

A simplified 3D model for tunnel construction using tunnel boring machine

TBM を用いたトンネル掘削時の単純化 3 次元モデル

本論文はTBMを用いたトンネル掘削の際の地盤の変形を予測するための単純化3次元数値モデルを紹介するものである。モデルは地山特性曲線に基づいており、未支保範囲 L_{dec} (≡トンネル径) と掘削解放率 α_{dec} (経験式もしくは計測値にフィッティングして算出) を用いた三次元解析である。表-1に示す物性値で試解析を実施したところ、解析結果は既往の研究と良好な一致を示した。

今後トンネル形状(深さ, 径等)による α_{dec} のチャート作成等, 改善を試みたい。

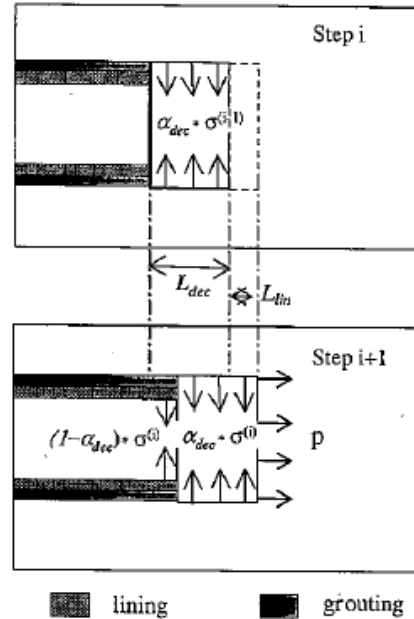


Fig. 1. Method used for the tunnel construction using TBM.

Table 1
 Properties of geomaterials used in the tunnel model

Geomaterial	E (MPa)	ν	c' (MPa)	φ (°)	ψ (°)	γ (kN/m ³)
Soil	30	0.3	0.005	27	5	20
Lining	35,000	0.25				25

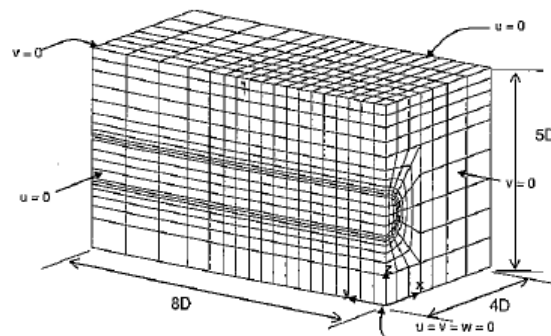


Fig. 3. 3D Finite element mesh used in numerical analysis (2214 20-node elements; 10,494 nodes; 28,471 ddl).

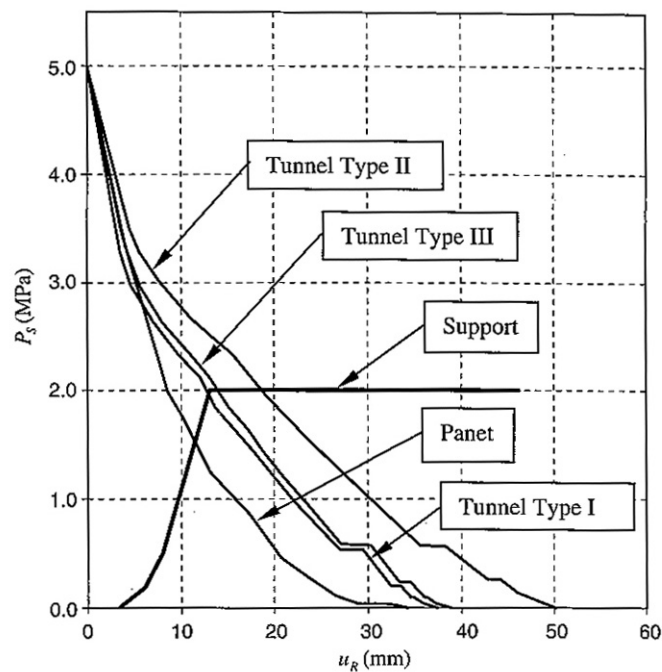
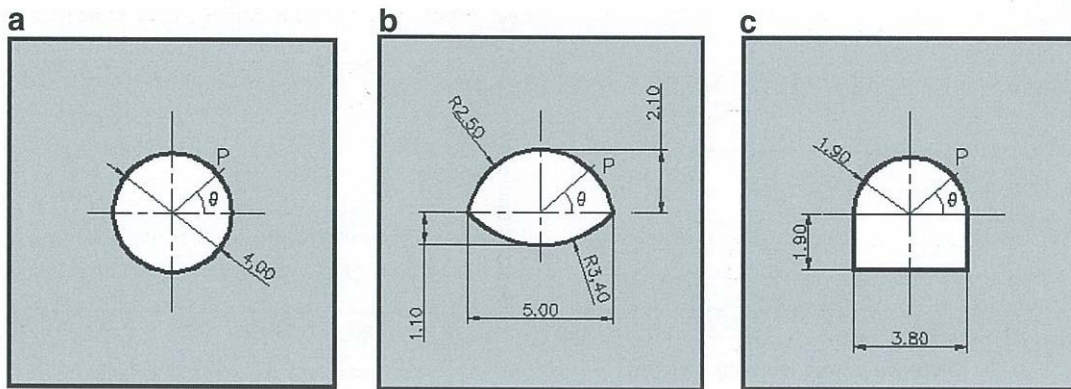
Influence of the depth and shape of a tunnel in the application of the convergence-confinement method

地山特性曲線法の適用における、トンネル深度及び形状の影響について

ここでは、地山特性曲線を描くことができるソフトCONTUN(Convergence Tunnel)を紹介する。このソフトは、Oviedo 大学で開発されたもので、以下を考慮することができる。

- ・ 切羽の進行速度
- ・ トンネル断面形状
- ・ 地山構成式
- ・ 支保パターン
- ・ 時間依存 (クリープ変形)

右図のような 3 ケースの断面で解析した結果、下図のようになった。



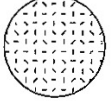
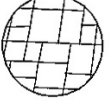

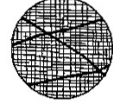



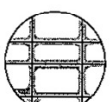


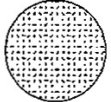

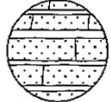
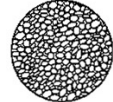
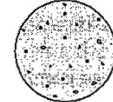
Ground behaviour and rock mass composition

地下掘削における地盤挙動と岩石の組成

トンネルや大空洞などの地下掘削による地盤の挙動は、同一ではなく、掘削周辺の地盤特性による影響が大きい。影響を与える要因は、岩石の種類や生じている応力、地下水などの地下地盤の状況と掘削の規模や形状などの掘削方法が挙げられる。すなわち応力の影響や地下水の状況、掘削の大きさが分かれば、岩石組成によって起こりうる地盤挙動を把握することができる。地面の挙動は、設計施工方法を決定する上で最も重要な要素であり、挙動に影響を与えるすべての要素を考慮する必要がある。しかし本当に適切な設計施工方法を決定することができるのは、実際の地面挙動を観測してからである。適切な設計施工方法を選択するためには、さまざまな影響を総合的に判断することが必要である。

設計を始めるには、どのような地下構造物を作るのか計画を立てる必要がある。構造物に対して求める性能が決まると、求められる安全性を要求の範囲で最も大きくなるように設定し、コストダウンを図る必要がある。そこに設計の必要性が生じる。設計するものとしては、掘削の大きさや形状、掘削・支保工方法などである。

岩石は大きく分けて硬いものと柔らかいものに分けることができる。さらに岩石の構造によって分けられ全部で5種類に分類される。5種類の分類の中でも、層状であったり葉状であったりと異なる形状を示す。また岩盤規模で見ると断層が存在し、局所的に弱い場所が存在する。粘土がほとんどないような断層から、粘土が多く、変成している断層までと、弱部層といっても多く存在する。しかし断層の特性は、岩石によってほぼ決まっている。微粒子の形状や土のような岩石であれば粘土層の断層を持つ岩盤となる。断層の材料の違いは、衝撃に対する挙動の違いとして表れる。

	MASSIVE ROCKS	JOINTED ROCKS or BLOCKY MATERIALS		PARTICULATE MATERIALS	SPECIAL MATERIALS
	A	B	C	occur often in weakness zones and faults	
	Weak to strong rocks	Rocks intersected by joints and partings	Jointed rocks intersected by seams or weak layers	D	E
				Highly jointed or crushed rocks, and soil-like materials	Soft and weak materials
1	 <p>Brittle, homogeneous and foliated rocks (granite, gneiss, quartzite)</p>	 <p>Jointed homogeneous foliated and bedded rocks</p>	 <p>Jointed rocks intersected by seams (filled joints) (seamy and blocky ground)</p>	 <p>Highly jointed or crushed rocks with clay seams or shears</p>	 <p>Alternating soft and hard layers (as clay schist-sandstone-clay schist)</p>
2	 <p>Schistose (deformable) rocks with high content of platy minerals</p>	 <p>Jointed, schistose rocks</p>	 <p>Prominent weathering along joints</p>	 <p>Highly jointed or crushed rocks (sugar-cube etc.) little clay</p>	 <p>Rock fragments with few contacts, in a matrix of soft (clayish) material</p>
3	 <p>Rocks with plastic properties (soapstone, rocksalt, many weathered rocks)</p>	 <p>Layered and bedded rocks with frequent partings (slate, flagstone)</p>	 <p>Jointed rocks with weak bedding layers</p>	 <p>Soil-like materials with friction properties (poorly cemented sandstones etc.)</p>	 <p>Soft or weak materials with plastic properties (mudstone, clay-like materials)</p>

設計において大きな要因となるのが、地盤の挙動をどう評価するかである。掘削場所周辺の岩盤がどのような挙動を示すかを明らかにしない限り、適切な設計と施工をすることはできない。挙動を生じさせる要因としては、岩盤自体に蓄えられている応力、地下水、地震、発破などが挙げられる。これらの要因により地面が振動すると、設計上さまざまな影響が生じる。設計手法、掘削面の大きさ、掘削方法、支保工の手法などは、岩盤の挙動の仕方により変えていく必要がある。地面の振動特性を調べるには、岩盤構造を調べるのが最適である。

TYPE OF ROCKMASS COMPOSITION		INITIAL BEHAVIOUR (without appropriate support)		LONG-TERM BEHAVIOUR (without appropriate support)								
SPECIAL MATERIALS	E Soft or weak materials	Alternating soft and hard layers (as clay schist - sandstone - clay schist)	i	E1	cave-in block falls, cave-in; plastic deformation ¹⁾ (initial)	cave-in	cave-in	swelling ³⁾				
		Rock fragments in a matrix of soft (clayish) material	v	E2								
		Soft or weak materials with plastic properties (mudstone, clay-like materials)	ii iii v	E3								
CONTINUOUS / bulky	D Highly jointed, crushed or soil-like materials	Highly jointed rocks with clay-seams or shears	iv	D1	block falls; cave-in	block falls; cave-in	block falls, cave-in; squeezing	swelling ²⁾ ravelling ²⁾ (fromslaking)				
		Highly jointed or crushed rocks (sugar-cube etc.), little clay	iv	D2					block falls; cave-in; running ground	block falls; cave-in	block falls; cave-in	flowing ground ¹⁾ swelling ³⁾
		Soil-like material with friction properties (loose cemented sandstones, crushed and disintegrated materials in some faults)	v	D3								
DISCONTINUOUS	C Jointed rocks intersected by weak layers or by seams (filled joints)	Occurrence of seams (filled joints)		C1	block falls	block falls	block falls	swelling ³⁾				
		Prominent weathering along joints		C2								
		Occurrence of weak bedding layers (mainly in some sedimentary sequences)		C3								
	B Rocks intersected by joints and partings	Jointed homogeneous, foliated, and bedded rocks		B1	block falls; buckling	block falls; buckling	block falls	swelling ²⁾ ravelling ⁴⁾ (fromslaking)				
		Jointed, schistose rocks		B2								
		Layered and bedded rocks with frequent partings (slate, flagstone, some shales)		B3								
	CONTINUOUS / intact	A Weak to strong rocks intersected by few joints	Brittle homogeneous and foliated rocks (granite, gneiss, quartzite, etc.)	low - moderate	A1	stable - block fall(s)	slabbing; bursting	rupturing	swelling ²⁾			
			Schistose (deformable) rocks with high content of platy minerals		A2					plastic deformations (initial)	squeezing	swelling ²⁾ ravelling ⁴⁾ (fromslaking)
			Plastic/deformable rocks (soapstone, rock salt, some clayish rocks)		A3							
INFLUENCED / TRIGGERED BY:		STRESSES		WATER		STRESSES		WATER				