

軟弱地盤の固化改良工法による圧密沈下対策工の強度確認調査

株式会社フジタ 技術センター 正会員 ○北島 明
 株式会社フジタ 土木本部 正会員 福島伸二
 株式会社フジタ 横浜支店 非会員 伏見大樹・脇屋正博

§1. まえがき

固化改良工法は軟弱地盤上の盛土造成や構造物構築における安定化対策に適用される例が多いが、圧密沈下対策として適用されることもあり、本稿で対象とした軟弱地盤上に用地盛土を造成した工事もある例の一つである。軟弱地盤は最大層厚12~13m、表層部に約2~3mの有機質土層を含み、通常の圧密沈下対策では大きな一次圧密沈下だけでなく、その後生じる二次圧密沈下に対する定期的な維持管理が必要となることが想定されたため、圧密沈下の確実な防止を目的に固化改良工法が採用された。固化改良工は最深部まで確実に改良ができるように先端攪拌型の中層固化改良工法¹⁾を採用し、盛土を固化改良した床版上に載せ、その床版を固化改良杭で支持する形式とした。そこで、本稿は固化改良しにくい有機質土を表層に含む軟弱地盤の固化改良部の強度確認のために、固化改良部からオールコアリングして所定の長さで切断採取したコア供試体の一軸圧縮試験により強度の分布を調べた結果を報告するものである。

§2. 軟弱地盤と沈下対策のための固化改良構造

用地造成地は東名高速道厚木 IC の南西方向約3kmに位置し、愛甲台地と伊勢原台地に挟まれた相模川低地西側縁辺の歌川沿いに発達した歌川低地のうちのほぼ正方形の広さ約2haの部分である。付近一帯の台地部は第三紀鮮新世~第四紀更新世の上総層群を基盤とした台地面を形成する相模層群が分布し、その上部が侵食された埋没谷を第四紀完新世の沖積層が埋積している。計画地での沖積層は砂層を所々に挟む粘性土層 Ac からなり、表層に有機質土層 Apt、その上を表土 B が覆っている。図1は計画地内の軟弱地盤の典型的な土層構成を示し、地下水位が地表付近にある。

固化改良工は、図2に概念的に示すように、地表面部を床版状に固化してその上に盛土を載せ、固化床版と盛土の荷重を固化杭により支持して軟弱地盤に直接伝えない構造とした。

§3. 固化改良した床版と杭の目標強度

固化改良部の目標強度 q_u^* ($t=28$ 日目までに発現される一軸圧縮強さ)は、固化杭と周辺の粘土地盤との強度や剛性の差が大きく、複合地盤²⁾として見なせないことから、盛土が載る固化床版を固化杭だけで支持するものとして構造物的設計法により決定した。固化床版は層厚 $H_s=2m$ 、固化杭は杭長が $H_p=10m$ 、断面積が $A_p=2m \times 2m$ で、杭1本の分担範囲が $A=3.6m \times 3.6m$ で、固化杭部分の改良率³⁾は $a_s=A_p/A \approx 0.31$ である。なお、地下水位は床版上面下 $H_w=0.5m$ にあるとした。

固化杭の q_u^* は先端から軟弱地盤下の基礎地盤に加わる荷重 p_{max} が、盛土荷重 p とその下の床版自重 p_s 、杭自重 p_p により $p_{max}=(p+p_s)/a_s+p_p$ となるので、作用荷重に対して破壊しない条件から $q_u^* \geq 352kN/m^2$ に設定した。また、固化床版の q_u^* は、開口部床版にせん断破壊と曲げ破壊が生じない条件から $q_u^* \geq 200kN/m^2$ に設定した。なお、固化部の引張強度 σ_t と q_u^* の関係は一般的に採用される $\sigma_t=0.15 \cdot q_u^*$ なる関係³⁾を採用した。また、現場で q_u^* を達

キーワード：軟弱地盤、地盤改良、強度

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2024-1 株式会社フジタ 技術センター土木研究部 ☎ 046-250-7095

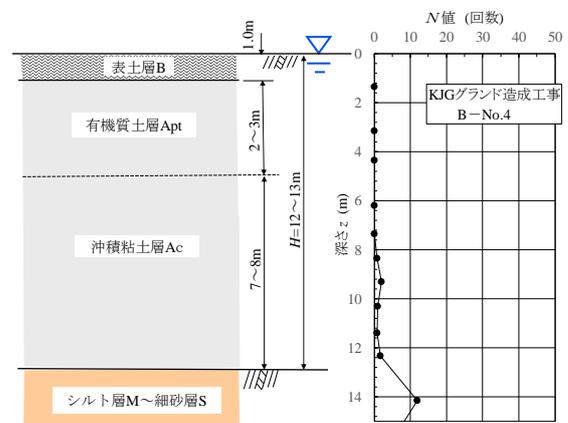


図1 計画地内の典型的な土層構成構造

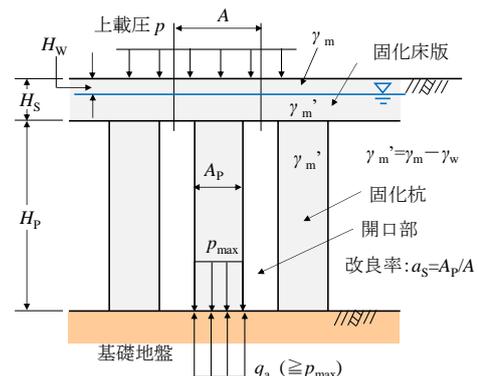


図2 固化床版と固化杭を組合せた固化改良構造

成できる固化材添加量は現場・室内間の配合条件の相違を補正する現場/室内強度比 $\alpha_{FL}=1/2$ を採用して決定した。

§4. チェックボーリングによる連続性と強度の確認

固化改良部の深さ方向の連続性と強度分布を確認するために固化改良域内の4ヶ所でボーリングによるロータリー式スリーブ内蔵型二重管サンプラー (JGS 1224) を用いてオールコア試料 (径

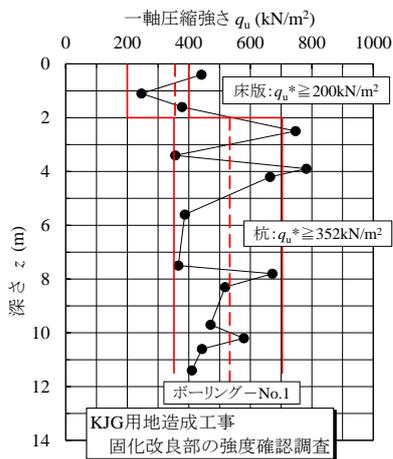


図3 チェックボーリング No.1 における $q_u \sim z$ 関係

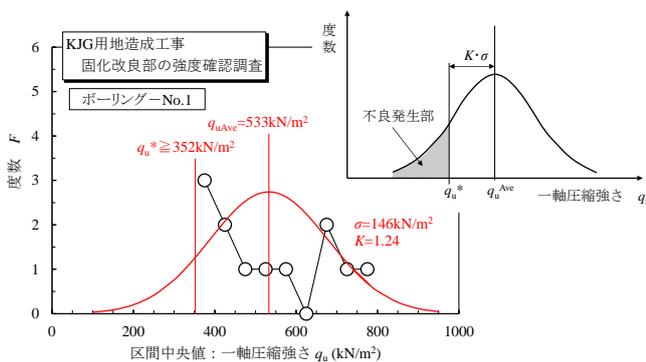


図4 ボーリング No.1 における q_{uo} の正規分布近似

86mm) を採取した。コア試料はサンプリング時の衝撃や振動のために所々亀裂が生じていたものの、固化部は亀裂箇所を除いて連続していた。一軸圧縮試験の供試体は、コア試料から亀裂を避けて長さ約 150mm に切り出してから端面整形をして準備し、固化材を添加・混合後 $t=28$ 日に試験に用いた。

図3はボーリングNo.1のコア供試体から得られた一軸圧縮強度 q_u と深さ z の関係を示す。 z は採取した供試体の中間位置における値で表示した。図中には、床版固化部の $q_u^* \geq 200 \text{ kN/m}^2$ と杭固化部の $q_u^* \geq 352 \text{ kN/m}^2$ を赤線により、平均線を破線によりそれぞれ示してある。図から、 q_u はバラツキがあるものの q_u^* 値を満足し、バラツキ範囲が q_u^* の2倍程度までであることがわかる。また、固化杭は下層ほど強度が低い傾向にあるが、これは先端部ほど固化材の混合が難しいことに関係していると考えられる。固化床版は固化しにくい Apt 層が地表に近くにあったため、バックホウによるバケット混合を追加したなど入念な施工のため、バラツキがあるものの q_u^* を十分満足している。以上の結果から現場での q_u は最低値で q_u^* を満足しており、 $\alpha_H=1/2$ としたのは妥当と言える。また、固化杭の下層部の強度が低いことは、先端部においては注意して施工すべきことを示唆している。

図4は図3に示したボーリング No.1 の固化杭部の q_u の深さ方向分布を正規分布曲線で近似したもので、図中の右上図に概念的に示すような施工中の品質検査³⁾で採用されている平均値 q_{uAve} 、標準偏差 σ と q_u^* の関係を

$$q_u^* \leq q_{uAve} - K \cdot \sigma$$

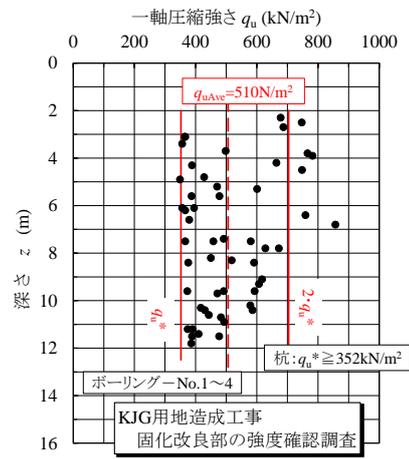


図5 ボーリング No.1～No.4 の $q_u \sim z$ 関係

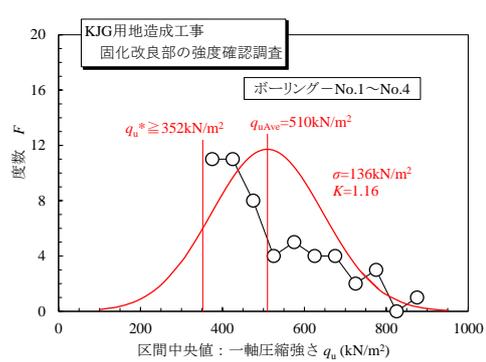


図6 ボーリング No.1～No.4 における q_u の正規分布近似

とにおいて評価した結果を示す。ボーリング No.1 の K 値は $K=1.24$ であり、この値から推定される不良部率は 10.7% である (変動係数 $V=\sigma/q_{uAve} \approx 0.27$)。他のボーリング No.2～No.4 ではそれぞれ $K=1.01$ (不良部率 15.6%)、 $K=1.19$ (11.7%)、 $K=1.35$ (8.9%) であった。図5はボーリング位置に関係なく全体をまとめた $q_u \sim z$ 関係を示し、図6は同様に図5を正規分布近似した結果で、 $K=1.16$ (12.4%) である。図4と図6から q_u のバラツキは正規分布をしておらず、低強度側に集中し、かつ高強度側に広く分布しており、高・低強度域間で調和していないことがわかる。

§5. あとがき

軟弱地盤の圧密沈下対策とした固化改良部分の連続性と強度分布の確認をチェックボーリングによる連続的なコアサンプリングと、コアから採取した供試体の一軸圧縮試験により調べた。コアはサンプリング時の衝撃や振動による亀裂箇所や、所々に局部的な軟弱部もあるもののほぼ一様な状態にあり、強度はバラツキがあるものの q_u^* を満足し、バラツキは q_u^* の2倍程度までの範囲にあった。また、下層部に低強度の傾向にあるが、このことは先端部分の固化材混合が難しいことに関係しているようである。

【参考文献】1) 市坪天土, 中尾忠司, 島野 嵐: 揺動攪拌方式による中層混合処理工法, 地盤工学会誌, Vol.60, No.6, pp.24-27, 2012. 2) (社)セメント協会編: セメント固化材による地盤改良マニュアル第4版, 技報堂出版, 2012. 3) 深層混合処理工法マニュアル編集委員会編: 陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版, (財)土木研究センター, 1999.