

小浪底进水口引渠导墙的优化设计

廖波,于守才,樊思林

(小浪底工程咨询有限公司,河南 济源 454681)

摘要:针对小浪底泄洪洞群系统引水导墙招标图为贴坡加混凝土重力式挡墙,不能满足在进水塔前形成稳定的冲刷漏斗,贴坡段的稳定及重力挡墙段的地基承载能力也显不足的情况,在施工阶段将其修改为混凝土重力式挡墙,导致混凝土量增加,使施工资源配置骤紧,并将影响工期.对此进行引水导墙优化设计.优化方案在瑞典圆弧法稳定计算的基础上,又采用 Janbu 法进行稳定计算.计算结果表明,安全系数满足规范要求.采用优化设计方案后,减少了混凝土工程量,缩短了工期,节约了费用.

关键词:进水口;引渠导墙;堆石体;优化设计;小浪底水利枢纽

中图分类号:TV661

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2001)06-0043-03

小浪底水利枢纽工程的泄洪项目主要包括:进水口引渠、10个功能不同的塔体组成的进水塔、3条孔板(导流)洞、3条明流泄洪洞、3条排沙洞、1条正常溢洪道、出口消力塘和泄水渠、尾水明渠.

引渠导墙位于进水塔的右侧,南端与小浪底大坝左岸坝肩相连,北端与1号明流塔衔接.其作用是引导来流,调整进水口流态,保证水库处于较低水位时进水塔的侧向进流,使进水塔前形成单一的逆时针回流,各种来流情况下各进水口进流畅通,塔前流态稳定,并使塔前水下保持一个相对稳定的冲刷漏斗,从而有效地防止进水口被泥沙淤堵和顺利地排污排漂.因此,它是解决小浪底水利枢纽工程进水口泥沙问题和调节进水口流态的关键性建筑物之一.

1 引渠导墙的优化设计

1.1 引水导墙原设计方案

招标设计阶段的引水导墙分为两段,第一段(TW.0+000~TW.0+100)为贴坡段,第二段为重力挡墙段,基础高程为EL200m,墙顶高程为EL250m,共需浇筑混凝土16.4万 m^3 ,堆石22.6万 m^3 .通过枢纽泥沙模型试验和进水塔前淤堵模型实验,以及工程施工时对引水导墙部位地质情况的进一步认识,显示招标阶段确定的结构形式不能满足在进水塔前形成稳定的冲刷漏斗,贴坡段的稳定及重力挡墙段的地基承载能力均显不足.因此,施工图设计修改为重力式混凝土挡墙,基础最低高程为

EL167.5m,顶部高程仍为EL250m,共需浇筑混凝土31.5万 m^3 ,石渣回填16.1万 m^3 .

1.2 引水导墙的优化设计方案

由于承包商混凝土生产能力不足,修改后的引水导墙结构型式将加剧混凝土的供需矛盾,为了削减进水口混凝土的高峰强度,缓解混凝土浇筑机械的紧张局面,经小浪底工程建设技术委员会部分专家论证,确定对引水导墙进行结构优化设计(图1和图2).

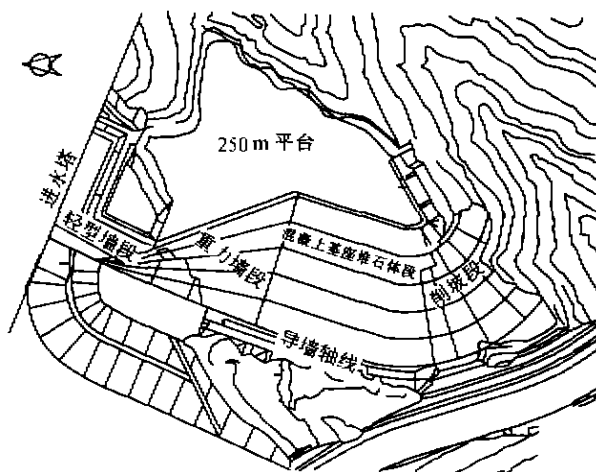


图1 进口引渠导墙平面布置

在EL200.0m以下采用混凝土基座,EL200.0m以上即在混凝土基座顶面以上采用堆石体,迎水面坡度为1:1.5,使用预制六面体混凝土块护坡.堆石段堆石体高50m(局部高达57m),相当于中高堆石坝,但其运用条件和受力条件均比一般的堆石坝更

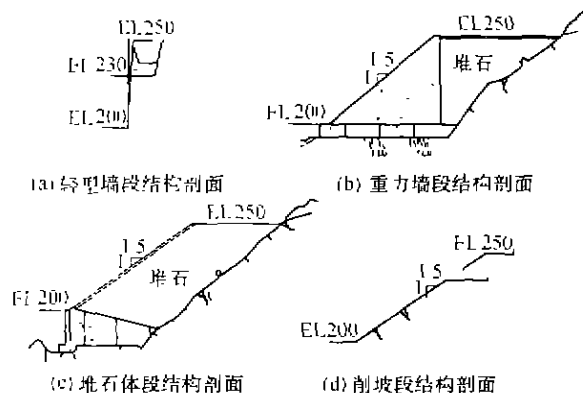


图2 进口引渠导墙典型剖面(高程单位:m)

为不利。水库运用期,随库水位的变动导墙时而淹没水下,时而露出水上;当库水位降落时,堆石中的水外渗,渗透压力朝向边坡,因此,堆石料的软岩含量、堆石体的渗透性能和堆石体的抗剪强度对堆石体边坡的稳定起着重要的作用,所以,设计中采用了要求较高的大坝4B堆石料,并按4B料稳定计算的要求,在堆石体内设置了与混凝土块护坡相连、用环氧树脂保护的焊接钢筋网,使用直径28mm的钢筋穿过滑动区边界线,受力钢筋长度确定为:EL215m~EL229m(共8层)钢筋长度为30m;EL231m~EL239m(共5层)钢筋长度为24m;EL241m~EL247m(共4层)钢筋长度为18m,对于南段窄断面,钢筋长度大于坡面长度时,则到坡面处截断。

在堆石体中增设排水层,在水库水位骤降时有利于堆石体的稳定,在导墙堆石体范围内,自EL215m~EL244m设5层水平堆石体排水层,层厚1m,各层的高程分别为:EL215m~EL216m;EL222m~EL223m;EL229m~EL230m;EL236m~EL237m;EL243m~EL244m,并在导墙堆石体与岩石边坡接触面,通设一层顺坡向厚1m的堆石排水层,排水层堆石料应相当于大坝4A料,即材料应是清洁的、坚固有棱角的砂岩、粉砂岩和粘土岩,但粉砂岩和粘土岩的总含量应小于5%的质量,其中:石块的最大粒径应小于1m,小于5mm粒径的含量小于25%的质量,小于0.1mm粒径的含量小于5%,其填筑后空隙率小于或等于0.24。

经优化后的导墙其外部体形基本不变,但混凝土总量降至18.2万 m^3 ,石渣回填增至33.3万 m^3 。

2 优化方案的稳定分析

引水导墙边坡的稳定采用瑞典圆弧法和Janbu法分别进行分析,设计标准为一等三级建筑物,地震烈度为7度,稳定安全系数标准见表1。

2.1 瑞典圆弧法稳定计算

在计算中考虑钢筋的作用,假定滑弧不穿钢筋,

非加筋部分堆石体按均质考虑,计算成果见表2,由表2可知,设计的4B料堆石体,在有钢筋网的情况下,最小稳定安全系数(特殊组合工况)为1.123,满足规范要求。

表1 稳定安全系数标准

荷载组合	瑞典圆弧法	Janbu法
基本组合	1.2	1.3
特殊组合	1.1	1.2

表2 瑞典圆弧法稳定计算工况及计算成果 4B料, $\varphi = 42^\circ$

荷载组合	计算工况	最小稳定安全系数
基本组合	施工完建无水	1.508
	正常运用275m水位	1.508
	不利水位230m	1.385
特殊组合	275m水位加地震	1.215
	不利水位230m加地震	1.123
	水位骤降(3m水位差)	1.371
	水位骤降(5m水位差)	1.296
	水位骤降(7m水位差)	1.220

注:①水位骤降指库水位自250m以每天5m的速度降到230m,假定堆石体内浸润线是水平的;水位差指骤降后的库水位与堆石体内的水位之差;②计算考虑堆石体顶部淤沙高程254m。

2.2 Janbu法稳定计算

引渠导墙堆石体稳定分析所用的程序XSTABL已在加拿大不少工程中得到运用,其中有的工程已安全运行15a之久,该程序在进行边坡稳定分析时能较合理地反映钢筋的阻滑作用,在众多的计算方法中,Janbu法是考虑沿最小抗剪强度的滑动面(折线)滑动的,比瑞典圆弧法计算中滑动面为圆弧面更合理、更精确,且与不均匀堆石体滑动面实际状况更为接近。

在计算中堆石体采用的 φ 值(EL219m以下 $\varphi = 37.5^\circ$, EL219m以上 $\varphi = 38.5^\circ$)以及特殊工况的稳定安全系数均符合设计要求(其中 φ 值还比设计值略小)、地震作用力计算符合我国SDJ10-78《水工建筑物抗震设计规范》的要求,因此该计算方法较为先进,且有较多的应用实例。

在计算中受力钢筋采用 $\varnothing 28$,其水平间距为0.90m,各层垂直间距按2m布置,其抵抗滑动面增加的拉力按钢筋设计强度($\sigma = 32000 \text{ N/cm}^2$)的60%考虑,从EL215m~EL247m,每米宽度滑弧上钢筋可提供总阻滑力为2229kN,而按最危险工况下安全系数1.2计算,每米宽度滑弧所需提供最大抗滑力为1287kN,阻滑力超过所需抗滑力的1.7倍(表3)。

由于受力钢筋与垂直向分布钢筋焊接为网格结构,在堆石体中锚固作用较强,发挥其40%的设计强度是可能的,据介绍,国外工程设计中一般取

表3 Janbu 法稳定分析结果

断面	钢筋	地震	所需安全系数	所需锚杆力/kN
宽	考虑	不考虑	1.20	270
宽	考虑	不考虑	1.30	1035
宽	考虑	考虑	1.20	1210
宽	考虑	考虑	1.05	9
宽	考虑	考虑	1.01	0
窄	考虑	不考虑	1.30	1035
窄	考虑	考虑	1.20	1287

60%~55%,即使按40%钢筋设计强度考虑,也是所需抗滑力的1.15倍,所以在堆石体内加 $\varnothing 28$,水平间距0.90m,垂直间距2m的钢筋后堆石体是安全的,优化后的引水导墙堆石体边坡可以满足稳定要求。

3 经济技术分析

通过优化设计,解决了因招标阶段确定的结构形式不能满足在进水塔前形成稳定的冲刷漏斗及贴坡段的稳定和重力挡墙段的地基承载能力均显不足的缺陷,避开了进水口混凝土的施工高峰,使其与进水口其它部位同时进行施工,避免了与进水口其它

(上接第22页)Windows NT或Windows 98,考虑到系统升级及性能改善的需要,系统设计尽可能考虑其兼容性、可扩充性、可移植性,硬、软件环境,以及数据库尽可能与国家相应规范、大纲的有关规定保持一致。

3 系统应用实例

系统在长江镇扬河段地理信息系统中得到了成功应用,根据镇扬河段地理信息系统的设计要求,以数据库引擎作为系统信息数据读写的低层操作,通过对数据库内信息数据的分析、处理建立本系统,部分成果如下:

a. 典型断面动态演示界面功能。进入镇扬河段全图界面,该河段界面具有局部放大功能,即河段被划分为仪征水道、世业洲汊道、六圩水道、和畅洲汊道、大港水道5个子水道区,当鼠标移到其中一个子水道区上时,屏幕上就会显示该子水道的名称,若点击之,该子水道图界面就会以放大的形态呈现在屏幕上,并显示出该子水道的有关信息选项,放大的子水道区界面主要提供典型断面选择、断面位置标识、断面属性统计、指定年份断面形态图显示、指定时间段断面冲淤动态演示等功能。

b. 三维河道演变界面功能。选择动态演示界面中的“三维地形”(“冲淤变化”)按钮,进入三维地形(冲淤变化)界面,该界面主要提供了全河道(局部河段)3D、全河道漫游(局部河段冲淤演变)等功能,选中全河道(局部河段)3D或全河道漫游(局部河段冲淤

部位施工的干扰,缩短了施工工期;改为石渣回填,减少了混凝土工程量,节约了费用(表4)。

表4 优化设计后节约的费用

项 目	级别	工程量 /万 m ³	单价 /(元·m ⁻¹)	总价/万元
减少混凝土	E2	13.3	224.26	2982.66
增加4B回填料	4B	17.0	19.91	338.47
节约费用				2644.19

4 结 语

a. 引水导墙采取钢筋网、六棱体混凝土预制块护面、排水层等的多种优化措施,经多种方法复核,各项安全系数满足有关规范要求,因而是稳定的。

b. 通过优化设计,将原设计的混凝土挡墙改为堆石体,减少了混凝土的用量,同时避免了与进口混凝土浇筑高峰的冲突,缩短了工期,也节约了大量的费用,经济效益明显。

(收稿日期:2000-06-06 编辑:马敏峰)

演变)对应的标志按钮,全河道(局部河段)3D或全河道漫游(局部河段冲淤演变)便显示在屏幕上。

4 结 语

运用 Authorware, Photoshop, Premiere, Auto CAD, 3DS MAX, Visual Basic 等专业软件开发研制了地理信息系统(GIS)支持下的河床演变多媒体演示系统,并将其应用于镇扬河段GIS中,做到了将文字、图形、图片、图像、动画、音效、解说、视频集于一体,具有界面友好、形象生动、直观灵活、优美动听的操作、视觉和听觉效果,专业水准较高,是过去常见的Powerpoint幻灯片演示系统所不可比拟的,系统具有较强的可移植性、可维护性和可扩充性。

用多媒体技术以二维、三维形式动态地介绍和演示了镇扬河段地理信息系统整个规划、设计、实施和应用过程,为工程管理、河道整治、趋势预测提供了良好的设计、汇报和决策依据,成为防汛决策支持系统的重要组成部分。

参考文献:

- [1] 汤立群.河流及流域泥沙数学模型的研究与应用[D].南京:河海大学,1999.
- [2] 袁鹏飞. SQL Server 7.0 数据库系统管理与应用开发[M].北京:人民邮电出版社,1999.
- [3] 刘炳文. Visual Basic 程序设计-数据库篇[M].北京:人民邮电出版社,1999.

(收稿日期:2000-07-03 编辑:张志琴)