

温度・湿度変化による堆積岩トンネルの長期不安定化のプロセス

背景

放射性廃棄物の地層処分やエネルギー資源の地下貯蔵などの重要地下構造物の建設が計画・検討されている。これらのトンネルあるいは地下空洞を伴う構造物が堆積岩中に建設される場合、長期におよぶ操業期間中の岩盤のクリープ変形等によるゆるみの進行が懸念される。また、堆積岩の中には、水分状態の違いにより強度特性が大きく異なり、顕著なスレーキング特性を示すものがある。これらの岩石の特性は室内試験では把握されているものの、トンネルの長期的な安定性に及ぼす影響については、必ずしも十分な評価手法が確立されていない。トンネルの長期的な安定性の評価手法を確立するためには、トンネルの不安定化の事例を検討することが重要と考えられる。

目的

堆積岩トンネルの長期的な変形・不安定化現象について現地での観察・計測を行い、観察された崩壊現象のメカニズムについて明らかにする。

主な成果

鉾山においては、使用しなくなったトンネルを放置することが多く、土木のトンネルと比較して、トンネルの不安定化を容易に観察できる。そこで、釧路炭鉱の海底下 225m (水深 100m) の古第三紀堆積岩 (砂岩優勢) 中に長さ 40m の計測用のトンネルを設け、その一部区間において支保の鋼枠を撤去すること (曳き枠) により、トンネルの変形・不安定化を加速させる試験を実施した。計測トンネルでは、坑壁の不安定化が観察され、光ファイバひずみ計測 (BOTDR 法) や 3D レーザー変位計を用いた計測により、その挙動を検出・定量化した。また、トンネルの不安定化のメカニズムについて考察した。以下にそれらをまとめる。

(1) トンネルの不安定化

計測トンネルの掘削後、曳き枠以外にはトンネル周辺の応力を大きく変化させるイベントはなかったが、トンネル内が高温・高湿になる時期 (7~9月) に、トンネ

ル壁面岩盤のブロック化・崩落が観察された。曳き梓後のトンネル壁面の不安定化・崩落に伴い、トンネルの断面形状が変化していく様子を計測し、崩落規模を定量化したところ、崩落岩盤ブロックは最大で1m程度であった。

(2) トンネル不安定化のメカニズムの解明

釧路炭鉱の岩石の強度は、岩石中に存在するスメクタイトの特性により、飽和度・水質の影響を受け、飽和に近づくと自然状態よりも強度が著しく低下し、スレーキング特性も顕著である。また、温度・湿度を制御して実施された亀裂進展試験では、高湿条件において亀裂の進展速度が著しく大きくなる。これらの試験結果から求められる経時的な強度低下による破壊領域の拡大を有限要素解析により検討した。その結果、推定される破壊範囲は(1)での計測結果と同じ1m程度であり、今回見られたトンネルの不安定化は、トンネル内が高温・高湿の水蒸気圧の高い環境となることで坑壁岩盤の強度低下が進行し破壊に至ったことにより発生したことが解明できた。

したがって、スメクタイトを含む堆積岩の場合、自然状態で硬くて安定であっても、含水による強度特性の変化やスレーキング特性に注意を払い、トンネル壁面にできるだけ早期に吹付工を施すなどして温度・湿度の影響を抑える必要がある。

今後の展開

水分状態による強度低下モデルを、既に関連したクリープモデル¹⁾と統合して、地下構造物の長期的な安定性の評価解析コード²⁾を高度化する。

研究報告 N08030	キーワード：トンネル，堆積岩，相対湿度，光ファイバセンサ，レーザー測量
関連研究報告書	1) 「地下施設力学的相互作用解析のための軟岩クリープモデルの開発」N04028 (2005.6) 2) 「高レベル放射性廃棄物処分地下施設の長期挙動予測評価プログラムの開発 緩衝材膨潤評価式の数値モデル化と熱・水・応力連成解析スキームの構築」N05028 (2006.6)
担当者	澤田 昌孝 (地球工学研究所 地圏科学領域)
連絡先	(財)電力中央研究所 地球工学研究所 Tel. 04-7182-1181(代) E-mail : cerl-rr-ml@criepi.denken.or.jp