

中铁青岛世界博览城项目岩土工程勘察钻探实践

李先经^{1,2}

(1.青岛地质工程勘察院, 山东 青岛 266100; 2.青岛地质勘查开发局, 山东 青岛 266071)

摘要:结合中铁世界博览城会展及配套项目岩土工程详细勘察钻孔实践,针对地层复杂,钻孔过程中发生的泥浆严重漏失、卡钻、埋钻等现象,采取了优质泥浆护壁、注浆、下套管、优化钻进参数等行之有效的技术措施,提高了施工效率,降低了成本,取得了非常明显的技术效果。

关键词:岩土工程勘察;钻探;岩体破碎;漏浆;坍塌埋钻

中图分类号:P634;TU412 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)05-0067-04

Drilling Practice of Geotechnical Engineering Investigation for World Expo City in Qingdao/LI Xian-jing^{1,2} (1.Qingdao Geo-engineering Investigation Institute, Qingdao Shandong 266100, China; 2.Qingdao Bureau of Geological Exploration and Development, Qingdao Shandong 266071, China)

Abstract: Combining with the drilling practice of the detailed investigation for geotechnical engineering of China Railway world expo city and the matching projects, in view of the complicated formations, serious mud leakage, drill pipe sticking and burying in the drilling process, some effective measures, such as wall protection with high quality mud, grouting, casing putting and drilling parameters optimization, are taken to improve the construction efficiency and reduce cost, and obvious technical results have been achieved.

Key words: geotechnical engineering investigation; drilling; rock mass breakage; mud leakage; drill buried by collapse

1 工程概况

青岛世界博览城,以 3000 亩超级体量,建设会议、展览为核心,涵盖文化、旅游、休闲、娱乐、商务居住等多功能的国际滨海博览城。受青岛世博城国际会议展览有限公司委托,我院承担了中铁青岛世界博览城项目岩土勘察工作,位于青岛胶南灵山湾沿海地段,明富大道以南,三沙路以东,滨海大道西北区域。拟建建筑物包括 1 幢 5~11 层酒店、1 幢 4~7 层宴会厅、1 幢 4 层共享大厅、1 幢 1 层精品馆、1 幢 9 层停车楼和 1 幢 1~2 层地下车库,酒店结构类型拟采用框剪结构,宴会厅、停车楼及地下车库结构形式拟采用框架结构,共享大厅为钢框架结构,精品馆为钢结构,基础形式均采用桩基础。

2 工程地质情况

拟建场区地貌单元为青草河侵蚀堆积一级阶地。场地地势起伏较小,孔口地面标高 4.26~7.22 m,最大高差 2.96 m。

2.1 岩土层及其工程特性

拟建场地地层结构较简单,层序较清晰,上覆第四系由全新统人工填土层和全新统洪冲积层组成,下伏基岩为燕山晚期石英二长岩,石英二长岩体中煌斑岩和花岗斑岩岩脉穿插分布。

根据地层岩土性质、成因、时代及工程特性不同,自上而下可划分如下:

第①层:素填土。黄褐色,稍湿,松散,主要以粘性土、风化砂为主,含较多植物根系,偶见塑料薄膜,局部含较多碎石块、水泥块。该场地原为种植用地,后因施工需要经过回填整平等人工改造形成现状,回填时间<6 个月。该层在场地范围内分布广泛,厚度 0.30~2.60 m。

第⑤层:粉、细砂。黄褐色、灰褐—灰黑色,饱和,稍密—中密,矿物成分以石英、长石为主,级配较差,分选性一般,磨圆度中等,粘性土含量 5%~20%,局部相变为粉土,无腥臭味,未见贝壳碎片,因顶部与原耕土层接触,含较多腐殖质。该层广泛分布于整个场区,揭露厚度 0.80~4.60 m,平均厚度 2.52 m。

收稿日期:2018-01-24; 修回日期:2018-04-12

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。

第⑦层:粉质粘土。黄褐色、灰绿色,可塑—硬塑,无摇振反应,稍有光泽,切面稍光滑,干强度与韧性中等,见铁锰氧化物及结核,见高岭土条带,含粗砂约10%~25%,局部含砂量较高,夹有粗砂薄层。

第⑦₁层:中砂。呈透镜体状分布于第⑦层粉质粘土中,仅于19、50、116、117、142、149、150号钻孔揭露并揭穿。揭露厚度1.20~3.10 m,平均厚度1.73 m。黄褐色,饱和,中密,矿物成分以长石、石英为主,磨圆度一般,粒径较均匀,颗粒级配较差,粘性土含量约15%,局部含粉质粘土夹层,偶见碎石。

第⑨层:粗、砾砂。褐黄色,饱和,中密,矿物成分以长石、石英为主,磨圆差,颗粒级配中等,含约15%~25%粘性土,局部粘性土含量高,呈粘性土胶结状,局部夹有粉质粘土薄层或角砾。

第⑮层:全风化石英二长岩。灰白色,风化极强烈,结构构造已全部破坏,已基本风化为砂土,干钻可进,岩心呈散体状,遇水易软化,节理、裂隙极发育,主要矿物成分为石英、长石、黑云母。

第⑯层:强风化石英二长岩。灰白色,风化强烈,裂隙发育,结构、构造大部分破坏,岩体成散体状—碎块状,岩心呈土柱状—砂砾状—碎块状,局部呈碎石状,节理、裂隙密集发育,矿物蚀变强烈,遇水易软化,干钻可进,但进尺较慢,主要矿物成分为长石、石英、黑云母。

第⑰层:中风化石英二长岩。灰白色,粗粒结构、块状构造,节理较发育,合金钻具难以钻进,金刚石钻具方可钻进,岩心呈短柱状—长柱状,锤击声较脆,主要矿物成分为石英、长石、黑云母。

第⑮₁层:全风化煌斑岩。灰黄色,黄褐色,风化剧烈,结构、构造已全部破坏,已基本风化成土状,干强度低。节理、裂隙极发育,裂隙面见铁质浸染。矿物成分以角闪石、黑云母、橄榄石为主。

第⑯₁层:强风化煌斑岩。灰黄色,黄褐色,风化强烈,结构、构造已大部分破坏,岩心呈砂土状—碎块状,干强度低,手捏易碎。节理、裂隙发育,裂隙面见铁质浸染,矿物成分以角闪石、黑云母、橄榄石为主。岩石属极软岩,岩体极破碎,岩体基本质量等级V级。

第⑰₁层:中风化煌斑岩。墨绿—灰绿色、斑状结构,块状构造,节理、裂隙发育,节理面见铁质浸染,岩心呈块状,锤击易碎,矿物成分以角闪石、黑云母、橄榄石为主。

第⑰₂层:中风化花岗斑岩。肉红色,矿物成分以石英、长石为主,节理裂隙较发育,结构面见有少量氧化物渲染。现场勘探进尺缓慢,岩心锤击难碎。

2.2 地下水情况

拟建场地地下水主要以第四系孔隙潜水及承压水为主。

2.3 地质构造

拟建场区位于华北板块、秦岭—大别—苏鲁造山带交汇处,胶南—威海隆起区,胶南隆起与胶莱盆地东部交界处。在板块碰撞后期地质作用的影响下,区域地质体沿北东向断裂左平移,使区内构造形迹的主体格架多呈北东向展布,形成NE向为主的压扭性断裂构造。其后,酸性—中基性岩浆沿岩基内薄弱面入侵,形成煌斑岩、细晶岩和辉绿岩等浅成相岩脉,与花岗岩岩基组成复合岩体,形成充填型构造。

3 钻探遇到的主要问题及原因分析

3.1 钻探设备及器具

采用XY-150型工程钻机26台,DPP-100型汽车钻2部,及工程物探设备3套,LMC-D310双桥静探仪1套,钻孔深度一般15~55 m不等,开孔口径130 mm,第四系地层孔径一般不小于91 mm,基岩金刚石钻进孔径76 mm。

3.2 钻探遇到的主要问题

场区内存在较厚的砂层,地层岩脉裂隙极其发育,局部地层强风化岩层厚钻孔深度达50 m左右,而岩脉发育地段,2 m以下则钻遇坚硬致密的岩石,可钻性极差,采用金刚石钻头或复合片钻头钻探进尺十分缓慢,穿过岩脉又遇到松软的强风化岩层,场区内地层十分复杂,相邻钻孔地层变化较大,因此在钻探过程中部分钻孔钻探泥浆漏失非常严重,泥浆迅速漏失,而部分钻孔则发生了埋钻、卡钻等问题,钻探进尺效率很低。

3.2.1 漏浆问题及原因分析

196、493、496、585号等勘探孔发生漏浆现象。原因分析:上部地层素填土较松散,砂层较厚,下部基岩岩脉裂隙极其发育、岩体极其破碎,是泥浆漏失的主要原因。

3.2.2 卡钻问题及原因

229、475、643号等勘探孔,先后发生卡钻事故。原因分析:因场区内岩脉十分发育,局部岩层极破

碎, 岩块坚硬致密, 钻进过程中时有掉块现象发生, 极易造成卡钻事故, 且钻头寿命缩短, 钻进效率低, 成本高。

3.2.3 坍塌、埋钻问题及原因分析

97号钻孔, 孔深30 m, 196号钻孔, 孔深36.7 m, 均发生埋钻事故。原因分析: 首先在场区内广泛分布素填土及粉细砂层(厚达4.6 m), 中、粗、砾砂层(厚达3.1 m), 岩层裂隙较发育、破碎等地层原因, 其次因泥浆性能指标又不符合护壁要求, 泥浆流失严重, 岩粉不能及时排除而造成埋钻事故。

地层复杂情况, 现场取出的岩心如图1所示。

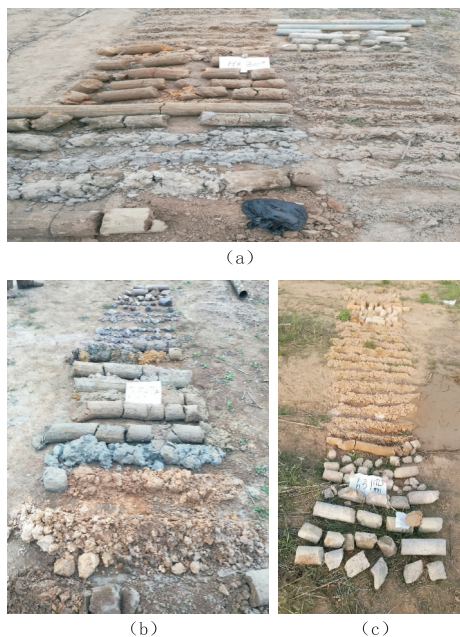


图1 施工现场取出的岩心

4 采取的主要技术措施

4.1 漏浆的处理

(1) 为避免漏浆及埋钻事故, 在正常钻进过程中, 首先必须密切注意泥浆指标和控制钻进速度, 及时测定泥浆性能指标。泥浆相对密度 $1.15 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$; 粘度 $19 \sim 22 \text{ s}$; 胶体率 $>96\%$; 静切力 1 min : $20 \sim 28 \text{ mg/cm}^2$; 10 min : $50 \sim 70 \text{ mg/cm}^2$ (用静切力计检验); 泥浆含砂率 $<4\%$ 。

在砂层钻进不宜进尺太快, 勤捞钻渣, 补充优质泥浆, 提高泥浆悬浮携砂能力, 加长泥浆循环路径, 增设泥浆沉淀池。停钻后, 泥浆需循环一段时间再将钻具提起。严格要求钻具的密封性能, 保证冲洗液全部送到孔底。

(2) 对于漏浆特别严重、岩层破碎的钻孔, 采用向孔内注纯水泥浆(水灰比0.5, 密度 1.8 g/cm^3)待水泥凝固后加固孔壁, 再采用轻压慢转钻进。

(3) 针对地层破碎坍塌较严重的地层, 用优质粘土掺杂麦草搓成粘土球, 投掷入钻孔内, 然后进行扫孔, 使泥皮糊在孔壁上, 起到一定的护壁效果。

4.2 坍塌、埋钻事故的处理

(1) 采用优质泥浆护壁, 及时测量泥浆性能指标, 泥浆密度 1.20 g/cm^3 ; 粘度 22 s ; 失水量 $<30 \text{ mL}/30 \text{ min}$ (用失水量仪检验), 泥浆循环过程中在钻孔孔壁形成一层致密的泥皮稳定孔壁, 可有效地抑制孔壁的坍塌掉块, 而且能及时把孔内的岩粉携带出孔外, 保持孔内干净。

(2) 采用注浆法处理, 孔壁坍塌严重的则向孔内注入纯水泥浆(水灰比0.5), 水泥固结加固孔壁取得了较好的护壁效果。

(3) 变形坍塌掉块极严重的钻孔采用跟管钻进法, 加长技术套管至稳定地层。

(4) 优化钻进参数, 可适当增加钻压, 提高钻进速度, 及时捞渣。

4.3 卡钻的处理

发生卡钻后, 泥浆循环正常的情况下继续冲孔, 若发现坍塌应立即停止提钻, 切勿强拉硬拔。钻进过程因泥浆性能不好悬浮能力差造成岩屑、砾石下沉, 操作不当则造成卡钻。预防措施如下。

(1) 操作人员必须时刻注意泵压变化及泥浆循环情况, 控制钻进速度。

(2) 由于地层破碎有掉块现象发生卡钻, 在钻进中会突然发生憋泵, 上提遇阻、泵压上升, 应适度增大泥浆密度, 提钻时灌好钻井液(泥浆), 保证孔内液柱高度, 避免孔壁坍塌。

(3) 金刚石钻进破碎地层进尺缓慢时, 可改用复合片钻头, 适当优化钻进参数, 可防止卡钻现象发生。

(4) 对孔壁坍塌、掉块严重地段, 结合水泥浆固井, 下套管, 投粘土球等方法进行处理。

5 钻探成果

该项目合同工期紧, 由于工程量较大, 且地层岩脉、裂隙发育, 地层情况比较复杂, 勘察钻探难度较大。合同签订后, 我单位即组织DPP-100型车载钻机(共计15台)投入勘察钻探施工, 因施工正值高考

期间,晚上 22:00 至早 6:00 不能施工,只能白天施工,而且施工中又频繁出现漏浆、塌孔、埋钻等问题,前期施工进度十分缓慢,钻探效率很低,30 m 的钻孔遇到复杂地层一天难以完成,每天累计完成钻探工作量不足 600 m,单机效率仅达 20 m/台天。为确保工期,后来现场又增加 18 台钻机同时施工,针对地层复杂钻孔过程中发生的问题,采取了上述行之有效的处理措施,取得了非常明显的技术效果,单机效率高达 90 m/台天,一台钻机一天可完成 2~3 个钻孔,外业工作时间累计用时 56 d,圆满按合同工期要求完成了勘察钻探任务,实际完成勘探孔 800 多个,钻探进尺 27741 m,得到了业主的高度好评。

6 结语

(1)针对青岛世界博览城项目详细勘察钻探过程中出现的漏浆、埋钻、卡钻等异常现象,结合钻探现场实际,分析原因并采取了相应的处理措施,提高了钻探效率,降低了成本,减少了孔内事故发生,从而提高了岩土勘察质量,保证了工期,取得了较好经济和社会效益。

(上接第 66 页)

3 结论

(1)后注浆摩擦型灌注桩应用于武汉市典型的二元结构地层技术可行,避免桩身穿越深厚粉砂层,成桩工效高、桩身质量有保证,经济合理性好。

(2)本地场地的地勘参数准确度高,直径 800 mm、桩长 30 m 的试桩单桩承载力发挥稳定,综合提高系数大,综合性价比优,推选直径 800 mm、桩长 30 m 的后注浆灌注桩为工程桩参数。

(3)经荷载-变形分析,摩擦型灌注桩经后注浆处理后单桩承载力发挥仍以侧阻力为主,但经后注浆处理后,解决了施工工艺带来的沉渣、泥皮等不利影响,单桩抗压承载变形由陡降形变为缓变形,沉降控制好,工程意义重大,实施的必要性充分。

(4)规范中的后注浆灌注桩单桩抗压极限承载力计算公式是经验公式,后注浆侧阻力增强系数 β_{si} 和端阻力增强系数 β_p 未按地区分类且取值区间大,取值依据相关项主要为成孔工艺和土层名称,经验参数匹配度相对低,桩基后注浆技术规范推广已达 10 年,该技术仍为建筑业 10 项新技术(2017 版)之

(2)野外钻探过程遇到复杂地层发生异常现象,可结合物探方法综合判定地层条件,进一步提高勘察成果的准确性,为基坑开挖支护设计和岩土利用、整治和改造方案分析与建议提供准确的岩土参数。

(3)本文总结的复杂地层岩土工程勘察钻探问题处理方法,对于在同类地层中勘探作业具有借鉴和参考作用。

参考文献:

- [1] 杜金云.泥晶灰岩地层孔壁坍塌掉块现象及处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(8):51-52.
- [2] 常士骧,张苏民.工程地质手册(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [3] 李先经.滨海潮间带海上钻进冲孔与护壁技术措施[M].探矿工程,2001,(2):21-22.
- [4] JGJ 83—2011,软土地区岩土工程勘察规程[S].
- [5] GB 50007—2011,建筑地基基础设计规范[S].
- [6] 李先经,刘心起.滨海潮间带复杂地层条件下冲击成孔灌注桩塌孔事故的预防及处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(8):35-35,50.
- [7] 崔文泰,等.中铁青岛世界博览城项目岩土勘察报告[R].青岛地矿岩土工程有限公司,2017.
- [8] JGJ/T 87—2012,建筑工程地质勘探与取样技术规程[S].
- [9] GB 51004—2015,建筑地基基础工程施工规范[S].

—^[10],倡议业界共享试桩成果及工程桩的静载验收成果,大数据背景下进一步开展区域性统计分析具有重要意义。

参考文献:

- [1] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].
- [2] 刘金砺,等.建筑桩基技术规范应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [3] 张忠苗.灌注桩后注浆技术及工程应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [4] 杜峰,王爱勋.武汉国际会展中心后压浆钻孔灌注桩施工[J].施工技术,2003,32(1):16-18.
- [5] 靳皓宇.钻孔灌注桩后压浆技术在武汉地区的应用[D].浙江舟山:浙江海洋大学,2017.
- [6] 陈飞.钻孔灌注桩后压浆技术的研究和应用[D].上海:同济大学,2007.
- [7] 陈飞,段新胜,方青春,等.钻孔灌注桩桩侧桩端后压浆技术在武汉瑞通广场的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(1):29-31.
- [8] 吴文,刘跃峰,姜清华.武汉市桩基工程若干特征及试验研究[J].土工基础,2005,19(3):38-42.
- [9] 周伟,李惠强.钻孔灌注桩后压浆技术应用试验研究[J].华中科技大学学报,2001,29(7):115-117.
- [10] 王曙光,高文生,李耀良,等.《建筑业 10 项新技术(2017 版)》地基基础和地下空间工程技术综述[J].建筑技术,2018,49(3).