

大直径素混凝土灌注桩复合地基在高层建筑地基加固中的应用

王荣, 任刃, 朱金卫

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川成都 610072)

摘要:以成都市成华区龙潭寺片区中国电建地产开发的“美立方”项目为例,结合其地层特点,详细介绍了采用旋挖成孔工艺的大直径素混凝土灌注桩复合地基的设计、施工和检测过程,可对类似地层地基加固提供一定的经验借鉴。

关键词:大直径;素混凝土灌注桩;复合地基;旋挖成孔;检测

中图分类号:TU47;TU753.3;TU753.8

文献标识码:B

文章编号:1001-2184(2015)04-0098-03

1 工程概述

该项目场地位于成都市成华区成华大道以南、三环路以西、龙潭E线以北、龙潭立交与城南立交之间、龙潭工业园对面(三环路内侧),场地地理位置优越,交通便利。拟建场地建设净用地面积约为44 505.03 m²,规划总建筑面积约为171 517.19 m²,总容积率为3,总建筑密度为22%。该项目由8栋高层建筑、6栋低层商业建筑及纯地下室部分组成,均为全现浇钢筋混凝土剪力墙结构,结构抗震设防烈度为7度,地基基础设计为甲级。住宅楼要求符合地基承载力:2#楼 $F_{spk} = 610$ kPa,3#楼 $F_{spk} = 560$ kPa,4#楼 $F_{spk} = 630$ kPa,5#楼 $F_{spk} = 630$ kPa,6#楼 $F_{spk} = 560$ kPa,7#楼 $F_{spk} = 650$ kPa。

2 地质情况

2.1 工程地质情况

场地上覆第四系人工填土(Q_4^{ml}),其下由第四系中下更新统冰水堆积(Q_3^{gl})成因的粘土及含粘性土、卵石组成,下伏白垩系上统灌口组(K_{2g})泥岩。地层的主要特性分布及描述如下。

2.1.1 第四系全新统人工填土层(Q_4^{ml})

(1)杂填土:色杂,松散,干~稍湿,成分以建筑垃圾为主,为近期场地内拆迁平整场地而成,场地内部分地段有分布,层厚0.5~3.5 m。

(2)素填土:褐黄、褐灰色,松散~稍密,稍湿,成分以粘性土为主,含少量卵石、泥岩块及植物根系。堆填年代小于3 a,场区普遍分布,层厚0.5~5.1 m。

2.1.2 第四系中下更新统冰水堆积层(Q_3^{gl})

(1)粘土:上部主要呈褐黄色、褐灰色,下部主要呈褐红色、棕红色;硬塑~坚硬,无摇震反应,稍有光泽,干强度及韧性高,含氧化铁、铁锰质及灰白色高岭土等,部分地段含有少量钙质结核,部分钻孔中该层底部夹有泥岩块。该层部分地段裂隙较发育,裂隙面充填灰白色矿物。场地内均有分布,钻探揭露层厚9.1~15.9 m。局部分布有可塑状粘土,该层分布于硬塑~坚硬状粘土之上,此次勘察仅在4、5号钻孔中有揭露,钻探揭露层厚为1.8~2.4 m。

(2)含粘性土卵石:褐红、褐黄、灰白色;多呈稍密状,湿~饱和。卵石成分主要由花岗岩、砂岩、石英岩等组成,多呈亚圆形,磨圆度和分选性中等,顶部多呈强风化状,其下为中~微风化,一般粒径为2~15 cm,大者可达20 cm以上,卵石含量约为50%~55%,卵石层隙间充填物质以粘性土、砂粒、砾石为主。场地内大部分地段有分布,局部地段缺失,钻探揭露层厚为0.9~4.5 m。

2.1.3 白垩系上统灌口组(K_{2g})

泥岩:紫红色,泥质结构,薄~厚层状构造,泥质胶结,产状水平,成分以粘土矿物为主。泥岩顶板埋深为14.1~20.6 m,平均为17.52 m,标高为487.41~493.71 m,高差为6.3 m,有一定的起伏。据钻孔揭露,按风化程度可分为强风化、中等风化。

(1)强风化泥岩:风化裂隙很发育,岩芯呈碎块状(局部夹短柱状),该层在场内普遍分布,厚度为1.8~5.3 m。

收稿日期:2015-03-08

(2)中等风化泥岩:岩芯呈柱状,裂隙较发育,岩体较完整。其顶板埋深 18.7~21.5 m,标高 485.4~488.88 m。

2.2 水文地质情况

勘察期间属于平水期,场地内各钻孔未见地下水分布,但根据区域水文地质资料得知,场地内地下水类型有第四系上层滞水和基岩裂隙水两种类型。

(1)上层滞水:分布于填土和粘性土中,无统一地下水位,水量欠丰,多呈岛状分布,容易明排疏干,主要受大气降水补给,对工程影响不大。

(2)基岩裂隙水:主要赋存于泥岩中,透水性差,分布不广,无统一地下水位并具有承压性的特点,水量主要受基岩裂隙发育程度、连通性及隙面充填特征等因素控制,总体来看,该类水具有一定的承压性,水量一般不大。

场地环境类别为Ⅲ类,属弱透水层。

3 地基加固方案的选择

由于拟建场地要求的地基承载力较高,可采用的地基形式有:应力管桩、CFG 桩、桩筏基础和大直径素混凝土桩复合地基。由于所设计的地下室底板至强风化泥岩粉砂岩底板平均距离达 10 m 以上,其间包括第四系松散土层和全风化泥质粉砂岩层。若打入式预应力管桩以中等风化的泥岩或中等风化的泥质粉砂岩作为桩端持力层成桩难度较大(经现场试验性施工得到证实)。若采用 CFG 桩,在经初设桩位布置后,桩间距过密,成桩施工困难且综合造价偏高。若采用桩筏基础则总体造价更高,且施工周期长。

经比选分析后认为:采用大直径、素混凝土灌注桩复合地基进行处理,技术方案完全可行,经济上亦较为合理,也能满足本项目工期需要,因此,决定采用此方案,根据实际情况采用旋挖机械成桩工艺。

4 大直径素混凝土灌注桩造孔及质量控制

4.1 成孔

采用旋挖钻成孔。旋挖钻进是利用旋挖钻杆上的液压马达往下压并利用扭矩旋转,使旋挖钻头挤压并旋转切入土体,而将被破碎的岩体直接装入钻头内,然后再由钻机提升装置和伸缩式钻杆提出孔外卸土,如此循环往复,不断地取土卸土,直至钻至设计深度。对于提出孔外的钻渣,采

用装载机运走。

(1)钻孔前,调平钻机,保持钻机垂直稳固。开钻前将钻头着地,进尺深度调整为零。

(2)钻进时原地顺时针旋转开孔,然后以钻头自重、钻杆自重加以液压力作为钻进压力,将初钻压力控制在 90 kPa 左右,钻速先慢后快。

(3)不同地质条件采取不同类别的旋挖钻机钻头施工:细砂、中砂、砾砂、角砾土、圆砾土及强风化层可采用筒式钻头。

(4)当钻杆充满钻渣后,停止下压及回旋,逆时针方向转动动力头,稍向下送行,关闭钻头,回转底盖,缓慢上提钻头,避免钻头碰撞孔壁。提离孔口后,钻机自身旋转至弃渣土,用动力头顶压顶杆,将底盖打开,倾卸钻渣,然后关闭底盖,旋回孔位,对准孔位慢慢将钻头放至孔底钻孔,重复进行。当出现钻杆跳动、钻机摇晃、钻进时无进尺等异常情况时,立即停机提钻检查,待查明原因妥善处理后再行钻进,直至钻至设计深度。

(5)清孔后提出钻头,由质检员和工程监理人员进行孔径、孔深、垂直度检测,验收合格后,移走钻机,盖好盖板,进行下道工序施工。

4.2 成孔质量和沉渣检查

(1)成孔质量检查方法。

成孔质量检测的方法主要为圆环测孔法(常规测法)。成孔后采用圆环测孔法测试桩成孔质量。

圆环测孔法的基本原理是在所成孔内利用铅丝下钢筋圆环,铅丝吊点位于钢筋圆环中间,利用铅丝线的垂直倾斜角测定成孔质量。该方法快速简便,为常用的成孔检测方法。

(2)沉渣检查方法。

浇灌混凝土之前,孔底沉渣厚度应 ≤ 50 mm。假如清孔不良,孔底沉渣太厚,将影响桩端承力的发挥,进而大大降低桩的承载力。测试方法为垂球法和测饼测试沉渣法。

垂球法是利用重约 1 kg 的球锥体作为垂球,顶端系上测绳,把垂球慢慢沉入孔内,施工孔深与测量孔深之差即为沉渣厚度。

测饼测试沉渣法是将两条测绳顶端分别系上测饼和测针,同时将测饼和测针放入孔底,再同时将测饼和测针提起,两条测绳之间的差即为沉渣厚度。

4.3 清孔

钻至设计标高时用带有活门的筒形钻头清理沉渣。在灌注混凝土导管安放完成后,对孔深、孔底的沉渣等进行复测。如果孔底沉渣的厚度超出规定、大于50 mm时,进行第二次清孔,只有待测定孔底沉渣的厚度 ≤ 50 mm,方可停止清孔。

4.4 混凝土的灌注

桩体混凝土的设计强度等级为C20。本工程采用成都市岷涛商品混凝土有限公司生产的普通商品混凝土,施工顺序如下:

- (1)在浇筑混凝土前,将桩内的水用水泵抽干。
- (2)将导管下到离桩底2 m以内的地方。
- (3)灌注混凝土。

应连续不断灌注混凝土,严禁中途停工。在灌注过程中,应经常用测锤探测混凝土面的上升高度并适时提升、逐级拆卸导管。

- (4)振捣。

混凝土每上升1 m,选择3个点振捣密实,快插慢提,振捣时间不宜过长。

(5)混凝土灌注时间:混凝土灌注的上升速度不得小于2 m/h。

- (6)桩顶的灌注标高及桩顶处理。

桩顶的灌注标高按照设计要求且应高于设计标高0.5 m,以便清除桩顶部的浮浆渣层。桩顶

灌注完毕,应立即探测桩顶面的实际标高,采用带有标尺的钢杆判断桩顶的混凝土面。

5 复合地基检测

5.1 检测方法

(1)素混凝土桩复合地基施工2~3周后进行承载力检测;

(2)复合地基承载力检测由于静载施工难度太大,遂分解为单桩竖向抗压静力荷载试验和桩间土浅层平板荷载试验,数量不少于总桩数的1%,且不少于3根。

(3)桩体的完整性可用小应变进行测试,检测数量为每栋桩总桩数的10%。

(4)对桩体质量及孔底沉渣控制采用钻芯法检测,检测数量为每栋桩总桩数的10%,且不少于10根。

(5)如其承载力不能满足设计要求时,应查明原因并采取补救措施或及时会同设计单位及相关单位进行基础调整。

5.2 检测结果分析

“美立方”项目施工完后进行了全桩小应变试验、基本试验及验收试验。小应变试验全部合格,根据检测报告 $P-S$ 曲线、 $Q-S$ 曲线和 $S-L_{gt}$ 曲线进行分析得知:复合地基承载力满足设计要求。

表1 单桩及复合地基承载力静载试验汇总表

楼号	单桩基本试验情况及承载力特征值			复合地基承载力达极限值时对应的最大沉降值		
	设计承载力特征值 /kN	最大试验荷载沉降量 /mm	单桩测试承载力特征值 /kN	试验最大沉降量 /mm	测试承载力特征值 /kN	变形模量测试值 E_s /MPa
3	1 960,1 960	4.15,4.28	1 960,1 960	19.8,18.31	560,560	>21
4	2 293,2 293	10.41,15.46	2 293,2 293	38.95,6.34	630,630	>21
5	2 622,2 622	7.09,6.77	2 622,2 622	15.37,21.44	630,630	>21
6	2 572,2 572	26.42,10.82	2 572,2 572	7.43,11.88	560,560	>18.67
7	2 371,2 371	7.25,7.25	2 371,2 371	26,6.15	650,650	>21.67

6 结语

工程实践和现场测试表明:在成都东郊及类似地区采用大直径素混凝土灌注置换桩复合地基的设计和旋挖施工工艺是可行的,对工期和节约投资具有明显的效果。

地基基础采用大直径素混凝土灌注桩置换复合地基处理后,能够很好地满足主楼地基承载力特征值达到设计要求,并能解决多种地层复合地基施工工艺问题及高承载力复合地基检测问题。

参考文献:

[1] 龚晓南,复合地基理论与工程应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.

作者简介:

王 荣(1981-),男,四川中江人,项目经理,工程师,从事水利水电、房屋建筑地基与基础工程施工技术与管理工作;
任 刃(1987-),男,山西代县人,助理工程师,学士,从事水利水电、房屋建筑地基与基础工程施工技术与管理工作;
朱金卫(1987-),男,重庆市人,项目经理,助理工程师,从事房屋建筑地基与基础工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)