

道路設計への三次元地盤モデルの活用

松岡 秀樹¹

¹関東地方整備局 常総国道事務所 計画課 (〒300-0033 茨城県土浦市川口1-1-26)

道路設計に際しては、圧密・変形などの問題となる沖積層（軟弱層）の分布範囲や深度を把握することが重要である。周辺の地形から沖積層厚の変化が激しいと想定される場所では、従来の限られた本数のボーリング調査やサウンディング調査のみで、沖積層の三次元的な分布を推定するには限界がある。本報では、S波速度構造を地表から測定出来る微動アレイ探査とボーリング調査を組み合わせ、三次元地盤モデルの作成を行った事例を報告し、道路設計への活用について紹介する。

キーワード BIM/CIM, 地質モデル, 微動アレイ探査, i-construction, 生産性の向上, 地質リスク

1. はじめに

一般国道6号牛久土浦バイパス（Ⅲ期）は、ドローン、地上レーザやMMS等を活用し、三次元点群データ（図-1）を取得し、道路設計を行うこととしており、新規事業化となった平成30年度は、測量及び地質調査を実施している。

事業箇所は、牛久沼や稲荷川に隣接しており、蛇行した谷に軟弱な沖積粘性土が堆積した低地が含まれており、沖積層厚の変化が激しいことが想定された。（図-2）

隣接事業では、設計時に想定した地盤改良工事の範囲を見直す必要が生じ、工事施工前に追加ボーリングや修正設計を行うなど、工事着手が遅れる事象が発生している。

本事業では、隣接事業での経験を踏まえ、通常実施しているボーリング調査に加えて、ボーリング調査に比べて安価な微動アレイ探査を追加調査することにより、精度良く地層を把握したうえで、三次元地盤モデルを作成し、道路設計を進めることとしている。



図-1 三次元微動アレイ探査箇所の点群データ

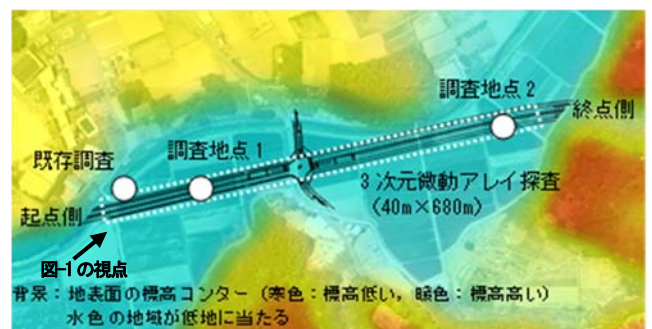


図-2 計画道路と地形標高コンター

2. 微動アレイ探査の調査方法

三次元微動アレイ探査（林ほか、2018）は、探査装置を地表面に格子状に配置し、地表面の常時微動を計測・解析することで地盤内の三次元的なS波速度構造を把握する方法である。

道路中心線の両側20mの範囲（40m×680m）において、8m間隔の格子状に探査装置を設置した。（写真-1）

計測は、同時に72台の探査装置を用い、道路縦断方向に移動しながら2日にわたり実施した。

なお、道路中心線において8m間隔で道路縦断方向に探査装置を設置し、二次元にて調査する方法も770m実施した。計測は、12台の探査装置を用い、道路縦断方向に移動しながら1日で実施した。

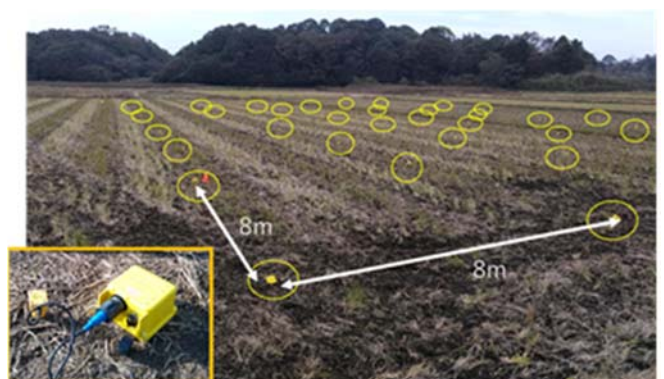


写真-1 測定状況と使用した探査装置

3. 三次元微動アレイ探査の調査結果

三次元微動アレイ探査の結果は、S波速度の三次元データとして得られる。道路縦断方向のS波速度断面図をボーリング調査の結果と共に図-3に示した。

各地点のボーリング調査から、沖積層はN値0~1の軟らかい腐植土及び粘性土を主体とすることが確認された。沖積層のS波速度を概ね $V_s \leq 60\text{m/s}$ と考えると、三次元微動アレイ探査による沖積層の層厚が、各ボーリング調査の沖積層厚と概ね整合した。また、沖積層の層厚は道路縦断方向で大きく変化する結果を得た。

S波速度の三次元データから沖積層の下端となる $V_s=60\text{m/s}$ の面を抽出し、BIM/CIM地形モデルと重ね合わせた沖積層下端面の鳥瞰図を図-4に示した。沖積層の下端面は、

台地が張り出す位置で浅く、周辺地形と整合する結果であった。

4. 三次元地盤モデル

三次元地質解析ソフトを用い、微動アレイ探査調査地を含む事業区間（計5.5km）の地層下端面（サーフェスモデル）及び、地層形状（ソリッドモデル）を作成した。

道路中心線において二次元にて調査した箇所モデルを図-5に示した。その結果、地質調査結果と周辺地形からは想定出来ない「沖積層が厚い区間」の存在を確認することが出来た。

作成したモデルは、道路構造形式の検討、地質リスクの抽出と地質調査地点の選定及び、地元住民への説明等に活用が可能である。

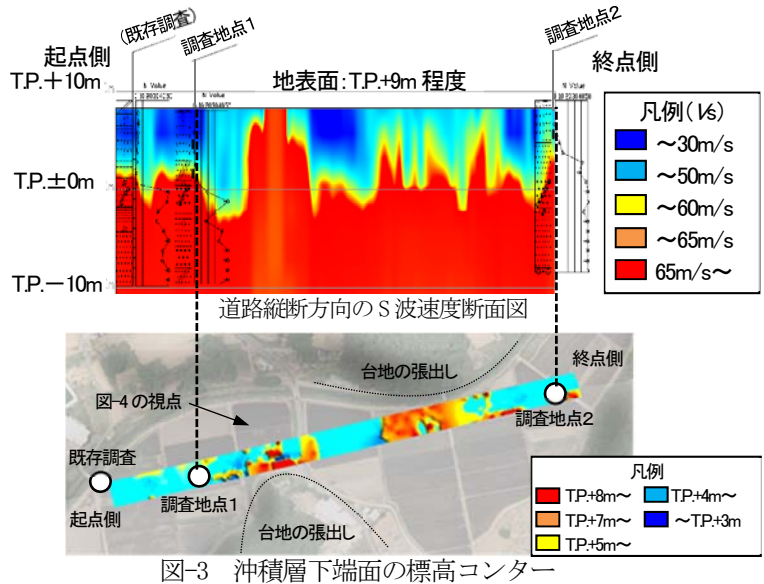


図-3 沖積層下端面の標高コンター

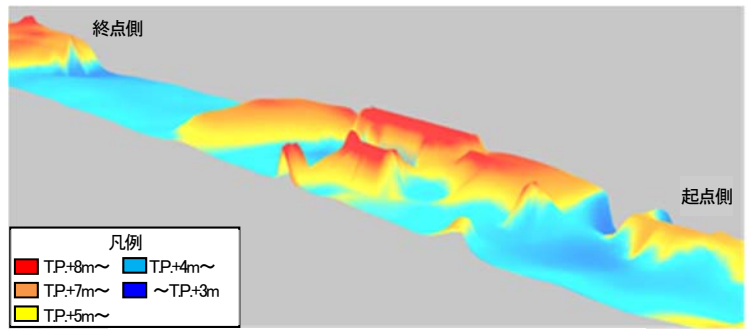


図-4 沖積層下端面の鳥瞰図

5. おわりに

今回、従来のボーリング調査に加え微動アレイ探査を実施したことで、地質モデルの再現精度を向上することができた。今後、様々な物理探査手法を取り入れることで、効率的・効果的に地盤情報を得ることが重要である。

また、軟弱地盤改良工や基礎杭等の施工データを用いて、モデルの精度や有用性を確認し、改善点の検討が必要である。

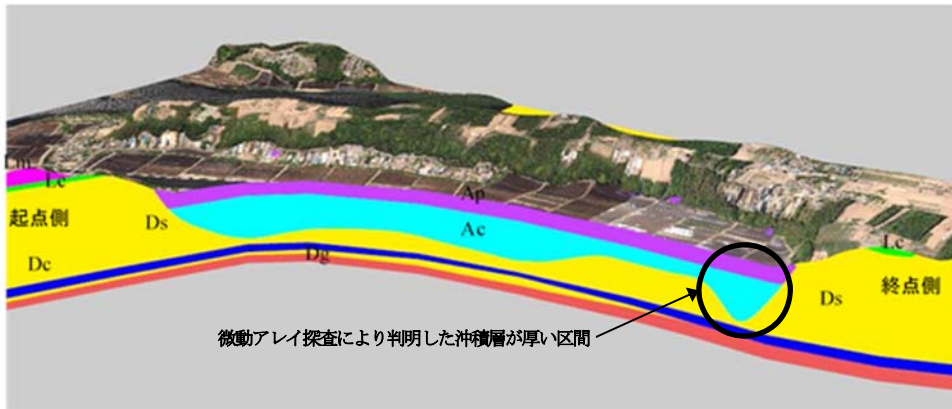


図-5 二次元微動アレイ探査箇所の三次元地盤モデル（ソリッドモデル）

時代	層序	土質区分	地層記号	主な土質
完新世	沖積層	沖積腐植土層	Ap	腐植土
		沖積粘性土層	Ac	粘土質シルト シルト
第四期 更新世	沖積層	沖積ローム層	Lm	ローム
	常総層	沖積粘性土層	Lc	凝灰質粘土
		沖積砂質土層	Ds	細砂 中砂
木下層	沖積粘性土層	Dc	シルト	
上泉層	沖積礫質土層	Dg	砂礫	

参考文献

林ほか：二次元および三次元常時微動トモグラフィの開発と適用事例, 物理探査学会第138回学術講演会論文集, pp. 79-82, 2018