

# 印尼 Jatigede 大坝工程反滤料筛分及碾压试验分析

丁显庚, 马乐

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

摘要:通过对印尼 Jatigede 大坝工程反滤料筛分及碾压试验分析,介绍了土石坝中反滤料筛分试验及大坝填筑碾压参数确定的一般过程与技术要点,对其他类似土石坝工程反滤料筛分及碾压试验的理论分析及实际操作具有一定的参考价值。

关键词:土石坝;反滤料;筛分试验;碾压参数;Jatigede 大坝

中图分类号:TV7;TV522;TV41

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)02-0051-02

## 1 工程概述

印尼 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,坝顶宽度为 12 m;坝顶高程为 265 m,正常蓄水位高程为 260 m;上游坡度为 1:2,下游坡度为 1:1.9。

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)、抛石料(4区);其中反滤层(2A、2B)总填筑方量约 80 万 m<sup>3</sup>,反滤层(2A、2B区)反滤料采用 ulang Hill 采石场的石料经 1#砂石系统破碎、筛分、冲洗后所生产的成品料。

## 2 试验目的

本次试验根据印尼 Jatigede 大坝工程反滤层(2A、2B)填筑技术指标和级配要求,对填筑反滤层(2A、2B)反滤料成品检测其级配是否满足设计要求;在大坝填筑前对反滤料(2A、2B)进行碾压试验,目的是核实填筑指标的合理性,确定反滤料达到填筑指标的施工碾压参数;并通过此参数检验填筑现场反滤料(2A、2B)是否满足填筑质量要求,从而为有效地进行施工质量控制提供保证。

## 3 反滤料填筑指标

### 3.1 技术指标

印尼 Jatigede 大坝工程反滤料(2A、2B)填筑技术指标主要包括干密度(由最小干密度控制)、最大粒径要求及渗透系数。具体指数指标见表 1。

收稿日期:2014-03-22

表 1 坝体反滤料(2A、2B)技术指标表

坝料分区	最小干密度 $\rho_{d_{min}}$	最大粒径 $D_{max}$	渗透系数 $K$
	$/g \cdot cm^{-3}$	$/mm$	$/cm \cdot s^{-1}$
2A 区	2.2	10 ~ 20	$>5 \times 10^{-4}$
2B 区	2.3	60 ~ 100	$>1 \times 10^{-3}$

### 3.2 级配要求

级配设计原则:级配连续,满足反滤、变形和渗透过渡要求,满足相关规程规范要求。

反滤料(2A区)的最大粒径  $D_{max} = 10 \sim 20$  mm,粒径小于 5 mm 含量为 66% ~ 86%,反滤料(2B区)的最大粒径  $D_{max} = 60 \sim 100$  mm,粒径小于 5 mm 含量为 31% ~ 50%,粒径小于 0.075 mm 含量宜不大于 5%。级配要求见表 2。

表 2 坝体反滤料(2A、2B)级配要求表

2A	颗粒组成(mm)及各粒径组成百分含量/%							备注
	<20	<10	<5	<2	<1	<0.5	<0.25	
上限	100	100	86	66	51	35	20	5
下限	100	83	66	49	37	24	11	0
2B	颗粒组成(mm)及各粒径组成百分含量/%							备注
	<100	<80	<60	<40	<20	<10	<5	
上限	100	100	100	84	67	50	5	5
下限	92	85	76	61	47	31	0	0

## 4 筛分试验

填筑试验所用的反滤料(2A、2B)均来源于 Julang Hill 采石场的石料经 1#砂石系统破碎、筛分、冲洗后所生产的成品料。在大坝填筑施工前,对料场储存的 2A、2B 料分别进行了多组取样筛分试验。试验成果见表 3。

通过上述检测数据可以看出,填筑反滤料(2A、2B)各种粒径平均通过率均在设计上、下限之间,级配满足设计要求。

## 5 碾压试验

### 5.1 碾压机具

碾压机具采用德国宝马公司生产的 BW219DH-3 光面振动碾,具体技术参数见表 4。碾压试验过程中行走速率采用 3 km/h,振动频率采用 30 Hz。

表 3 反滤料(2A、2B)筛分试验成果表

填筑料	项目	数 值							
2A	筛孔尺寸/mm	20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.075
	设计上限/%	100	100	86	66	51	35	20	5
	设计下限/%	100	83	66	49	37	24	11	0
	平均通过率/%	100	91.1	77.5	51.7	41.3	25.7	15.2	3.9
2B	筛孔尺寸/mm	100	80	60	40	20	10	5	0.075
	设计上限/%	100	100	100	100	84	67	50	5
	设计下限/%	100	92	85	76	61	47	31	0
	平均通过率/%	100	100	100	93.7	75.2	50.8	35.6	3.3

表 4 BW219DH-3 光面振动碾施工技术参数表

型号	工作重量/t	轮距/m	钢轮直径/m	功率/kW	激振力/t	振幅/mm	激振频率/Hz
BW219DH-3	19.22	3.123	1.6	143	33.3~25.5	1.21~2.14	26~30

5.2 试验内容

现场试验人员首先分别从 1#砂石系统破碎、筛分、冲洗后所生产的成品料中随机取出适量的 2A、2B 料试验样品,然后按松铺厚度为 50 cm 和 60 cm 各分成两个样品现场碾压试验区,分别对其进行 2 遍静碾和 2、4、6 遍振动碾压,其中振动碾压行走速率为 3 km/h、振动频率为 30 Hz。然后分别对碾压后的 2A、2B 样品料的干密度和沉降量以及压实后的渗透系数进行测定,得出试验

数据并进行相关技术指标分析。

5.3 试验数据及成果分析

在现场碾压试验中,对样品进行不同碾压遍数后分别测定其现场干密度、沉降量变化及渗透性。

5.3.1 干密度、沉降量变化及渗透性试验

在现场对所取样品测定其不同松铺厚度、不同碾压遍数后的现场干密度、沉降量变化及渗透性,成果见表 5。

表 5 反滤料(2A、2B)现场干密度、沉降量变化及渗透性试验成果表

	松铺厚度/cm	碾压遍数	实测干密度	平均值	平均沉降量	平均渗透系数 K	松铺厚度/cm	碾压遍数	实测干密度	平均值	平均沉降量	平均渗透系数 K
			/g·cm <sup>-3</sup>	/g·cm <sup>-3</sup>	/cm	/cm·s <sup>-1</sup>			/g·cm <sup>-3</sup>	/g·cm <sup>-3</sup>	/cm	/cm·s <sup>-1</sup>
2A	50	静 2	/	/	4.3	/	60	静 2	/	/	7.9	/
	50	动 2	2.204	2.206	7.5	6.688	60	静 2	2.132	2.13	11.3	6.483
	50	动 2	2.207			×10 <sup>-4</sup>	60	动 2	2.128			×10 <sup>-4</sup>
	50	动 4	2.239	2.237	8.05	5.855	60	动 4	2.159	2.156	11.9	4.353
	50	动 4	2.235			×10 <sup>-4</sup>	60	动 4	2.153			×10 <sup>-4</sup>
	50	动 6	2.251	2.258	8.13	5.002	60	动 6	2.178	2.175	11.95	2.885
	50	动 6	2.266			×10 <sup>-4</sup>	60	动 6	2.172			×10 <sup>-4</sup>
	50	静 2	/	/	4.3	/	60	静 2	/	/	4.95	/
2B	50	静 2	/	/	4.3	/	60	静 2	/	/	4.95	/
	50	动 2	2.275	2.258	7.5	1.14	60	静 2	2.131	2.131	8.53	6.563
	50	动 2	2.242			×10 <sup>-2</sup>	60	动 2	2.134			×10 <sup>-2</sup>
	50	动 4	2.29	2.288	8.85	6.236	60	动 4	2.216	2.217	9.51	3.459
	50	动 4	2.286			×10 <sup>-3</sup>	60	动 4	2.218			×10 <sup>-2</sup>
	50	动 6	2.292	2.299	9.03	2.17	60	动 6	2.267	2.264	10.1	1.235
	50	动 6	2.306			×10 <sup>-3</sup>	60	动 6	2.261			×10 <sup>-2</sup>

对表 5 中的试验检测结果分析后可以得出:

(1)干密度。

对于 2A 和 2B 料,随着碾压遍数的增加,2、4、6 遍振动碾压后的实测干密度总体随碾压遍数增加而增加,但增幅都很小。

①对于 2A 料,松铺厚度为 50 cm 时,动碾 2 遍以上的实测干密度值均大于 2.2 g/cm<sup>3</sup>,满足填筑标准中的最小干密度的技术要求;而松铺厚度为 60 cm 时,动碾 2 遍以上的实测干密度值均小

(下转第 74 页)

- [1] 矫勇. 中国水问题·对策及发展战略[C]. 第三次世界水论坛中国代表团论文集, 2003.
- [2] 周怀东, 彭文启. 水污染与水环境修复[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [3] 张惠英, 严以新. 黄茅海域及上游河网区一、二维联网潮流计算整体数学模型[J]. 江苏交通工程, 1994, 57(6): 12-20.
- [4] 赖锡军, 汪德瑾. 非恒定水流的一二维耦合数值模拟[J]. 水利水运工程学报, 2002, 36(2): 48-51.
- [5] 诸裕良, 严以新, 李瑞杰, 等. 河网海湾水动力联网数学模型[J]. 水科学进展, 2003, 14(2): 131-135.
- [6] 郝芳华, 李春晖, 赵彦伟, 等. 流域水质模型与模拟[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2008.
- [7] 叶守泽, 等. 水库水环境模拟预测与评价[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998.
- [8] 张明亮, 沈永明. 河网水动力及综合水质模型的研究[J]. 中国工程科学, 2008, 10(10): 78-80.
- [9] 杨国录. 河流数学模型[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [10] 穆锦斌. 荆江-洞庭湖水沙输移数学模型及其初步应用研究[D]. 武汉大学博士论文, 2007.
- [11] 吴作平. 复杂河网及江湖水沙联合调度数学模型研究[D]. 武汉大学博士论文, 2002.
- [12] 金蜡华, 徐峰俊. 河口及近海水质模拟[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.

#### 作者简介:

乔伟(1985-), 女, 河南开封人, 助理工程师, 硕士, 研究方向: 水质数值模拟;

赵奕(1982-), 男, 湖北武汉人, 工程师, 学士, 从事水利水电工程设计工作;

鄂茂国(1962-), 男, 湖北武汉人, 工程师, 从事水电工程设计及工程管理工作.

(责任编辑: 李燕辉)

(上接第52页)

于  $2.2 \text{ g/cm}^3$ , 不能满足填筑标准中的最小干密度的技术要求。

②对于2B料, 松铺50cm时动碾4遍时的实测干密度值在  $2.29 \text{ g/cm}^3$  左右, 已经非常接近设计值  $2.3 \text{ g/cm}^3$ ; 动碾增加到6遍时, 干密度增加量不超过1%; 而松铺厚度为60cm时, 动碾2遍以上的实测干密度值均小于  $2.3 \text{ g/cm}^3$ , 不能满足填筑标准中的最小干密度的技术要求。

#### (2) 沉降量变化。

对于2A和2B料, 松铺厚度50cm和60cm时, 随着碾压遍数的增加, 2、4、6遍振动碾压后的沉降量总体均随碾压遍数的增加而增加, 但增幅均很小。尤其是在振动碾压4遍以后, 沉降量基本没有明显变化。

#### (3) 渗透系数。

2A料的渗透系数在松铺厚度50cm时, 振压2、4、6遍后, 均大于  $5 \times 10^{-4}$ , 满足填筑标准技术相关要求。而在松铺厚度60cm时, 振压4、6遍后, 均小于  $5 \times 10^{-4}$ , 不能满足填筑标准技术相关要求。碾压试验后的样品2B料的渗透系数在松铺厚度50cm、60cm时, 振压2、4、6遍后, 均大于  $1 \times 10^{-3}$ , 满足填筑标准技术相关要求。

#### 5.3.2 碾压参数的确定

综上所述, 反滤层(2A、2B)施工参数为:

(1) 碾压机具采用德国宝马公司生产的BW219DH-3光面振动碾, 机具重量为19.22t, 行走速率采用3km/h, 振动频率采用30Hz;

(2) 反滤料(2A)采用松铺厚度50cm, 静压2遍, 振动碾压4遍; 压实控制干密度暂按  $2.2 \text{ g/cm}^3$  执行, 并根据现场实际情况进行适时调整;

(3) 反滤料(2B)采用松铺厚度50cm, 静压2遍, 振动碾压4遍。压实控制干密度暂按  $2.28 \text{ g/cm}^3$  执行并根据现场实际情况进行适时调整。

#### 6 结语

在Jatigede大坝反滤料填筑施工中, 现场施工人员严格按照确定的碾压参数进行施工, 现场取样试验成果表明, 填筑质量均满足各项技术指标要求。因此, 碎石土心墙土石坝反滤料填筑施工前, 应对所采用的反滤料进行筛分检测填筑料级配及生产工艺性碾压试验分析, 是确定正确的填筑碾压参数的前提。而在填筑施工中, 严格按照确定的碾压参数进行施工, 并及时通过现场取样试验进行质量控制是确保填筑质量的关键。

#### 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;

马乐(1962-), 男, 四川都江堰人, 高级技师, 从事水电工程施工技术与管理工作.

(责任编辑: 李燕辉)