

坑内軸方向変位を用いた前方地質予測手法の提案

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○竹村 いずみ 正会員 進士 正人
西松建設株式会社 正会員 千々和 辰訓

1. はじめに

山岳トンネル施工中においては、地山状況の観察・計測のために切羽観察や内空変位計測および天端沈下計測が主に実施されている。これらの計測はトンネル掘削におけるトンネル壁面の断面内変形挙動を計測するもので、それら変位挙動に基づく情報化施工が一般に実施されている。近年の内空変位計測には光波測距儀が用いられており、それによる3次元での絶対変位計測が主流である。しかし、断面外の変位はほとんど活用されていない。著者らは、天端沈下や内空変位計測として利用されていない天端部の軸方向変位が切羽前方の地山状態により変化することに着目した前方地質の予測手法を既往研究により提案している¹⁾。本研究では既往研究の成果を基に、より施工現場の計測方法に則した数値解析シミュレーションを実施した。そして、そこから得られた結果を用いて施工現場の計測結果への適用性に配慮した新たな前方地質の予測手法を提案する。

2. 解析手法

解析手法は有限差分法を用いた。解析モデルは図-1に示すように、奥行き180mの中央部90mで領域の物性値が変化する3次元モデルを想定した。表-1に示すように物性値を定め、前方地質の違いに伴う地山の挙動を把握するために領域①より素掘りによる1m毎の逐次掘削を行った。計測点は、施工現場の計測方法に則して、坑口から計測断面までそれぞれ10m・30m・50m地点の天端部に設置した。各計測点における計測区間は計測点設置位置より切羽に向かって30mとした。計測頻度は、切羽離れ10mより切羽が5m進行する毎に軸方向変位の計測を行い、計測区間内において合計5回計測を行うこととした。以下、数値解析シミュレーションにより算出した各計測点の軸方向変位挙動の検討を行う。

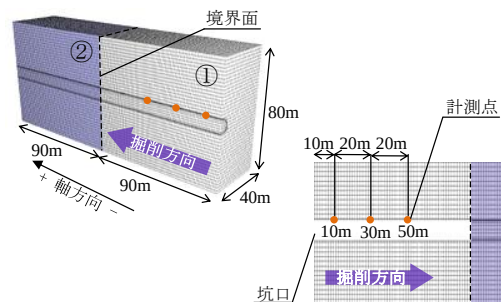


図-1 解析モデルおよび計測点設置箇所

表-1 解析物性値

モデル名	弾性係数 (MPa)		単位体積重量 (t/m ³)	ポアソン比 (-)	備考
	領域①	領域②			
モデル①		150	21	0.35	前方が変化しない
モデル②	150	15			前方が軟らかい
モデル③		1500			前方が硬い

3. 解析結果

モデル①～③の解析結果について、各計測点の軸方向変位挙動の推移を図-2に示す。10m計測点（坑口より10m地点の計測点）では、モデル①～③による挙動の違いはみられない。しかし、50m計測点（坑口より50m地点の計測点）の挙動をみると、前方がより硬い場合（モデル③）では掘削に伴い計測点の軸方向変位は正の方向、つまり掘削進行方向に引っ張られるような挙動を示す。対して前方がより軟らかい場合（モデル②）では軸方向変位は負の方向、つまり坑口方向に押し戻されるような挙動を示す。この結果から、天端の軸方向変位は前方地質の硬軟によって異なる挙動を示し、また、計測点位置が境界面に近づくほどその挙動特性はより明瞭となることが明らかとなった。

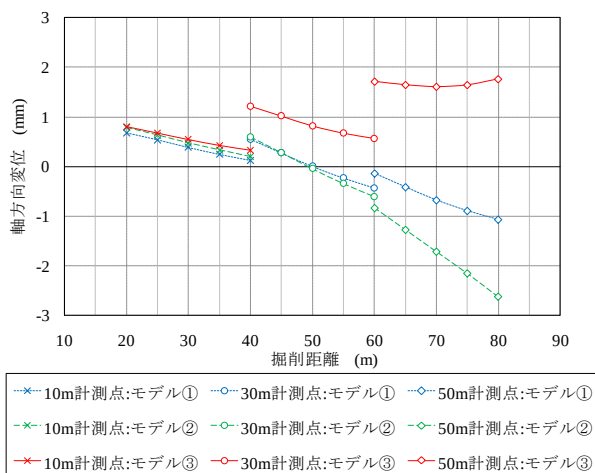


図-2 各計測点の坑内軸方向変位

キーワード：情報化施工，内空変位計測，光波測距儀，坑内軸方向変位

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 TEL 0836-85-9335

4. 坑内軸方向変位挙動を用いた前方地質の予測手法

4-1. 線形近似

前方地質の違いによる軸方向変位の挙動特性をより明確にするために、図-3に示すように各計測点の軸方向変位挙動に線形近似を行った。これは既往研究においても実施され¹⁾、各近似式の傾きから、前方がより硬い場合では傾きは正の値を示し、前方が変化しない場合およびより軟らかい場合では傾きは負の値を示すことがいわれている。また、前方がより軟らかい場合は変化しない場合よりも負の傾き値の絶対値が大きい。そこで、既往研究では傾き値の正負を用いた予測手法を提案しているが¹⁾、計測点からどの程度離れた位置で、また、どの程度前方地質が変化するかを把握することはできないという課題点が挙げられている。

4-2. 二次曲線近似

軸方向変位のより詳細な挙動特性を把握するため、図-4に示すように各計測点の軸方向変位挙動に二次曲線近似を行った。各近似式の第1項係数に注目すると、10m・30m計測点ではモデル①～③とも正の値（下に凸）を示しているが、50m計測点つまり計測が終了した地点の切羽位置より約10m前方がより硬い場合および変化しない場合では正の値（下に凸）を示し、前方がより軟らかい場合では負の値（上に凸）を示す。

4-3. 近似式の結果を用いた予測手法

線形近似では、前方が変化しない場合とより軟らかい場合、傾きは共に負の値を示した。一方、二次曲線近似では前方がより硬い場合と変化しない場合、第1項係数は共に正の値（下に凸）を示した。本研究ではこの結果を活用した、表-2に示すような線形近似の傾きと二次曲線近似の第1項係数の双方を組み合わせた予測手法を提案する。すなわち線形近似、二次曲線近似が共に正の値を示す場合では計測が終了した地点の切羽位置より約10m前方に、より硬い地質が存在している。対して線形近似、二次曲線近似が共に負の値を示す場合では計測が終了した地点の切羽位置より約10m前方に、より軟らかい地質が存在していると予測することができる。

5. まとめ

本研究では、現在活用されていない計測点の坑内軸方向変位の挙動特性を活かした前方地質の予測手法を数値解析シミュレーションにより提案した。その結果、既往研究の線形近似による予測法に二次曲線近似を組み合わせることで、既往研究よりもより定量的に前方地質の予測をすることができた。しかし、現段階では数値解析シミュレーションによる結果からのみの提案であり、現場への適用には計測精度などが今後の研究課題として挙げられる。今後は現場計測結果への適用を行っていきたい。

参考文献 1) 小松原渉, 進士正人:「三次元内空変位計測の有効な活用方法」

土木学会第38回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 論文番号40 pp.225-230 2009年1月

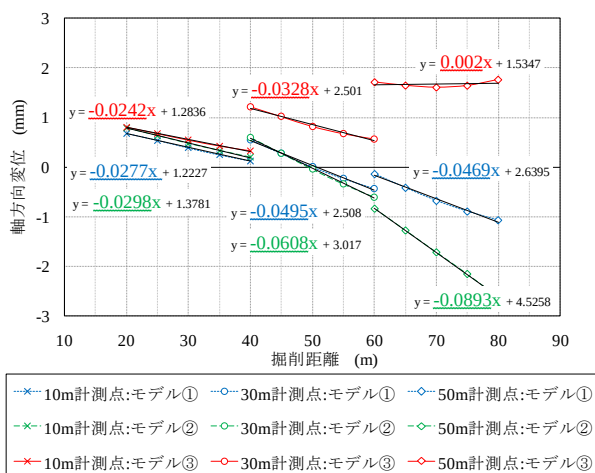


図-3 各計測点挙動の線形近似

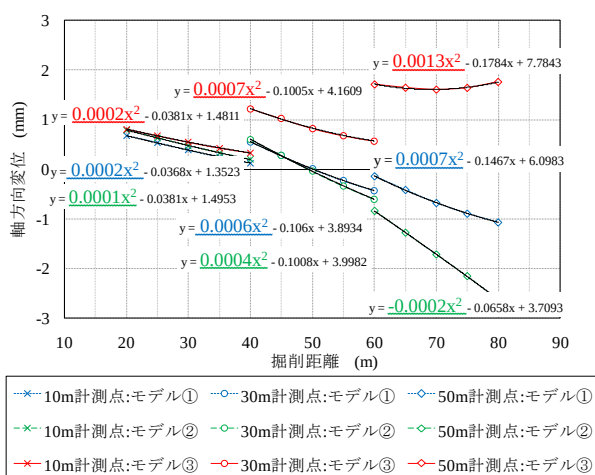


図-4 各計測点挙動の二次曲線近似

表-2 傾き・第1項係数の
双方を用いた予測手法

	線形 近似	二次曲線 近似	前方地質
	傾き	第1項	
計測点の 軸方向 変位挙動	+	+	より硬い
	-	+	変化しない
	-	-	より軟らかい