

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.04.024

近海塘大堤的承台深基坑支护结构设计与应用

赵立波, 胡学伟, 陈 浩
(中交路桥华东工程有限公司, 上海市 200135)

摘 要: 奚家港大桥主墩基坑位于奚家港一线海塘大堤两侧,距海塘大堤防汛墙最小距离为 10.7 m,最大开挖深度 6.74 m。海塘大堤与基坑开挖顶面高差为 3.3 m,海塘大堤上为通行道路,重载车辆较多。奚家港大桥主墩基坑支护结构设计需要综合考虑坑外恒荷载、堤顶动载、不良地质条件、施工进度等因素,保证基坑变形、海塘大堤结构变形满足规范要求,确保施工安全,满足施工工期要求。
关键词: 深基坑;海塘大堤;位移变形;数值分析
中图分类号: U455 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2022)04-0085-04

1 工程概况

奚家港大桥是外倾式飞燕系杆拱桥,跨径组合为(30+120+30)m,全长 180 m,桥梁宽度 35~39.5 m。主梁为直线形钢箱梁,梁高 2.5 m。主拱呈飞燕式布局,矢高 28 m,外倾 13.89°,采用矩形断面,宽度 1.8 m,高度 2.2 m。

奚家港大桥 10#、11# 墩为主墩,主墩承台为哑铃型,结构尺寸为 35 m×11.2 m×3 m。两个主墩承台分别位于奚家港海塘大堤东、西两岸,紧邻海塘防洪大堤。10# 墩基坑开挖边线距防汛墙最小距离为 10.7 m,基坑深度 6.74 m;11# 墩基坑开挖边线距离防汛墙最小距离为 11.2 m,基坑深度 6.54 m。奚家港海塘大堤为一线海塘防洪堤,设计防洪等级为 100 a 一遇,防洪大堤上设直立式防浪墙,防洪大堤兼做附近商品混凝土拌合站运输材料的进出场道路,重载车辆较多,坑外动荷载大。

2 地质条件

承台施工场区内浅部广泛分布砂性土与粉性土,沉积时代新,饱水,抗震设防烈度按 7 度考虑。承台基坑开挖影响范围内土层从上至下为①₁₋₂素填土、②₂₋₂灰色黏质粉土夹淤泥质粉质黏土、②₃₋₂灰色砂质粉土,其中②₂₋₂、②₃₋₂土层渗透性强,为强透水层,该层在地下水动力下易发生流砂现象,严重时会发生地面塌陷、基坑坍塌等事故,基坑施工时需做

好降水、隔水措施,详细地质参数见表 1。

表 1 地质条件参数表

编号	岩土分类	厚度 /m	重度 / (kN·m ⁻³)	黏聚力 c/kPa	内摩擦角 φ/(°)	桩侧极限摩阻力标准值 /kPa	桩端极限端阻力标准值 /kPa
① ₁₋₁	填土	4.77	18	10	0		
② ₂₋₂	黏质粉土	1.6	18.8	7	25.5	15	
② ₃₋₂	砂质粉土	4	18.7	5	31	15	2 000
② _{3-2t}	砂质粉土	7.1	18.2	8	26.5	30	800
② ₃₋₂	砂质粉土	2	18.7	5	31	15	2 000
④	淤泥质黏土	5.7	17	12	11.5	25	

3 基坑支护结构设计

奚家港主桥承台基坑距海塘大堤较近,坑外荷载大,开挖深度深,施工周期长,地质条件差,易出现渗漏、流砂。为了严格控制基坑变形和坑外地表沉降,防止基坑开挖过程中出现渗漏情况,缩短施工工期,基坑支护结构采用了拉森钢板桩+两轴水泥搅拌桩的复合支护结构体系。

拉森钢板桩采用 NSP-IV W 型,截面尺寸为 600×210×18.0 mm,桩长 18 m。基坑内设两层围檩及内支撑,围檩采用双拼 HM500×300×11×18 mm 型钢,内支撑及角撑采用 Φ609×16 mm 钢管;每层内支撑布置 5 道,间距为 3.9 m 和 4.0 m,见图 1、图 2。为减小因基坑施工对海塘大堤结构造成的影响,在临近海塘大堤侧及基坑短边侧设双排 Φ700@500 两轴水泥搅拌桩,桩长 19 m;水泥掺量 13%,水灰比

收稿日期: 2021-11-26
作者简介: 赵立波(1990—),男,本科,工程师,从事施工管理工作。

0.6, 水泥搅拌桩 28 d 无侧限抗压强度 $q_u \geq 0.8 \text{ MPa}$ 。

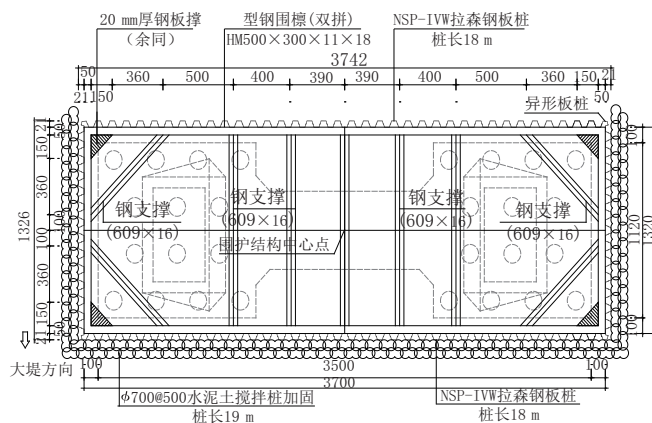


图1 基坑支护结构平面设计图(单位: cm)

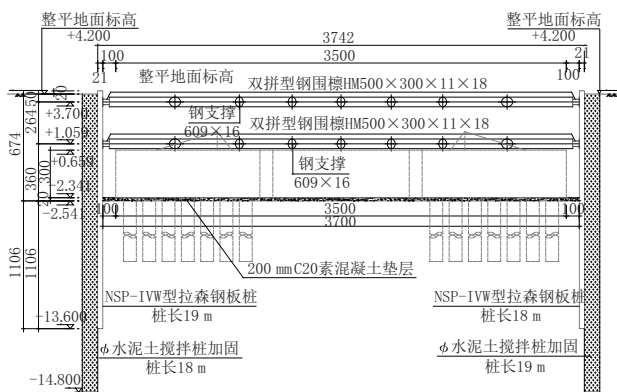


图2 基坑支护结构立面设计图(单位: cm)

4 基坑支护结构模拟计算结果分析

基坑支护结构模拟计算以 10# 墩为例, 计算软件采用同济启明星深基坑支挡结构设计计算软件 FRWS 9.0, 本构选用修正-库伦摩尔。通过建立二维计算模型, 模拟施工中的五种工况, 分别对支护结构变形、弯矩、剪力以及地表沉降进行模拟计算。

4.1 基坑支护结构计算结果分析

工况一: 基坑开挖至 0.5 m 后, 支护结构的变形、弯矩、剪力沿深度方向的曲线分布如图 3。

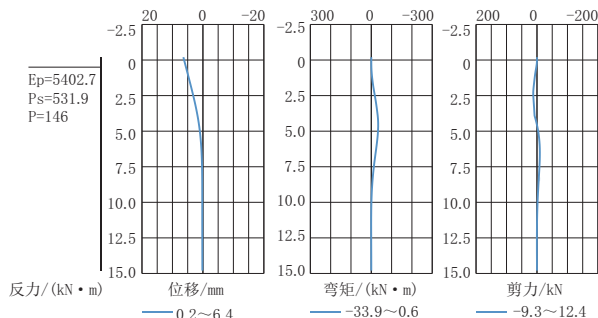


图3 开挖至 0.5 m 后各曲线分布图

工况二: 安装第一道支撑后, 支护结构的变形、弯矩、剪力沿深度方向的曲线分布如图 4。

工况三: 基坑开挖至 3.14 m, 支护结构的变形、弯矩、剪力沿深度方向的曲线分布见图 5。

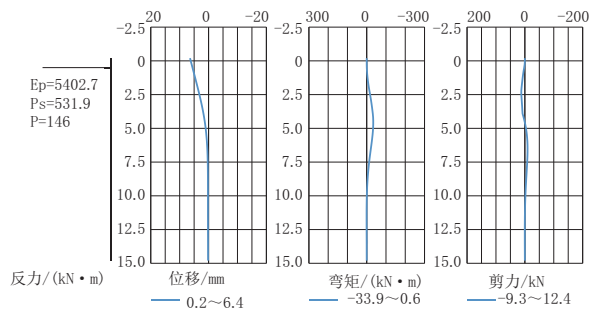


图4 安装第一道支撑后各曲线分布图

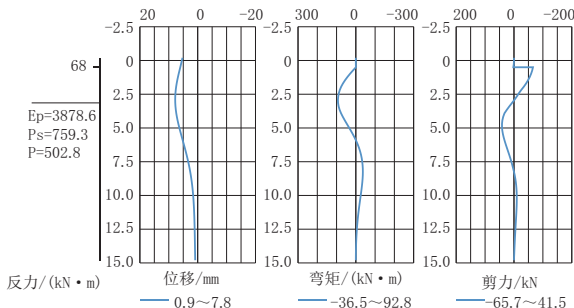


图5 基坑开挖至 3.14 m 后各曲线分布图

工况四: 安装第二道支撑后, 支护结构的变形、弯矩、剪力沿深度方向的曲线分布如图 6。

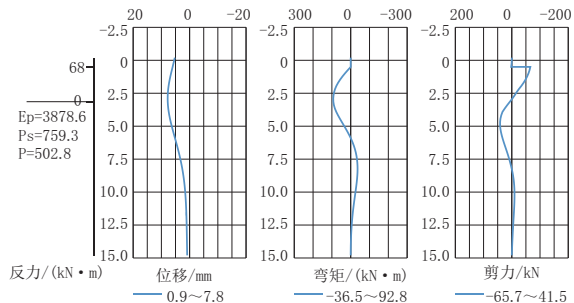


图6 安装第二道支撑后各曲线分布图

工况五: 安装第五道支撑后, 支护结构的变形、弯矩、剪力沿深度方向的曲线分布如图 7。

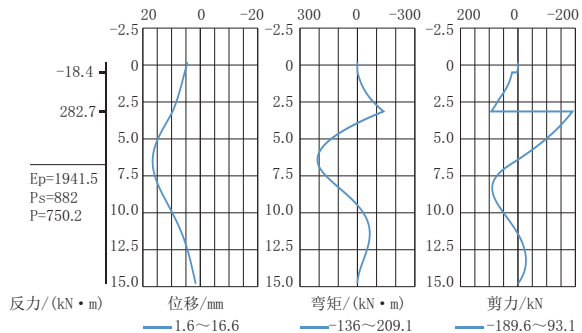


图7 安装第五道支撑后各曲线分布图

通过计算, 支护结构在各阶段的最大变形、弯矩、剪力值如表 2 所示。

4.2 地表沉降计算结果分析

工况一: 基坑开挖至 0.5 m 后, 地表沉降曲线图如图 8。

工况二: 安装第一道支撑后, 地表沉降曲线图如图 9。

表2 支护结构计算结果汇总表				
序号	工况	最大变形/mm	最大弯矩/(kN·m)	最大剪力/kN
1	工况一:开挖至0.5 m	6.4	-33.9	12.4
2	工况二:安装第一道支撑	6.4	-33.9	12.4
3	工况三:开挖至3.14 m	7.8	92.8	-65.7
4	工况四:安装第二道支撑	7.8	92.8	-65.7
5	工况五:开挖至6.74 m	16.6	209.1	-189.6

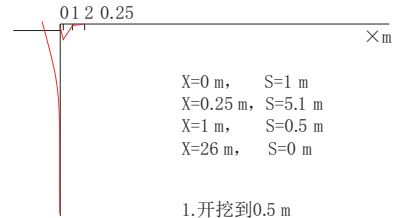


图8 基坑开挖至0.5 m后地表沉降曲线图

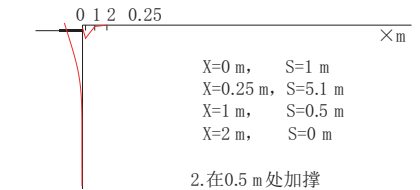


图9 安装第一道支撑后地表沉降曲线图

工况三:基坑开挖至3.14 m后,地表沉降曲线图如图10。

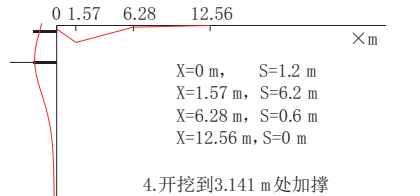


图10 基坑开挖至3.14 m后地表沉降曲线图

工况四:安装第二道支撑后,地表沉降曲线图如图11。

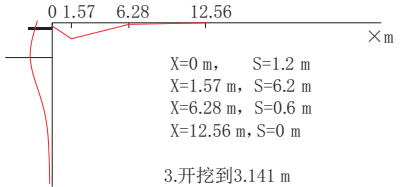


图11 安装第二道支撑后地表沉降曲线图

工况五:基坑开挖至6.74 m后,地表沉降曲线图如图12。地表沉降计算结果汇总见表3

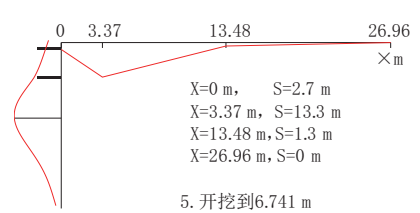


图12 基坑开挖至6.74 m后地表沉降曲线图

5 施工监控量测

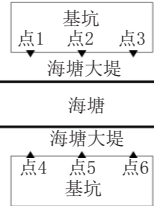
为真实掌握在施工过程中基坑支护结构和海塘

表3 地表沉降计算结果汇总表							
工况	距基坑横向距离/m						
	0	0.3	1	1.5	3.4	6.3	13.5
工况一:开挖至0.5 m	1	5.1	0.5	0	0	0	0
工况二:安装第一道支撑	1	5.1	0.5	0	0	0	0
工况三:开挖至3.14 m	1.2	2.2	4.5	6.2	5.5	0.6	0
工况四:安装第二道支撑	1.2	2.2	4.5	6.2	5.5	0.6	0
工况五:开挖至6.74 m	2.7	3.6	5.8	7.4	13.3	8.7	1.3

大堤的变形发展情况,动态指导施工,保证基坑施工和海塘大堤的安全,基坑施工期间,对基坑及支护结构的变形和其影响范围内的外部结构物,以及其它与施工有关的项目进行了监控测量。本文主要对支护桩顶水平位移、支护桩侧最大位移和海塘大堤防浪墙的竖向位移三个项目的监控量测数据进行了整理分析,详细数据见表4至表8。

表4 基坑监测项目及报警值					
编号	监测内容	监测频率/(次·d ⁻¹)	支护体系报警值		基坑周边监控报警值
			变化速率/(mm·d ⁻¹)	累计值/mm	变化速率/(mm·d ⁻¹) 累计值/mm
1	支护桩顶水平位移	1	2~3	25~30	— —
2	支护桩侧向最大位移	1	2~3	40~50	— —
3	邻近建(构)筑物垂直位移	1	—	—	1~3 20~60

表5 桩顶水平位移监测值						
监测阶段	监测点位					
	10# 墩基坑			11# 墩基坑		
	点1	点2	点3	点4	点5	点6
第一层土方开挖	3	3	2	1	0	1
安装第一道支撑	5	5	4	4	5	4
第二层土方开挖	12	15	12	10	11	8
安装第二道支撑	14	17	13	10	12	9
开挖至基坑底	16	18	14	12	14	12



6 结 语

奚家港主桥承台基坑施工边界条件复杂,坑外恒载、动载大,地质条件差,施工中采用的双向水泥搅拌桩+拉森钢板桩的复合支护桩结构不仅起到较

表6 10#墩基坑支护桩侧向最大位移监测数据表

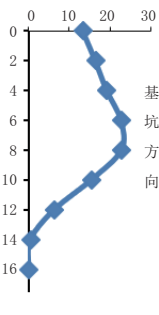
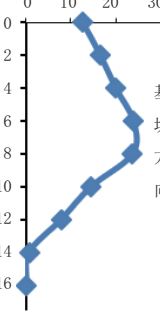
深度 /m	累计位移 /mm	围护桩侧向最大 位移监测图	深度 /m	累计位移 /mm	围护桩侧向最大 位移监测图
0.0	13.4		0.0	12.7	
2.0	16.5		2.0	16.6	
4.0	19.3		4.0	20.0	
6.0	22.8		6.0	23.9	
8.0	22.9		8.0	23.7	
10.	15.5		10.0	14.5	
12.0	6.4		12.0	7.9	
14.0	0.6		14.0	0.8	
16.0	0.1		16.0	0.2	

表7 11#墩基坑支护桩侧向最大位移监测数据表

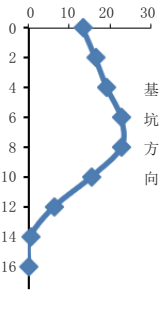
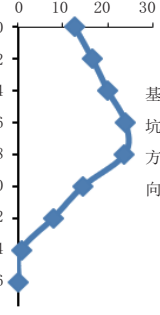
深度 /m	累计位移 /mm	围护桩侧向最大 位移监测图	深度 /m	累计位移 /mm	围护桩侧向最大 位移监测图
0.0	13.1		0.0	14.7	
2.0	15.7		2.0	18.5	
4.0	18.0		4.0	21.6	
6.0	20.6		6.0	24.3	
8.0	20.5		8.0	23.0	
10.	14.4		10.0	16.3	
12.0	5.3		12.0	7.5	
14.0	0.5		14.0	0.8	
16.0	0.1		16.0	0.2	

表8 防浪墙垂直位移监测值

单位:mm

监测阶段	监测点位								侧点位布置示意图
	10# 墩基坑侧				11# 墩基坑				
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	
第一层土方开挖	0	-0.1	0	0.1	0	-0.3	0	0.1	
安装第一道支撑	0	-0.1	-0.3	0	0	-0.3	-0.5	0	
第二层土方开挖	-0.1	-0.9	-1.2	-0.2	-0.1	-0.9	-1.4	-0.2	
安装第二道支撑	0	-1.4	-1.6	-0.2	-0.1	-1.1	-1.5	-0.2	
开挖至基坑底	-0.2	-2.2	-1.8	-0.4	-0.3	-1.4	-1.9	-0.4	

好的止水效果,而且水泥搅拌桩自身具有一定的强度,进一步提高了拉森钢板桩的抗弯刚度。双向水泥搅拌桩作为非主要支护结构,可在其自身未达到设计强度时即开挖第一层土体,施作第一层支撑,较SWM工法桩可缩短施工工期。通过奚家港主桥承台基坑的施工说明,采用双向水泥搅拌桩+拉森钢板桩的支护结构合理、可行,类似施工条件的深基坑可

参考借鉴。

参考文献:

[1] 罗伯成.桥梁深基坑开挖与支护的优化研究[D] 贵州:贵州大学,2017.

[2] 刘勇.河道内路基边坡处桥梁基坑施工技术分析[J].施工技术,2018 45(19):36-37.

[3] 孙文晴.桥梁深基坑钢板桩支护方案优选及数值模拟[D] 陕西:西安工业大学,2020.

[4] JGJ-120—2012,建筑基坑支护设计规程[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com