

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.02.047

接杆式水泥搅拌桩在软基处理工程中的应用

杨普锋

(中国水利水电第六工程局有限公司, 辽宁 沈阳 110179)

摘 要: 南湾大道改造工程新建的拓宽道路路基下部分布有较厚的淤泥、淤泥质土等软土地层,设计采用了深孔大直径水泥土搅拌桩进行了加固处理。由于常规单轴搅拌桩机尺寸高大,无法满足既有高压线的限高、防倾覆安全施工要求,因此采用实施了接杆式水泥搅拌桩方案。通过改装常规搅拌桩机、分次接拆钻杆和接拆杆处设置搭接补强段等措施,使得接杆桩成桩质量得到了有效保证。其成功的应用实践证明,在有限高、防倾覆等安全施工要求的区域,接杆桩不失为一种最佳的方案选择。

关键词: 道路工程;软基处理;接杆式水泥搅拌桩;分次接拆杆;搭接补强

中图分类号: U415 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2022)02-0163-05

1 施工概况

珠海南湾大道(横琴大桥至红东互通段)改造工程为旧路改造提升工程,由原有旧路拓宽为双向八车道,地面道路采用城市主干道、设计速度 60 km/h,地面辅道采用城市支路、设计速度 30 km/h,采用沥青混凝土路面。由于拓宽路基范围分布有淤泥质等软弱地层,需要进行软基处理。同时,在保中渠至保西渠段道路南侧存有一趟与道路平行布置的 22 万 V 高压线,高压线外缘电线距路基加固范围边线的最小水平距离仅 3.7 m,离地面高度 11.7~23.4 m 不等,常规水泥搅拌桩施工安全风险大。为此,针对高压线的限高和防倾覆等安全要求,对影响范围内的路基软基处理设计采用了 Φ800 的单轴接杆式水泥搅拌桩,正方形布置,桩距 1.6~2.0 m,桩长分 20 m、25 m 两种,大部分以桩底嵌入粉质黏土(持力层)不小于 1.0 m 深为标准控制桩底标高,采用四喷四搅的湿法成桩工艺,根据试桩确定的水泥掺量为 20%,质量符合《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2018)要求,且符合表 1 规定。

2 接杆桩成桩工艺原理

单轴接杆式水泥土搅拌桩机是通过常规的泥土搅拌桩机进行改装,采用喷浆搅拌下钻或喷浆搅拌提升过程中分次接拆杆方式来实现缩减机架高度,以提高机身整体稳定性,并满足限高、防倾覆等

表 1 抽芯取样合格标准

检测项目	龄期	检测值	备注
芯样无侧限抗压强度 /MPa	60 d	0.6	桩数的 0.5%,且不少于 6 根;每根桩,每个监测点一组三个试件;若极差不大于 30%,取平均值;若极差大于 30%,去除最大值,取两试样平均值
	90 d	0.8	
	120 d	1.0	
单桩承载力 /kN	28 d 后	200	桩长不大于 10 m,桩数的 0.5%,且不小于 3 点
		250	桩长大于 10 m,桩数的 0.5%,且不小于 3 点
复合地基承载力 /kPa	28 d 后	110	桩数的 0.5%,且不小于 3 点

安全施工要求。同时,结合分次停机接拆杆的工艺特点,采用接杆后不喷浆搅拌提升 0.5 m 高度后正常喷浆搅拌钻进或拆杆后不喷浆搅拌钻进 0.5 m 深度后正常喷浆搅拌提升的方式对接拆杆停机处进行 0.5 m 长度范围的搭接补强,以防止在停机接拆杆处因上下结合不良而产生断桩等情况,从而提高桩体完整性和成桩质量。接杆提升 0.5 m 后至下次接杆或拆杆钻进 0.5 m 后至下次拆杆期间则按照正常的水泥土搅拌桩工艺进行喷浆搅拌钻进或喷浆搅拌提升,直至完成该桩施工。采用湿法成桩工艺,由制浆系统提前配置浆液,在搅拌钻进或提升过程中通过注浆泵注浆的形式将水泥浆喷入土体,并通过搅拌使水泥浆与土体相互均匀混合,从而形成有效的连续圆柱状桩体。

3 接杆桩成桩工艺流程

与常规工艺相比,接杆桩工艺主要增加了分次接拆杆和接拆杆后不喷浆提升 0.5 m 或钻进 0.5 m (搭接补强所需)等工序操作,具体工序流程详见图 1(以四搅四喷工艺为例)。

收稿日期: 2021-04-27
作者简介: 杨普锋(1982—),男,本科,高级工程师,从事水利水电工程及市政工程施工管理工作。

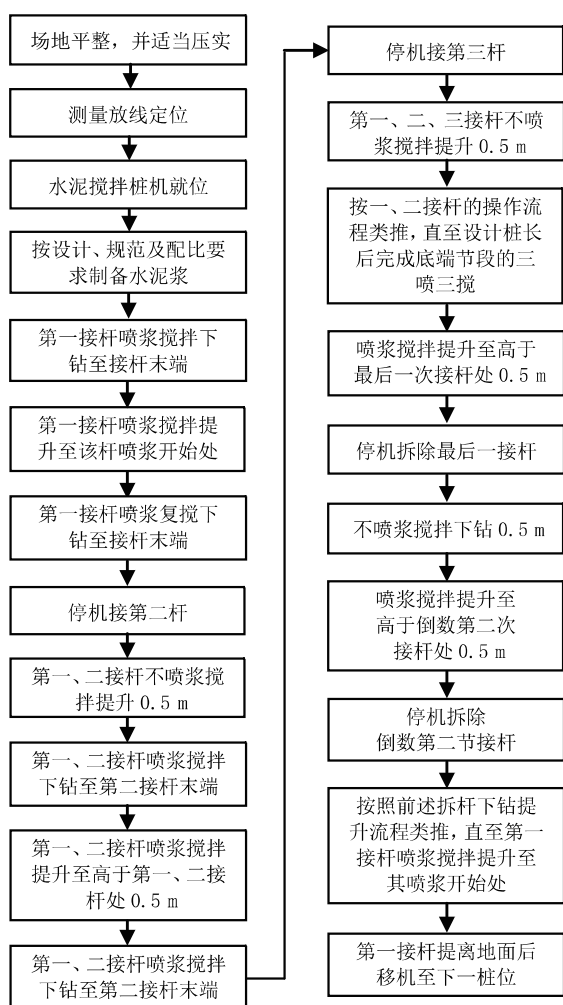


图1 单轴接杆式水泥土搅拌桩施工工序流程框图

4 接杆桩成桩施工方法

4.1 水泥土搅拌桩机改装

在满足限高、防倾覆要求的前提下,尽可能保持较高的机架高度,以减少接杆次数。同时,根据确定的机架高度合理控制钻杆标准节长度,要求加工的钻杆标准节长度小于机架有效提升高度不少于1 m,并可根据需要搭配少量小于标准节长度的短钻杆。为方便接拆钻杆,在机架顶部设置带滑轮的悬臂起吊杆,下部设置与机身底盘连接固定的钻杆临时放置支架,通过配套卷扬机牵引钢丝绳提吊钻杆,并进行接拆钻杆操作。

4.2 施工准备

(1)熟悉图纸、设计技术要求和规范标准,完成图纸会审,了解施工区工程地质情况、水泥土搅拌桩布置和相关设计参数,完成试验室室内配比试验、试桩方案的编制报批和现场试桩施工,并根据试桩成果编制报批正式的施工方案。

(2)完成人、材、机等施工资源准备。人员数量满

足施工强度所需,需要持证的按要求持证上岗。材料规格品种符合设计要求,选择的供货厂家应报监理批准,提前进场的材料应随机抽样复检合格后使用。机械设备数量、规格型号、性能应满足成品施工所需,单机配置的钻杆规格和数量应满足成桩长度,钻杆底部搅拌叶片直径应不小于设计桩径;配套压力表、流量计和搅拌机称量装置等计量装置,应经有相应资质的计量检测机构检测合格,并出具检测报告。

(3)组织负责本项目施工的管理和作业人员进行施工技术交底和施工安全技术交底,重点详细讲解施工工艺措施、操作要点和控制参数,以及施工安全相关知识要点。

(4)完成场地平整压实和地面标高复测,为施工提供平整、相对硬实的场地。同时,完成水通、电通、道路通、制浆系统(包括泥浆池、灰罐、雨篷等)建设、输浆管路铺设及排污设施修建等工作,为正常施工提供前提保障。

(5)根据试桩成果、报批施工方案、平整后复测的场地标高、设计桩顶和桩底标高等资料信息,提前核算拟施工区各桩由地面下钻的深度、空桩和实桩长度、喷浆流量等实际控制值,并制作施工参数表下发现场管理和作业人员执行。该参数表应包含使用材料规格品种、水灰比、浆液拌制投料顺序、拌制时间、泥浆比重、按试桩成果确定的水泥掺量、每延米桩长水泥掺量及浆液用量、喷搅次数、下钻或提升速度、每次下钻或提升时的喷浆流量、喷浆压力、钻杆转速、各桩桩位坐标、桩径、设计桩顶及桩底标高、地面标高、喷浆及空桩长度(两者之和即地面下钻的深度)等。

(6)调试机械设备。进行试钻,采用注水搅拌下钻一定深度,以调试注浆泵、输浆管路、计量装置及桩机等工作是否正常。同时进行浆液试拌,以检验搅拌机工况,并通过检测泥浆比重的方式来验证浆液水灰比是否符合设计与规范要求。

4.3 水泥土搅拌桩成桩施工

(1)施工前,由测量人员根据图纸和规范要求测放本次作业区域各桩桩位,并进行桩位中心标识。同时,会同监理对测放的桩位、地面标高、下钻深度进行确认。

(2)按照测放的桩位进行水泥土搅拌桩机的移机定位,调整机架使钻杆保持垂直,并对中桩位(钻杆中心与桩位中心一致),同时调平机身底盘。要求:对中误差不大于20 mm,孔位偏差不大于50 mm,垂直

度偏差不大于 1/150。

(3)按照 0.6 的水灰比(已经试验室室内配比试验验证合格)进行浆液配置,配制的灰浆应搅拌均匀、流动性好、不离析,便于泵送、喷搅,加滤网过筛,现制现用。按照先加水、后加水泥和添加剂(应根据设计要求添加)的顺序投料,加水后应在搅拌过程中加入水泥和添加剂,各料全部投料完毕后的纯搅拌时间不小于 2 min,拌制好的浆液放入泥浆池存储备用。新拌制的浆液宜在 3 h 内使用完,泥浆池内的浆液应配置搅拌棒连续搅拌,防止沉淀。

(4)为便于首次搅拌下钻,可适当提高首次喷浆搅拌钻进时的喷浆流量,但应保持四喷四搅(按设计图纸确定喷浆次数)的总喷浆量不变,以控制单桩成本不超标。

(5)搅拌下钻至高于设计桩顶标高 0.5 m 时开启注浆泵,并通过耐压输浆软管路进行供浆。待浆液出钻头处喷浆口后,喷浆搅拌下钻。以不大于 1 m/min 的速度匀速钻进和不大于 0.8 m/min 的速度匀速提升的方式完成单节接杆喷浆长度范围的三喷三搅操作。之后进行接杆和搭接段补强处理,并随之按照工序流程完成后续接杆的三喷三搅操作,直至钻杆喷浆搅拌下钻至桩底标高。其中,最后一次接杆后的第一次喷浆搅拌钻进至设计桩底标高后,应在桩底处持续喷浆搅拌 30 s 后再实施第二次喷浆搅拌提升。

(6)最后一次接杆后的第三次喷浆搅拌钻进至设计桩底标高后,仍在桩底处持续喷浆搅拌 30s 后再实施第四次喷浆搅拌提升操作。提升时按照不大于 0.8 m/min 的速度匀速搅拌提升,并在提升过程中按照工序流程依次进行拆杆及搭接段的补强处理,直至喷浆搅拌提升至第一接杆喷浆开始处,并停止喷浆,从而完成全桩长范围的四喷四搅操作。

(7)完成全桩长范围的四喷四搅后,将最后一节接杆提离地面,随之停机,并拆卸输浆管路等,同时将钻杆及输浆管路等冲洗干净备用。在完成下一桩位处及转移路线的场地平整压实后,将桩机移位至下一桩位施工。

(8)接拆杆操作。利用机架设置的起吊装置辅助进行钻杆吊送,人工配合进行对接操作。接杆时,先将钻杆顶端与机架顶部吊头(其与输浆管相连)连接,利用吊头缓慢提升钻杆至垂直状态后与下部接杆对齐连接,经对接后将双根螺栓插入接口处栓孔内并拧紧,以临时连接固定上下节钻杆。拆杆时,先松开拔出接口处的螺栓,利用吊头提升脱开待拆接

杆,使上下接杆脱开后换用机架顶部悬臂起吊装置辅助将接杆缓慢吊送安放至前方钻杆临时放置支架上,最后将机架的吊头连接于下部接杆顶端,并继续实施喷浆搅拌提升操作。

(9)接拆杆后的搭接补强段施工。接杆后,不喷浆并按照不大于 0.8 m/min 的速度匀速搅拌提升至高于接拆杆停机面 0.5 m 处,然后再按照不大于 1 m/min 的速度匀速喷浆搅拌钻进至下次接杆停机处。拆杆后,不喷浆并按照不大于 1 m/min 的速度匀速搅拌钻进至低于本次拆杆停机面 0.5 m 处,然后再按照不大于 0.8 m/min 的速度匀速喷浆搅拌提升至下次拆杆停机处。

(10)喷浆搅拌提升过程中,要求每次拆杆后及时对拆卸下的钻杆进行冲洗,重点将接口处、螺栓栓孔及钻杆杆内输浆管等冲洗干净,避免时间过长,浆液凝固而造成钻杆黏浆堵塞、影响下次喷浆搅拌钻进过程中进行的接杆及输浆操作,从而最终保证成桩施工的连续性。

4.4 特殊情况处理

(1)如因故停浆或桩机故障停机时,应及时排除故障,修复后如水泥土未初凝(已喷浆搅拌段尚能搅动),可继续实施剩余未完的喷浆搅拌操作,但在停机点应设置不少于 1.0 m 长的搭接补强段(搭接段位置:钻进时出现故障的在停机点上方 1 m 长度,提升时出现故障的在停机点下方 1 m 长度)。若故障停顿超过 3h,宜先拆卸输浆管路并妥加清洗,待恢复供浆后且水泥土未初凝前(已喷浆搅拌段尚能搅动)实施剩余未完成的喷浆搅拌操作。

(2)采取重新喷浆复搅补救施工的暂停时间宜控制在 6 h 内,且停歇面应有不小于 1.0 m 的搭接长度。如单桩成桩施工中途暂停时间超过 6 h,应会同监理对桩体水泥土的初凝情况进行现场确认,不具备喷浆复搅的,则应按废桩处理,并由设计出处理方案后,按照设计补强方案进行施工。

(3)应提前做好施工区地下信息的勘探,掌握地下管线、建筑物等地下设施布置情况及地质信息,以便提前迁改清障或由设计调整桩位布置。如在钻进过程中遇有障碍物无法钻进,应根据障碍物深度确定处理方式:未超过 6 m 时,可采用普通反铲或长臂反铲进行翻挖挖除(遇有尚在运行的地下设施,应尽量实施迁改;无法迁改的,则由设计出处理方案),并逐层回填后按原桩位正常施工;超过 6 m 时,应详细探查该孔周边区域地下障碍物情况,采用提前试

钻的方式探查障碍物分布范围,并将相关信息上报监理、设计及业主,由设计出后续处理方案。

5 质量控制措施

(1)材料及机械设备进场时,应及时报监理进行验收。需送样检测的材料,应会同监理共同见证取样,所有材料及机械设备经监理验收合格后方可使用。制浆机称量装置、压力表、“水泥浆流量自动记录仪”在使用前应经具有相应资质的检测单位检测合格,并将检测报告报监理确认。

(2)水泥储存时间超过3个月,应重新取样检验,并按检验结果使用,严禁使用过期、受潮、结块、变性的劣质水泥。搅拌用水应按同一水源每年检测一次或更换水源时重新检验的要求安排送样检测,合格后方可使用。

(3)实行施工技术交底制度。对涉及该项目施工的管理人员及现场班组实行全员技术交底,详细介绍施工工艺参数、工艺操作流程、验收程序、质控重点环节、质量控制标准等主要质量控制要求,确保水泥土搅拌桩按图施工、成桩质量符合设计及规范要求。

(4)施工前,应在勘察阶段尽可能做好地下障碍物排查,并可根据需要在施工阶段安排进行试钻,以进一步探查布桩范围的地下障碍物情况,从而提前知晓并进行翻挖清障或改迁;无法翻挖处理时,提前报请设计调整布桩方案。

(5)制浆系统场地、桩机操作平台均应搭设雨篷等防雨设施,并做好场地周边截排水设施,避免施工期间制浆系统淋雨而影响泥浆比重或出现停机待雨而影响成桩质量。

(6)配制的浆液应搅拌均匀、流动性好、不离析、便于泵送、喷搅。拌制好的浆液放入泥浆池后,应使用配置的搅拌棒持续搅拌,以防止沉淀。保证每根桩所需的浆液一次单独拌制完成,使用前过筛并在3 h内用完^[1]。安排质检员每2 h检测一次浆液比重,以保证配比的准确性和稳定性。

(7)输浆管路采用耐压软管,且输浆管路长度不得超过80 m,并做好防堵塞措施。保持干净,严防水泥浆凝结,每日完工后应彻底清洗一次。成桩施工期间因故暂停3 h以上,应先拆卸管路、排除灰浆,然后妥善清洗。

(8)每根桩开钻后应连续作业,不得中断喷浆^[2],要保证一次性完成成桩施工。喷浆搅拌钻进或提升

时,应保持喷浆流量、喷浆压力、搅拌转速、钻进(提升)速度与试桩成果确定的参数一致,且保持稳定。严格按照工序流程进行操作,尤其是接拆杆后必须按规定位置和长度留有搭接补强段。

(9)为便于首次搅拌下钻和提高成桩质量,可适当提高首次喷浆搅拌钻进时的喷浆流量,但应保持四喷四搅(按设计图纸确定喷浆次数)的总喷浆量不变。但在无法按要求同时保证压力和喷浆流量时,优先保证每次喷浆量。上述措施均应在试桩阶段即按此操作,以确保参数合理。

(10)成桩施工期间安排专职质检人员进行全程监管,采用巡视检查、旁站、随时抽查记录(施工或计量记录等)等方式进行成桩全过程管控,确保成桩工艺及施工参数符合设计及规范要求,并符合经报批同意的试桩成果的参数控制要求。

(11)成桩中途因故停顿,应及时处理故障并重新喷浆复搅,但恢复前应会同监理核实喷浆复搅措施的可行性(如确认水泥土是否已初凝)。为防止断桩,应在断桩面上重复喷浆搭接0.5 m以上^[3],但考虑较长时间停歇后地下断桩面位置不易精确把握,故在暂停点上方(钻进时)或下方(提升时)设置约1.0 m长的补强搭接段。

(12)水泥土搅拌桩施工完毕,在其达到设计要求前,应采取保护措施,禁止大型机械设备在其周围活动,防止对其强度和桩身完整性产生有害影响。

6 效果分析评价

6.1 质量检测结果分析评价

120 d龄期检测结果如下:

(1)芯样无侧限抗压强度。按规定比例随机选取检测桩,并取每根检测桩桩体上、中、下等部位芯样进行强度检测。其120 d龄期芯样检测结果均满足合格标准:最小值1.01 MPa,最大值5.85 MPa,平均值2.68 MPa。

(2)单桩及复合地基承载力。各检测桩桩顶总沉降量在3.2~17.26 mm之间,均在规范允许范围内; $Q-s$ 曲线均平缓,无陡降段, $s-lgt$ 曲线也都成平缓规则排列,单桩承载力均不小于250 kN。

(3)复合地基承载力。各检测桩桩顶总沉降量在4.88~25.54 mm之间, $p-s$ 曲线均平缓,且均无明显比例界限,按变形取值,取 $s/b=0.007$ 时所对应的荷载均大于110 kPa。

(4)芯样完整性。经现场随机选桩抽芯,其芯样

完整性均达到了Ⅰ、Ⅱ类桩标准,满足合格桩评定标准。芯样结果详见图 2。



图 2 抽检桩芯样照片

根据前述现场抽芯检测和承载力试验等试验检测结果,采用接杆桩工艺实施的搅拌桩成桩质量达到了设计及规范要求的合格标准,有效证明了接杆桩成桩工艺的可靠性。

6.2 效益分析评价

(1)通过对常规的水泥土搅拌桩机进行改装,采用喷浆搅拌下钻或喷浆搅拌提升过程中分次接杆方式来实现缩减机架高度,并提高机身整体稳定性,从而满足限高、防倾覆等安全施工要求。

(2)在常规水泥土搅拌桩成桩工艺的基础上,结合停机接拆杆需要,通过在接拆杆处设置不少于 0.5 m 长的喷浆复搅搭接段来避免在接拆杆停机面出现断桩,从而保证桩身完整性,并最终使成桩质量满足设计及规范要求。

(3)接杆式水泥土搅拌桩成桩工艺较常规工艺,施工耗时较长,且因分次接杆或拆杆产生溢浆损耗

和搭接段补强喷浆等,其单桩总耗浆量将有所增加,但相比采用调整设计方案或对既有设施进行征拆等其他方案,其经济效益和工期效益最为显著。

(4)接杆桩成桩工艺与常规水泥搅拌桩工艺相近,可适用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、粉土、饱和黄土、素填土、黏性土,以及无地下水的饱和松散砂土等地基,尤其在有限高、防倾覆等要求的既有设施(如高压线、房屋建筑及桥梁等)下方及邻近范围施工时优势明显。

7 结 语

南湾大道改造工程新建的拓宽道路路基下部因分布较厚的淤泥、淤泥质土,设计采用了深孔大直径水泥土搅拌桩的加固处理措施。然而,因既有高压线影响,常规单轴式搅拌桩机无法安全作业,实施了接杆桩成桩工艺。通过改装常规单轴式搅拌桩机和设置分次接拆杆搭接补强段等措施,有效保证了接杆式水泥搅拌桩成桩质量。接杆桩工艺的成功应用证明,其成桩质量完全可以达到甚至好于常规水泥搅拌桩工艺的质量水平,在有限高、防倾覆等安全施工要求的区域,接杆桩不失为一种最佳的方案选择。

参考文献:

[1] 王晓东.公路软基处理水泥搅拌桩的施工质量控制及检测[J].交通标准化,2011(11):34-36.
[2] 赖水春.水泥搅拌桩在淤泥质粉质粘土中的成桩质量控制[J].工程质量,2011,29(2):72-73.
[3] 魏智勇,王晓波.深层搅拌桩在淤泥质软土地基加固工程中的运用[J].电力勘测设计,2002(3):38-39,43.

(上接第 156 页)

道在水中的均载,调整管道形态,以适应更大水深。

(6)在管道施工中,准确调整铺管船的导向架方向、控制沉管过程中向管内的灌水速度、实时监测沉管过程、遇到极端天气条件时的弃管和拾管工艺,对于控制管道应力具有积极影响。

参考文献:

[1] 黄璟.长距离排海管道设计[J].珠江水运,2018(10):52-53.
[2] 耿文泽.排海管稳定性设计与施工方案[J].中国给水排水,1998(4):30-31,34.
[3] 邢文文,岳凤伟.沿海旅游城市敷设排海管道的设计[J].中国给水排水,2013(14):59-61.