

わが国における深部トンネルの施工実績調査

清水建設 正会員 郷家光男 正会員 熊坂博夫 正会員 桜井英行 正会員 石井 卓
東京電力 正会員 出口 朗 正会員 小野文彦

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分施設は、地下数百mから千m程度の地下深部が対象になると考えられている。この施設の特徴は数km四方の範囲の中に数十本以上のトンネル群が建設されることにある¹⁾。このようなトンネル群からなる処分施設の設計の合理性や妥当性を見極める上で、深部トンネルの実績データは参考になるものと考えられる。

わが国には、道路や鉄道などのトンネルの施工実績が多数存在するが、これらの既存の施設がどのような実績データを有しているのかを把握することを目的として、わが国における土被りの深いトンネルの地質条件、深度、建設時の不具合および支保工等の情報を整理した。

2. 調査対象と方法

地層処分施設が地下深部に建設されることを考慮して、最大土被り200m以上の国内のトンネルを対象とし、公開文献をもとに調査を行った。ただし、地層処分施設の坑道と比較して地下発電所などは大断面であることから対象から外した。

調査文献は過去10年間を基本としたが、必要に応じてそれ以外の文献の収集も実施した。

これらの事例の岩種、最大土被り、建設時の不具合および支保工の実績について整理した。なお、岩種は堆積軟岩、火山性軟岩および風化・変質軟岩を軟岩と定義し、それ以外を硬岩とした。

3. 調査結果

3. 1 地質条件による分類

調査の結果、国内において95の事例について、施工実績のデータを収集することができた。これらについて、その地質条件から分類すると、硬岩が64件、軟岩が36件であった。この中には、硬岩と軟岩の両方を含むと見られる事例が5件あった。

3. 2 最大土被り

最大土被りの度数分布を図－1に示す。既往の設計例¹⁾によると、硬岩では施設設置深度を1000m、軟岩では500mとしているが、この深度以上の施設の実績として、硬岩では3件、軟岩では2件あった。

硬岩で土被りが最も大きかったものは大清水トンネルの1285m、軟岩では、六十里越トンネルの680mであった。

3. 3 建設時の不具合

深部トンネルでは、建設時に不具合が発生している事例があった。これらの不具合の内容を(1)膨張圧および地山の大きな変形による不具合、(2)支保工の強度不足による不具合、(3)山はね、(4)湧水による不具合、(5)(1)～(4)以外の不具合（例えば、可燃性ガスの湧出など）の5種類に分類した。

硬岩の事例では、建設時に何らかの不具合が発生した事例は33件であった。硬岩において土被り1000m以上で建設された事例は3件あるが、いずれの事例においても建設時に不具合が発生していた。

軟岩の事例では、不具合が発生した事例は26件であった。これらの事例を最大土被りの大きい順に並べて、最大土被りと不具合が発生した位置での土被りを示した図を図－2に示す。また、この図では、最大土被りのマーカーは発生した不具合の種類も示している。そして、軟岩で土被りが500m以上で建設された事例は2件あるが、いずれも建設時に不具合が発生していた。ただし、不具合が発生したとしても、それは局部的な弱層の存在が要因となっている場合が多く、支保工の見直しや薬注等の補助工法の採用によってそれらを克服して、最終的にはいずれの事例でも竣工に至っている。

建設時の不具合は必ずしも最大土被り位置で発生しているとは限らない。これは、硬岩においても同様であったが、理由としては、破碎帯等の弱層部は最大土被り位置とは必ずしも一致しないこと、また、最大土被り位置の手前で不具合が発生した場合、施工方法や支保工を見直すことで最大土被り位置における不具合を未然に防止していることが考えられる。

キーワード：高レベル放射性廃棄物、地層処分、深部トンネル、施工実績、空洞安定性

連絡先：東京都江東区越中島3-4-17 TEL.03-3820-5476 FAX.03-3820-5959

3. 4 支保工

深部トンネルの最大土被り位置における一次支保工（吹付けコンクリート、鋼製支保工、ロックボルト）の実績として、最大支保内圧、つまり、支保工が最大でどの程度の内圧効果を有していたのかを整理した。支保工仕様の情報を得ることができたのは、硬岩で32例、軟岩で21例であった。

軟岩における最大支保内圧と土被り圧の関係と建設時の不具合を示した図を図-3に示す。ここでは、岩盤の単位体積重量を 22kN/m^3 と仮定して土被り圧を算定した。また、吹付けコンクリート、鋼製支保工およびロックボルトの最大内圧の和を支保工の最大支保内圧とした。図より、最大支保内圧は $0.2\sim 1.0\text{MPa}$ 程度の範囲にあり、支保内圧の実績は土被り圧に比べて明らかに小さいことが示された。

4. まとめ

わが国における深部トンネルの施工実績を整理した結果をまとめると以下のようになる。

- ・わが国には、地層処分で対象にしている様な深度において建設されたトンネルの実績は多数存在する。さらに、硬岩で1000m以上の事例は3件あり、軟岩で500m以上の事例は2件あった。
- ・軟岩の実績では、支保工の最大支保内圧は土被りに係わらず、 $0.2\sim 1.0\text{MPa}$ 程度の範囲にあった。これは、内空半径2.5mの坑道において、吹付けコンクリートの一軸圧縮強度を 18MPa 、厚さを $30\sim 150\text{mm}$ 程度としたときの最大支保内圧に相当する。
- ・深部トンネルでは、建設時に不具合が発生していても、最終的には竣工に至っている。

今後、さらに岩盤物性および計測データ等の収集・分析を行って、深部トンネルにおける空洞安定性の実績の分析や、空洞の安定設計手法および評価基準等の検討に結びつけていきたいと考えてる。

参考文献

- 1) 核燃料サイクル開発機構：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—，分冊2 地層処分の工学技術，4.2 処分施設の設計，1999.11

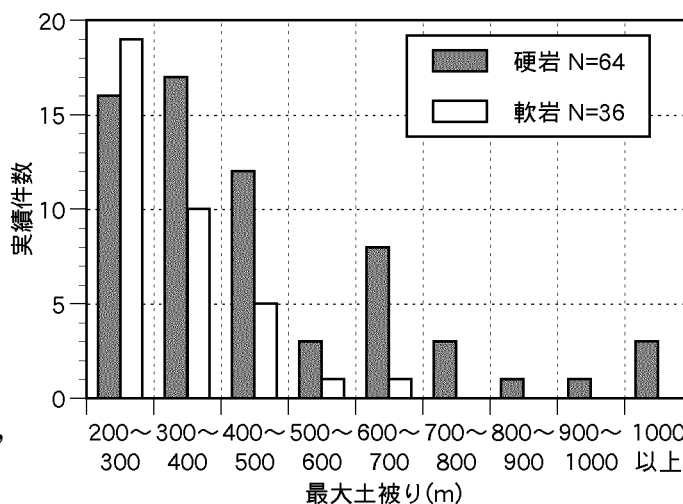


図-1 最大土被りの度数分布

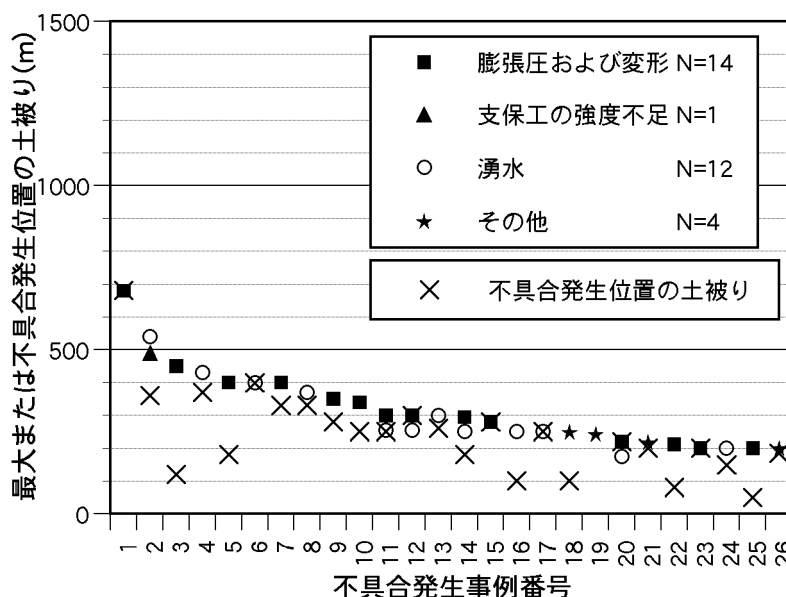


図-2 軟岩で発生した不具合の種類と最大土被りおよび発生深度

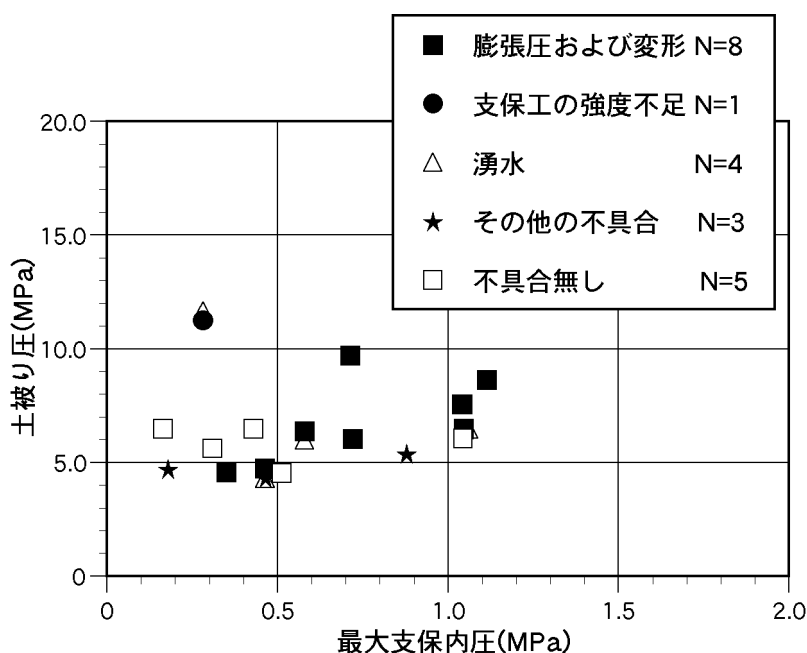


図-3 軟岩における最大支保内圧と土被り圧の関係