

地盤改良工事での地層境界を連続的に把握するための地盤調査方法

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 高崎 茂昌
 奥村組土木興業(株) 松井 聡

1. はじめに

地盤改良工事では、200m 程度ごとに実施したボーリング調査結果を基に改良深度を設計するのが一般的である。しかし、対象地盤の層厚は一様でないことが多いため、場合によっては想定した地盤と原地盤との差が大きくなって、計画通りに施工しても期待した改良効果が得られない可能性がある。

本稿は、不均一な地層を対象に改良深度が 10m 程度の中層混合処理工を施工するにあたり、地盤の推定精度を向上させて改良効果を確実にするため、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して事前調査を行った結果について報告するものである。

2. 事前調査の目的・条件

改良体の下端は砂層の下位にある粘土層に 0.5m 貫入した位置であり、地下水の流れを妨げないように、砂層に一定の間隔でスリットを設ける計画であった。そこで、砂層の上・下端深度を水平方向に連続的に確認して地層境界の推定精度を向上させることを目的に、事前調査を実施することとした。

調査方法の選定条件は、「①N 値 10 以下の軟弱地盤で深度 10m 程度までの調査が可能である」、「②原地盤が連続的に確認できる」、「③実施工を開始するまでの短期間に調査が完了する」、ことなどであった。

3. 事前調査方法の選定

(1) スウェーデン式サウンディング試験

選定条件を満足する調査法として、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、全自動型試験機(日東精工:ジオカルテⅢ)を使用することで調査期間の短縮を図ることとした。調査頻度は、地層境界の凹凸を連続的に把握することを重視して、延長 10m ごとに 1 箇所とした。

(2) 高精度表面波探査

SWS 試験を補完し、地層境界の推定精度をより向上させるため、高精度表面波探査(応用地質:McSEIS-SXW)を併用することとした。これは、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)を知ることができる物理探査法で、地下水位の影響を受けにくいことや、速度の逆転層があっても調査できることなどの特徴がある。この探査結果から、SWS 試験の調査地点間において地層境界に大きな変化が表れた区間については、SWS 試験を追加実施することとした。

4. 実施工での検証

(1) 施工条件

①軟弱地盤上での路体盛土(L=約 2,000m)に沿って中層混合改良(深度:約 10m, 幅:約 5m)を行う計画であった。

②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、改良下端は、改良体の横ずれ防止を目的に、Ds1 層の下位にある Dc1 層内に 0.5m 貫入した位置となっていた。

③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、これを基に作成した図-2 に示す地質縦断面図から、改良深度などを決定していた。



図-1 地盤改良概略図

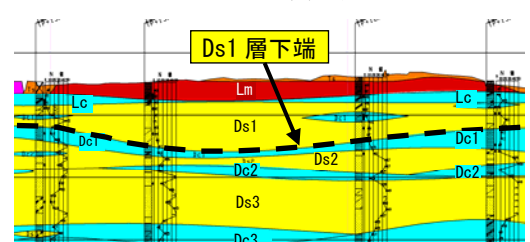


図-2 設計地質縦断面図(抜粋)

キーワード 中層混合処理, 改良深度, スウェーデン式サウンディング試験, 表面波探査,
 連絡先 〒552-0016 大阪市港区三先 1-11-18 奥村組土木興業(株)技術部 TEL06-6572-5262

④配合試験を行うための試料採取ボーリングを15箇所で行った結果、半数以上の地点でDs1層の下端深度が当初設計と一致せず、最大で1m程度の差異が生じた。

⑤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)を設け、10%の開口率を確保する計画であった。

以上のことから、所定の品質(根入れ長さ、通水断面)を確保するためには、Ds1層の上・下端深度を全延長(約3,400m)にわたって正確に把握する必要があると判断した。

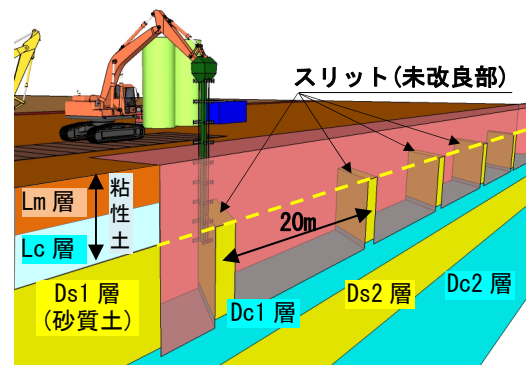


図-3 スリット部の施工イメージ図

(2) 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、計画通りの進捗量(300m/日)が確保できたが、微小な振動でも調査精度に悪影響をおよぼすため、早朝や休日に作業を行う必要があった。

1) SWS 試験結果

設計時および試料採取時のボーリング調査位置において、SWSの調査結果を重ね合わせて整合性を確認しながら調査を進めた結果、Ds1層の上・下端深度を適正に判定することができた。

2) 高精度表面波探査結果

図-4に示すように、高精度表面波探査結果から作成した2次元S波構造図によれば、深度が5m以下のDs1層上端については、既往のボーリング調査結果やSWS試験結果と概ね一致するが、深度が8m以上となるDs1層の下端は一致せず、この調査単独では地層境界の判定ができなかった。

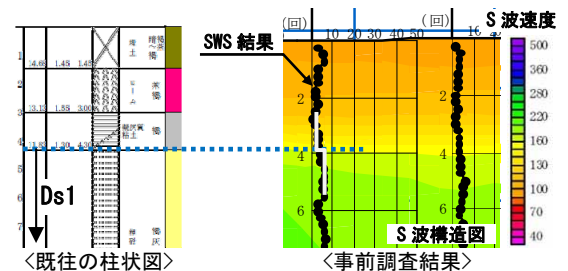


図-4 各調査の整合性

5. 事前調査結果の利用

(1) 改良下端高さとしスリット上端高さの決定

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波構造図をとりまとめ、図-5に示すように縦断図を作成した。これにより、改良体の下端深度を連続的に表示し、任意位置でのスリットの上端深度が決定できた。

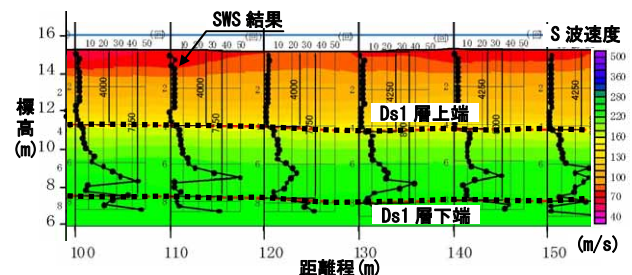


図-5 調査結果とDs1層の上・下端深度

(2) 経済的な配合選定

改良対象全層を垂直方向に攪拌する工法では、同一配合で施工すると、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。そこで、調査結果を基に粘性土(Lc層、Lm層)と砂質土(Ds1層)の層厚の割合を、①50:50、②30:70、③0:100の3つに分類し、それぞれに適合した配合を決定して、図-6に示すように10m区間ごとに経済的な配合を選定した。

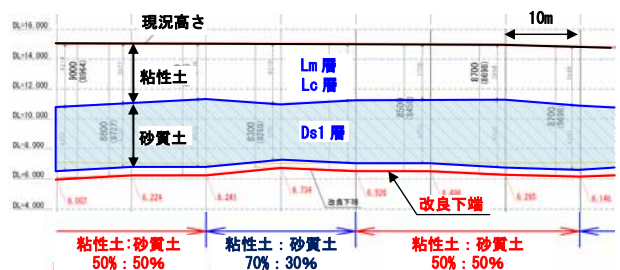


図-6 配合種別を表示した地盤改良縦断図

6. 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。

- ①地中の硬軟や地層の変化を可視化し、地層境界の水平方向の変化を連続的に表示することができた。
- ③事前調査結果を基に適正な地盤改良深度を決定した結果、施工数量が約6%増加した。
- ②表面波探査の適用深度は20m程度とされていたが、地層境界の上下でN値の変化が小さい地盤を対象とした今回の調査では、8m以上の深度にある地層境界を判定することは困難であった。