

機械攪拌式地盤改良の品質管理における高周波衝撃弾性波探査の適用検討

興亜開発(株) 関東支店 学生会員 ○梅津 幸治
 (株)大林組 技術研究所 正会員 渡邊 康司
 興亜開発(株) 関東支店 正会員 小坂 信尋

1. はじめに

従来より、機械攪拌式地盤改良により施工された改良体の強度は、未固結試料やコアボーリングを行って改良体を採取し、室内試験により評価してきた。しかし、これまでの方法では、試料採取に時間がかかることや試料採取時の施工状況が試験結果に大きな影響を与えるなどの課題があった。本報告では、非破壊調査の一種である高周波衝撃弾性波探査を用いて改良体の強度と相関性のある弾性波速度 V_p を測定することで、弾性波速度からソイルセメント強度を推定することを試みた。従来の高周波衝撃弾性波探査の主な調査対象は、コンクリート構造物および鋼構造物の形状調査や健全性調査であり、地盤改良体を調査対象とした事例は見受けられない。本報告は、機械攪拌式地盤改良により施工された地中連続壁に対して弾性波速度を測定するとともに、要素試験により得られた弾性波速度と強度との関係を報告するものである。

2. 調査概要

本報告で対象とした地中連続壁は、設計強度 1800kN/m^2 以上を確保したソイルセメント柱列壁である。この地中連続壁は、構造物の構築時には掘削時の遮水壁と土留めの機能を有し、構築後は液状化対策工となるよう施工された。改良体の下端は G.L.-21m であり、改良体内には芯材となる H 形鋼を G.L.-15m まで挿入した(図-1 参照)。

本報告で採用した調査方法は、高周波衝撃弾性波探査を利用した非破壊調査であるため、改良体の上端部において調査を実施した。従来の衝撃弾性波探査の使用周波数は数 kHz に対し、本報告で採用した調査方法はハイパスフィルターを介して $0.2\text{kHz}\sim 1\text{MHz}$ の高周波成分を取得できる特徴がある。

調査方法の概要は以下のとおりである(図-2 参照)。

- 改良体上端に受振センサーを設置。
- 受振センサーの近傍を鋼製ハンマー等により起振。
- 改良体上端から入射した弾性波が、改良体内部を伝播し、下端で反射して上端まで戻ってくる反射波の伝播時間 Δt_0 を計測。

なお、図-3 は調査状況を示す。上述の試験概要に示した通り、改良体上端に受振センサーを設置し、ハンマーで打撃することで弾性波速度の計測を行った。

3. 試験結果

図-4 に反射波形の時刻歴変化を示す。本研究では、同一サイトの 2 地点において調査を実施した。図-4 に示すように、2 地点の反射波形を地点ごとに確認すると、いずれの打撃でも良好な反応が得られており、2 地点とも再現性の良い反射波形が得られたと評価できる。

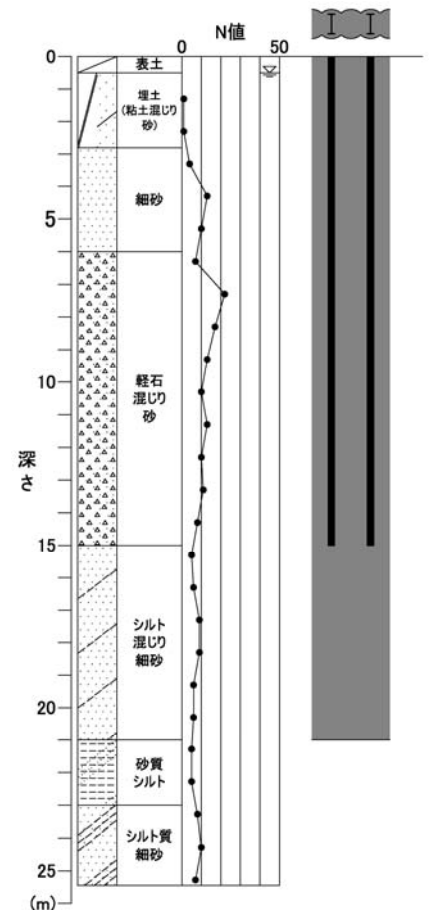


図-1 地盤条件と改良体の模式図

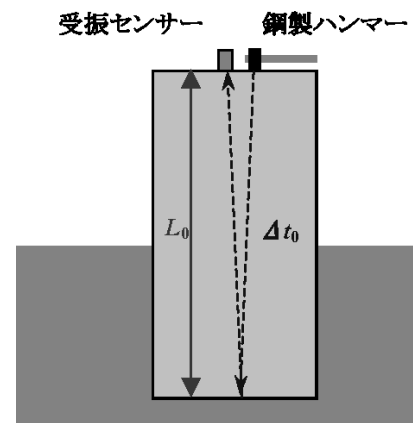


図-2 反射法による伝播速度測定概念図

キーワード 弾性波探査, 高周波衝撃弾性波探査, 地盤改良, ソイルセメント

連絡先 〒130-0022 東京都墨田区江東橋 5-3-13 興亜開発(株) 関東支店 TEL 03-3633-7351

図-4 に示した反射波形図から伝播時間を確認し、式(1)により算出した弾性波速度の結果を表-1 に示す。

$$V_p = 2L_0 / \Delta t_0 \times 1000 \quad \cdots \text{式(1)}$$

ここに、 V_p : 伝播速度 (m/sec)

L_0 : 実測長 (改良体の厚さ) (m)

Δt_0 : 伝播時間 (msec)

表-1 に示すように、弾性波速度の値は $V_p = 4220 \sim 4257 \text{m/sec}$ となった。得られた弾性波速度は、土中の鋼材の弾性波速度に近い値となった。しかしながら、本調査方法で採用した指向角は鉛直下方 ± 5 度の円錐状で高い指向性を有すること、測定地点は芯材の中間地点で実施していること、仮に長さ15mの芯材を伝播した場合の伝播速度を計算すると鋼材の速度にはならないことから、芯材を伝播した反射波を測定したものではないと判断した。図-5 に要素試験から得られたせん断波速度 (S 波速度) -圧縮強度の関係を示す。図-5 は、本研究と同様の工法で施工された地中連続壁に対して調査した結果である。図-5 と比較する際には、原位置で得られた弾性波速度が P 波速度であるため、ポアソン比(0.3~0.35)を介して S 波速度に変換する。返還後の S 波速度は 2200~2300m/sec であり、図-5 から推定した強度と原位置にて得られたコア抜き強度 (9,000~12,000kN/m²) を比較すると、ほぼ対応する結果が得られた。

4. まとめ

機械攪拌式地盤改良により施工された地中連続壁に対して弾性波速度を測定するとともに、要素試験により得られた弾性波速度と強度との関係を比較することで、高周波衝撃弾性波探査の改良体の品質管理への適用性を検討した。その結果、高周波衝撃弾性波探査により再現性の高い波形が得られること、要素試験の結果をもとに弾性波速度から推定した強度とコアの圧縮強度の相関性が高いことがわかった。今後、これらの有効性を様々なサイトで検証するとともに、要素試験による検討を進めていく予定である。

表-1 伝播速度測定結果一覧表

測点	伝播時間 Δt_0	実測長 L_0 [m]	伝播速度 V_p	平均伝播速度 Ave. V_p
B	9.90	21.0	4240	4257
	9.80		4290	
	9.90		4240	
C	10.10	21.0	4160	4220
	9.60		4380	
	10.20		4120	

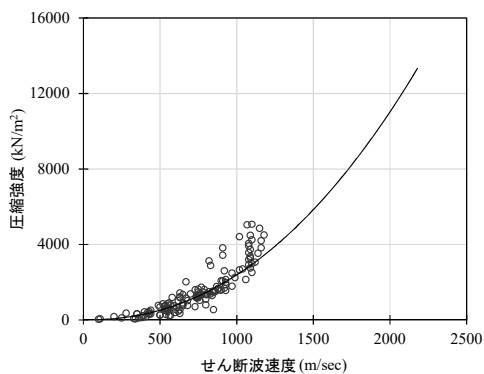


図-5 せん断波速度と圧縮強度の関係



図-3 調査状況写真

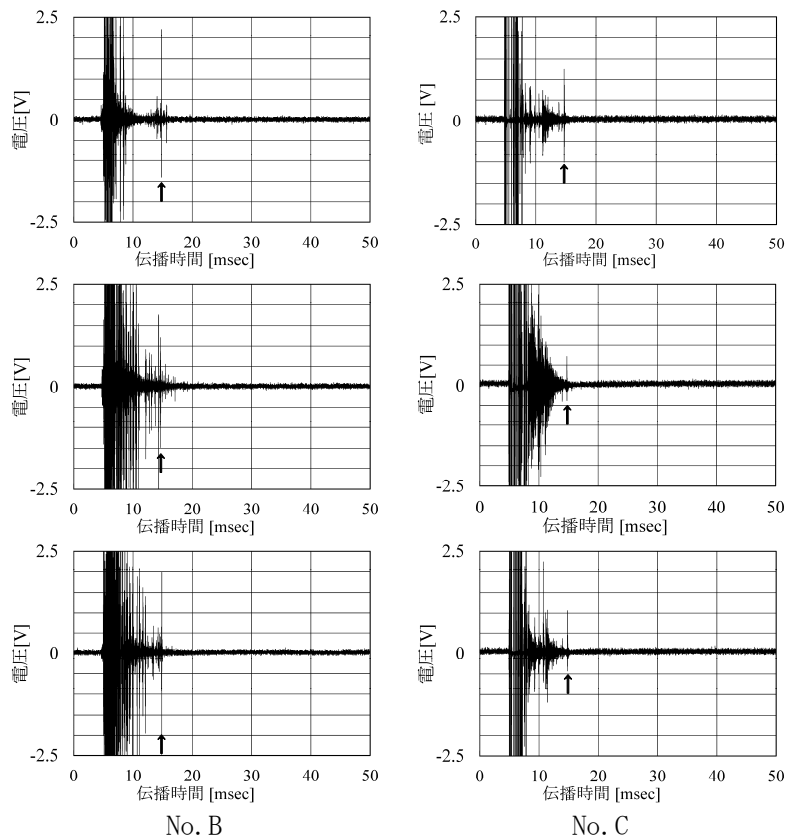


図-4 反射波形図 (「↑」が反射波)

参考文献

- (財)先端建設技術センター：オーリス(非破壊探査システム)，先端建設技術・技術審査証明報告書，1997。