

4.5.3 建築物における既存改良体を活用した深層混合処理工

～栃木県内事務所棟建設工事～

1. はじめに

当該敷地は、国家プロジェクトの実証試験棟として造成し利用されていたが、試験終了に伴い、その敷地を有効利用すべく、発電所の事務所棟として計画された。

当該敷地は急斜面地を利用して盛土を行ったことから、既存建物を建設する際には GL-1.0m から GL-8.0m までの柱状改良体が造成されている。そのため、事務所棟の新設においても何らかの地盤対策が必要となり、杭基礎と柱状改良体とで比較検討がなされた。

検討の結果、杭基礎を採用した場合、既存の柱状改良体を撤去しなければならず、コストおよび工期が増大し、全体計画に支障をきたすことが判明した。既存の柱状改良体の設計・施工記録などが適切に保管されており、改良仕様が把握できることから、関係機関と協議のうえ、既存の柱状改良体を活用しながら新たな柱状改良体を造成することで、新設事務所棟の地盤対策がなされた。

2. 地盤改良の仕様

柱状改良体の断面図を図1に、当該地盤のN値の一例を図2に示す。図2に示すとおりGL-8.0m程度までN値が5以下の地盤が存在する。したがって、柱状改良体の改良深度は、既設と同様に新設もGL-8.0mまでと設計された。

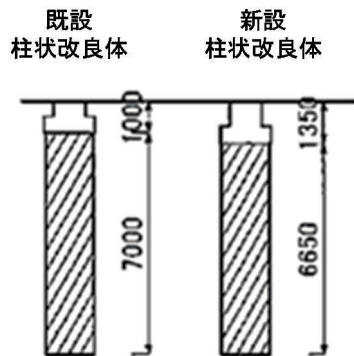


図1 柱状改良体の断面図

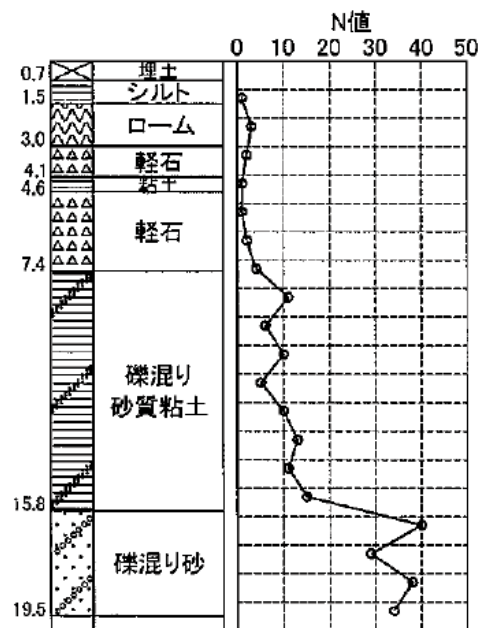


図2 当該地盤のN値の一例

既設の柱状改良体を活用するにあたり、平板載荷試験による当該敷地地盤の地耐力の把握と、コアボーリングによる品質調査がなされた。その結果、既設の柱状改良体は、新たな事務所棟の建設に活用できることが判明した。

地盤改良の平面図を図3に、地盤改良の仕様を表1に示す。新設柱状改良体は131本である。

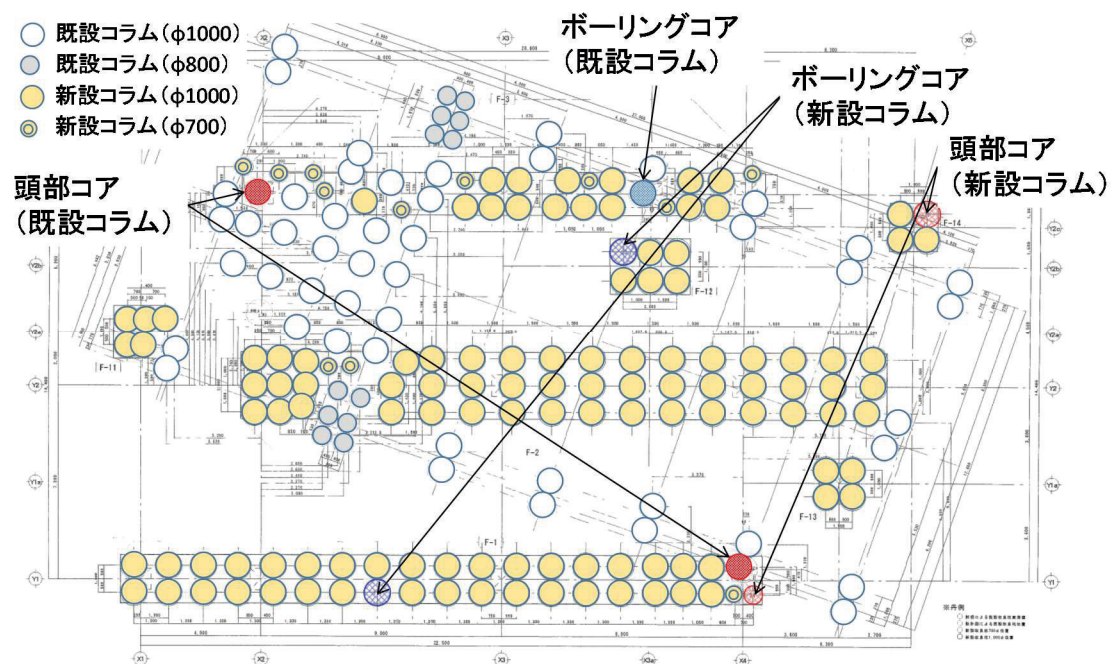


図 3 地盤改良の平面図

表 1 地盤改良の仕様（新設コラム）

項 目	仕 様
工法	機械式攪拌工法
改良径 (mm)	700、1000
改良長 (m)	GL-1.35~8.0
改良本数 (本)	131
目標強度 (kN/m ²)	$F_c=600$
固化材の種類	汎用固化材
固化材添加量 (kg/m ³)	250
添加方法	スラリー添加 (W/C=60%)

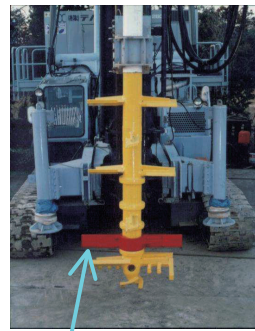
3. 施工および施工管理

本施工は、セメント系固化材を水と混合したスラリーを原地盤中に注入しながら、スラリーと土とを機械的に混合攪拌し、直径 0.7~1.0m の円柱状の改良体(柱状改良体(写真 1))を築造する工法が採用された。なお、スラリーと土を均一に混合するために、混合攪拌装置には「共回り防止翼 (写真 2)」が装備されている。

また、施工手順を図 4 に、施工機械と設備機器の模式図を図 5 に示す。

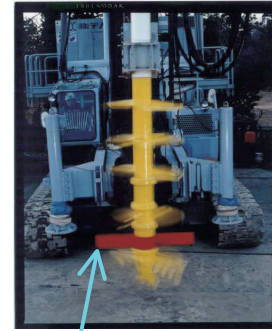


写真1 柱状改良体の全景



土の共回り防止翼

(静止状況)



土中では、静止している

(回転状況)

写真2 共回り防止翼の状況

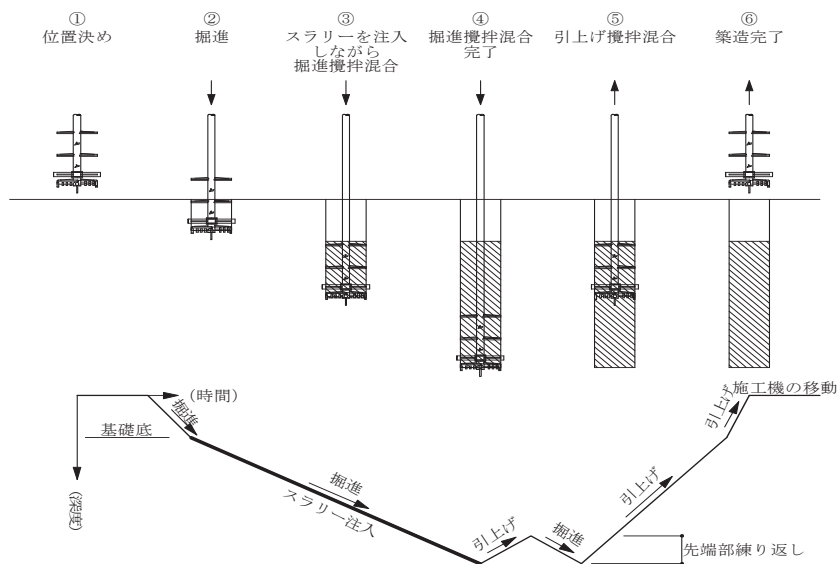


図4 施工手順

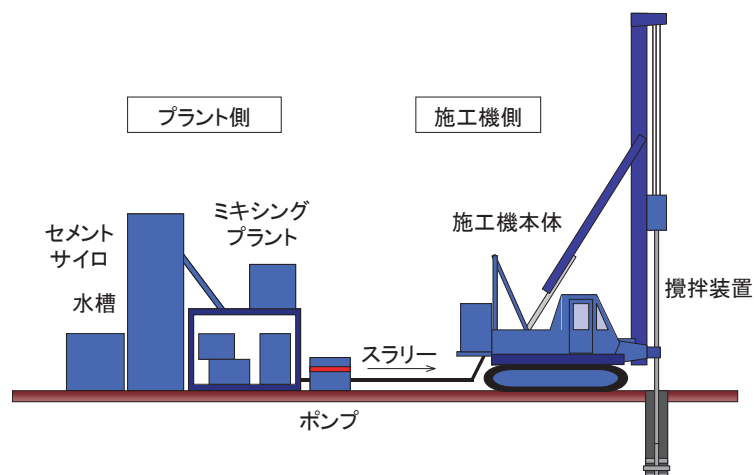


図5 施工機械と設備機器

施工管理項目の一覧を表 2 に示す。施工の前には、改良体の直径、施工位置、掘削装置の鉛直性、固化材液の比重・濃度などが管理される。施工中には、スラリーの注入量、攪拌混合度、施工深度などが管理され、これらデータはリアルタイムで自動記録された施工記録として保存される。

表 2 施工管理項目の一覧

管理目的	項目	頻度	管理値
位置の確保	杭芯の位置	全数	100mm 以内
設計寸法・ 形状の確認	改良体径	随時	700・1000mm 以上
	鉛直度	全数	1/100 以内
スラリー	比重	2 回/日	1.72 以上
	濃度	バッチ毎	±2%以内
添加量	添加量	全数	250kg/m ³ 以上
攪拌状況	攪拌回数	全数	規定値以上
	共回り防止機能	ヘッド交換時	設計図書による
着底の確認	練り返し回数	全数	1 回/本
	設計長確認	全数	掘削長 8.0m

4. 品質確認

(1) 品質検査

検査指標は、柱状改良体より採取したコア（供試体）の一軸圧縮強さおよびコア採取率とし、品質検査は検査対象群ごとに実施された。

一軸圧縮強さによる品質検査を実施する柱状改良体の数量は建築センター指針¹⁾に準拠し、頭部コアとボーリングコアで 2 柱状改良体ずつとされた。コア採取位置を図 6 に示す。

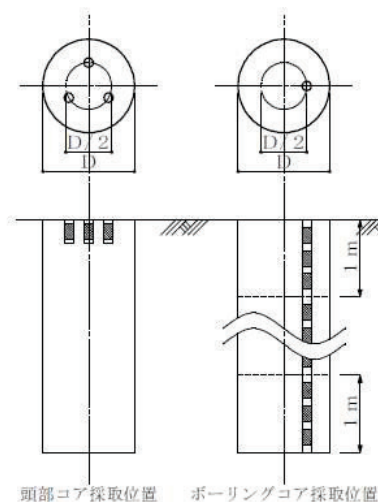


図 6 コア採取位置

(2) 一軸圧縮強さによる品質検査

①合格判定

設計対象層の一軸圧縮強さの平均値 $\bar{X}_N$ が、式 1 で算出する合格判定値 $\bar{X}_L$ (933kN/m²)を上回る場合を合格とした。抜き取り箇所数から定まる合格判定係数を表 3 に示す。設計対象層であるローム層の検査コラム数は 4 つ、抜き取り箇所は 6 か所であるため、合格判定係数 k_a は 1.5 に設定された。

表 3 抜き取り箇所数と合格判定係数¹⁾

抜き取り箇所数	1	2	3	4~6	7~8	9~
合格判定係数 k_a	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3

【合格判定式】

$$\bar{X}_N \geq \bar{X}_L = F_C + k_a \cdot \sigma_d = 600 + 1.5 \times 222 = 933 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots \text{式 1}$$

ここで、 $\bar{X}_N$ ：抜き取り N 箇所の一軸圧縮強さの平均値（ $= \sum \bar{X}_i / N$ ）

$\bar{X}_i$ ：抜き取り箇所毎の一軸圧縮強さ（3 供試体の平均値）

N：設計対象層の抜き取り箇所数

$\bar{X}_L$ ：合格判定値

F_C ：設計基準強度 600kN/m²

k_a ：合格判定係数（抜き取り箇所 4~6 の値：1.5 表 3 による）

σ_d ：設計で想定したコア強度の標準偏差

$$\bar{q}_{ud} = F_C + 1.3 \cdot \sigma_d \quad \dots \text{①、} \quad \sigma_d = V_d \cdot \bar{q}_{ud} \quad \dots \text{②}$$

$\bar{q}_{ud}$ ：想定した一軸圧縮強さ、 V_d ：想定した強度の変動係数 25%²⁾

$$\text{①、②より、} \sigma_d = \frac{V_d \cdot F_C}{1 - 1.3V_d} = 222 \text{ kN/m}^2$$

②抜き取りコアの一軸圧縮試験結果

新設コラムの一軸圧縮試験結果の一覧表を表 4 に示す。また、土質毎の試験結果のまとめを表 5 に示す。設計対象層であるロームの平均一軸圧縮強さの試験結果 $\bar{X}_N$ は合格判定値 $\bar{X}_L=933\text{kN/m}^2$ を満足していた。

また、既存コラムから採取した抜き取りコアの土質毎の試験結果のまとめを表 6 に示す。既存コラムの強度は新設コラムの合格判定値を満足していることから、新設コラムとして活用できると判断された。なお、試験材齢はいずれも 1666 日（約 4.5 年）である。

表 4 新設コラムの一軸圧縮試験結果の一覧表

種別	コラム No.	採取深度 (GL-m)	一軸圧縮強さ (kN/m ²)				検査 対象層	設計 対象層
			1	2	3	平均値		
頭部 コア	27		3460	3410	2960	3280	ローム	○
	94		3670	3920	4020	3870	ローム	○
ボーリング コア (深度コア)	33	1.35-2.35	3180	3570	2880	3210	ローム	○
		2.35-3.35	2470	2160	2330	2320	ローム	○
		3.35-4.35	2390	2950	2230	2520	軽石	
		4.35-5.35	3320	3930	2770	3340	軽石	
		5.35-6.35	2930	4790	3330	3680	軽石	
		6.35-7.35	2120	5000	3250	3460	軽石	
		7.35-8.00	1640	3700	2850	2730	礫質土	
	117	1.35-2.35	1980	2680	2910	2520	ローム	○
		2.35-3.35	995	635	681	770	ローム	○
		3.35-4.35	2170	2190	1800	2050	軽石	
		4.35-5.35	1750	1650	1210	1540	軽石	
		5.35-6.35	1190	2070	1260	1510	軽石	
		6.35-7.35	2870	3340	3260	3160	軽石	
		7.35-8.00	3520	3230	3390	3380	礫質土	

表 5 新設コラムの土質毎の試験結果のまとめ

検査対象層	設計対象層	抜き取り箇所数	平均一軸圧縮強さ (kN/m ²)
ローム	○	6	2662
軽石		8	2658
礫質土		2	3055

表 6 既設コラムの土質毎の試験結果のまとめ

検査対象層	平均一軸圧縮強さ (kN/m ²)
埋土	7160
ローム	2790
軽石	3060
礫質土	6320

(3) コア採取率による品質検査

①合格判定

ボーリングコアのコア採取率検査が実施され、合格判定は建築センター指針¹⁾に準拠した。コア採取率算定式を式 2 に、合格判定基準値を表 7 に示す。

$$\text{コア採取率}(\%) = \frac{\text{採取されたコアの全長 (m)}}{\text{掘進長さ (m)}} \times 100 \quad \dots \text{式 2}$$

表 7 合格判定基準値

土質	コア長さにおけるコア採取率	コア 1m におけるコア採取率
砂質土	95%以上	90%以上
粘性土	90%以上	85%以上

②コア採取率結果

コア採取率は、新設コラムと既設コラムのいずれも 100%（コア堀長：6.65m）となり、コア採取率の合格判定値を満足した。

5. おわりに

新築の事務棟の建設において、既設の柱状改良体と新設の柱状改良体を併用することで地盤対策がなされ、構造物の供用が開始された（写真 3）。



写真 3 事務棟の全景

【参考資料】

- 1) （財）日本建築センター：改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針—セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法—
- 2) テノコラム協会：テノコラム・マニュアル基礎設計編、1988