

地铁深基坑嵌岩式地下连续墙施工技术

高剑波

(中国水利水电第七工程局有限公司 四川成都 610000)

摘要: 本文主要针对地铁深基坑嵌岩式地下连续墙施工进行研究,采用文献总结、案例分析等方法,以实际案例为切入点,介绍地下连续墙施工技术要点,阐述地下连续墙施工质量控制措施。结果表明:地下连续墙强度高、刚度大、耐久性好,对其他地上构筑物的影响也比较小。通过对地下连续墙施工技术要点的分析,有助于优化施工方案,防范各类问题的发生,从而提升建筑深基坑技术应用水平,保障工程建造的质量和安

关键词: 地铁工程;深基坑;嵌岩式;地下连续墙;施工技术

在深基坑工程中,地下连续墙是一种常用的支护技术,可以在基坑周围构筑起连续的墙体结构,同时发挥防渗、截水等功能。目前,国内在软土层地下连续墙的施工技术已相对成熟,但在硬石层或岩石中,地下连续墙施工仍处于不断的探索阶段,在实际应用、经验等方面的资料比较有限。为了进一步适应现代城市的发展需求,随着越来越多地下空间的开发,将会出现更多的地下连续墙,需要在嵌岩或更困难的条件下施工。本文结合实际工程案例以及工作经验,就深基坑嵌岩式地下连续墙施工技术展开简要论述。

1、工程案例

南京地铁 11 号线位于闹市区,尺寸 14.5×11.062m,围护结构尺寸 16.7×13.081m,基坑深 36.530-37.069m。为减小基坑降水对周围构筑物的影响,地下水控制使用嵌岩式地下连续墙+中深井点降水方式。

结合勘察结果,施工范围的水文地质条件为:(1)地势平坦,地面高程 23.2-25.4m。表层为人工填土层,地下层上部为黏性土,局部夹杂淤泥质土,中下部为中粗砂、粉砂,基岩为粉砂岩、泥岩。(2)地下水类型有 3 种,即基岩裂隙水、承压水、上层滞水。承压水稳定水位埋深 2.7-4.6m,丰水期水位标高 18.0-20.0m,年变幅 3.0-4.0m。

2、地铁深基坑嵌岩式地下连续墙施工技术要点

2.1 地下连续墙施工工艺

地下连续墙施工是指利用特制成槽机在泥浆护壁情况下开挖,形成一定长度的槽段沟槽,然后将地面制作好的钢筋笼放在槽段内,最后借助导管法对水下混凝土进行浇筑,从而完成一个单元的墙段,各墙段用接头管等特定的接头方式相连,形成一道持续性的钢筋混凝土墙。具体工艺流程见下图 1。

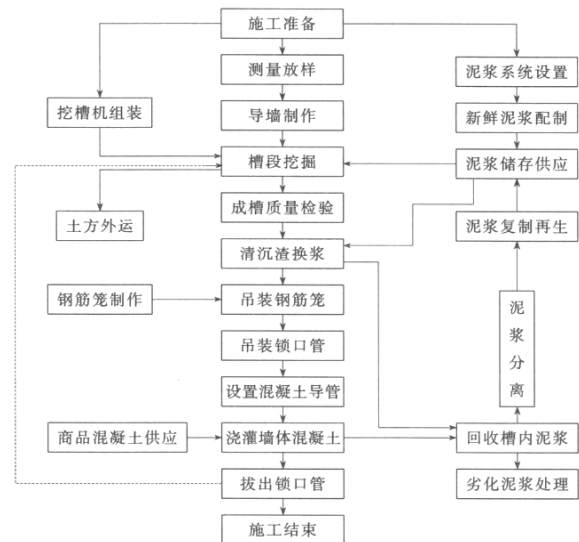


图 1 地下连续墙施工工艺流程图

2.2 施工要点

2.2.1 测量放线

测量放线期间,测量人员要到现场进行考察,比照施工图纸是否和现场情况相符,无误后用全站仪、水准仪等设备,在深基坑周围设置平面导线,按顺序布设基准点、闭合线,设立测量控制点、水准点,要求所有控制点均位于主轴内,然后基于测量放线结果进行导墙施工。由于地下连续墙施工过程中会出现位置上的移动,给周围基准点的布设准确性带来一定影响,因此测量人员要不定期对基准点、导线进行复核校正^[1]。

2.2.2 导墙施工

导墙是保证连续墙精度的必要条件,故而在施工前要做好技术交底,认真复核,保证定位放线准确无误。为保证连续墙符合设计要求,内衬墙壁结构厚度满足标准,放线时连续墙中轴线应向外多放 120-130mm。一般来讲,导墙为钢筋砼结构,呈槽状,深度 1.5-2.0m。有倒“L”形、“L”形 2 种形式,可结合土质情况和施工要求选择。导墙土方开挖时,若外侧土体能

够保持垂直自立,可用土壁代替模板。当混凝土强度满足设计要求后,墙背用粘土分层夯填密室,避免地表水渗入槽内造成塌方。导墙施工结束后,于槽底铺设一层厚40mm水泥砂浆,在槽段开挖前做临时储浆用。直墙模具拆除时,于两片直墙设置上下两道木枋,上下间距0.8m,左右间距1.5m,并用直径80mm的圆木支撑。在导墙养护、回填图施工时,注意防止导墙内挤情况的出现,以免影响连续墙施工质量^[2]。需要注意,导墙施工期间要加强对导墙外观、规格尺寸等方面的检查,要求导墙两侧净距中心线和连续墙中心线相重合、邻近导墙间距比墙身厚度大、导墙内壁垂直度偏差在0.5mm以内,一旦发现不达标的部位,需及时返工处理。

2.2.3 泥浆制备

由于地铁深基坑开挖段上部地层为软弱地层,连续墙施工垂直度控制困难,且所处砂层易影响泥浆质量,因此在地下连续墙施工之前,需要构建一套泥浆处理系统,经管路连接泥浆处理池,方便筛分处理泥浆,保证泥浆质量达标。首先,选用泥浆。本工程选用优质粘土,加入一定量的膨润土作制备材料,向内部添加外加剂、水,用叶片搅拌机搅拌8min。对于泥浆制备量而言,要结合施工情况确定,制备结束后尽早投入使用,严禁长时间保存。其次,泥浆使用和废浆处理。泥浆由后台经泵吸管路运至槽段底部,随着成槽深度的增加,泥浆输送量也在持续增多,直到成槽结束。对于严重污染或密度不满足需求的泥浆,用全封闭运浆车运至指定位置,严禁随处堆放。注意事项:泥浆搅拌前,结合成槽方式、地质情况配制泥浆,确保其性能符合要求^[3];检查槽内泥浆、地下水位的间距,保证地下水位在泥浆以下1m左右。如果土质较软,可通过对粘度、比重的调整,促使其更加符合泥浆标准;泥浆使用前,对泥浆黏度、相对密度等性能进行严格的检查。一般情况下,泥浆含砂率<4%,相对密度1.04~1.15,pH值8.0~10.5,黏度15~18s。

2.2.4 成槽施工

成槽施工前,结合场地情况以连续墙尺寸为基准,从节约施工成本的角度选择成槽设备;利用水平仪对成槽机位置进行测量,并确保成槽机具备自动纠偏的功效。成槽施工流程包括:(1)挖槽。结合工程情况划分槽段,明确各单元槽段长度、位置等参数,按顺序依次开挖槽坑,可采用间隔式的开挖方式。通常情况下,成槽开挖会经过砂层、土层。经过土层时,可利用冲击钻机、槽壁机进行成槽;经过砂层时,严格控制开挖速度,防止因槽壁变形、泥浆液面高度变化影响成槽质量。严格控制挖槽的垂直精度,一般为1/500~1/300之间。若挖槽施工中出现坍塌,及时将抓斗提起,确保现场施工的安全性。槽坑开挖结束后,认真检查槽位、槽宽等参数,准确无误后向内部注入泥浆,严格控制泥浆量、注入速度。(2)清底和换浆。清底

操作采用置换法,使用设备为空气升液器、起重机、空气压缩机等。正式清底时,用起重机起吊空气升液器,严禁一步将吸管放入槽底,先在距离槽底1~2m处试吸,避免吸口陷入土渣内堵塞泥管。换浆是清底操作的延续,当空气升液器无法吸出土渣,槽底沉渣厚度在10cm以内时,停止对空气升液器的移动,并对槽底内质量不达标的泥浆进行置换^[4]。清底换浆工作是否达标,以试验结果为标准,当槽段内每递增5m深度、槽底各处泥浆试验参数均符合规定后,才算清底换浆合格。在整个清底换浆过程中,要严格控制吸浆量、补浆量的均衡,禁止出现泥浆溢出槽外或浆液面下落至导墙顶面30cm以内的情况。

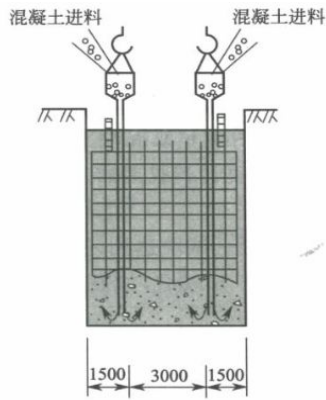
2.2.5 钢筋笼制作和吊装

(1)钢筋笼制作。钢筋笼的制作严格按设计图纸进行,确保钢筋位置、间距、根数符合要求,焊接牢固;钢筋笼制作成型后,拆除全部的绑扎铁丝,以免下槽时损害槽壁。在钢筋笼绑扎时,采用焊接的方式处理各接头,若钢筋笼尺寸比较大,可分段制作;认真检查钢筋笼的质量、尺寸是否达标,如受力钢筋搭接长度、焊缝质量等,对于质量不达标的部位,及时返工处理。为了提高钢筋笼制作精度,需做好以下几点:在施工现场设置钢筋笼加工工作台,保证工作台位置水平,检查四角是否呈90°,保证钢筋间距符合规范;将钢筋笼放于平台后,先安装下层水平分布筋,再安装下层主筋,最后放置桁架、上层钢筋;严格控制相关参数,主筋间距误差 $\pm 10\text{mm}$,钢筋笼宽度 $\pm 20\text{mm}$,长度 $\pm 50\text{mm}$,预埋件中心位置 $\pm 10\text{mm}$ 。(2)钢筋笼吊装。钢筋笼吊装施工时,运用履带吊机起吊,确保一次完成钢筋笼的吊装施工。为预防钢筋笼变形,起吊时以钢筋笼六角为切入点进行作业,先用辅助吊机完成下部作业,再用主吊机提高钢筋笼,过程中要保证主钩位置正确,然后去除钢筋笼上多余的吊具,经主吊机将钢筋笼运输至槽段,缓慢放在槽内。若钢筋笼重量大、尺寸大无法顺利入槽,需立即将其提出孔外,查明原因后采用针对性的措施,然后再进行起吊入槽施工,严禁强行插入槽内或重锤下砸,以免造成钢筋笼变形、槽控坍塌等情况^[5]。钢筋笼入槽后,对其位置进行反复测量,要求钢筋笼顶部和周围接头间距在15cm以上,无误后于固定于钢板垫块上。

2.2.6 混凝土灌注

混凝土灌注前结合实际情况制备混合料,使用标号大于42.5的硅酸盐水泥、河卵石等作原料,搅拌时加入适量掺和料、外加剂,检查坍落度、水灰比等是否符合标准,要求坍落度为180~220mm。混凝土灌注采用导管法,两根导管间距不超过3m,导管和成槽顶部距离不超过1.5m,导管底端介于0.3~0.4m范围内。开始灌注时,将隔水栓吊放于临近水面,并反复复测沉渣厚度,待相关参数均符合要求后方可灌注,间歇时间不超过

30min, 灌注需连续灌注, 不得中断。随着混凝土灌注量的增多, 导管也要及时提升和拆卸, 导管最底部埋入混凝土面下 2~4m 左右, 严禁出现导管提出混凝土面的情况。需要注意, 导管提升时要格外注意, 尽量减少和钢筋笼的碰撞。在混凝土终浇阶段, 确保混凝土面高程比设计要求高出 0.5m, 便于更好地保证混凝土灌注质量。混凝土灌注示意图见下图 2。



(a) 标准槽段灌注示意

图 2 混凝土灌注示意图

3、地铁深基坑嵌岩式地下连续墙施工质量控制

3.1 泥浆质量控制

泥浆是保证地下连续墙深槽槽壁稳定的关键, 必须结合工程地质、水文情况等, 采用合适的材料按一定比例制备而成。为保证泥浆质量, 需做好以下工作: 泥浆性能要符合成槽要求, 及时检查泥浆池内的泥浆, 确保其进入沟槽后能够维持沟槽稳定; 挖槽时定期检测泥浆, 泥浆质量严重恶化时, 如果不能在第一时间对其性能进行改善, 将无法保证槽壁稳定性^[6]; 置换出的泥浆要进行质量检验, 以便判定泥浆是否能够重复使用。对于泥浆液面而言, 成槽阶段要确保泥浆液面高度在地下水位 1.0m 以上, 导墙地面 0.5m 以上, 避免槽壁塌方; 成槽施工结束至混凝土浇筑阶段, 严格控制泥浆循环过程中在沟槽的进出量, 密切观察液面高度。泥浆性能指标及检验方法见下表 1。

表 1 泥浆性能指标及检验方法

时段	项目	泥浆性能控制指标	检验方法	备注
成槽时	比重	1.5-1.25	泥浆比重计	
	含砂率	<10%	含砂量法	
	黏度	25-30s	漏斗法	
	pH 值	7-9	pH 试纸	
清孔后底部	比重	<1.15	泥浆比重计	槽底以上 0.2-1.0m 处
	含砂率	<6	含砂量法	
	黏度	<25s	漏斗法	
	pH 值	7-9	pH 试纸	

3.2 混凝土灌注施工质量控制

混凝土灌注施工和地下连续墙施工质量有着直接的关系, 若灌注过程控制不当, 就会出现断桩、夹泥等现象, 影响地下连续墙的使用性能。因此, 混凝土灌注施工中要做到以下几点: 保证接头连接牢固, 防止泥浆进入污染混凝土; 于钢筋笼吊装 4h 后灌注混凝土, 导管下端和孔底相距 10-15cm; 安排专人检测管外混凝土面高度, 每 30min 检测 1 次, 同时每 2h 检测 1 次管内混凝土面高度^[7]; 各槽段设置 2 根导管, 将其和槽段端头距离控制在 1.5m 以内。

4、结语

综上所述, 本工程地下连续墙施工共计用时 3 个月, 经超声波检测显示墙体混凝土质量 1 级; 深基坑开挖后, 整个墙体的平整度较好, 未出现严重的接头渗漏问题, 且预埋件位置精准, 施工质量达标, 相关参数检测均在允许范围内, 为后续工序的顺利施工打下了坚实的基础。通过本工程施工, 得出以下结论: (1) 地下连续墙施工过程复杂, 制定完善可靠的施工技术方案, 严格控制每个施工流程, 对可能出现的问题采取针对有效的预防和质控措施, 能够保证工程安全、顺利的施工。(2) 实际施工中, 掌握技术操作要点, 树立正确的技术运用思路, 严格把控每道工序的作业质量, 有助于提高地下连续墙技术的应用效果, 提高整个工程的施工质量。

参考文献:

- [1]张昌雷.地下连续墙在景云路地铁车站深基坑支护结构施工中的应用[J].工程技术研究,2022,7(4):73-74,77.
 - [2]张鑫.地铁车站深基坑支护结构工程中的地下连续墙施工技术探讨[J].高铁速递,2023(5):172-174.
 - [3]王贺寅,蔡海兵,王涛,等.L 型地铁深基坑地下连续墙变形监测分析[J].低温建筑技术,2022,44(9):117-120,129.
 - [4]李超.地下连续墙在下沉隧道深基坑施工技术分析[J].低碳世界,2021,11(10):65-66.
 - [5]段贝贝.深基坑地下连续墙施工技术分析[J].砖瓦世界,2021(21):77-78.
 - [6]曾红兵.深基坑地下连续墙钢筋笼吊装施工设备选型分析[J].建筑安全,2022(9):23-25.
 - [7]刘加芹.建筑深基坑工程地下连续墙施工处理技术研究[J].建筑与装饰,2023(2):146-148.
- 作者简介: 高剑波, 1987.09—), 男, 汉族, 湖南常德, 学士, 成都工程师、中国水利水电第七工程局有限公司, 从事市政工程管理