

既存構造物基礎下の水平トレンチャーによる液状化対策工法の開発

－(その3) 施工実験におけるコアサンプルと非破壊検査による改良地盤の評価－

清水建設(株) 正会員 ○天利 実 田地陽一 社本康広
(株)加藤建設 正会員 伊藤浩邦 野田昌道 佐藤武志

1. はじめに

既存構造物基礎下の液状化対策のために、地盤改良の方法として従来の浸透固化工法などに比べてコストダウンが可能な水平トレンチャーを用いる工法が開発され、機械性能、施工手順、周辺地盤への影響およびその他留意点を検討するために施工実験¹⁾が実施された。施工実験終了後、改良地盤の品質検査を行った。本報告では、施工実験で既存構造物基礎下の水平トレンチャーにより改良した地盤の品質検査結果について述べる。

2. 検査概要

図-3に示す採取地点(NO.1-1 は水平施工部、NO.1-2 は斜施工部、NO.1-3 は鉛直施工部)でトリプルサンプラー(ロータリー式三重管サンプラー)によりコアサンプルを採取した。このコアサンプルによりせん断波速度 V_s と一軸圧縮強さ q_u を測定した。その後同コアサンプルで、蛍光 X 線分析を実施しカルシウム分量を測定した。また、施工実験終了後に非破壊検査であるベンダーエレメントにより改良地盤表層のせん断波速度 V_s を測定し、改良地盤の品質検査²⁾を実施した。

3. 検査結果の分析

a) コアサンプルによる品質検査

今回の施工実験での改良地盤の目標品質(目標強度 F_c , 28 日強度)を、 360 kN/m^2 とし、材齢 28 日でせん断波速度 V_s と一軸圧縮強さ q_u を測定した。

図-1に深度ごとの一軸圧縮強さ q_u とせん断波速度 V_s を示した。一軸圧縮強さ q_u は、水平施工部と斜施工部は、鉛直施工部に比べ強度が小さいが、何れの深度においても、目標強度 360 kN/m^2 より大きい。せん断波速度 V_s は、水平施工部および斜施工部は深度が深くなるにつれて速度が低下する傾向があり、この傾向は一軸圧縮強さ q_u の傾向と一致している。せん断波速度 V_s の変化は一軸圧縮強さ q_u の変化に比べ小さいが、斜施工部の表層部を除き、全体として両者は良く対応している。

b) 改良地盤の成分分析

表-1にコアサンプルの蛍光 X 線分析結果を示す。地盤中にあるカルシウム量を比較するためケイ素分で割りその比を比較した。元地盤に対して水平施工部、斜施工部および鉛直施工部の施工方法に関わらず改良地盤でカルシウムが増加しており、固化材の攪拌混合ができていたことが確認できた。また、鉛直施工部は、水平施工部および斜施工部より 11~13%ほど Ca/Si 比が高い値を示した。このことは、水平施工部および斜施工部は、鉛直施工部に比べ改良し難いことを示しており、固化材の添加量を増やすなど、設計上の安全率を大きくとる必要がある。

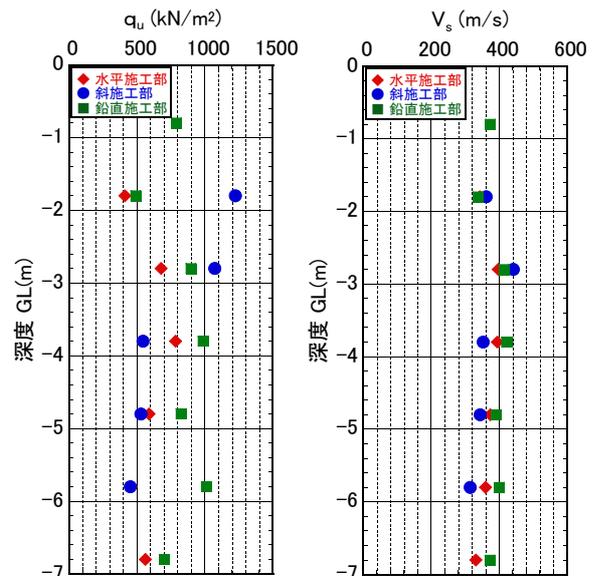


図-1 一軸圧縮強さ q_u とせん断波速度 V_s

表-1 蛍光 X 線分析結果

元素	元素名	ROI (KeV)	カウント数(cps)			
			元地盤	水平施工部	斜施工部	鉛直施工部
Mg	マグネシウム	1.13-1.38	8.586	7.014	7.576	6.948
Al	アルミニウム	1.36-1.61	154.006	111.486	121.318	112.305
Si	ケイ素	1.61-1.87	664.245	568.621	577.140	546.952
K	カリウム	3.17-3.46	59.363	57.624	53.052	52.276
Ca	カルシウム	3.54-3.84	123.891	337.758	332.557	385.509
Ca/Si比			0.187	0.594	0.576	0.705
元地盤からの増分			0.000	0.407	0.390	0.518

キーワード 液状化対策・地盤改良・トレンチャー・ベンダーエレメント・せん断波速度・一軸圧縮強さ

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株)技術研究所 TEL.03-3820-8269

c) 改良地盤表層のせん断波速度

図-2に、コアサンプルによるせん断波速度 V_s と一軸圧縮強さ q_u の関係を示した。同時に最小自乗法により次式でせん断波速度 V_s (m/s)と一軸圧縮強さ q_u (kN/m²)の関係を示した(図中の黒色実線)。

$$q_u = 23.219 \times \{\exp(0.0089 \times V_s) - 1\} \quad (1)$$

ここに、 q_u :一軸圧縮強さ V_s :せん断波速度 である。

また、目標強度 F_c の±50%の範囲内の実験結果すべてを包絡するように、(1)式で求めた近似式を、安全側となるように右側へ $V_s=19$ m/s 平行移動した(図中の赤色実線)。

図-2から、目標強度 $F_c=360$ kN/m² に対応する目標せん断波速度 $V_{s,spe} = 330$ m/s と設定した。施工実験終了後 6 日～13 日後に、図-3に示す改良地盤を実験パターン(表-2参照)により8つのブロックに区分し、水平施工部および斜施工部は各6点、鉛直施工部は各3点の改良地盤表層のせん断波速度 V_s の測定を行った。図-3に改良地盤表層のせん断波速度 V_s の測定結果を数値で示した。 V_s の値は296～628 m/sの範囲で全体の平均値は 443 m/s である。施工方法が異なるため V_s の値に違いが出ている。実験パターン1および2は、施工上表層部分の改良に問題があった方法であり、そのため目標の V_s に達していない箇所が散見される。これに対して、実験パターン3および4は全ての箇所で目標値 330 m/s を超えており、十分な改良がなされたことを示している。鉛直改良部は部分的に目標値未達の計測結果もあるが、平均値は、実験後 6 日～13 日後の測定にもかかわらず目標値 330 m/s を超えており、十分な改良効果が得られたことを示している。これらのことから施工方法として良好であった実験パターン4を採用することとした。

4. まとめ

- 1) 一軸圧縮強さ q_u は、何れの深度においても目標強度より大きく、水平トレンチャーによる水平施工および鉛直トレンチャーによる斜施工は、改良地盤の強度を確保できる。
- 2) 一軸圧縮強さ q_u は、水平施工部と斜施工部は、鉛直施工部に比べ強度が小さく、また、蛍光 X 線分析において元地盤に対して Ca/Si 比が鉛直施工部よりも水平施工部および斜施工部が低い。このことから鉛直施工部に比べ水平施工部および斜施工部には固化材の添加量を増やすなど、設計上の安全率を大きくとる必要がある。
- 3) 一軸圧縮強さ q_u は、改良深度が深くなるにつれて、水平施工部および斜施工部の改良強度が低下傾向にある。せん断波速度 V_s は、表層部の V_s に比べ採取した改良地盤のコアサンプルの V_s が小さい。などを考慮すると、サンプリング調査などで深度方向の施工後強度の確認が必要である。
- 4) 実験パターン4の方法は改良地盤の強度を十分確保できる。

《参考文献》 1)野田・伊藤ら:既存構造物基礎下の水平トレンチャーによる液状化対策工法の開発(その1)～(その2), 土木学会第64回年次学術講演会,2009.9(投稿中) 2)(財)日本建築総合試験所:建築技術性能証明評価概要報告書 V_s -QUIC システム-せん断波速度に基づくセメント系改良地盤の品質検査システム-, GBRC 性能証明 第04-04号、2004.5

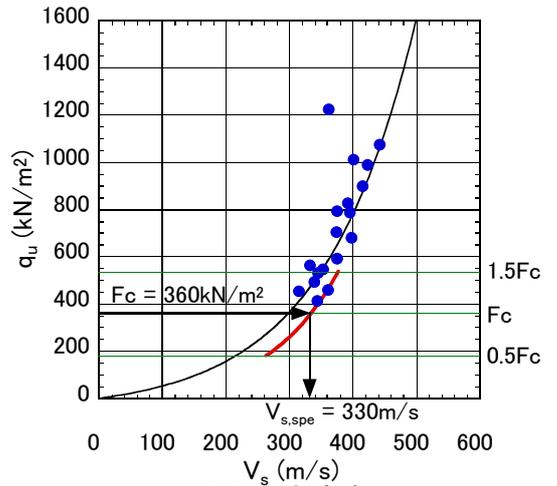


図-2 せん断波速度 V_s と一軸圧縮強さ q_u の関係

表-2 実験パターン

パターンNO.	事前混合方法	圧縮エアの有無
1	ベントナイト	無
2	一般軟弱土用固化材	無
3	水	有
4	水	無

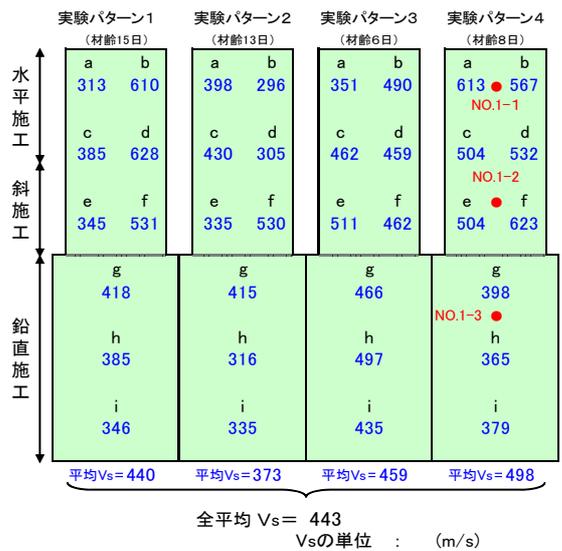


図-3 改良地盤表層のせん断波速度 V_s