

钻孔灌注桩后注浆技术实践及其效果分析

潘宏雨, 孙芳

(郑州工业贸易学校, 河南 郑州 450007)

摘要:介绍了郑州广发花园二期·格林融熙国际大厦钻孔灌注桩后注浆的施工工艺及单桩静载试验结果;并通过该工程钻孔灌注桩后注浆施工的经济效益分析,阐明了后压浆技术是提高钻孔灌注桩单桩承载力的一项有效措施,具有良好的技术经济效益。

关键词:钻孔灌注桩;后注浆;单桩承载力;经济效益

中图分类号:TU473.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2012)07-0056-03

Practice of Post-grouting Technology for Bored Pile and the Effect Analysis/PAN Hong-yu, SUN Fang (Zhengzhou Trade and Industry Schools, Zhengzhou Henan 450007, China)

Abstract: The construction of post-grouting technology for bored pile in Zhengzhou is presented with the static loading test results of a single pile; and by the economic benefit analysis on the post-grouting for bored pile construction, it is elucidated that post-grouting technology is an effective measure to improve bearing capacity of single bored pile with good technical and economic benefits.

Key words: bored pile; post-grouting; bearing capacity of single bored pile; economic benefit

随着城市建设的发展,高层建筑物的增高、增多,基础设施所要求的规模和单桩承载力亦越来越大。后压浆施工技术在钻孔灌注桩的应用满足了高层建筑物的承载力要求,在各行各业的基础工程建设中发挥了重要作用,得到了广泛迅速的发展。郑州广发花园二期·格林融熙国际大厦桩基工程就采用了钻孔灌注桩后注浆技术,取得了良好的技术和经济效益。

1 工程概况

广发花园二期·格林融熙国际大厦位于郑州市经三路与广电南路交叉口东南角。主楼地上30层,地下2层,高97.5 m,框剪结构,平面呈Z字形;裙楼地上5层,地下2层,高22.5 m,框架结构;周边地下车库为地下2层,框架结构。总建筑面积约117万 m^3 。工程重要性等级为一级,建筑抗震设防类型为丙类。

工程场地80 m勘探深度范围内,地层由第四系全新统和上、中更新统地层构成,根据其物理力学性质及工程地质特性分为18个地质单元层。其中,桩基所处的持力层和下卧层地层特征如下:

⑩中砂层(Q_4^{al+pl}),灰色~灰黄色,饱和,密实,层底埋深25.5~27.0 m,平均层厚8.93 m;

⑪粉质粘土层(Q_3^{al}),褐黄色,夹灰色斑纹,硬塑,层底埋深31.5~32.5 m,平均层厚5.48 m;

⑫粉砂夹粉土层(Q_3^{al}),以粉砂为主,间续分布薄层粉土,粉砂呈褐黄色,饱和,密实,层底埋深36.0~36.5 m,平均层厚4.43 m;

⑬粉质粘土层(Q_3^{al}),黄褐色~棕黄色,硬塑,局部轻微胶结,层底埋深41.9~42.6 m,平均层厚5.91 m。

经分析计算论证,主楼采用后压浆钻孔灌注桩,方案设计桩径0.6 m,抗拔桩桩顶标高为-11.5 m,桩长17 m;抗压桩桩顶标高为-11.9 m,桩长28 m。桩基设计参数见表1。

表1 桩基设计参数

桩径 /m	桩数 /根	桩长 /m	钢筋 /mm	单桩承载力特 征值 R_a /kN
0.6	518	28	主筋 8 ϕ 18;螺旋筋 8@100/200; 加劲筋 ϕ 12@2000	≥ 2500 (抗压)
0.6	170	17	主筋 12 ϕ 22;螺旋筋 8@100/200; 加劲筋 ϕ 12@2000	≥ 750 (抗拔)

2 钻孔灌注桩后压浆作用机理

钻孔灌注桩后注浆技术是对桩身混凝土强度已达70%的半成品桩,通过预埋在桩身的注浆管,向预定的桩端或桩侧土层采用高压泵压入水泥浆的方

收稿日期:2012-01-06;修回日期:2012-04-18

作者简介:潘宏雨(1965-),男(汉族),河南信阳人,郑州工业贸易学校高级工程师、副教授,土木工程专业,硕士,从事岩土工程技术与教学工作,河南省郑州市中原中路31号,tianping1965@126.com。

法,属于劈裂注浆与渗透注浆相结合。如注浆区在桩底,则浆液首先在桩底沉渣区劈裂和渗透,使沉渣及桩端附近土体密实,产生“扩底桩”效应;如注浆区在桩侧某部位,则该部位也同样出现“扩径”,产生“枝节桩”的效应。从而增大桩的侧摩阻力和端阻力,大幅度地提高单桩的承载力。

3 后压浆钻孔灌注桩施工工艺

根据工程地层情况和技术要求,本工程采用潜水钻机成孔,泵吸反循环法洗孔、排渣、自流回灌式循环系统,水下灌注混凝土成桩。

(1)压浆管的设置及定位。每根桩设置 4 根直径为 25 mm 的焊接钢管为注浆管,其中 2 根为桩侧注浆用,距钢筋笼底 9 m,对称固定于钢筋笼内侧。

(2)压浆用水泥为普通 42.5 水泥;水灰比 0.5 ~ 0.65;压浆终止压力为 2.5 ~ 3 MPa,稳定 3 ~ 10 min。

(3)单桩压浆水泥用量;Ø600 mm 抗拔桩设定 1.5 t,Ø600 mm 抗压桩设定 1.92 t,并视压浆压力稳定情况而增减,同时做好相应的注浆记录。

(4)工艺流程如图 1 所示。

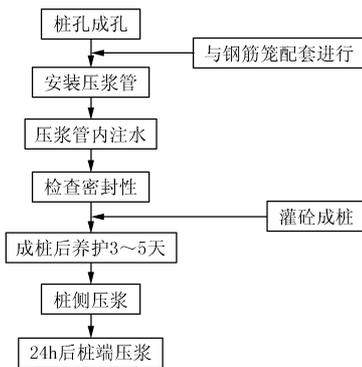


图 1 后注浆工艺流程图

4 后压浆施工质量保证措施

为确保工程桩的压浆质量,本工程施工过程中采取了如下质量保证措施:

(1)采用单向阀喷头孔底注浆器和环形胶阀桩侧注浆器保证注浆有效进行,砼灌注前注浆管已埋深 60 cm,以确保注浆阀顺利打开;

(2)注浆过程采用控制单桩水泥用量和注浆压力的双控措施,确保注浆质量;

(3)采用桩端与桩侧综合注浆法,既保证了桩底注浆效果又提高了桩摩阻力,单桩总承载力可比同规格普通钻孔灌注桩提高 30% 以上;

(4)终止注浆条件:注浆总量达到设计值的 75%,且注浆压力超过设计值,否则应继续注浆;

(5)注浆终止后必须进行憋压,持续至压力自然消失;

(6)注浆作业与成孔作业点的距离不宜小于 8 m。

5 后压浆钻孔灌注桩效果

5.1 单桩竖向抗压静载试验结果

共抽测 6 根桩进行单桩竖向抗压承载力试验,结果见表 2。

表 2 单桩竖向抗压静载试验结果

桩号	极限承载力 /kN	桩顶最大沉降量 /mm	桩顶残余沉降量 /mm
373	5000	11.97	7.02
385	5000	14.28	7.99
371	5000	11.55	6.42
388	5000	8.76	4.81
403	5000	10.72	6.75
392	5000	10.17	5.00

根据受检桩单桩竖向抗压静载荷试验结果,本工程单桩竖向抗压承载力特征值 $R_a = 2500$ kN,满足设计要求。

5.2 单桩竖向抗拔静载试验结果

共抽测 3 根桩进行单桩竖向抗拔承载力试验,结果见表 3。

表 3 单桩竖向抗拔静载试验结果

桩号	极限承载力 /kN	桩顶最大上拔量 /mm	桩顶残余上拔量 /mm
620	1500	9.65	5.95
484	1500	10.17	4.56
494	1500	9.53	6.17

根据受检桩单桩竖向抗拔静载荷试验结果,本工程单桩竖向抗拔承载力特征值 $R_a = 750$ kN,满足设计要求。

5.3 桩身完整性检测结果

采用低应变反射波法对桩身完整性的类别进行判断,其结果为:工程总桩数 688 根,共抽检 207 根。其中 I 类桩 202 根,II 类桩 5 根,未发现 III 类和 IV 类桩。

6 后注浆法技术经济效益分析

本工程使用后注浆法处理桩基后,经分析对比,其主要技术经济效益体现在以下几个方面。

(1)后注浆法是提高钻孔灌注桩垂直承载力、

减小承载力离散性及减小沉降量的一项有效措施。

(2)注浆后单桩垂直承载力的提高幅度与桩底和桩侧土层性质有着密切的关系,可使嵌岩桩改变成非嵌岩桩,从而节省施工费用,产生显著的经济效益。统计资料表明,在北京地区,10 m左右的短桩,当桩底进入中粗砂及砾石层时,采用桩底注浆工艺后,其单桩垂直承载力可提高70%~200%;福建地区桩底进入砂层的60 m长桩,在桩底注浆后承载力可提高80%~90%;天津地区桩底进入粉细砂层的40~60 m中长桩,在桩底注浆后承载力可提高20%~40%;郑州地区桩端进入细砂层的中长桩,桩端、桩侧复式注浆后承载力可提高50%~70%。所以,对于基岩埋藏较深、松散层较厚的地区,施工钻孔灌注桩时,在砂卵砾石层区,采用桩底注浆工艺,可产生较大的经济效益。本工程地处黄河冲积平原,桩基持力层选择在较厚的⑩层中砂层。试验表明,后注浆后单桩垂直承载力提高幅度越大,桩底进入砂层越深,后注浆效果越佳。

(3)以本工程施工的 $\varnothing 600$ mm、桩长28.0 m的抗压桩为例,采用同样桩长、桩径及持力层的情况下,分析承载力分别提高30%、60%的后压浆灌注桩(桩底注浆)与普通桩经济效益对比,结果见表4。

表4 后压浆灌注桩与普通灌注桩经济效益分析对比

桩基类型	单桩极限承载力特征值/kN	单桩灌注量/ m^3	桩数	总灌注量/ m^3	单价/(元· m^{-3})	总价/元	可节约总价/元
普通灌注桩	2500	7.9	518	4297	850	3652450	
后压浆灌注桩 (提高30%)	3250	7.9	398	3301	935	3086435	566015
后压浆灌注桩 (提高60%)	4000	7.9	324	2688	935	2513280	1139170

注:混凝土充盈系数采用1.05;桩数=总建筑面积 \times 1.1/单桩极限承载力特征值。

由表4可看出,当后压浆灌注桩的单桩极限承载力特征值提高到30%~60%的时候,工程总造价可以比普通灌注桩节约18%~45%。充分说明后压浆灌注桩的经济效益也是可观的。

7 几点体会

在实际施工中,为保证后压浆法加固桩基的效果,应注意以下4方面的问题。

(1)后压浆技术有其地层适应范围,在桩基础的设计中,桩端持力层的选择和布桩方案尤为重要,如何设计以达到最佳的经济效果,应视具体情况而定。比如,某些工程因建筑物需要,设计桩长达到

60 m,甚至更长,进入砂层很深,但这些桩由于承载力离散性较大,效果并不好。设计时应充分考虑安全和经济两方面因素,在满足承载力要求的同时,采用适当的注浆方法,以达到既缩短桩长又能减小沉降的目的,以节约工程成本。

(2)压浆管和出浆口的选用问题。压浆管宜用镀锌钢管或黑铁管,直径可采用 $\varnothing 2.5$ 或3.0 cm。对于超长桩,可以考虑采用 $\varnothing 3.0$ 或3.8 cm。出浆阀以单向截流阀为佳,实践证明采用该出浆阀后注浆成功率达96%以上。

(3)注浆压力和注浆速度的选择。理论上,只要浆液能注入土中,宜采用低压、慢速注浆,这样可以让浆液在桩底或桩侧较均匀渗透和缓慢刺入,以得到最佳加固效果。

(4)注浆部位的确定。在桩底注浆,出浆口宜埋入桩底以下土中的一定深度,一方面可避免出浆口被水泥浆包住,同时也可以让水泥浆充分加固桩底沉渣或虚土。对于桩侧注浆,出浆口宜选在砂性土层,因为在该土层桩的摩阻力损失最大,对该部位进行加固效果最好。

8 结语

郑州广发花园二期·格林融熙国际大厦钻孔灌注桩后压浆的实践表明,钻孔灌注桩的设计与施工,在充分考虑场地的地层地质条件下,采取合理的施工技术是非常必要的。该工程案例中通过对后压浆技术的应用,不仅使单桩的承载力得到了提高,降低了工程成本,而且保证了施工质量,获得了显著的技术与经济效益。

参考文献:

- [1] 王智.厚砂层地区钻孔灌注桩后注浆技术应用[J].闽西职业技术学院学报,2006,(9).
- [2] 刘海.钻孔灌注桩桩底后压浆技术在廊坊万达广场高层建筑基础中的应用[J].科学大众(科学教育),2011,(2).
- [3] 孙建利.灌注桩后压浆技术的机理与应用研究[J].中国新技术新产品,2011,(3).
- [4] 申建宇,等.后压浆桩技术的应用研究[J].基础工程,2001,(10).
- [5] 宋小军,等.钻孔灌注桩后压浆技术的适应条件及设计思路[J].中国勘察与岩土工程,1999,(4).

致谢:本文还参考了《郑州广发花园二期·格林融熙国际岩土工程勘察报告》(卢培刚,2009年8月)、《格林融熙国际后压浆灌注桩施工组织设计》(卢培刚,等,2010年6月)和《格林融熙国际后压浆灌注桩检测报告》(刘霞,等,2010年12月)。在此表示衷心的感谢!