

# 三次元変位計測結果に基づく切羽前方の地山物性変化に関する考察

## Study on Method of Speculating Ground Conditions Ahead of Face with Measured 3-Dimensional Displacement Data

寺島佳宏<sup>\*1</sup> 小川 勲<sup>\*1</sup> 牧野良平<sup>\*1</sup> 神宮将夫<sup>\*1</sup> 大沼正浩<sup>\*1</sup>  
 Yoshihiro Terashima Isao Ogawa Ryohei Makino Masao Jingu Masahiro Onuma  
 阿保寿郎<sup>\*2</sup> 小林 薫<sup>\*2</sup> 松元 和伸<sup>\*2</sup> 熊谷幸樹<sup>\*2</sup> 進士正人<sup>\*3</sup>  
 Toshiro Abo Kaoru Kobayashi Kazunobu Matsumoto Koki Kumagai Masato Shinji

【キーワード】 三次元計測 内空変位 低速度帯 山岳トンネル 軸方向変位

### 1. はじめに

従来、山岳トンネルにおける日常の計測管理手法として、内空変位や天端沈下などの二次元の計測Aが行われている。昨今では、測量機器が著しく進化して、高精度の三次元計測を効率的に実施することが可能となり、トータルステーションがほとんどのトンネル現場に普及している。しかしながら、得られた計測値は従来の二次元の変位としての評価にしか用いられず、三次元の計測結果が、施工管理に十分に活用されていないのが現状である。これに対し、既に三次元計測結果から切羽前方地山の物性変化を予測する方法が、Schubertにより提案されている<sup>1)</sup>。また著者の一人は、三次元数値解析によりこの方法を検証している<sup>2)</sup>。

本報文では、大笹生トンネルの低速度帯区間で得られたトンネル内空の三次元計測結果から、切羽前方の地山物性の変化を予測する方法について報告する。

### 2. 先進ボーリング結果による低速度帯の位置

大笹生トンネル起点側の縦断面図を図-1に示す。掘削前に実施された弾性波探査では、測点No.21+75～No.22+0、No.23+25～No.23+53付近において、P波速度(以後 $V_p$ と示す)は $V_p=1.7\text{km/sec}$ と低速度値が示されており、その前後の区間は $V_p=3.0\text{km/sec}$ であった。また、トンネル掘削時に実施された先進ボーリング調査結果から、No.23+25～No.23+53の区間においては、角礫状～土砂状

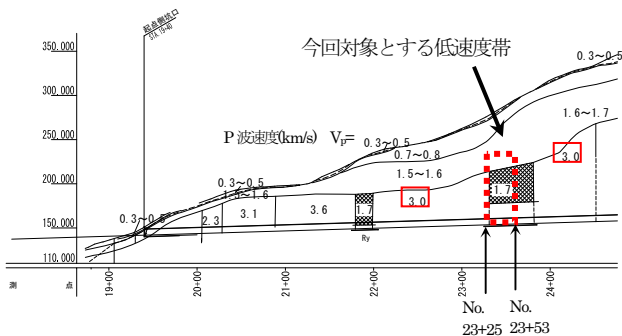


図-1 起点側縦断面図

コアが多くを占め、厚い粘土層も頻繁に認められた。よって、この区間は低速度帯を形成している可能性があることが確認された。

### 3. 計測方法

三次元変位計測を実施した各計測断面における計測点の設置位置を、図-2に示す。計測点は、断面毎に天端、左側面、右側面の3箇所とし、鉄製の治具に反射シートを貼り付け、地山に固定されたアンカーに設置した。計測位置は低速度帯の前方10m付近(No.23+13)から低速度帯の後方20m(No.23+75)付近までは約5m間隔とし、その前後は約20m間隔とした。三次元変位計測は、測角精度1", 位置精度±1mmのトータルステーションを用い、1回/日の頻度で行った。

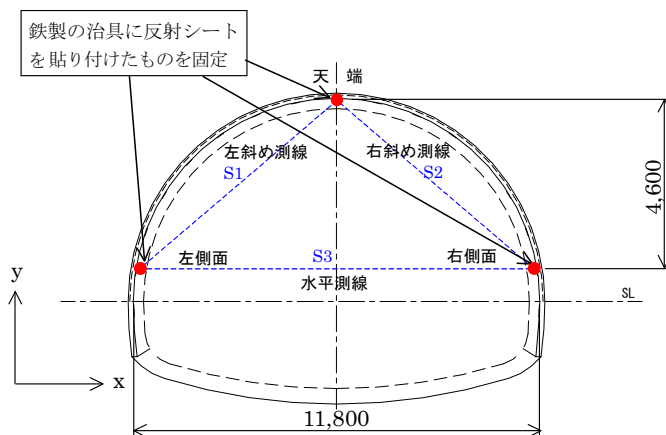


図-2 計測点の設置位置図

### 4. 計測結果と考察

三次元変位計測により得られた各計測点の座標値から、掘削時のトンネル軸方向成分を算出し、各計測時の初期値からの変位量をトンネル軸方向変位量とする。また、得られた各計測点の座標値から図-2で示す左斜め、右斜め、水平の各測線長(S1, S2, S3)を算出し、それぞれの初期値からの差を内空変位量とする。

1. 東日本土木支社 東北土木事業部 大笹生トンネル作業所 2. 技術研究所 3. 山口大学大学院理工学研究科 教授

トータルステーションを用いた計測では、得られた水平成分や鉛直成分の絶対座標値と比較し、測角による誤差の影響が少ないトンネル軸方向変位量や内空変位量の方が、信頼性があるものと考えられる。

#### 4.1 計測結果

トンネル軸方向変位量、内空変位量の計測結果を図-3および図-4に示す。これらは、切羽が各計測断面を通過後1D(D:トンネル掘削幅、約12.0m)の位置にあるときの各計測結果である。

図-3は、計測を実施した各断面におけるトンネル軸方向の変位量を示している。横軸は計測点を設置した測点を示し、縦軸はトンネル軸方向変位量を示している。

なお、数値は、正が切羽の押し出し量を示す。

また、図-4は各断面における内空変位量を示している。横軸は図-3と同様に計測点を設置した測点を示し、縦軸は内空変位量を示している。なお、数値は、負が収縮する（内空が狭くなる）方向を示す。

#### 4.2 トンネル軸方向変位量と内空変位量の傾向

図-3に示すトンネル左側面に設置された計測点（○印）に着目すると、軸方向変位量（押し出し量）はNo.22+70付近から低速度帯に接近するに従い増大し、低速度帯に入る直前のNo.23+23で最大値+7.2mmを示し、低速度帯に入ると極端に減少する傾向を示す。そして、低速度帯中央付近から変位量は-0.5mm～+2.5mmに減少し、低速度帯を過ぎてもこれを超えるような極端な増減はない。

一方、図-4の水平測線（S3、△印）に着目すると、No.22+70から低速度帯とその前後で内空変位量は収縮し、低速度帯の中央付近で最大値-8.8mmを示した。

よって、軸方向変位量は、内空変位量と異なり低速度帯直前で最大値を示し、低速度帯に入ると減少する傾向がある。

また、No.23+52で水平測線（S3、△印）の内空変位量は最大の伸張量+6.2mmを示したが、低速度帯の境界に近く、切羽の状況が切羽間にほぼ平行な面で厚い粘土を挟んでいたため、局所的な挙動になったものと思われる。

### 5. まとめ

大笹生トンネルの低速度帯とその前後で実施した内空変位の三次元変位計測結果から、以下の知見が得られた。

- 1) 前方の地山物性が変化する場合には、三次元変位のトンネル軸方向の成分は漸増し、切羽が低速度帯に入る前に最大値を示し、低速度帯に入ってから減少傾向を示す。
- 2) 同様に、トンネル断面水平成分と鉛直成分により示される内空変位量は低速度帯に入ってから増加を続け、低速度帯内で最大値を示した後に減少する。上記1)、2)の漸増、漸減が前方の地山物性の変化を予測するパラメータの一つとなり得る。

これまでの計測管理では、施工にフィードバックされることの少なかったトンネル軸方向の変位を整理することで、切羽前方の地山物性の変化を、掘削前の段階で予測できる可能性を見出した。

今後は、他の現場でも同様の整理を行い、三次元解析結果<sup>2)</sup>と、トンネル軸方向変位の特性を施工管理へ有効に活用するための評価法を検討する。

謝辞：低速度帯区間の施工にあたり、国土交通省 東北地方整備局福島河川国道事務所、奥建設監督官にご指導頂きました。ここに記して、感謝の意を表します。

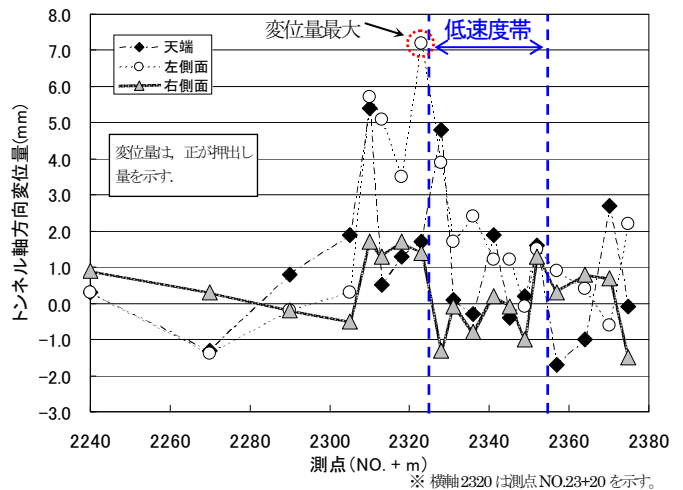


図-3 各断面におけるトンネル軸方向変位量

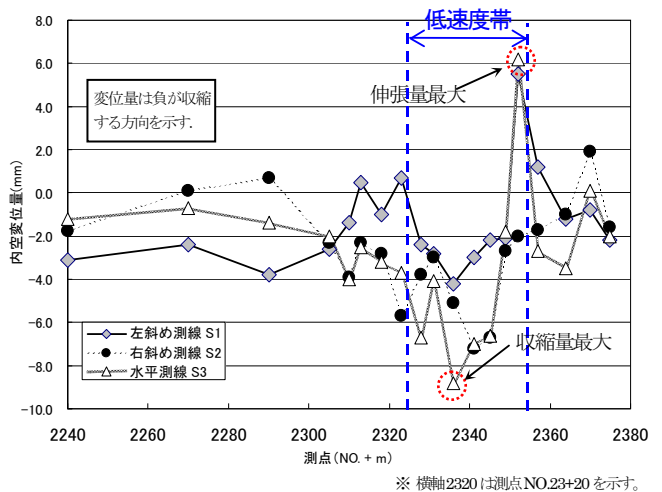


図-4 各断面における内空変位量

#### 【参考文献】

- 1) Schubert, W: The role of on-site engineering underground projects, Proc. ISRM Int. Symp. 2006 4<sup>th</sup> Asian Rock Mech. Symp. "Rock mechanics in underground construction", pp.71-82, 2006.
- 2) 小松原 渉, 進士 正人: 三次元内空変位計測結果のより有効な活用方法について, トンネル工学報告集, 第17巻, pp.183-186, 土木学会, 2007.