

三次元数値解析による切羽前方地山の物性変化が現場計測に与える影響

山口大学大学院 学生会員 ○小松原渉
 ダイヤコンサルタント 正会員 今井政孝
 山口大学大学院 正会員 進士正人

1. はじめに

わが国の地質状況は非常に複雑で、トンネルなどの地中構造物を安全かつ経済的に構築するには地質状況の詳細な事前把握が重要である。しかしながら、これらの調査から地山状況を完全に把握することは不可能であり、トンネル施工中の現場計測を合わせて実施し、地山変形挙動を計測することにより当初設計の設計を修正しながら施工を進める「情報化施工」が実施される。トンネル施工中の現場計測では、近年では三次元で変形挙動を計測できる。図-1に三次元計測データの表示例を示すまたその精度も非常に良くなっている。しかし通常は、従来の天端沈下や内空変位計測結果として整理し活用されている。本研究では、切羽前方地山物性の違いが現場計測に与える影響を、三次元数値解析を用いてしらべた。

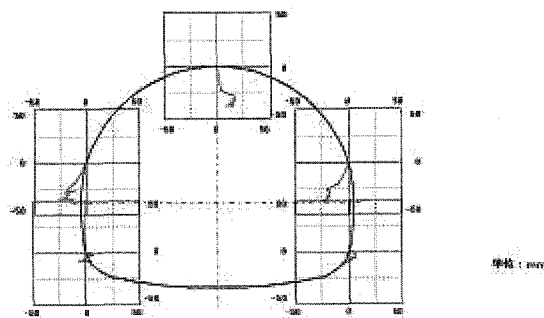


図-1 三次元変位計測データ表示例

2. 解析方法・条件

解析にはFLAC3D (ITASCA 社製) を用い、弾性体モデルによる解析を行った。図-2に解析に用いたモデルの簡易図を示す。モデルは奥行き 80m とし、その中央 40m 部分で物性が垂直に変化するモデルとした。解析モデルはその境界の影響を無くするためトンネル側壁まで 3D 離した。掘削は 1m ずつ行い、切羽 1m 手前まで支保工をおこなった。解析物性値を表-1 に示す。この地山物性値を E と定義し、弾性係数のみ 0.5E, 2.0E に変化させることによって、計測断面の変位に及ぼす影響を見た。また計測位置は、地山物性値が変化する部分 (以降、「境界」と表現する) より手前 0 ~ 40 m 部分を「境界手前」と表現する。そして物性値が変化して以降 40 ~ 80 m 部分を境界奥と表現する。また切羽と計測点の表現については、切羽が計測点に達していない場合を「-」で表現し、切羽が計測点を通過して以降を「+」で表現する。そして逐次掘削により、その計測点の挙動を計測していった。以下のような結果が得られた。

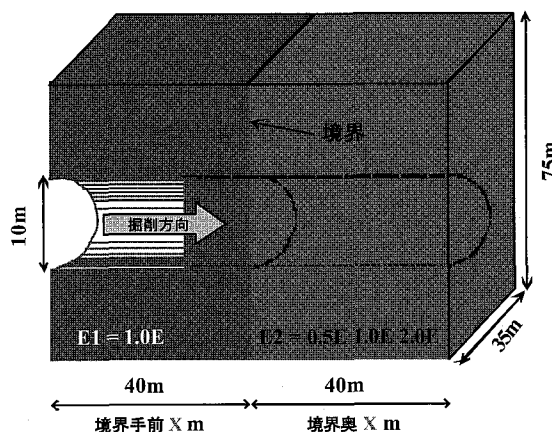


図-2 三次元解析モデル

表-1 解析物性値

地山モデル		単位体積重量 (kg/m³)	弾性係数(Mpa)	ポアソン比
E1	(1.0E)	2100	150	0.35
E2	0.5E	2100	75	0.35
	1.0E	2100	150	0.35
	2.0E	2100	300	0.35
支保工		2509	8134	0.20

3. 切羽前方物性変化が天端沈下量、側面変位に及ぼす影響

図-3に天端および側面の計測位置における X,Y,Z 方向の変位図を示す。さきにも述べたように現場で計測されるデータは天端沈下量、および側面の X 方向の挙動である。この 2 のデータは直接内空変位、天端沈下としてこれまで積極的に測られてきたものである。この図から分かるように、これら直接内空変位に影響を及ぼすであろうと考えられてきた変位ではあるが、切羽前方の物性値の違いによる挙動の差は非常に少なく、側面 X 変位は 1mm ~ 2mm 程度の差、天端沈下では計測点を切羽が通過して約 0.8D ~ 1.0D して変化が現れること

が良く分かる。しかしながら、今まであまり重要視されなかった天端のY方向変位や、側面のZ方向Y方向変位の方は明らかに切羽が計測点通過後から変位の差が現れ、その変位量も大きい。すなわち、切羽前方の物性値の違いは通常の内空変位計測や天端沈下計測では計測結果に現れないことが分かる。Dr.Schubertは、天端部のZ変位とY変位から切羽前方の物性値変化が事前に挙動に影響することを示したり、以上のように切羽前方の物性値変化の影響は事前に現れることがわかる。そこで、図-3の天端部Y方向変位に注目すると、Y方向変位がゼロに近い値を示すときは、切羽前方の物性値は小さいと考えられる。次に、この結果を物性値の変化のないE~Eの物性値変化を基準として、E~0.5EとE~2.0Eの物性値変化の相対変位レーダー図として図-4に示す。この図から分かるように、物性値が大きくなる変化(E~2.0E)は、X、Z変位は掘削に伴い「-」の方向へ変化しているのがわかる。一方物性値が小さくなる変化は「+」の挙動を示している。以上の結果を図-5のフローチャートにまとめた。つまり今まで整理されなかった計測結果を用いることにより、計測断面の評価と前方のヤング係数の評価ができると考えられる。

4. まとめ

本研究では三次元数値解析を用いることにより、切羽前方地山物性の変化が内空変位、天端沈下計測に与える影響を調べた。またその挙動を三次元での比較検討を行った。その結果、切羽前方の地山物性の変化は従来まで無視されているY方向変位に現れることがわかった。逆に従来の内空変位や天端沈下計測は前方地山の弾性係数の影響を受けにくいことがわかり、その影響範囲は約20m程度境界の手前から発生することもわかった。また物性値の変化の違いによって、挙動の大きさや方向も変わることが分かった。以上のことから今後の研究により、現場計測に与える影響がより詳しく正確に把握できるようになった場合、切羽前方の地山物性の予測が施工しながら予測でき、これまでの調査と組み合わせることにより、さらに早くより安全、経済的にトンネル施工ができると考えられる。

参考文献

- 1)SCHUBERT : The role of on-site engineering underground projects, 3.2advanced analysis of displacement monitoring data Rock Mechanics in underground Construction pp74, ISRM international symposium 2006 4th Asian Rock Mechanics symposium

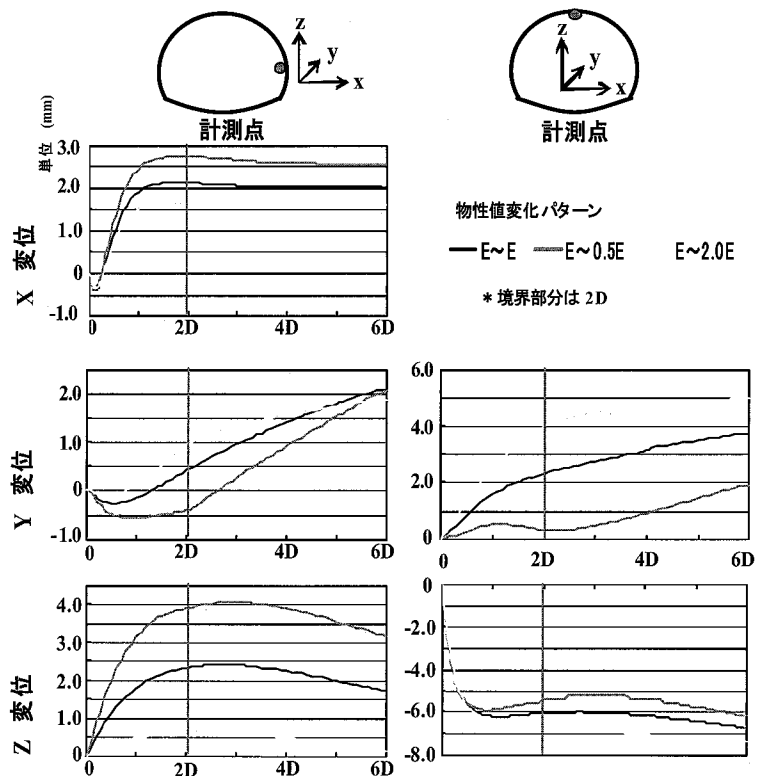


図-3 天端部および側壁部のXYZ方向変位推移

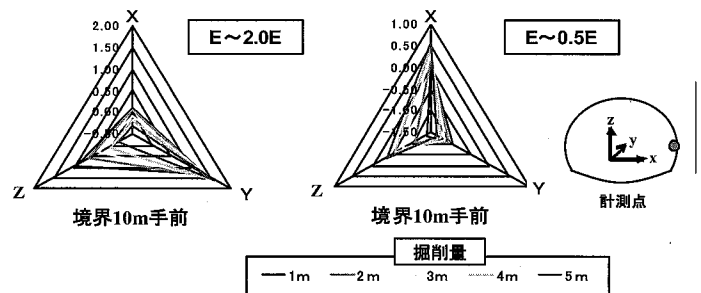


図-4 側壁部における相対変位レーダー図

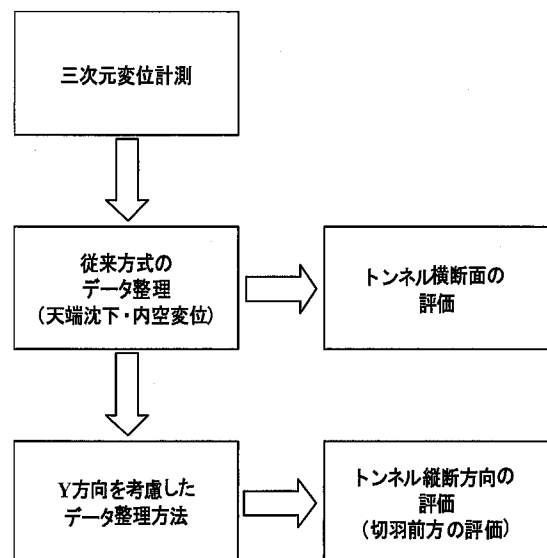


図-5 前方物性値の評価フローチャート