

# 堤身开槽对防波堤结构稳定性影响分析

李 诚

(中海油能源发展装备技术有限公司, 天津 300452)

**摘 要** 本文以某防波堤堤身开槽施工为例, 综合考虑计算方法、计算载荷、工程地质、计算模型及重要力学参数取值等因素, 运用“港口地基工程计算系统”对防波堤的稳定性进行复核计算, 通过对堤身斜坡面表层开槽施工、堤顶电缆沟开槽施工、施工荷载对防波堤影响复核以及使用期等工况进行分析, 认为堤身开槽施工不会影响防波堤稳定性。分析计算结果, 发现在四种施工工况中, 防波堤临海侧的稳定性总是高于防波堤内侧; 堤身斜坡面表层开槽(工况一)对防波堤稳定性影响最大; 堤顶电缆沟开槽(工况二)对防波堤稳定性影响最小。

**关键词** 防波堤稳定性 电缆敷设 堤身开槽

中图分类号: U674.38

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)03-0114-04

防波堤是港口工程的重要组成部分, 建造成本在港口工程建设中占有很高的比例。防波堤的作用主要是防浪, 还可以防沙<sup>[1]</sup>, 如开槽、定向钻等施工可能会影响防波堤稳定性、缩短防波堤寿命, 甚至会导致防波堤在施工期或施工后失稳坍塌, 造成港口工程的巨大经济损失, 所以对施工条件下防波堤稳定性进行分析至关重要<sup>[2-3]</sup>。本文利用“港口地基工程计算软件”对堤身开槽情况下的防波堤进行稳定性分析, 科学核算了施工后的防波堤的稳定性, 同时也总结了堤身开槽施工条件下防波堤稳定性呈现的一些特点和规律。

## 1 工程概述

电缆敷设工程穿越某处防波堤时, 拟采用堤身开槽法穿越。

防波堤总体施工顺序为: (1) 临时挡土墙; (2) 吊离工字块和块石开挖; (3) 胸墙开槽; (4) 无缝钢管敷设施工; (5) 块石、扭王字块、胸墙恢复(后续按后浇带恢复); (6) 水泥砂袋和混凝土压块施工; (7) 拆除临时挡土墙; (8) 电缆沟和工作井施工; (9) 电缆拖拉施工; (10) 路面恢复。施工中的胸墙开槽、电缆沟和工作井施工等施工步骤可能对防波堤稳定性产生影响。<sup>[4-5]</sup>

防波堤稳定性分析应综合考虑以下5个方面: (1) 护面块体的稳定重量和护面层厚度; (2) 堤前护底块石的稳定重量; (3) 胸墙的强度和抗滑、抗倾稳定性; (4) 整体稳定性; (5) 地基沉降等。本工程电缆敷设完成后按照原断面对防波堤进行恢复, 故上述计算内容中的第(1)、(2)、(3)项维持与原设计断面不变, 故可不进行复核计算。本工程爬坡段电缆敷设

采用钢管保护, 钢管上方设置水泥沙袋及混凝土盖板, 其重度比原有堤身块石略大, 对现有防波堤的稳定和沉降基本无影响, 且防波堤已建成投入运营很长时间, 故对地基沉降可不进行核算。

综上所述, 本次稳定核算的主要内容是针对开槽的施工期和使用期工况进行整体稳定复核, 复核计算主要包括堤身斜坡面表层开槽工况、堤顶电缆沟开槽工况的堤身稳定复核、施工荷载对防波堤稳定的影响复核及使用期堤身稳定复核四种工况。<sup>[6-7]</sup>

## 2 分析方法

### 2.1 计算软件

“港口工程地基计算系统”软件适用于各类港口工程的分析计算, 如各类码头、护岸、各类堤、坝、软土地基加固等工程。

### 2.2 计算方法及计算条件

#### 2.2.1 计算方法

根据相关规范<sup>[8]</sup>, 对防波堤的地基稳定计算, 可按平面问题考虑, 采用复合滑动面法、简单条分法或简化毕肖普法验算。其危险滑弧应满足以下极限状态设计表达式:

$$\gamma'_0 M_{sd} \leq \frac{1}{\gamma_R} M_{RK} \quad (1)$$

$\gamma'_0$ ——重要性系数, 安全等级为一级、二级、三级的建筑物, 分别取1.1、1.0、1.0, 本次复核计算的防波堤为常规的港口水工构筑物, 结构安全等级按二级考虑。

$M_{sd}$ ——作用于危险滑动面上滑动力矩的设计值(KN·m/m)。

表1 CZ2号钻孔土层分布表

层号	深度 (m)		土质描述
	层顶	层底	
1	0	8	稍密到中密的粉质细砂
2	8	8.5	稍硬的粉质粘土
3	8.5	9.2	中密的粉质细砂
4	9.2	18.2	稍硬的粉质粘土
5	18.2	19.5	中密的砂质粉土
6	19.5	25	硬的粉质粘土

表2 主要材料及土层物理力学指标表

序号	名称	天然重度 $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	抗剪强度	
			$\Phi$ (度)	C(kPa)
1	块石	17	45	0
2	碎石	17	39	0
3	吹填砂	19	28	0
4	充沙袋	19	28	0
5	粉细砂	19.6	25	0
6	粉质粘土	19.1	19.9	22.6

$M_{RK}$ ——危险滑动面上抗滑力矩的标准值 (KN·m/m)。

$\gamma_R$ ——抗力分项系数。

### 2.2.2 计算水位

本次复核计算为施工期稳定复核,根据相关规范,短暂组合计算水位应分别采用设计高水位和设计低水位。同时考虑在整体稳定计算中,低水位为不利工况,故计算水位为设计低水位(0.53m)。

### 2.3 计算荷载

1. 工况一:堤身斜坡面表层开槽施工期堤身稳定复核。堤身斜坡面表层开槽采用水上开槽的施工方案,施工机械荷载对堤身稳定无影响,但考虑到施工期间堤顶可能会有车辆通行需要,故整体稳定计算暂按堤顶均布 10kPa 荷载考虑。

2. 工况二:堤顶电缆沟开槽施工期稳定的影响复核。根据总体施工安排,防波堤和胸墙恢复施工完成后进行电缆沟开槽施工,电缆沟开槽采用陆上施工,沟槽宽度约 5.0m,施工机械可能会在沟槽内进行开槽施工,故整体稳定计算暂按堤顶均布 20kPa 荷载考虑。

3. 工况三:施工荷载对防波堤稳定的影响复核。此工况主要是复核开槽过程中施工机械对现有防波堤

的稳定影响,整体稳定计算暂按堤顶均布 20kPa 荷载考虑。

4. 工况四:使用期工况。此工况考虑电缆敷设完成后,防波堤的稳定复核计算,主要考虑到堤顶车辆通行需要,故整体稳定计算暂按堤顶均布 10kPa 荷载考虑。

### 2.4 工程地质

本次稳定复核计算所选用的地质资料参照 CZ2 号钻孔,其土层分布详见表 1。

### 2.5 计算模型

(1) 工况一:堤身斜坡面表层开槽施工期堤身稳定复核。(2) 工况二:堤顶电缆沟开槽施工期稳定的影响复核。(3) 工况三:施工荷载对防波堤稳定的影响复核。

### 2.6 重要力学指标取值

核算使用的主要材料及土层力学指标如表 2 所示。

防波堤斜坡面电缆敷设结构及堤顶电缆沟结构范围内材料重度采用加权平均求得。其中主要材料天然重度取值如表 3 所示,经加权平均计算防波堤斜坡面电缆敷设结构及堤顶电缆沟结构在稳定计算中重度取值如表 4 所示。

表3 主要材料天然重度取值表

名称	重度 $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )
钢管	78.5
素混凝土	23
水泥沙袋	20
细砂	18
钢筋混凝土	25
碎石混渣	20

表4 重要对象重度取值表

名称	重度 $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )
防波堤斜坡面电缆敷设结构	20.46KN/m <sup>3</sup> (工况二)
	21.06KN/m <sup>3</sup> (工况四)
堤顶电缆沟结构	20.77KN/m <sup>3</sup> (工况四)

表5 整体稳定计算结果汇总表

计算工况	抗力 分项系数		结论
	外侧	内侧	
工况一 堤身斜坡面表层开槽 内侧	1.372	1.192	满足稳定要求
	1.747	1.298	满足稳定要求
工况二 堤顶电缆沟开槽	1.653	1.217	满足稳定要求
	1.705	1.214	满足稳定要求
工况三 施工荷载对防波堤稳定的影响复核	1.705	1.214	满足稳定要求
	1.214	1.214	满足稳定要求
工况四 使用期	1.705	1.214	满足稳定要求
	1.214	1.214	满足稳定要求

(注: 外侧指防波堤临海侧, 内侧指防波堤内侧。)

### 3 复核计算与分析

#### 3.1 复核计算原则

此次复核计算采用简单条分法计算, 地基土层选用直剪固结快剪指标, 根据相关规范<sup>[9]</sup>, 查该规范可知, 抗力分项系数最小值=1.1~1.3, 施工期的稳定计算等短暂状况计算, 抗力分项系数最小值取低值。

#### 3.2 复核计算结果

经计算, 整体稳定计算结果如表5所示。

#### 3.3 计算分析

防波堤的地基稳定计算是基于公式(1), 抗力分项系数  $\gamma_R$  在公式分数的分母上, 故认为抗力分项系数  $\gamma_R$  越大(越偏离最小抗力分项系数), 防波堤越稳定。

综合分析四种工况下防波堤稳定性复核计算结果, 得出以下分析结论:

1. 在四种工况中, 防波堤临海侧(外侧)的抗力系数总是高于防波堤内侧(内侧), 外侧抗抵抗施工影响的能力更强。即使是在堤身斜坡面表层开槽(工况一)情况下, 即外侧直接承受施工荷载, 外侧抗力分项系数也高于内侧。

2. 堤身斜坡面表层开槽(工况一)情况下, 防波堤内外侧的分项抗力系数最低, 因此该项施工对防波堤稳定性影响最大; 堤顶电缆沟开槽(工况二)情况下, 防波堤内外侧的分项抗力系数最小, 因此该项施工对防波堤稳定性影响最小, 甚至低于使用期的工况(工况四)。<sup>[10-11]</sup>

#### 4 结论

1. 综合考虑工程概况,从计算方法、计算荷载、工程地质、计算模型及重要力学参数取值等方面,结合“港口地基工程计算系统”,经复核计算,堤身开槽施工不会影响防波堤稳定性。

2. 在四种施工工况中,防波堤临海侧的稳定性总是高于防波堤内侧。

3. 在四种施工工况中,堤身斜坡面表层开槽(工况一)对防波堤稳定性影响最大;堤顶电缆沟开槽(工况二)对防波堤稳定性影响最小。

#### 参考文献:

- [1] 韩意,张磊,吴伟东,等.改进型四脚空心方块海尔港防波堤的稳定性分析[J].海洋湖沼通报,2020(05):32-39.
- [2] 李彦卿,别社安.宽肩台防波堤稳定性数值模拟方

法研究[J].海洋通报,2020,39(06):10.

- [3] 陈昊哲,陶然.斯里兰卡某深水防波堤结构设计与稳定性试验[J].中国港湾建设,2021,41(06):41-45,79.
- [4] 中交天津港湾工程研究院.水运工程地基设计规范(JTS147-2017)[S].北京:人民交通出版社,2018.
- [5] 仇锦先.新沐河堤防防渗处理开槽施工的几点体会[J].水利水电科技进展,2002(04):46-48.
- [6] 李二霞.滹沱河北大堤垂直铺塑开槽施工控制谈[J].河北水利,2004(10):29-30.
- [7] 孙兆地,李志华,宫晓琳.基于雄安新区高标准防洪工程建设模式探讨生态型堤防未来设计趋势——以雄安新区萍河左堤防洪治理工程为例[J].中国水利,2021(20):86-89.
- [8] 同[4].
- [9] 同[1].
- [10] 崔志芳,王学潮,尚锋,等.开封某堤段截渗墙施工异常与地质条件关系分析[J].人民黄河,2001(09):16-17.
- [11] 朱国康.海堤加固工程典型断面沉降的复核计算及应用[J].黑龙江水利科技,2021,49(10):133-136.

(上接第101页)

开放80端口就行了,如果还需要上pop再开放109、110。不常用的或者几乎不用的全部关闭,不给黑客的攻击提供机会。

#### 3.4 谨慎安装电脑软件

电脑的使用频率越高,被黑客光顾的概率也就越高。相对而言,有效应对黑客的手段是防患于未然,平时应加强警惕。对于网页推荐的或者是不熟悉的软件,在使用或者安装的时候都要慎之又慎。对于一系列没经过认证、来源不明、内容混乱的网页,尽量不要打开,以避免相关风险<sup>[10]</sup>。同时,对于应用安装过程中系统提示的软件安装通知,我们也应当尽量只选自己需要的,避免被黑客所利用,从而大大降低被黑客攻击的风险。在已经遭遇黑客的情况下,应当第一时间关闭网络连接、专业重要信息,并更改计算机信息,截断黑客的电脑控制权,及时止损。

#### 4 结论

网络环境虽然险恶,存在许多弊端,但是它给人们带来的便利也是实实在在的。当前网络技术仍然不成熟,各种漏洞层出不穷,而这就是黑客生存的土壤。虽然各种网络风险的存在,给我们的工作生活带来了许多困难,但它也倒逼着我们网络技术的发展。因此我们期待随着网络技术的发展,Internet可以提升安全

技术,从而保障网络运行环境的安全,使人们能够更安心地使用网络终端。

#### 参考文献:

- [1] 李燕.由支付宝看我国第三方支付平台[J].广西质量监督导报,2008(02):26-27.
- [2] 骆炎平.基于SWOT分析的网络银行经营研究[J].现代商贸工业,2009,21(14):101-104.
- [3] 张炜,许研.电子商务概论[M].北京:经济科学出版社,2010.
- [4] 陈鑫.C2C电子商务平台欺诈问题研究[J].电子商务,2011(07):22-23.
- [5] 张伟.浅谈电子商务安全问题[J].吉林农业科技学院学报,2008,17(04):74-75.
- [6] 陈鑫.网上交易安全问题研究[J].电子商务,2011(09):43-44.
- [7] 李阳,胡高格.构建安全的电子商务第三方支付平台——浅谈电子商务第三方支付平台的发展[J].中国电子商务,2012(08):20-21.
- [8] 王升保.信息安全等级保护体系研究及应用[D].合肥工业大学,2009.
- [9] 胡曼.基于Linux系统的在线安全认证中心的构建及研究[D].山东大学,2009.
- [10] 李振汕.黑客攻击与防范方法研究[J].网络安全技术与应用,2008(01):16-18.