

バットレス状改良工法によるセメント系改良地盤の強度評価

清水建設(株) 正 田地 陽一 正 天利 実
 (株)加藤建設 伊藤 浩邦 松下 恭司
 可塑状ゲル圧入工法研究会 正 小山 忠雄 江藤 政継 正 塚本 信夫 山下 晃司
 (独)港湾空港技術研究所 正 菅野 高弘 正 中澤 博志

1. はじめに

筆者らは、護岸近傍の液状化に伴う側方流動対策や盛土の液状化時における変形抑止のために、バットレス状改良工法を提案している¹⁾。本研究では、石狩湾新港における制御発破を用いた人工液状化実験²⁾の中で、盛土基礎地盤に施工したバットレス状改良体の強度評価について報告する。

2. バットレス状改良の概要

図-1は石狩湾新港における地盤の土質柱状図を示したものである。当該地盤は、GL～GL-6mが埋立層、GL-6m以深では沖積砂層が続く層構成となっている。埋立層は N 値6以下の緩い砂層、沖積砂層は N 値10程度の中位の砂層である。地下水位はGL-2.65mである。図-2は埋立層と沖積砂層の粒度分布を示したものである。どの地層も平均粒径 D_{50} が0.1mm～0.2mmで細砂に分類される。細粒分含有率 F_c は5～20%であり、均等係数は小さく粒径のそろった砂である。埋立層の一部に貝殻を含むこと以外、埋立層と沖積砂層との間に顕著な差は見られない。

図-3はバットレス状改良の配置を示したものである。バットレス状改良では、盛土造成前に、パワブレンダー³⁾を用いて基礎地盤にソイルセメントの壁状改良体(幅1m×長さ15m)を盛土短辺方向と平行に中心間距離5mとなるよう4体配置した。改良深度はGL-0.5m～-7mとした。改良体の施工は、盛土北東側のA壁から順に3日間かけて行った。改良体の設計強度は、事前配合試験に基づき、1週強度1.0N/mm²、4週強度1.3N/mm²と設定した。配合は、セメント添加量200kg/m³、水セメント比60%とした。地下水位以深における改良対象層の平均含水比は30%であった。施工時に用いた水は、実験ヤードに隣接した溜まり水とした。

3. 改良体の一軸圧縮強度評価

図-4は、1, 2, 3, 4, 8, 24週材齢において測定した改良体のせん断波速度と一軸圧縮強度の結果を示したものである。室内試験に用いた試料は、施工

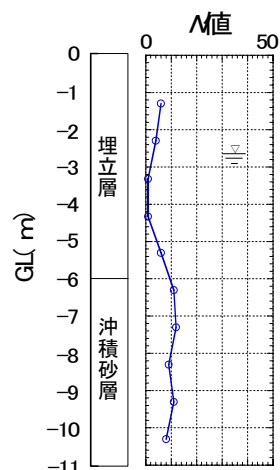


図-1 土質柱状図

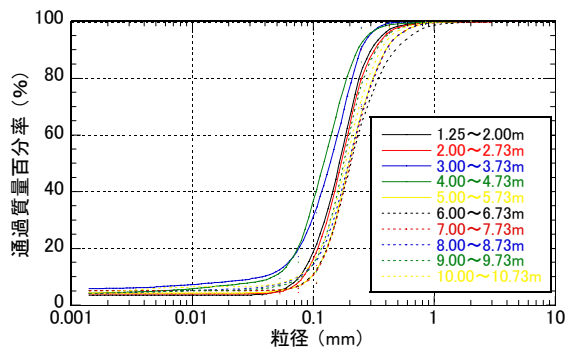


図-2 当該地盤の粒度分布

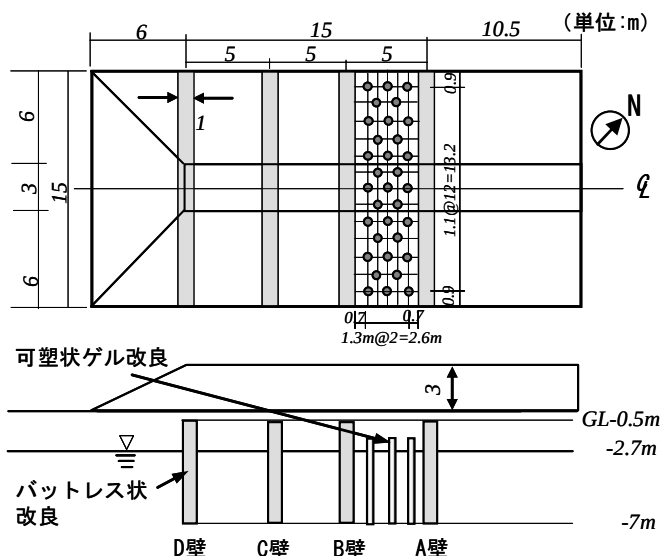


図-3 地盤改良の概要

キーワード セメント系改良, 地盤改良, せん断波速度, 一軸圧縮強度

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 03-3820-5937

時に表層部分で採取した後、湿潤状態で室内養生したものである。室内試験の結果から、せん断波速度 V_s と一軸圧縮強度 q_u の関係は、

$$q_u = 0.09677 \times (\exp(0.005497 V_s) - 1) \quad (1) \text{式}$$

の指数関数で表すことができる。この図から、改良体の一軸圧縮強度が設計強度 1.0N/mm^2 以上となるためには、せん断波速度が 440m/s 以上必要であることがわかる。

図-5 は、施工完了 5 日後、改良体の地表部において、ベンダーエレメントを用いてせん断波速度を測定⁴⁾した結果を示したものである。せん断波速度の測定は、各壁状改良体における短辺側の端部から 50cm 離れた位置を基点として長辺方向に 2m ピッチで行った。各測定地点におけるベンダーエレメントの設置間隔(測定長)は 150mm とした。改良体の地表部におけるせん断波速度は、A 壁では $520 \sim 656\text{m/s}$ 、B 壁では $640 \sim 729\text{m/s}$ 、C 壁では $441 \sim 615\text{m/s}$ 、D 壁では $623 \sim 732\text{m/s}$ である。いずれの地点においても、計測されたせん断波速度は 440m/s を越えている。このことから、施工した改良体は、地表部において設計強度を満足していると判断することができる。

図-6 は、改良体施工時にクレーン付きバックホウによりモールド付き試料採取器⁵⁾を建込み所定の深度まで挿入引き抜き採取した試料を、湿潤状態で室内養生した後、材齢 34 日において一軸圧縮試験を行った結果を示したものである。試料の採取は、A 壁の中央位置において、GL- 1.0m 、 2.5m 、 4.0m 、 5.5m 、 6.5m の深度で行った。改良体の一軸圧縮強度は $1.5 \sim 3.8\text{N/mm}^2$ であり、GL- 6.5m を除いてほぼ同一である。いずれの深度においても、改良体の強度は 4 週強度である 1.3N/mm^2 を越えている。A 壁の地表部で計測したせん断波速度は $520 \sim 656\text{m/s}$ であり、(1)式から一軸圧縮強度は $1.6 \sim 3.5\text{N/mm}^2$ と推定できる。推定された地表部の一軸圧縮強度と GL- 1.0m 、 2.5m 、 4.0m 、 5.5m 、 6.5m における改良体の一軸圧縮強度は整合している。

以上のことから、施工した改良体は、面的にも、深度方向にも、設計強度を満足していることが明かとなった。

4. まとめ

石狩湾新港にて発破を用いた人工液状化実験の中で、盛土の液状化対策として、盛土基礎地盤にセメント系のバットレス状改良体を施工した。施工した改良体の強度について、地表部では原位置において計測したせん断波速度から評価し、深度方向については原位置でサンプリングした試料を用い室内試験を行うことにより確認した。その結果、施工した改良体は設計強度を満足していることが明かとなった。

参考文献 1) 風間ら：液状化に伴う側方流動に対するバットレス状改良工法-その 1-その 3, 第 43 回地盤工学研究発表会, 2008 2) 菅野ら：空港施設の液状化時挙動に関する制御発破を用いた現場実験, 第 8 回空港技術報告会資料, 2007 3) 伊藤ら：パワーブレンダー工法における着底管理, 第 41 回地盤工学研究発表会, pp. 1057~1058, 2006 4) 浅香ら：ベンダーエレメントを用いたせん断波速度測定によるセメント系改良地盤の非破壊検査方法, 日本建築学会構造系論文集, No. 612, pp. 103~110, 2007 5) パワーブレンダー工法協会：パワーブレンダー技術資料, pp. 56, 2005

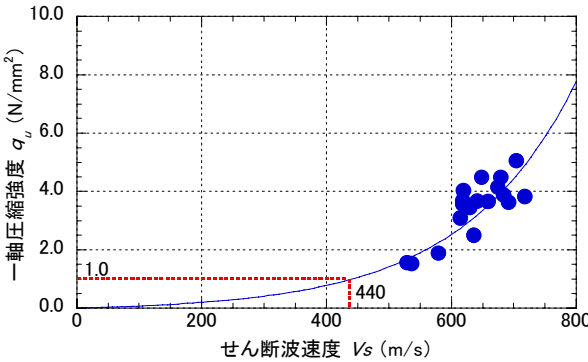


図-4 せん断波速度～一軸圧縮強度関係

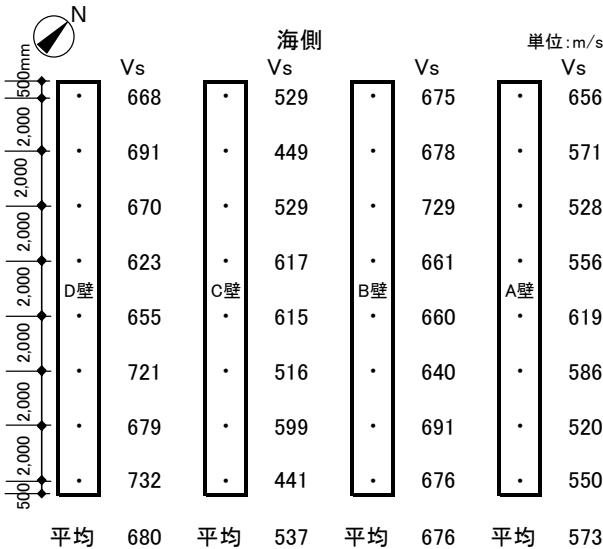


図-5 改良体のせん断波速度の測定結果

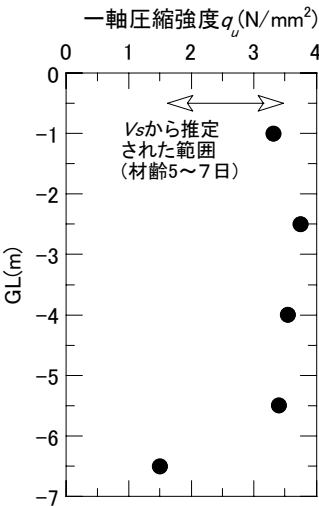


図-6 一軸圧縮強度の深度方向分布