

后压浆灌注桩在天津超高层建筑基础中的应用分析

张 慧

(内蒙古地质矿产(集团)有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010011)

摘要: 阐述了后压浆技术补强灌注桩的基本原理,并以中海公园城项目为例,介绍后压浆灌注桩在天津软土地区超高层建筑基础中的实践应用,最后通过静荷载实测数据对比分析后压浆灌注桩在提高承载力和降低成本方面的优越性。

关键词: 超高层建筑;后压浆;灌注桩;软土地区;承载力

中图分类号: T473.1⁺4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2018)03-0084-03

Application Analysis on Post Grouting Pile in Super High-rise Building Foundation of Tianjin/ZHANG Hui (Inner Mongolia Geology and Mining(Group), Hohhot Inner Mongolia 010011, China)

Abstract: This paper describes the basic principle of reinforcing grouting pile by post grout technology and introduces the practical application of post grouting pile in super high-rise building foundation of Tianjin in soft soil area with a project case. The analysis is made on the superiority of post grouting pile in improving the bearing capacity and reducing cost with the comparison of measured static load data.

Key words: super high-rise building; post grouting; cast-in-place pile; soft soil area; bearing capacity

天津地区因其主要为粘土、粉质粘土的地质条件,钻孔灌注桩多采用泥浆护壁成孔作业,该工艺存在的桩侧泥皮厚、桩底沉渣厚等问题对桩基承载力与安定性的影响十分不利。虽然通过泥浆反循环护壁、二次清孔等施工技术手段能有所改善,但泥皮和沉渣依然不易控制。后压浆技术是近年来发展的灌注桩改良工艺,通过后后期高压注浆,使桩侧及桩端松软土体得到加固,能有效改善普通灌注桩泥皮和沉渣厚的缺陷^[1],大幅度提高桩基承载力。该工艺操作简便、效益大、成本低,广泛应用于天津等软土地区超高层建筑桩基础。

天津市津南区中海公园城一期 G2 地块拟建物主要为 26 栋高度 100 m 的超高层住宅,对桩基础承载力要求较大,后压浆灌注桩的应用不仅满足了承载力要求,同时节约了桩基施工成本,取得了良好的经济效益。

1 后压浆工艺原理

后压浆技术是在灌注桩成桩后,通过预设于桩侧或桩端的注浆管,后期加压注入水泥浆,浆液通过渗透扩散、高压劈裂、充填胶结和压密固结等作用机理(见图 1),有效地消除桩底沉渣和桩侧泥皮的影响,增大了桩端承载力和桩侧摩擦力,同时桩周土体

强度增大,单桩极限承载力大幅提高,沉降量减少^[2]。

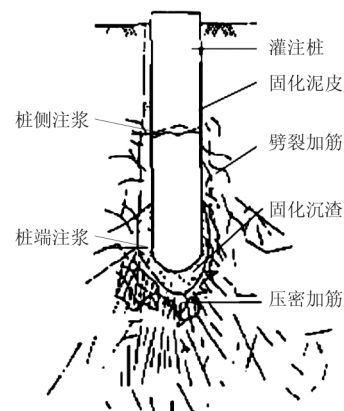


图 1 后压浆加固灌注桩机理示意

(1)渗透扩散机理:在土体较为松散、孔隙率较大时,为防止注浆压力过大对土体扰动或破坏,注浆压力应相对较小,水泥浆通过渗透和扩散作用便可渗入土体孔隙或裂隙,与松散颗粒固结后形成较强的结合体。

(2)高压劈裂机理:当土体渗透阻力较大时,需要通过高压注浆,使得水泥浆克服土体初始应力,产生劈裂效应,将土体原有孔隙或裂隙扩大并扩散,待固结后形成根状结石,大幅提高桩体摩擦阻力^[3]。

(3)充填胶结机理:在卵、砾、砂层,水泥浆作为胶结质将颗粒空隙充填,发生胶结反应,使松散层刚

性和强度大幅提高。使用桩端注浆时,桩底可形成明显的“扩大头”,承载力提高;使用桩侧注浆时,桩径显著扩大,摩擦阻力增强^[4-5]。

(4)压密固结机理:通过高压注入浓度较大的水泥浆,随着土体的挤密和压实,被加固区域形成灯泡形空间,周围土体密度变大,同时由于浆液的挤压作用而产生辐射状上抬力,桩基承载力显著提升^[6]。

2 工程概况

中海公园城项目位于天津市津南区八里台镇天嘉湖风景区,本次拟建物包括 26 栋 33 层住宅楼,建筑高度 100 m;1 栋 18 层住宅楼,建筑高度 56 m;2 栋 15 层住宅楼,建筑高度 47 m;多栋 1 层商业,建筑高度 5.9 m;1 栋 1 层垃圾运转站;1 栋 1 层 11 万 kV 变电站。拟建住宅均拟采用框剪结构,桩基础;其他拟建物拟采用框架结构。

拟建场地埋深 75 m 范围内均由粘性土、淤泥质土、粉土、粉砂组成,钻孔灌注桩施工中穿透淤泥质土层时,易发生缩径现象;穿透粉土、粉砂层时,易发生塌孔现象。

根据对 33 层住宅楼单桩竖向极限承载力标准值的估算(表 1),结合本工程地质条件和经济效益等因素,33 层住宅楼抗压桩均采用桩端后压浆灌注桩,桩径 0.6 m,桩端进入持力层^①。深度 < 1 m,桩长 42 m,桩身砼强度为 C40。

表 1 33 层住宅楼单桩竖向极限承载力标准值估算

| 桩端持力层 | 桩型 | 桩长/m | 桩径/m | Q_{uk}/kN |
|------------------------|--------|-------|------|-------------|
| ① ₅ 粘土、粉质粘土 | 灌注桩 | 42.00 | 0.60 | 4066.0 |
| | | | 0.70 | 4790.0 |
| | 后压浆灌注桩 | 42.00 | 0.60 | 5061.0 |
| | | | 0.70 | 6011.0 |
| ② ₁ 粉质粘土、粘土 | 灌注桩 | 48.00 | 0.70 | 5693.0 |
| | | | 0.80 | 6563.0 |
| | 后压浆灌注桩 | 48.00 | 0.70 | 6965.0 |
| | | | 0.80 | 8090.0 |
| ③ ₂ 粉砂 | 灌注桩 | 53.00 | 0.70 | 6486.0 |
| | | | 0.80 | 7475.0 |
| | 后压浆灌注桩 | 53.00 | 0.70 | 8032.0 |
| | | | 0.80 | 9343.0 |

注:估算时按单一桩端后压浆考虑,后压浆侧阻力增强系数对于粘性土取 1.5,粉土取 1.6,粉砂取 1.7;端阻力增强系数对于粘性土取 2.3,粉土取 2.4,粉砂取 2.6。

3 施工工艺

3.1 施工流程

后压浆施工流程见图 2。

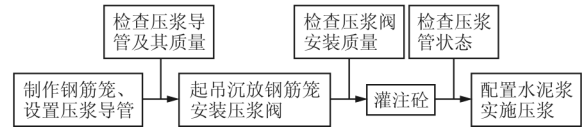


图 2 后压浆施工流程

本工程采用单一桩端后压浆法。

(1)制作钢筋笼时,沿钢筋笼圆周对称预设 2 根 DN25 压浆管与加强筋点焊或绑扎紧密。

(2)压浆管的连接采用套管焊接,顶端设管螺纹、管箍及丝堵,下放完钢筋笼后宜高出地面 20 cm;底端设有螺纹,用以旋接单向截流阀,宜伸出钢筋笼 30~50 cm。

(3)待砼浇筑完成 2 d 后,通过 3SNS 型高压注浆泵注入 P.O42.5 水泥浆,水灰比 0.6,单桩掺入量 1.5 t。

3.2 质量把控

后压浆质量控制应采用控制压浆量和泵送压力两种手段,以控制水泥的注入量为主,以控制终止注浆的泵送压力为辅。

(1)当水泥压入量达到设计值的 70%,泵送压力 > 4.0 MPa 时即可停止压浆,泵送压力过大,会造成水泥浆离析,管道堵塞,同时压力过大会扰动桩端土体,可能导致桩体上浮。

(2)当水泥压入量达到设计值的 70%,泵送压力不足预定压力的 70% 时,应调低水灰比,并改为间歇注浆,间歇时间 30~60 min,继续压浆至满足预定压力。

(3)当水泥浆从地面或者其他桩体冒出时,表明桩端已经饱和,可停止注浆。

(4)承台群桩最好一次性注浆,先注入周围桩体形成一个封闭圈,再注入中间桩体,这样能减少“串孔”现象,提高注浆质量^[7]。

4 静荷载试验分析

后压浆提高钻孔灌注桩承载力,已经有很多研究成果。夏群^[8]对上海闵行区某商业中心工程直径 900 mm、桩长 48.5 m 的钻孔灌注桩按未注浆、桩侧注浆、桩端注浆的方式对比试验,单桩费用增加 2000~5000 元,其承载力提高了 80%~164%。高文生^[9]通过单桩模型试验研究,认为持力层岩性不同,通过后注浆所能提高的承载力不同,持力层为粉土层时极限承载力能提高 20%~40%。李继广

等^[10]在某筒仓工程中进行了普通灌注桩、桩端后压浆灌注桩、桩端桩侧联合注浆灌注桩3种桩型的施工,并通过JCQ503C静力载荷测试系统对比分析表明,软土地区桩端后压浆灌注桩提高单桩竖向承载力67%左右,桩端桩侧联合注浆灌注桩承载力更是提高了76%,变相节约了成本。后压浆工艺在中钢天津响螺湾工程的应用也取得了较好的效果,有效地提高了钻孔灌注桩的单桩承载力^[11]。由此可见,在钻孔灌注桩的基础上,后压浆技术作为补强桩体的一种工艺,在天津软土地区中的应用能产生较大的经济效益。

为探讨本工程后压浆的必要性,在18号楼附近做场外试桩并做静荷载试验。根据试验结果,未注浆的42m桩长的试桩竖向极限承载力低于标准值估算值,且在达到4000kN前桩顶便有较大沉降,不能满足设计安全等级。后压浆灌注桩则在承载力

达到5200kN时桩顶依然未产生明显沉降,承载力提高了约37%(见表2),而单桩成本费用只增加了20.5%(见表3)。同时相对于同样能达到设计要求的48m桩长的普通灌注桩(桩径700mm),经济成本更低,单桩费用节省了3687.1元(见表3)。经对比,后压浆钻孔灌注桩效益更大。

表2 场外试桩静荷载试验结果

| 桩号 | 砼等级 | 桩长/ m | 桩径/ mm | 注浆量/ t | 荷载值/ kN | 沉降量/ mm |
|-----|-----|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| SZ1 | C40 | 42 | 600 | 未注浆 | 3600 | >91 |
| SZ2 | C40 | 42 | 600 | 未注浆 | 3800 | >102 |
| SZ3 | C40 | 48 | 700 | 未注浆 | 5200 | 34 |
| SZ4 | C40 | 42 | 600 | 1.61 | 5200 | 37 |
| SZ5 | C40 | 42 | 600 | 1.58 | 5200 | 29 |

注:33层住宅上部结构每层荷载均按16kPa考虑,地下室自重按30kPa考虑,地下水位按埋深1.00m考虑,等效基础按64m×12m计算,桩基础按126根考虑,单桩承载力特征值为2000kN可满足设计要求,安全系数取2。

表3 试桩单桩费用对比

| 桩号 | 主材费用/元 | | | | | 施工费用/元 | | | | 合计单桩费/ 元 |
|-----|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| | 钢筋 | 注浆管 | 砼 | 水泥 | 成孔费 | 钢筋加工费 | 灌注砼费 | 压浆费 | 泥浆费 | |
| SZ1 | 2139.8 | 0.0 | 5436.5 | 0.0 | 3359.2 | 406.0 | 676.6 | 0.0 | 997.1 | 13015.1 |
| SZ2 | 2139.8 | 0.0 | 5436.5 | 0.0 | 3359.2 | 406.0 | 676.6 | 0.0 | 997.1 | 13015.1 |
| SZ3 | 2601.4 | 0.0 | 8454.7 | 0.0 | 5224.2 | 493.5 | 1052.2 | 0.0 | 1550.6 | 19376.6 |
| SZ4 | 1714.8 | 839.2 | 5436.5 | 731.6 | 3359.2 | 477.6 | 676.6 | 1457.1 | 997.1 | 15689.5 |
| SZ5 | 1714.8 | 839.2 | 5436.5 | 731.6 | 3359.2 | 477.6 | 676.6 | 1429.9 | 997.1 | 15662.4 |

注:主材及施工费均按天津市近年来市场行情计算。参考价:钢材4195.75元/t,C40砼458元/m³,袋装水泥454.4元/t,潜水钻机成孔283元/m³,钢筋加工796元/t,灌注砼57元/m³,后压浆905元/t,泥浆84元/m³。

5 结语

钻孔灌注桩是高层建筑基础的普遍之选,随着建筑高度的增加,桩身长度和桩径的选择也不断加大,然而桩底沉渣和桩侧泥皮厚的问题更加难以控制。后压浆技术不仅可以后期改善沉渣和泥皮的缺陷,还能较大幅度提高桩体承载力,根据实例分析,天津软土地区可通过单一桩端后压浆提高桩身承载力20%~40%,可以减小设计桩长及桩径,获得更好的经济效益,节约基础施工成本,而且工艺简便,具有广阔的发展前景。

后压浆技术作为一种补强灌注桩的工艺手段,施工时应严格按照工艺流程埋设注浆管并根据既定的注浆参数进行注浆,严格控制注浆量和泵送压力,才能达到预期承载力效果。

参考文献:

[1] 胡胜华,张所邦,韩朝,等.灌注桩后压浆技术的工程实践[J].探

矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(12):71-74.

- [2] 郑爱荣.钻孔灌注桩后注浆技术[J].中国港湾建设,2008,(6):46-49.
- [3] 郑楷.北京市某超高层建筑基础灌注桩后压浆技术的研究与应用[D].吉林长春:吉林大学,2013.
- [4] 张志伟.灌注桩后压浆技术的理论分析与实践[D].吉林长春:吉林大学,2004.
- [5] 孟宝华,邓宇,徐俊.旋挖成孔灌注桩后注浆工艺在成都京东方桩基工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(11):84-87.
- [6] 陈愈炯.压密和劈裂灌浆加固地基的原理和方法[J].岩土工程学报,1994,(2):22-25.
- [7] 骆正荣.后注浆灌注桩基础在500kV抚红线的应用[J].电网技术,2016,(10):50-57.
- [8] 夏群.超高层建筑中钻孔灌注桩后注浆技术分析及其应用[J].工程勘察,2012,(11):37-43.
- [9] 高文生.后压浆灌注桩单桩模型试验的研究[J].建筑科学,1998,(5):23-26.
- [10] 李继广,刘彦祥.后注浆技术提高钻孔灌注桩承载力的分析[J].水道港口,2010,(1):66-68.
- [11] 张淑娟,李洪厂.中钢天津响螺湾工程后压浆钻孔灌注桩施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(3):68-72,79.