

## 大断面トンネル本坑拡幅時の TBM 導坑を利用した変位計測による地山挙動評価

|         |       |     |        |
|---------|-------|-----|--------|
| 日本道路公団  | 試験研究所 | 正会員 | 伊藤哲男   |
| 日本道路公団  | 試験研究所 | 正会員 | 赤木 渉   |
| 応用地質(株) | 技術本部  | 正会員 | 中西昭友   |
| 応用地質(株) | 技術本部  | 正会員 | ○ 國村省吾 |

## 1. はじめに

建設中の第二東名・名神高速道路の大断面トンネルに適用する設計要領には、先の試験施工結果から安全で合理的な「標準支保パターン」が4つの地山等級（B，C，C，D）に応じて掘削工法別に示されている。現在さらには、地山状況に応じた合理的、経済的な支保パターンを選択できるように、「支保のマルチ化」検討のために現地トンネルでの試験施工<sup>1)</sup>を実施している。

本論文は、第二東名・名神トンネルで行われた「支保のマルチ化」の試験施工の際に実施した、TBM導坑先進掘削工法の場合の本坑拡幅時に実施したTBM導坑を利用した変位計測結果から、地山挙動の評価について得られた知見を報告する。

## 2. TBM導坑内の変位計測

TBM導坑内の変位計測方法の概要を図-1に、TBM導坑内と本坑拡幅時の変位測点の関係を図-2に示す。先進しているTBM導坑内に変位計測のための測点を設置し、本坑拡幅切羽が計測断面に影響を与える前から計測を開始し、本坑拡幅切羽が計測断面に到達する以前からの変位量（本坑拡幅掘削による影響）を計測する。引き続き、本坑拡幅切羽が変位計測断面を通過する前に、一掘進長以内で変位計測点を本坑に設置し、変位計測を継続する。ここで天端部の計測データについては、TBM導坑内の測点と本坑の測点とを同一の測点として計測データを取り扱うことで、擬似的に本坑拡幅掘削の影響による全変位量が計測できるものと考えられる。

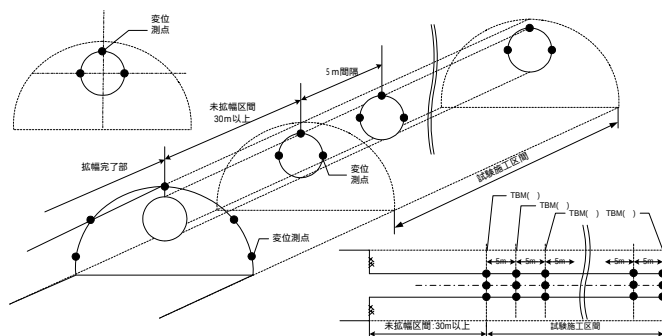


図-1 TBM 導坑内での変位計測方法の概要

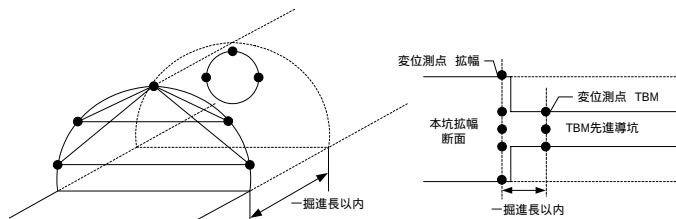


図-2 TBM 導坑内と本坑との変位測点の関係

## 3. 計測データの傾向

TBM導坑内の変位計測の一例として、図-3に天端沈下の変位計測結果を示す。計測された変位は小さいが、ほとんどの計測点で切羽離れ-30m程度から天端沈下を始め、同-15m程度から増加が著しい。切羽通過後は、切羽離れがほぼ20mで上半掘削による変位はほぼ収束している。この一連の本坑拡幅前のTBM導坑内変位計測と本坑拡幅後の変位計測結果から、トンネル天端沈下に関して、変換点距離と先行変位率および最終変位量の関係を式(1),(2)<sup>2)</sup>の様に取り扱い、変位量の予測を試みた。手前の試験施工区間（標準支保）の計測結果（図-3）から、式(2)の定数A,Bを算定した。その区間から60m離れた後ろの試験施工区間（軽減支保）に対して、TBM導坑内での変位計測量から、最終変位量の予測を行い計測結果と比較した。図-4に変

$$U_{max} = U_0 / (R / 100) \quad (1) \quad \text{ここで、} U_{max} ; \text{最終変位量(mm)} \quad U_0 ; \text{切羽通過時の変位量(mm)}$$

$$R(\%) = A \cdot \log(l / d) + B \quad (2) \quad R ; \text{先行変位率}(\%) \quad l ; \text{変換点距離(m)} \\ d ; \text{トンネル径(m)} \quad A, B ; \text{定数}$$

キーワード：TBM 導坑 変位計測 大断面トンネル みかけ弾性係数 地山挙動

連絡先：〒331-8688 埼玉県さいたま市北区土呂町 2-61-5 TEL:048-665-1811 FAX:048-667-9340

換点距離と先行変位量の関係を示すが、支保パターンにより相違があり、支保剛性が小さい方が先行変位量は大きい。図-5 に計測値と予測値とを示すが、変位量が小さいもののほぼ一致している。また、区間内での変位の出現傾向もほぼ一致している。

#### 4. 本坑拡幅によるみかけ弾性係数の推移

TBM導坑内での計測結果から、みかけの弾性係数を式(3), (4)<sup>3)</sup>により算出する。

$$E_t' = \frac{(1+\nu)}{U_t} \cdot \gamma H \cdot a \{2(1-\nu) - (1-2\nu)K_0\} \quad (3)$$

$$K_0' = \frac{2(1-\nu)U_a + (1-2\nu)U_t}{2(1-\nu)U_t + (1-2\nu)U_a} \quad (4)$$

ここで、 $E_t'$ : 天端部におけるみかけ弾性係数

$U_t$ : トンネル天端面の半径方向変位

$U_a$ : トンネル側面の半径方向変位

$a$ : トンネル半径  $\nu$ : ポアソン比

$\gamma H$ : 土被り荷重(初期応力)

$K_0$ : みかけ側圧係数

切羽進行に伴うみかけ弾性係数の推移を図-6 に示す。初期状態は計測精度の問題があるため、みかけ弾性係数の程度は明確にはできないが、初期の状態から切羽の接近により徐々に小さくなり、切羽到達時には初期状態の10分の1程度まで小さくなっている。支保剛性の相違により、その切羽距離に違いが見られるが、切羽距離が-5m程度付近以降はみかけの弾性係数の変化は見られない。

#### 5. まとめと今後の課題

TBM導坑内の変位計測から、本坑拡幅時の天端沈下量予測および変位の傾向が予測できる可能性がある。切羽進行に伴うみかけ弾性係数の推移から、トンネル周辺地山の变形特性の低減を抑制する点に着目すれば、先行補強、切羽安定の評価の方法としての可能性が見出せる。

今後は他のトンネルでの計測結果からさらに検討を進め、地山挙動メカニズムの解明、施工管理としての可能性や先行補強等の検討に役立てたい。

#### 参考文献

- 1) 赤木 渉, 伊藤 哲男: 第二東名・名神トンネルの支保のマルチ化検討, 土木学会第57回年次学術講演会, 第2部門, -180, 2002.
- 2) 岡部 幸彦, 近藤 達敏: トンネル掘削時におけるインクリノメーターによる地山変位挙動計測と切羽近傍の地山物性値の推定, 応用地質年報, 1987.
- 3) 桜井 春輔, 足立 紀尚: 都市トンネルにおけるNATM, 鹿島出版会, 1988.

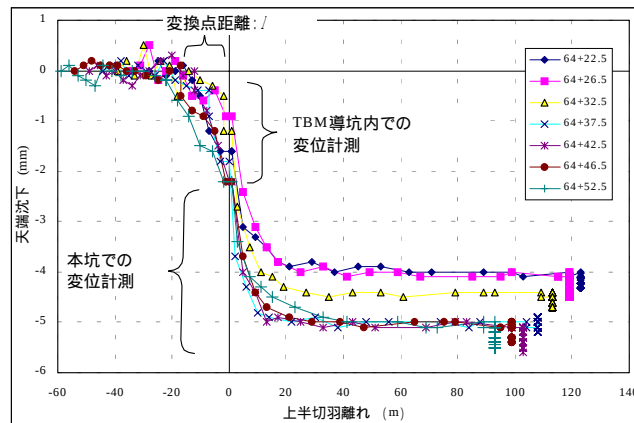


図-3 天端沈下の経距変化

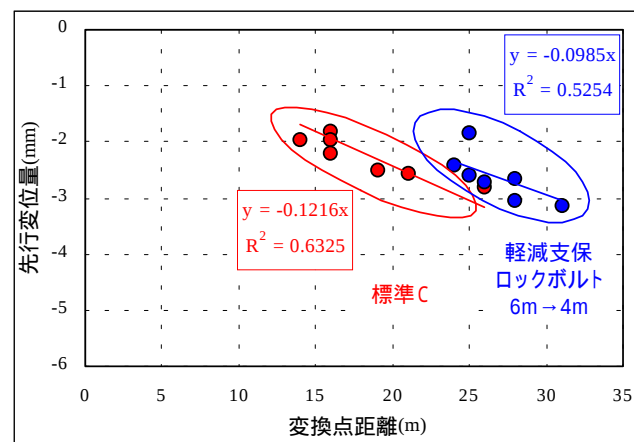


図-4 変換点距離と先行変位量の関係

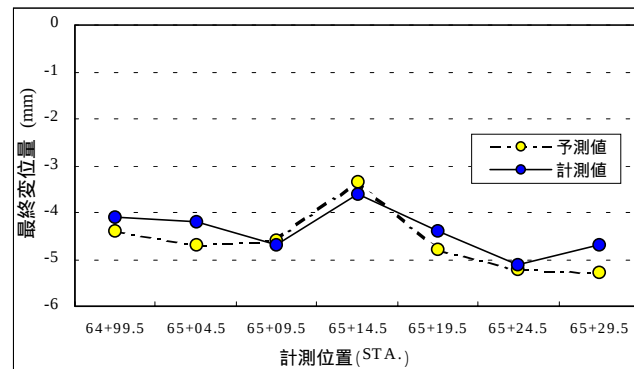


図-5 変位計測値と予測変位量

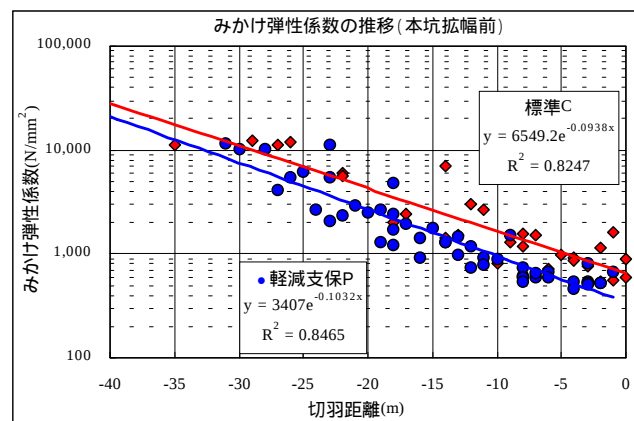


図-6 切羽進行に伴うみかけ弾性係数の推移