

深層混合処理工法による既存杭撤去後の埋戻し地盤への施工事例と品質調査結果

正会員 ○藤橋俊則* 同 川鍋賢人*
正会員 平山勇治*既存杭撤去 スクリューウエイト貫入試験
地盤改良 一軸圧縮強さ
フライアッシュ 山中式土壌硬度計

1. はじめに

近年、新設建造物の建設工事において、旧建造物の杭（既存杭）を撤去し、新たに基礎杭や地盤改良を打設する基礎工事が増えてきている。既存杭を撤去した孔は、流動化処理材や現地土を投入・注入して埋戻す場合が多いが、十分な充填・転圧をすることが難しいことや埋戻し処理が不十分な地盤に干渉または隣接した位置で新設杭の施工を行う際に、杭の孔曲がりや注入材（固化材スラリー）が流出する危険性があることが報告されている¹⁾。本報では、既存杭撤去後の埋戻し地盤の性状を安定させ、新設杭の施工精度を確保することを目的とした、スラリー系機械式深層混合処理工法による柱状地盤改良の現場施工事例と改良後の品質調査結果について報告する。

2. 工事概要

深層混合処理工法（以下、改良施工）により築造される改良柱体（改良地盤）の目標強度を $qu=200\sim 300\text{kN/m}^2$ 程度とし、図1に示す砂質土および粘性土を対象とした2現場で改良施工を実施した。現場A〔新潟県新潟市〕は、N値10前後の砂質土（細中砂、礫混じり粗砂）で構成される既存杭（ $\phi 300\text{PC}$ 杭）を撤去、埋戻し処理工事が行われている。現場B〔茨城県八千代町〕は、N値1～30程度の粘性土および砂質土の互層地盤で構成され、既存杭撤去後の埋戻し地盤を想定した揉み解し掘削処理（ $\phi 500$ スクリューロッド、加水掘削）を行った。改良施工は、埋戻し孔+原地盤を改良処理できるよう、改良径 $\phi 1.0\text{m}$ 、改良長 10m、12m とし、掘削注入攪拌方式²⁾による柱状改良体を築造した。

改良目標強度を確保するための配合仕様は、原地土を用いた室内配合試験により設定した。実施工での配合仕様および配合試験結果を表1、図2に示す。現場Aにおいて、セメント系固化材 $C=100\text{kg/m}^3$ 、 $W/C=80\%$ の配合仕様で、室内強度 $qu_{28}=400\text{kN/m}^2$ 以上を確保することが可能となるが、砂質土地盤での施工性や現地強度発現性を考慮し、フライアッシュFを混和材としてセメント系固化材Cと混合した改良材を用いることとした。F/C=400%、改良材添加量 400kg/m^3 ($C=80\text{kg/m}^3$)、 $W/(C+F)=80\%$ の配合仕様にて $qu_{28}=234\text{kN/m}^2 \leq$ 室内目標強度 300kN/m^2 が得られた。また、現場Bでは、凝灰質粘土での現地強度発現性を考慮

して、F/C=300%、改良材添加量 400kg/m^3 ($C=100\text{kg/m}^3$)、 $W/(C+F)=80\%$ の配合仕様で $qu_{28}=540\text{kN/m}^2 \leq$ 室内目標強度 600kN/m^2 が得られた。

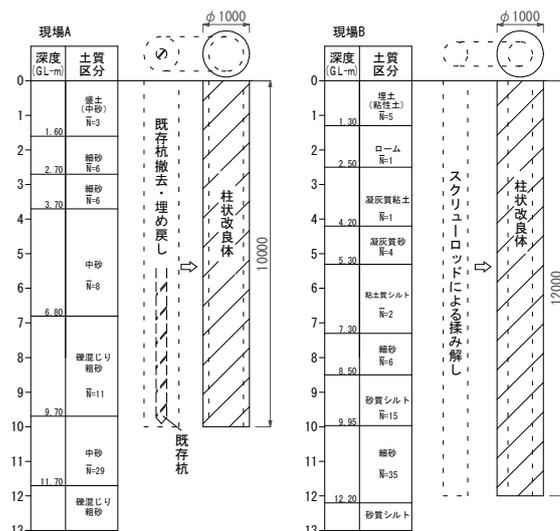


図1 改良施工仕様と地盤構成

表1 実施工配合仕様

現場No.	改良材		F/C (%)	W/(C+F) (%)	改良材添加量 (kg/m ³)	注入率 (%)
	固化材C	混和材F				
A	US-50	フライアッシュJIS II種	400	80	400	48.9
B	TL-2000	フライアッシュJIS II種	300	80	400	48.6

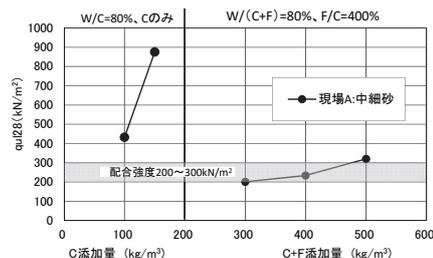


図2 室内配合試験結果【A現場】

4. 品質調査内容と調査結果

改良施工後の品質調査は、スクリューウエイト貫入試験（SWS試験）による改良前後の地盤性状（換算N値³⁾）の比較、全長コアボーリング（材齢21日経過）および一軸圧縮試験（材齢28日、JIS A 1216）による改良体強度の確認を行った。

(1) 現場A 調査結果

SWS試験による換算N値と一軸圧縮強さの深度方向の分布を図3に示す。SWS試験は、原地盤(□)および埋戻し

処理後(▲), 改良施工後(●)の地盤を, それぞれ調査した。既存杭撤去および埋戻し処理により低下した地盤の換算 N 値は, 改良施工によって原地盤と同程度までに上昇することが確認された。また, 深度 GL-5m 以深の改良地盤の換算 N 値は 15 を超え, SWS 試験の試験機の貫入限界となり調査できなかった。

採取したボーリングコアは, 全長に亘って改良材が混合攪拌された改良体が確認されたものの, コア採取やせや亀裂が多く, GL-6m 以浅で圧縮試験用のコア供試体が採取出来なかった。砂質土改良における深度方向の密度増加(排水, 圧密)やコアビットの注水回転切削の影響により, コア体の採取崩れが発生したものと考えられる。深度 GL-6m 以深の一軸圧縮強さの平均値は $quf_{28}=383\sim 504\text{kN/m}^2$ であり, 目標強度 300kN/m^2 と同等以上であった。また, 細中砂改良の現場平均強度 $quf_{28}=383\text{kN/m}^2$ より, 現場室内強度比 $quf_{28}/qu_{l28}=383/234=1.64$ が得られた。

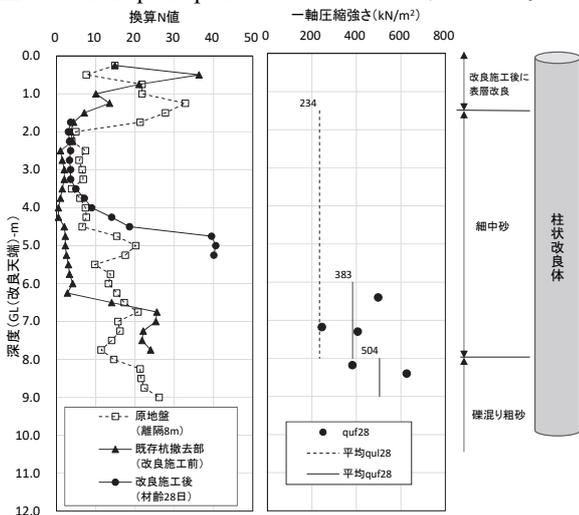


図3 調査結果【現場A】

(2) 現場 B 調査結果

図4に示すSWS試験による現場Bの施工地盤の性状は, 現場Aと同様に, 改良施工による埋戻し地盤の換算N値の上昇が確認され, GL-7m以深でSWS試験の試験機の貫入限界となり調査ができなかった。また, 採取したボーリングコアの一軸圧縮強さの平均値は $quf_{28}=106\sim 355\text{kN/m}^2$ で, 深度方向に強度が増加する傾向であった。現場A, Bともに, 300kN/m^2 未満の強度域における改良地盤の品質評価として, ボーリングコア採取とともにSWS試験での地盤性状の確認が有用であると考えられる。

一軸圧縮試験用コア供試体を採取して残ったボーリングコアに対し, 山中式土壌硬度計により硬度指数を計測した。コアの改良強度 quf と当該コアの近傍で計測した硬度指数の関係より得た換算式 $qu^*=e^{\{(硬度指数-2.71)/4.76\}}$ による推定強度 qu^* を図4にプロットした。土壌硬度計によ

る推定強度 qu^* は $100\sim 400\text{kN/m}^2$ 程度の強度域において, コア供試体の強度と同程度の結果であった。図5はボーリングコア強度と変形係数 E_{50} の関係を示し, 400kN/m^2 以下の強度域において $E_{50}=181quf$ の関係が得られた。

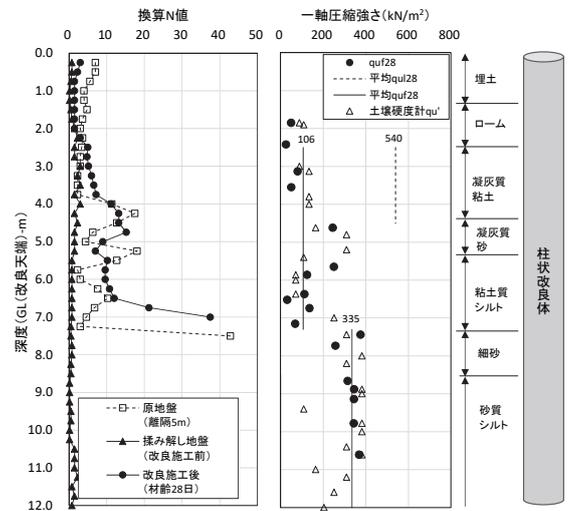


図4 調査結果【現場B】

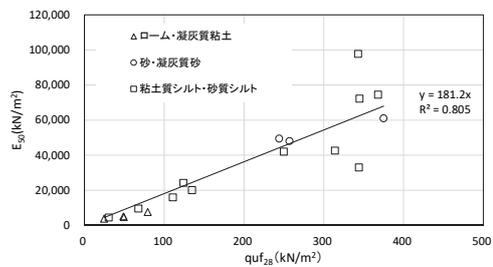


図5 一軸圧縮強さと変形係数の関係【現場B】

5. まとめ

混和材を用いた改良材による柱状地盤改良施工によって, 既存杭撤去後の埋戻し地盤を安定した性状に改良できることが確認できた。また, N値10未満の緩い砂地盤や粘性土地盤を対象に, $qu=200\sim 300\text{kN/m}^2$ 程度の低強度域を目標とした改良地盤の品質評価手法として, SWS試験による地盤調査法を用いることで, 改良施工前後の地盤性状を確認できることが分かった。さらに, ボーリングコアによる改良強度の確認に加えて, 山中式土壌硬度計による一軸圧縮強さの推定が有効であることが示せた。今後, 更なる再生材料の利用や, 品質調査実績を蓄積し, 既存杭撤去後の埋戻し地盤における安定化やその評価方法の検討の一助にしたい。

最後に, 本報工事事例および品質調査について, 株式会社竹中工務店北関東支店森孝之作業所長並びに各担当者様のご協力を賜りましたこと, ここに深く謝意を表します。
【参考文献】1)青木他:新設杭に干渉する既存杭の撤去に関する調査研究(その1~4),第55回地盤工学研究発表会,2020,2)(一財)先端建設技術センター:先端建設技術・技術審査証明報告書テノコラム工法,2020,3)日本建築学会:小規模建築物基礎設計指針,2008,4)大関他:山中式土壌硬度計を用いたソイルセメントの品質管理,第39回地盤工学学会研究発表会,2004

*株式会社テノックス

*Tenox Corporation