

深厚粉细砂透水层基坑双排桩支护效果研究

陶成成¹ 陈松² 刘海祥³ 龙志勇²

1. 安徽省合巢水运建设开发有限公司; 2. 南京水科院瑞迪科技集团有限公司; 3. 南京水利科学研究院

摘要:以裕溪船闸扩容改造工程深厚粉细砂透水层基坑双排桩支护、开挖过程等为研究对象,在综合考虑船闸基坑特点、工程地质条件和周边建筑物环境的基础上,采用上部放坡、下部双排桩结合的边坡支护形式,并在船闸基坑开挖过程中进行监测。由基坑监测结果显示,基坑最大变形为42.90mm,满足设计要求,其他基坑监测指标均未达到报警值,确保了船闸基坑快速安全成形,为船闸顺利通航发挥效益创造了有利条件。

关键词:船闸基坑;深厚粉细砂透水层;双排桩;基坑监测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.11.035

引言

近年来,随着我国水运建设的快速推进,国家规划和实施一批船闸扩容改造方案。裕溪船闸建设地区为深厚粉细砂透水层地基,具有透水性强、物理力学指标差等特点,随着扩建船闸建设规模加大,其基坑开挖深度

也加大,深基坑支护安全已是工程建设的重中之重,是决定船闸扩容改造工程安全、经济、高效建设的前提条件,也是当前类似工程建设的又一热点。目前,在深厚粉细砂强透水层进行大型船闸工程深基坑开挖支护及监测分析案例很少,针对裕溪深厚粉细砂透水层基坑双排桩支护效果研究具有重要的实际意义,为今后类似基坑的设计、施工提供一定的借鉴。

一、工程概述

裕溪闸枢纽位于合裕线航道裕溪口,是控制巢湖流域防洪、排涝及引水灌溉的综合性枢纽,由节制闸、一线船闸、复线船闸等组成。为适应船舶大型化发展,裕溪一线船闸需按Ⅱ级通航建筑物进行扩容改造,施工分两期完成。一线船闸现状规模为195×14.4×2.5(m, 闸室长×口门宽×槛上水深,下同),预期建设规模为280×34×5.6(m)。[1]二期基坑采用放坡大开挖型式,二期基坑部分采用双排桩支护,施工期间填筑上下游全年围堰、子堰和左岸退建临时防洪堤。坑底高程为▽-7.08m。基坑平面布置见图1[2]。

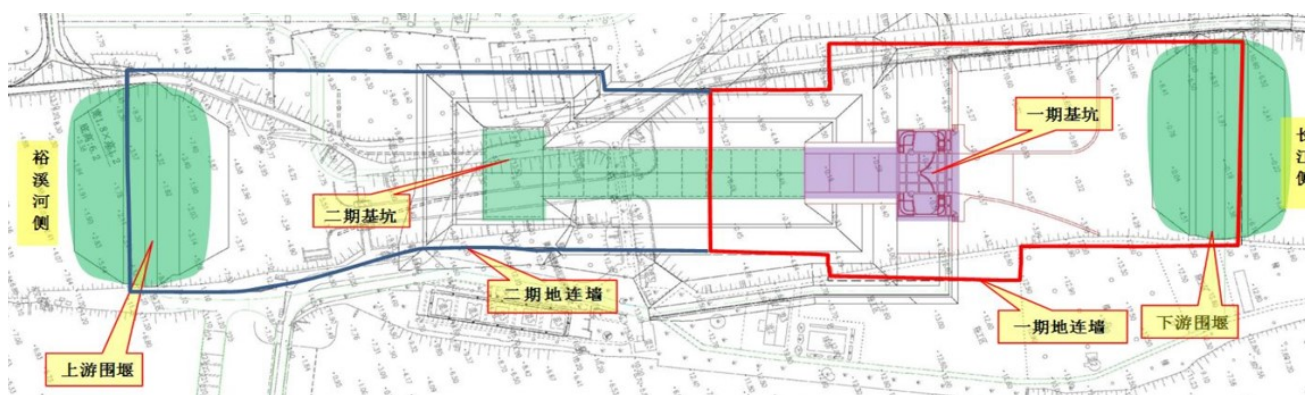


图1 裕溪船闸基坑平面布置图

二、工程地质条件

大船闸场地属长江冲积平原区,据地勘报告,场地地层为第四系松散沉积层,浅层地基土多为淤泥质粉质黏土、粉砂互层等软土,现场工程地质条件较差。

主要含水层为③粉砂夹粉质黏土、④粉细砂、⑤₁砂砾石和⑤₂砂卵石层,以上含水层在区内已连通,因上部被①粉质黏土、②淤泥质黏土、粉砂互层隔断,其具有一定承压性,工程建基面主要座落在④粉细砂层,土层物理力学特性指标见表1。

三、基坑支护方案设计

(一) 基坑特点

根据基坑规模、地质条件和周边环境情况,本基坑主要具有以下特点[4]:

- (1) 本工程基坑最大开挖深度约-7.08m,基坑周边有多处三层砖混建筑物以及新建的裕溪节制闸;
- (2) 闸址位于裕溪河道上,地下水位较高,工程区主要为深厚粉细砂层,渗透性较强,降水困难;
- (3) 本工程地质条件较差,基坑稳定、安全施工

表 1 土层物理力学特性指标

层序	地层名称	允许承载力 [R] kPa	压缩模量 Es MPa	饱快		固快		摩擦系数 f	允许比降 [J]
				凝聚力 C kPa	内摩擦角 ϕ °	凝聚力 C kPa	内摩擦角 ϕ °		
	杂填土	110	4.5	13.5	15.0			0.20	0.25
	素填土	105	4.0	15.0	13.5	13.0	14.5	0.20	0.30
①	粉质黏土	120	4.5	25.0	10.0	22.0	12.5	0.25	0.30
②	淤泥质粉质黏土、粉砂互层	80	3.0	12.0	9.0	13.0	9.5	0.20	0.20
③	粉砂夹粉质黏土	145	9.0	7.0	25.0			0.40	0.25
④	粉细砂	185	11.0	6.0	28.0			0.45	0.20 ~ 0.25
④ ₁	粉质黏土透镜体	190	8.5	28.0	14.0	30.0	16.0	0.45	0.35
⑤ ₁	砂砾石	260	15.0						
⑤ ₂	砂卵石	350							
⑥	灰岩	500							

是本次支护设计考虑的重点；

(4) 场地主要为深厚粉细砂层，土质差渗透性强，给基坑工程施工造成较大困难，也使其成为本工程建设的重点，是影响工程顺利完成的非常关键一步。

(二) 基坑支护方案

基坑支护位于二期基坑上闸首右岸，支护长度沿纵向长93.6m。支护采用双排灌注桩+顶部连梁结构。

前后排灌注桩直径均为1.2m，混凝土强度等级均为 C30，前后排桩的距离为6.35m。前排桩桩长21m，桩顶标高▽-0.1，桩底高程▽-21.1，前排桩纵向间距为1.3m；后排桩桩长 18m，桩顶标高▽-0.1，桩底高程▽-18.1，后排桩纵向间距为2.6m。灌注桩顶部采用连梁连接，连梁混凝土强度等级为C25，顶高程为▽1.0，

底高程为▽-0.2，顶宽8m，顶部设置R=300mm圆角。前排桩基坑侧采用混凝土贴面，贴面混凝土强度等级为C25，贴面厚300mm，高程为▽-0.20至▽-7.58。

支护结构后方设置二级边坡与原地面相连，边坡坡比均为1:2.5，在▽8.0设置戗台，戗台宽2m。在戗台布置地连墙防渗墙，地连墙顶高程为▽8.0，底高程为▽-30.0，厚度800mm，混凝土强度等级为C30，地连墙轴线位于戗台正中。

在▽8.0至▽1.0布设三轴水泥搅拌桩，搅拌桩直径850mm，间距600mm，呈格栅式布置，搅拌桩加固底高程为▽-4.0，桩顶至1:2.5边坡。

原地面至▽1.0坡面采用草皮护坡。基坑剖面图见图2。

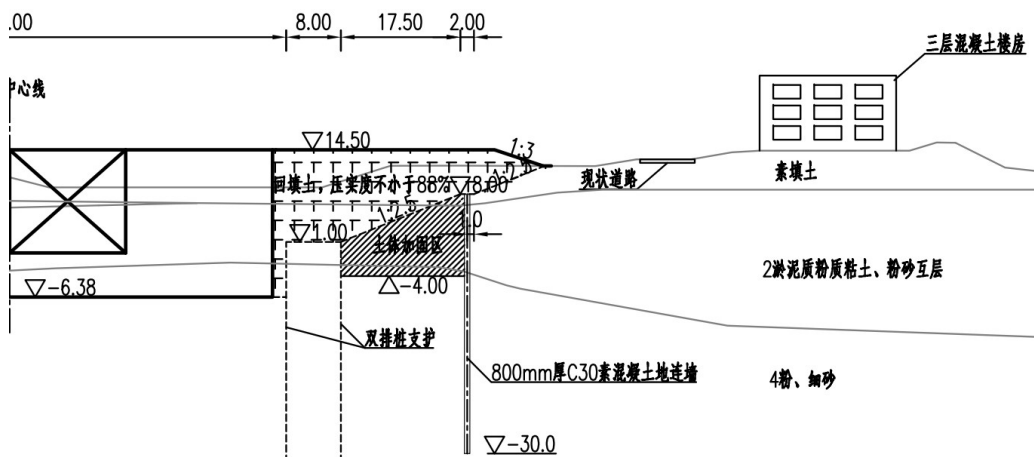


图 2 双排桩支护基坑剖面图

表2 各监测点深层土体位移累计值

监测区域	土斜编号	累计位移最大值 (mm) (2022. 2. 22-2023. 5. 31)	对应高程 (m)	变化速率最大值 (mm/d) (2023. 5. 1-2023. 5. 31)	对应高程 (m)
双排桩顶	TX-5	7.05	8.70	-0.03	8.70
	TX-6	36.21	9.45	0.04	9.45
	TX-7	14.33	8.30	-0.02	5.21

注：位移量“mm”指向基坑内侧为正

四、基坑监测

本基坑自2022年2月土方开挖开始，2022年5月基坑开挖至底部，2023年3月船闸主体浇筑完成并在强度满足设计要求后，对基坑进行回填，在基坑支护下施工总长约10个月。基坑开挖前，双排桩支护稳定性进行了建模计算，计算结果满足设计要求。基坑支护结构现场实拍如图3所示。



图3 双排桩支护现场实拍图

为随时掌握周边土体的变化情况，分析优化下一步施工参数，确保基坑施工安全，基坑施工过程中进行了全方面持续监测，主要监测项目包括深层土体水平位移、坡顶位移、周边地表沉降、周边建筑物监测及地下水位监测，表2给出了基坑施工完成时各监测点深层土体位移累计值。

二期基坑采用上部放坡、下部排桩结合的支护方案，土斜监测点TX5、TX6、TX7位于双排桩顶，由基坑监测结果显示，基坑深层土体最大变形为36.21mm，但是未到达设计要求报警值50.00mm，其他监测指标也均未达到报警值，周边地面没有出现明显的位移变化，满足设计要求。

五、结论

本次裕溪船闸扩容改造工程在基坑开挖施工期间未

出现任何险情，本基坑设计方案通过了实践的检验，是确保裕溪船闸早日通航发挥效益非常关键的一步。分析本基坑支护设计、施工和监测点的相关内容，主要得出以下结论：

(1) 在深厚粉细砂层上开挖大型船闸基坑，建议采取支护措施，并进行基坑结构稳定性计算，确保船闸开挖及施工过程中人员设施和周边建筑物安全。

(2) 周边环境允许的条件下，可考虑上部放坡、下部排桩结合的支护方案，达到方便施工、节约投资、加快进度的目的。

参考文献

[1] 裕溪一线船闸扩容改造工程初步设计[R]. 南京：中设设计集团股份有限公司，2018.

[2] 裕溪一线船闸扩容改造工程地质勘察报告[R] 安徽省水利水电勘测设计院，2018

[3] 高文华，沈蒲生. 基坑开挖中地层移动的影响因素分析[J] 岩石力学与工程学报，2002，21(8)：1153-1157.

[4] 建筑基坑工程技术规程：DB33/T1096-2014[S]. 杭州：浙江工商大学出版社，2014.

[5] 刘国彬，王卫东. 基坑工程手册[M]. 2版. 北京：中国建筑工业出版社，2009.

[6] 龚晓南. 深基坑工程设计施工手册[M]. 北京：中国建筑工业出版社，1998.

[7] GB50497—2009建筑基坑工程监测技术规范[S]. 北京：中国计划出版社，2009.

[8] 张建云，盛金保，蔡跃波，等. 水库大坝安全保障关键技术[J]. 水利水电技术，2015，46(1)：1-10.

[9] JGJ 8-2016 建筑变形测量规范[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2016.

[10] 袁玉珠，何凤勇. 深基坑变形监测方案设计与数据分析[J]. 测绘与空间地理信息，2016，39(5)：205-208.

作者简介：陶成成(1985-)，男，安徽芜湖人，高级工程师，从事水利水电工程建设、运营管理研究。