

平接法连接技术在超深强透水地层 防渗墙中的应用

孙晓强, 余登文

(中交第二航务工程局有限公司, 湖北 武汉 430012)

摘要: 文章介绍了在超深强透水地层防渗墙墙段间采用平接法连接的关键施工技术, 即防渗墙槽孔垂直度、接头处理、混凝土浇筑质量的有效控制措施。通过工程实践, 证明了该技术在超深、强透水地层混凝土防渗墙施工中的可行性, 防渗墙防渗效果满足设计要求, 较其他连接方式有很大优势, 可为其他类似工程提供借鉴。

关键词: 防渗墙; 平接法; 垂直度; 接头处理; 塑性混凝土

中图分类号: U655.4 文献标志码: B 文章编号: 2095-7874(2020)06-0051-04

doi: 10.7640/zggwjs202006012

Application of flush connection technology in impervious wall of ultra-deep and strong permeable stratum

SUN Xiao-qiang, YU Deng-wen

(CCCC Second Harbor Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430012, China)

Abstract: In this paper, we introduced the key construction techniques of using the flush connection method to connect the sections of the impermeable wall of ultra-deep and strong permeable stratum, that is, the effective control measures of the verticality of the slot holes of the impermeable wall, joint treatment and the quality of concrete pouring. Through engineering practice, it is proved that this technology is feasible in the construction of impervious wall of concrete in ultra-deep and highly permeable stratum. The anti-seepage effect of the impervious wall meets the design requirements and has great advantages over other connection methods, which can provide reference for other similar projects.

Key words: impervious wall; flush connection method; vertical degree; joint handling; plastic concrete

0 引言

在超深、强透水地层混凝土防渗墙施工中, 防渗墙各墙段间接缝处是防渗墙防渗的薄弱环节, 其连接质量是保证防渗墙整体防渗效果的关键^[1]。混凝土防渗墙一般由若干个墙段连接而成, 各墙段间的连接可分为平接法和套接法两种方式^[2]。防渗墙墙段平接法是指墙段间的接缝为直线的连接方式^[2], 包括钻套法、双反弧法、拔管法, 具有工艺简单、施工速度快、成本低的优点, 但目前在国内应用的较少, 主要因为该连接方式对防渗墙

的垂直度和各墙段接缝处的质量要求较高, 需配备先进的成槽设备。套接法是指槽段间的接缝为圆弧形的连接方式^[2], 具有接缝长、防渗效果好的特点, 是目前国内普遍应用的连接方式, 但该连接方式工艺复杂、施工速度慢、成本高、不适合用于超深防渗墙。随着一些先进的自动化液压成槽机的出现及墙段间接缝处理工艺的优化, 为平接法在超深强透水地层防渗墙施工中的广泛应用带来了可能。

文章以襄阳市东西轴线道路工程鱼梁洲段沉管干坞基坑防渗墙施工为例, 介绍了在超深强透水地层防渗墙施工中墙段平接法连接的关键施工技术, 对同类工程具有指导意义。

收稿日期: 2019-10-26 修回日期: 2019-12-05

作者简介: 孙晓强 (1982—), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 高级工程师, 土木工程专业。E-mail: 95125180@qq.com

1 工程概况

襄阳市东西轴线道路工程鱼梁洲段东汉沉管预制干坞采用“落底式隔水帷幕+放坡开挖”方案,干坞北侧、西侧、南侧采用塑性混凝土防渗墙作为止水帷幕。防渗墙底部应伸入黏土层不小于5 m,防渗墙深度在67~77 m范围。防渗墙采用液压抓斗成槽,导管法浇筑混凝土。

干坞施工区域邻近汉江,地质土层自上而下分别为回填土、粉细砂、圆砾及卵石层、黏土层。

防渗墙施工具有如下特点:

- 1) 施工段地质为粉砂、卵石、砾石层,透水性大,稳定性能差,易造成塌孔等现象。
- 2) 成槽深度较深,垂直度控制难度大。
- 3) 槽段间采用平接法连接,槽段接头处理难度大。
- 4) 防渗要求高。

2 主要技术参数

防渗墙宽度1 m,每槽段长度7 m,共145个槽段,深度范围67~77 m。防渗墙采用塑性混凝土结构,主要技术指标为:抗压强度 $R_{28}=1\sim5$ MPa,弹性模量 $E_{28}<1\ 500$ MPa,墙体渗透系数 $K<1\times 10^{-6}$ cm/s。

3 关键施工技术

超深强透水地层的防渗墙平接法连接的关键施工技术主要体现在3方面:

1) 成槽垂直度的控制

成槽垂直度需要在X轴(长度方向)和Y轴(宽度方向)2个方向进行控制,X轴方向垂直度控制不好,容易使2段防渗墙形成“裤衩状”,墙体连接处会形成缝隙,从而形成渗水通道;若X轴方向垂直度控制不好,会使2个墙体的搭接厚度不足,导致该处墙体厚度不足,影响防渗质量。

2) 槽孔邻近墙体混凝土的刷壁质量控制

由于成槽施工中,采用泥浆护壁的方法来加固槽壁,所以会在邻近墙体的表面附着一层泥皮,成槽后需对邻近墙体的表面进行刷壁处理,若泥皮清理不到位,会在两墙体接缝处形成渗水通道。

3) 防渗墙混凝土的配比和浇筑质量控制

塑性混凝土的性能与浇筑质量也影响着防渗墙新老混凝土的连接质量,控制不好则容易在墙段连接处形成渗水通道。

下面针对这3方面关键施工技术,按工艺流程进行详细阐述。

3.1 导墙

导墙是防渗墙垂直度控制的关键,起到导向作用,尤其要控制好导墙的轴线位置和垂直度。防渗墙导墙采用C25钢筋混凝土结构,为梯形结构,墙高1.5 m,墙顶高程和施工平台高齐平。导墙下部8.5 m范围内采用 $\phi 600@400$ mm单轴水泥搅拌桩对两侧槽壁粉砂层进行加固。导墙及水泥搅拌桩结构形式详见图1。

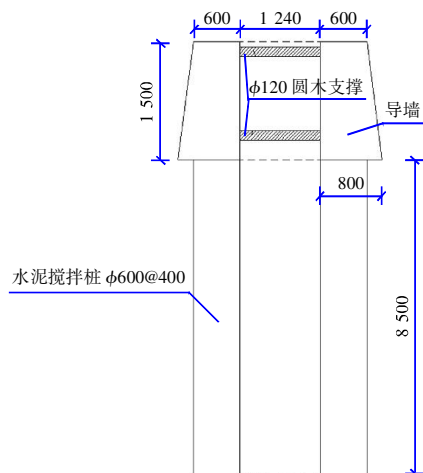


图1 导墙及水泥搅拌桩结构图(cm)

Fig. 1 Structural drawing of guide wall and cement mixing pile (cm)

导墙分段施工、分段开挖,分段长度根据模板长度、地质情况和线路线形等确定,一般控制在30 m,且导墙接头施工缝与防渗墙之间的接头位置错开。两导墙间净距应比防渗墙设计宽度大4 cm为宜,方便液压抓斗入槽,但也不可过大。导墙混凝土拆模后用圆木对导墙进行临时支撑,然后对导墙背后进行回填。导墙质量检验标准详见表1。

表1 导墙质量检验标准

Table 1 Guide wall quality inspection standards

项目	允许偏差	检查方法
槽段中轴线偏差/mm	±10	尺量
内墙面垂直度/%	0.2	锤球
内墙面平整度/mm	5	靠尺、塞尺
导墙平面位置/mm	±10	尺量
导墙顶面标高/mm	±20	水准仪

3.2 成槽

3.2.1 泥浆制备

由于防渗墙位于深厚的强透水地层,成槽过

程中容易发生塌孔现象,需要采用泥浆进行护壁。泥浆具有维护槽壁稳定、悬浮携带渣土的作用,泥浆应具有良好的物理性能、流变性能、稳定性以及抗水泥污染的能力^[3]。因此,控制好泥浆指标是防止塌孔的关键,同时也会影响防渗墙的垂直度。为确保泥浆的质量,选用优质钠基膨润土制备泥浆,分散剂选用工业碳酸钠,并适当添加增黏剂(CMC)。成槽施工各阶段的泥浆性能指标见表2。

表2 泥浆性能指标
Table 2 Mud performance index

泥浆性能	新制泥浆	成槽泥浆	清孔泥浆
比重/(g·cm ⁻³)	1.03~1.08	<1.15	≤1.15
黏度/s	35~55	32~70	32~50
含砂率/%	≤4	≤7	≤4

3.2.2 液压抓斗成槽

1) 抓槽前应修筑供抓槽机行走及作业的施工便道,便道采用25 cm厚C25混凝土结构,顶面标高同导墙顶标高。便道要保证平整、坚实,避免液压抓斗成槽过程中因地面不平或承载力不足而出现倾斜,造成垂直度偏差^[4]。

2) 防渗墙宽度1 m,每槽段长度7 m,采用SG70型液压抓斗成槽,成槽方式为三抓成槽。抓槽时,先抓槽段两侧的土体,抓槽长度为2.8 m,且要抓除邻近墙段40 cm的混凝土,因为邻近墙段与本槽段土体结合处的混凝土可能会有夹泥、不密实的情况,为后期刷壁带来很大难度,所以要将其抓除,同时也能在邻近墙段混凝土面上形成整齐平顺的切面,保证新抓槽段的垂直度。最后抓剩余的2.2 m中心土体,如此反复开挖直至设计槽底标高为止。三抓成槽示意图详见图2。

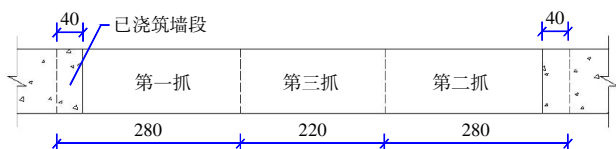


图2 单个槽段三抓成槽示意图(cm)

Fig. 2 Schematic diagram of a single slot with three grabs (cm)

3) 液压抓斗定位后开始成槽,过程中严格控制抓斗的垂直度及平面位置,尤其是开槽阶段。地面至地下10 m左右的初始挖槽精度对以下整个

槽壁精度影响非常大,必须慢速均匀开挖,速度宜控制在20 m/min,严格控制垂直度不大于0.33%。SG70型液压抓斗配备有垂直度显示仪和自动纠偏装置,随挖随测随纠,即通过安装在液压抓斗上的监控原件,随时根据偏斜情况实施精准的动态纠偏,能够有效的保证防渗墙槽孔的垂直度^[4]。

4) 为确保防渗墙的成槽质量,保持槽壁稳定,在施工中,挖槽作业时抓斗出入导墙口时要轻提慢放,防止泥浆掀起波浪,影响先行幅防渗墙导墙下面的土层稳定。抓斗上升时,不断向槽内补充合格护壁泥浆,抓斗上升速度与泥浆补充速度相适应,并保持泥浆液面在地下水位0.5 m以上,避免出现槽内泥浆下降过快导致产生塌孔现象。

5) 单元槽段成槽完毕或暂停作业时,即令成槽机离开作业槽段,消除液压抓斗对孔壁的压力。

3.2.3 刷壁

各防渗墙槽段间采用平接法连接,槽段成孔后必须对邻近槽段墙体接头进行刷壁处理。当抓槽至距设计槽底标高20 cm时,停止抓槽,开始刷壁。刷壁时,采用重量不小于1 t的钢丝刷进行刷壁^[4],钢丝刷固定在抓斗上,刷壁要斜向拉。成槽后要尽早浇筑混凝土,以免邻近墙段混凝土表面附着的泥皮过厚、过硬而难以清洗,刷壁次数不少于20次。刷壁合格的标准是钢丝刷基本不带泥屑,并且孔底淤积不再增加。刷壁完成后,将槽底剩余的20 cm土体和刷壁时落入槽底的渣土一并抓除。

3.2.4 成槽验收

槽段挖至设计高程后,采用超声波检孔仪对槽孔的槽深、槽宽和垂直度进行检测,超过设计偏差时,及时纠偏。该工程145个槽段的垂直度检测结果显示,最大垂直度为0.2%,满足设计0.33%的要求,成槽垂直度控制效果良好。

3.2.5 清孔

清孔换浆采用气举反循环法,终孔验收合格后及时进行清孔。先采用抓斗对槽底进行清理,然后新鲜泥浆进行清孔。清孔换浆1 h后要求孔底沉渣厚度不大于100 mm,泥浆指标应满足表2中清孔泥浆指标的要求。

3.3 塑性混凝土施工

塑性混凝土一般由水、水泥、膨润土、黏土

粗细骨料、粉煤灰、外加剂等材料组成。其水泥用量远低于普通混凝土并掺有较多的膨润土，黏土等胶凝材料，适合水下浇筑的流动性混凝土，具有较好的防渗性能，并且具有低弹和极限应变较大的特性。

3.3.1 塑性混凝土配合比

防渗墙设计配合比和塑性混凝土性能指标详见表3、表4。

表3 塑性混凝土配合比

Table 3 Mix proportion of plastic concrete

材料	水	水泥	粉砂	膨润土	外加剂
用量	475	235	875	155	9

表4 塑性混凝土性能指标

Table 4 Performance indexes of plastic concrete

项目	性能指标
抗压强度/MPa	1~5
渗透系数/(cm·s ⁻¹)	$K \leq i \times 10^{-6}$
流动度/s	>30
初凝时间/h	≥6
终凝时间/h	≤24
密度/(g·cm ⁻³)	≥1.8

3.3.2 混凝土浇筑

塑性混凝土浇筑采用水下混凝土导管法工艺，采用2个浇筑架，2根导管同时进行浇筑。导管中心至槽孔端部或接头管壁面的距离宜为1.0~1.5 m，导管之间中心距不大于3 m。混凝土浇筑过程中应保证两导管浇筑的同时性，确保混凝土面的均匀上升，速度控制在2~6 m/h为宜^[5]，最高部分与最低部分的高差不大于30 cm，且最低点不出现在槽孔端部。防渗墙混凝土浇筑完成后，应及时对槽孔进行回填。

3.4 墙体检测

防渗墙混凝土浇筑完成28 d后，通过注水试验验证防渗墙连接处的渗透系数。现场选取了6条接缝进行试验，试验结果详见表5。

通过试验数据可知，防渗墙墙体连接处的渗透系数满足设计要求。后期在干坞基坑降水、开挖和使用过程中发现，防渗墙止水效果良好，目前干坞基坑已使用1 a，无一处漏水。

表5 塑性混凝土渗透性能指标

Table 5 Permeability indexes of plastic concrete

序号	接缝编号	渗透系数/(10 ⁻⁶ cm·s ⁻¹)
1	DSZSQ-S52	3.28
2	DSZSQ-S53	5.34
3	DSZSQ-N30	2.67
4	DSZSQ-W11	4.77
5	DSZSQ-N8	3.78
6	DSZSQ-N60	5.04

4 结语

1) 通过平接法连接技术在超深强透水地层防渗墙墙段连接中的应用情况，证明该技术是可行的，经试验证明防渗指标满足设计要求，且在工效、成本方面均优于套接法连接技术。

2) 采用该技术时，必须使用配有自动检测及纠偏系统的自动化成槽设备，否则无法精准控制成槽垂直度。成槽后，还应使用超声波检孔仪来检验槽孔的垂直度。

3) 该技术目前存在的缺点是，为降低后期刷壁难度，抓槽时要切除邻近墙体40 cm厚的混凝土，造成了混凝土的浪费。因此，还需通过进一步改进刷壁工艺、提高刷壁质量的方式来解决这一问题，这也是我们今后研究的重点。

参考文献:

- [1] 燕乔, 毕明亮, 王立彬. 一种新型混凝土防渗墙接头形式的初步研究[J]. 长江科学院院报, 2009, 26(7): 40-42, 47.
YAN Qiao, BI Ming-liang, WANG Li-bin. Study on a new kind of joint type of concrete cut-off wall[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2009, 26(7): 40-42, 47.
- [2] 张云龙. 防渗墙墙体连接方法及应用[J]. 水电站设计, 2006, 22(2): 118-120.
ZHANG Yun-long. Cut-off wall body connection methods & its application[J]. Design of Hydroelectric Power Station, 2006, 22(2): 118-120.
- [3] 彭剑, 杨清平. 塑性混凝土防渗墙在深基坑开挖中的应用[J]. 中国港湾建设, 2014(6): 48-50.
PENG Jian, YANG Qing-ping. Application of plastic concrete cut-off wall in deep pit excavation[J]. China Harbour Engineering, 2014(6): 48-50.
- [4] 王坤. 浅析地下连续墙垂直度控制[J]. 建筑技术开发, 2016, 43(5): 146-147.
WANG Kun. Analysis of diaphragm wall verticality control[J]. Building Technique Development, 2016, 43(5): 146-147.
- [5] 张玉飞, 李杰, 范佳. 混凝土防渗墙接头缝的设计和施工[J]. 水利水电工程设计, 2010, 29(4): 4-7.
ZHANG Yu-fei, LI Jie, FAN Jia. Design and construction on joints of concrete cutoff wall[J]. Design of Water Resources & Hydroelectric Engineering, 2010, 29(4): 4-7.