



科伦坡港口城外防波堤堤顶高程的确定

李春潮^{1,2}, 曾南海¹, 刘东征²

(1. 中国港湾工程有限责任公司, 北京 100027; 2. 中交天津航道局有限公司, 天津 300461)

摘要: 在地质条件及防波堤断面形式基本确定的前提下, 防波堤堤顶高程是决定防波堤造价的主要因素之一。分析特许协议文件中外防波堤相关要求并考虑景观要求, 认为堤顶高程应在 3.0~4.0 m; 分析工程所在区的自然条件及设计要素, 确定防波堤的结构形式; 在允许越浪的条件下, 计算堤顶高程的范围; 通过防波堤护面块体稳定性二维物理模型及波浪泥沙整体物理模型试验来验证护面块体稳定性和人工沙滩冲淤变化, 并测量堤后不同位置处的绕射或越浪引起的次生波高; 根据工程量及施工工艺选定较优的高程方案, 为工程设计提供参考。

关键词: 防波堤; 堤顶高程; 模型试验

中图分类号: U 656.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)09-0094-05

Determination of top elevation for Colombo port city off-breakwater

LI Chun-chao^{1,2}, ZENG Nan-hai¹, LIU Dong-zheng²

(1. China Harbor Engineering Co., Ltd., Beijing 100027, China; 2. CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd., Tianjin 300461, China)

Abstract: The top elevation of breakwater is one of the main factors of breakwater construction cost under certain geologic condition and breakwater cross section type. Analyzing the *Concession Agreement and Employer's Requirements* for the breakwater, and considering the landscape requirements, we determine that the breakwater top elevation shall be between 3.0~4.0 m; Analyzing the natural conditions and design elements of the engineering area, we determine the structural type of the breakwater; Under the allowable wave overtopping, we calculate the the scope of breakwater's top elevation; By 2-D stability physical model tests and 3-D physical model test, we verify the stability of armor blocks and the artificial beach's sediment change, and measure the wave height after the breakwater caused by different locations of diffraction wave or secondary wave height; Comparing the construction quantities and construction technology, we select the optimal elevation, which may serve as reference for the engineering design.

Keywords: breakwater; top elevation; physical model test

科伦坡港口城项目位于斯里兰卡首都科伦坡南集装箱码头以南近岸海域, 与科伦坡现有的 CBD 区相连, 拟填海造地面积 2.67 km² 并进行土地的一级开发和二级开发。规划范围北至科伦坡南港防波堤, 南至 Galle Face Green, 东至现有海岸线。港口城开发项目东西向长 2.7 km, 南北向长 2.4 km, 总面积 4.5 km²。自然水深从陆域向海侧渐变至水深 -21 m。工程主体由陆域吹填、防波堤、拦砂堤、潜堤、护岸、游艇码头及陆域上

部各种建筑结构组成 (图 1)。

外防波堤总长 3 245 m, 根据港口城项目公司与斯里兰卡港务局签署的《特许协议》的要求^[1], 建设外防波堤的目的是为港口城进行波浪保护, 包括形成良好的水域条件、为港口城发展提供一个安全的平台, 主要包括以下条件:

1) 考虑到景观的要求, 防波堤不能太高, 允许越浪, 高度在 3.0~4.0 m;

收稿日期: 2015-01-02

作者简介: 李春潮 (1981—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口航道设计管理工作。

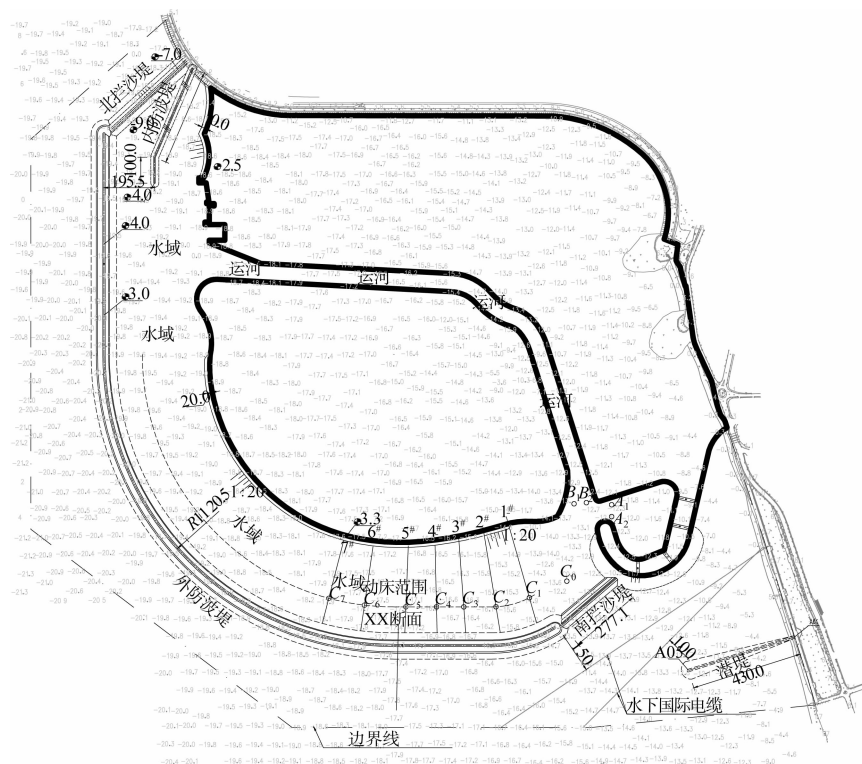


图 1 港口城平面布置

- 2) 在防波堤后应该有 300 m 的区域提供水体交换;
- 3) 防波堤建设能够改善进入港口城游艇的航行条件。

在落实《特许协议》的基础上; 根据相关研究^[2], 首先确定防波堤的结构形式, 并计算堤顶高程的范围; 通过物理模型试验验证护面块体稳定性、分析人工沙滩冲淤变化、并测量堤后不同位置处的绕射或越浪引起的次生波高, 为改善港口城游艇航行条件提供基础数据; 最后通过工程量及施工工艺选定较优的高程方案, 并提出相关建议。

1 自然条件

1.1 潮位、潮流

依据 12 个月的潮位观测资料, 本工程海域月平均水位基本处在 0.38 ~ 0.61 m, 实测最高水位为 1.06 m, 超过 1.00 m 的水位出现过几次。测量期间, 出现过比较明显的风暴潮增水现象。其中 1953—1972 年 20 a 期间实测最高水位为 1.18 m (出现时间 1958 年 12 月); 1991—1997 年实测最

高水位为 1.16 m。并且港口城所处海域属于不规则半日潮, 日潮不等现象明显^[3]。

本海域潮流属规则全日潮流性质, 各层潮流的可能最大流速介于 0.10 ~ 0.33 m/s。

1.2 波浪

斯里兰卡西部及西南岸线波浪主要由风浪和涌浪两部分组成, 风浪周期较短, 一般在 3 ~ 8 s; 涌浪周期较长, 为 8 ~ 20 s, 涌浪主要源自斯里兰卡南部深水海域, 涌浪从深水到浅水传播过程中, 受地形影响发生折射, 波向改变。Galle 港西南方向外海海域涌浪观测资料显示, 该海域波向较单一, 约为 187°, 当波浪传播到科伦坡海域 - 20 m 水深位置时波向变为 225°。科伦坡涌浪波向变化范围在 200° ~ 270°, 偏西向浪主要受较大周期的风浪影响。西南季风期, 本海域以涌浪作用为主。

相反, 受风向变化影响, 风浪浪向变化较大。每年的 5—9 月 (西南季风期), 风向主要为西南向, 风浪浪向也以该方向为主; 每年的 12 月到次年 2 月 (东北季风期), 风向改变, 风浪浪向以北向为主。

验来进一步验证。

4.1 护面块体二维物理模型验证

考虑到计算的堤顶高程为 3.5 ~ 5.7 m, 而特
许协议要求的 3 ~ 4 m, 初步验证堤顶高程在 3 m

及 4 m 条件下, 护面块体的稳定性。

4.1.1 验证断面

验证断面选在 XX 位置(图 1)。根据堤顶高程的不同,选取典型断面 1(图 3)、典型断面 2(图 4)。

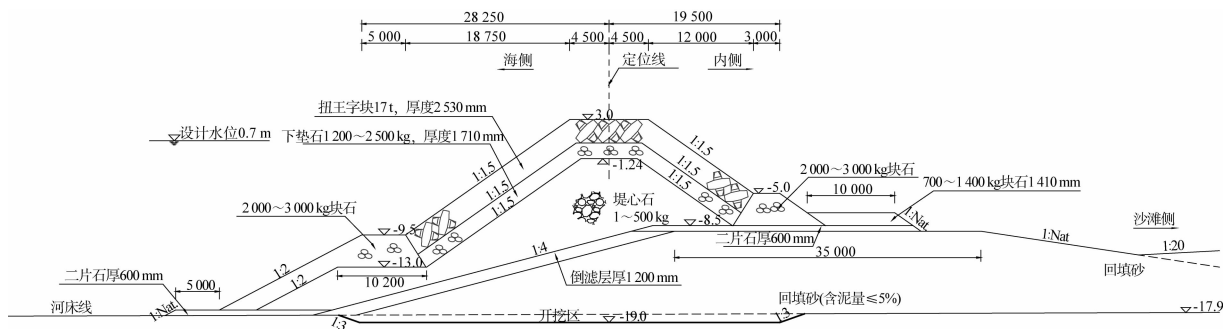


图3 防波堤典型断面1 (高程3.0 m)

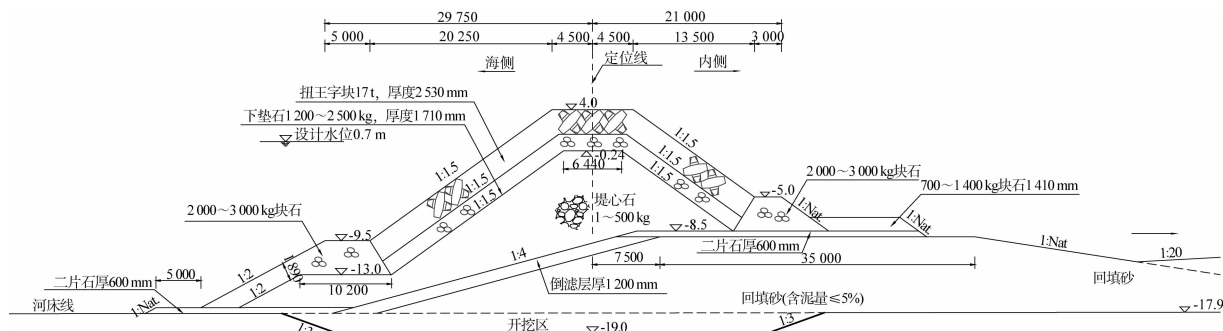


图 4 防波堤典型断面 2 (高程 4.0 m)

4.1.2 验证结果

典型断面 1 (高程 3.0 m), 验证结果表明在各种工况下 (设计不同水位 + 波浪不同重现期), 海侧 2~3 t 石头、17 t 扭王块、沙滩侧 2~3 t 石头、沙滩侧 0.7~1.4 t 石头等护面块体是稳定的。

典型断面 2 (高程 4.0 m), 验证结果表明在各种工况下, 海侧 2~3 t 石头、17 t 扭王块、沙滩侧 2~3 t 石头、沙滩侧 0.8~1.5 t 石头等护面块体是稳定的。

说明在堤顶高程 3~4 m 的条件下,护面块体是稳定的^[6],从而推算堤顶高程为 3.5 m 时,该断面下的护面块体也是稳定的。

4.2 波浪泥沙整体物理模型试验

通过防波堤堤顶高程为 3.0 m 条件下的波浪泥沙整体物理模型试验,研究防波堤护面块体的稳定性,分析防波堤后人工沙滩的冲淤变化,并

测量堤后不同位置处的绕射或越浪引起的次生波高,为改善进入港口城游艇航行条件提供基础资料。

4.2.1 护面块体稳定性验证

验证结果^[7]表明：在各种工况下 17 t 扭王块是稳定的；临海侧护面块体 2 ~ 3 t 在设计低水位及 200 (1 + 20%) a 一遇波高组合工况下，部分断面，在 6 h 后，非常少的石头发生了滚动，但满足稳定要求；临沙滩侧护面块体 2 ~ 3 t 在设计高水位及 200 (1 + 20%) a 一遇波高组合工况下，在 6 h 后，极个别石头发生了滚动，也满足稳定要求。

4.2.2 人工沙滩冲淤变化

分析 1[#]~7[#]沙滩断面冲淤变化^[7]，结果表明防波堤堤后的沙滩变化比南部进口处小很多，说明在防波堤后的沙滩受到适当的保护。

4.2.3 防波堤堤后水域波高

水位与相应设计波浪组合条件下，防波堤后水域的波高（表3）^[7]。

选取1[#]~7[#]断面布置（图1），测量在设计高

表3 不同工况下相应的防波堤堤后水域的波高

m

堤前 波高	波浪破碎后的波高(研究断面)											
	A1	A2	B1	B2	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
6.4	1.43	1.48	1.23	1.24	1.65	1.27	1.38	1.28	1.3	1.71	2.01	2.03
5.8	1.24	1.32	1.09	1.08	1.54	1.24	1.32	1.11	1.27	1.67	1.86	1.95
5.3	1.09	1.22	1.07	0.96	1.20	0.88	0.93	0.94	0.96	0.92	1.38	1.50
4.2	0.88	1.08	0.62	0.63	1.05	0.63	0.44	0.51	0.38	0.42	0.56	0.58

研究结果表明：除在200 a一遇的的局部点（C6、C7）对应的波高为大于2 m外，几种工况下波高得到很好的消减，也满足按照游艇（长度不超过24 m）在实际航行水域的最小设计有效波高不超过2 m的要求^[8]，说明防波堤的建设能够改善进入港口城游艇的航行条件。

5 结论与建议

通过防波堤高程的初步确定及二维物理模型试验研究，说明堤顶高程在3.0、3.5、4.0 m都能满足合同要求。不同堤顶高程下的工程量、施工工艺分析见表4。

表4 不同堤顶高程下的工程量及扭王块安装工艺对比

类型	1~500 kg块石	扭王块安装工艺
3.0 m		水上施工
3.5 m 工程量(与3.0 m对比)	增加8.3万 m ³	陆上施工
4.0 m 工程量(与3.0 m对比)	增加10万 m ³	陆上施工

从表4可以看出，考虑到扭王块是否需要陆上安装施工工艺，经初步比较得到3.5 m和4.0 m堤顶高程比3.0 m更有优势。从断面工程量来看，3.5 m对比4.0 m少5.1 m²，但不同高程方案下改善游艇航行条件、堤后的沙滩变化情况也不一致。为比较3.5 m与4.0 m高程下哪一个方案的更优，建议开展防波堤堤顶高程为3.5 m、

4.0 m的整体物理模型试验研究，比较不同高程防波堤建设后方改善游艇航行条件和防波堤堤后的沙滩变化。

参考文献：

[1] 港口城项目公司. 业主要求的第一部分第5.1.1款. 港口城基础设施项目设计采购施工总承包合同[R]. 斯里兰卡: 港口城项目公司, 2014.

[2] 周惊慧, 王崇贤. 汕头港港澳港区防波堤顶高程计算及模型验证[J]. 水运工程, 2012(7): 24-29.

[3] 刘盾, 成晔. 斯里兰卡科伦坡港口城基础设施项目水文测验分析报告[R]. 天津: 天津水运工程勘察设计院, 2014.

[4] 余红, 杜宇, 祝刘文. 港口城项目勘察报告[R]. 广州: 中交第四航务勘察设计院有限公司, 2014.

[5] 麦宇雄, 刘堃, 肖仕宝, 等. 港口城项目初步设计[R]. 广州: 中交第四航务勘察设计院有限公司, 2015.

[6] 徐亚男, 戈龙仔, 高峰. 港口城防波堤护面块体二维物理模型试验报告[R]. 天津: 天津水运工程勘察设计院, 2014.

[7] 周益人, 王登婷, 王红川, 等. 港口城波浪泥沙整体物理模型试验报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2014.

[8] 中华人民共和国海事局. 游艇法定检验暂行规定[S]. 北京: 人民交通出版社, 2013.

(本文编辑 郭雪珍)