

开挖边坡动态计算分析及工程应用

陈先全

(南京振高建设有限公司, 江苏 南京 211300)

摘要:为了保证开挖边坡时的施工安全,针对新加坡·南京生态科技岛河道整治工程特点,提出相应清淤方法及施工流程,设计边坡分层开挖方案,建立边坡开挖计算模型,提出边坡动态安全系数跟踪计算方法,进行施工期边坡安全稳定控制。研究发现,边坡实际开挖量占总开挖量的30%及60%时,边坡安全系数降至1.15以下,及时调整施工方案后安全系数均有不同程度提升,以保证施工过程中不出现边坡失稳问题。为施工期边坡稳定动态分析提供新的参考思路。

关键词:河道整治;土方开挖;边坡;施工方案;动态分析

中图分类号:TV851 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7839(2019)06-0054-04

Dynamic calculation analysis and engineering application of excavation slope

CHEN Xianquan

(Nanjing Zhengao Construction Co., Ltd., Nanjing 211300, Jiangsu)

Abstract: In order to ensure the construction safety, when the excavation slope based on Singapore, Nanjing ecological characteristics of island in the river regulation project of science and technology, the corresponding method of dredging and construction process was put forward, layered slope excavation plan was designed, a calculation model of slope excavation was established, the slope dynamic safety factor tracking calculation method was put forward, so as to analyze the security and stability of slope during the construction. It's found that when the actual excavation amount of the slope accounts was 30% and 60% of the total excavation amount, the slope safety factor dropped below 1.15. After timely adjustment of the construction plan, the safety factor increased to varying degrees to ensure that no slope instability occurred in the construction process, which provided a new reference idea for slope stability dynamic analysis during construction period.

Key words: river regulation; earth excavation; slope; construction plan; dynamic analysis

1 引言

2009年南京市政府和新加坡贸工部开始共同联手对江心洲整岛进行开发,倾力将江心洲打造一个融合“科技社区、创业社区、人才社区”世界级的“生态科技城、低碳智慧岛”。全洲基本呈南北走向的长条形,状若青梅,该工程基本位于洲中间中上游位置,其中南上水道和东寿水道呈横向布置,

寿代水道、棋下水道、白鹭水道与韭园水道呈纵向布置,与其它水道一起构成洲内的排水水系。本次研究的新加坡·南京生态科技岛河道整治工程,工程内容由6条水道整治组成,分别是南上水道(河道长约858 m)、白鹭水道(河道长约426.4 m)、韭园水道(河道长约500 m)、棋下水道(河道长约1376.4 m)、寿代水道(河道长约430 m)、东寿水道(河道长约300 m)。根据工程特点,应依照先下部关键性工程,后上部构造工程的施工原则,流水作

收稿日期:2019-04-09

作者简介:陈先全(1980—),男,本科,工程师,主要从事水利工程施工工作。

业交叉施工。熟悉施工图纸,进行详细的现场踏勘,结合周边环境,其总体施工部署如下:考虑汛期排水等原因,水道施工顺序先施工南上、寿代水道,帮助附近区域排水。白鹭水道需等南上水道施工完后才能进行施工,这样有利河道积水通过南上水道排入棋下水道,再由棋下水道排入泵站。棋下、韭园水道为老河道拓宽,老河道承担着南部汛期排水重任,这两河道连通到一期河道工程中,再连通到泵站。因此,这两条河道安排在非汛期施工。白鹭、东寿水道为新开挖河道,可安排在汛期施工。其中本工程的关键难点在于:棋下水道、韭园水道及东寿水道施工时均为有水河道,并作为洲内排水的主要通道,施工时应兼顾排水与河道开挖、护砌的协调施工;原河道拓宽时,土体含水量较大,为淤泥质土,施工难度相当大,同时施工质量的保证需要着重考虑。

本文结合新加坡·南京生态科技岛河道整治二期工程特点及现场环境,结合汛期施工难点,提出总体施工部署方案,重点分析其河道开挖阶段岸坡稳定性,并采用动态跟踪计算方法,分析不同阶段土方开挖后河道边坡的安全系数,以保证工程顺利进行,为类似工程提供科学参考依据。

2 工程概况

工程重点研究河道为棋下水道、韭园水道及东寿水道,水道排水流量为 $10 \sim 20 \text{ m}^3/\text{s}$,河道工程级别为4级。汛期常水位为 5.50 m ;非汛期常水位为 5.50 m ;雨前预降水位为 4.50 m ;最高水位为 6.00 m 。规划河道蓝线间距 20 m ,河道两岸地坪标高约为 8.0 m ,两岸采用石笼挡墙护岸,河底均采用石笼护砌。根据《中国地震动参数区划图》GB18306-2001 确定该区的抗震设防烈度为7度,设计基本地震加速度值为 0.10 g ,地震分组为第二组。

2.1 典型设计断面

护岸采用格宾(石笼)挡墙:挡墙埋深不小于 0.5 m ,墙后铺设聚酯长纤无纺布 $200 \text{ g}/\text{m}^2$,格宾之间采用绞边连接。格宾石笼的钢丝网箱均厚镀高尔凡防腐处理,网面抗拉强度 $50 \text{ kN}/\text{m}$ 。河底采用 170 mm 厚雷诺(石笼)护垫进行防护,底部均铺设聚酯长纤无纺布进行反滤。雷诺石笼的钢丝网箱均厚镀高尔凡防腐处理,雷诺(石笼)护垫网面抗拉强度 $30 \text{ kN}/\text{m}$ 。开挖边坡坡比为 $1:3$,分两级平台开挖,以东寿河道中 Z32 钻孔处河道左岸边坡为例(见图1),施工工况下计算指标为快剪指标(见

表1)。

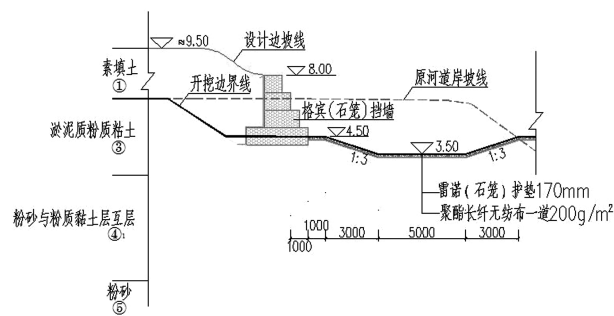


图1 东寿河道左岸边坡断面图

2.2 施工设计

施工流程为:测量放样→修筑临时施工便道→清除表面不合格土料→测量放样→开挖龙沟→开挖河道→机械及人工修整。

为便于装土,在河道两岸各筑1条临时便道,现为装土车便道,以后可作为护垫及挡墙施工便道,如原有水泥道路者则先利用,没有则采用块石、石灰、碎石等新建泥结石道路。开挖时,采用挖掘机1开挖,挖掘机2进行装车,2台相互配合,分段开挖,为了使河道内土方含水量低,开挖时先在河道中间开挖龙沟,再开挖左岸河道土方,最后开挖右岸河道土方。具体土方开挖过程详见图2。其中河底龙沟的开挖难点在于河底清淤,本工程采用的泥浆泵冲刷清淤为模拟自然界水流冲刷原理,借助机械水力冲土,水流经水枪口形成急射水流来切割,粉碎土体,使之液化、崩塌形成泥浆^[1-2]。再由立式泥泵抽吸并通过输泥管送到指定地点堆置。该方法具有以下特点:挖、装、运、卸、填、夯等多道工序可同时一条龙完成;工程成本低,工程质量好;对地下管线、电缆等不明障碍物不产生破坏作用,可穿越沟、河、堤、道路、村庄、街道管道封闭远距离输送土;施工无噪音,输泥区沿线无污染;施工不受天气影响,下雨天照样施工,可昼夜24h分班作业,能确保工期。具体泥浆泵冲刷清淤施工工艺流程示意图详见图3。

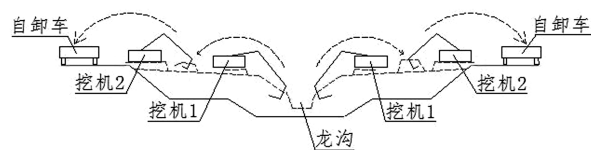


图2 土方开挖施工流程示意图

边坡开挖注意事项:开挖出的土方需进行分类堆放,符合设计要求的合格土料直接堆放在施工现场,用于土方回填,不合格土料直接利用汽车外运

表 1 边坡计算模型中各土层施工期物理参数统计表

土层序号	土层	容重 γ (kN/m ³)	粘聚力 C_q (kPa) (快剪)	内摩擦角 φ_q (°) (快剪)
①	素填土	18.5	12	6.3
③	淤泥质粉质粘土	18.1	12	2.4
④ ₁	粉砂与粉质粘土互层	19.1	12	9.1
⑤	粉砂	19.6	8	30.2

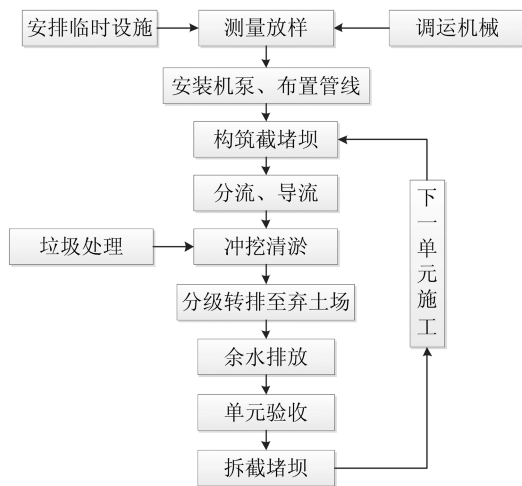


图 3 泥浆泵冲刷清淤施工工艺流程示意图

至弃土地点。合格土料如含水率合适,开挖出后直接由汽车倒运至填土区域,直接回填碾压。施工过程中当土壤含水量较大时,取土可采用平面开挖的方法。当土壤含水量较低时,可采用立面开挖的方法,开挖过程中,经常校核测量开挖平面位置,水平标高,控制桩和边坡^[3-5]。施工时边坡面应留有一定余量的边坡保护层(厚 15~20 cm),在开挖基本完成,开挖至设计高程时即组织机械及人工对坡面进行修整。修整前,技术人员再一次进行精确测量放线,选用熟练的操作机手,配备机况良好的挖掘机顺坡进行削坡修整,测量人员跟班检验,发现问题立即采用纠正和预防措施,部分边角缺陷处用人工工作进一步修铲平顺^[6]。开挖完成修整后,开挖的边坡应平整、稳定,坡脚线应整齐顺直,底部应平整。

3 开挖边坡动态分析

3.1 计算模型

计算边坡采用河海大学 Autobank 计算软件进行计算,初步拟定开挖方案,将河道开挖部分划分

为 10 份,依次由上而下,由河道侧向两边开挖。数值计算中,挖土机和平台临时堆放挖土均考虑为均布荷载施加在边坡上。本次计算不考虑施工机械运卸及震动对边坡稳定的影响,仅做边坡开挖阶段的静力分析^[7]。计算模型网格划分详见图 4。

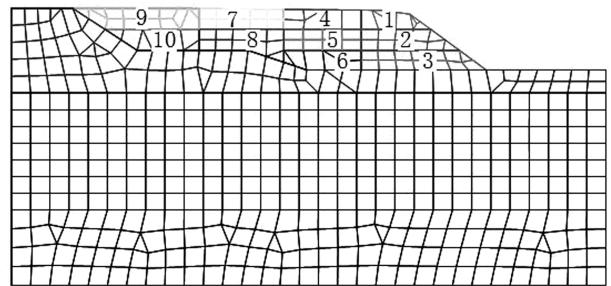


图 4 开挖边坡计算网格示意图

3.2 边坡动态分析流程

在边坡开挖过程中,结合地勘剖面,选取地质条件不利于岸坡稳定的断面进行分析计算,采用边计算边校核施工方案的动态分析方法,建立数值计算模型,初拟施工方案后,以实际开挖量占总开挖量 10% 的增长速度记录相关计算值,根据工程经验提出开挖过程中,开挖边坡安全系数不低于 1.15 的各阶段最大开挖量,以此为严格控制施工安全质量提供科学的参考依据。具体分析流程详见图 5。

3.3 动态分析结果

由动态计算结果可知(见表 2),该边坡在开挖过程中,开挖量为 30% 及 60% 的 2 个阶段安全系数低于 1.15,需及时调整开挖方案,其余安全系数均大于 1.15,施工过程中未出现边坡失稳现象。

4 小结

边坡开挖过程中,应不允许在开挖范围的上侧弃土,必须在边坡堆置弃土时应确保开挖边坡的稳定,并经监理工程师批准。在沿河岸岸边弃土时,应防止雨水冲刷造成河道塌方。土方明挖过程中,

表 2 东寿河左岸边坡开挖安全系数动态统计表

开挖量(%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
计算安全系数	1.5055	1.4224	1.1262	1.1711	1.2974	1.1293	1.3635	1.3855	1.6479	1.3036
方案是否调整	否	否	是	否	否	是	否	否	否	否
调整技术	暂停开挖工作,加快上部堆土外运;恢复开挖,在不影响工程进度的同时,调整开挖断面形式,降低开挖深度,增大开挖表面积;观察降水工程效果。									
初拟开挖顺序	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10									
开挖至 30% 调整方案 1	1-2-3-4-7-5-6-8-9-10									
开挖至 60% 调整方案 2	1-2-3-4-7-5-8-9-10-6									

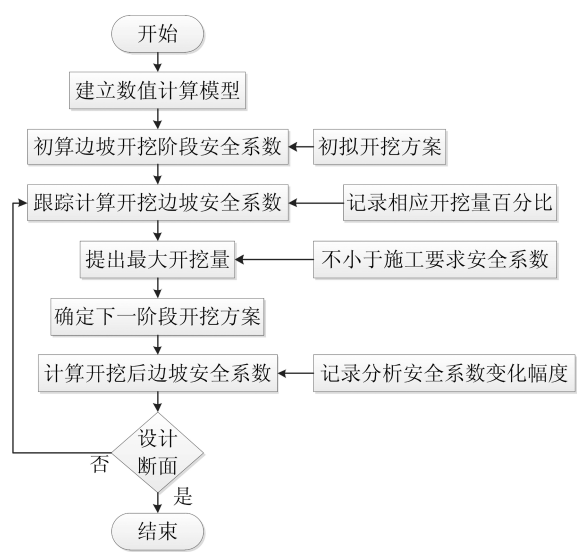


图 5 边坡动态安全分析流程示意图

如出现裂缝和滑动迹象时,应立即暂停施工和采取应急抢救措施,并通知监理工程师。必要时,应按监理工程师的指示设置观测点,及时观测边坡变化情况,并做好纪录。根据本文边坡开挖动态计算结果可知,边坡开挖阶段的最不利工况往往是在施工的过程中,而不是开挖后的边坡安全稳定状况。目前在我国边坡设计规范中还未明确列出开挖过程

中的安全稳定控制,现阶段只能根据相关工程经验进行控制。本文研究结果可为类似工程提供参考依据。

参考文献:

[1] 吴慧生.河道清淤疏浚施工关键技术分析[J].山西科技,2019(02):134-136.

[2] 战玉柱,孙奇,徐缙,等.河道疏浚淤泥综合处置思路研究——以苏州市为例[J].江苏水利,2018(11):26-30+34.

[3] 孙武,胡静.多级开挖边坡强度折减法本构模型分析[J].市政技术,2018,36(06):194-198.

[4] 吴先勤,刘春,刘上.基于 phase2 的路堑高边坡动态开挖稳定性分析[J].山西建筑,2018,44(24):104-106.

[5] 镇云,李友春.城市河道生态护岸稳定分析及应用[J].江苏水利,2018(06):66-69+72.

[6] 陈愿成.高边坡分级开挖与支护方案研究[J].江西水利科技,2018,44(02):134-139.

[7] 袁智洪,刘云飞,付泓锐.不同开挖形式下边坡应力和稳定性有限元分析[J].人民珠江,2017,38(08):59-63.

[8] 王昊.含软弱夹层岩质边坡开挖模拟及稳定性分析[J].江西建材,2017(04):138-139.