

二次元比抵抗探査による施工基面下の土層構成・含水状況の把握

京王電鉄株式会社 菊地 隆 京王電鉄株式会社 松山 義範
京王電鉄株式会社 正会員 堀田 明秀 ハシヰックコンサルタンツ(株) 正会員 東瀬 康孝

はじめに

対象路線では過去に軌道内の陥没を生じ、現在も軌道沈下が継続している。それらの軌道狂いを契機としてボーリング調査・地下水調査が実施されたが、調査は点の情報であるため、縦断方向で約 500m の範囲における変状機構を特定するには至っていない。そのため、現在でも軌道の保守管理に多大な労力を要している。

線状構造物である鉄道軌道の変状機構を捉えるには、軌道方向あるいは軌道横断方向における、土層構成と土層が有する物性を連続的に把握することが必要となる。土層や物性の連続性を捉える物理探査手法として、弾性波法や比抵抗法が挙げられるが、調査目的および施工条件を勘案し、比抵抗法を採用した。

地盤の比抵抗値は、土粒子や間隙水の比抵抗値、および土層の間隙率や含水量により変化する物理量である。しかし、同一土層内に限定した比抵抗コントラストは、土層が有する体積含水率（間隙および含水状況）の差異を表すものと考えられる。本論では、二次元比抵抗探査結果と路盤の含水状況について報告し、調査結果から推定できる軌道沈下の機構と今後の課題について考察する。

1．対象サイトの地形地質と軌道狂い

対象路線は多摩丘陵に位置し、丘陵・台地部を切土で、谷部を盛土または橋梁で横断する。地質構成は下位より、丘陵地形を構成する更新統の稲城砂層（以下 Is）それを被覆する更新統の凝灰質粘土層（Dcs・Dc）および武蔵野ロームに対比される火山灰質粘性土層（Lm）である。

軌道沈下と構成地質との関係として、Dcs 層および Dc 層が路盤・路床を形成すること、Dcs 層は砂層を挟在し、被圧地下水を賦存していること、Is 層は粒径が揃っており飽和域では流動しやすい性質を示すこと等が挙げられる。Lm 層は不圧地下水を、Dcs 層は被圧地下水を有しており、不連続な帯水層を形成している。また、両帯水層は、Is 層内の地下水と不連続であり、Is 層上面付近は不飽和となっている。既設対策工として、Dcs 層より上位の地層を対象とした地下水低下工が施工され、地下水位の低下および噴泥減少の効果が得られた。しかし、対策前後において軌道沈下が収束する傾向は不明瞭である。

2．電気探査仕様

既往資料から、地質構造はほぼ水平であることが示されていた。電気探査は、比抵抗分布により同一地層内における含水および間隙の状態を連続的に把握することを目的とした。

測線配置は沈下計測結果・地質構成により、500m 区間を複数にグルーピングし、軌道の直交方向に 7 測線を配置した。探査仕様は、軌道内で 0.5m ピッチ、軌道外で 1m ピッチの電極間隔とし、4 極法の Wenner 法と Dipole - Dipole 法を併せた電極配置とした。軌道方向の縦断測線として、電極間隔 2m ピッチ、測線長：L=480m を設け、サイト全体の比抵抗分布を得た。

電気探査は微小電位を計測する作業である。軌道内には電気探査の障害となる複数の軌道施設があるため、レールと地盤との絶縁や高圧線の影響等を確認し、適切な探査環境で電位データを取得した。

3．調査結果

電気探査を補完するため、箱抜きによるバラスト・路盤の目視観察により路盤以浅の情報を、電極位置における簡易貫入試験で路盤以深の情報を得た。それらの結果を含めて下記に示す。

キーワード：軌道沈下，噴泥，地下水，比抵抗

東京都新宿区西新宿 2 - 7 - 1 新宿第一生命ビル 6 階 地盤技術部 TEL：03-3344-1904 FAX：03-3344-1909

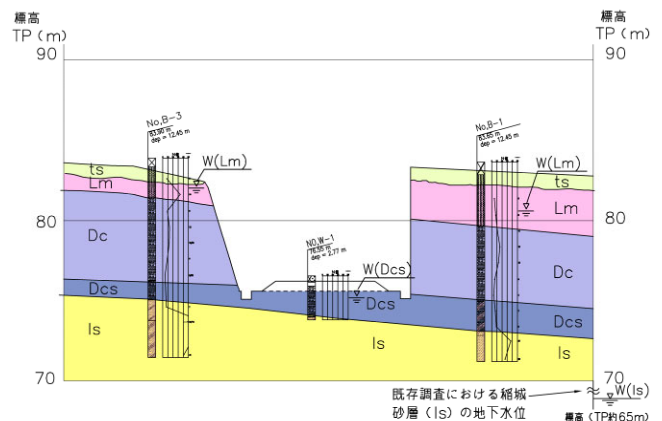


図 - 1 当サイトの地質モデルと地下水

3.1 路盤以浅のバラスト、地下水位状況

横断測線では路盤を露出させ、路盤上面およびバラストを観察した。Photo - 1 では、RC 製まくら木直下まで、バラストに細粒分が充填する状況を示している。Photo - 2 では降雨後の水面形成を経て、細粒分が堆積した路盤上面を示している。塩ビ管は路盤上に置いた状態であり、塩ビ管と路盤間の止水処理は施していない。複数地点で確認されたそれらの事象は、降雨後の一時的な地下水位の上昇と、軌道面に達しない噴泥がバラスト内で生じていることを示唆した。



photo - 1

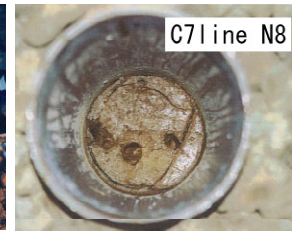


photo - 2

3.2 路盤以深 3m までの N 値分布

路盤以深の 3m 区間を対象として、簡易貫入試験を約 200 地点で実施した。Nd 値から換算した N 値は、5 以下が主体であった。1 N 3 の土層が連続する範囲も確認され、それは Dc 層および Dcs 層に対比できた。サウンディングの試験深度内において、深度方向に N 値が大きくなる傾向は不明瞭である。

3.3 二次元比抵抗探査結果

軌道横断測線の 2 つの解析断面を、既柱状図を転載して図 - 2 に示す。両測線間の離隔は 220m である。

路盤直下の Dcs 層に着目すると、Dcs 層は下図の方が上図に比べ相対的に低い位置に分布する。これは既往結果で示された縦断方向における Dcs 層の分布形態と一致する。

Dcs 層の被圧地下水頭は、同層上面付近にあり、降雨後には被圧水頭が上昇する。軌道と Dcs 層の位置に着目すると、Dcs 層上面が軌道に近い上図において、施工基面の直下は低比抵抗（暖色系）を示し、下図と比べ相対的に高含水であることを示唆している。

Lm 層および Dc 層の分布域において、不飽和域と飽和域の境界が寒色系から暖色系への色調変化として表れている。広範囲でみた地下水は、図の左から右方向へ流動しているが、軌道周辺では、局部的に軌道側への地下水流動が生じていることを表しているとみられる。

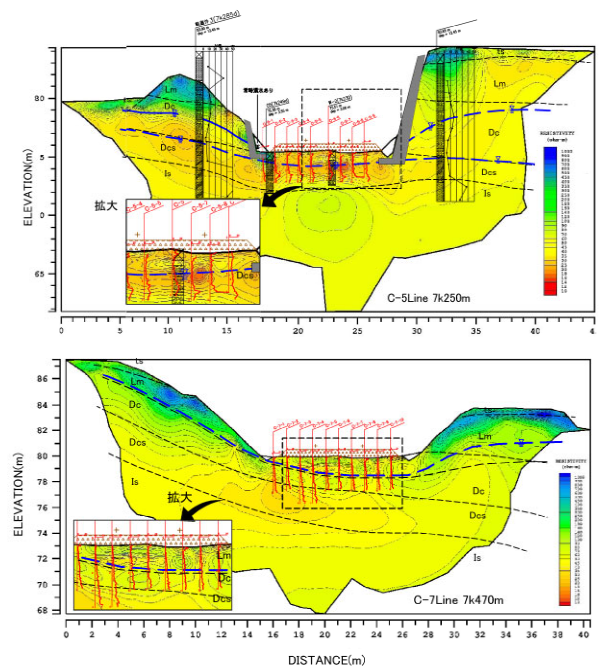


図 - 2 二次元比抵抗探査の解析例

4. まとめ

箱抜きを目視確認により、バラスト内への細粒土の充填、降雨後の一時的な地下水上昇と路盤上での細粒土の堆積が確認された。比抵抗分布から、被圧地下水を有する Dcs 層の上面が路盤に近いほど、路盤直下の含水比が高いことが推察でき、その区間は修繕頻度の高い区間に一致した。また、サウンディング結果から、路盤下 3m までの N 値は 3 ~ 5 の範囲を示し、路盤および路床の N 値としては、小さな値であることが明らかとなった。

上記の調査結果から、当サイトにおける軌道沈下は、バラスト内で生じている噴泥に起因すると推定できる。しかし、土層構成・土層の物性・地下水位等の情報が少なく、噴泥機構を工学的に検証するには至っていない。

噴泥を生じる要因は、土層の物性、地下水位および列車荷重にあることが知られている。土層、地下水に関しては情報量を増やし、確度の高い地質・地下水モデルを構築することが必要である。得られたモデルを用い、列車荷重を考慮した解析を実施することで、噴泥・軌道沈下の機構を明らかにできると考えられる。

当サイトでは、地下水低下の実績がある地下水排水工を増設した。施工時における地盤・地下水情報の収集・整理、排水工施工後の地下水低下効果の検証、排水工前後における軌道沈下の経時変化などを総合評価し、軌道沈下の機構解明と対策工の設計・施工を実施していく所存である。

最後に、京王電鉄株式会社高幡不動保線区の技術員の方々には、現地調査にあたり御指導および多大な御尽力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する次第である。