

三轴搅拌桩技术在地铁深厚砂层地连墙施工中的应用

黄 涛

佛山市铁路投资建设集团有限公司 广东 佛山 528000

摘 要: 针对佛山市城市轨道交通3号线叠滘站四周老旧高层房屋林立、平均距离基坑不足1.5m,且车站施工区域内地质条件复杂、地层多为深厚富水砂层的施工条件;采用三轴搅拌桩施工技术对地连墙进行槽壁加固,使得地连墙开槽面不塌孔,并起到止水帷幕效果,确保施工过程中不出现涌水涌砂事故,保障周围房屋和基坑安全。

关键词: 深厚富水砂层;三轴搅拌桩;槽壁加固

引言

地铁建设是当代交通建设板块的重中之重,有利于极大解决城市里交通拥挤难题,同时有效利用城市里土地资源,为城市更优质建设赋能。广州、佛山两座城市地铁建设地质特点以浅层素填土、深厚层为海陆交互相沉积层中的淤泥质砂、冲积-洪积层的砂层、第四系残积土层为主;所以,广佛两地较多的采用止水帷幕施工方案。在深厚富水砂层地区进行地连墙施工,容易导致地连墙成槽过程中出现塌孔、地连墙浇筑效果不佳,易造成基坑开挖过程中涌水涌砂等事故。三轴水泥搅拌桩施工原理是利用水泥等材料作为固化剂,通过特制的搅拌机械边钻边往软土中喷射浆液,使喷入软土中的固化剂与软土充分拌和在一起,由固化剂和软土之间所产生的一系列物理-化学作用,形成抗压强度比天然土强度高,并具有整体性、水稳性的水泥加固土,从而提高地基土强度和增大变形模量。

1 工程概况

1.1 车站概况

佛山地铁三号线叠滘站位于站海三路、文昌路、叠滘大道及文华北路交叉口,沿海三路东西向敷设,海三路宽20米,车流量较大;叠滘站为佛山地铁三号线的中间站,前接南海广场站,后接中山公园站。叠滘站车站型式为地下三层车站,车站总长149.8米,标准段基坑宽度为35.9米,深度约为26.47m;车站东、西端扩大段基坑宽度为38.55m,基坑深度为27.28m,东西两端头均为盾构接收。车站周围是平均高度为18m的老旧高层住宅小区,离基坑边最近距离为1.2m,平均距离1.5m。

1.2 地质概况

车站场地属于海陆交互相冲击三角洲平原地貌,地面地势平坦,现状地面为市政道路;场地地质条件复杂、地下水系丰富。场地地表人工填土层较广泛分布,主要为素填土和杂填土,稍湿,颜色较杂,主要为灰色、灰黄色、棕黄色等杂色,填土多已堆积多年,且道路下方填土在道路施工过程中经过一定压实,周边建筑物附近填土压实度较差。素填土组成物主要为人工堆填的砂土、黏性土及少量碎石等,结构松散;杂填土主要含有砖块等建筑垃圾堆填而成,水平面0m

至-1m为素填土和杂填土组合而成。海陆交互相淤泥层,呈深灰~灰黑色,主要由粘粒及有机质组成,饱和,流塑状,压缩性高,本层在场内地内局部分布,平均层厚4.35m,-1m至-6m为淤泥质土。本车站的残积土为第四系残积土层,主要为泥质粉砂岩、粗砂岩等母岩强风化、中风化、微风化后形成的粉质黏土、粉土、砂岩,-21m至-27m为风华后的泥质粉砂岩。

1.3 三轴搅拌桩设计情况

搅拌桩施工选用参数如下:车站主体基坑采用槽壁加固,再施工连续墙,三轴搅拌桩布置为 $\Phi 850@600$,详见加固大样图如图3所示。槽壁加固的搅拌桩加固深度至少到砂层底1m,东侧槽壁加固的搅拌桩加固深度为地面以下24m,北侧槽壁加固的搅拌桩加固深度为地面以下24m,南侧槽壁加固的搅拌桩加固深度为地面以下23m,水泥掺量为22%(重量比)。盾构端头加固三轴搅拌桩深度为26.63m,地面以下6m为弱加固区域,水泥掺量为8%,地面以下6-26.63m为强加固区,水泥掺量为22%。施工时应根据实际情况调整水泥掺量,以保证加固的效果。加固后的桩体无侧限抗压强度不小于0.8Mpa。为保证搅拌桩加固效果,搅拌桩的抽检数量不得少于总桩数的1%,且不小于3根。

1.4 施工机具、设备及仪器配置

施工机具和设备由三一重工生产的J8168A型三轴搅拌机、喷浆计量仪、全站仪、水准仪、空压机、挖掘机、变压器各一台组成。后台制浆设备采用环保型水泥自动搅拌注浆站,由水泥罐2个、储水箱、计量装置、搅拌、储浆桶、泥浆泵等部份组成。制浆设备的布置以便于接电、取水和水泥罐车的装卸为原则,水泥浆输送管距离控制在200m以内。

1.5 施工技术参数

(1)试桩要求:水泥土搅拌桩施工前,应进行工艺性试桩,数量不得少于3组,并检验工艺的质量,确定施工参数。(2)施工参数要求:搅拌桩施工时,停浆面应高于桩顶设计标高500mm。施工完毕后,对加固体进行检钻芯取样验,其无侧限抗压强度不小于0.8MPa,渗透系数应小于 $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$,检测数量不得小于1%且不得少于3根。若达不到设计要求,应及时通过采取复喷等系列措施弥补。加固

后土体应具备较好的均匀性和自立性，掌子面不可出现明显的渗水。端头加固范围内的地面超载不得大于70KPa。确保盾构井、车站端头加固完成后才能进行盾构始发和吊出。

1.6 施工工艺

(1) 场地平整。将场地平整，水泥储存场地做好，在排水沟做在场地两侧，保证在雨季期间场地内不积水。清除桩位处地上、地下一切障碍物（包括树根、管线、大块石和生活垃圾等），场地低洼时应回填土砂，以确保施工时设备的安全，防止发生设备倾斜、倒伏等险情。(2) 测量放样。轴线桩位定位采用全站仪，设立临时控制桩，并做好相应保护。基底采用满堂进行加固处理，按照设计距离将每组桩用红色的油漆在控制线做好标记，保证搅拌桩每次能够准确定位。施工前拉好控制导线及并进行标记，施工中对导线及标记需要不断的进行复核其真实性及准确性，确保孔位不偏孔、不错漏。(3) 开挖沟槽。根据桩位控制线，采用挖机开挖导槽，导槽尺寸要求中心线两侧宽各0.5米，深0.5~1.5米，在施工中随打随挖，保证浆液不外溢，挖出的废浆液存放在现场空地。(4) 钻机就位及调直：平面就位。放好桩位后，移动搅拌机到达指定桩位，钻头对中。调整搅拌机。双向控制导向架垂直度，在搅拌机井架的正面和侧面吊挂垂球，垂球质量不小于2kg。(5) 水泥浆配合比：水泥浆液的水灰比为0.45~0.55，具体根据试桩结果确定。按规定的水灰比在搅拌机中配制并搅拌水泥浆后存入存浆桶，再由2台泥浆泵抽吸加压后经过输浆管压至钻杆内注浆孔。(6) 搅拌注浆。水泥浆通过泥浆泵、水泥浆管输送至钻杆头部，三轴注浆机注浆出口压力为0.4~0.6MPa。为了确保水泥土搅拌桩在初凝前将土体和水泥进行充分拌和，需要在提升全过程中，保持螺杆匀速转动，匀速提升。搅拌机钻杆下沉与提升：按照搅拌桩4搅4喷的施工工艺要求。(7) 置换土外运。采用挖机将沟槽内的水泥土清理出沟槽，保持沟槽沿边的整洁，确保下道工序的施工，被清理的水泥土将在18小时之后开始硬化并进行覆盖，且及时运出场地，避免产生泥浆污染和造成扬尘。(8) 停机清洗。将搅拌钻头提升到地面以上，停止主电机，停止空压机，清洗搅拌机。(9) 搅拌机移位。利用搅拌机液压系统，将搅拌机移到下一个桩位施工。(10) 报表记录。施工过程中安排专门人员负责施工记录，每根桩的每五米下沉所需时间、提升用时及水泥的用量、生产用水量、浆压力数据、流量计的读数、电表等技术参数，施工原始记录需将其保存好。(11) 遇不明管线及障碍物的处理。槽壁加固过程中，如遇不明障碍物难以继续钻进施工，障碍物深度小于2m时，可通过开挖清理障碍物再回填后进行施工，当障碍物的深度较大，无法开挖回填时，应及时组织专业技术讨论，提出解决方案，不可盲目钻进。

2 质量控制

允许偏差应符合下表1要求。

表1 三轴搅拌桩地基质量检验标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	水泥质量	设计要求		查产品合格证书或抽样送检
	2	水泥用量	参数指标		查看流量计
	3	桩体强度	≥0.8MPa		按规定办法
	4	地基承载力	150KPa		按规定办法
一般项目	1	机头提升速度	m/min	≤0.5	量机头上升距离及时间
	2	桩底标高	mm	±200	测机头深度
	3	桩顶标高	mm	+100 -50	水准仪（最上部500mm不计入）
	4	桩位偏差	mm	<50	用钢尺量
	5	桩径	mm	<0.04D	用钢尺量，D为桩径
	6	垂直度	%	≤1.5	全站仪
	7	搭接	mm	>200	用钢尺量

3 严格控制水泥等材料质量

按照设计要求选用采用42.5级散装普通硅酸盐水泥，存放于水泥罐当中，并通过密封、遮盖等措施而防潮、防雨淋，坚持先进场的水泥先使用，后进场的水泥后使用原则，且水泥放置场内时间不可超过180天。

4 结语

针对佛山市城市轨道交通3号线叠滘站四周环绕老旧高层商住楼，且处于深厚富水砂层地质条件下进行地铁车站建设情况，采用三轴水泥搅拌桩技术；利用水泥等材料作为固化剂，通过特制的三轴搅拌机使软土中的泥浆与软土充分拌和在一起，形成抗压强度高，并具有整体性、水稳性的水泥加固土。通过较为详细的阐述三轴搅拌桩施工技术原理、施工机具、施工控制要点，保障三轴搅拌桩施工质量；三轴搅拌桩技术的较好使用不仅使地连墙开槽垂直度得以确保，且起到较好的止水帷幕效果，确保了基坑开挖过程中基坑围护结构和周围房屋的安全性。

参考文献：

- [1]章兆熊,李星,谢兆良,李进军.超深三轴水泥土搅拌桩技术及在深基坑工程中的应用[J].岩土工程学报,2010,31(2):383-386.
- [2]DB/TJ08-61-2010,基坑工程设计规程[S].2010.
- [3]赵伟.三轴搅拌桩施工参数对富水砂层不同地层桩身抗压强度影响研究[J].路基工程2019(6):97-101.
- [4]周龙伟,孙虎.三轴搅拌桩施工及质量控制[J].黑龙江科技信息,2011(25):287,39.
- [5]邹大鹏,徐斗均.三轴搅拌桩止水帷幕施工及质量控制[J].2018,17(4):53-56.
- [6]GB50202-2012,建筑地基基础工程施工质量验收规范[S].