

印尼 Jatigede 大坝碎石土心墙填筑施工工艺及质量控制

丁显庚

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 成都 610072)

摘要:近年来,无论是国内还是国外,越来越多的高土石坝工程都选择了用碎石土料做防渗心墙料。而在整个大坝填筑质量控制中,碎石土心墙填筑的质量控制是最重要的环节。通过总结印尼 Jatigede 大坝碎石土心墙填筑施工工艺及质量控制措施,阐述了碎石土心墙填筑采用的主要施工工艺及质量控制要点。

关键词:印尼 Jatigede 大坝;碎石土心墙;施工工艺;质量控制;雨季施工措施

中图分类号:TV52;TV522;TV7;TV641

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)增1-0120-04

1 工程概述

Jatigede 大坝工程位于印尼西爪哇省苏木丹地区,主要建筑物包括碎石土心墙堆石坝、导流洞、灌溉洞、溢洪道和发电洞进口等。

碎石土心墙堆石坝最大坝高 110 m;坝顶全长 1 715 m,坝顶宽 12 m;坝顶高程 265 m,正常蓄水位高程 260 m;上游坡度为 1:2 (V:H),下游坡

度为 1:1.9 (V:H)。

坝体共分 6 个区域:从中间到两边依次为碎石土心墙防渗(1区)、反滤层(2A区)、反滤层(2B区)、过渡料(3A区)、堆石料(3B区)、护坡料(4区);其中碎石土心墙总填筑方量约为 105 万 m³。

大坝填筑典型断面见图 1。

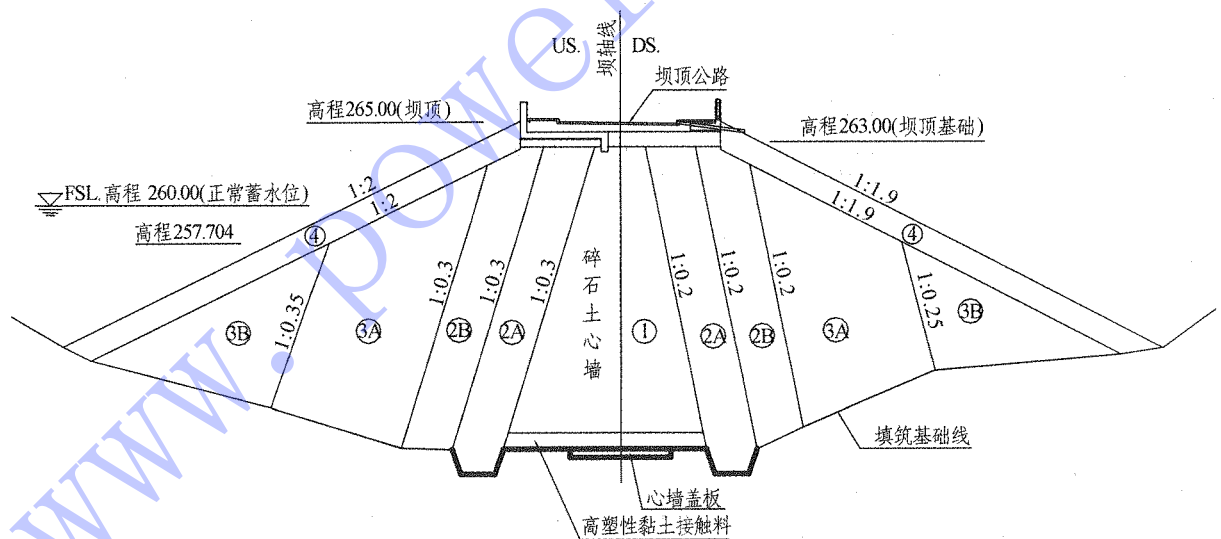


图 1 大坝填筑典型断面图

2 填筑施工采用的技术标准

2.1 设计标准

填筑采用的设计标准见表 1。

2.2 验收标准

该碎石土心墙压实含水量控制在最优含水量

表 1 碎石土心墙填筑设计标准表

最优含水率 /%	最小干密度 /g · cm ⁻³	渗透系数 K
28	1.42	<1 × 10 ⁻⁵

±3% 范围内;最小干密度的合格率不小于 90% 且不合格的最小干密度值不得小于最小设计干密度值的 98% (1.392 g/cm³)。

收稿日期:2014-03-17

2.3 拌合标准

该碎石土心墙防渗料为粘土和砾石混合料,粘土与砾石的混合比例为 3:7(重量比),可按 30% 控制,但心墙混合料中砾石的总含量应不大于 40%。

土料中天然砾石的最大粒径不大于 150 mm;人工掺砾石粒径为 5~60 mm。

3 填筑施工准备

3.1 料源规划

根据施工规划,在大坝附近选择了两处土料场:Cijeungjing 土料场与 G. TIRU 土料场。其中 Cijeungjing 土料场位于大坝下游 1.5 km 处的 Cimanuk 河右岸,料场面积为 16 万 m²,覆盖层厚约 0.5 m,有效储量约为 44 万 m³;G. TIRU 土料场位于大坝下游 1 km 处的 Cimanuk 河左岸,料场面积为 20 万 m²,覆盖层厚约 0.4 m,有效储量约为 86

万 m³。两处土料场的有效储量达 130 万 m³,满足填筑需求。

3.2 土样试验

土料场开采前均进行了取样试验,以检测其特性是否满足技术规范要求。采用分层取样在现场进行了天然含水量、天然密度试验,其它试验项目取土样在试验室内完成。

Cijeungjing 土料场的天然含水率取样 48 组,天然密度取样 46 组,比重试验取样 48 组,击实试验取样 48 组,液、塑限试验取样 48 组,粒径 >0.075 mm 颗粒筛分取样 48 组。试验结果见表 2。

G. TIRU 土料场的天然含水率取样 8 组,天然密度取样 8 组,比重试验取样 8 组,击实试验取样 8 组,液、塑限试验取样 8 组,粒径 >0.075 mm 颗粒筛分取样 8 组。试验结果见表 3。

3.3 土料场开采

表 2 Cijeungjing 土料场取样试验统计表

项目	天然含水率 /%	天然湿密度 /g·cm ⁻³	天然干密度 /g·cm ⁻³	最大干密度 /g·cm ⁻³	最优含水率 /%	比重	液限 /%	塑限 /%	塑性指数 /%
组数	48	46	46	48	48	48	48	48	48
最大值	52	1.74	1.27	1.308	44.3	2.69	81.6	52	36.6
最小值	32.9	1.408	0.98	1.12	32.8	2.4	52.4	30.6	14.4
平均值	41.6	1.624	1.133	1.213	38.5	2.58	67	44.7	22.3

表 3 G. TIRU 土料场取样试验统计表

项目	天然含水率 /%	天然湿密度 /g·cm ⁻³	天然干密度 /g·cm ⁻³	最大干密度 /g·cm ⁻³	最优含水率 /%	比重	液限 /%	塑限 /%	塑性指数 /%
组数	8	8	8	8	8	8	8	8	8
最大值	46.5	1.752	1.282	1.321	42.5	2.67	78.7	42	37.7
最小值	37.2	1.386	0.98	1.188	33.5	2.63	61.5	32	29.5
平均值	41.9	1.569	1.131	1.255	38	2.65	70.1	37	33.6

结论:试验证明,两处土料场的黏土料特性均满足技术规范要求。

土料场开采遵循即采即用原则,以保证黏土料的质量,已开采的部分土料可在土拌合站就近临时少量储备,以保障心墙料能连续生产。

在选择开采方式方面,综合考虑了坝料性质、料场地形、开采机具、料层分布、料层厚度、砾质土天然含水率大小及水文地质等因素,确定可采用立面开采、平面开采、斜面开采和混合开采等多种方式。当料层较厚且上下层土料性质不均匀时,宜采用立面开采;而黏土层和碎石土层分开开采,可以更好的掺配和调整含水量。对于砾质土或坡残积风化料,宜采用斜面与立面相结合的混合开采方式。

在进入土料场周边和施工道路两侧及开挖形成的台阶上均设置了截、排水沟以尽量截排地面

积水,减少降雨汇水,确保环保需要。

3.4 碎石土拌合系统

拌合系统由 2 台 WBS300C 稳定土拌合站组成,从土料场即时开采,由 25 t 自卸汽车运输并直接卸入料仓,多余土料就近堆存,需要时再由 3 m³ 装载机转运入仓。人工碎石料由 1#砂石系统生产,粒径为 5~60 mm,该种骨料堆存于土拌合站附近,由 3 m³ 装载机装料送入料仓。

WBS300C 型稳定土拌合站主要由立式料仓、螺旋给料机和电子秤、螺旋阀门及气破拱装置组成。作业时拌合料卸入料仓,靠自重下降,经螺旋阀门、螺旋给料机送出,通过电子螺旋秤连续称重计量后进入混合料输送主皮带,卸入成品料堆,达到均匀拌合的目的。

拌合后的碎石土心墙成品料用3 m³装载机装运,由25 t自卸车直接运至填筑作业面。填筑碾压压实后由试验室取样试验,根据试验结果,对拌合站所堆存的碎石土心墙成品料实施适当地加水或翻晒等处理措施,以保证填筑质量。

4 填筑施工

碎石土心墙料采用25 t自卸汽车从稳定土拌合站运至填筑作业面,并按以下工序进行填筑施工。

4.1 铺料

碎石土心墙防渗混合料沿坝轴线方向铺筑,松铺厚度为30 cm。采用进占法卸料,以避免自卸汽车在碾压合格的心墙面上行驶而造成剪切破坏。若汽车需要穿越心墙防渗区时,在不同填筑层路口段应交错布置或设置临时保护措施,以避免对已经碾压合格的防渗土体造成超压破坏。若路口段防渗土体已发生超压破坏时,应挖除并重填合格土料。

4.2 平整

在靠近溢洪道边墙区域,由人工进行平整。

当作业面达到一定长度后,利用拉线或高程桩严格控制铺填厚度,采用SD220推土机平整,必要时利用MG430平地机辅助平整,边角部位辅以人工平整。

4.3 压实

在铺料和平整完成后,在靠近溢洪道边墙夹角区域,使用人工操作打夯机进行压实。当作业面达到一定长度后,利用凸块振动碾低频高幅碾压,凸块碾行进方向平行于坝轴线方向,碾压采用进退错距法。碾压遍数为6~10遍,将行车速度控制在4 km/h以内,洒水量需参照土石混合料的最优含水率确定。

碎石土心墙防渗混合料分段碾压时,要求相邻两段搭接带碾迹应彼此搭接,垂直碾压方向搭

接带跨度应不小于0.5 m,顺碾压方向搭接带宽度不小于1 m。

碎石土铺料和碾压必须连续进行,在短时停顿重新铺填时,应对表面风干土层作洒水润湿处理。

碾压完成后,由试验室及时对每层土料进行取样试验,以确定已填土料的压实干密度,决定是否补压,待其满足要求后方可进行下一层土料的填筑。

4.4 层间和施工缝的处理

连续施工:碎石土心墙填筑要求连续施工。因特殊原因停工时,对已填表面应及时收面,并在重新开始施工后作层面处理。

层面处理:在上层铺土前,必须将结合层面洒水润湿,然后采用凸块碾静压两遍。

施工缝的留设:在碎石土心墙填筑中应尽量减少施工缝。分段填筑形成的横缝搭接处的粘土边坡不陡于1:3,高度不超过10 m。填后一段时间,对前一段已填土体表面逐层进行清除,经验收合格后再进行填筑,施工缝的搭接长度不小于1~1.5 m。

4.5 质量控制

每一层粘土料填筑前后,测定该层粘土料的填筑高程、与反滤料的分界线并做出明显标志,以确保土料及反滤料的位置和宽度准确无误。

在填筑过程中,严格防止其他填筑料散落在粘土料中;若已发生,应及时进行清除,防止污染。

每层、每段填筑碾压完成后,均由试验室及时进行取样试验,待确定已填土料满足设计要求后方可进行下层填筑;土料干密度与含水率平均按500 m³取一组,渗透系数平均按5万 m³取一组。从每次试验数据看,每层已填土料均满足设计要求。主要试验结果见表4。

表4 碎石土料填筑碾压后的主要试验结果表

项目	第1组	第2组	第3组	第4组	第5组
含水率/%	29	27	28	30	26
干密度/g·cm ⁻³	1.48	1.49	1.48	1.48	1.49
渗透系数/K	0.89×10 ⁻⁵	0.9×10 ⁻⁵	0.94×10 ⁻⁵	0.92×10 ⁻⁵	0.95×10 ⁻⁵

4.6 雨季施工措施

印尼属热带雨林气候,全年高温多雨,有雨季、旱季之分。一般每年的11月至第二年4月降

雨较多,为雨季;5~10月降雨较少,为旱季。据气象站统计资料,大坝区域年均降雨量为2 407 mm,月最大降雨量为1月份,达371 mm,具体情

况见表 5。

由于雨季时间较长,对碎石土心墙填筑影响极大。我们在雨季施工时采取了以下综合措施,

表 5 降雨量分布表

11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
272	295	371	314	367	279	135	89	49	49	54	135

(2) 填筑过程中,为确保表面排水,心墙填筑面由中央凸起向上下游倾斜,同时在左、右岸坝坡构筑截水沟,尽量避免地表水流入粘土心墙区域。当心墙宽度较窄时,填筑面可稍向上游倾斜,保持 0.5~1% 的坡度,以利排水。

(3) 在下雨前,停止心墙粘土的填筑,停工前采用光面碾静压 2 遍收面并注意保持填筑面平整,以防雨水下渗且避免积水;必要时采用土工膜覆盖心墙填筑面,雨后揭开晾晒。

(4) 雨后大坝的复工处理彻底,严禁在有积水、泥泞和运输车辆走过的坝面上直接铺料填筑。在重新开始施工时,先晾晒并清除表层受影响的土层并进行层间处理,经检查合格后方可重新填筑。

(5) 因早晚温差较大,凌晨时段露水很大时可能会使心墙表面含水量增大;上午开始填筑前,注意检查心墙表面,如含水量较大,晾晒一段时间后才能进行填筑施工。

实践证明:采用以上雨季施工措施,有效地减少了降雨对碎石土心墙填筑造成的不利影响,并

尽量减少了降雨给施工带来的不利影响。

(1) 首先作好了水文气象预报工作,提前做好防雨准备,把握好雨后的复工时间。

保证了填筑质量,取得了很好的效果。

5 结 语

碎石土心墙填筑工艺复杂,黏土与砾石拌合比例不易准确控制,且施工受当地降雨的不利影响极大,因此,必须采取合理的施工工艺,配置最优的施工机械设备,合理组织各工序施工。各填筑层要相互衔接,保持连续并严格进行质量控制。

在整个施工过程中,尤其要注意以下三个方面:(1) 在碎石土拌合过程中,要提前制定规范、合理的操作程序,操作人员还须在实践中多做总结,积累工作经验,这样实施可以大大提高拌合料成品的合格率,确保填筑土料质量;(2) 填筑施工时,必须重视各工序质量的控制,尤其要控制好碎石土心墙料的含水量及含砾量;(3) 提前做好雨季施工措施及材料准备工作,尽量减少降雨对碎石土心墙填筑造成的不利影响,进而保证填筑质量。

作者简介:

丁显庚(1980-),男,河南南阳人,工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

碾压混凝土坝建设 20 年

1993 年年末,全球仅有 116 座碾压混凝土(RCC)坝完工,分布于 18 个国家,其中美国、日本、西班牙、中国和南非五国超过 10 座。最高的 RCC 坝位于日本境川坝,坝高 115 m;体积最大的 RCC 坝为美国的上静水(Upper Stillwater)坝,体积 112.5 m³。1993 年 1 a 内,就有超过 20 座 RCC 坝完工。20 a 后的 2013 年年末,全球有 550 多座 RCC 坝,数量是 20 a 前的 4 倍,且至少分布在 56 个国家。目前有 11 个国家 RCC 坝的数量超过 10 座,此外,巴西、摩洛哥、土耳其、越南、澳大利亚及墨西哥也即将超过 10 座。与 20 a 前中国仅拥有的 16 座 RCC 坝相比,目前中国已拥有 170 多座 RCC 坝,发展速度惊人。目前坝高最高的 RCC 坝为中国广西的龙滩大坝,坝高 217 m,同时该坝也是世界上体积最大的 RCC 坝,体积为 500 万 m³。龙滩大坝为已建最大规模的大坝之一,装机容量为 6 300 MW,水库库容为 272.7 亿 m³,大坝和厂房提前 3.5 个月完工,比预期提前发挥了经济效益。RCC 坝的最大优势是建设速度快,随着私人投资参与水电站建设的不断扩大,这一点就显得尤为重要,如印度的盖特盖尔(Ghatghar)国有抽水蓄能电站,主坝采用 RCC 坝与采用其他类型的大坝相比,可缩短工期 3 a。在这 3 a 内,电站发电产生的经济效益占整个项目投资的 50%。RCC 坝已逐渐被全世界接受。过去 20 a,其施工技术发展迅速,施工效率大大提高,应用越来越广泛,主要体现在以下几点:(1) 可在混凝土中掺入大量火山灰水泥,尤其是低钙粉煤灰。(2) 变态混凝土(GEVR)和浆液浓缩碾压混凝土(GE-RCC)技术得到发展,是对 RCC 施工技术的改进,可用于浇筑 RCC 坝饰面。(3) 有些国家将天然火山灰应用于 RCC。(4) RCC 可消耗火电厂产生的大量粉煤灰残渣,减少环境污染。