

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脆弱でかつ複雑である。そのような地質状況においてトンネルなど地中構造物を安全かつ経済的に構築するには、地質状況の入念な事前調査が欠かせない。しかし、現在の調査技術では地山状況の完全な把握はほとんど不可能である。そのため、トンネル施工中に現場計測を合わせて実施し、トンネル施工時の地山挙動を計測しながら施工を進める「情報化施工」実施されている。トンネル施工中の現場計測として内空変位計測、天端沈下計測がよく実施され、これら従来の計測はスチールテープが主体であった。そのため、計測方向のみの変形挙動が計測され議論されていた。近年では計測の合理化の影響もあり、光波測量を原則とした三次元計測が主流となり、その精度も格段に向上している。にもかかわらず、その結果の整理は従来スタイルの内空変位、天端沈下測定とした整理になっている。図-1に三次元計測されたデータの結果整理例を示す。すると、二次元での整理しかされていない事が良くわかる。

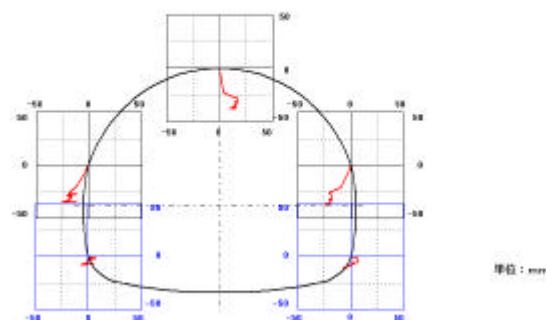


図-1 三次元変位計測データ整理例

本研究では、三次元数値解析を実施し、前方地山の物性変化が従来の内空変位計測の整理方法では把握できない事を明らかにするとともに、三次元測定による新しいトンネル側面計測の表示方法に関する提案を行う。

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に本解析に使用した簡易モデル図を示す。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0~40m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40~80m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。

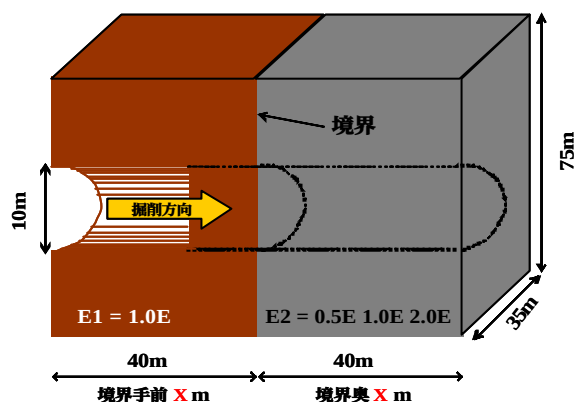


図-2 三次元解析モデル

表-1 解析物性値

地山モデル	単位体積重量 (kg/m ³)	弾性係数(Mpa)	ポアソン比
E1	(1.0E)	2100	0.35
E2	0.5E	2100	0.35
	1.0E	2100	0.35
	2.0E	2100	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前方の物性値の違いによる、掘削に伴う変位の差をまとめた。その結果、従来から計測されている内空変位(側面X方向変位)や、天端沈下(天端部Z方向変位)は前方の物性値の違いに対して、変位に差がさほど生じていないことが分る。特に内空変位と側面Z方向変位を比較してみると、その差は傾きから歴然である事が分る。また同様に天端部分について見ても、Z方向変位(天

端沈下)よりY方向の変位のほうが、差が大きい事が分る。次にY方向変位について見てみると、他の挙動は前方物性値が大きくなるにつれ、変位の差は小さくなるのに対し、Y方向の変位は大きくなっていることがわかる。つまり、従来方式の計測データの整理では前方の物性値変化に対しあまり反応しないと言え、側面部Y,Z方向や天端部Y方向の整理のほうが前方の物性値変化の影響を示しやすいといえる。このことはSCHUBERTが実測値を用い証明している²⁾。

そこで、三方向の変位データ得られた側面部について、三次元での挙動を表現する方法を提案した。その結果、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思われる。

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...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精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, ISRM international Symposium 2006 4th Asian Rock Mechanics Symposium, Rock mechanics in underground construction, pp74

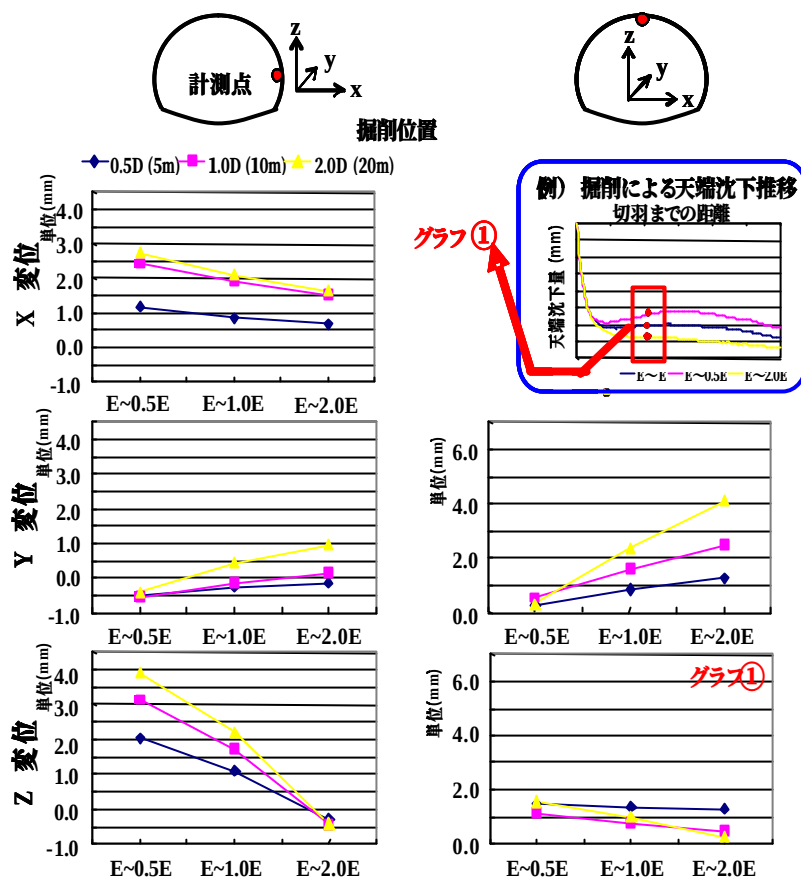


図-3 天端部および側壁部のXYZ方向変位推移

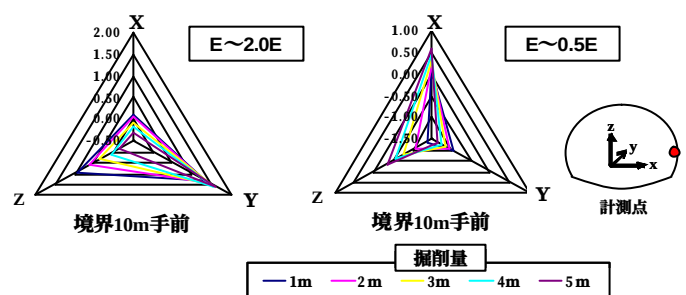


図-4 側壁部における相対変位レーダー図

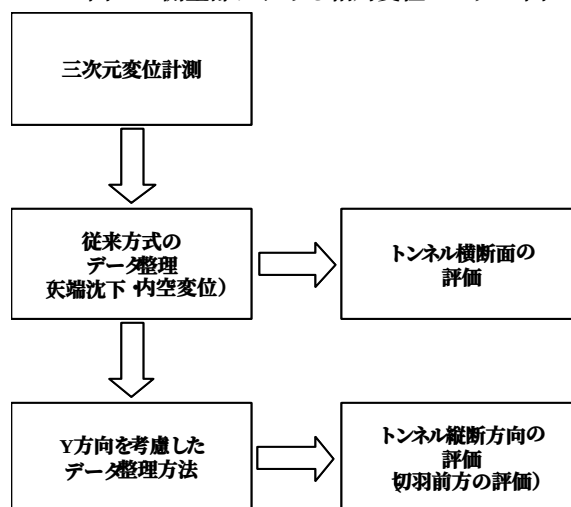


図-5 前方物性値の評価フローチャート