

港池开挖对护岸工程影响试验研究

陈小婷, 陈国平, 严士常, 林尚飞
(河海大学港口海岸与近海工程学院, 江苏南京 210098)

摘要: 通过物理模型试验, 研究港池开挖前后波高分布变化及对护岸工程的影响。结果表明, 港池开挖对护岸前设计波浪要素影响很小, 对扭王字护面块体稳定、防浪胸墙稳定、越浪量和堤后冲刷影响也较小, 对护底块石稳定有一定影响, 但不是引起护岸破坏的原因。

关键词: 港池局部槽型开挖; 护岸工程; 越浪量; 堤脚稳定

中图分类号: U 656.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)02-0058-04

Test research on impact of excavation of harbor basin on revetment

CHEN Xiao-ting, CHEN Guo-ping, YAN Shi-chang, LIN Shang-fei

(College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on the physical model test, the article discusses the wave height distribution before and after the excavation of harbor basin and the impact of the excavation of harbor basin on revetment engineering. Results show that the impact of the excavation of harbor basin on design wave elements in front of revetment is very small, and that on the stability of accropodes and crown wall, wave overtopping and the scouring behind the dike is also small. The excavation of harbor basin has some impact on the bottom protection stone block, but not the cause resulting in the destruction of revetment.

Key words: excavation of local groove type of harbor basin; revetment engineering; wave overtopping; stability of dike foot

波浪是护岸工程设计中的主要动力因素, 当外海深水区的风浪和涌浪传播至海岸附近的浅水区时, 受水深、地形等影响, 波浪的传播速度、波长、波高、波面状况等将发生明显变化^[1]。某护岸工程, 由于建港要求, 在护岸前沿开挖港池, 设计断面如图1所示, 护岸断面采用带防浪胸墙斜坡结构, 堤脚前涂面高程为-5.0 m左右, 涂面为沙质海岸, 坡度较陡, 为1:15~1:25, 采用200~400 kg抛石护底, 顶高程为-2.49 m, 宽度为5 m, 护面坡度1:1.5, 4.0 m处设置肩台, 斜坡及肩台上采用6 t扭王字块体护面, 护底上平铺两排扭王字块体护面, 护面下采用200~400 kg垫层块石, 堤顶设置

削角混凝土防浪胸墙, 墙底高程为4.0 m, 墙顶高程为6.8 m, 堤后采用100~300 kg块石保护, 宽度为15 m, 厚度为70 cm; 在堤脚前6.0 m开挖港池, 港池底高程为-14.0 m, 宽度为30 m, 前、后分别采用1:3及1:2斜坡与涂面连接。港池开挖后, 码头工程尚未建设, 由于台风“纳沙”的影响, 护岸工程产生不同程度的破坏, 护岸结构破坏形态如图2所示。护岸损坏主要表现在以下几个方面: 扭王字块体下滑, 部分块体翻过堤顶; 防浪胸墙断裂、沉降、前倾、后仰, 但水平位移较小; 堤后冲刷严重, 形成冲刷沟, 防浪胸墙底部发生淘刷, 护岸结构未发生整体滑坡破坏。

收稿日期: 2012-06-05

作者简介: 陈小婷(1988—), 女, 硕士研究生, 主要从事波浪与建筑物相互作用研究。

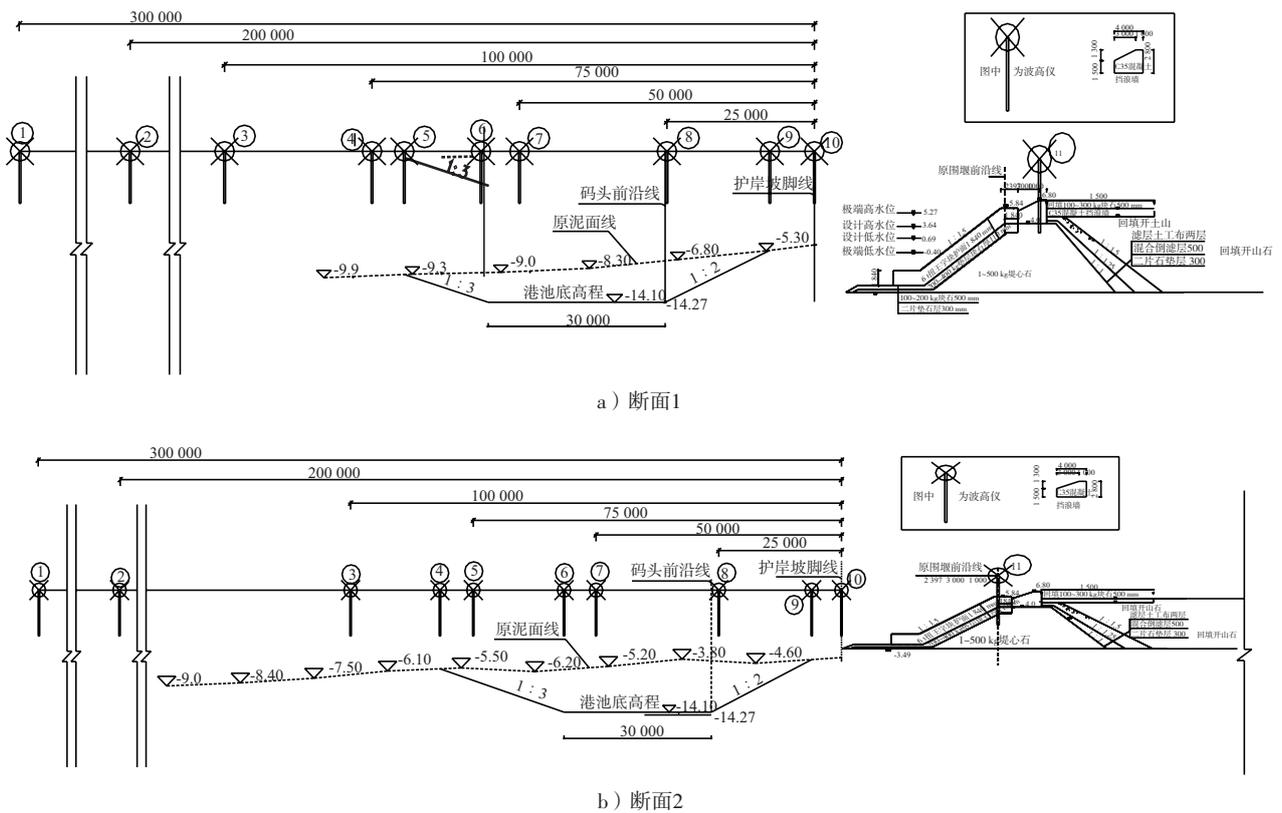


图1 断面1, 2的断面图及波高仪布置



图2 护岸结构现场破坏情况

为了论证港池开挖对护岸工程的影响, 本文通过物理模型试验, 测量港池开挖前后护岸前沿波高沿程变化和堤顶越浪量的变化, 研究港池开挖对护岸结构稳定的影响程度。为以后工程结构设计提供参考。

1 设备仪器与试验方法

模型试验在河海大学港航动力实验室波浪水槽内进行, 水槽尺寸为80 m × 1 m × 1.5m (长 × 宽 × 高)。水槽的一端安装有不规则造波机, 水槽的末端铺设消能缓坡, 以减小和消除波浪反射

影响。水槽纵向分为两部分: 一部分铺设试验断面, 另一部分用以消除波浪的二次反射。

由计算机自动迭代计算在在水槽中产生所需的波列。实测谱和期望谱有效波高误差控制在 ± 5% 以内。波谱周期控制在 ± 3% 以内。波高采用电容式波高仪量测, 越浪量采用集水称重法量测。

试验采用不规则波, 按正态重力相似准则设计模型, 模型的长度比尺为 $\lambda=32$ 。选择2个典型断面。本工程海域为沙质海岸, 提前水下地形坡度较陡, 为1:15~1:20, 试验中按实际地形模拟到-10 m。模型断面及波高仪布置如图1所示。

试验采用不规则波波要素, 见表1。

表1 不规则波波要素

潮位/m	波高 H/m	周期 \bar{T}/s
5.07	4.18	8.90
	4.84	8.90
5.27	5.20	8.90

每组试验重复3次, 波浪采集后处理取其均值作为试验值。结构稳定试验时, 波浪连续作用相当于原型3 h。护面块体跳出超过半倍块体厚度视为失稳, 防浪胸墙后退或倾斜视为失稳^[2]。

2 试验结果及分析

2.1 港池开挖对堤前波高的影响

试验中测量了港池开挖前后沿程波高的变化, 见图3、表2和表3。

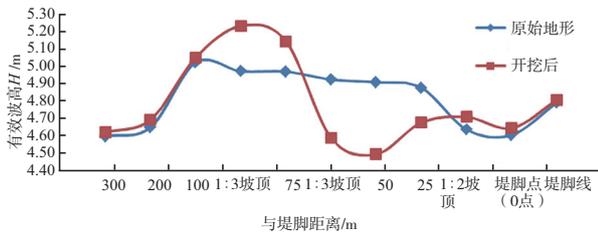


图3 断面1目前港池局部槽型开挖与不开挖波高沿程变化曲线(入射波高4.84 m)

表2 断面1不同波要素下有效波高沿程分布 m

与堤脚距离/m	H=4.18 m		H=4.84 m		H=5.20 m	
	开挖前	开挖后	开挖前	开挖后	开挖前	开挖后
300	4.10	4.15	4.57	4.59	4.95	5.04
200	4.01	4.09	4.62	4.66	4.97	5.12
100	4.22	4.19	4.99	5.02	5.31	5.38
1:3坡与原始地形交点	4.26	4.42	4.94	5.20	5.26	5.45
75	4.25	4.38	4.94	5.11	5.24	5.38
1:3坡与港池底交点	4.20	3.99	4.89	4.56	5.24	4.81
50	4.20	3.84	4.88	4.47	5.15	4.68
25	4.13	3.98	4.85	4.65	4.99	4.84
1:2坡与原始地形交点	4.06	4.04	4.61	4.68	4.74	4.95
堤脚点	4.10	4.08	4.58	4.61	4.81	4.90
护岸轴线点	4.14	4.14	4.76	4.78	4.98	5.03

表3 断面2不同波要素下有效波高沿程分布

与堤脚距离/m	H=4.18m		H=4.84m		H=5.20m	
	开挖前	开挖后	开挖前	开挖后	开挖前	开挖后
300	4.36	4.37	4.88	4.91	5.54	5.51
200	4.22	4.31	4.93	4.99	5.50	5.58
100	4.21	4.38	5.11	5.22	5.70	5.71
1:3坡与原始地形交点	4.18	4.45	5.01	5.24	5.54	5.68
75	4.23	4.60	5.08	5.36	5.62	5.92
1:3坡与港池底交点	4.14	4.13	4.96	4.74	5.41	5.18
50	4.14	4.04	4.90	4.62	5.30	5.02
25	4.16	4.25	4.96	4.96	5.43	5.47
1:2坡与原始地形交点	4.15	4.27	4.98	4.96	5.56	5.54
堤脚点	4.19	4.32	5.00	4.91	5.55	5.48
护岸轴线点	4.26	4.48	5.20	5.26	5.60	5.79

由以上图表可知: 港池开挖前, 由于受陡坡的影响, 沿程波浪迅速增大后又逐渐减小, 这是由于波浪传播过程中, 波能逐步集中, 沿程波高变大直至破碎, 随着波浪破碎加剧, 沿程波高逐渐减小。港池开挖后, 相当于波浪传播横跨航道, 由于受迎浪侧边坡反射影响, 在背浪侧边坡

坡顶处波高明显增大, 波浪进入开挖区域, 随着水深变大, 波能扩散^[3-4], 波高逐步减小, 波浪传播至迎浪坡时, 再次发生波能集中, 波峰面前坡变陡, 后坡变缓, 沿程波高逐步增大, 直至波浪发生破碎, 虽然在迎浪坡波高逐步增大, 但仍小于原始入射波高。此波浪传播变形过程与底坡坡度和波高水深比有密切关系, 坡度越陡, 波浪变形越明显, 波高越大, 水深越小, 波浪传播时越易发生破碎, 波高沿程分布变化越大。当水深小于破波水深时, 波高沿程分布由破波波高决定。

总体来说港池开挖前后, 坡脚附近波高变化很小, 增减幅度在3%以内。但波形有一定的变化, 波浪底部流速分布也会改变。

2.2 港池开挖对越浪量和水舌厚度的影响

由表4可以看出, 断面1港池开挖后, 越浪量略有减小, 堤顶水舌厚度变化较小, 断面2港池开挖后, 越浪量略有增大, 但增减幅度较小, 约10%左右, 由于本身越浪量很大, 因此, 港池开挖引起的越浪量小幅增减, 对堤后冲刷没有产生大的变化。

2.3 对护岸结构稳定的影响^[5-6]

1) 护底块石稳定。

港池开挖前: 在设计潮位及相应波浪作用下, 护底块石个别滚动, 少量晃动, 未见护底变形; 港池开挖后: 护底块石少量滚动, 少量晃动, 个别块石被带至扭王块体上, 个别滚落至港池, 护底轻微变形(图4, 5)。

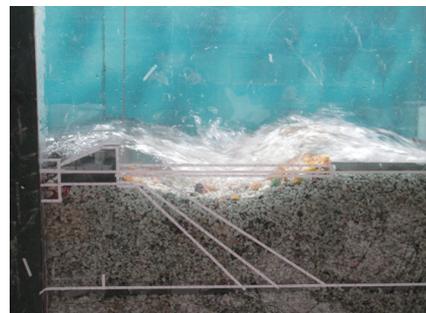


图4 堤坝冲刷情况



图5 护底块石稳定情况

表4 目前港池局部槽型开挖前后堤顶越浪量和水舌厚度

断面	潮位/m	波高/m	开挖前		开挖后	
			越浪量/($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)	水舌厚度13%值/m	越浪量/($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)	水舌厚度13%值/m
1	5.07	4.18	0.567	1.65	0.495	1.79
		4.84	0.800	2.02	0.740	1.99
	5.27	5.20	0.980	2.04	0.960	2.07
2	5.07	4.18	0.580	1.70	0.617	1.66
		4.84	0.930	2.17	1.010	2.18
	5.27	5.20	1.280	2.17	1.290	2.30

2) 6 t扭王字护面块体。

港池前:在设计潮位及相应波浪作用下,坡肩块体晃动明显,经过波浪相当于原型3 h作用后,坡面上部块体下滑,坡肩处出现约半倍块体宽度的缝隙,局部露出垫层块石,但未见护面块体翻滚;护底平铺扭王字块体1个滚落。6 t扭王字块体不能满足稳定要求。港池开挖后:坡肩块体稳定情况和港池开挖前基本相同,但护底平铺扭王字块体4个滚落,港池开挖会引起波浪底部流速变化,波谷作用时,堤脚下泄水体流速变大,对坡脚和护底块石的稳定有一定影响,对护岸上部结构影响很小,也未引起护面块体的整体下滑。

3) 防浪胸墙稳定。

港池开挖前:波浪作用初期防浪胸墙轻微震动,未见位移,但防浪胸墙后方15 m范围内护顶块石发生严重冲刷,波浪相当于原型0.5 h作用下,坑的最深处约为2.0 m,3 h作用后,坑的最深处约为2.5 m,防浪胸墙后倾失稳。港池开挖后:防浪胸墙后方护顶块石的冲刷范围和深度与开挖前基本相同,防浪胸墙也后倾失稳。

4 结论

1) 港池开挖会引起沿程波高分布的变化,但对堤前设计波浪要素影响较小,随着地形和入射波高的变化,堤前设计波浪要素有小幅增减,增减量小于3%;

2) 港池开挖对护岸坡面扭王字块体稳定、防

浪胸墙稳定、越浪量和堤后冲刷影响很小;

3) 港池开挖会引起波浪底部流速变化,波谷作用时,堤脚下泄水体流速变大,对坡脚和护底块石的稳定有一定影响,对护岸上部结构影响很小,护底块石、护脚平铺扭王字块体滚落数量增多,但未引起护面结构的整体下滑;

4) 护岸结构破坏的主要原因是扭王字护面块体质量偏小,堤顶高程偏低,大量越浪水体冲击堤顶护面块石,产生巨大冲刷坑,从而引起护岸结构破坏。

参考文献:

- [1] 马锡超. 考虑不同护岸形式的近岸波浪场数值模拟研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [2] JTJ/T 234—2001 波浪模型试验规程[S].
- [3] 刘青明, 林祥, 杨越, 等. 航道对波浪传播的影响研究[G]// 中国海洋工程学会. 第十五届中国海洋(岸)工程学术讨论论文集, 北京: 海洋出版社, 2011: 766—770.
- [4] 郭科. 航道开挖后波浪场变化规律的研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [5] 张华昌. 抛石潜堤护面块石稳定试验[J]. 海岸工程, 2000, 19(2): 16—20.
- [6] 史宏达, 韩桂萍, 范天会. 防波堤断面结构型式及护面块体稳定性模型试验研究——2008北京奥运会青岛帆船比赛基地水工模型试验[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(6): 999—1 007.

(本文编辑 郭雪珍)