

トンネル前方地山予測システムの現場適用

中国地方整備局	福山河川国道事務所	非会員	今津 厚輝
	西松建設株式会社	正会員	竹村いづみ
	山口大学理工学研究科	正会員	○岡崎 泰幸
	山口大学理工学研究科	正会員	森本 真吾
	山口大学理工学研究科	正会員	進士 正人

1. はじめに

トンネル施工中には、計測 A と総称される内空変位計測や天端沈下計測が実施される。それらの計測は、3次元光波測距儀を用いるのが一般的であるが、3次元座標を計測しているにも関わらず従来の計測方法に合わせてトンネル横断方向の変位データのみ活用され、軸方向変位データは活用されていないのが現状である。そこで、既往研究¹⁾では、トンネル天端部の軸方向変位を用いて前方の地山状況を予測する手法「PS-Tad (Prediction System-Tunnel axial displacement)」が提案されている。

本研究では、PS-Tad をより有効に活用する方法として、前方地山の状態をより早い段階で判断することを目的とする。すなわち、現場計測データに PS-Tad を適用することで、前方地山の変化を判断できる切羽位置について検討を行った。

2. PS-Tad の概要

竹村ら¹⁾は、3次元数値解析を行うことで、トンネル天端部の軸方向変位は前方地山の硬軟によって挙動が異なることを確認した。そして、図-1 に示す「Tad-Chart」と模式図を提案した。PS-Tad と呼ばれる切羽前方予測手法は、軸方向変位が Tad-Chart 内のどの領域にプロットされていくかによって切羽前方の地山の硬軟を予測するものである。

3. N トンネルへの現場適用

3-1. 現場概要

本研究で対象とした N トンネルは、全長 551m、断面積 83.2m² の二車線道路トンネルである。このトンネルの地質は、崩積土および千枚岩が分布しており、適用区間の支保パターンは D I -b 以下となっている。

3-2. 現場計測データの整理

PS-Tad を適用するために、トンネル天端部の軸方向変位および計測点からの切羽距離(以下、“切羽離れ”と称す)が必要であるため、切羽進行記録および各計測点における計測日時との比較から現場計測データの経距変換を行うことで、切羽離れを算出した。また、地山状態の定量的な判断材料は切羽評価点を用いることとした。

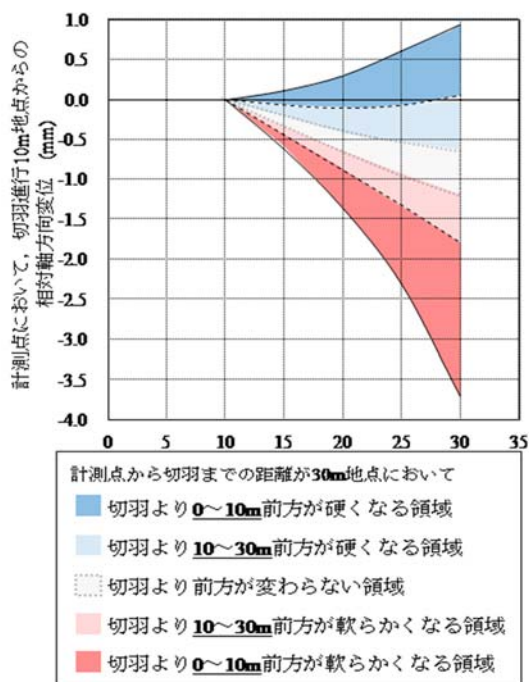


図-1 Tad-Chart

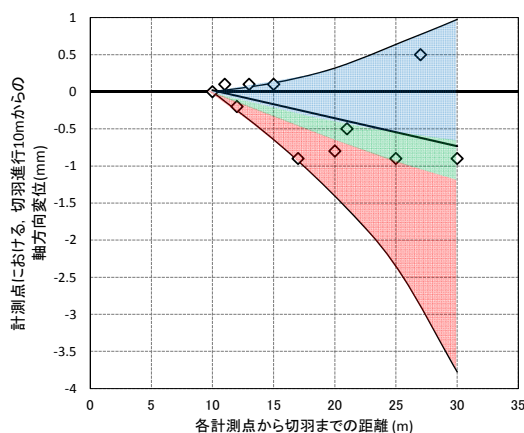


図-2 適用方法の一例

キーワード PS-Tad, 切羽離れ, 切羽評価点

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院 理工学研究科 トンネル研究室 TEL 0836-85-9332

3-3. 適用方法

既往研究^{1), 2)}では軸方向変位を5mごとにプロットされているが、本研究では詳細にプロットし、線形近似を行った。これを切羽離れ30m地点まで行い、最終的にどの領域を通過するかで前方地山の状態を判断した。図-2に一例を示す。

3-4. 適用結果および検討

図-3にNトンネルの計測点位置TD73.6m, TD153.6mの適用結果を示す。

図-3(a) TD73.6mの場合、計測結果は前方地山が軟らかくなる領域に分布しており、Tad-Chartでは「前方地山は軟らかくなる」と予測される。一方、図-4(a)における切羽評価点では、結果は減少傾向を示しており、このことから、(a) TD73.6mの挙動は、切羽評価点と同様の傾向を示すことがわかる。

一方、図-3(b) TD153.6mの場合、前方地山が硬くなる領域に分布しており、Tad-Chartでは「前方地山は硬くなる」と予測される。しかし、図-4(b)に示す切羽評価点は減少傾向にあり、これより、切羽前方地山は相対的に良くなってはいないと判断される。

このように、前方地山予測が一致したデータ数は41データ中21データで予測精度は約54%を示し、従来の適用方法の予測精度²⁾とほぼ同等という結果が得られた。しかし、従来では軸方向変位がばらついて判断が困難であった箇所に対し、線形近似を加味することで判断することが可能となった。

4. 切羽離れの検討

図-5は、切羽離れ10mと11mの差を100%とし、計測点ごとの近似線の傾きの割合をプロットしたものである。近似直線の傾きの差が徐々に収束することに着目し、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ のそれぞれの範囲に収まった箇所を切羽離れと判断した。前方地山の状態が判断できた21データで検証した結果、 $\pm 5\%$ では切羽離れ約21m、 $\pm 10\%$ では約20m、 $\pm 20\%$ では約18mとなった。このことから、切羽離れ約20m位置で前方地山の硬軟の判断が可能であると考えられる。

5. 結論

本研究では、現場計測データにPS-Tadを適用することで切羽離れの検討を行った。予測精度は約54%であり、従来とほぼ同等であるが、従来手法では判断が困難な箇所についても近似線を適用することで判断が可能となった。また、現段階では切羽離れ約20mで前方地山の状態が判断可能であると考えられる。

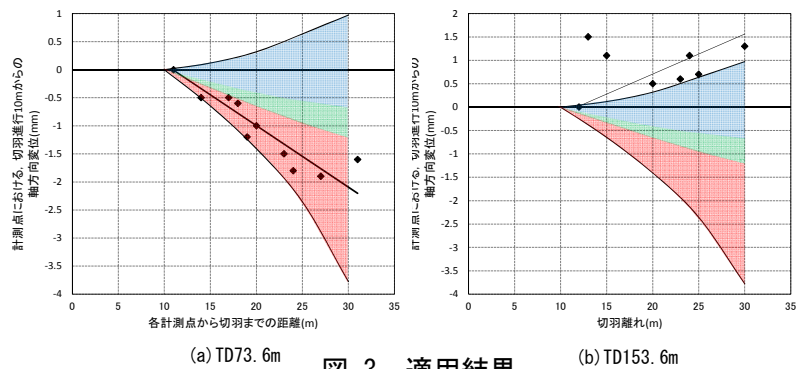


図-3 適用結果

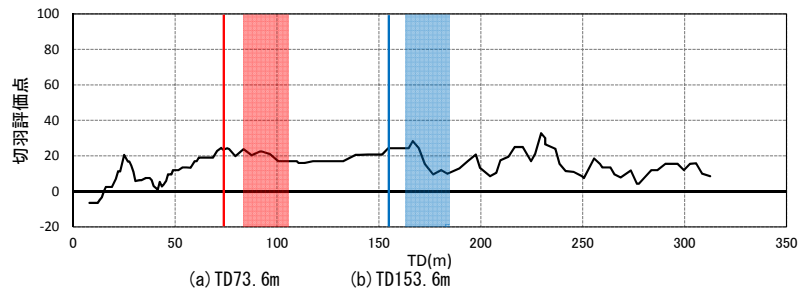


図-4 切羽評価点の推移

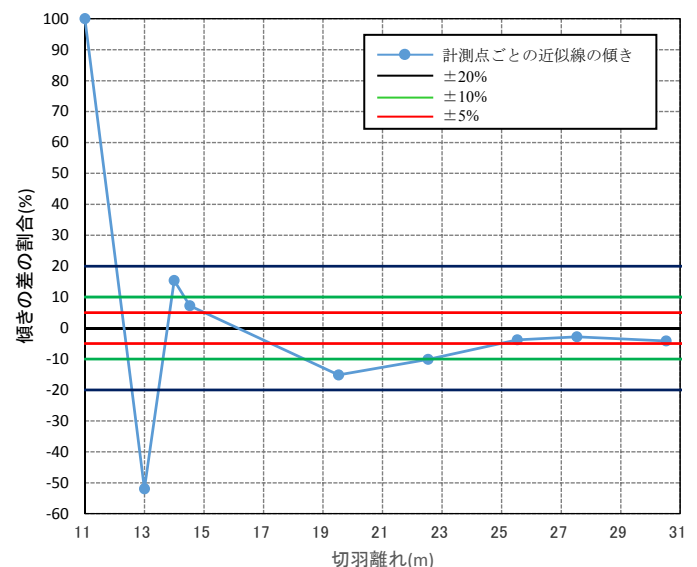


図-5 計測点ごとの近似線の傾き割合

参考文献 1) 竹村いずみ：天端軸方向変位を用いた前方地山状況予測法，平成23年度山口大学修士論文，2011

2) 武内秀頼：トンネル掘削時の前方地山状況予測手法の適用性に関する検討，平成24年度山口大学卒業論文，2012