

# 北京 CBD 核心区某高层建筑试验桩施工技术

程金霞<sup>1</sup>, 张贵秀<sup>2</sup>, 黄鑫峰<sup>1</sup>, 郁河坤<sup>1</sup>, 陈 辉<sup>1</sup>

(1. 北京建材地质工程公司, 北京 100102; 2. 山东电力工程咨询院有限公司, 山东 济南 250013)

**摘要:**北京市 CBD 核心区某高层建筑拟建高度超过 550 m, 建成后为北京市新地标建筑, 其桩基础施工是保证整座建筑施工质量的关键。总结研究了该项目钻孔灌注桩试桩施工工艺的关键技术。

**关键词:** 钻孔灌注桩; 试验桩; 消摩阻套筒; 分体式套筒连接; 后注浆; 北京 CBD 核心区

**中图分类号:** TU473.1<sup>+</sup>4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2012)11-0069-03

**Construction Technique of Testing Pile for a High-rise Building in Core Area of Beijing CBD/CHENG Jin-xia<sup>1</sup>, ZHANG Gui-xiu<sup>2</sup>, HUANG Xin-feng<sup>1</sup>, YU He-kun<sup>1</sup>, CHEN Hui<sup>1</sup>** (1. Beijing Building Material Geotechnical Engineering Company, Beijing 100102, China; 2. Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute Co., Ltd., Jinan Shandong 250013, China)

**Abstract:** The height of a high-rise building at core area of Beijing CBD is proposed to be more than 550m, which will be the new landmark building in Beijing. The construction technique of foundation pile is very important to ensure the quality of this skyscraper. The key construction technologies of cast-in-place testing pile is summarized and studied.

**Key words:** bored grouting pile; testing pile; elimination of friction sleeve; connection of split type coupling sleeve; post-grouting; core area of Beijing CBD

## 0 引言

拟建的某超高层建筑高度超过 550 m, 位于高层建筑密集的北京市朝阳区东三环中路 CBD 核心区, 对周边环境控制要求极高。该工程基础桩施工采用钻孔灌注桩后压浆工艺。在进行钻孔灌注桩工程桩施工前, 拟通过试桩确定桩基的选型是否合适, 桩基的承载力和沉降是否满足要求。本文对该工程钻孔灌注桩试桩施工技术进行了总结, 以期能为后续的钻孔灌注桩工程桩施工中起到指导作用, 对今后类似工程施工也具有参考意义。

## 1 工程概况

北京市 CBD 核心区拟建项目为超高层建筑, 基础底板埋深约 38 m。本工程采用后注浆钻孔灌注桩, ±0.000 = 38.200 m(绝对标高), 本次施工包括 3 根试验桩及 8 根锚桩, 本工程试桩有效桩长约从绝对标高 0.200 m 算起, 成桩作业面为绝对标高约 20.500 m 处, 有效桩长 42.200 mm, 设计桩底标高为 -42.00 m。混凝土设计强度为 C50, 水下混凝土灌注; 桩直径均为 1.0 m, 单桩竖向承载力极限值 36000 kN, 采用桩端、桩侧复式注浆工艺。

拟建场地地基土层主要为永定河多次冲洪积形成的冲洪积层, 在勘探深度 111 m 范围内, 除人工堆

积层外, 主要为第四纪沉积层粉质粘土、粉土、细中砂及卵石、砾石等, 在垂直方向上形成多次沉积韵律。本场区深度 25 m 范围内的土对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋均无腐蚀性。在本工程拟建场地范围内, 不存在影响拟建场地整体稳定性的不良地质作用。

根据初勘报告, 拟选用⑫卵石层做为桩端持力层, 保证桩端进入持力层深度不少于 5.0 m, 相关土层状况详见表 1。

## 2 试桩施工重点和难点

### 2.1 桩成孔质量控制

孔深约 63 m, 需穿越④、⑥、⑧层共 3 层卵石层并进入持力层⑫层卵石层内, 地层复杂, 如何顺利成孔、控制桩孔垂直度及护壁质量、控制孔底沉渣厚度是确保成桩质量的前提。

### 2.2 消摩阻套筒的设计、制作、安装

根据设计要求, 成桩地面至设计有效桩长桩顶标高 0.200 m 约 20.300 m 范围采用双套管法消除该段土体的侧摩阻力, 消摩阻套筒静载试验时有效分离、切实起到消摩阻作用是本次试桩能否成功的最关键一环。套筒的构造、制作、底部密封、安装垂直度及固壁措施等环节均需严格控制。

收稿日期: 2012-07-09

作者简介: 程金霞(1979-), 女(汉族), 湖北新洲人, 北京建材地质工程公司工程师, 岩土工程专业, 硕士, 从事岩土工程设计与施工管理工作, 北京市朝阳区望京西路甲 50-1 卷石天地大厦 A 座四层, chengjixx@sohu.com。

表1 试桩地层情况

土层编号	岩性	层厚/m	侧摩阻力/kPa
⑥	卵石	6.8~10.0	120~135
⑥ <sub>1</sub>	细砂、中砂	2.0~4.6	70~80
⑦	粘土	0.9~2.4	65~75
⑦ <sub>1</sub>	粘质粉土	1.1~2.5	68~78
⑦ <sub>2</sub>	粉质粘土	1.8	65~75
⑧	卵石	5.0~8.6	120~135
⑧ <sub>1</sub>	细砂、中砂	0.7~2.7	70~80
⑨	粉质粘土	1.5~4.5	70~78
⑨ <sub>1</sub>	细砂	2.0	75~85
⑩	中粗砂	2.4~12.0	80~90
⑩ <sub>1</sub>	粘质粉土	8.0	70~75
⑩ <sub>2</sub>	粘土	0.4~1.4	68~73
⑪	粉质粘土、重粉质粘土	1.1~2.9	70~75
⑪ <sub>1</sub>	粘质粉土	2.1~8.0	75~80
⑪ <sub>2</sub>	粘土	1.0~1.4	72~80
⑪ <sub>3</sub>	中粗砂	1.5~5.0	85~95
⑪ <sub>4</sub>	粉细砂	0.8~2.9	80~90
⑫	卵石	8.5~13.0	120~135,端阻2500
⑫ <sub>1</sub>	细砂	0.6~2.1	
⑬	粉质粘土、重粉质粘土	1.0~7.0	
⑬ <sub>1</sub>	粉质粘土	1.4	
⑭	粉细土	8.3~12.0	
⑮	粉质粘土、重粉质粘土	3.1~8.4	
⑮ <sub>1</sub>	粘土	1.9~11.5	
⑮ <sub>2</sub>	粉质粘土、砂质粉土	1.6~4.0	
⑮ <sub>3</sub>	粉细砂	3.0~4.3	
⑯	卵石	4.5~8.6	
⑯ <sub>1</sub>	细砂	2.0~2.3	
⑰	粘质粉土	1.1~13.0	
⑰ <sub>1</sub>	细砂、中砂	1.1~2.6	
⑱	砂岩(中风化)	0.4~0.5	
⑲	砾岩(中风化)	4.5~10.1	

### 2.3 超长桩的钢筋笼加工、起吊和对接难度较大

包括桩顶预留锚盘连接长度,桩钢筋笼长度接近65 m,钢筋直径大,加工难度大,上部主筋分内外两层进行加工,分两段入孔,施工难度较大。

### 2.4 桩身混凝土质量控制

必须保证灌注一次成桩,避免桩身缺陷,否则将影响整体试桩进展,试桩必须在承受40000 kN荷载情况下不得有任何破坏。

### 2.5 后注浆工艺的要求高

严格控制注浆阀定位,并在钢筋笼吊运、就位过程中防止注浆阀破坏,做到保证各注浆阀正常工作也是试桩成败的关键。

## 3 试验桩施工工艺

### 3.1 试验桩成孔质量保证措施

旋挖成孔施工法是利用钻杆和钻斗的旋转及重力使土屑进入钻斗,土屑装满钻斗后,提升钻斗出

土,这样通过钻斗的旋转、削土、提升和出土,多次反复而成孔。此法适用于填土层、粘土层、粉土层、淤泥层、砂土层以及含有部分卵石、碎石的地层。具有功率大、钻孔速度快、移位方便、定位准确、工作效率高、噪声小、环保的特点。

本试桩桩长63.0 m,直径1.0 m,桩身垂直度控制要求为1%,采取如下措施进行控制:(1)平整场地并夯实;(2)埋设孔口护筒,周围用粘土回填夯实;(3)场地控制钻塔本身的垂直度(可用经纬仪、靠尺检验校正);(4)控制钻进速度,根据土层情况不同选择合适的钻斗,尤其是遇到粘性土,如速度过快,极易造成钻孔倾斜;(5)通过操作室内仪表盘随时观察钻孔垂直度情况,及时调正。

为保证护壁质量,采用钠基膨润土,掺加外加剂护壁泥浆。钻进孔深在距设计孔深0.5~1.0 m时,钻机停钻0.5~1 h,待泥浆中沉渣沉淀后,再利用旋挖钻机进行捞渣清孔,并钻进到设计孔深。此时称为“一清”。导管下放完毕后,对所成桩孔进行二次清孔,采用双3PN大泵并联正循环清渣或采取灌注导管内气举反循环方式进行二清。

钻进开始时,注意钻进速度,调整不同地层的钻速。钻进过程中,采用工程检测尺随时观测检查,调整和控制钻杆垂直度;边钻进边补充泥浆护壁。钻进过程中,穿越第⑥、⑧、⑫层卵石层用特制的螺旋钻和筒钻,如图1所示。

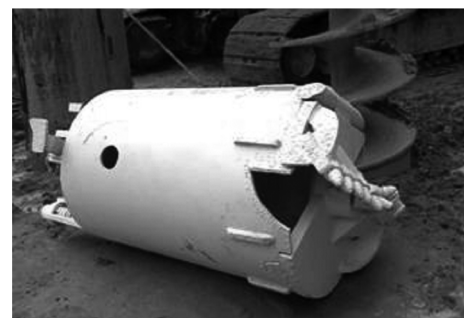


图1 螺旋钻和钻筒

### 3.2 消摩阻套筒制作及组装

内外套筒管壁厚度均为12 mm,外筒内径1.200 m,加工长度为9.700 m(上)+10.410 m(下);内筒内径1.100 m,加工长度为10.000 m(上)+10.700 m(下)。为了便于套管上端与地面预埋件焊接固定,套管上端均高出地面300 mm。内外套管之间间隔3.600 m,沿内护筒外侧径向对称每30°设置一根长0.300 m Ø25 mm 环形导向圆钢,共设置12根。内外护筒分两节在工厂内加工成型,

由场内将内外护筒套装完毕后,运抵现场进行对接组装。图2为加工好的双套筒。



图2 加工完成的双套筒

双套筒起吊前应在“吊耳”、“牛腿”之间内筒上口焊加固支撑防止孔口变形,起吊采用双机抬吊空中回转立直,履带吊为主吊,缓缓下放至孔内,对中对后放至孔底,使套筒利用自重切入粘土层 200 ~ 300 mm,插入深度以重锤量测外筒与孔壁间孔底与孔口高差来推算,取多点平均值。

利用吊装“牛腿”调整套筒垂直度,调整后固定。

双套筒入孔后,在预留丝堵及注水管内注入清水,然后封闭密封。

双套筒与引孔孔壁间下端 2.0 ~ 3.0 m 左右采用水泥浆固壁,水泥浆水灰比 0.4 左右,采用导管插入底部沿孔壁周围均匀注浆,注浆量需提前计算确定。固壁水泥浆初凝后,套筒外至孔口填细砂固壁,边填边用钢筋捣实。

### 3.3 钢筋笼的制作和安装

试桩桩径 1.0 m,上部主筋为 HRB500, 28 $\phi$ 40 mm,在制作钢筋笼时必须分内外两层钢筋笼进行加工。首先加工外层钢筋笼,再将内层主筋穿入加劲筋内侧,焊接牢固。主筋按照长短编号,双层钢筋笼截面如图3所示。

钢筋笼长达 63 m,采用整长绑扎成型(即两节同时绑扎)后在分节处断开方式,断开前在连接分体式直螺纹套筒(图4)和钢筋上分别编号,接口处按编号方向对接。钢筋笼接头连接采用滚轧直螺纹连接,孔口对接采用分体式滚轧直螺纹连接(图5),加劲箍与钢筋笼采用焊接。

钢筋笼对接时,按事前绑扎钢筋笼时确定的钢筋编号和分体式直螺纹套筒编号对应连接,先将一个锁套套入下节钢筋,另一个锁套套入上节钢筋,然后将钢筋对准,放入分体式套筒的两片,然后将锁套套

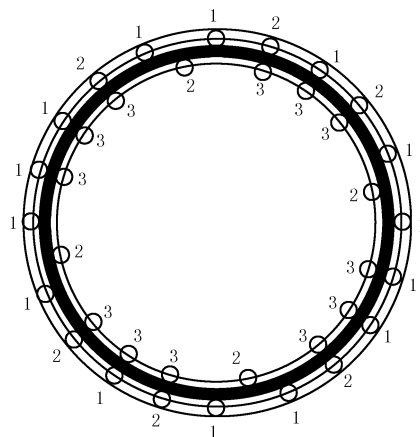


图3 双层钢筋笼截面图

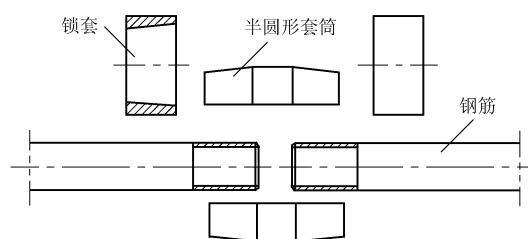


图4 分体式套筒结构图



图5 加工完成的分体式套筒连接钢筋

入分体式套筒,用专用的液压压接机加压连接。

钢筋笼吊装采用 100 t 履带吊和 25 t 汽车吊配合,水平起吊、空中回转立直,吊装前按图纸在吊点处做好标记,起吊必须按事前确定吊点位置固定卡环,以减小钢筋笼变形。

### 3.4 桩身混凝土质量控制

试验桩设计要求混凝土强度为 C50,为保证水下砼灌注并为保证设计要求,按混凝土设计强度等级提高一级进行配合比设计,即用 C55 配合比施工试桩。配制的混凝土应该密实,具有良好的和易性、流动性及扩展度,坍落度控制在 200 ~ 220 mm。采用直径 300 mm 导管,接头双螺纹方扣快速接头,导管组装时接头必须密合不漏水(要求加密封圈,黄

(下转第 74 页)

震中发生震陷,震陷值达 22 cm。综合考虑《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001)(5.7.11)条文说明和《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)4.3.11 的条文说明,结合天津地区的具体工程地质条件,可认为当软土承载力特征值 < 70 kPa 或剪切波速 < 90 m/s 时,应考虑震陷的可能性。

## 6 场地稳定性、适宜性评价<sup>[4-6]</sup>

《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001)第 14.3.3 条第 9 款规定,岩土工程勘察报告应包括“场地稳定性和适宜性的评价”,但规范中并没有明确规定具体的评价方法。结合《房屋建筑和市政基础设施工程勘察文件编制深度规定》(2010 年版)4.5.3 条和《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ 72-2004)8.1.3 条规定,应从 3 个方面进行场地的稳定性和适宜性评价:

- (1) 不良地质作用和地质灾害、边坡的影响;
- (2) 场地地震效应影响;
- (3) 工程建设场地适宜性。

目前,天津地区的岩土工程勘察报告在进行场地地震效应影响的描述时,仅描述活动断裂的相关

内容不妥,尚应包括场地类别、抗震地段、液化等的地震效应评价结论;在获得工程建设场地适宜性结论时,在前 2 款评价的基础上,还应将地基的稳定性、均匀性评价结论作为论据(《岩土工程勘察规范》在 4.1.11 条第 3 款提出了“分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力”的要求)。

## 7 结语

场地和地基的地震效应评价是岩土工程勘察的一项重要内容,它不仅关系着工程造价,也关系着建筑物的安全和正常使用,对场地和地基的地震效应应做到周密勘察,客观评价。

## 参考文献:

- [1] GB 50011-2010,建筑抗震设计规范[S].
- [2] GB 18306-2001,中国地震动参数区划图[S].
- [3] DBJT 29-183-2008,天津市民用建筑施工图设计审查要点(勘察篇)[S].
- [4] GB 50021-2001,岩土工程勘察规范[S].
- [5] 住房和城乡建设部工程质量安全监管司.房屋建筑和市政基础设施工程勘察文件编制深度规定(2010 年版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [6] JGJ 72-2004,高层建筑岩土工程勘察规程[S].

(上接第 71 页)

油封口)。导管上部漏斗设有网眼不大于 100 mm × 100 mm 的钢筋筛子以过滤出大的结块或石块,防止堵管。混凝土的埋管深度宜控制在 2~6 m 之间,实际灌注标高要高于设计标高 1.0 m 以上,以保证桩顶部的混凝土强度。

在混凝土灌注过程中,根据规范要求制作混凝土试块,并随时对混凝土的和易性、坍落度进行检测,确保混凝土质量。试块每桩制作标养 1 组,同条件试块 2 组(用于测定 70% 强度值)。

### 3.5 后注浆工艺

桩底后压浆采用与声波透射法检测管合用,因此需待超声检测完成后进行注浆。试桩桩底 3 根管阀注浆,阀门底与钢筋笼底主筋齐平;沿桩身进行 3 道桩侧环向注浆。桩侧环向压浆阀位置在桩孔底以上 13、25 和 37 m 各布置一道。桩侧压浆管和桩端压浆管分别采用 DN20 和 DN40 焊接钢管。管与管连接方式采用外套粗管焊接。压浆钢管与阀门为一次性埋入桩身砼中。水泥采用 P. O 42.5 普通硅酸盐水泥,根据现场地质、返浆情况及降水情况综合确定参数。

压浆顺序为先上后下,先桩侧后桩端;后注浆终止注浆条件以压浆量和注浆压力双控。

## 4 结语

试桩施工结束后,对整个试桩过程的施工功效、质量效果进行了分析比较。本次试验桩静载试验结果和超声波检测结果显示试验桩垂直度、桩身强度、承载力及沉降等均满足要求,确定了设计桩型是满足使用要求的,并确定了工程桩施工工艺,归纳总结出了一套可以指导本工程施工的标准化工艺。并可供类似或相关工程试桩参考。

## 参考文献:

- [1] 刘金波,黄强.建筑桩基技术规范理解与应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [2] 张雁,刘金波.桩基手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [3] 建筑施工手册(第四版)编写组.建筑施工手册(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [4] 郑昌晶,张顺英.钻孔灌注桩后注浆加固机理及其应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(8):45-49.
- [5] 彭仕奇.苏通大桥超长桩桩底后压浆试验及效果[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(11):54-58.