

吹付けコンクリートの剛性が応力解放率に及ぼす影響について

清水建設 北陸支店 正会員 藤野 晃

清水建設 技術研究所 正会員 熊坂博夫, 石井 卓

1. はじめに

トンネルの構築方法として NATM が導入されて以来、トンネル建設時の安定性の検討と支保設計において、特性曲線法を用いた二次元平面ひずみモデルによる解析解や FEM に代表される数値解析が広く用いられている。応力解放率は、この手法における重要なパラメータの一つである。一般のトンネルでは、ほぼ同一断面で様々な地山条件での多くの実績からその値のとり得る範囲が知られている。しかし、地層処分の坑道は、断面が小さいこと、地山の強度に比べ初期地圧が大きい深部への建設を想定すると支保が断面に比べ重厚な条件¹⁾であること、および、大深度化のニーズに応えるため吹き付け直後に大きな剛性を発現する新たな吹付けコンクリート²⁾の適用も考えられているため、これらの条件では一般に用いられている応力解放率の適用性が明らかでない。

以上のことから、弾性地山中の円形坑道を対象とした軸対称モデルによる逐次掘削解析を行ない、地山と支保の変位と応力より支保特性曲線を求め、吹付けコンクリートの弾性係数と応力解放率の関係について考察したので報告する。

2. 解析条件

2.1 解析モデル

検討対象は軟岩の主要坑道とし、軸対称解析を用いるため内径が5m（掘削径 D：6m）の円形断面とした。支保は吹付けコンクリートのみを考慮し、厚さは0.5mとした。一掘進長は、既往の検討¹⁾と同じ1.5mとした場合と交通トンネルの掘削径10mで一掘進長1.0mとしたときの掘削径と掘進長の比が同じ場合の一掘進長0.5mを対象とした。解析モデルの領域は100m×100mとし、境界の影響を受けないよう最終切羽位置を掘削開始境界より60mとした。

キーワード：地層処分、トンネル、安定解析、特性曲線法、安定設計

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL:03-3820-5557 FAX:03-3820-5959

2.2 地山物性と吹付けコンクリートの物性

地層処分施設の安定性検討¹⁾に用いられている軟岩系岩盤データセット SR-C を用いた。軟岩と吹付けコンクリートの物性を表-1に、解析ケースを表-2に示す。

3. 解析結果と考察

3.1 壁面変位および支保特性曲線について

切羽距離と壁面変位および支保特性曲線との関係を図-1に示す。図に示されるように、壁面変位は波打つことがわかる。特に、掘削長0.5mの場合、掘削区間内が二分割であるため切羽に近い側の節点の変位が小さくジグザグ状になる。

3.2 支保特性曲線について

支保特性曲線は、壁面変位を地山と接している要素両端の節点変位の平均とし、支保に作用する外圧（＝支保内圧） P_i を地山とこれに接する吹付けコンクリート要素の半径方向応力の平均値とし、さらに、一掘進区間内で平均して求め、直線近似している（図-2参照）。図-1の右図に示されるように、今回得られた支保特性曲線はほぼ直線状となり、釣合点も地山特性曲線との交点上にほぼのっていることがわかる。

3.2 吹付けコンクリートの弾性係数と応力解放率について

吹付けコンクリートの弾性係数と応力解放率の関係を図-3に示す。図より、弾性係数が大きくなるにつれて応力解放率が小さくなり、一掘進長が短い場合の吹付けコンクリートの支保では、その効果が大きいことがわかる。

4. おわりに

近年、掘進速度や硬化速度など施工条件や材料特性が支保特性曲線に大きな影響を及ぼすことが幾つか報告されており³⁾、今後はこれらの影響を考慮した検討を進めたい。

表-1 解析条件

岩盤 (SR-C)	弾性係数	MPa	3500
	ポアソン比	-	0.3
	飽和密度	Mg/m ³	2.2
吹き付けコンクリート	弾性係数	GPa	5, 10, 20, 40
	ポアソン比	-	0.2
深度	m		500
初期地圧	MPa		10.8

表-2 解析ケース

解析ケース	吹付けコンクリート弾性係数 (GPa)	掘削長 (m)
A-1	5	1.5
A-2	5	0.5
B-1	10	1.5
B-2	10	0.5
C-1	20	1.5
C-2	20	0.5
D-1	40	1.5
D-2	40	0.5

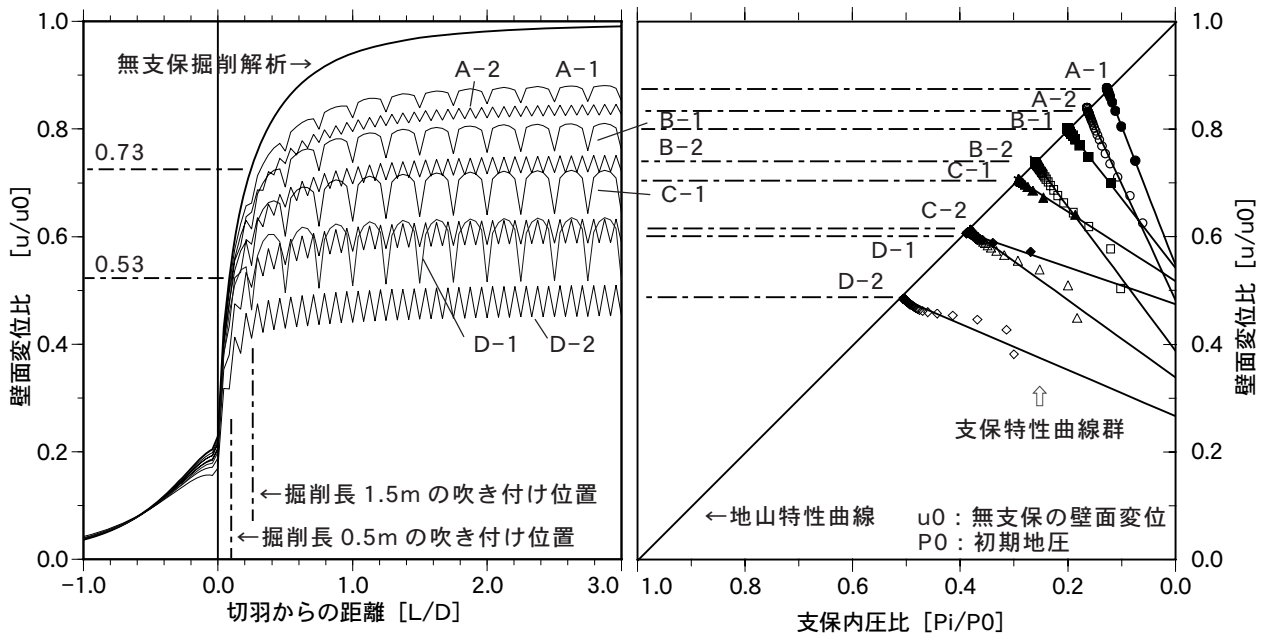


図-1 切羽からの距離と壁面変位比の関係（左図）および地山・支保特性曲線の関係（右図）

$$u = \frac{1}{2}(u_i + u_{i+1}).$$

$$P_i = \frac{1}{2}(\sigma_{g,r} + \sigma_{s,r}).$$

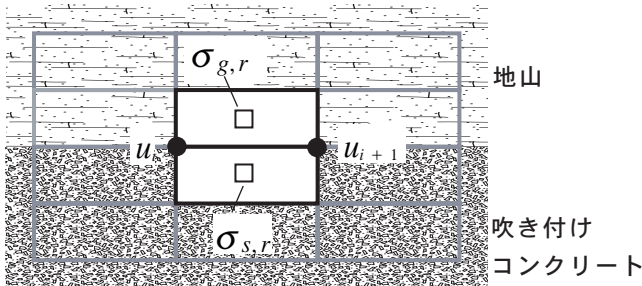


図-2 支保特性曲線を求めるための支保内圧 P_i と壁面変位 u の算出方法

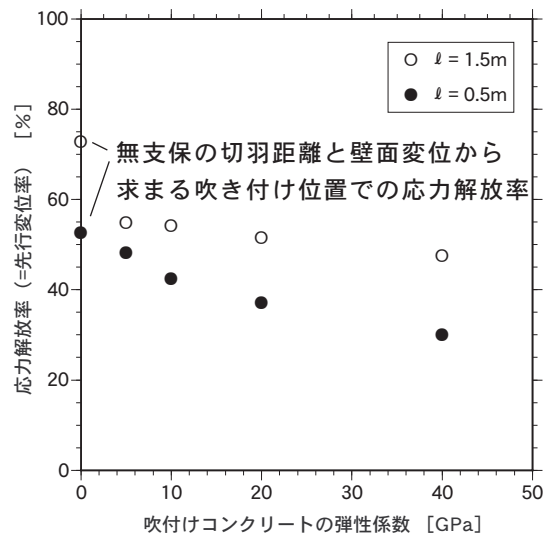


図-3 吹付けの弾性係数と応力解放率の関係

参考文献

- (1) 核燃料サイクル開発機構：地層処分研究開発第2次取りまとめ，平成11年。
- (2) 中谷篤史，他：トンネル工学報告集，第15巻，pp.23-27,2005。
- (3) 例えば、熊坂博夫：トンネル工学研究論文集，第14巻，pp.35-44,2004。