

基于堤防工程技术的油墩港航道两侧护岸结构型式设计方案研究

李菲菲, 吴坤坤

(上海市城市建设设计研究总院, 上海 200120)

摘要:文章从堤防工程设计角度出发, 兼顾河道的航道要求, 对油墩港航道两侧护岸结构进行稳定及结构计算, 提出了安全且经济可行的设计方案。

关键词:航道; 护岸; 设计计算

中图分类号: U612.32

文献标识码: A

文章编号: 1671-9891(2016)01-0066-04

0 引言

油墩港航道位于上海市西部, 贯穿青浦、松江二区, 航道北起吴淞江, 南至黄浦江上游泖港段, 全长约 36.5 km。青浦区内跨越油墩港的多条通道中, 鹤星路—鹤墩路段的油墩港桥由于桥梁结构老旧, 已不能满足地区交通发展的需求。为周边居民生活及生产安全考虑, 该桥梁(以下简称“鹤星路桥”)的拆除新建迫在眉睫。根据上海市水务局印发的《上海市跨、穿、沿河构筑物河道管理技术规定(试行)》, 桥梁建设时, 其垂直投影面内及上、下游各 30 m 河道两岸堤防(防汛墙)需同步按规划要求实施。根据鹤星路桥平面布置, 桥墩位于规划蓝线以外。因此, 桥墩上、下游各 30 m 及桥梁垂直投影段 8 m 范围内(共计 38 m)两岸均需新建护岸结构, 实现防洪圈的闭合。本文首先根据油墩港规划航道要求, 计算船行波, 初步拟定两方案护岸结构大小, 再通过河岸整体稳定计算、结构强度计算、承台水平位移控制等设计计算确定设计方案结构具体尺寸, 最后通过单米护岸结构投资造价, 从技术和经济两方面确定优选方案。

1 工程概况

该项目位于上海市青浦区白鹤镇, 场地在自然地面以下 72 m 内各土层均为第四系沉积物, 由粘性土、粉性土、砂性土等组成。第①层浜土, 层厚约 2.56 m; 第②层褐黄—灰黄色粉质黏土, 层厚约 1.70 m, 中等压缩性, 物理力学性质较差; 第③层灰色淤泥质粉质黏土, 厚度约 3.10 m, 高等压缩性, 土层物理力学性质很差; 第④层暗绿—灰黄色粉质黏土, 层厚约 4.00 m, 中等压缩性, 土层物理力学性质较好; 第⑤层褐黄—灰黄色砂质粉土, 层厚约 11.40 m, 中等压缩性, 土层物理力学性质较好, 为较好的桩基持力层。

根据《青浦区白鹤镇水利专业规划》, 油墩港为青松大控制片的片内圩外河道, 河道工程等别为Ⅲ等工程, 护岸(坡)等主要建筑物级别为 3 级, 临时建筑物级别为 5 级。防洪标准按照 50 年一遇的区域防洪标准。^[1]油墩港属于市级河道, 规划河底高程 -2.00 m(上海吴淞零点为基准, 下同), 河底宽 40 m, 规划河口宽 70 m, 两岸陆域控制宽度均为 15 m。油墩港规划航道等级为Ⅲ级, 通航净宽 60 m。工程特征水位为: 规划最高水位 3.50 m, 常水位 2.60 m, 预降低水位 1.50 m, 校核高水位 3.77 m。同时, 油墩港作为Ⅲ级航道, 最高通航水位 3.60 m, 最低通航水位 2.20 m。

2 护岸结构设计

2.1 设计方案

(1) 拟定两种护岸结构方案。油墩港护岸结构应同时满足区域水利规划和航道等级标准。根据水利规

收稿日期: 2015-10-12

作者简介: 李菲菲(1982—), 女, 江苏如东人, 上海市城市建设设计研究总院工程师, 硕士。

划,油墩港堤顶高程不应低于4.20m。同时,油墩港作为Ⅱ级航道,护岸设计应考虑船行波的影响。根据《内河航道工程设计规范》附录C计算得,油墩港船行波波高 $H_c = 0.369$ m,船行波爬高 $R_u = 0.446$ m。^[2]根据《内河航道工程设计规范》8.3.2条第一款,护岸的防护高程应不低于以下三者之高值:①设计最高通航水位以上设计船行波爬高;②设计最高通航水位以上1倍设计船行波波高;③设计最高通航水位以上0.5 m。因此,根据航道相关规范确定的堤顶高程不低于 $3.60(\text{最高通航水位}) + 0.50 = 4.10$ m,油墩港护岸堤顶设计高程取水利规划与航道规范所确定堤顶高程之大值,即4.20 m。

根据《内河航道工程设计规范》8.3.2条第二款,刚性防护结构的底高程不得高于最低通航水位以下3倍设计船行波波高,且不得高于最低通航水位以下0.50 m。因此,油墩港护岸结构防护底高程不高于 $2.20(\text{最低通航水位}) - 3 \times 0.369 = 1.093$ m。同时,护岸墙前泥面高程按最低通航水位-船舶吃水深度-富裕水深计算,即不高于 $2.20 - 2.60 - 0.20 = -0.60$ m。根据上述分析,护岸设计拟定以下两种方案:方案一,C30钢筋混凝土高桩承台,L型墙身,墙顶高程4.20 m,基础为前板桩后方桩,墙前泥面高程-0.60 m;方案二,C30钢筋混凝土低桩承台,L型墙身,墙顶高程4.20 m,基础为双排方桩,墙前泥面高程-0.60 m。

(2)设计计算。

①河岸的边坡抗滑稳定计算方法采用《堤防工程设计规范》中F.0.3的瑞典圆弧法:

$$K = \frac{\sum[(W \pm V) \cos \alpha - ub \sec \alpha - Q \sin \alpha] \tan \varphi' + c' b \sec \alpha}{\sum[(W \pm V) \sin \alpha + M_c / R]} \quad (1)$$

式中, W 为土条重量(kN); Q 、 V 为水平和垂直地震惯性力(V 向上为负,向下为正)(kN); u 为作用于土条底面的孔隙压力(kN/m²); α 为土条重力线与通过此土条底面中点的半径之间的夹角(°); b 为土条宽度(m); c' 、 φ' 为土条底面的凝聚力(kN/m²)和内摩擦角(°); M_c 为水平地震惯性力对圆心的力矩(kN·m); R 为圆弧半径(m)。^[3]

②防洪墙沿土基地面的抗滑稳定安全计算采用《堤防工程设计规范》中的F.0.6公式:

$$K_c = \frac{f \sum W}{\sum P} \quad (2)$$

式中, $\sum W$ 为作用于墙体上的全部垂直力的总和(kN); $\sum P$ 为作用于墙体上的全部水平力的总和(kN); f 为底板与堤基之间的摩擦系数。

③防汛墙基底压应力计算采用《堤防工程设计规范》中的F.0.8公式:

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{\sum G}{A} \pm \frac{\sum M}{\sum W} \quad (3)$$

式中, $\sigma_{\max/\min}$ 为基底应力的最大值或最小值(kPa); $\sum M$ 为荷载对底板形心轴的力矩(kN·m); $\sum W$ 为底板的截面系数(m³); A 为底板的面积(m²)。

针对两种方案,通过计算可知:

①3级堤防工程边坡抗滑稳定系数 K 应分别满足不小于1.20(运行期)、1.10(施工期)、1.05(地震期)。方案一各工况 K 分别为1.422、1.524、1.656,方案二各工况 K 分别为1.284、1.312、1.461。两方案边坡抗滑稳定系数均满足要求,但由于方案一前排采用连续的板桩,对边坡的稳定起到一定的作用,因此方案一各工况的边坡抗滑稳定系数均大于方案二。

②3级防洪墙沿土基地面的抗滑稳定安全系数 K_c 应分别满足不小于1.25(运行期)、1.10(施工期)、1.05(地震期)。方案一各工况 K_c 分别为1.19、1.15、1.96,运行期不满足要求;方案二各工况 K_c 分别为1.00、0.89、1.14,运行期、施工期均不满足要求。可见,由于挡土高度较高,墙后地下水与墙前水位的水头差较大,墙体结构承受的水平向土压力和水压力较大,两方案沿土基地面的抗滑稳定安全系数均无法满足规范要求。

③工程所在区域土基上的防洪墙基底应力的最大值与最小值之比,不应大于2.00(基本组合)、2.50(特殊组合)。方案一各工况基底应力比分别为7.60、6.56、3.65,均不满足要求;方案二各工况基底应力比分别为6.10、10.83、2.72,也不满足要求。可见,由于结构底板所在的③₁层灰色淤泥质粉质黏土为软弱地基,且地基允许承载力较小,无法承担护岸的基底应力。^[4]

根据上述(2)、(3)结论,两方案基础均需采用预制桩基进行地基处理。通过试算,确定方案一前排采用

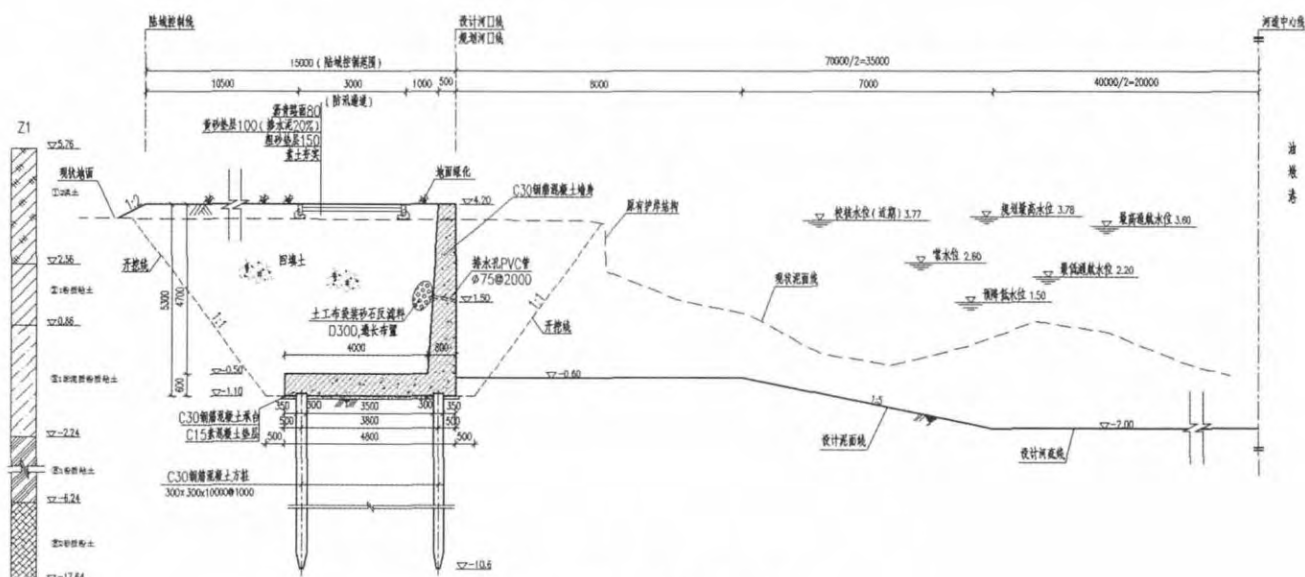


图 2 方案二护岸结构详图

(1)为满足航道要求,护岸结构防护高程应不高于 1.093 m,墙前泥面不高于-0.60 m;

(2)两方案边坡抗滑稳定系数均满足要求,但方案一基础采用“前板后方”,对边坡的抗滑稳定较方案二更有利;

(3) 两方案基础采用预制桩基进行地基处理是非常必要的。为满足地基承载力及桩顶位移控制要求, 方案一基础桩长需 8 m, 方案二基础桩长需 12 m;

(4)方案一单米直接工程费小于方案二,且方案二需额外增加围堰措施费,相比之下,方案一更经济。

综合比较方案一、方案二,推荐方案一作为油墩港航道两侧护岸结构型式。

3 结束语

本文从堤防工程设计角度出发,兼顾河道的航道要求,严格参照水利、航道相关行业规范,以结构稳定和强度计算为研究重点,对工程范围内的油墩港两侧护岸进行结构型式拟定、设计计算、施工方式初拟,得出该护岸采用高桩承台结构型式更安全、经济、可行的结论,对于航道两侧的护岸结构设计有借鉴意义。

参考文献:

- [1]刘彦理.青浦区白鹤镇水利专业规划[R].上海:上海浩韵水务工程规划设计有限公司,2012.
- [2]中华人民共和国水利部.GB50286-2013 堤防工程设计规范[S].北京:中国计划出版社,2013.
- [3]沈长松.水工建筑物[M].北京:水利水电出版社,2008.
- [4]景志鸿.运河通航与工程护岸[J].泥沙研究,1990(1):55-58.

Study on Design Plan of the Revetment Structure of the Oil Pier Port Channel Based on Embankment Engineering Technology

LI Fei-fei, WU Kun-kun

(Shanghai Urban Construction Design & Research Institute, Shanghai 200120, China)

Abstract: From the angle of embankment engineering design, this article, combined with the requirements of the channel, makes a stability and structure computation of the revetment structure of the oil pier port channel as well as puts forward a safe, economical and feasible design plan.

Key words: Channel; Revetment; Design computation