由から十分な調査がおこなわれていないことが多い。このため、山岳トンネルに比べて事前に十分な地質調査が行われているダムや橋梁基礎とは異なり、山岳トンネル工事においては、施工時に予期せぬ地質リスク事象が顕在化することがある（本論では、「安全性・経済性および周辺環境に負の影響を及ぼす地質事象」を「地質リスク事象」と称する）。この地質リスク事象としては、トンネルの過大な地山変位、切羽崩壊、異常湧水、地表面沈下・陥没等があげられる。

本論では、山岳トンネル建設における地質リスク事象と地質要因との関係を明らかにするために、2001～2010 年の過去 10 年間に発行された学術雑誌「トンネルと地下」¹⁾に掲載された地質に関する記載を含む報文を調査し、「地質リスク事象」と「地質要因」について整理し、分析をおこなったものである。

2. 地質リスク事象について

リスクの一般的な定義に従えば、地質リスクは、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なる。²⁾しかしながら、地殻変動の激しい日本列島では、地質は極めて不均質で分布しており、地質条件の不確実性に起因する地質リスク事象を抱えている。また、地質リスクの場合、望ましくない地質事象を特定できても、その生起確率を定義することが困難である。土木地質に限っていえば、地質リスクとは「プロジェクトにおける期待値からのはずれ量」であり、「想定地質からのはずれの程度と内容」とする考え方もある。³⁾

本論では地質リスク事象を「安全性・経済性および周辺環境に負の影響を及ぼす地質事象」と捉え、文献調査を行った。地質リスク事象は、「切羽崩壊」と「異常湧水」が同時に発生する場合があるように、2～3 の地質リスク事象が複合することもある。文献調査では、延べ 245 件の地質リスク事象について抽出し分析を行った。

また、地質リスク事象の顕在化の有無についても調べた。すなわち、施工中に地質リスク事象が顕在化し、対策を実施したケースと、施工前に数値解析等によって内在する地質リスク事象を把握し、十分な対策を講じることによってリスクが顕在化しなかったケースである。表-1 は地質リスク事象ごとのリスクの顕在化の有無と顕在化率（＝顕在化した件数÷全件数）について示したものである。

これをみると、地質リスク事象が顕在化した件数の多い上位 4 項目の地質リスク事象の顕在化率は 40.0～72.7%と高い比率になっている。

3. 地質リスク事象と地質要因に関する分析

件数 4 位までの、過大な地山変位、切羽崩壊、異常湧水（突発湧水・高圧湧水等）、地表面沈下・陥没について、地質リスク事象と地質要因（地質・地質構造等）との関連性について分析を行った。

それぞれの地質リスク事象と地質要因について、分析結果を図-1 に示す。

表-1 地質リスク事象の顕在化率

地質リスク事象	リスク顕在化の有無		顕在化率
	あり	なし	
過大な地山変位	39	35	52.7%
切羽崩壊	37	20	64.9%
異常湧水	32	12	72.7%
地表面沈下・陥没	16	24	40.0%
地すべり誘発	7	8	46.7%
土砂流出	3	2	60.0%
山はね	1	0	100.0%
酸性水・重金属	0	1	0.0%
騒音・振動	0	4	0.0%
供用線への影響	0	4	0.0%

キーワード 山岳トンネル、地質リスク事象、過大な地山変位、切羽崩壊、異常湧水、地表面沈下・陥没

連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2 E-mail: udagawa@fujita.co.jp

3.1 過大な地山変位

第四紀堆積岩類, 第三紀堆積岩類, 中生代堆積岩類をあわせて53%を占める。付加体(四万十帯, 秩父帯等)を含めると71%と7割近くを占める。また, これらの地質に, 断層破碎帯, 地すべり, 未固結地山, 擾乱帯, 膨張性地山, 熱水変質, 脆弱地山等の要因が加わっているケースが多い。

3.2 切羽崩壊

第四紀堆積岩類, 第三紀堆積岩類, 中生代堆積岩類をあわせて43%を占める。付加体を含めると57%と, 6割近くを占める。火山岩類の比率も37%と多い。また, これらの地質に, 断層破碎帯, 地すべり, 未固結地山, 擾乱帯, 高压湧水, 脆弱地山, 熱水変質, 膨張性粘土鉱物等の要因が加わっているケースが多い。

3.3 異常湧水(突発湧水・高压湧水等)

第四紀堆積岩類, 第三紀堆積岩類, 中生代堆積岩類をあわせて34%を占める。付加体を含めると50%と5割を占める。火山岩類の比率も41%と非常に多い。また, これらの地質に, 断層破碎帯, 地すべり, 未固結地山, 熱水変質, 膨張性粘土鉱物等の要因が加わっているケースが多い。

3.4 地表面沈下・陥没

第四紀堆積岩類, 第三紀堆積岩類, 中生代堆積岩類をあわせて63%を占める。付加体を含めると69%とほぼ7割近くを占める。また, これらの地質に, 地すべり, 未固結地山, 小土被り等の要因が加わっているケースが多い。

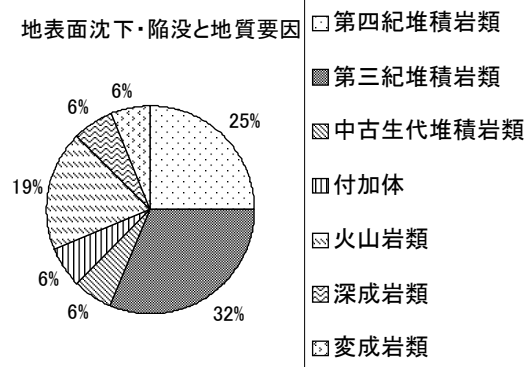
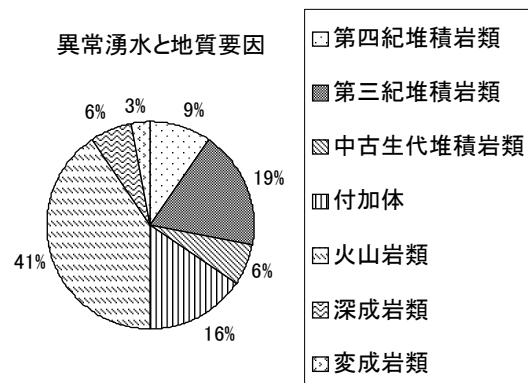
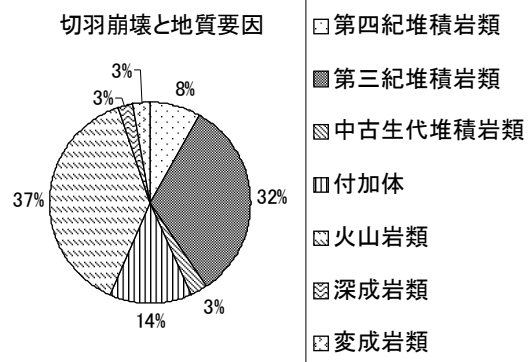
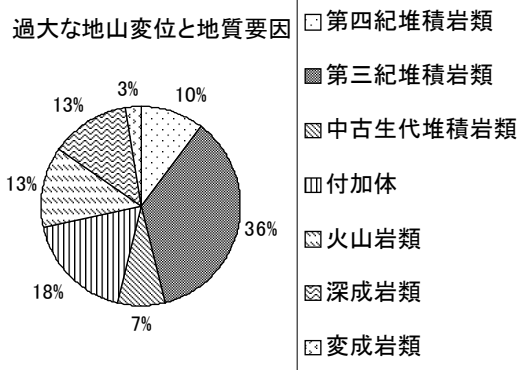
4. おわりに

堆積岩類や付加体で地質リスク事象が顕在化しているケースが多く, これに断層破碎帯, 地すべりや未固結地山等の要因が加わると地質リスク事象が顕在化しやすいといえる。また, 火山岩類では切羽崩壊や異常湧水も多く, 火山岩類特有の冷却亀裂系や熱水変質帯が原因と考えられる。

分析は, 文献に掲載された事例のみで行っており, 実際に施工された全トンネルを分析しているわけではないため, 分析結果が実状と合っているかどうかは定かではないが, 大まかな傾向は掴めるものではないかと考えている。

参考・引用文献

- 1) トンネルと地下: 日本トンネル技術協会, 2001~2010.
- 2) 脇坂安彦: 土木地質におけるリスクとその管理, 独立行政法人産業技術総合研究所, 地質調査総合センター第10回シンポジウム, 地質リスクとリスクマネージメントー地質事象の認識における不確実性とその対応ー, pp11-14, 2008.
- 3) フィールドの達人編集委員会: 土木地質の達人になる, 第21回予測できること, できないことー地質現象とリスクの評価ー. 土木施工, 48, No.9, pp.104-107, 2007.



図ー1 地質リスク事象と地質要因