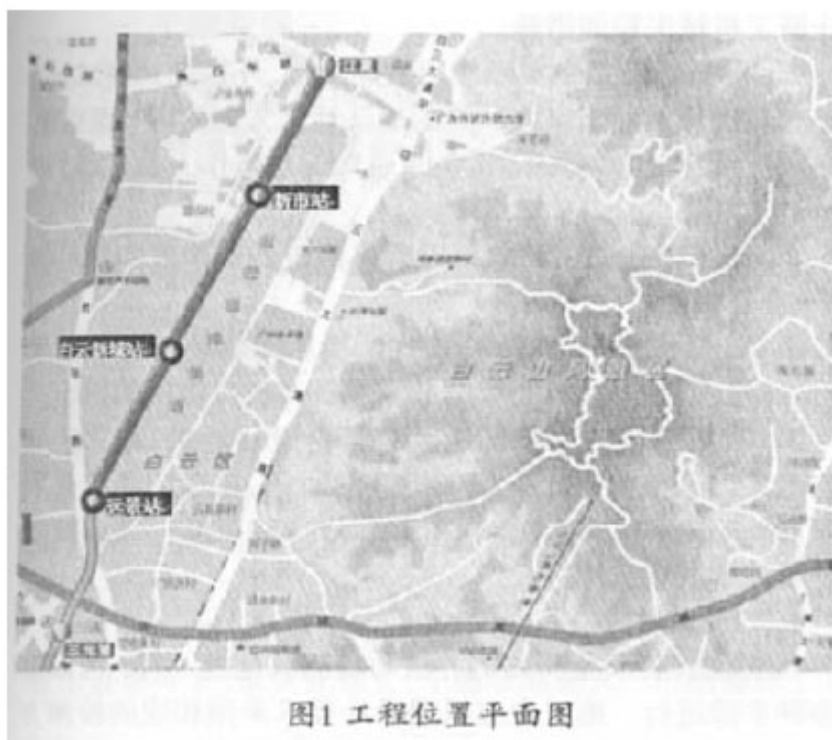


摘要：文章主要介绍了水泥土搅拌桩在广州市轨道交通二、八号线延长线工程施工 11 标段软土地基加固中的施工技术与质量控制、检测。

关键词：水泥搅拌桩；软土地基；地基加固；施工技术

一、工程概况

广州市轨道交通二、八号线延长线工程施工 11 标段三元里~江夏段位于广州市白云区西部旧机场跑道及绿化草坪上，线路走向为南北走向。具体位置见图 1：



本标段工程范围为：起迄里程 YDK22+937.392~YDK26+711.00，全长 3773.608m，包括“三站四区间”共七个子单位工程，即三元里~远景区间明挖段、远景站、远景~白云新城区间、白云新城站、白云新城~新市区间、新市站、新市~江夏区间（以下四区间分别简称“三~远区间”、“远~白区间”、“白~新区间”、“新~江区间”）。

“三站四区间”多为地下单层、局部双层框架结构，围护结构有土钉墙支护、桩锚支护等形式，均采用明挖顺作法施工。

二、工程地质情况

本标段原始地貌属广花凹陷冲积盆地，第四系地层以冲洪积砂层、土层及残坡积堆积为主，基岩多为石炭系中石灰岩和炭质灰岩沉积地层，岩层面高低起伏，岩溶发育形成溶蚀探槽、土洞。

本标段线路岩土分层特征由上至下依次为：<1>人工填土层、<2-1B>淤泥质土层、<2-2>淤泥质粉细砂层、<2-3>淤泥质中粗砂层、<3-1>粉细砂层、<3-2>中粗砂层、<3-3>砾砂层、<4-1>冲洪积粘土层、<4-2>淤泥质土层、<4-3>坡积土层、<5C-1A>残积土层、<5C-1A>软塑状残积土层、<5C-1B>可塑状残积土层、<5C-2>硬塑状残积土层、<7C>岩石强风化带、<8C-1>炭质灰岩中风化带、<8C-2>石灰岩中风化带、<9C-1>炭质灰岩微风化带、<9C-2>石灰岩微风化带。其中白云新城站与白云新城至新市区间交接部位，补勘钻孔揭示，存在较大范围的淤泥软土。芯样呈灰黑色，流塑，粘性好，有腥臭味。结构底板以下层厚约 4 米到 6 米不等。设计为采用 $\Phi 500$ 咬合搅拌桩进行加固。

三、加固机理



水泥土搅拌桩是用于加固饱和性土地基的一种方法。它利用水泥(或石灰)等材料作为固化剂,通过特制的搅拌机械,在地基深处就地软土和固化剂(浆液或粉体)强制搅拌,由固化剂和软土间所产生的一系列物理-化学反应,使软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的水泥加固土,从而提高地基强度和增大变形模量。

四、施工技术

搅拌桩桩径为 $\Phi 550$, 桩距 450mm。搅拌桩采用 R32.5 普通硅酸盐水泥作固化剂, 水泥掺入量为 10%, 水灰比 0.6:1~0.5:1。搅拌桩采用 ZCJ 深层搅拌桩机施工。水软土地基加固水泥搅拌桩布置形式如图 2 所示。

五、施工工艺流程

搅拌桩施工工艺流程如图 3 所示。

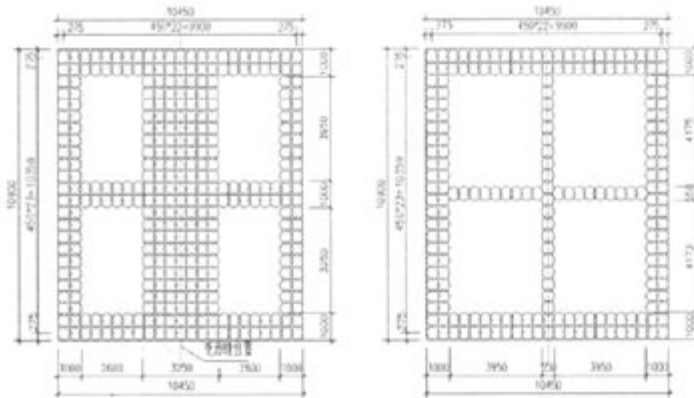


图 2 软土地基加固水泥搅拌桩布置形式图



图 3 搅拌桩施工工艺流程图

六、水泥搅拌桩施工方法

1. 测量放线。测量人员依据控制桩和设计图, 准确放出搅拌桩孔位, 并插入木棍标识。
2. 桩机就位对中。施工队移动搅拌机到达指定桩位、对中, 对中误差不大于 2cm, 并报现场技术值班工程师及专业监理工程师检查合格后, 启动搅拌机, 搅拌至设计深度后, 再将搅拌机边搅拌边提升垂直度偏差不大于 0.5L% (L: 搅拌桩桩长)。
3. 预搅下沉。待搅拌机的冷却水循环正常后, 启动搅拌机, 使搅拌机沿导向架搅拌下沉, 下沉速度由电气控制装置的电流监测表控制, 工作电流不大于额定电流, 如果下沉速度太慢, 可从输浆系统补给清水以利钻进。
4. 制备水泥浆。搅拌机预搅下沉的同时, 后台按设计确定配合比拌制水泥浆液, 搅拌桩采用 32.5 号普通硅酸盐水泥, 每次投料后拌合时间不得少于 3min, 待压浆前将浆液倒入集料斗中。
5. 喷浆、搅拌、提升。搅拌机下沉到设计深度后, 开启灰浆泵, 待浆液到达喷浆口, 再严格按设计确定的提升速度边喷浆边提升搅拌机。
6. 重复搅拌。搅拌机喷浆提升至设计顶面标高时, 关闭灰浆泵, 集料斗中的浆液正好排空, 为使软土和浆液搅拌均匀, 再次将搅拌机边搅拌边下沉至设计深度, 再边搅拌边提升出地面。
7. 清洗机具、管路。向集料斗中注入适量清水, 开启灰浆泵, 清洗全部管路中残的水泥浆, 直至基本干净, 并将粘附在搅拌头的软土清洗干净。
8. 移位。重复上述 1~6 步骤进行下一根桩的施工。

七、施工注意事项

1. 平整施工场地, 清除地上和地下一切障碍物。暗塘及场地低洼时应抽水和清淤, 分层夯实回填的黏性土料。不得回填杂填土或生活垃圾。开机前必须调试, 检查桩机运转和输料管畅通情况。
2. 施工时设计停浆(灰)面一般应高出基础底面 0.5m。在开挖基坑时, 应将施工质量较差的段挖去。
3. 施工前先确定搅拌机械的灰浆泵输浆量、灰浆经输浆管到达搅拌机喷浆口的时间和起吊设备提升速度等施工参数; 并根据设计要求通过成桩试验。



八、质量控制与检测

(一) 水泥搅拌桩施工质量控制和预防措施

1. 对将要进行搅拌桩施工的场地事先加以平整,彻底清除施工现场地面、地下的障碍物。如现场地表过软,应采取防止施工机械失稳的措施。
2. 湿喷法施工中实际使用的固化剂、外掺剂,要经过试验室人员进行加固土室内试验的确认后,方能使用。泵送浆液必须连续,如因故停浆,要立即通知前台操作人员,以防止断桩。
3. 施工时应使用定位卡以确保桩位的准确度和桩机的水平、垂直精度。
4. 桩机预搅下沉时不易冲水,当遇到较硬土层下沉太慢时,方可适量冲水,但要考虑冲水成桩对桩身强度的影响。
5. 桩机喷浆的次数和速度应符合规划要求,施工队须制定专人记录桩机每次下沉和提升的时间,深度记录误差不大于 50m,时间记录误差不大于 5s,并经汇总后,每日报我部现场技术值班工程师。

(二) 现场质量检测

检测搅拌桩质量所用的方法与检测其他桩一样,可以采用多种手段进行。施工中应根据设计要求采用相应的检测方法。针对搅拌桩的需要,施工完成后的全面检查可采用下列几种方法。

1. 测量放线检查。全部桩完成后进行基槽开挖。基槽开挖后,桩顶都会露出 1m 的长度,按设计桩长截掉桩顶多余部分,再用经纬仪和水准仪进行测量。经过测量检查可以了解桩的偏位、桩顶高程、开挖高程等情况。
2. 人工直接观察。基槽开挖后,组织人力对现场直接进行检查,可以了解桩的成形、桩径、缺桩、桩顶强度、桩顶质量、桩位偏离等情况。在这些检查项目中,除桩顶强度外,其余均用视力检查确定。桩顶强度除观察其搅拌均匀程度外,还可以采用简易检测法,即用一根长度 2m、直径 16mm 的平头钢筋,竖直立于桩顶,如用人力能压入桩体 10cm(28 天龄期),表明施工质量有问题。
3. 桩身取样强度检验。制桩后 7 天内可用轻便触探器对桩进行一般性检查。由于轻便触探器的检查结果只能定性而不能定量,经轻便触探器检查后,如对某些桩体强度有怀疑时,应对这些桩身取样,进一步做更精确的检查。即用钻机对桩身取芯样,制成试块进行无侧限抗压强度试验,用以测定桩体强度。钻孔直径不宜小于 108mm,以便保证制成的试块尺寸不小于 50mm×50mm×50mm。
4. 动力触探。动力触探是利用一定重量的落锤打击钻杆,将安装在钻杆端头的钻头打入土层,根据钻头贯入土层的难易程度来探测土的工程性质。动力触探设备简单,效率较高,应用也较广。其检测的目的与静力触探基本一样,即通过动力触探可以判断被探物体的密实性、均匀性、地基处理后的承载力及变形性质等。但影响动探的因素较多,所测结果较为粗略。

参考文献

- [1] TB10414-2003. 铁路路基工程施工质量验收标准[S].
- [2] 孟磊. 水泥土挤密桩加固提速曲线路基基床[J]. 铁道勘察, 2005, 31(2).
- [3] 叶书麟, 等. 地基处理与托换技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1997.
- [4] 《地基处理手册》编辑委员会. 地基处理手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1993.

作者简介:何云霄(1969-),女,四川西充人,中国中铁隧道集团三处有限公司助理工程师,研究方向:市政工程、地下工程及隧道工程。

