

钱塘江排桩式丁坝设计

严 盛¹, 宣伟丽¹, 方 正², 徐长节³, 林炳尧^{1,4}

(1. 浙江省钱塘江管理局, 浙江 杭州 310016; 2. 浙江钱塘江水利建筑工程公司, 浙江 杭州 310016;
3. 浙江大学 岩土工程研究所, 浙江 杭州 310027; 4. 浙江水利河口研究院, 浙江 杭州 310020)

摘要: 在分析传统堆石丁坝特点的基础上, 提出了排桩式丁坝, 并分析了其护塘功能、坝型选择、坝群布置、结构设计等关键问题。实际运行情况表明, 排桩式丁坝能有效地减轻涌潮对近塘滩地的冲刷, 大幅度减轻局部冲刷, 提高丁坝的稳定性, 在河口治理、护塘和促淤工程中具有广泛应用价值。

关 键 词: 排桩式丁坝; 堆石丁坝; 促淤保滩; 结构设计; 钱塘江河口

中图分类号: TV863

文献标识码: A

文章编号: 1009-640X(2007)03-0073-04

Design of sheet-pile groins in Qiantang River

YAN Shen¹, XUAN Wei-li¹, FANG Zheng², XU Chang-jie³, LING Bin-yao^{1,4}

(1. *The Qiantang River Administration of Zhejiang Province, Hangzhou 310016, China*; 2. *Water Conservancy Construction Corporation of Qiantang River, Zhejiang Province, Hangzhou 310016, China*; 3. *Geotechnical Engineering Institute, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China*; 4. *Zhejiang Institute of Hydraulics and Estuary, Hangzhou 310020, China*)

Abstract: Based on analyses of the traditional rockfill groins, the sheet-pile groin is presented. The seawall protection function, groin form selection, layout of groin group, and structure design of the groin are analyzed. Practical operation results show that the sheet-pile groins can reduce beach scour near the ponds and local scour, and can improve the stability of groins. The sheet-pile groin has been widely applicated to estuarine regulation, seawall protection and siltation accretion.

Key words: sheet-pile groin; rockfill groin; beach protection and siltation accretion; structural design; estuary of Qiantang River

钱塘江河口属强涌潮河口, 江宽水浅, 河床易冲易淤。涌潮刷深岸滩, 往往导致建筑物基础坍塌、破坏。护岸丁坝群能降低近岸流速和单宽流量, 减轻涌潮对近塘滩地的冲刷, 从而提高海塘的稳定性。经验说明丁坝是保障海塘安全运行的重要措施。在明清海塘建造的同时, 钱塘江沿岸就开始修筑丁坝用于护塘。历代陆续修建了大量的丁坝, 用于海塘保护、河势控制及围涂促淤。至今, 钱塘江两岸仍有 300 余座丁坝发挥着作用。

海宁段标准海塘工程是钱塘江海塘北岸险段标准海塘工程的一个重要部分。该工程包括明清老海塘的加固, 以及为稳定近塘滩地、保障海塘安全所实施的护塘丁坝群建设两部分。计划在海塘外新建丁坝 55 座,

收稿日期: 2006-12-01

作者简介: 严 盛(1975-), 男, 浙江舟山人, 工程师, 工程硕士, 主要从事河口工程设计、管理工作。

E-mail: qgjyansheng@126.com

加固堆石丁坝 10 座。

在新丁坝的建设中,逐渐摸索出一种新型结构的丁坝,即排桩式丁坝。这种丁坝在功能上优于传统的堆石丁坝,而且稳定性、建造成本等方面也有很大优势。

丁坝设计一般包括明确丁坝应该具备的功能,选择较优的丁坝形式,确定满足稳定性要求的丁坝结构。本文从这 3 个方面总结排桩式丁坝设计的经验,并分析丁坝群实际运行情况。

1 丁坝群应具备的功能^[1,2]

钱塘江海塘北岸险段标准海塘外沿的丁坝群是护塘丁坝群,其主要功能是减轻近塘滩地冲刷,提高海塘的整体稳定性。丁坝设计的目的是促进丁坝间的坝田淤积,并尽可能减小丁坝周围的局部冲刷。明清海塘是直立式鱼鳞石塘。根据海塘整体稳定计算分析,滑出点距海塘脚 12 ~ 15 m,因此,该范围滩地的高低直接关系到海塘的安全。习惯上将距海塘脚 20 ~ 30 m 范围的滩地称为近塘滩地。根据以往计算经验,在大潮冲刷期,如果丁坝群使近塘滩地抬升 1 m,海塘的滑动安全系数即可达到 1.2 ~ 1.3,满足 I 级建筑物标准。

2 丁坝类型选择

长期以来形成的钱塘江护塘丁坝类型主要有堆石丁坝和沉井丁坝。这两类丁坝起到了很好的促淤护塘作用,且效果相当。目前,仍以堆石丁坝占绝大多数。建造时,先将松散块石直接抛筑于河床滩面,表面浇筑以混凝土圪工护面。试验和实践表明,在大潮期间,堆石丁坝能够使坝田抬升 1 m 以上,起到护塘作用,但存在以下 3 个问题:

①大体量长丁坝促淤不利 按河道治理丁坝的原则设计建造护塘丁坝,使丁坝过长、体量过大,兜潮更烈。涌潮翻越坝面以后,上游侧形成水跃,出现平行丁坝轴线方向的上游侧冲刷槽,导致坝根、坝上游侧形成局部冲刷坑(槽),起不到保护海塘的作用。

②丁坝本身结构薄弱 堆石丁坝坝体松散,整体性差。混凝土护面必须在水面以上浇筑,施工时坝面高出低潮位 1 ~ 2 m。随着周围底脚刷深,护面板出现悬空,进而掀翻或折断冲走。一旦护面板破坏,在涌潮的冲击下,块石迅速流失,很快延及整个坝体,最终导致整条丁坝破坏。

③坝头冲刷严重 丁坝体量过大,坝头绕流作用更加剧烈。因丁坝基础较浅,在坝头绕流作用下,坝头局部冲刷严重。丁坝从坝头冲刷破坏开始缩短,导致整条丁坝冲毁。

一般堆石丁坝经历底脚刷深、掏空、坝面破坏、块石流失、重新维护的循环。丁坝的维护周期为 3 ~ 5 年,每次维护费用约为 20 万元。实践中,不断对堆石丁坝加以改进,主要有:在丁坝上、下游及坝头部位放置装石钢筋笼或合金钢丝网兜,保护丁坝四周底脚;坝头部设置环梁挂桩,坝头冲刷时挂桩因自重而直接下沉,保护坝头;坝身四周及坝头布设钢筋砼小沉井,形成水下连续墙,防止块石流失。

20 世纪 90 年代末,曾兴建了数座以大沉井连续排列而成的丁坝,但因施工困难,风险大,要在特定条件下的围堰内施工,造价昂贵,难以全面推广。也曾试验过坝体四周打若干松木桩保护坝体的方法。实践说明此举能有效防止因坝身局部冲刷而导致的块石流失。受此启发设计了第一批桩式丁坝,主体仍是堆石体。设想在坝址上、下游各打一排桩,中间填充以块石,坝顶仍用素混凝土圪工护面。后来发现,板桩成排形成丁坝以后,本身有足够的强度,可发挥护塘作用,于是,形成了排桩式丁坝的雏形。

排桩式丁坝与传统堆石丁坝的比较研究^[3,4]结果表明,排桩式丁坝的坝田保护效果与传统丁坝相同,具有较好的护塘功能。并且,排桩式丁坝坝顶高程可以比传统丁坝低 1 m 以上,其优化型式能有效减轻局部冲刷,加之允许一定程度的透水,可进一步减轻局部冲刷。

综上所述,在钱塘江北岸明清海塘加固工程中,采用排桩式的护塘丁坝群。

3 排桩式丁坝群设计

根据系列试验结果设计排桩式护塘丁坝群的布置。

3.1 丁坝轴线布置

涌潮受丁坝阻挡,丁坝下游水位急骤升高,习称“兜潮”。模型试验表明,丁坝轴线倾向下游,兜潮现象更为严重,同时坝下游侧产生向岸流,直接威胁海塘安全;丁坝轴线倾向上游,坝头冲刷坑虽有所变浅,但上游坝根处冲刷坑将加深。综合考虑后,采用丁坝轴线与岸线正交的形式。

3.2 丁坝长度

丁坝长度直接影响坝田淤积的范围。丁坝越长,滩地越宽,但是丁坝延长后,主要淤积部位离塘脚较远,近塘滩地高程却反而略有降低。

一般情况下,丁坝群的影响范围从塘脚至丁坝坝头连线以内 20~30 m,所以丁坝不宜短于 30 m。大于 30 m 虽可扩大坝田淤积的面积,但塘脚附近的滩地高程并无明显变化。坝根及坝头的局部冲刷则有所加剧,所以在顺直河段坝长可取 50~60 m。

3.3 坝高

若丁坝的坝面高程位于中、低潮之内,则对坝田高程影响甚微。但是,丁坝尤其坝根部位冲刷坑的大小、深浅有显著差别。高丁坝兜潮明显,上游侧局部冲刷槽偏大、偏深。坝高越大,局部冲刷越严重。故护塘丁坝宜矮不宜高。坝顶高程定为丁坝所在位置平均低潮位以上 0.5~1.0 m。

3.4 丁坝间距

试验与现场观测表明,坝长与坝距之比在 1:3~1:7 的范围内,滩地高程及其它指标均无显著差别,仅间距增大,丁坝上游侧的冲刷槽有所增宽。

在河道顺直、涌潮成“一线潮”的条件下,丁坝间距可以适当加大。但因间距过大,坝根冲刷会有所加剧,且一旦涌潮方向变化,会威胁近塘滩地安全。试验表明,丁坝群中,下游几个坝田的滩地一般较低。因此,丁坝群中最上游和最下游几个丁坝的坝长与坝距的比值仍取为 1:3,上游可考虑加大到 1:4~1:5。

3.5 板桩间距

沿坝长的板桩间隙之和与坝长的比例称为“透水率”。试验表明,桩式丁坝的防冲促淤效果与透水率有关。密排不透水桩式丁坝的坝田促淤效果与堆石坝相当,坝田部位淤积厚度达 1.6 m;透水率增大,效果将会减小。透水率为 70% 和 80% 时,相应的淤积厚度分别为 1.0 m 和 0.6 m(见图 1 和图 2)。

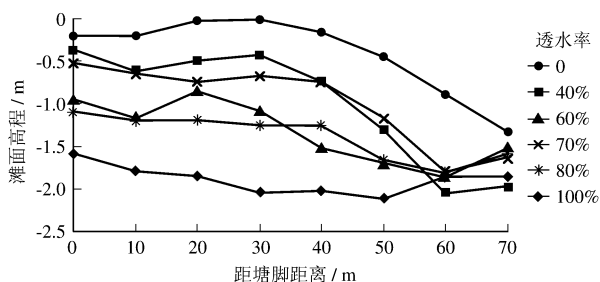


图1 不同透水率的板桩丁坝坝田断面

Fig. 1 Dam field sections of the sheet-pile groins with different water permeabilities

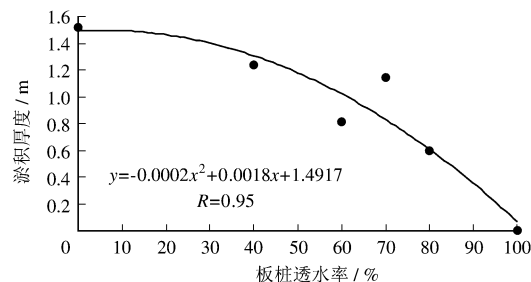


图2 板桩透水率与坝田促淤效果关系

Fig. 2 Relationship between water permeability and siltation accretion

综合考虑促淤效果和坝周围局部冲刷,设计时,靠近海塘的丁坝 38 m 范围内板桩密排,允许 0~5 cm 板桩间距,透水率控制在 15%;为减少局部冲刷,坝头 12 m 范围内板桩间距为 30 cm,透水率 50%,丁坝总体透水率约为 30%。

3.6 平面布置

排桩式丁坝以钢筋混凝土排桩为主体,用联系梁保证丁坝的整体性,提高丁坝的稳定性。平面布置见图 3。坝长 50 m,其中坝头部位长 12 m,坝身长 38 m。坝身下游侧为密排板桩,上游侧为间隔加强肋桩。为减轻局部冲刷,坝头采用透水形式,透水率 50%。桩头用钢筋混凝土联系梁连成整体,提高坝头整体抗冲能力。

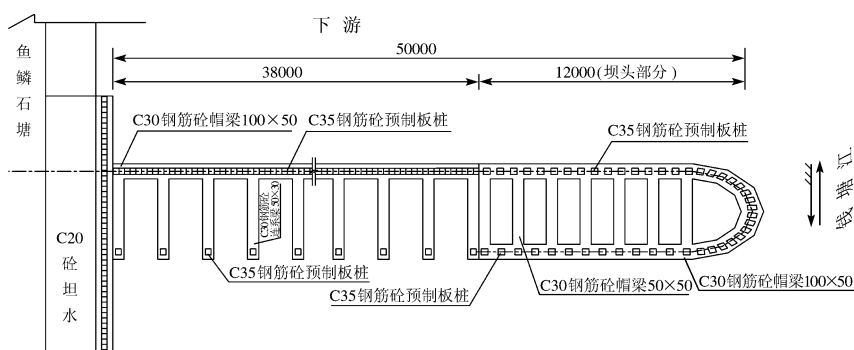


图3 排桩式丁坝平面布置图(单位: mm)

Fig.3 Plan of the sheet-pile groins (unit: mm)

4 结构设计

丁坝是海塘的附属建筑物,建筑物级别按3级考虑。由于目前国内无丁坝的设计标准和规范,没有确定的设计指标。在设计时提出了涌潮压力、水位、滩地高程、地质条件作为设计指标,各设计指标的具体计算见文献[5]。①涌潮压力。实测涌潮最大压力 37.8 kPa。考虑一定的富裕度,取设计涌潮压力为 42 kPa。②水位。水位取用丁坝所在位置的 20 年一遇低水位值。③滩地高程。统计钱塘江历次水下地形测量资料表明,坝头及坝根处的局部冲刷坑比附近坝田分别低 2~3 m 和 1~2 m。④地质参数。设计取用土体的快剪指标,按文献中的有关方法计算排桩的桩长。以桩号 62+500 为例,计算得出坝身桩长 11 m,坝头桩长 18 m。

5 实际运用效果

为了解排桩式丁坝的防冲效果,对丁坝群建设前、后的工程区域进行了水下地形测量,以比较丁坝修建前、后滩地高程的变化,以及与堆石丁坝群的防护效果的异同。七里庙段桩式丁坝群及其相邻无丁坝段的近塘滩地高程的沿程变化见图 4。

可见,有、无丁坝的近塘滩地高程明显不同。有丁坝的上段滩地高程平均为 $\nabla -0.2$ m, 18#桩式丁坝下游的无丁坝保护的滩地同期高程为 $\nabla -1.7$ m ~ $\nabla -2.2$ m, 两者相差 1.5~2.0 m。进一步说明,丁坝对坝田的防冲效果与丁坝具体结构关系不大。

因排桩式丁坝坝面较低,减弱了“兜潮”现象,显著削减了坝头及丁坝上游侧的局部冲刷强度,较好地解决了丁坝附近局部冲刷的问题,大大增加了坝身结构稳定性。

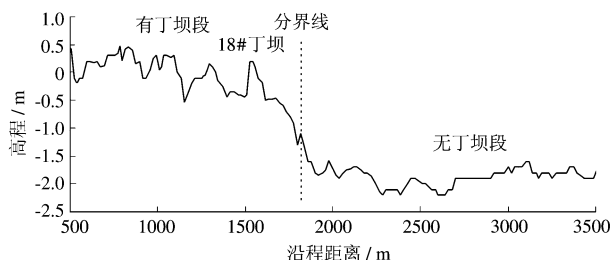


图4 七里庙段桩式丁坝群近塘滩地沿程变化

Fig.4 Variation of the beach level near the sheet-pile groins in Qilimiao reach

参考文献:

- [1] 应强,焦志斌. 丁坝水力学[M]. 北京:海洋出版社,2004.
- [2] 林炳尧,伍冬领. 钱塘江护塘丁坝水力特性研究[R]. 杭州:浙江省河口海岸研究所,1999.
- [3] 林炳尧,赵渭军. 排桩式丁坝的局部冲刷及涌潮作用力试验研究[R]. 杭州:浙江省河口海岸研究所,2000.
- [4] 林炳尧,杨火其,杨永楚. 排桩式丁坝的局部冲刷及涌潮作用力试验研究[R]. 杭州:浙江省河口海岸研究所,2000.
- [5] 方正,严盛. 钱塘江强潮区排桩式丁坝设计探讨[J]. 浙江水利科技,2006,(1): 64-68.
- [6] 刘建航,侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [7] 严盛,支向军. 钱塘江海塘北岸险段标准塘工程海宁段丁坝部分初步设计修改报告[R]. 杭州:浙江省钱塘江管理局勘测设计院,2002.