

奥村組土木興業(株) 正会員 ○藤原 大輔
奥村組土木興業(株) 正会員 藤森 章記

1. はじめに

中層混合処理工法を用いた地盤改良工事では、100m～200m ごとに実施したボーリング調査結果等を基に改良深度等が設計されることが一般的である。対象地盤の層厚が一般でない場合、設計時の調査結果だけでは地盤の全体像が正確に把握できない可能性がある。この場合、施工前に事前調査を行い、既往の調査結果を補完することが有効であると考えられる。

本稿は、不均一な地層を対象とした中層混合処理工法を施工するにあたって、原地盤を連続的(面的)に確認するために実施した事前調査の適用性等を検討したものである。

2. 施工条件

本工事は、関東平野の軟弱地盤上に路体盛土(工事延長：L=約 2,000m)を施工するもので、盛土法尻の全延長に中層混合改良(深度：8m～12m、幅：4m～6m)を行う計画であった。

改良対象層は、図-1 に示すように上位から Lm 層、Lc 層、Ds1 層で、改良下面は改良体の横ずれを防止する目的で Ds1 層の下層(Dc1 層)に 0.5m 根入れするように設計されていた。設計時には、延長約 2,000m に対して 10 箇所の頻度でボーリング調査を実施し、これを基に図-2 に示す地質縦断面図が作成され、改良深度などが決定されていた。

改良対象となる地域は地下水位が高く、浅井戸による簡易水道が多く利用されている。

盛土完了後に他工事への引渡し期日が設定されており、工程に余裕がない状況であった。

地盤改良には、施工深度や工程などから、トレンチャー型攪拌機によってセメントスラリーと改良対象全層を垂直方向に攪拌する工法を採用した。

3. 施工計画時の課題

(1) 根入れ長さの確保

施工計画時に 15 箇所で試料採取ボーリングを実施した。この結果、半数以上の地点で Ds1 層の下面深度が当初設計と一致しないことが判明した。このことから、所定の根入れ長さを確保するためには、Ds1 層の下面深度を地盤改良全長(L=約 3,400m)にわたって正確に把握することが必要となった。

(2) スリット開口率の確保

改良体の築造によって生じる地下水の流動阻害を防止する対策として、図-3 に示すように砂層(Ds1 層)にスリット(幅 2m の未改良部)を開口率 10% で設ける計画であった。所定の通水断面を確保するためには、Ds1 層の上面深度を把握することが重要となった。

4. 事前調査方法の検討

既往のボーリング調査を補完して、原地盤を精度よく連続的に把握するために、スウェーデン式サウンディング試験と高精度表面波探査を併用する方法を検討した。検討条件は、「深度 10m 程度までの調査が可能であること」、「調査時間が短く多点調査が可能であること」、「地盤の全体像が把握できること」とした。



図 - 1 地盤改良概略図

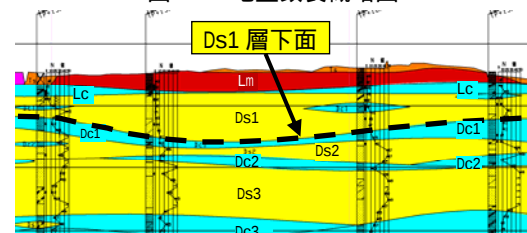


図 - 2 設計地質縦断面図(抜粋)

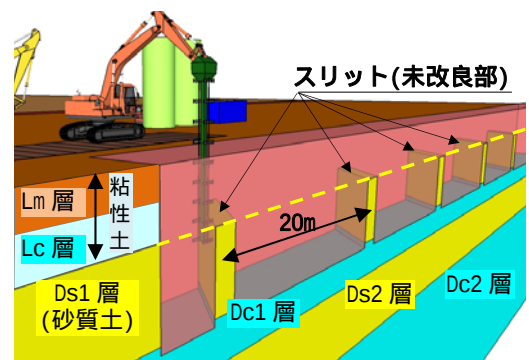


図 - 3 スリット部の施工イメージ図

(1)スウェーデン式サウンディング試験

調査方法が簡便で軟弱地盤での多点調査に適用性が高いことから、主となる調査法として、スウェーデン式サウンディング試験(以下、SWS 試験)を採用した。調査頻度は、連続的に評価するために改良延長 10m に 1 箇所ごととした。また、調査期間を短縮するために、全自動型試験機(日東精工：ジオカルテ)を使用した。

(2) 高精度表面波探査

SWS 試験の調査位置間での地層変化の状態を把握するため、高精度表面波探査法(応用地質：McSEIS-SXW)で法尻全長を調査し、変化が確認された場合には SWS 試験を追加することとした。高精度表面波探査は、人工的に起振した地震波を多点に設置した受信器で受信し、取得データを解析することで、地盤の 2 次元 S 波速度構造(地盤の硬軟に直接関係する値)を求めることができる物理探査法である。その特徴は、「 原地盤を連続的に調査できる」、「 地下水位の影響を受けにくい」、「 速度の逆転層があっても調査できる」ことなどである。

5. 事前調査の実施結果

全自動型 SWS 試験機を使用したことで、日当たり作業量が従来法に比べて 3 倍以上(平均 74m/日)となった。高精度表面波探査についても、計画していた通りの進捗量(300m/日)を確保できたが、施工時の微小な振動も調査精度に悪影響をおよぼすため、調査精度を確保するために早朝や休日の作業が主体となった。

(1)SWS 試験

既往(設計時および施工計画時)のボーリング調査位置で、整合性を確認しながら調査を進めることによって、Ds1 層の上・下面深度が正確に判定できた。

(2)高精度表面波探査

2 次元 S 波構造図については、図-4 に示すように既往のボーリング調査結果や SWS 試験結果とも概ね一致し、Ds1 層上面深度の判定は可能であった。しかし、Ds1 層の下面深度については、殆ど判定することができなかった。

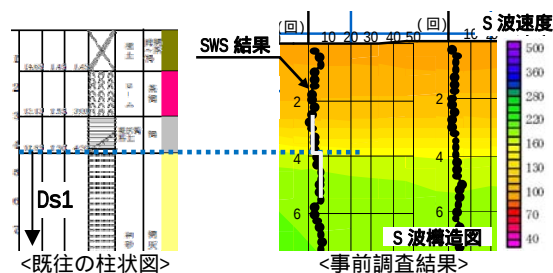


図 - 4 各調査の整合性

(3)改良下面高さとスリット上面高さの決定

既往のボーリング調査結果と SWS 試験結果および 2 次元 S 波構造図の相関を確認し、図-5 に示すように縦断面図にとりまとめ、縦断面延長 10m ごとに改良下面深度とスリット上面深度を決定した。

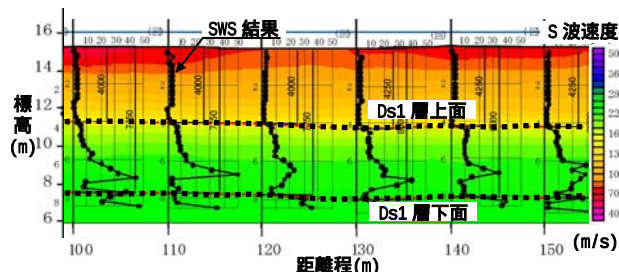


図 - 5 調査結果と Ds1 層の上・下面深度

(4)経済的な配合選定

本工事のように改良対象全層を垂直方向に攪拌する場合、同一配合を使用すると、粘性土と砂質土の割合によって改良強度にバラつきが生じる。そのため、調査で得られた延長 10m ごとの粘性土(Lc 層、Lm 層)と砂質土(Ds1 層)の割合から、3 種類の配合(砂質土：粘性土、 50 : 50、 30 : 70、 0 : 100)を決定し、図-6 に示すよう 10m ごとに施工時の配合を選定した。

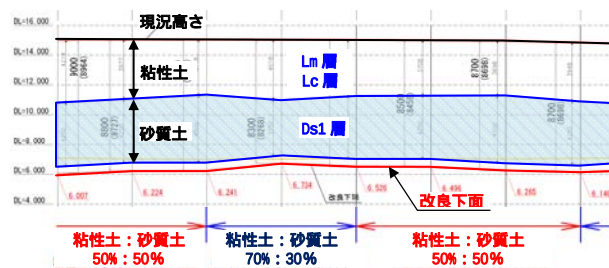


図 - 6 配合種別を表示した地盤改良縦断面図

5. おわりに

地盤改良工の事前調査として、SWS 試験と高精度表面波探査を併用することで、以下の結果が得られた。不可視である地中の硬軟や地層の変化が面的に可視化することができた。

Ds1 層の上・下面深度を連続的に把握することで、必要な根入れ長や通水断面が確保できた。

表面波探査の適用深度は 20m 程度とされていたが、今回の条件では 5 ~ 6m 程度までの信頼性が高いことを確認した。

調査結果を応用することで、経済的な配合の決定や適正な施工機械の選定などにも役立った。