

坑内計測データを用いた前方地山予測手法に関する研究 (PS-Tad)

竹村 いずみ*

Izumi Takemura

石山 宏二**

Koji Ishiyama

千々和 辰訓*

Tatsunori Chijiwa

1. はじめに

本研究は、一昨年度より実施している山口大学との共同研究成果をまとめたものである¹⁾²⁾。

山岳トンネルの施工中には、地山状況の把握および観察のために、坑内の変位計測が行われている。計測には3次元光波測距儀（トータルステーション）が一般的に用いられており、これにより図-1に示すように、各計測点の3次元の変位を把握することが可能となっている。しかし、得られた3次元の計測結果のうち、管理されているのは天端沈下および内空変位というトンネル断面内の変位のみであり、計測点がトンネルの掘削方向に変位する挙動は計測結果として使用されていない。

そこで、本研究では既往研究の成果³⁾から、トンネルの掘削方向の変位に着目し、この挙動特性を活用した前方地山の予測手法を提案した。

2. PS-Tad の概要

(1) トンネル掘削方向変位挙動

本研究では、はじめにトンネルの掘削方向変位挙動を3次元数値解析により求めた。図-2に前方地山の状況を変化させた場合の掘削方向変位の挙動を示す。同図から、前方地山の良し悪しにより、掘削方向変位は異なる挙動を示すことがわかる¹⁾³⁾。

(2) PS-Tad²⁾ の概要と特性

図-2に示した掘削方向変位特性を用いて、切羽より前方の地山状況を予測する手法「PS-Tad (Prediction System-Tunnel axial displacement)」を提案する。PS-Tadでは、図-3に示す「Tad-Chart」という領域図を使用する。Tad-Chartには、計測点から1D (D: トンネル直径) 掘削した地点からの相対的な掘削方向変位に「地山影響値」を乗じたものをプロットする。ここで、相対的な掘削方向変位とは、1D掘削した地点での計測点の掘削方向変

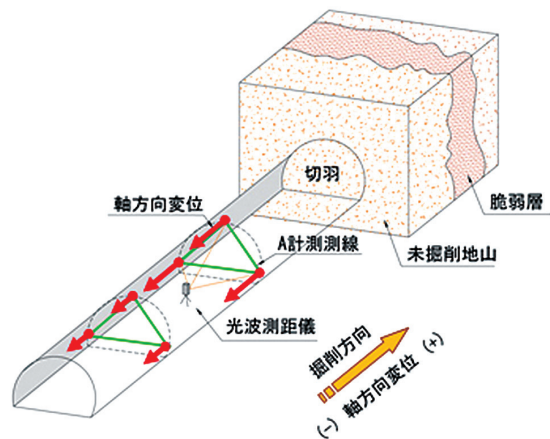


図-1 掘削方向変位と前方地山性状のイメージ

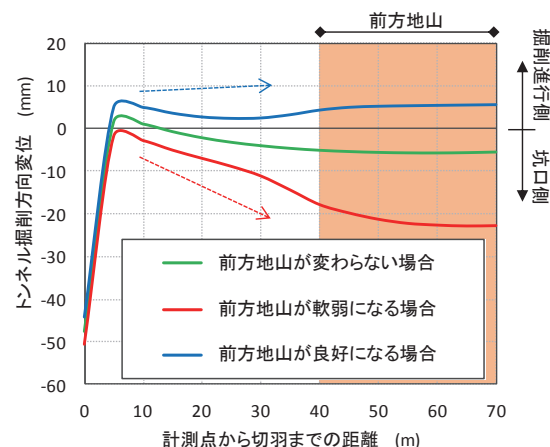


図-2 数値解析により算出した計測点の掘削方向変位挙動

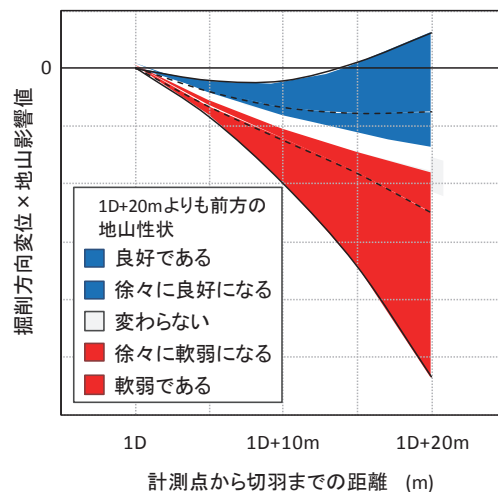


図-3 PS-Tad に用いる領域図「Tad-Chart」

位を初期値すなわちゼロとし、1D掘削した地点からの軸方向変位に換算した値を示す。また、「地山影響値」は式(1)より算出される値であり、前方地山の性状の他に掘削方向変位の挙動に影響を与える特性値により構成している。地山影響値を計測点の掘削方向変位に乘じることによって前方地山の性状のみに影響した掘削方向変位挙動が得られる²⁾。

$$\text{地山影響値} = \frac{\text{計測断面の変形係数}}{\text{トンネル直径} \times \text{単位重量} \times \text{土被り高さ}} \quad (1)$$

* 土木設計部 設計課

** 技術研究所 土木技術グループ

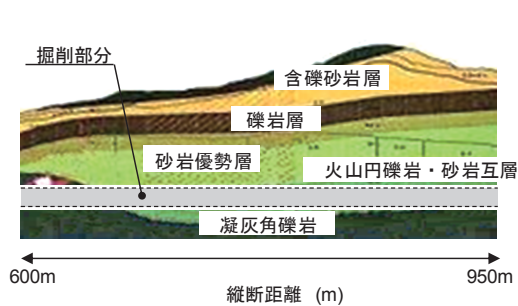


図-4 地質縦断面図

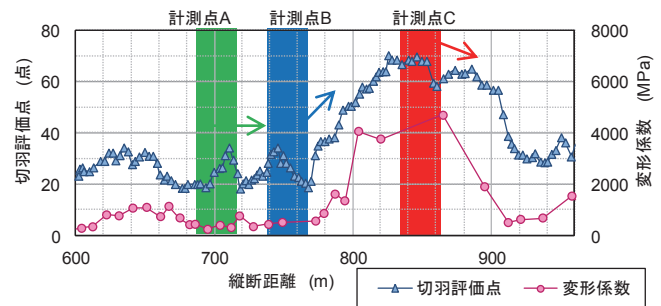
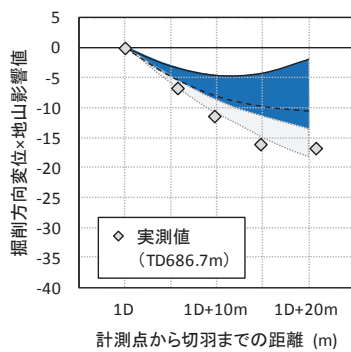
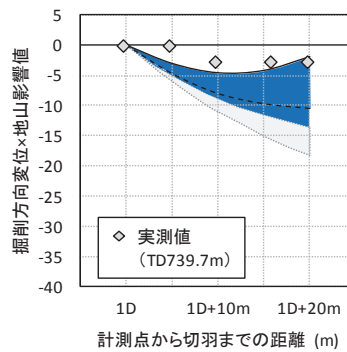


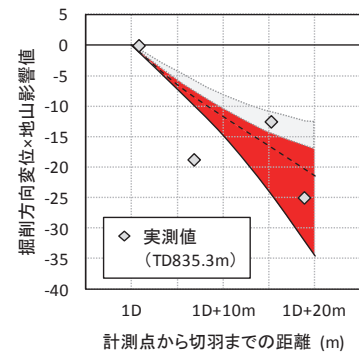
図-5 切羽評価点および弾性係数の推移



(a) 計測点 A (TD686.7 m)



(b) 計測点 B (TD739.7 m)



(c) 計測点 C (TD835.3 m)

図-6 Tad-Chart との適用結果

すなわち、PS-Tad は図-3 に示す Tad-Chart に各計測点の掘削方向変位に地山影響値を乗じた値をプロットしていき、Tad-Chart のどの領域にプロットされていくかによって前方地山の性状を予測する手法である。

3. 実施工データへの試行

(1) 適用現場概要

提案した PS-Tad について、実施工データを用いて適用性の検討を行った。適用現場は、当社施工の七尾トンネルの実測データを採用し、切羽評価点の増減が最も大きかった 600 m～950 m 区間を検討区間とした。適用区間の地質性状を図-4 に示す。また、図-5 に検討区間の「切羽評価点」および「天端沈下と土被り高さから逆解析により求めた地山の変形係数」の推移図を示す。図-5 から、検討区間の変形係数と切羽評価点の挙動はよく似ており、また、いずれの値についても増減が大きいことから、地山が軟弱な状態と良好な状態が共存していたことがわかる。

(2) 適用結果および考察

図-6 に、前方地山の性状があまり変化しなかった位置 (計測点 A)、良好になった位置 (計測点 B)、劣悪になった位置 (計測点 C) にそれぞれ設置されていた計測点の値を Tad-Chart 上にプロットした図を示す。同図から、それぞれの計測点の値は前方の地山性状によって異なる挙動を示しており、また、いずれの計測点においても Tad-Chart で前方の地山性状によって設定された領域の周辺に分布していることがわかる。しかし、指定した

領域外に外れて分布している箇所も混在しており、予測精度を向上させる工夫が必要であることがわかった。

4. おわりに

掘削方向変位を用いた前方地山予測法 PS-Tad を提案し、実施工データを用いて試行を行った。試行結果から予測手法としての適用性を確認したが、さらに予測精度を向上させる必要があるという課題点も見つかった。

今後、実現場へ適用して課題解決を図り、日常管理として使用する方法を確立したい。

謝辞. 山口大学工学部 進士正人教授 辻岡高志氏には、本研究の進展に際し懇切丁寧なご指導およびご協力を頂きました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 竹村いずみ, 進士正人, 鬼頭夏樹, 千々和辰訓, 石山宏二: 坑内の軸方向変位を用いた前方地山状況の予測法の提案, トンネル工学報告集, 第 21 巻, pp.1-7, 2011.
- 2) 辻岡高志, 武内秀頼, 竹村いずみ, 進士正人: 天端軸方向変位による前方地山予測法の改良を目指した基礎的検討, トンネル工学報告集, 第 23 巻, pp.177-182, 2013.
- 3) W.Shubert, A.Budil: The importance of longitudinal deformation in tunnel excavation, Proc.of 8 th Int. Congress on Rock Mechanics, Tokyo, 3, pp.1411-1414, 1995.