

文章编号:1001-5132 (2010) 03-0088-04

# 钻孔灌注桩后压浆技术在某工程中的应用

朱江海, 何佩珠

(宁波市鄞州区建筑工程质量监督站, 浙江 宁波 315200)

**摘要:** 为了提高钻孔灌注桩的单桩承载力, 减少桩基沉降, 可采用桩底后压浆技术工艺。结合宁波地区的地质条件和工程实例, 详细介绍了后压浆钻孔桩施工工艺, 并对注浆和不注浆的钻孔灌注桩单桩承载力进行了对比试验。结果表明: 注浆后单桩承载力提高了 22%~29.4%, 具有较好的经济效益。

**关键词:** 钻孔灌注桩; 后压浆; 提高; 承载力

**中图分类号:** TU473

**文献标识码:** A

桩端压力注浆于 1958 年在委内瑞拉修建 Maracaibo 大桥基桩中首次采用, 之后在世界多个国家(如泰国、意大利、法国等)得到广泛应用。桩端后压浆技术在我国的应用始于 20 世纪 80 年代初, 1983 年在北京崇文门 7 号楼首次应用。此后, 该项技术在国内得到蓬勃发展<sup>[1]</sup>。

钻孔灌注桩作为高层建筑主要的桩型, 已得到广泛应用, 但受施工工艺的影响, 桩端沉渣难以控制, 单桩承载力离散性很大, 不利于设计承载力的提高。后压浆技术的出现, 有效地解决了上述不利因素, 通过桩端后压浆使得桩端土中空隙被浆液充填或劈裂, 形成结石体或网状复合土体, 大幅度提高了桩端土的承载力, 通过部分浆液沿着桩侧渗透, 增加了桩土间的摩阻力。近年来, 钻孔灌注桩桩端后压浆技术在桩基工程中应用广泛<sup>[2-5]</sup>。

宁波地区上覆厚层软土, 高层建筑一般采用第 8 层粉砂~粗砾砂层作为持力层, 该层埋深一般在 50~60 m, 砂质较纯, 中密~密实, 适宜桩端后压浆技术的应用。笔者以宁波市某工程为背景, 对钻

孔灌注桩后压浆技术在工程中的应用进行了研究, 分析了注浆和不注浆对钻孔灌注桩单桩承载力的影响。

## 1 工程地质条件及土层参数

宁波市鄞州工商商贸大厦工程座落在鄞州大道以南、天童路以东, 用地面积 14 182 m<sup>2</sup>, 地上建筑面积 38 600 m<sup>2</sup>, 主楼 24~36 层, 高度 90.9~96.9 m, 裙房 3 层, 地下 3 层, 框剪结构, 地基基础设计等级乙级, 选用  $\Phi 700$ 、 $\Phi 600$  钻孔灌注桩, 并进行桩底后压浆, 以 8C 层粗~砾砂为桩基持力层, 设计单桩承载力特征值  $\Phi 600: R_a=2\ 980\text{ kN}$ ,  $\Phi 700: R_a=4\ 400\text{ kN}$ 。

拟建工程场地基岩为紫红色泥岩, 埋深于自然地坪下 65.4~73.1 m, 其上覆土层按其形成环境及物理力学性质可划分为上、下 2 层, 上覆层由填土、粘土、淤泥质土、粉质粘土等组成, 土层以软流塑状高压缩性为特征, 统称软弱土层, 其厚度为

表 1 各土层物理力学参数及钻孔桩桩基设计参数

层次	土名	含水量 $W/\%$	重度 $r/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	$I_p$	$I_c$	$C/\text{kPa}$	$\Phi/(\circ)$	$f_{ak}/\text{kPa}$	$E_s/\text{MPa}$	$q_{sa}/\text{kPa}$	$q_{pa}/\text{kPa}$
1a	填土										
1b	粘土	36.8	18.5	20.1	0.50	28.2	16.2	70	3.77	13	
2a	淤泥质粘土	49.9	17.2	18.1	1.45	15.6	9.0	50	1.97	5	
2b	淤泥质粉质粘土	38.2	18.2	14.6	1.26	18.9	10.8	60	2.67	7	
3	粉质粘土	30.2	19.1	12.3	0.99	25.7	16.0	100	4.88	10	
4	粘土	18.0	17.3	21.3	0.94	20.3	9.8	90	2.71	9	
5a	粘土	32.0	19.2	19.5	0.40	39.7	16.8	200	5.73	25	
5b	粉质粘土	28.4	19.6	15.4	0.39	41.6	18.3	170	6.15	23	
5c	粉砂	25.6	20.1			12.0	31.8	220	8.85	26	
6a-1	粉质粘土夹粉砂	33.2	19.1	14.3	0.79	30.2	15.8	160	4.85	20	
6a-2	粉砂	26.7	19.6	7.4	0.98	11.8	29.0	230	9.72	32	
6b-1	粉质粘土	31.3	19.2	12.9	0.86	27.6	17.2	150	4.91	20	
6b-2	粉砂	29.0	19.4	5.8	0.12	13.0	25.5	220	6.39	26	
6c	粉质粘土	26.9	19.7	12.8	0.60	38.2	21.8	170	6.26	24	
8a-1	粉砂	20.8	20.1	9.8	0.46	11.8	32.8	250	11.56	35	700
8a-2	卵石、砾砂	21.1	20.2					300	17.54	55	1 000
8b	粘土	30.9	19.0	17.6	0.54	36.7	17.7	220	6.96	30	700
8c	砾砂、粗砂	21.8	19.7			27.3	27.7	270	13.47	50	1 200
9	粉质粘土	26.9	19.7	15.9	0.32	52.7	19.2	250	7.08	38	900
10a	全~强风化泥岩	22.7	20.7	16.3	0.29	44.7	20.8	260	8.57		

22.8~33 m, 下覆土层由 5~9 层粘土, 粉质粘土和粉砂、粗砂、砾砂等组成, 其粘性土呈可塑~硬可塑, 砂土呈中密~密实状, 中低压缩性。

工程采用 8c 层粗~砾砂层作为持力层, 该层厚度 3.2~9.6 m, 据 11 个勘探孔, 12 组颗粒分析资料, 砾砂土有 7 组, 含粘性土、圆砾土、中砂土、细砂土、粉砂土和粉土各 1 组, 重型圆锥动力触探 13 点次, 其击数 13~50 击不等, 2 个勘探孔各一段标贯击数 20 组 39 击, 土质不均。各土层物理力学参数及钻孔桩桩基设计参数建议值见表 1。

## 2 工程设计

### 2.1 桩基设计

按勘察报告提供的设计参数, 以第 8c 层作为持力层, 桩长 63 m 钻孔桩,  $\Phi 600$ :  $R_a=2\ 200\sim 2\ 300$

kN,  $\Phi 700$ :  $R_a=2\ 800\sim 3\ 000$  kN。这样大多数承台桩数在 7~8 根, 承台过大, 群桩基础不利沉降控制且造价上不经济, 通过对土层条件的分析, 最后确定采用  $\Phi 600$  及  $\Phi 700$  直径钻孔灌注桩, 筏板+承台基础, 桩端以 8c 层为持力层, 桩端进入持力层深度不少于 1.0 m, 有效桩长 52 m, 并采用桩端后压浆, 单桩承载力特征值  $R_a$  按建筑桩基技术规范(JGJ94-2008)计算:

$$R_a = U \sum q_{sia} l_i + (U \sum \xi_{si} q_{sia} l_i + \xi_p \times q_{pa} \times A_p) \times \lambda_g,$$

式中  $\xi_{si}$ ,  $\xi_p$  按表 2 取值(宁波地区经验数据),  $\lambda_g$ =实际压浆量/合理压浆量, 设计时取  $\lambda_g=1.0$ 。

表 2  $\xi_{si}$ ,  $\xi_p$  经验值

	粉土	粉细砂	中砂	粗砂	砾砂	砾石、卵石
$\xi_{si}$	1.6	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0
$\xi_p$	1.6	2.0	1.8	3.0	3.2	4.0

经过计算: 后压浆钻孔桩  $\Phi 600$ :  $R_a=2\ 700$  kN,  $\Phi 700$ :  $R_a=4\ 200$  kN, 进行 3 根设计对比试桩, 其中

Φ600 和 Φ700 各 1 根做注浆和不注浆对比。

## 2.2 桩底注浆设计

注浆桩每桩埋设 2 根 Φ25, 壁厚 2.5 mm 注浆管, 下端袖筏管比钢筋笼长出 100 mm, 上端高出地面 250 mm, 桩身砼达初凝期后进行压水试验, 10 d 后借助注浆管作桩身完整性低应变检测后(仅对设计试桩), 适时注浆, 注浆压力 1.0~1.5 MPa, 水灰比 0.5~0.6, 注浆量每桩 2 t 水泥。

## 2.3 后压浆施工工艺

施工工艺流程如图 1 所示。

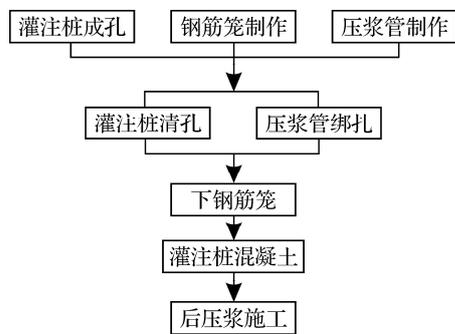


图 1 注桩后压浆施工工艺流程

施工要点如下:

(1) 压浆管的制作: 在制作钢筋笼的同时制作压浆管, 压浆管为直径 25 mm 的黑铁管。接头采用丝扣连接, 两端采用丝堵封严。压浆管长度比钢筋笼长 35 cm, 桩底部长出钢筋笼 10 cm, 上部高出桩顶混凝土面 25 cm。在压浆管最下部 20 cm, 采用钻头均匀钻出 4 排(每排 4 个)、间距 3 cm、直径 3 mm 的压浆孔制作成压浆喷头(俗称花管)。外面套上同直径的自行车内胎并在两端用胶带封严, 这样压浆喷头就形成了一个简单的单向装置。当注浆时压浆管中压力将车胎迸裂、图钉弹出, 水泥浆通过注浆孔和图钉的孔隙压入碎石中, 而混凝土灌注时该装置又保证混凝土浆不会将压浆管堵塞。

(2) 压浆管的布置: 将 2 根压浆管对称绑在钢筋笼外侧, 在成孔后清孔、提钻、下钢筋笼、钢筋笼吊装安放过程中要注意对压浆管的保护, 钢筋笼不得扭曲, 以免造成压浆管在丝扣连接处松动。喷头部分应加混凝土垫块保护, 不得摩擦孔壁以

免车胎破裂造成压浆孔的堵塞。按照规范要求灌注混凝土。

(3) 压浆桩位的选择: 根据以往工程实践, 在砂土和软土层中, 水泥浆在工作压力作用下影响面积较大。为防止压浆时水泥浆液从临近薄弱地点冒出, 压浆的桩应在混凝土灌注完成 3~7 d 后, 并且该桩周围至少在 8~10 m 范围内没有钻机钻孔作业, 该范围内的桩混凝土灌注完成也应该在 3 d 以上。

(4) 压浆施工顺序: 压浆时最好采用整个承台群桩一次性压浆, 压浆先施工周边桩再施工中间桩。压浆时应做好施工记录, 记录的内容应包括施工时间、压浆开始及结束时间、压浆数量以及出现的异常情况和处理措施等。

## 3 静载试桩结果分析

注浆 28 d 后进行设计试桩, 未注浆桩与后压浆桩的承载力对比结果见表 3。

表 3 注浆桩与后压浆桩的承载力对比

桩号	桩长 /m	桩径 /mm	试验单桩竖向极限承载力/kN		沉降量 /mm	回弹量 /mm
			桩底未 注浆	桩底后 压浆		
			SJ <sub>1</sub> -1	58.55		
SJ <sub>1</sub> -3	63.57	700	-	8 800	25.51	8.39
SJ <sub>2</sub> -2	64.58	600	4 800	5 960	(57.60) 22.14	7.27

注: 括号内值为未注浆桩沉降量。

SJ<sub>1</sub>-1 注浆桩与未注浆桩的对比试验结果表明: 桩底未注浆时试验单桩竖向极限承载力为 6 800 kN, 而对比试验桩的承载力达到 8 800 kN, 单桩承载力提高了 2 000 kN。桩底未注浆时的沉降量为 60.28 mm, 而后压浆桩沉降量仅为 17.88 mm。SJ<sub>2</sub>-2 桩也有类似结果。由此可见, 随着后压浆技术的应用, 单桩承载力有了较大幅度的提高, 而沉降量大大减小。

## 4 结语

由于桩端注浆的复杂性, 其理论还不成熟. 笔者针对宁波地区的土质特点, 对桩端注浆工艺理论和机理进行了研究, 该工法技术工艺简单, 施工方法灵活, 注浆设备简单, 适合宁波软土地区. 通过对该工法在宁波某工程中的应用表明: 钻孔灌注桩后压浆技术可以大幅度地提高承载力, 一般与未注浆前承载力相比可提高 20%~30%, 改善了桩基应力水平, 减少了不均匀沉降, 本工程单桩承载力提高了 22%~29.4%, 具有显著的经济效益, 为

类似工程提供了借鉴.

### 参考文献:

- [1] 王秀哲, 龚维明, 薛国亚, 等. 桩端后压浆技术的研究现状及发展[J]. 施工技术, 2004, 33(5):28-31.
- [2] 王平, 曾辉. 钻孔灌注桩及后压浆施工几个问题的探讨[J]. 施工技术, 2004, 5:44-45.
- [3] 绳钦柱, 刘序鹏, 王李果, 等. 钻孔灌注桩后压浆法桩端地基加固施工技术[J]. 施工技术, 2004, 1:22-23.
- [4] 李继广, 刘彦祥. 后压浆技术提高钻孔灌注桩承载力的分析[J]. 水道港口, 2010, 31(1):65-68.
- [5] 齐添, 唐胡乐, 刘干斌. 持力层桩底后压浆优化效果分析[J]. 岩土工程界, 2008, 12(5):48-51.

## Application of Cast-in-place Pile Post Grouting Technique in Given Construction Project

ZHU Jiang-hai, HE Pei-zhu

( Construction Engineering Quality Supervision and Inspection Bureau of Yinzhou district, Ningbo 315200, China )

**Abstract:** In order to increase the pile load capacity and reduce pile foundation settlement, the post grouting technique for cast-in-place pile may be used. Based on the prevailing geotechnical condition of Ningbo region and a specific construction project, a test is conducted to compare the effect of cast-in-place piles with and without jet grouting. The result indicates that the load capacity of individual pile may increase by from 22% to 29.4% after a jet grouting process, producing the remarkable economic benefit from adopting the proposed technique.

**Key words:** cast-in-place pile; post grouting; increase; load capacity

**CLC number:** TU473

**Document code:** A

(责任编辑 史小丽)