



航道治理工程中带挡板半圆体堤方案探讨

殷昕, 周玲玲, 马兴华

(中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海200120)

摘要: 根据工程区波浪小、滩面变化大的特点, 首次提出带挡板的半圆体结构, 在半圆体顶部增加竖直挡板, 可缩小半圆体半径, 减少半圆体堤断面工程量, 节省工程费用。对其设计计算及经济性作简要分析。

关键词: 带挡板的半圆体堤; 波浪力; 经济性

中图分类号: U 65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)12-0184-04

Discussion of semi-circular breakwater with concrete wall in waterway regulation engineering

YIN Xin, ZHOU Ling-ling, MA Xing-hua

(Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: According to the small wave, undulate of beach characteristics of engineering zone, we propose the semi-circular breakwater with concrete wall for the first time, which can increase the vertical concrete wall at the top of the semi-circle structure, narrow radius of the semi-circle structure, reduce engineering quantity of semi-circular breakwater, and save project costs. Furthermore, we make a brief introduction to the design calculations and economic analysis.

Key words: semi-circular breakwater with concrete wall; wave force; economy

1 半圆体堤的特点^[1-3]

半圆体堤是一种新型防护建筑物, 其堤身由钢筋混凝土半圆形拱圈和底板构成, 两端可根据需要决定是否设置封头板, 其特点有:

- 1) 与直立堤相比, 结构合理, 受力状况良好, 波浪力作用小, 抗滑稳定性好;
- 2) 整体结构较轻, 堤身断面经济, 外形美观;
- 3) 波浪力指向圆心, 地基应力小且分布均匀;
- 4) 结构形式简单, 半圆体构件可陆上预制, 施工工序少, 故施工简便、进度快;
- 5) 施工期内, 半圆体安放完成后即可抵御波浪作用, 保持结构自身稳定。

基于以上特点, 半圆体堤特别适用于风浪较大、地质条件较差、石料来源困难、施工条件较差的地区。

2 半圆体堤的研究与应用

半圆体堤由日本于20世纪90年代初开发, K.Tanimoto和Takabashi通过对直立堤上波浪力的合田良实公式进行相位和角度修正, 提出了非淹没情况下半圆体堤上波浪力的经验公式, 在非淹没情况下半圆体堤上波浪力经验公式的基础上, 国内进行了比较系统的数学模拟和试验研究工作, 并提出了半圆体堤在淹没情况下的计算公式, 对半圆体堤的波压力计算进一步完善和改进, 并编制入JTS 154-1—2011《防波堤设计与施工规范》^[4]中。

收稿日期: 2012-10-10

作者简介: 殷昕(1980—), 男, 工程师, 从事港口及航道工程设计工作。

1992年日本在宫崎港首次将半圆体结构用于防波堤,宫崎港的半圆体堤主要为后开孔形式,拱圈港侧的开孔率为25%,海侧的开孔率为10%,半圆体半径9.8 m,拱圈厚0.5 m,每个半圆体构件质量约1 100 t,由于其数量少、施工工艺复杂等原因,造价并不低,其后,日本也再无半圆体堤的建造实例^[3]。

在国内,中交第一航务工程勘察设计院于1995年首次将半圆体堤应用于天津港防波堤。

自1998年开始建设的长江口治理一期工程,风浪较大、地质条件较差、石料来源困难、施工条件较差,共使用了6种型号的半圆体,半径分别为3.5 m, 4.0 m, 4.2 m, 4.5 m, 4.8 m, 5.0 m,高度为3.5~6.0 m,长度为3.4~6.0 m,单件质量180 t,在拱圈外侧设有泄气孔,底板设有泄压孔,部分标段底板外侧还设有趾。一期工程半圆体堤典型结构断面见图1^[5-6]。

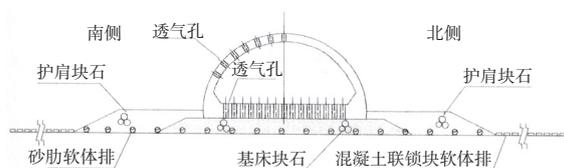


图1 一期工程半圆体堤典型断面

长江口治理二期工程与一期工程相比,水深更深、波浪更大,与一期工程相比,二期工程使用的半圆体在构件两端设置封头板,形成了全封闭结构。二期工程半圆体堤典型结构断面见图2^[5-6]。

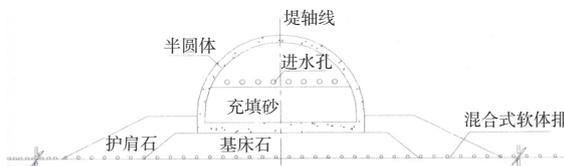


图2 二期工程半圆体堤典型断面

3 带挡板半圆体堤结构的提出

某航道治理工程,工程区波高小、滩面高程起伏大,50 a一遇最大 $H_{1\%}$ 波高为2.44 m,滩面高程为-14.3~1.5 m。

根据工程区条件,若采用传统型半圆体结构,则半圆体结构型号多、半径大,稳定系数

过大,由此带来结构断面材料用量大、施工费用高、对自然条件适应性差等问题,并增加了工程造价,使得半圆体结构经济性好的特点在本工程中难以体现。经研究计算,考虑对传统型半圆体结构进行优化,适当缩小半圆体半径,在顶部增加竖直挡板,减小半圆体结构断面工程量,节省工程费用,充分发挥半圆体结构优势和良好经济性的特点。

4 设计方案

4.1 设计条件

某航道治理工程,航道长约56 km。水动力条件具有潮汐河口特点,受径流、潮汐双重作用,河势变化复杂。潜堤堤头、齿坝坝头等重要结构的设计波浪重现期采用50 a一遇,其余建筑物设计波浪重现期采用25 a一遇,设计水位(1985国家高程基准)及设计波要素见表1和表2。

表1 设计水位 m

| 极端高水位 | 设计高水位(10%) | 平均水位 | 设计低水位(98%) | 整治水位 |
|-------|------------|------|------------|------|
| 4.12 | 2.76 | 0.80 | -1.42 | 1.00 |

表2 50 a一遇设计波要素

| 波向 | $H_{1\%}/m$ | $H_{5\%}/m$ | $H_{13\%}/m$ | 周期 T/s | 波长 L/m |
|--------|-------------|-------------|--------------|----------|----------|
| NW-NNW | 2.44 | 1.97 | 1.63 | 5.20 | 38.1 |

4.2 结构方案

4.2.1 堤身适用范围

根据对工程区波浪条件、滩面情况及地质条件的分析,并通过结构计算发现,当滩面较高堤身高度小于3.5 m时,半圆体结构由于自身构件质量太小并要承受较大的波浪力,整体稳定性差,不能满足工程使用要求;而当堤身高度大于7.5 m时,由于其所处区域滩面很低,水上安装质量难以控制,也难以满足本工程使用要求;所以在本工程中,对于堤身高度为3.5~7.5 m的导堤推荐使用带挡板的半圆体堤,并分为A、B两种型号,A型适用堤身高度为3.5~5.0 m,B型适用堤身高度为5.0~7.5 m。

4.2.2 断面尺度

A型半圆体适用堤身高度为3.5~5.0 m,B型

半圆体适用堤身高度为5.0~7.5 m。同时根据拟用半圆体堤区域的波浪条件计算确定A型半圆体的半径为3.5 m，顶部根据堤顶高程变化设置高度为0~1 500 mm的钢筋混凝土挡板来调整滩面高程变化；B型半圆体的半径为5.0 m，通过顶部根据堤顶高程变化设置高度为0~1 500 mm的钢筋混凝土挡板和底部设置0~1 000 mm的直线段来

调整滩面高程变化。另依据抗滑抗倾稳定性计算和有限元分析确定上部拱圈、底板厚度及内部充砂量，A型半圆体的拱圈厚度450 mm，底板厚度600 mm，内部充满砂；B型半圆体的拱圈厚度350 mm，底板厚度500 mm，内部充砂高度1 m。

A型、B型带挡板的半圆体堤典型断面见图3和图4。

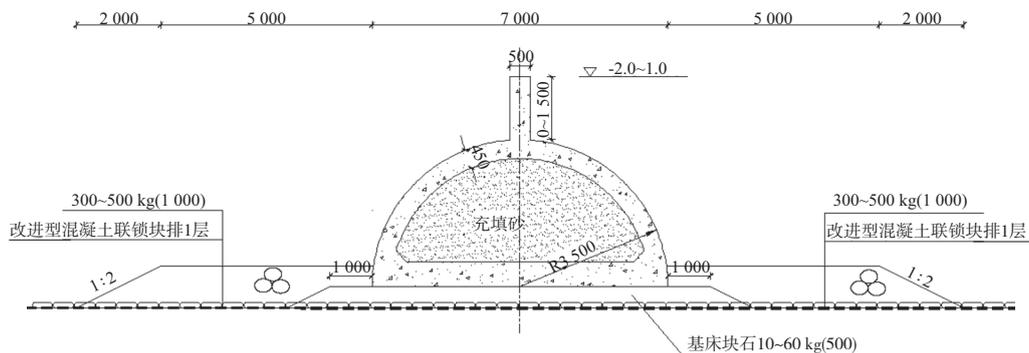


图3 A型带挡板的半圆体堤典型断面

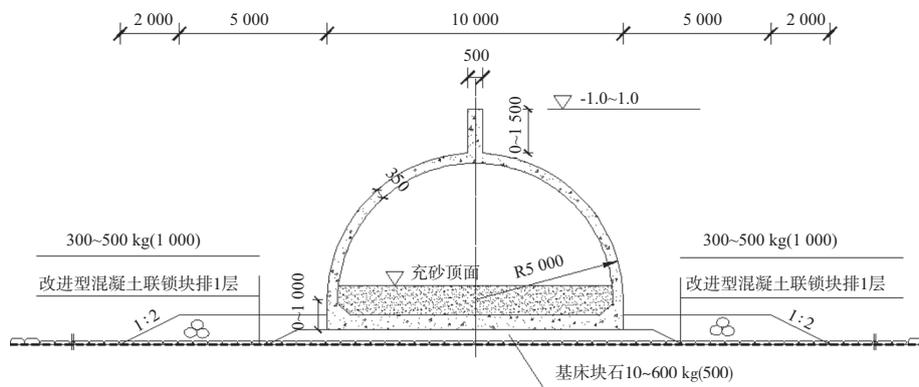


图4 B型带挡板的半圆体堤典型断面

4.2.3 构件长度

构件长度与施工工艺、运输和安装方式有很大关系，出于国内水运施工企业施工能力及安装费用的考虑，确定带挡板的半圆体结构构件质量控制在200 t以下，由此确定A型半圆体单件长度4.5 m，B型半圆体单件长度4.0 m。

4.2.4 结构稳定计算

1) 半圆体结构的波浪力。

根据交通运输部JTS 154-1^[4]中“附录J半圆型防波堤波压力计算”中相关公式计算。

2) 顶部挡板及半圆体底部直线段波浪力。

根据交通运输部JTJ 213-1998《海港水文规

范》^[7]中“波浪对直墙式建筑物的作用”有关公式进行计算。

3) 计算结果。

采用上述方法对带挡板的半圆体堤在最不利工况下（一般计算水位位于堤顶附近时为最不利工况）进行波浪力计算。考虑到构件顶部增加挡板，对波浪有阻挡作用，在带挡板的半圆体结构波浪力计算中可按不考虑相位修正进行比较，分析认为，实际波浪受力应介于两种方法结果之间，两种方法波压力分布如图4，5所示，计算结果见表3。

从计算结果可以看出，A型半圆体在波浪力

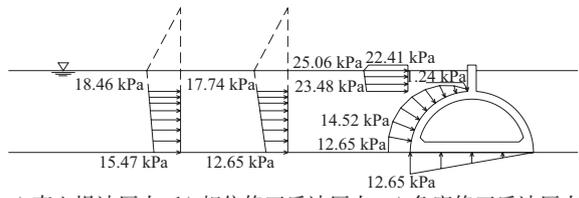


图4 有相位修正的带挡板半圆体堤波压力分布

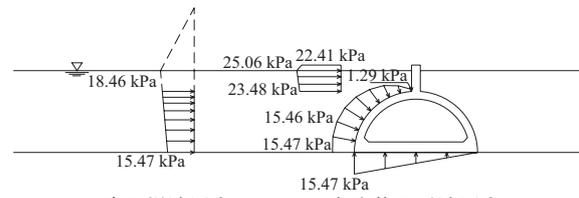


图5 无相位修正的带挡板半圆体堤波压力分布

表3 带挡板的半圆体堤稳定计算结果

| 型号 | 计算工况 | 是否有相位修正 | 抗滑计算 | | 抗倾计算 | |
|----|------|---------|--------|--------|-------------|-------------|
| | | | 抗滑力/kN | 滑动力/kN | 稳定力矩/(kN·m) | 倾覆力矩/(kN·m) |
| A | | 是 | 513.42 | 409.47 | 4 413.42 | 2 268.14 |
| A | 平均水位 | 否 | 492.78 | 451.45 | 4 504.29 | 2 561.48 |
| B | | 是 | 721.76 | 411.27 | 7 645.26 | 3 083.45 |

有无相位修正的条件下都是能够满足规范稳定要求的; B型半圆体在波浪力有相位修正的条件下能够满足规范稳定要求, 且富裕较大, 即使在波浪力采用无相位修正的方法计算也能够满足规范稳定要求。

4.3 经济性比较

各型号半圆体堤断面每延米工程造价如表4所示。

表4 带挡板的半圆体堤断面工程造价

| 型号 | 堤身高度/m | 带挡板半圆体堤造价/(万元·m ⁻¹) | 传统型半圆体堤造价/(万元·m ⁻¹) |
|----|--------|---------------------------------|---------------------------------|
| A | 5.0 | 2.249 | 2.753 |
| B | 7.5 | 2.676 | 3.291 |

通过对表中带挡板半圆体堤与传统型半圆体堤工程造价相比较, 当采用堤身高度为5.0 m的A型半圆体结构时, 每延米断面造价比传统型半圆体堤减少了18.3%, 而当采用堤身高度为7.5 m的B型半圆体结构时, 每延米断面造价更是比传统型半圆体堤减少了18.7%, 通过以上分析, 在满足稳定计算的情况下, 采用带挡板的半圆体堤比传统型半圆体堤更经济, 且堤身高度越高, 经济性越强。

5 结语

半圆体堤是一种合理的防波堤结构形式,

在天津港防波堤、长江口治理工程一期、二期等工程中得到成功应用。根据工程区波浪小、滩面变化大的特点, 首次提出带挡板的半圆体结构, 并申请专利, 在顶部增加竖直挡板, 可缩小半圆体半径, 减小半圆体堤断面工程量, 节省工程费用, 充分发挥半圆体结构优势和良好经济性的特点, 具有良好的发展前景。

参考文献:

- [1] 王美茹, 谢善文, 贾东华, 等. 半圆型防波堤的设计和应用[J]. 港工技术, 1999(3): 1-6.
- [2] 李炎保, 马强华, 谷汉斌. 半圆型防波堤波浪力计算方法的讨论[J]. 港工技术, 2003(2): 1-5.
- [3] 谢善文, 李元音. 长江口深水航道治理工程中的新型半圆型导堤结构设计[J]. 水运工程, 2006(12): 28-33.
- [4] JTS 154-1—2011 防波堤设计与施工规范[S].
- [5] 黄明毅, 胡雄伟, 魏鸿飞, 等. 长江口深水航道治理工程二期工程初步设计整治建筑物工程结构设计第二分册[R]. 武汉: 交通部第三航务工程勘察设计院, 2003.
- [6] 周发林, 李建军, 赵子平, 等. 长江口深水航道治理工程成套技术—半圆体水上吊安工艺的开发(分报告之三-2-10)[R]. 上海: 中港第三航务工程局, 2006.
- [7] JTJ 213—1998 海港水文规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)