

# 深层搅拌技术在成都龙泉优诗美地 基础处理工程中的应用研究

龚丕仁, 付光强

(四川省地质工程勘察院, 四川 成都 610071)

**摘要:**在成都东部台地区域针对局部范围内的粘土、淤泥质粉质粘土等土层进行的深层搅拌及 CFG 桩法基础处理对比试验研究以及施工实践表明,深层搅拌法较 CFG 桩法更为适宜于处理该地层,其工程成果对四川地区今后类似的深层搅拌施工有着重要的借鉴和指导作用。

**关键词:**深层搅拌;淤泥质土;地基处理

**中图分类号:** TU472.3<sup>+</sup>6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2008)12-0063-03

**Application Research on Deep Mixing Technology in Foundation Treatment/GONG Pi-ren, FU Guang-qiang** (Sichuan Institute of Geo-engineering and Exploration, Chengdu Sichuan 610071, China)

**Abstract:** Application research and construction experience in platform area of south Chengdu showed that deep mixing technology was more suitable for foundation treatment in clay or mud-silty clay. The engineering experience provided the good reference and guidance to the similar deep mixing construction in Sichuan Province.

**Key words:** deep mixing; mucky soil; foundation treatment

成都市东部台地地层为一套上部覆盖较薄的第四系粘土层和下部的白垩系灌口组泥岩和薄层状砂岩互层,下部地层为该地区房屋建筑的主要基础持力层。由于局部范围内存在较厚的粘土、淤泥质粉质粘土、粉砂、含卵石粘性土、粉质粘土、泥岩等,各层层厚、埋藏深度不一,给建筑物基础持力层的选定带来很大难度。

遇上述地质条件时,须对较为深厚的地基土进行基础处理。如何处理,成为地基与基础施工单位的一个新问题。针对这一问题,我院利用优诗美地住宅小区遇到的类似工程难题进行试验探索,通过深层搅拌和常规的 CFG 桩复合地基处理两种基础处理方式对比试验分析,最终采用深层搅拌新技术对该工地的地基土进行深层搅拌处理。

## 1 深层水泥搅拌桩技术概况

深层水泥搅拌桩是利用水泥作为固化剂的主剂,通过特制的深层搅拌机械在地基深部将软土和固化剂强制拌和,使软土硬结从而提高地基强度及变形模量。这种方法适用于处理软土,处理效果显著,处理后可较快投入使用,具有广阔的应用前景。

## 2 工程概况

优诗美地住宅小区位于成都市龙泉驿区同安镇,占地面积约 100 亩,建筑物结构形式为砖混及框架,基础形式为条基或独立基础,整个小区共由 27 幢建筑物组成。

根据勘察报告,住宅小区内有 12 幢建筑(即 1、9、10、11、14、15、17、18、19、20、24、25 号)地基强度及变形未达到设计要求。为此,项目业主通过竞标方式选择了“水泥土搅拌桩(深层搅拌)法”进行地基加固处理,委托我院进行该小区大部分软弱地基(11 幢,即除 14 号楼外)加固处理的工程设计与施工。

我院组织相关工程技术人员根据业主、设计及规范的相关要求并结合现场实际情况,认真编写了《地基处理施工设计方案》,并报勘察设计审查中心进行审查。然后项目部组织施工人员对 1 号楼待处理地基进行了“水泥土搅拌桩”现场工艺性试验和室内水泥土配合比试验,对 20 号楼待处理地基进行了 CFG 桩现场试验,并根据测试结果及时提交了现场试验报告。检测结果显示,采用深层搅拌施工后的基础优于 CFG 桩复合地基基础。据此及时对全部 11 幢楼软弱地基进行加固处理工作。各幢地基

收稿日期:2008-07-07

**作者简介:**龚丕仁(1970-),男(汉族),四川邻水人,四川省地质工程勘察院工程师,探矿工程专业,从事岩土工程勘察、边坡治理、地基与基础处理工程等工作,四川省成都市西青路 119 号,fypda@163.com。

处理完工 28 天后,经载荷检测,处理后的地基承载力及变形模量满足设计要求。

### 3 工程主要地质条件

根据勘察报告,小区场地属二级阶地,高程在 516.55 ~ 520.97 m 之间,场地地层自上而下主要由耕土、粘土、淤泥质粉质粘土、粉砂、含卵石粘性土、粉质粘土、泥岩等组成,各层层厚、埋藏深度不一。软弱层主要由部分软塑粘土、淤泥质粉质粘土、软塑粉质粘土组成。

从地基处理角度来看,场地地层有以下几个特点:

(1) 软弱层上部均由耕土和粘土组成,耕土不厚,粘土中除 15 幢局部位有硬塑粘土外,其余大部分均由可塑粘土组成,可塑粘土承载力特征值为 160 kPa,满足设计要求,但由于建筑基础埋深的因素,绝大部分都将开挖,保留部分不能满足地基强度要求。

(2) 软弱层位于上部粘土层之下,主要由淤泥质粘土层和软塑粉质粘土层组成,承载力特征值分别为 60、80 ~ 90、150 ~ 160 kPa,承载力低,为本次地基处理主要地层。淤泥质粉质粘土层厚在 1.2 ~ 8.6 m 之间,绝大部分层厚均在 5 m 以上,软塑状态,含大量腐植物,有机物含量高达 10%,天然含水量  $\omega = 32.8\% \sim 35.6\%$ ,孔隙比  $e = 0.929 \sim 0.976$ 。软塑粉质粘土分布在淤泥质粉质粘土以下,层厚在 2.2 ~ 4.5 m 之间,天然含水量  $\omega = 30.6\% \sim 48.4\%$ ,孔隙比  $e = 0.92 \sim 1.385$ 。软土层厚度大,层底深,考虑处理方法时必须充分注意到这一特点。

(3) 软弱层下均分布有含卵石粘性土或可塑粉质粘土,其承载力特征值分别为 200、150 ~ 160 kPa,可作为地基处理的控制层,但由于可塑粉质粘土层厚薄、分部不均,地基处理设计时应复核其强度。

(4) 场地内地下水位在 1.3 ~ 6.7 m 之间,水位较浅,主要为土层滞水,地下水 pH 值为 6.9,对混凝土结构无腐蚀性,对独立钢结构具弱腐蚀性,选择地基处理方法时应充分考虑对水位、水质的适宜性。

## 4 施工情况

### 4.1 技术要求

(1) 深层搅拌法处理后所形成的复合地基,地基承载力特征值  $f_{ask} < 200$  kPa。

(2) 砌体承重结构基础的局部倾斜  $< 0.002L_1$  ( $L_1$  为基础两点的距离)。

(3) 框架结构相邻柱基的沉降差  $< 0.002L_2$  ( $L_2$  为相邻柱基中心距离)。

### 4.2 生产性对比试验分析研究

为了寻求一种较为适宜该地土的基础处理的方法,进入工地后,首先采用了 CFG 桩复合地基基础处理进行试桩试验,同时进行了深层搅拌施工试验。生产性试验检测结果显示,采用深层搅拌施工后的基础处理优于 CFG 桩复合地基基础处理。

### 4.3 工程进度及主要工程量

#### 4.3.1 建筑物基本特征(见表 1)

表 1 建筑物基本特征一览表

幢号	设计基底标高/m	结构型式	层数	基础型式
1	517.40	框架	4+1	独立基础
9	516.26	砖混+底框	5	条形+独立基础
10		砖混+底框	5	条形+独立基础
11		砖混+底框	5	条形+独立基础
15	517.04	砖混	4+1,5	条形基础
17	515.876	砖混	4+1,5	条形基础
18	515.876	砖混	4+1,5	条形基础
19	516.92	砖混	4+1	条形基础
20	516.62	框架	4+1	独立基础
24	516.62	框架	4+1	独立基础
25	516.65	框架	4+1	独立基础

#### 4.3.2 施工进度及主要工程量

本工程从开始现场试验到完成所有合同工程项目,施工历时 216 天。

施工中共完成 11 幢楼的地基处理工作,处理基础面积共 4927.72 m<sup>2</sup>,水泥土搅拌桩总延米为 33495.21 m,消耗水泥 2139.28 t,详见表 2。

表 2 工程进度及主要工程量统计表

编号	平均桩长/m	桩数量/根	处理面积/m <sup>2</sup>	总延米/m	共用水泥/t
1	8.40	537	485.00	4510.80	210.50
1 接桩	3.00	889	630.00	2667.00	288.52
9	6.50	449	542.00	2954.42	176.25
10	4.25	257	256.00	1092.25	24.03
11	3.00	200	186.00	600.00	21.00
15	7.02	782	767.00	5489.64	365.98
17	7.80	505	506.22	3939.00	248.46
18	7.60	737	767.00	5601.20	390.07
19	7.80	213	256.00	1661.40	102.70
20	7.60	186	177.50	1413.60	90.40
24	7.55	238	177.50	1796.90	113.37
25	7.25	244	177.50	1769.00	108.00

### 4.4 工程质量

根据《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79 - 2002)11.4 的规定及《四川省建筑地基基础质量检测若干规定》(川建厅质安发[2001]1265 号),水泥

土搅拌法地基加固处理按以下方式检测。

(1) 水泥土搅拌桩桩身质量检测。成桩 3 天后,用轻型重力触探检查每根桩桩身的均匀性,检验数量为总数的 1%,且不少于 3 根;基础开挖桩头后,目测检查搅拌桩的均匀性,成桩直径,检查数量为总数的 5%。检测结果表明,均满足设计要求,各幢检测情况见表 3。

表 3 各幢水泥土搅拌桩桩身质量检测统计表

幢号	设计桩径 /mm	桩头直径检测		桩身均匀性 检测数量/根	检测 结果
		数量/根	平均直径/mm		
1	600	45	610	10	合格
9	600	25	605	5	合格
10	600	14	600	3	合格
11	600	10	625	3	合格
15	600	18	610	8	合格
17	600	25	615	5	合格
18	600	21	610	7	合格
19	600	15	615	3	合格
20	600	14	610	3	合格
24	600	13	625	3	合格
25	600	13	620	3	合格

(2) 载荷试验。分单桩载荷试验和复合地基载荷试验,在成桩 28 天后进行试验,复合地基载荷试验检验数量为桩总数的 1% 且每幢楼不少于 3 点;单桩载荷试验在 9、15 号楼各抽测 3 点。结果表明,均满足设计要求,各幢楼水泥土搅拌桩复合地基载荷检测情况见表 4。

表 4 各幢楼水泥土搅拌桩检测情况统计表

幢号	复合地基承载力设计值/kPa	复合地基试验/点	实测平均值/kPa	检测结果
1	200	5	209.4	满足设计要求
9	200	7	210.0	满足设计要求
10	200	3	210.0	满足设计要求
11	200	3	210.0	满足设计要求
15	200	12	210.0	满足设计要求
17	200	6	205.5	满足设计要求
18	200	10	211.1	满足设计要求
19	200	3	209.13	满足设计要求
20	200	3	210.0	满足设计要求
24	200	3	210.0	满足设计要求
25	200	3	210.0	满足设计要求

## 5 结语及体会

该项工程的应用、试验及生产实践表明,成都东部台地区部分区域地层由耕植土、粘土、淤泥质粉质粘土、粉砂、含卵石粘性土、粉质粘土等较厚的软弱层组成,各层层厚、埋藏深度不一,软弱层主要由部分软塑粘土、淤泥质粉质粘土、软塑粉质粘土组成,

软弱层的有效、适宜、科学的处理方法为深层搅拌法。

通过生产性试验,总结出了一套较为成熟的深搅拌施工工艺技术及操作注意事项。

在本次水泥土搅拌桩施工全过程中,针对地层条件,事先做了现场水泥土搅拌桩试验,并及时采取了相应的技术措施,不断总结调整施工工艺方法、优化工艺参数,圆满地完成了全部施工工作,使工程质量达到了设计要求。通过本次工程实践,有以下几点体会。

(1) 工程前,要全面了解场地的地质情况,并结合现场实际制定合理的施工工艺技术方案。为此,应在处理范围内选取主要地层进行工艺性试验和室内配合比试验。通过试验,确认软基性质、持力层深度,优化施工参数。本工程证明,现场试验非常重要。

(2) 在设计施工方案时,应充分认识到水泥土搅拌桩是介于刚性桩和柔性桩之间具有一定压缩性的、半刚性桩的特性,其受力是桩及桩间土共同作用,载荷比随桩身强度变化。工程表明,从提高复合地基强度出发,提高置换率比增加桩长和提高桩身强度效果要好得多。

(3) 施工时,设计桩顶标高以上须保留 50 cm 厚土层形成覆盖层,停浆面必须高于设计桩顶标高 30 ~ 50 cm,主要目的是保证桩头成桩质量。

(4) 施工时,必须根据桩身受力特征对桩头反复搅拌,其复搅深度应不低于桩径的 3 倍,并根据桩头软基特征实时调整固化剂掺入量。

(5) 水泥土搅拌桩处理地基由我院在四川地区首次使用,工程效果表明,其适合于淤泥质土、粉土、软塑粘土等软弱地基处理。在工程施工中亦发现,软基中含砂量大,则桩身强度高,反之,则小;软基中有机质含量大,桩身强度增加缓慢。为此,在今后的工程中,必须引起充分的重视。

(6) 各幢土建开始施工时,建议对经处理后的复合地基开展沉降观测工作,观测资料及时地反馈给设计和施工单位,若有异常便于及时的处理,同时为今后的设计及施工工作提供更为详尽的参考。

优诗美地住宅小区地基处理完毕后已 2 年,通过沉降观测未发现任何异常情况,实践证明深层搅拌法处理该类地层完全能满足设计要求,是一种行之有效的地基处理方法。