



大圆弧防浪墙在防波堤工程中的应用

刘丽娜, 黄明毅

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 为了有效降低斜坡堤的顶高程, 同时又不降低抗御波浪爬高的标准, 常在堤顶设置防浪墙。大圆弧防浪墙首次在国内的防波堤工程中应用, 节约工程投资并增强墙身的景观效果。对实际工程进行断面物理模型试验, 通过实测越浪量与规范计算结果对比, 进一步验证在防波堤工程中采用大圆弧防浪墙具有一定的经济型和合理性。

关键词: 斜坡堤; 波浪爬高; 大圆弧防浪墙; 断面物理模型试验

中图分类号: U 656.31

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)10-0149-03

Application of great-circle wave wall on breakwater

LIU Li-na, HUANG Ming-yi

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: In order to reduce effectively the top elevation of breakwater without lowering standards to resist wave run-up, wave wall is often set on the levee crest. The great-circle wave wall is applied for the first time to the domestic engineering, which can save project investment and strengthen landscape effects. The comparison based on the physical model test between the measured results and the specification calculations can certify the economical efficiency and rationality of the great-circle wave wall further.

Key words: breakwater; wave run-up; great-circle wave wall; physical model test of cross-section

斜坡堤是在防波堤、海堤、护岸等防浪建筑物中采用较广的一种形式, 大量海堤损毁事件表明越浪曾导致许多海堤的破坏。防波堤的越浪量主要受堤顶高程控制, 影响越浪量的主要因素有海堤的结构形式(包括堤顶高程、有无设置防浪墙或平台、护面形式等)、海堤堤脚处水深、堤前入射波要素、风速等。只要堤顶足够高, 越浪是可以避免的, 但由于经济的制约以及设计水位与设计波高的不确定性, 在海堤建成后完全避免越浪是不切实际的, 为了减小堤身断面的土石方量而又不降低抗御波浪爬高的标准, 在堤顶常设置防浪胸墙^[1]。如何设置防浪墙, 既可保证其稳定要求, 又能满足其容许越浪量, 就是一个亟待解决的问题。在实际工程中, 提出一种大型反弧挡浪墙的海堤结构方案, 即大圆弧防浪墙结构方案^[2-3]。

1 工程背景

嵊泗县洋山大岙避风港防波堤工程位于浙江省嵊泗县大洋山岛东南侧南岙浅滩。防波堤主要功能为防波挡浪, 改善港内泊稳条件和减小港内波高。防波堤总长1 600 m, 其中直线段长1 300 m, 圆弧段长300 m。防波堤采用抛石斜坡堤结构, 防浪墙顶高程为8.0 m(85国家高程, 下同), 堤顶高程为4.5 m, 堤顶宽度为12.2 m。

1.1 自然条件

1.1.1 设计水位

本工程潮位及设计高程均以85国家高程作为起算面。

设计高水位2.15 m(高潮累积频率10%潮位); 设计低水位-1.83 m(低潮累积频率90%潮位); 极端高水位3.35 m(50 a一遇高潮位); 极

收稿日期: 2013-08-10

作者简介: 刘丽娜(1982—), 女, 工程师, 从事港口、海岸工程设计及研究工作。

端低水位-2.83 m (50 a一遇低潮位)。

1.1.2 设计潮流及波浪

1) 潮流。潮汐主要受东海前进波控制,属非正规浅海半日潮型。本海区潮汐强度中等,最大潮差5.03 m,平均潮差2.75 m,工程区域测站的可能最大流速为1.87 m/s。

2) 波浪。根据《嵊泗县洋山大岙避风港防波堤工程设计波要素复核、港内波高计算及波浪断面试验补充报告》,工程区域的设计波要素见表1。

表1 大岙避风港防波堤工程设计波要素

| 潮位 | $H_{1\%}/m$ | $H_{5\%}/m$ | $H_{13\%}/m$ | T/s | L/m |
|-----------------|-------------|-------------|--------------|-------|-------|
| 极端高潮位时(3.35 m) | 6.09 | 5.14 | 4.42 | 8.37 | 84.87 |
| 设计高潮位时(2.15 m) | 5.80 | 4.90 | 4.22 | 8.20 | 79.83 |
| 设计低潮位时(-1.83 m) | 4.93 | 4.23 | 3.69 | 7.78 | 64.78 |

注:50 a一遇值,波向为SE向。

1.2 设计标准

1) 防波堤的建设标准。防波堤的结构安全等级定为Ⅱ级水工建筑物,按重现期50 a一遇设计。

2) 抗震烈度。本工程区域地震设防烈度为7度,设计基本地震加速度值为0.10g。

2 防浪墙设计

根据本工程自然条件、地质条件、建材来源以及防波堤的功能要求,防波堤采用抛石斜坡

堤结构(图1)。防波堤堤心石采用10~200 kg的开山块石,外海侧护面采用7 t扭王字块体,坡度为1:1.75,外海侧水下棱体采用800~1 000 kg块石;港池侧护面坡度为1:1.5,在-2.0 m高程以上采用干砌块石护面,在-2.0 m以下采用400~600 kg块石护面,港池侧水下棱体采用100~200 kg块石。

本次防波堤工程堤顶设防浪墙结构,为了减小堤身断面尺寸,最大程度节省投资,综合业主意见,堤顶设计高程为4.5 m,控制越浪量 $<0.05 \text{ m}^3/(m \cdot s)$ 。根据经验估算,若要达到要求的越浪量标准,防浪墙设计顶高程需达到约8.8 m。根据已有工程经验,防浪墙高度一般不超过1.2 m,而本工程中堤顶与防浪墙顶高程相差达 $8.8 \text{ m}-4.5 \text{ m}=4.3 \text{ m}$ 。如此高度的防浪墙需要庞大的混凝土体量维持其稳定,一方面自重增加,会增加堤心沉降;另一方面增加工程造价,施工也会造成困难。为了解决这一矛盾,综合考虑工程条件,并总结国内外已有研究经验,在本次防波堤施工图设计中,防浪墙采用大圆弧的结构形式。

与普通直立型防浪墙相比,大圆弧防浪墙迎水面为弧形,波浪沿弧形上爬,至圆弧上半段被引导反挑,波浪离开防浪墙时,其运动方向为堤身外侧。而直立型防浪墙在相同工况下波浪斜向冲击防浪墙,导致波浪反射、破碎,波浪反射后

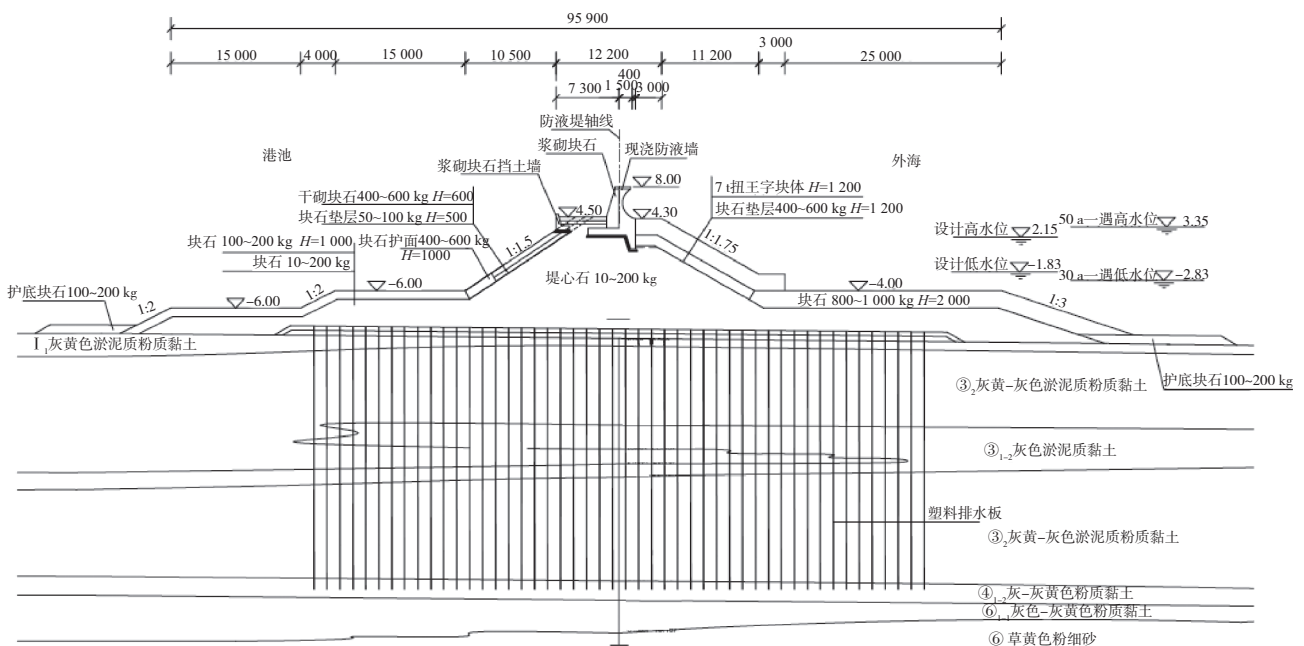


图1 防波堤典型断面

的运动方向斜向上方, 与水平面存在一定夹角, 因此在相同条件下, 直立型防浪墙比大圆弧防浪墙的越浪量大, 也就是说, 在相同越浪量的情况下, 大圆弧防浪墙顶高程较之直立型防浪墙顶高程可以适当降低。根据已有研究并分析, 初步确定本防波堤工程大圆弧防浪墙设计高程为 8.0 m。

防浪墙墙身总高 5.7 m, 总宽 5.5 m。此外由于防波堤堤顶与墙顶高差较大, 防浪墙自身稳定很难满足规范要求, 本工程中创新性地在墙前设置 1.6 m 深前趾以满足墙体抗滑抗倾要求。为了节省混凝土用量, 方便施工, 防浪墙采用浆砌块石和现浇混凝土结合的形式。在墙身迎水面设置大圆弧形式, 圆弧半径 1.84 m。大圆弧防浪墙结构见图 2。

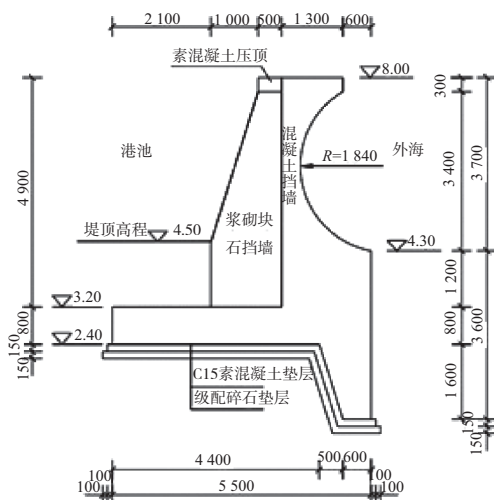


图 2 大圆弧防浪墙结构

3 断面物理模型试验

3.1 试验概况

试验在河海大学水资源及水利工程国家重点实验室航道实验大厅 80 m 长的不规则波浪水槽中进行。水槽宽 0.8 m, 高 1.6 m, 有效试验段宽 0.5 m。水槽一端安装了推板式不规则生波机, 通过电机系统控制推波板运动行程和频率, 波高由电容式浪高仪测定, 所有量测信号均通过计算机采集、记录和分析。试验模型距生波机约 45 m。模型比尺为 1:27.2。

模型按重力相似原理设计, 模型设计的基本思路是保证模型的几何相似性。试验分别采用规

则波和不规则波进行。稳定性试验采用间断开启生波机方式, 波浪累计作用时间相当于原型作用时间约 2.5 ~ 3.0 h。每组试验重复 3 ~ 5 次。

3.2 相关试验结果

1) 在 50 a 一遇极端高水位 3.35 m 与 50 a 一遇风浪组合情况, 在 $H_{1\%}$ 规则波作用下, 胸墙稳定。在不规则波作用下, 除个别大波作用时胸墙有轻微震动外, 经过一个风暴过程 (相当于原型 3 h) 作用后, 胸墙无位移、倾斜等现象发生, 稳定。在该水位时的越浪量为 $0.042 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ 。

2) 在设计高水位 2.15 m 与 50 a 一遇风浪组合情况, 在 $H_{1\%}$ 规则波和不规则波作用下, 各部分的稳定性与极端高潮位时基本相同, 胸墙稳定且震动现象发生。经过一个风暴过程 (相当于原型 3 h) 作用后, 胸墙无位移、倾斜等现象发生, 稳定。在该水位时无越浪。

4 试验结果分析

根据 JTJ 213—1998 《海港水文规范》^[4] 8.2.4.3 条, 斜坡堤顶有胸墙时, 堤顶的越浪量按下式计算:

$$Q = 0.07^{H'_{c1}/H_{1/3}} \exp\left(0.5 - \frac{b_1}{2H_{1/3}}\right) BK_A \frac{H_{1/3}^2}{T_p} \cdot \left[\frac{0.3}{\sqrt{m}} + \text{th}\left(\frac{d}{H_{1/3}} - 2.8\right) \right] \ln \sqrt{\frac{gT_p^2 m}{2\pi H_{1/3}}} \quad (1)$$

计算理论越浪量见表 2。

表 2 理论越浪量计算对比

| 堤顶高程/m | 防浪墙顶高程/m | 越浪量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$ |
|--------|----------|---|
| 4.5 | 8.8 | 0.042 4 |
| 4.5 | 8.0 | 0.057 3 |

从表 2 可以看出, 当防浪墙顶高程为 8.0 m 时, 按照规范计算结果不满足使用要求。当采取大圆弧防浪墙结构后, 防浪墙顶高程 8.0 m 时, 物理模型试验结果表明, 在 50 a 一遇极端高水位 3.35 m 与 50 a 一遇风浪组合情况, 在 $H_{1\%}$ 规则波作用下, 胸墙稳定。在该水位时的越浪量为 $0.042 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{s})$ 。与防浪墙顶高程 8.8 m 时的理论越浪量计算值相当。

(下转第 154 页)