

文章编号:1001-4179(2011)20-0065-03

江苏省启东市大型船坞砂土模袋围堰设计

郭晓刚, 朱敏

(长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉 430010)

摘要:由于江苏省启东丰顺大型船坞口围堰工程施工需跨越 1~2 个长江汛期,为了保证坞口结构安全及施工顺利,必需设置围堰挡水。根据工程地理位置、水下地形及地质条件,结合以往江边工程施工经验,分析了在厚层淤泥质地基上建造砂土模袋围堰的结构设计难点,包括防止袋体析砂现象、背水坡坡体加固和施工降水和变形观测等,并提出了相应的对策。结果表明,工程选择的砂土模袋围堰具有适应能力强,施工速度快,造价低和易拆除等优点。

关键词:淤泥质地基; 船坞; 砂土模袋; 围堰; 江苏省

中图法分类号:U655.541 文献标志码:A

1 工程背景及平面布置

启东丰顺大型船坞口围堰工程建设地点位于江苏省启东市惠萍镇的启东市船舶制造工业园内,建设期 2.5 a,占地面积 60.5 hm²。工程由水工设备区、船体区、舾装区、动力设备区、办公与生活设备区等组成。水工建筑物主要包括 2.5 万 t 级船台 2 座、7 万 t 级船坞 1 座、总组平台 1 座、材料码头 1 座、临时堆场 3 处及 7 万 t 级舾装码头 1 座。

该工程施工须跨越 1~2 个长江汛期,为保证船坞坞口结构安全顺利施工,必须设置围堰挡水,围堰平面布置见图 1。本文根据工程地理位置、水下地形条件、地质条件、水文资料及以往江边工程施工经验,分析了在厚层淤泥质地基上建造砂土模袋围堰的结构设计要点和难点,提出了确保施工安全的工程对策,以期为类似船坞工程建造坞口围堰提供借鉴与参考。

2 设计条件

2.1 地形地貌

拟建场地东面为五效港,西面紧邻三条港。现状长江二道大堤内侧隶属惠萍镇长兴村十七组,长江一道大堤(防洪堤)外侧即为长江段,岸线长约 700 m。

地貌类型属长江三角洲冲积平原河口相新近沉积区,地貌单一,现状长江二道大堤内侧多为农田,局部为民居,沟、槽、人工开挖的塘较多,地表水体发育,多呈南北向展布。地形起伏稍大,现状陆地高程一般为 1.40~2.50 m;长江水域部分高程一般为 -3.50~-8.00 m。地势总体由北向南微倾。

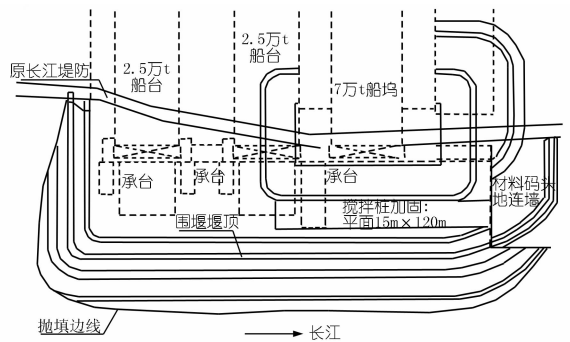


图 1 丰顺船坞坞口围堰平面布置

2.2 水文条件

(1) 按照《海港水文规范》(JTJ213-98)计算工程点的设计潮位如下。

设计高水位: 2.8 m (高潮 10%)

设计低水位: -1.43 m (低潮 90%)

极端高水位:4.5 m

极端低水位: -2.41 m

工程区 100 a 一遇防洪设计水位:4.72 m

(2) 2003 年 6 月和 2005 年 2 月对拟建工程附近区域进行了水文原型观测,结果表明,工程附近区域潮流主要属于不规则半日潮流,涨潮最大流速 2.28 m/s,流向 313°;落潮最大流速 2.20 m/s,流向 103°。

2.3 工程地质与水文地质条件

根据地质勘探,场址深度 -68.30 m 以浅揭示的地层均为第四纪松散沉积物,主要由粉土、淤泥质粉质黏土、粉质黏土、粉砂组成。根据其物理力学性质差异、成因、岩性等划分为 7 个工程地质层 14 亚层,各土层水平及垂向分布多欠均质,且浅部土体变化复杂。其中淤泥和淤泥质土层最大厚度达到 40 m。

各土层主要物理力学参数见表 1。

表 1 土层物理力学参数

层号	名称	重度 $\gamma/$ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	固结快剪标准值		渗透系数/($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)		承载力 标准值 $f/$ kPa
			$c/$ kPa	$\varphi/$ ($^{\circ}$)	水平	垂直	
①-1	冲填土	18.0	8	10	3×10^{-4}	1×10^{-4}	60
②-2	淤泥质粉质黏土夹粉土	17.8	10	12	4×10^{-6}	2×10^{-6}	60
②-3	粉土夹粉质黏土	18.8	10	20	2×10^{-4}	1×10^{-4}	120
③	淤泥质粉质黏土夹粉土	16.6	8	10	4×10^{-6}	2×10^{-6}	60
④	粉砂夹粉土	19.3	4	30	4×10^{-3}	3×10^{-3}	160
④-a	粉土夹粉砂	18.1	8	23	7×10^{-4}	4×10^{-4}	110
⑤-1	淤泥质粉质黏土夹粉土	17.2	10	12	4×10^{-6}	2×10^{-6}	80
⑤-2	粉土夹淤泥质粉质黏土	17.5	12	20	2×10^{-4}	1×10^{-4}	110

3 围堰方案设计

本工程船坞坞口场地较开阔,水下地形平缓,地下为深厚的软弱淤泥和淤泥质地层,场区附近粉细砂料源丰富,适合于采用砂土模袋建造挡水围堰。

3.1 堰顶高程的确定

船坞坞口结构施工时,需要挖除长江大堤局部堤段,围堰在施工期必须满足防洪要求。因此,围堰堰顶高程确定为 5.5 m,堰顶砌筑浆砌石防浪墙,墙顶高程 6.8 m,与长江大堤现状堤顶防浪墙高程一致。

3.2 围堰断面设计

根据场区地质条件和类似工程经验,确定砂土模袋围堰迎水侧边坡坡比一般为 1:2,2 m 高程处设 5 m 宽马道,边坡脚部抛填石笼压脚;背水侧边坡 2 m 高程以上坡比为 1:2,其余一般为 1:3,局部淤泥和淤泥质土开挖时,坡比可放缓至 1:4,2.2 m 高程处设 2.5 m 宽马道,-3.8 m 高程处设 3 m 宽马道,-9.5 m 高程处设 2 m 宽马道。围堰内基坑开挖最深为船坞坞

墩,开挖高程为 -13.0 m。-9.5 ~ 13.0 m 依靠坞首 450 mm 地连墙支护,可垂直开挖,见图 2。

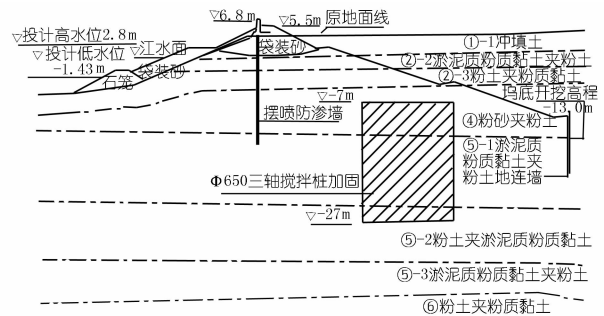


图 2 围堰横断面设计

3.3 堰体防渗设计

由于浅部人工吹填土层和④层等为透水土层,必须采取合适的防渗措施。本工程选用二重管高压摆喷水泥土墙进行防渗。摆喷防渗墙沿围堰轴线布置,上游侧接至长江大堤,下游侧接至材料码头 800 mm 地连墙,形成封闭式防渗体系。

3.4 边坡护面设计

为防止风浪冲刷,迎水坡采用 30 cm 厚 C20 灌砌块石护面。背水侧边坡采用 20 cm 厚干砌片石或 10 cm 厚现浇 C20 混凝土进行坡面防护。

4 稳定计算及边坡加固

4.1 边坡抗滑稳定标准

根据《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》(DL5180-2003),本工程围堰为 4 级临时性水工建筑物,其洪水设计标准可采用潮位重现期 20 a。在基本组合(正常运用)和特殊组合(非常运用)工况下,围堰上下游边坡最小抗滑稳定安全系数分别为 1.15 和 1.05。

4.2 边坡稳定计算

采用理正边坡稳定分析软件简化 Bishop 法进行稳定计算,工况及结果如下:

(1) 临水坡。江水位为设计低水位 -1.43 m,岸坡以上为自然岸坡,未开挖,最小安全系数为 1.382。

(2) 临水坡。江水位为设计高水位 2.8 m,岸坡以上为自然岸坡,未开挖,最小安全系数为 1.387。

(3) 背水坡。江水位为设计高水位 2.8 m,基坑开挖至最大深度 -13.0 m,最小安全系数为 0.963。

(4) 背水坡。江水位为设计高水位 2.8 m,基坑开挖至最大深度 -11.5 m;三轴深层搅拌桩加固坡脚

地层,最小安全系数为1.267。

(5) 背水坡。江水位为极端高水位4.5 m,基坑开挖至最大深度-13.0 m,最小安全系数为1.236。

4.3 背水坡加固设计

稳定计算结果表明,在江水位为设计高水位2.8 m,基坑开挖至最大深度-13.0 m时,围堰背水坡最小抗滑稳定安全系数仅为0.963,边坡处于不稳定状态。

为提高背水坡抗滑稳定性,经综合比选,采用深层搅拌桩对坡体进行加固。深层搅拌桩设置在船坞坞口120 m范围背水坡高程-3~-27 m,共布置11排,搅拌桩桩径 $\varnothing 650$ mm,桩长24 m。

围堰背水坡深层搅拌桩加固后,基坑开挖至最大深度-13.0 m时,各种江水位工况下围堰背水坡抗滑稳定性最小安全系数均满足规范要求。

5 工程难点分析及对策

(1) 围堰形式的选择应因地制宜。本工程围堰下卧深厚的软弱淤泥和淤泥质黏土层,压缩性高,固结速度慢,加荷以后地基沉降量大。这要求所设计的围堰结构应能确保整体稳定性,适应地基沉降变形大和不均匀沉降的要求。砂土膜袋围堰具有对深厚软弱地基适应能力强、施工速度快、造价低、易于拆除等优点^[1],特别适合于本工程采用。

(2) 护坡设计应防止袋体析沙现象发生。本工程附近河段位于长江口段,风浪大。由于土工膜袋有一定的延伸率,在波浪动荷载作用下,编织布孔径会发生变化,而砂袋填料较细,如果砂料与土工膜袋孔径不匹配,风浪冲刷作用下充填料易被析出。经比选,本次设计选用 300 g/m^2 无纺布编织砂袋,采用灌砌块石护坡

防浪,可有效防止袋体析沙现象发生。

(3) 围堰背水坡坡体稳定性加固。稳定计算结果表明,基坑开挖过程中围堰背水坡抗滑稳定性不足,必须进行边坡加固。首先,方案设计时,因地制宜选用工程材料,通过优化堤身结构,充分利用场地空间,尽可能将坡度做缓,可提高围堰抗滑稳定性,降低边坡加固成本;其次,由于加固深度较大,设计采用三轴搅拌桩进行深层土体加固,以确保加固效果。

(4) 施工中应加强降水和工程变形监测。工程场地地质条件差,软弱地层分布厚度大,承压水水头标高与长江水位关系密切。在坞首基坑开挖至基底标高时,围堰需承受约17 m的水头,为了确保坞首基坑开挖和坞首结构施作的安全,必须对围堰进行深层土体变形及表层土体位移和沉降观测。在基坑开挖过程中,应加强施工降水和变形监测,做好应急预案,确保工程安全、顺利进行。

6 结语

本工程船坞坞口场地较开阔,水下地形宽缓,地下为深厚的软弱淤泥和淤泥质地层,适合于采用砂土模袋建造挡水围堰。

实践表明,砂土膜袋围堰对深厚软弱地基具有很强的适应能力,同时施工技术简单,施工速度快,工程费用低,在类似工程条件下非常利于推广使用。

参考文献:

- [1] 石小强,阮龙飞. 上海外高桥造船基地船坞围堰工程的设计与施工[J]. 水利技术监督,2001,(1):35-38.

(编辑:李慧)

Design of cofferdam of large scale dock in Qidong City, Jiangsu Province, using sand mold bag

GUO Xiaogang, DONG Zhichao, ZHU Min

(Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China)

Abstract: The construction of cofferdam of Qidong large scale dock would go through 2 flood seasons of Yangtze River. In order to ensure the safety of the structure of dock entrance and the smooth construction, the cofferdam should be set for water retaining. According to the geographic location, underwater topography and geological condition, combining with the experience of riverside construction, the key points of structural design of cofferdam of large scale dock on thick muddy foundation using sand mold bag are analyzed, including prevention of sand precipitation, reinforcement of downstream slope body, construction dewatering and deformation monitoring. The countermeasures were proposed correspondingly. The results show that the cofferdam using sand mold bag has advantages such as strong adaptability, quick construction, low cost and easy removal etc.

Key words: muddy foundation; dock; sand mold bag; cofferdam; Jiangsu Province