

トンネル調査での3次元地質モデル作成事例

日本物理探査株式会社 ○東 浩太郎, 間瀬口 輝浩

1. はじめに

国土交通省ではデータ活用・共有による受発注者の生産性向上を意義として令和5年度より BIM/CIM 原則適用を行っている。地質調査においても、発注者や設計・施工段階において地質データを活用・共有するため、より分かりやすく3次元地質モデルを作成する必要がある。

本稿ではトンネル施工に伴う土質ボーリングを行った調査を基に3次元地質モデルを作成し、トンネルと地質の位置関係や設計・施工上の留意点を視覚化した事例を紹介する。

2. 調査方法

本調査ではトンネル下部1D 区間の下端を掘止深度とし8本のボーリング調査を行った。本調査8本のボーリング結果と既往調査16本のボーリング結果を基に縦断方向に地質断面図を作成した。

地質調査結果を基に、トンネル施工位置を中心とした東西方向1200m, 南北方向5000m の範囲で3次元地質モデルを作成した。

作成したモデルは地形モデルと地質・土質モデルである。地形モデルは国土地理院数値標高データ(5mメッシュ)を用いてサーフェスモデルを作成した。地質・土質モデルはボーリングモデル, 準3次元地質断面図, 3次元地質モデルのうちサーフェスモデルとソリッドモデルを作成した。

ソフトウェアは Autodesk Civil3d と GEORAMA for Civil3D を使用した。

3. 地形地質概要

(1) 地形概要

本調査地は台地に位置する。起伏の少ない平坦な地形であり比較的安定した台地が形成されている。調査区間内の河川

や旧河道には谷底低地が形成されている。

(2) 地質概要

本調査地の地質層序表を表-1に示す。本調査では前期更新世に堆積した海成層が最下位に見られた。この海成

層は固結シルトを主体とする地層(洪積層5層)と締まった砂を主体とする地層(洪積層4層)に区分される。この上位に中期更新世～後期更新世前半に堆積した浅海～汽水～陸成の堆積物からなる地層が見られた(洪積層3層)。この層はやや締まった砂層を主体とし、礫質・粘土層を伴う。この上位に後期更新世に堆積した段丘礫層が見られた(洪積層2層)。この上位に降下火山灰が堆積した地層が見られた(洪積層1層)。河川や旧河道による谷底低地沿いには軟弱な沖積粘性土層が堆積していた(沖積層)。

表-1 地質層序表

時代	記号	地質区分	地層名	
第 四 紀	現世	B	表層土	
	完新世	Ac	沖積層	
第 四 紀	更 新 世	Dv1	洪積層1層	
		Dg2	洪積層2層	
	新 世	Dc3	洪積層3層	
		Ds3		
		Dg3		
	紀	新 世	Dc4	洪積層4層
			Ds4	
		世	Dg4	洪積層5層
			Dc5	
			Ds5	
		Dg5		

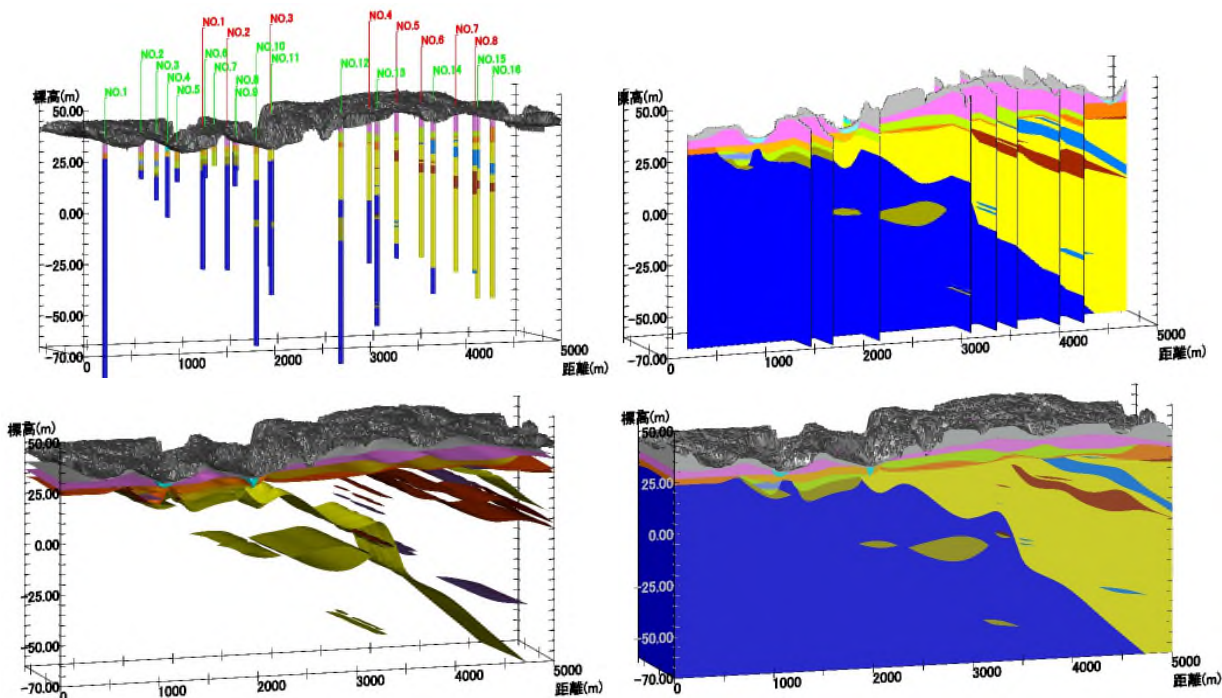


図-1 地質・土質モデル(水平方向:垂直方向=1:20)

左上:ボーリングモデル(赤:本調査, 緑:既往調査), 右上:準3次元地質断面図
 左下:サーフェスモデル, 右下:ソリッドモデル

4. 地質・土質モデル及び視覚化資料

(1) 地質・土質モデル

図-1に作成した地質・土質モデル（ボーリングモデル（左上）、準3次元地質断面図（右上）、サーフェスモデル（左下）、ソリッドモデル（右下））を示す。作成モデルは水平方向に対して垂直方向を20倍にして表現している。

(2) トンネルと地質の重ね合わせ

ソリッドモデルをトンネル計画線で分割し、トンネル施工位置を示したものが図-2である。また横断方向の地質とトンネルの関係を図-3に示す。トンネル施工区間およびトンネル上位1D、下位1D区間は砂質土層を主体とする洪積層4層区間（図-2右側、図-3左下・右下）と粘性土層を主体とする洪積層5層区間（図-2左側、図-3左上・右上）に二分される。またこの区間において、洪積層4層区間では礫質土のレンズ層（図-3右下 Dg4層）、洪積層5層区間では砂質土のレンズ層（図-3右上 Ds5層）が確認された。

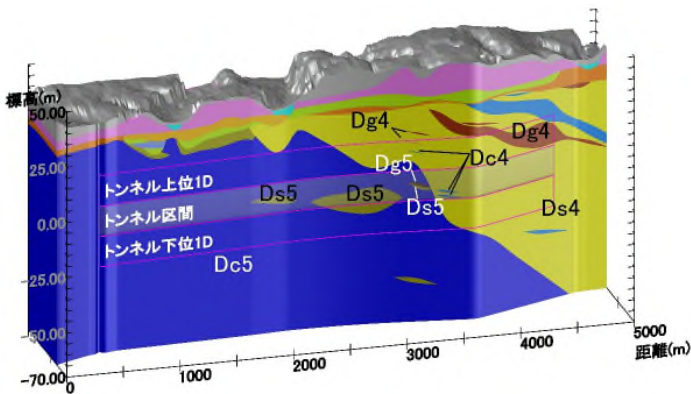


図-2 トンネルと地質の重ね合わせ(水平方向:垂直方向=1:20)

トンネル施工位置の関係を図-5に示す。洪積層4層砂質土層においてトンネル施工位置より高い平衡水位を持つ被圧地下水が確認されたため、湧水や掘削に伴う地山のゆるみなどへの対策が必要となる。

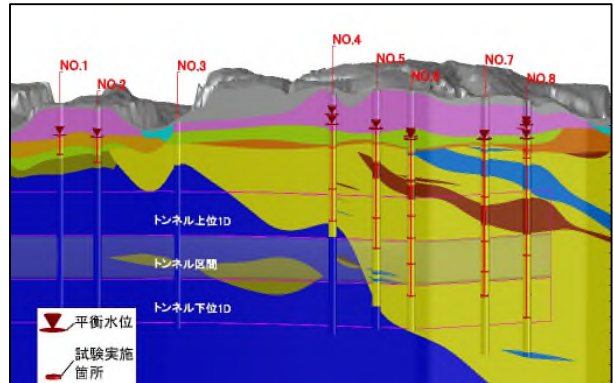


図-4 現場透水試験実施箇所(水平方向:垂直方向=1:20)

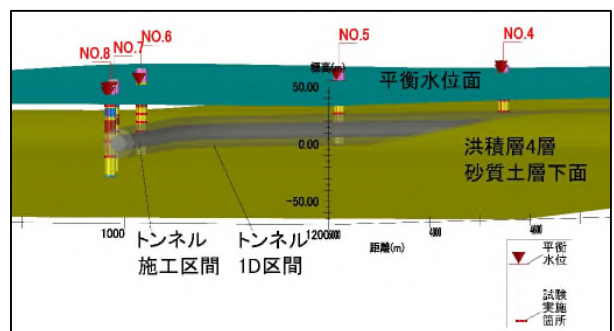


図-5 洪積層4層砂質土層の平衡水位面とトンネルの関係(水平方向:垂直方向=1:1)

5. まとめ

今回トンネルと地質の位置関係の把握や設計・施工上の留意点の視覚化を目的として3次元地質モデルを作成した。説明にあたっては、画像や動画とともにタブレットを使用して実際にモデルを動かしながら説明を行った。普段から2次元の図面を使用している方には、準3次元地質断面図が分かりやすいと判断した。サーフェスやソリッドモデルの説明を行う際に、準3次元地質断面図も併せて使用したところ客先や設計・施工技術者等への理解を得やすいと感じられた。またトンネルの3次元モデルと地質モデルを併せて表示することにより、施工位置と地質の関係や原位置試験結果、地質リスクの把握がしやすくなった。今後も3次元地質モデルを生かして、地質調査結果や地質リスクの共有を図っていききたい。

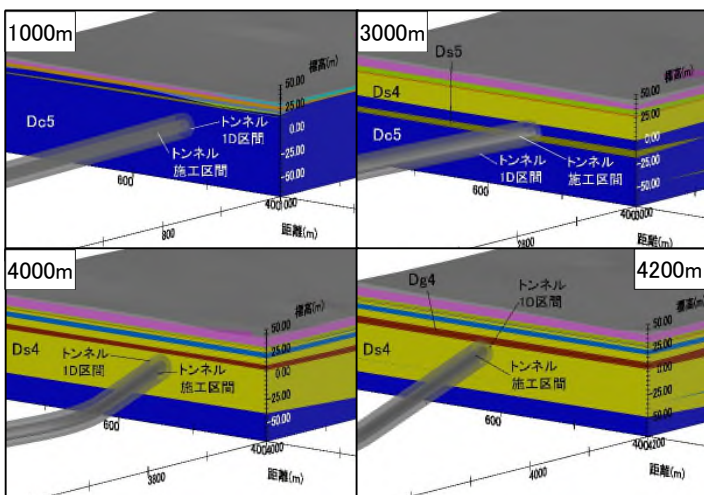


図-3 南北距離1000m(左上)・3000m(右上)・4000m(左下)・4200m(右下)での横断方向の地質とトンネルの関係(水平方向:垂直方向=1:1)

(3) 地下水位

現場透水試験実施箇所と平衡水位をソリッドモデルに示したものが図-4である。全試験において被圧地下水が確認された。試験を実施した地層のうち洪積層4層砂質土層で確認された平衡水位を基に推定した平衡水位面と