

上海市东方医院青岛分院钻孔桩施工技术

李先经

(青岛地质勘查开发局, 山东 青岛 266100)

摘要:上海市东方医院(同济大学附属东方医院)青岛分院桩基工程,工程量大,工期紧,因上部存在填土、淤泥质土,地层条件较复杂。根据工程实际情况采用了旋挖钻机、冲击钻机、回转钻机成孔工艺,采取加长钢护筒、泥浆护壁等技术措施,有效解决了缩径、孔壁坍塌问题,保质保量按期完成了施工任务,取得了很好的经济和社会效益。

关键词:钻孔灌注桩;旋挖钻机;冲击钻;回转钻进;护壁

中图分类号: TU473.1+4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2018)12-0064-05

Bored Pile Construction for Shanghai Oriental Hospital Qingdao Branch/LI Xian-jing (Qingdao Geological Exploration and Development Bureau, Qingdao Shandong 266100, China)

Abstract: The pile foundation project of Shanghai Oriental Hospital Qingdao Branch (Oriental Hospital of Tongji University) is made up of a large amount of workload with a tight construction period. With presence of backfill soil and silt in overburden, ground conditions are very complicated. Depending on the particular conditions, auger boring, percussive drilling and the rotary drilling were used together with some technical measures such as extended conductors, borehole wall sealing mud, etc. to eliminate borehole contraction and caving. As a result, the project was completed with high quality and full quantity and on schedule, achieving good economic and social benefits.

Key words: bored pile; auger drilling rig; percussive drill; rotary drilling; wall protection

1 工程概况

上海市东方医院(同济大学附属东方医院)始建于 1920 年,是一所三级甲等综合性医院,上海市东方医院(同济大学附属东方医院)青岛分院位于胶州市香港路北侧、站前大道东侧、三里河南侧。拟建建筑物包括 1 幢 10 层医疗综合楼(附属 1 幢 3 层医技楼、1 幢 4 层办公楼、1 幢 4 层餐厅和 1 幢 4 层多功能厅)、4 幢 3 层机械停车场、1 幢-1 层污水处理站、1 幢 1 层燃气调压柜、1 幢 1 层 10 kV 配电站、1 幢 1 层氧气罐房、1 幢 1 层高压氧仓和 1 幢 2 层传染科(病房楼),门诊楼结构类型拟采用框剪结构,其它建筑物结构形式拟采用框架结构,基础形式均采用桩基础。

该工程由同济大学设计研究院设计,勘察单位为青岛地矿岩土工程有限公司,监理单位为青岛建通浩源集团有限公司,受总包单位青建集团委托由青岛地矿岩土工程有限公司负责钻孔灌注桩施工。桩基设计混凝土强度 C35;设计桩长 17~27 m;桩径分别为 600、800 mm,设计单桩竖向抗压承载力

特征值 1900、2100 kN。

2 场地工程地质条件

2.1 气象

青岛地处北温带季风区域,属温带季风气候。市区由于海洋环境的直接调节,受来自洋面上的东南季风及海流、水团的影响,故又具有显著的海洋性气候特点。空气湿润,雨量充沛,温度适中,四季分明。春季气温回升缓慢,较内陆迟 1 个月;夏季湿热多雨,但无酷暑;秋季天高气爽,降水少,蒸发强;冬季风大温低,持续时间较长。

2.2 地形、地貌

2.2.1 地形

拟建场地地势起伏较小,孔口地面标高 2.99~5.85 m,最大高差 2.86 m。

2.2.2 地貌

拟建场地地貌类型属海岸堆积阶地。

2.3 岩土层及其工程特性

根据地层岩性、成因时代及工程特性的不同,自

收稿日期:2018-06-19;修回日期:2018-08-30

作者简介:李先经,男,汉族,1970 生,高级工程师,副处长,长期从事岩土工程勘察、设计,基础工程施工与管理工作,山东省青岛市崂山区科苑纬四路 73 号,13853263096@163.com。

上而下可分为以下 6 层:

①层素填土,灰褐色、灰黄色,稍湿一湿,松散,局部稍密,以粘性土和粉土为主,局部有少量砂土和风化残积土,顶部含有植物根系、碎砖块、碎石子等,局部顶部为水泥地面。回填年限约 5 年。该层在场地范围内分布广泛,厚度 2.00~5.90 m,平均厚度 4.17 m,层底标高-1.89~-2.06 m,层底埋深 2.00~5.90 m。

②层淤泥质粉质粘土,灰黑色、灰黄色,流塑一软塑,含有机质,有腥臭味,有轻微摇振反应,切面偶有光泽,干强度低,韧性较低。该层在场地范围内分布广泛,厚度 2.80~6.60 m,平均 4.52 m,层底标高-6.49~-2.56 m,层底埋深 6.50~10.60 m。分布广泛。属软弱土,根据野外钻探、原位测试和室内试验,结合地区经验,建议地基承载力特征值 f_{ak} 取 70 kPa,压缩模量 E_s^{1-2} 平均值 3.11 MPa。

③层粉质粘土,褐黄色、灰黄色,可塑一硬塑,局部地段顶部约 50 cm 为粉土,含铁锰结核及少量钙质结核,夹灰白色粘性土条带,局部含细砂颗粒较多,无摇振反应,切面有光泽,干强度高,韧性高。该层在场地范围内分布广泛,厚度 0.80~11.60 m,平均 5.76 m。

④层中砂,黄褐色、褐黄色,饱和,中密一密实,砂的主要矿物成份为长石、石英,颗粒级配较差,磨圆度较好,局部地段含较多石英质砾石。

⑤层强风化泥质砂岩,灰紫色、灰黄色,顶部风化强烈,泥质胶结,细粒状结构,层状构造,裂隙发育,裂隙面铁质浸染,原岩结构构造大部分破坏,岩体呈散体状,局部呈块状,锤击易碎,矿物成分以石英为主。局部出现泥岩、泥质砂岩、粉砂岩互层交替。该层在场地范围内分布广泛,厚度 2.50~5.20 m,平均 3.71 m。从定性判别和定量判别综合判定:岩石属极软岩,岩体极破碎一较破碎,岩体基本质量等级 V 级。

⑥层中风化泥质砂岩,灰紫色、灰黄色,岩石的主要矿物成份以石英矿物为主,泥质胶结,细粒状结构,层状构造,裂隙发育,裂隙面铁质浸染,岩体较完整,岩心多呈短柱状一长柱状。

2.4 地质构造

依据区域地质资料及山东构造单元划分,拟建场地位于Ⅲ级构造单元胶莱盆地西部境内,南侧与胶南隆起相连,附近大的断裂构造有胶县断裂、百尺

河—二十五里乔断裂和郝官庄断裂。胶县断裂、百尺河—二十五里乔断裂、郝官庄断裂均是近 EW 向,是次于牟平—即墨断裂带的两条较大的区域性断裂,它们向西延伸与著名的郯庐深大断裂相交,控制了胶州湾西北部中生代地层分布和地貌格局,直接影响了胶州湾北部岸线轮廓。胶县断裂自安丘县南部经胶州至马哥庄一带;百尺河(诸城)—二十五里乔断裂中的天台寺以西—东营以东段,走向 NEE,倾向 SSE,倾角 $70^\circ\sim 75^\circ$,出露长度 15 km,破坏了张家屯—临洋向斜北翼地层的出露;郝官庄断裂发育在胶州湾西岸,断层上盘为白垩系地层,下盘为太古界和元古界地层,对胶莱拗陷起控制作用,是胶南隆起的北边界。另有一条近 EW 向断裂发育在胶州湾西岸,沿小洛戈庄、大后旺、东方盐厂一线展布,是白垩系与侏罗系地层的分界线。

2.5 地下水

拟建场地地下水类型以第四系孔隙潜水—微承压水为主。第四系孔隙潜水赋存于第①层素填土中,以大气降水补给、蒸发排泄为主,勘察期间稳定水位埋深 1.21~4.32 m,稳定水位标高为 1.43~1.62 m;微承压水主要赋存于第④层中砂层中,补给、排泄均以侧向迳流为主,承压水头标高约-16.24~-4.15 m。拟建场地地下水位年变化幅度约 3 m。拟建场地地下水的历史最高水位约 3.50 m。

3 钻孔灌注桩施工工艺的选择

本工程因工期紧、工程量大(设计桩数近 2000 根,桩径分别为 600、800 mm),施工场地狭窄,地层条件较复杂(存在淤泥质土和砂层,易发生缩径、孔壁塌孔,导致充盈系数 K 值大),综合考虑现场实际情况,故分别选用旋挖钻进、冲击钻进和回转钻进成孔工艺,采用旋挖钻机 7 台、冲击钻机 16 台和回转钻机 4 台,水下灌注混凝土成桩,取得了很好的技术效果。

3.1 旋挖钻机成孔工艺

近几年,旋挖钻机施工工艺在我国逐渐成为发展最快的一种新型钻孔施工方法。国内生产旋挖钻机的厂家多达几十家,但性能方面与德国、意大利等国外产品相比还存在一定差距。旋挖钻机具有装机功率大、输出扭矩大、机动灵活、施工效率高及多功能特点,是一种适合建筑基础工程中成孔作业的施

工机械,广泛用于市政建设、公路桥梁、高层建筑等基础施工工程领域。可采用干式或湿式(回转斗)作业,既可用于土层,也可用于岩层的成孔作业。

本工程采用徐工220型及三一重工生产的280型旋挖钻机共7台,取得了较好的技术效果,每台桩机一天可完成4~6根桩,施工效率较高。施工现场见图1。



图1 旋挖钻机成桩

为防止上部淤泥质土缩径,采用加长钢护筒技术措施,护筒长度3~6 m,并且采用泥浆护壁措施。为确保成桩质量,灌注混凝土前须进行二次清孔。

旋挖钻机埋设钢护筒时,先采用稍大口径的钻头钻至预定位置,提出钻头后,再用钻斗将钢护筒压入到预定深度。本工程旋挖成孔主要技术措施如下。

(1)钻进过程中一开始埋设钢护筒深度2 m,因钻遇淤泥质土缩径无法成孔,后把护筒长度增加到3 m,个别钻孔仍缩径严重无法成孔,加长护筒长度至6 m,才可以顺利成孔。

(2)根据本工程试成孔确定的钻进参数进行施工,控制进尺速度,上部松软地层旋挖效率高,适当降低钻孔速度,确保孔壁稳定。

(3)成孔采用跳挖方式,钻头倒出的渣土距桩孔口最小距离应大于6 m。

(4)钻进过程中,及时清理孔口周围堆土,遇地下水、孔壁坍塌、缩径等异常情况时,应及时处理。必要时采取泥浆护壁措施。

(5)钻机取上来的渣土应及时用装载机处理出钻机的旋转范围以外,以便于旋挖钻机的倒渣。

(6)终孔前确认持力层入岩深度是否满足设计

要求,达到设计深度时,及时进行清孔。

(7)本工程因上部存在回填土及淤泥质土,十分松软,旋挖钻机自重较大,容易下陷甚至倾斜,局部地段必须先进行换填处理,用建筑垃圾等回填进行加固,确保设备施工安全。

(8)为确保成桩质量,下入钢筋笼及灌注导管后再进行二次清孔,利用导管进行泥浆正循环方法清孔,孔底沉渣厚度满足技术规范要求。

3.2 冲击钻进工艺

本工程采用16台冲击钻机(见图2),护筒埋设完毕后,开始钻机吊装就位。要求钻机安装稳固、周正、水平、安全可靠,确保在施工中不发生倾斜、移动。保证钻塔滑轮槽缘、锤头中心和桩孔中心三者同一铅垂线上,并且锤头中心与桩孔中心偏差 ≤ 20 mm,确保钻孔的垂直度与桩位偏差满足设计与规范要求。



图2 冲击钻进成桩

钻机就位后,由质检人员、现场监理、测量人员对桩位及护筒标高、中心进行复测,确认达到设计与规范要求后,方可开始钻进。

护筒埋设深度2 m,采用优质粘土造浆护壁,捞渣筒结合正循环方式进行清孔,以提高排渣效率。泥浆控制措施如下:

(1)控制泥浆液面:由于存在砂层及淤泥质土,为防止或减少砂层垮塌及淤泥地层缩径,应控制孔内液面标高以保证足够的水头压力,维护孔壁的稳定。

(2)控制泥浆相对密度:泥浆密度过大钻机成孔阻力大,泥浆失水量大,泥浆相对密度一般控制在 $1.15 \sim 1.25 \text{ g/cm}^3$ 。提高泥浆密度对淤泥质地层控

制缩径具有一定抑制效果。

(3)控制泥浆粘度:由于砂层不稳定,应适当提高泥浆粘度,同时粘度不能过高,粘度过高,则会使泵压升高,排量显著减少,钻速下降,排粉困难。本工程因上部地层松散,且存在淤泥质土,砂层较厚,故泥浆粘度控制在 23~28 s 为宜。

冲击钻进过程中应控制进尺速度,不宜钻进太快,随着钻进及时进行泥浆循环,及时捞渣,成孔深度达到设计要求后立即进行清孔(参见图 3),下入钢筋笼及导管后须进行二次清孔,确保沉渣厚度 \leq 100 mm。



图 3 现场冲击钻进清孔

3.3 回转钻进工艺

回转钻机具有噪声小,自身质量轻,对本场地较适应。局部场地上部较松软,不适合旋挖钻机和冲击钻进工艺,故采用 4 台回转钻机(见图 4)。



图 4 回转钻机成桩

采用回转钻进泥浆护壁正循环成孔工艺,每天每台钻机可成桩一根。施工过程中,注意控制及维护泥浆性能,优化钻进技术参数,根据地层情况合理控制钻压、转速,控制钻进速度,成孔后进行一次、二

次清孔。

本工程运用以上 3 种钻进成孔工艺,相比较而言,旋挖钻机效率最高,每天可成桩 4~6 根桩,而回转钻机、冲击钻机每天可完成 1~2 根桩。但在边角及场地较松软部位更适宜回转和冲击钻机成孔作业。回转钻机共完成 106 根桩,其余大部分桩是由旋挖钻机和冲击钻完成的。

3.4 水下灌注混凝土成桩工艺

成孔验收合格后下钢筋笼,须进行二次清孔,孔底沉渣满足规范要求后立即进行水下混凝土灌注。

(1)导管试压合格,入孔后,应将密封圈放正、压实,确保密封性能良好;导管在桩孔内应保持居中,并记录导管单节长度、总长度和导管底部位置。

(2)本工程采用商品混凝土,每车混凝土运至现场首先称重,混凝土输送到孔口时,应检查其坍落度及和易性,确保水下灌注混凝土顺畅。

(3)混凝土初灌量满足要求,水下混凝土浇筑时为稀释、冲散桩底沉渣而要求足够数量的混凝土。

(4)在灌注过程中,要随时测量和记录孔内混凝土灌注标高和导管入孔长度,保持埋管深度在 2.0~6.0 m 为宜。

(5)水下灌注混凝土必须连续不断地进行,减少停待时间;各岗位人员应密切配合,严格控制提升拆卸导管的时间。

4 成桩质量检测结果

施工结束进行一定时间的养护,2017 年 6 月 20 日建设单位委托青岛金源盛工程检测有限公司陆续对 1314 根桩进行低应变,12 根桩进行单桩静载试验,均满足设计要求。其中 1302 根为 I 类桩,12 根为 II 类桩。又委托青岛理工大学工程质量检测鉴定中心所测的 635 根桩,测试曲线基本正常,桩身无严重缺陷。其中 I 类桩 604 根,II 类桩 31 根,均满足设计要求,无 III 类桩及 IV 类桩(详见表 1)。

5 结语

在成孔钻进过程中,因地层条件复杂各异,没有“全能钻机”,也没有“万能工法”,每种钻机都有其使用范围。根据实际情况,本工程运用了旋挖钻机、冲击钻成孔、回转钻进工艺进行钻孔灌注桩施工,取得了较为理想的技术效果。随着科技的发展,近几年设备研发水平不断提高,旋挖钻机“入岩施工难”的

表1 基桩检测结果汇总表

桩号	静载荷试验结果/kN	低应变检测	报告日期	抽样基数
22	2100			
159	2100			
240	2100			
312	1900			1314 根
600	2100			(青岛金源盛);
726	2100	共 1949 根,合格	2017.07.21	635 根
758	1900			(青岛理工大学)
1058	2100			
1207	2100			
1259	2100			
1347-1	1900			
1442	1900			
检测结论	单桩静载试验 12 根桩均满足设计要求;低应变所测 1949 根桩中 43 根为 II 类桩,1906 根为 I 类桩,桩身完整性满足设计要求			

问题已得到有效解决,入岩钻进靠冲击钻的局面发生了根本改变。回转钻机、冲击钻应用数量有所减少。目前,在高铁、高速公路建设等大部分深基础施工项目中优先选用旋挖钻机,大大提高了施工效率。

本工程通过严格项目管理和工序质量控制,保

质保量按期完成了施工任务,也取得了较好的经济效益和社会效益,为今后类似桩基础施工项目积累了实践经验。

参考文献:

- [1] GB 5007—2011,建筑地基基础设计规范[S].
- [2] GB 51004—2015,建筑地基基础工程施工规范[S].
- [3] 周红军,蒋国盛,张金昌.国产旋挖钻机市场现状分析及发展建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8):6—9.
- [4] 李亮.旋挖钻机在平邑石膏矿塌事故大直径救生孔钻进中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(5):17—21.
- [5] 李亮.关于桩与深基础施工技术发展创新的思考[J].地质装备,2015,16(6):33—37.
- [6] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].
- [7] GB 50202—2002,建筑地基基础工程施工质量验收规范[S].
- [8] 李亮,王天放,曲守全.旋挖成孔工艺在黔东某电厂桩基工程中的实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(9):30—33.
- [9] 北京土木建筑学会.地基与基础工程施工技术措施[M].北京:经济科学出版社,2005.
- [10] GB 51004—2015,建筑地基基础工程施工规范[S].
- [11] JGJ 106—2014,建筑基桩检测技术规范[S].

(上接第 93 页)

特殊环境下的钻探工程,或是地温能和地热能等非正规清洁能源、地质灾害、生态环境等新兴能源或行业钻探工作。钻探工程在从事新领域工作时首先应将专业用语进行规范和统一以方便各项技术工作的融合、沟通交流和资料的收集与验收,只有规范专业术语才能更好地将岩心钻探技术服务于非常规油气地质调查钻探工程的全过程,因此规范专业术语对扩展钻探工程服务领域扩大钻探工程市场必将起到重要作用。

参考文献:

- [1] 王达,李艺,周红军,等.我国地质钻探现状和发展前景分析

- [1] 王达,李艺,周红军,等.我国地质钻探现状和发展前景分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(4):1—9.
- [2] 王达,何远信.地质钻探手册[M].湖南长沙:中南大学出版社,2014.
- [3] SY/T 5313—93 钻井工程术语[S].
- [4] GB/T 9151—1988,钻探工程名词术语[S].
- [5] DZ/T 0227—2010,地质岩心钻探规程[S].
- [6] 赵金洲,张桂林.钻井工程技术手册[M].北京:中国石化出版社,2010.
- [7] 龙翔,陈晨,彭炜,等.油页岩试样在循环冻融条件下破裂实验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(3):19—22.
- [8] 冉焱,冉书明,王福杰.内蒙古中部油页岩资源特征及发展前景——以乌拉特后旗为例[J].中国国土资源经济,2012,25(8):31—32,46,55.
- [9] 陈晨,张祖培,王森.吉林油页岩开采的新模式[J].中国矿业,2007,(5):55—57.
- [10] 王慎余,许家朋,王振海.我国油页岩资源开发利用状况及发展对策[J].中国地质经济,1992,(5):18—21.