

# 后压浆技术在央视新台址主楼基础桩中的应用

芦清建 陈昌富 马永琪  
(中航勘察设计研究院, 北京 100098)

**【摘要】** 灌注桩后压浆技术以其施工简便,承载力提高幅度大的特点,得到普遍应用。通过实际项目,对灌注桩不同桩长后注浆的现场试验研究,分析其承载变形特性,并在工程实践应用中取得成功。

**【关键词】** 后压浆;灌注桩;承载力;持力层

**【中图分类号】** TU 473.14

**【文献标识码】** B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2009.04.012

## Application of Post Grouting Technology in Foundation Pile of New CCTV Main Building

Lu Qingjian Chen Changfu Ma Yongqi

(AVIC Institute of Geotechnical Engineering, Beijing 100098 China)

**【Abstract】** Because of the advantages of simple construction, large bearing capacity increases, the post grouting technology has been widely used. With the practical project, the paper introduces the field test study of grouting in different length of bored pile, analyzes the characteristics of bearing deformation. The application of post grouting technology is successful in practical project.

**【Key words】** post grouting; bored pile; bearing capacity; bearing stratum

### 0 引言

以往钻孔灌注桩试验资料表明,桩底沉渣和桩侧泥皮过厚会导致桩端阻力和桩侧摩阻力显著降低,桩底沉渣一般达 0.3~0.5 m,最厚可达 1.0 m 以上,即使采用有效施工措施,仍然难以彻底解决,为了解决这一工程难题,后压浆工艺被引进到桩基工程中。

后压浆法是通过向半成品桩体内预埋的高压注浆管压入水泥浆的方法,使水泥浆对半成品桩桩侧泥皮、土层和桩端的沉渣、土层起到充实、置换、劈裂和压密的效果。通过注浆,改善了桩与土层间的结合效果,增加了桩体与土层的受力面积,从而增大桩端部的侧摩阻力和端阻力,提高单桩承载力。此外,后压浆使桩体几何尺寸的改变,使桩体上部侧压浆部位产生了“枝节桩”的效应,端部起到了“扩底桩”效果,从而大大提高单桩承载力。

### 1 央视新台址主楼桩基础设计要点

由于两主塔塔体的双向倾斜(6°)、顶部相联,超高(234 m)、大体量等特点,导致荷载大、偏心大、不均匀,相应地对其基础提出了不同于常规高层建筑

的设计要求,其单桩极限承载力不小于 24 000 kN,塔楼最大沉降不超过 60 mm,为确保工程的安全可靠、经济合理、施工质量可控,桩基设计要点如下:

1) 桩基承载力安全储备适当提高,重要性系数  $r_0=1.1$ ;相应于荷载效应标准组合时,基础总体重要性系数  $r_0 \geq 1.1$ ;

2) 采用变刚度原则布桩,减小差异变形和筏板内力;

3) 控制荷载重心与反力中心接近重合;

4) 在地震作用下基桩受拉承载力满足要求,内部允许局部超限控制在 20% 以内;

5) 筏板厚度除满足受冲切和剪切要求外,适当考虑整体受弯刚度要求;电梯井部分宜考虑空间效应,以降低施工难度,改善受力性状,井底板厚不宜按与侧向板厚相等条件考虑;

6) 采用高质量的桩底桩侧后压浆,提高单桩承载力,增强桩群整体性,减小变形。

### 2 基础桩设计参数的确定<sup>①</sup>

根据勘察报告提供的地层分布和土性参数,第 ⑦层、⑨层和⑫层是桩端持力层的可选项对象。塔楼

作者简介:芦清建,1953年生,男,汉族,河北邯郸人,工程师,1977年毕业于长春地质学院,现从事岩土工程的设计和施工工作。E-mail:luqingjian1953@126.com

① 王昆太,等.中央电视台新台址建设工程基础设计评估与咨询总报告.2005.

φ1 200 桩桩端持力层,原设计为⑫层,通过对⑨层、⑫层作为桩端持力层的可行性进行仔细分析,并结合试桩施工、试验结果等综合确定。

1)承载力

桩端置于⑨层细中砂层,有效桩长为 30~33 m,穿透细中砂④<sub>1</sub>层、⑤层和⑦层砂卵石层,经桩底、桩侧注浆,其端阻力和侧阻力增幅可达 100%~120%。根据北京地区既有工程经验,其单桩极限承载力可达 30 000 kN 以上,完全满足设计要求。

2)变形

桩端持力层⑨层以下的⑩层、⑪层为低压缩性的粉质粘土( $E_s=25\sim35$  MPa),⑫层为细中砂和卵石。承台底平面的附加应力仅为 100~420 kPa,按附加应力  $\sigma_z$  与土自重应力  $\sigma_c$  之比 0.2( $\sigma_z=0.2\sigma_c$ )确定压缩层深度大致为桩端平面以下 10~15 m。根据应力水平、压缩量、压缩层深度诸因素预估塔楼最大沉降不超过 50 mm。另根据 CBD 范围及类

似地层土质条件、高层建筑桩基持力层为⑦层或⑨层的后压浆灌注桩基桩实测沉降均未超过 40 mm。综合上述因素,以⑨层作为桩端持力层,最大沉降量可控制在允许范围内。

3)成孔成桩质量的可控性

在 φ1 200 桩以⑫层为持力层的 3 根试桩的成孔过程中,均在⑨层以下地层的粘质粉土可能由于吸水崩解出现严重的塌孔,形成 2 m 左右厚的沉渣,经反复清孔效果仍不理想,超钻 2 m 后钢筋笼才得以置入钻孔,反循环钻机成孔和旋挖钻机成孔均如此;国贸三期试桩成孔也曾出现类似现象。若以⑫层为桩端持力层,势必由于过厚的沉渣乃至断桩而给工程埋下严重隐患。从桩端置于⑨层的 19 根试、锚桩成孔过程来看,无明显塌孔现象。

4)试桩结果

根据前期进行的垂直静载荷试验,φ1 200 桩部分成果见表 1、图 1 和图 2。

表 1 φ1 200 桩静载荷试验部分成果表

桩端持力层	桩编号	桩长/m	最大加载 Q/kN	最大载荷下的沉降 s/mm	
				桩顶	桩端
⑨层	TP-B1	33.4	33 000	20.92	5.38
⑫层	TP-A1	51.7	33 000	21.78	1.90

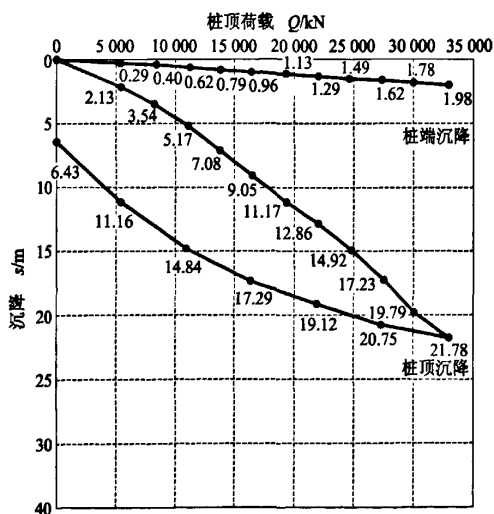


图 1 TP-A1 桩静载试验荷载沉降曲线图

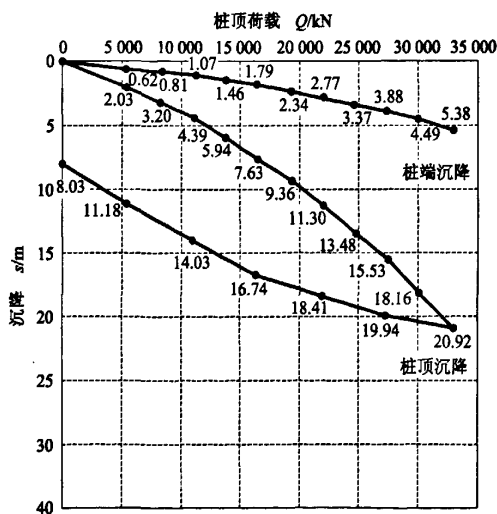


图 2 TP-B1 桩静载试验荷载沉降曲线图

普通灌注桩长桩(51.7 m)与后压浆短桩(33.4 m)桩身承载及变形特性归纳见表 2。

表 2 长桩与短桩承载及变形特性列表

桩号	桩径/mm	桩长/m	试验最大加载 Q/kN	桩顶变形 s/mm	估算桩端阻力 $Q_{pk}$ /kN	桩端变形 $s'$ /mm	桩端承载比例 $Q_{pk}/Q$	桩端变形比例 $s'/s$	单桩极限承载力取值 $Q_{uk}$ /kN
TP-A1	1200	51.70	33 000	21.78	940	1.98	2.8%	9.1%	33 000
TP-B1	1200	33.40	33 000	20.92	2 166	5.38	6.6%	26%	33 000



### 3.5.2 确定压浆管长度

根据等高线图和施工地面标高,按照 1.0m 的高差分压浆管长度范围,与每一根桩对应,列表后交施工组加工压浆管。

### 4 压浆施工

在基础桩施工 2d 后,可以进行桩侧压浆,间隔 12h 后进行桩端压浆。压浆采用 2DWH-70 型后压浆高压泵,素水泥浆制作使用 JW180 型水泥浆搅拌机;

压浆前,先压清水检查压浆管是否通畅。确认无问题时再将水泥浆液压入压浆管,达到压浆控制指标,即停止注浆。

### 5 压浆效果

刚开始压浆施工时,由于砂卵石层中孔隙大,压浆为渗透注浆<sup>[3]</sup>,施工容易,压浆的压力不到 1.0 MPa,随着施工的进展,砂卵石层孔隙被充填,压浆的压力不断提高,压浆的压力可达到 4.0~6.0 MPa,压浆成为压密注浆,所需压浆时间也相应加长。

施工前期,压浆孔的间距控制在 10 m 左右,当钻孔及压浆施工到后期时,注浆影响的范围可达到 30 m;在压浆过程中发生了几次串孔,造成严重塌孔,有两个钻孔施工到砂卵石<sup>⑦</sup>时,遇到先期压灌水泥浆形成的凝固体,极难钻进,而且在压浆过程中地

面返浆较普遍,这些现象间接证明压浆效果良好,压浆影响的范围可达 10~30 m。

通过垂直静载荷试验结果证明,基础桩(后压浆的短桩)的承载力均满足设计及有关规范的要求,施工取得圆满成功(见表 3)。

表 3 工程桩垂直静载荷试验结果一览表

试桩编号	桩长 L/m	承载力特征值 R <sub>a</sub> /kN	试验荷载 Q/kN	最大变形量 s/mm
TP101	32.80	11 000	26 400	23.95
TP102	32.80	11 000	26 400	13.12
TP103	32.80	11 000	26 400	10.42
TP201	33.90	11 000	26 400	13.12
TP202	34.40	11 000	26 400	13.00
TP203	33.90	11 000	26 400	10.69

### 参 考 文 献

- [1] 吴师彬,高 飞. 桩底注浆对钻孔灌注桩竖向承载性能的影响[J]. 岩土工程技术,2006,20(6):320-323.
- [2] 朱 奎,周鹏飞. 钻孔灌注桩桩底注浆技术的应用研究[J]. 岩土工程技术,2008,22(1):47-50.
- [3] 张忠苗,邹 健. 桩底劈裂注浆扩散半径和注浆压力研究[J]. 岩土工程学报,2008,30(2):181-184.

收稿日期:2009-06-01

(上接第 213 页)

- [5] 杨翠珠. 建筑物基础抗浮设防水位之我见[J]. 岩土工程技术,2007,21(4):176-178.
- [6] 张在明,孙保卫. 地下水赋存状态与渗流特征对基础抗浮的影响. 土木工程学报,2006,34(1):73-78.
- [7] 张在明. 地下水与建筑基础工程[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [8] 张 彬. 地下水与地下结构共同作用机理及抗浮优化研究[R]. 博士后出站报告. 北京:清华大学,2006.
- [9] 黄志仑. 关于地下建筑物的地下水水力问题分析[J]. 岩土工程技术,2002(5):273-274;283.
- [10] 李广信,吴剑敏. 浮力计算与粘土中的有效应力原理[J]. 岩土工程技术,2003(2):63-66.
- [11] 张 彬,李广信,杨俊峰. 地下水浮力作用机理模型试

验设计实践[J]. 岩土工程技术,2006,20(3):128-131.

- [12] 何世鸣,李 江,杜高恒,等. 部分粘结预应力抗拔(浮)桩试验研究及应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(增刊)(第十四届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术研讨会论文集):191-196.
- [13] 张 洁,尚岳全,林旭武. 考虑上拔力作用点位置影响的抗拔桩变形分析[J]. 土木工程学报,2005,38(7):102-106.
- [14] 李 筐,李 峰. 抗拔桩设计方法[J]. 中国煤田地质,2003,15(1):48-50.
- [15] 张建青. 首都国际机场停车楼永久性抗浮锚杆施工试验研究[J]. 岩土工程技术,1999(2):30-34.

收稿日期:2009-05-15