

长螺旋超流态混凝土灌注桩施工技术

陈飞^{1,2}, 刘宏标²

(1. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074; 2. 江西省地质工程总公司, 江西 南昌 330029)

摘要:结合工程实例,介绍了长螺旋超流态混凝土灌注桩的施工工艺、适用范围、技术特点及单桩竖向承载力标准值的计算,阐述了施工过程中的常见问题及预防处理措施。该工艺具有施工工艺简单、环保、施工速度快、成桩质量好的优点,与普通钻孔灌注桩相比,单桩承载力提高50%以上,桩身混凝土用量减少40%以上,施工费用减少40%。

关键词:长螺旋钻;超流态混凝土;钻孔灌注桩;成桩工艺;单桩承载力

中图分类号:TU473.1⁺4 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2009)03-0041-04

Construction Technology of Long Spiral Super-fluid Concrete Grouting Pile/CHEN Fei^{1,2}, LIU Hong-biao² (1. China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2. Jiangxi Geo-engineering General Corporation, Nanchang Jiangxi 330029, China)

Abstract: Based on the field case, long spiral super-fluid concrete grouting pile was introduced on construction technology, application scope, technical features and the estimation of vertical bearing capacity of a single pile. Comparing with conventional bored-grouting pile, this technology has advantages of simple operation, environmental protection, rapid construction speed and good pile quality with 50% bearing capacity increased, more than 40% concrete amount reduced and 40% construction cost saved.

Key words: long spiral drill; super-fluid concrete; bored-grouting pile; pile-forming construction technology; bearing capacity of single pile

近年来,随着建筑业的不断发展,各种基础处理形式也在不断发展,以满足不同地质条件的需要,在普通螺旋干钻孔桩基础上发展起来的“长螺旋超流态灌注桩”其成孔速度快、质量好、造价低、符合城市环保要求,它采用专用长螺旋钻孔桩机钻至预定深度,通过钻头活门向孔内连续泵注超流态混凝土,至桩顶为止,然后插入钢筋笼而形成桩体,是一种新型的桩基础施工工艺。

1 适用范围与特点

1.1 适用范围

本工法适用于建(构)筑物基础桩和基坑的支护桩,也可作为复合地基或防水帷幕使用。

适用地层为杂填土、素填土、可塑到软塑的粉土、粉质粘土、软土、砂粘土、粉土、卵石层等。采用特殊钻头也可进入强、中风化岩层。不受地下水位的限制,即使在潜水面以下的中粗砂层,由于采用连续压灌混凝土工艺,也能顺利成桩。特别适宜于钻孔桩、沉管桩和静压桩不适宜的易坍塌、扩缩径、流砂、怕扰动的地层、湿陷性黄土等复杂地质条件。

1.2 技术特点

(1)适应性强,应用广泛,不受地下水位的限制;特别适用于复杂、难处理的地质条件,如软硬夹层、流砂层、深回填土等。

(2)成桩质量好,桩端无虚土,不易发生断桩、缩颈、塌孔等质量问题。

(3)承载力高,可充分发挥地基土的端承力和摩阻力。在施工过程中桩端土及虚土经水泥浆渗透、挤密、固结;桩周土经水泥浆填充、渗透、挤密及超流态混凝土的侧向挤压,提高了桩端阻力和桩侧摩阻力,从而大幅度提高单桩承载力。

(4)经多种外加剂配制成的超流态混凝土具有摩擦系数低、流动性好、桩分散性好、细石能在混凝土中悬浮而不下沉,钢筋笼放入容易、施工方便。

(5)桩身强度高,超流态混凝土强度等级可按设计要求配制,桩径可选择性强,目前有 $\varnothing 400$ 、600、800、900、1000 mm等多种桩径可供选择,布桩灵活。

(6)能够紧贴其它建筑物的基础施工而不影响原建筑物。

(7)施工环保、低噪声、低震动、不扰民。施工

收稿日期:2008-11-17

作者简介:陈飞(1969-),男(汉族),湖南邵东人,中国地质大学(武汉)博士在读,江西省地质工程总公司武汉公司经理、高级工程师,探矿工程专业,从事地基与基础工程施工与研究,湖北省武汉市硚口区幸福一村25号三楼(430030),chenfei1025@tom.com。

中不需泥浆护壁、不用排污、不需降水,施工现场文明。

(8)施工效率高、速度快,综合经济指标好。

2 施工工艺

2.1 主要施工设备

主要施工设备有长螺旋钻孔机、混凝土泵、注浆泵及管路系统、混凝土搅拌机。

CFG31型长螺旋钻孔机主要性能为:成孔直径400~800 mm,动力头功率55 kW×2,成桩深度31 m,最大提拔力400 kN,主机转速12 r/min,输出扭矩83 kN·m,行走步距1800 mm,回转角度±90°,桩机质量70 t。

2.2 工艺流程

长螺旋超流态混凝土灌注桩施工工艺流程为:平整场地→桩位放样→组装设备→安放钢护筒→钻机就位→钻至设计深度停止钻进→边提升钻杆边用混凝土泵经由内腔向孔内泵注超流态混凝土→提出钻杆放入钢筋笼→成桩。

2.3 主要工序

2.3.1 桩位放样

钻机就位前对桩位进行复测。施工时钻头中心对准桩位点,稳固钻机,通过水平尺及垂球双向控制螺旋钻头中心与钻杆垂直度,确保钻机在施工中平整。钻杆下端距地面10~20 cm,对准桩位,压入土中,使桩中心偏差不大于规范和设计要求的10 mm。

2.3.2 钻机成孔

施工过程中要求边旋转钻杆边清除孔边渣土,以防止提升钻杆时土块掉入。钻孔过程中用经纬仪校正垂直度(要求垂直度≤1%)。

2.3.3 超流态混凝土拌制

超流态混凝土的原材料采用普通42.5硅酸盐水泥、碎卵石(砾径5~15 mm)、中粗砂(砂率42%~45%)、Ⅱ级粉煤灰、泵送剂、减水剂及水。水灰比约为0.42~0.47,每盘搅拌时间<90 s,出机坍落度为24~27 cm,出机1 h后坍落度值<20 cm。施工要加大水泥用量,提高水泥的和易性,使石子在混凝土中悬浮,以避免混凝土离析,减小钢筋笼下沉时的粘阻力。

2.3.4 提钻压混凝土

泵送施工时,严格控制钻杆提升速度,确保提钻速度与混凝土浇筑速度相协调。提钻杆前,要求钻杆内的混凝土高度高出地面。同时,计算每盘泵入混凝土方量,控制钻头埋入混凝土面<1 m。施工

时,通过混凝土泵送对钻杆产生的上顶力,调整提钻速度,保证钻杆及叶片对混凝土有一定挤压作用。

对于粉细砂层,特别要求多泵少提,保持足够压力,做到由粉细砂层下部起连续泵送,一次性浇筑混凝土,越过该层影响范围,并保证钻头埋入混凝土面2 m以上,直到该层上部有3 m以上混凝土。提钻压住其下混凝土,减少粉细砂层内地下水侧向径流对混凝土的影响,要求混凝土整个浇筑过程为30~35 min。

2.3.5 吊放钢筋笼

为防止起吊钢筋笼时笼体变形,笼体下部应绑附钢管(沿主筋通长布置,间距为1.5 m)。下放钢筋笼之前,要做到调直、对中;起吊时,要合理布置吊点,吊起钢筋笼头部的同时人工抬起钢筋笼底部,吊直扶稳过程中,由2名技术人员远距离垂直双方向控制指挥,严禁撞孔壁,确保钢筋笼保护层为70 mm;钢筋笼依靠自重沉入混凝土中时应连续,如遇下沉阻力过大,要及时拔出钢筋笼,重新成孔插入,钢筋笼下沉直至露出地面小于1 m时,方可在端头以带配重的振动器振动压入,并用水平仪监控桩顶标高。

3 施工技术措施

(1)钻机要稳固、周正,对位准确,主操作手在操作时,机边的2~3人要配合移动灌注管路,清理步履下的虚土。

(2)在含水地层施工时,严防提钻太早或太高,钻杆内涌水和泥沙,混凝土见水离析形成“石桥”,导致堵管。预防措施是先送料至管口,后提钻打开钻头底部的“喷门”,并要连续泵送,严防混凝土泵打空。

(3)施工中注意控制孔壁含水量。如含水量过小,应在压灌混凝土前先灌水或素水泥浆,避免混凝土中的水分渗漏过大,使混凝土坍落度降低,造成钢筋笼难以压入。

(4)稳步提升钻具,严禁提钻过快,防止孔内产生负压,引起孔壁坍塌、掉块,影响桩身质量,另外混凝土要将钻头埋深0.3~0.5 m。提钻速度要根据泵送混凝土的速度和混凝土上顶钻头的手感,严禁直灌而不提钻具,以防将长螺旋顶弯,钻具难以提升,造成事故。

(5)防止压灌混凝土时堵管。产生堵管的主要原因是混凝土质量有问题,要严格控制水灰比,特别注意要添加粉煤灰和缓凝剂,增加其流动性和可泵

性,另外要严格控制碎石粒径在 5~10 cm 之间。混凝土泵的容放位置应与钻机的施工顺序相配合,尽量减少弯道,以缩短混凝土泵送距离,混凝土输送管与钻杆心管直径要一致,防止压灌混凝土时堵管。

(6) 通过试桩确定压灌混凝土的充盈系数和配合比,在灌入混凝土出现异常时应找出原因,采取相应的措施,应加大混凝土灌入量,待灌注压力恢复后才可提钻继续压灌。

(7) 钻至桩底标高后,立即将钻机上的软管与地泵管相连,并在软管内倒入水泥浆,起到润湿软管和钻杆的作用。灌注结束后要将钻具提出孔外,用清水冲洗管路。

4 工程应用实例

4.1 工程概况

信阳新世纪商贸广场位于河南省信阳市北京路与永安路交叉路口,楼高 32 层,地下室一层,地下室标高 -5.00 m,为信阳市标志性建筑。该工程地处繁华的交通要道,环保要求高,其基础采用长螺旋超流态混凝土灌注桩,共有 Ø1000、800 mm 的桩 338 根,其中 Ø800 mm 桩的桩长 19 m,共 80 根,设计承载力 3500 kN;Ø1000 mm 桩的桩长 19 m,共 258 根,设计承载力 4600 kN,桩端持力层为卵石层,桩端进入持力层深度为 1 m。

4.2 工程地质条件

根据岩土工程勘察报告,土层自上而下分别为:

①杂填土,平均厚度 3 m,极限摩阻力标准值 $q_{sik} = 0$;

②粘土,平均厚度 3 m,极限摩阻力标准值 $q_{sik} = 36$ kPa;

③粉质粘土,平均厚度 2.5 m,极限摩阻力标准值 $q_{sik} = 24$ kPa;

④细砂,平均厚度 4.5 m,极限摩阻力标准值 $q_{sik} = 46$ kPa;

⑤中粗砂,平均厚度 8 m,极限摩阻力标准值 $q_{sik} = 24$ kPa;

⑥卵石,平均厚度 4.5 m,极限摩阻力标准值 $q_{sik} = 92$ kPa,桩端极限阻力标准值 $q_{kp} = 4500$ Pa。

4.3 单桩极限承载力计算

根据土层的物理指标与承载力参数之间的经验关系,确定长螺旋超流态混凝土灌注桩单桩极限承载力 Q_{uk} 时,引入系数 α_i 、 β ,其计算公式如下:

$$Q_{uk} = U_p \sum \alpha_i q_{si} L_i + \beta q_{p_i} A_p$$

式中: U_p ——桩周长, m; L_i ——第 i 层土层厚度, m;

A_p ——桩横断面积, m^2 ; q_{si} ——第 i 层土桩周土摩阻力标准值, kPa; q_{p_i} ——持力层桩端阻力标准值, kPa; α_i ——第 i 层土摩阻力增强系数, 1.1~1.3, 粗、砾砂及碎石取高值, 细、中砂取中值, 粘性土取低值; β ——桩端阻力增强系数, 1.3~1.5, 粘性土取低值, 细、中砂取中值, 砂及碎石土取高值。

Ø800 mm 桩的单桩极限承载力计算如下:

$$\begin{aligned} Q_{uk} &= 0.8\pi(1 \times 36 \times 1.15 + 2.5 \times 24 \times 1.15 + 4.5 \\ &\quad \times 42 \times 1.2 + 8 \times 58 \times 1.3 + 3 \times 92 \times 1.37) + \\ &\quad (\pi/4) \times 0.8^2 \times 1.5 \times 4960 \\ &= 7005 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ø1000 mm 桩的单桩极限承载力计算如下:

$$\begin{aligned} Q_{uk} &= 1.0\pi(1 \times 36 \times 1.15 + 2.5 \times 24 \times 1.15 + 4.5 \\ &\quad \times 42 \times 1.2 + 8 \times 58 \times 1.3 + 3 \times 92 \times 1.2) + \\ &\quad (\pi/4) \times 1.0^2 \times 1.45 \times 4960 \\ &= 9254 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.4 工程施工情况与效果评价

本工程开动 1 台河北新河钻机厂生产的 CFG31 型长螺旋钻机进行施工, 仅用 16 天完成了桩基施工任务, 日均成桩 22 根。

4.4.1 桩基检测

桩基经大小应变检测, I 类桩达 96.5%, II 类桩达 3.5%, 无 III 类桩, 所有桩基均达到或超过设计承载力。同时对 6 根桩进行了单桩静载试验, 对 Ø800、1000 mm 的试桩加载, 分别达到预期最大试验荷载 7000、9200 kN 时终止加载, 其总沉降量分别为 6.58、17.81、11.42、21.39、17.56、12.68 mm, 均小于 40 mm, $Q-s$ 曲线平缓, 无明显陡降(见图 1)。Ø800、Ø1000 mm 试桩的单桩极限承载力分别大于 7000、9200 kN, 承载力特征值分别不小于 3500、4600 kN。

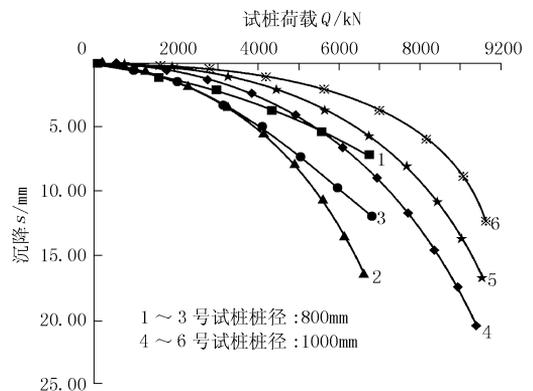


图 1 试桩 $Q-s$ 曲线图

4.4.2 长螺旋超流态桩与普通钻孔灌注桩的技术经济对比分析

长螺旋超流态混凝土灌注桩由于施工速度快,单方砼承载力比普通钻孔桩承载力提高 170% ~ 180%,可节省砼 40% ~ 50%,因此有很好的经济效

益,以本工程为例,长螺旋超流态桩比普通钻孔灌注桩的工期可缩短 19 天,节省造价 267.2 万元(见表 1)。

表 1 长螺旋超流态桩与普通钻孔桩的技术经济指标对比

技术经济指标	参 数				费 用			工 期
	桩径 ϕ /mm	桩长 /m	单桩承载力 /kN	桩数 /根	单桩施工费用 /元	单位极限承载力费用 /(元·kN ⁻¹)	施工费用 /万元	工程桩施工 /d
长螺旋超流态桩	800	19	3500	80	9550	2.73	76.4	16
	1000	19	4600	258	14923	3.24	385.0	
钻孔灌注桩	800	19	1927	146	8595	4.46	125.5	35
	1000	19	2645	449	13431	5.077	603.1	

5 结语

长螺旋超流态混凝土灌注桩机械化程度高、施工速度快、工艺简单、造价低,与普通钻孔灌注桩相比,在同一地质条件下,每立方米混凝土承载力可提高 55%,施工工期可缩短 50% 以上,综合费用可节省 40%,该工艺能在有地下水、含流沙、砂卵石、淤泥层、坍孔等不良地质条件下应用。工程应用证明,在大中城市施工场地紧张、工期紧、环保要求严格的条件下,采用该工艺,经济和社会效益非常显著,随着基本建设规模的扩大,长螺旋超流态混凝土灌注桩必将在建设环保型、节约型的“两型”社会中具有日益广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 沈保汉. 桩基与深基坑支护技术进展[M]. 北京:知识产权出版社,2006.
- [2] 北京土木建筑学会. 地基与基础工程施工技术措施[M]. 北京:经济科学出版社,2005.
- [3] 徐金明,刘绍峰,朱耀耀. 岩土工程实用原位测试技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,知识产权出版社,2007.
- [4] 崔宝宪,路德富. 螺旋钻超流态灌注桩施工技术[J]. 探矿工程,2000,(4).
- [5] 金成文. 超流态长螺旋钻孔灌注桩在西藏日喀则市行政中心工程中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻探工程),2008,35(3): 42-44.
- [6] 左秉旭,林芳. 超流态混凝土灌注桩工艺特点及承载力计算分析[J]. 探矿工程(岩土钻探工程),2008,35(5).

“第九届地质灾害防治工程学术论坛暨柔性防护新技术讨论会”通知

本刊讯 5.12 汶川大地震给四川灾区人民生命财产造成重大损失,同时因地震引发的大量的崩塌、滑坡、泥石流、堰塞湖等地质灾害,给灾后恢复生产、重建家园带来了巨大困难,有大量的地质灾害需要调查、评估、监测、治理。2009 年是地震灾后重建高峰期,由于众多项目开工,中央财政资金投入将超过 1000 亿元。为配合国家灾后恢复重建计划的实施,同时为众多参与灾后重建的地质灾害防治单位提供技术交流平台,中国地质学会地质灾害研究分会防治工程专业委员会(以下简称“专委会”)定于 2009 年 5 月 11 ~ 13 日在成都市召开“第九届地质灾害防治工程学术论坛暨柔性防护新技术讨论会”。会后,将组织与会代表参观考察北川县城地震遗址及滑坡、泥石流现场。本次会议由专委会主办,布鲁克(成都)工程有限公司协办。

一、会议主要议程及日程

- 1、开幕式、特邀专家作主题发言(11 日上午)
- 2、大会学术交流(11 日下午)
- 3、柔性防护新技术研讨(12 日)
- 4、大会学术交流(13 日);同时展示地质灾害防治工程新技术、新产品,新材料
- 5、参观考察北川县城地震遗址及滑坡、泥石流现场(14 日)

二、论文征集

按要求将论文打印 120 份连同光盘带到大会交会务组并进行交流。会后,论文将在正式刊物上刊发。还未提交论文摘要的人员,请在 2009 年 4 月底以前提交论文摘要,以便安排大会发言。

三、报到日期及地点

2009 年 5 月 10 日全天,成都九龙宾馆,成都市八宝街 90 号。

四、联系电话

1、专委会

张 燕:028-66529319,028-81388353(小灵通)、
028-66529366(传真)

E-mail: zy@cgiat.com

薛万成:13980085420

2、布鲁克(成都)工程有限公司

熊 颖:13980887266

五、专委会地址

四川省成都市郫县成都现代工业港北区港华路 139 号
中国地质科学院探矿工艺研究所,邮编 611734

(更详细情况请登陆 www.tkgc.net.cn 查询)