

大深度トンネルにおけるブロックモデルによる支保設計手法の適用性

大成建設技術研究所 正会員 伊藤文雄、中原史晴
東京大学工学部 正会員 堀井秀之
東京電力（株） 正会員 土 宏之、小野文彦

1. はじめに

地層処分の対象となる 1000m 前後の大深度地下におけるトンネルについては、これまで施工実績がほとんど存在せず、設計およびその評価を行うことが困難である。大深度地下におけるトンネルの支保設計に対して、既存の設計手法をそのままの形で適用することは、安全性の確保、最適な支保設計を行う上で疑問である。実績の無い条件下のトンネルに対して支保設計を行うためには、支保設計において支配的な現象を再現し得る解析手法を用いることが必要である。

本研究では、空洞安定性の観点から考慮すべき限界状態を不連続面に起因するブロックモデルを用いて評価し¹⁾、不連続面の物性が支保設計に与える感度およびロックボルトによる支保効果について定量的な検討を加えたものである。

2. 岩盤ブロック解析

支保効果は岩盤の限界状態に対して定量的に評価されるべきである。そこで、支保設計の基本となる要因として、岩盤が破壊する解放率（ブロックが崩落する掘削解放率）、支保が破壊する解放率の二つを考慮し、設計時に支保が分担すべき必要支保内圧率を以下のように定義する。

必要支保内圧率=100%－ブロックが崩落する解放率

図-2 に解析に用いたブロックモデルを示すが、角度 90° を持つ二等辺三角形をブロック形状とし、ブロック位置を図のように変化させた。

3. パラメトリックスタディ

ブロックを構成する不連続面の物性を $C=0.0$, $\phi=30.0^\circ$ と仮定し、大深度トンネルを対象として設定深度を 300m から 1000m まで変化させ、必要支保内圧率を算定した。表-1 に解析結果を示したが、危険側のブロック位置は各深度共に 0° であり、全て同じ 25% となった。そこで、不連続面の物性を変化させ、不連続面の状況が必要支保内圧率に及ぼす影響を検討した。

不連続面の物性値として、 C を 0 から 0.2Mpa、 ϕ を 15 から 45° まで変化させ、得られた必要支保内圧率を整理したのが、表-2 である。

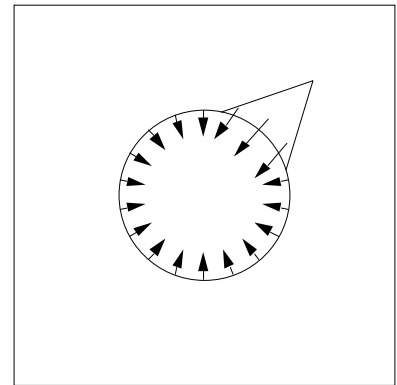


図-1 ブロックモデル図

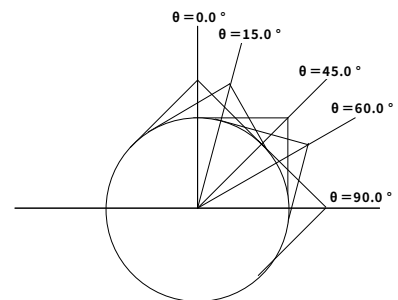


図-2 ブロック位置の検討ケース

表-1 設計深度およびブロック位置を変化させた必要支保内圧率一覧表

		C=0.0 $\phi=30.0$ 側圧係数1.0				
		キーブロック角度				
		0°	15°	45°	60°	90°
トンネル深度	300m	25%	10%	10%	0%	15%
	500m	25%	10%	10%	0%	15%
	700m	25%	10%	10%	0%	15%
	1000m	25%	10%	10%	0%	15%

キーワード：放射性廃棄物、不連続面、大深度トンネル、設計法、ロックボルト

大成建設株式会社技術研究所 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL:045-814-7237 FAX:045-814-7253

この結果、本解析の条件下では C に対する感度はほとんど見られず、 ϕ に対する変化が大きい。特に ϕ が 45° に対しては、必要支保内圧率がゼロ、すなわち無支保でもブロックは崩落しない物性値であることを意味する。

表-2 不連続面物性値を変化させた必要支保内圧率

		粘着力(MPa)		
		0	0.1	0.2
内部摩擦角(°)	15	55	50	50
	30	25	25	25
	45	0	0	0

この結果に基づいて、縦軸に C 、横軸に ϕ を採用してコンター図を作成したのが図-3 である。不連続面の物性値は、粘土物の介在物の有無、不連続面の凹凸等によってサイト毎に異なる。原位置における不連続面の物性値が決定されれば、この図を用いて、物性値に相当する必要支保内圧率を算定し、支保量を決定することができる。大深度トンネルにおける支保は、実績に基づく支保パターンを適用しているのが現状であるが、本検討で提案した手法により、不連続面の物性値と支保量を必要支保内圧率で結びつけることによって、定量的な支保量の検討および決定が可能となる。

4. ロックボルトの支保効果

本手法を用いて、支保効果を定量化することも可能である。例えば、支保の一つとしてロックボルトを採用し、図 -4 に示したように、 0° のブロックに対して 2 本のロックボルトで補強されたモデルについて UDEC の Local Reinforce Element を用いた解析事例を示す。ロックボルトが破壊する掘削解放率から算定した必要支保内圧率、無支保におけるブロック崩落時の掘削解放率から算定した必要支保内圧率とを比較することにより、この条件下での支保効果を定量的に評価できる。図 -5 においては、不連続面の物性値として C を 0.1Mpa と固定し、 ϕ を $15, 30, 45^\circ$ に変化させた場合の無支保、ロックボルト支保各々の必要支保内圧率をプロットした。この図より、 ϕ が 15° の場合は 50% 、 30° の場合は 25% 、 45° に対しては 5% の補強効果が認められる。

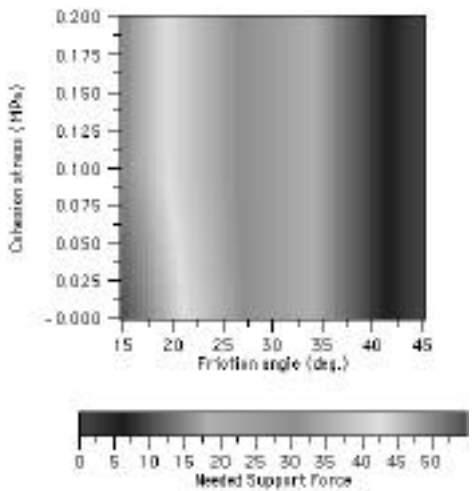


図-3 必要支保内圧率コンター図

5. おわりに

本論文は、岩盤の限界状態の一つとして、ブロックの崩落を仮定し、崩落時の掘削解放率から算定される必要支保内圧率を用いて、支保設計への適用性を検討した。今回はブロックの形状、側圧係数を固定したが、実岩盤においてこれらの条件の具体的な設定の考え方とトンネル施工実績に基づく本手法の妥当性の検討が今後必要である。

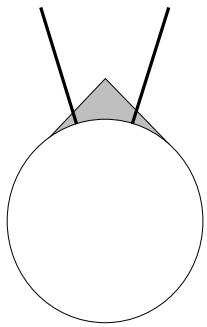


図-4 ロックボルトモデル図

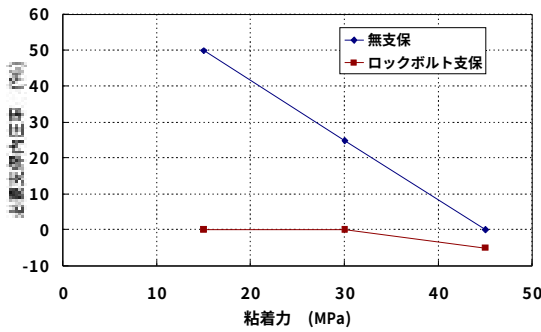


図-5 ロックボルトの補強効果

6. 参考文献

- 1) 江間智広、堀井秀之：岩塊崩落解析に基づく大深度トンネルの設計法, 第 55 回土木学会年次講演会, 2000
- 2) (財) 電力中央研究所、電気事業連合会：高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術（概要版）, H11.3