

苏州河河口水闸狭小空间基坑围护结构设计

陈 峰, 卢永金

(上海市水务工程设计研究院, 上海 200063)

摘要:在对苏州河河口水闸工程特点、周边环境和地质条件分析的基础上,经过方案比较选取双排地下连续墙作为基坑围护结构。通过对围护结构的整体稳定及围护桩的内力试算最终确定相应的计算特征参数,提出相关的施工技术要求和监测要求。在基坑运行过程中,围护结构有效的对周边建筑物进行了保护,保证水闸工程安全、顺利地实施。

关键词: 基坑; 围护结构; 地下连续墙; 苏州河河口水闸

中图分类号 :TV66 ;TU476⁺ .3

文献标识码 :B

文章编号 :1006-7647(2007)S1-0060-03

苏州河口水闸选址位于外白渡桥东侧,与金山路相对的苏州河口。水闸与河口同宽,北侧紧邻俄罗斯领事馆和海鸥饭店,南侧紧邻上海市人民英雄纪念碑和纪念碑外围空箱防汛墙。空箱内为外滩历史纪念馆。

水闸采用单扇液压卧倒门结构。根据工程总体结构布置需要,闸墩基础结构为桩基沉井,采用空箱预制构件,在船坞内制造完毕后,经黄浦江浮运至闸址现场沉放。由于现场的条件无法实施大开挖,为保证整个水闸结构施工顺利进行,闸墩沉井安全沉

放,并有效保护周边建筑物环境,需进行基坑围护,围护结构总体布置及与周边环境的关系见图1。

1 地质条件分析

根据工程地质勘察报告及收集周边建(构)筑物工程地质资料可知,现状地坪高程为 3.50 m(吴淞零点,下同),现状防汛墙墙前泥面高程为 1.0 m。拟建场地地貌属于上海地区四大地貌单元中的滨海平原类型,在所揭露深度 50.00 m 范围内的地基土均属第

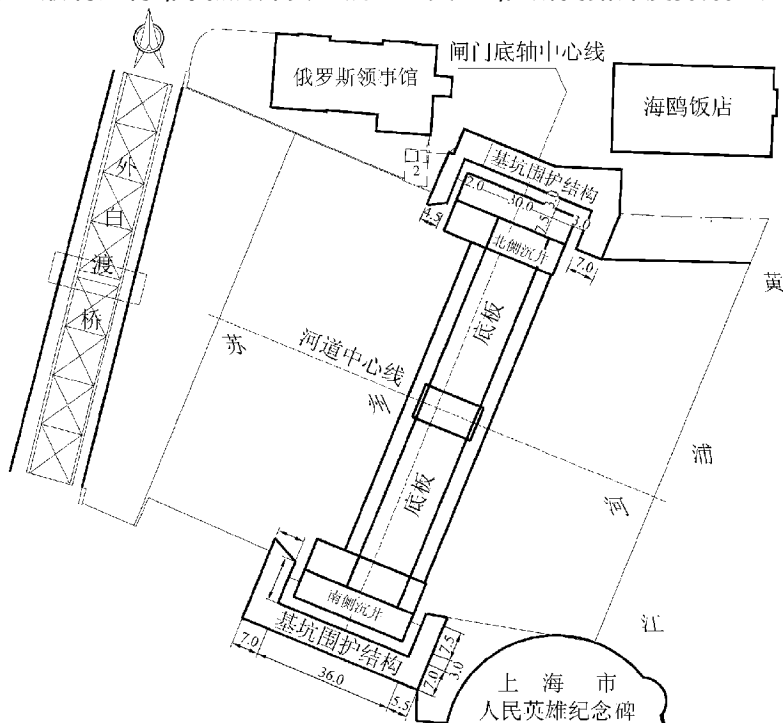


图 1 基坑围护结构总体布置(单位:m)

表 1 各土层主要物理力学指标

土层名称	平均层厚/m	状态	密度 $\rho/(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	含水量 $w/\%$	孔隙比 e	内摩擦角 $c/(\circ)$	黏聚力 f/kPa
①杂填土	2.65	流塑	1.71	44.4	1.26		
② ₃₋₁ 黏质粉土	4.15	松散	1.84	32.2	0.90	31.0	5
② ₃₋₂ 砂质粉土	3.96	稍密	1.82	33.6	0.92	32.0	4
④淤泥质黏土	6.18	流塑	1.70	46.6	1.31	12.0	12
⑤ ₁₋₁ 黏土	6.46	流塑	1.76	39.8	1.14	13.5	15
⑤ ₁₋₂ 粉质黏土	27.62	软塑	1.79	34.6	1.01	23.5	12
⑤ ₃ 粉质黏土	10.17	软塑	1.78	35.9	0.95	21.5	18

四系沉积物。各土层特性及物理力学指标见表 1。

从水闸结构设计和地质勘察报告分析可知,闸墩沉井座落于④层灰色淤泥质黏土上,该层土特性呈流塑状,高压缩性,物理力学指标较低。为保证基坑的稳定性,围护结构将穿越该层土,考虑到基坑作为临时性结构,需注重经济合理性,围护墙体底部初步选择座落于土性相对较好的下卧层⑤₁₋₂层土中。由于围护结构墙体主要位于第④层灰色淤泥质黏土和第⑤层灰色黏土中,土体呈流塑状,高压缩性,土质较差,无法提供较好的水平承载力,因此在设计中需严格控制基坑的变形,防止对周边建(构)筑物造成过大的影响。

2 基坑围护设计方案的选取

根据总体布置的要求,整个水闸施工中不允许对苏州河进行断流和长时间断航,而两侧围护结构的跨度距离达到 100 m,加上周边建(构)筑物密集,基坑方案无论是采用内支撑还是外锚式结构均不可行,唯一途径是采用自立式围护结构。

根据上海地区的经验,基坑围护单纯采用自立式结构,围护墙体变形较难控制^[1],而该工程周边分布着重要性较高的建筑,围护结构所处土层提供的水平抗力较小,经过详细的方案分析论证,最终确定采用双排半重力式围护墙结构。其中围护墙体结构采用两种方案进行比较:第一种方案为地下连续墙方案,第二种方案为 SMW 工法方案。

方案一采用双排地下连续墙形成格构型围护结构,格构内部对地下连续墙分幅墙体接缝处的土体采用高压旋喷注浆加固,地连墙顶部采用刚度较大的钢筋混凝土连梁连接,共同形成刚架半重力式围护结构^[2]。在原防汛墙结构外侧,由于无法施工地下连续墙,同时考虑该部位围护结构已位于苏州河内,闸墩沉井沉放过程中,坑内外形成的土压差较小,因此,拆除原防汛墙后,采用双排拉森Ⅳ钢板桩围堰进行围护,河床以内的钢板桩之间抛填袋装砂土至原地坪标高,然后整个钢板桩围堰内进行注浆处理。

方案二与方案一不同之处在于将地下连续墙更

换为高压旋喷桩,在桩身中插入焊接工字钢,共同组成水泥土复合重力式结构(SMW 工法)。两种方案的优缺点比较见表 2。

表 2 地下连续墙刚架半重力式和水泥土复合重力式围护结构比较^[3]

项 目	方案一	方案二
结构特点	围护结构刚度大,整体水平位移小,能有效地控制围护结构的变形。分幅墙体之间的连接可靠	围护结构相对方案一刚度较小,整体水平位移大。旋喷桩桩体之间连接接头多,连接的可靠性差
施工难度	难度较大,需专业的施工队伍,由于施工技术要求高,因此施工质量能得到较好的保证	难度相对较小,一般的施工队伍均能施工,但不同的施工素质对质量好坏影响大
投 资	投资相对较大,但保护周边重要建筑物的可靠性更高	在型钢回收的前提下,投资相对较小
质量控制及检测	相对较易控制	相对较难控制

经计算比较并通过专家咨询和评审,认为两种方案均能达到保证沉井施工的安全沉放以及周边建构筑物的安全。从结构的刚度比较,地下连续墙结构的刚度较大,但相对费用较高,考虑工程的重要性和周边环境的复杂性,推荐采用双排地下连续墙及隔墙形成的刚架半重力式基坑围护结构。

3 基坑围护结构的设计计算

在确定基坑围护方案的前提下,对围护结构进行详细的计算分析,首先针对不同的工况条件,通过稳定分析确定围护墙体的深度,然后运用有限元分析方法,采用杆系单元建立平面刚架模型对围护结构的内力和变形进行计算分析^[3]。

闸墩采用沉井法下沉,为避免下沉偏差过大,采取筑岛下沉,即下沉前需清除河床淤泥至 - 4.0 m (吴淞零点,下同)高程,再回填粗砂筑砂岛至 - 1.5 m 高程,然后沉放闸墩,因此在施工中,围护结构最不利工况是清除淤泥后与地面形成 7 ~ 7.5 m 的挡土高度。由于河床以下基坑围护并不完全形成临空面,只是沉井下沉过程中,侧壁与围护墙之间会形成一定范围的虚土,若采用闸墩沉井底作为基坑开挖的控制高程,则显得过于保守,因此根据沉井的下沉工艺和底板的设计参数分别对沉井面高程 - 4.0 m 和底板底高程 - 8.2 m 两种工况进行计算,经

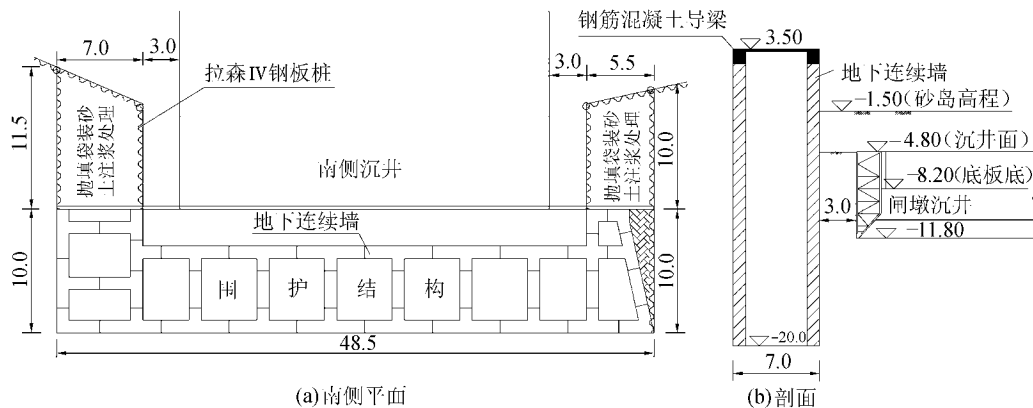


图2 基坑围护结构平面布置及剖面示意图(单位:m)

试算,围护墙体插入深度为15.2m,计算中考虑临河侧水压力的作用,各种工况条件下的具体计算结果见表3。

表3 两种工况稳定安全系数及位移

工 况	稳定安全系数				
	整体 稳定	墙底 抗隆起	抗倾覆 稳定	抗管涌 稳定	水平位移/ mm
设计工况 清淤后 河床高程-4.0m	1.8	3.9	1.2	3.60	36
设计工况 沉井面 高程-4.8m	1.6	3.6	1.1	3.04	73
校核工况 底板底 高程-8.2m	1.2	3.2	1.0	2.50	128

通过基坑围护方案的比选和推荐方案计算分析,确定围护结构的各项设计参数指标,南北两岸的围护体的平面布置分别由现状防汛墙岸线的走向和周边环境条件决定,并保证前后排地下连续墙的间距不小于6.0m,单幅墙体采用侧向刚度较大的T型槽段连接成格构框架式的整体围护结构,见图2。

4 技术要求和监测要求

根据围护结构的特点和受力模式分析,对基坑提出相关的技术构造措施要求。为了增加围护结构的刚度,前后排地下连续墙采用T型槽段,中间隔墙受力时呈受拉的趋势,因此墙体间的接头均采用刚性接头,并运用压顶导梁将墙体在顶部连为一体,形成整体受力结构。连续墙施工的成槽过程是最不利的时段。由于紧靠俄罗斯领事馆等重要建筑物,加上苏州河潮位变化,必然引起地下水位渗透压力的变化,影响槽段成槽,对此施工时需予以充分重视,采取有效控制措施,缩短工序时间,限制分幅宽度,调整泥浆配比,提高泥浆高度,严禁坍孔,保证成槽。

为保证围护结构施工成槽,浇筑过程及基坑运行过程中应始终加强观察,实施良好的控制,并提出了相关的监测内容和要求,监测内容包括围护墙顶变形、地下水位、墙体变形、土体侧向变形、墙体土压

力、地下连续墙的钢筋应力、临近建筑物的变形等。监测工作应在降水、基坑开挖前开始,根据总体布置,设立固定监测点,有计划地连续进行并完整地记录观测数据,监测仪器除了灵敏度和精度满足规定要求外,必须有良好的稳定性和可靠度,发现异常或达到预警值应及时采取防护对策。

5 结 语

苏州河水闸在整个施工过程中,由于受周围复杂环境的制约和本工程的特点,围护结构无法进行支撑和拉锚,通过多方案比较,采用了双排地连墙半重力式围护模式,基坑内不需采用支撑,空间开敞,钢壳沉井和底板的沉放、闸墩的制作与安装均无阻碍,给施工带来极大的方便,同时在保证施工安全的同时,有效地对周边建筑进行了保护。通过对围护结构自身和周边建(构)筑物的监测,两者的变形均在控制范围以内,满足工程的需要。

本工程基坑围护在设计和整个运行过程,均以变形作为主要控制要素,通过计算发现,单纯增加地连墙墙体厚度和深度并不能有效减小围护的最大变形,由于受场地的限制,两排墙体间的距离也仅能控制在一定的距离,因此在设计中增加刚度较大的导梁和对两排墙体间的隔仓土加固,通过监测分析,其效果是明显的,两种构造措施均能有效地将围护结构形成整体,加上刚度很大的地连墙,水平抗侧移能力较大,共同形成重力式的围护效果。

参考文献:

[1] 上海市水利工程设计研究院. 软土水利基坑工程的设计与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.
 [2] 陈峰, 姚慰城. 浅析黄浦江河口建闸工程岸边高挡墙结构设计问题[J]. 勘察科学技术, 2003(2): 13-17.
 [3] 上海市水利工程设计研究院. 上海市苏州河河口水闸工程基坑围护汇报材料[R]. 上海: 上海市水利工程设计研究院, 2003. (收稿日期: 2007-01-15 编辑: 熊水斌)