

两河口水电站砾石土料击实特性及质量控制标准研究

车 维 斌， 江 万 红

(中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610066)

摘 要:为获取心墙砾石土料原级配全料击实试验数据及填筑质量控制标准,比较了两种级配状态下全料压实度与粒径小于 20 mm 的细料压实度的对应关系,进一步验证了大坝心墙砾石土料压实度控制指标的合理性。阐述了在使用 $\varphi 800$ 超大型击实仪和 $\varphi 300$ 大型击实仪试验中掌握砾石土料击实特性的过程,确定了填筑质量控制标准。

关键词:两河口水电站;砾石土料;击实特性;控制标准

中图分类号:TV7;TV22;TV52;TV4

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2020)03-0024-03

Study on Compaction Characteristics and Quality Control Standard of Gravelly Soil for Lianghekou Hydropower Station

CHE Weibin, JIANG Wanhong

(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610066)

Abstract: In order to obtain the compaction test data and filling quality control standard of the core wall gravelly soil with the original grading, the corresponding relationship between the compaction degrees of the whole material under the two grading conditions and the fine material with the particle size less than 20mm is compared, and the rationality of the compaction degree control index of the core wall gravelly soil is further verified. This paper expounds the process of obtaining the compaction characteristics of gravelly soil materials through the test of using $\varphi 800$ super large compactor and $\varphi 300$ large compactor, as well as the process of determining the filling quality control standard.

Key words: Lianghekou Hydropower Station; gravelly soil; compaction characteristics; control standard

1 概 述

目前,在我国已建、在建的超高心墙堆石坝水电工程中,糯扎渡、长河坝水电站已经建成,两河口与双江口水电站正在进行大坝填筑。相关资料表明:超高心墙堆石坝坝高大于 200 m,技术难度大。我国在建的高土石坝已完成坝高 200 m 向 300 m 的跨越。

两河口水电站工程心墙采用的砾石土料 P5 含量为 30%~50%,最大粒径 150 mm,采用修正普氏 2 688 kJ/m³ 击实功下的全料压实度为 $\geq 97\%$,粒径小于 20 mm 的细料压实度 $\geq 99\%$ (采用普氏 595 kJ/m³)。

为获取心墙砾石土料原级配全料击实试验数据及填筑质量控制的标准,项目部比较了两种级配状态下全料压实度与粒径小于 20 mm 的细料压实度的对应关系,进一步验证了大坝心墙砾石

土料压实度控制指标的合理性,在使用 $\varphi 800$ 超大型击实仪和 $\varphi 300$ 大型击实仪试验中,掌握了掺砾土料的击实特性,确定了填筑质量控制标准,并对以下 3 个方面的内容进行了现场研究:

(1) 砾石土料击实试验的关键技术问题及特性。我国现行的规程规范要求:大型击实仪的最大直径为 300 mm,使用于粒径不大于 60 mm 的土料。两河口水电站砾石土料最大粒径为 150 mm,远远超过规程规范要求,因此,决定采用超大型击实仪进行全级配击实特性的研究。

(2) 找出砾石土料全料压实度与细料压实度之间的匹配关系。

(3) 质量控制标准研究。国内修建的超高土石坝都是在基础研究的基础上提出各自的质量标准,不同的工程不尽一致,但都严格遵循现行的规范标准。在此基础上,项目部研究出适用于两河口水电站砾石土料质量控制的标准,可为在建和拟建的超

收稿日期:2020-04-10

高堆石坝砾石土料的质量控制提供依据。

2 砾石土料击实特性

项目部对不同掺砾量的土料分别进行了超大型击实 $\varphi 800$ (全级配)、大型击实 $\varphi 300$ (替代法全级配)、轻型击实 $\varphi 152$ (粒径小于 20 mm 细料)试验。为了掌握全级配土料的击实特性,通过分析

超大型击实 $\varphi 800$ 和大型击实 $\varphi 300$ 的成果,确定了全料压实度与细料压实度之间的匹配关系。

2.1 击实试验参数选择

根据相关规范要求及击实功能确定了相应的击实参数^[1],直径为 800 mm 的超大型击实仪为国内最大。各项击实试验采用的击实仪参数见表 1。

表 1 击实仪基本参数表

名称	功能 /kJ·m ⁻³	冲量 /kN.s·m ⁻²	击实筒直径 /mm	击实筒高度 /mm	锤重 /kg	落高 /mm	装土层数	每层 击数
超大型击实仪	2 688	7	800	800	240	760	3	202
大型击实仪	2 688	7	300	288	35.2	600	3	88
标准击实仪	595	3	152	116	4.5	457	3	21

2.2 试验内容及试验组数

针对不同 $P5$ 含量(0%~80%)进行了 $\varphi 800$ 超大型击实试验和 $\varphi 300$ (0%~90%)大型击实试验及粒径小于 20 mm 的细料不同 $P5$ 含量(0%~90%)轻型击实试验。试验中, $\varphi 300$ 的大型击实采用等量替代法制样,对于粒径小于 20 mm 细料的轻型击实采用剔除法制样。

2.3 试验成果

根据砾石土料击实试验成果(图 1、2)得到的砾石土料击实特性如下:

(1)最大干密度、最优含水率与 $P5$ 含量的关系。砾石土料在 $\varphi 800$ 超大型击实(全级配)和 $\varphi 300$ (替代法全级配)大型击实时,其最大干密度均随掺砾量的增加而呈现出先增后降的特点,峰值出现在掺砾量 70%附近,最优含水率均随掺砾量的增加而降低,击后 $P5$ 含量随掺砾量的增加而大致呈线性增加;超大型击实与大型击实均随掺砾量的增加经历由悬浮到紧密、再由紧密到骨

架的过程,掺砾土最大干密度均表现出先增后降的特点^[2]。

(2)不同击实仪参数的差异。①当掺砾量为 0%~80%时,超大型击实的最大干密度(原级配全料)小于大型击实(替代法全料)最大干密度,差值为 0.04 g/cm³ 左右;当掺砾量为 10%~60%时,超大型击实试验的最优含水率大于大型击实试验的最优含水率,最优含水率相差较大,差值在 1.2%~2%之间,平均值为 1.4%;当掺砾量为 70%~80%时,超大型击实最优含水率大于大型击实最优含水率,但差值较小,基本相同;②当掺砾量为 10%~80%时,超大型击实曲线的左侧比大型击实曲线的左侧陡,说明超大型击实干密度对含水率的变化更为敏感。因此,在该工程设计掺砾范围内,采用 $\varphi 300$ (替代法全级配)大型击实和 $\varphi 800$ 超大型击实(全级配)成果作为砾石土料全料压实度质量控制是合适的^[3]。

(3)不同击实功能下最大干密度的差异。在

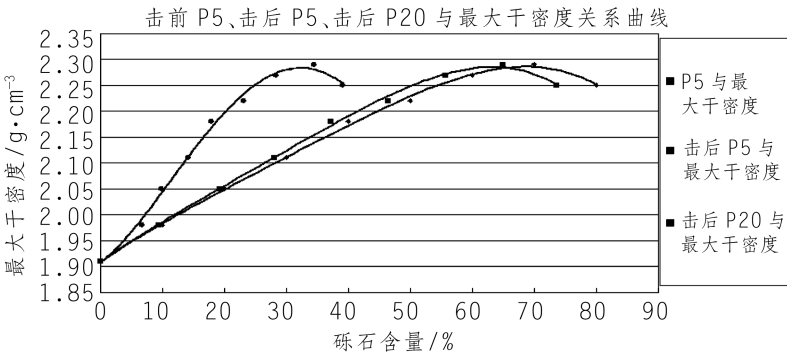


图 1 超大型击实试验曲线图

2 688 kJ/m³(超大型击实)、2 688 kJ/m³(大型击实)、595 kJ/m³(轻型击实)功能下得到的最大干

密度值相差较大。当 $P5$ 含量在 0%~70% 范围内时,2 688 kJ/m³(超大型击实)和 2 688 kJ/m³

(大型击实)功能与 595 kJ/m³ 功能能建立起较为稳定的对应关系^[4]。

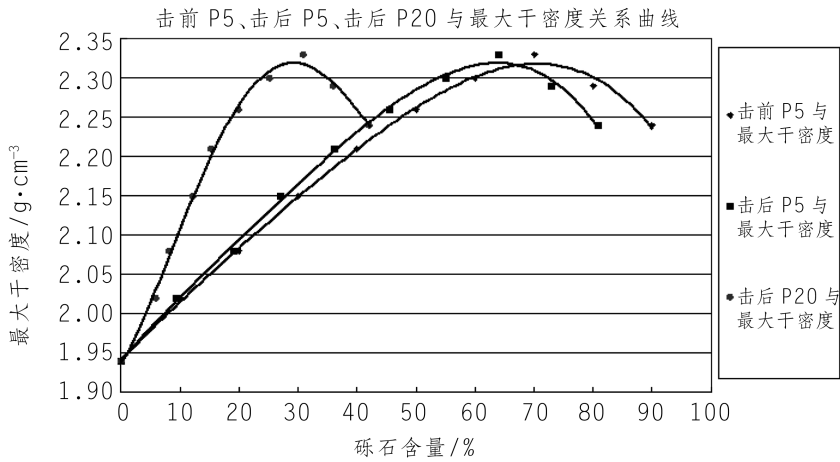


图 2 大型击实试验曲线图

(4)最优含水率规律。在各击实参数下,砾石土料的最优含水率均随 P5 含量的增加而降低,符合规律。

2.4 全料压实度与细料压实度之匹配关系

设计单位在填筑标准及要求中提出对碾压后的砾石土心墙料压实度以全料压实度和细料压实度进行双控制。砾石土心墙料全料压实度≥97%,粒径小于 20 mm 的细料压实度≥100%。本次试验研究根据 P5 含量 20%~60%的全料与细料压实度匹配关系得出:全料压实度为 97%时,相对应的细料压实度为 100.6%~103.6%,均大于 100%,因此,当全料压实度为 97%时,选择细料压实度≥100%是合理的^[5]。

2.5 细料压实度控制标准的确定

击后 P5 含量为 20%~60%、全料压实度为 97%时,5 组超大型击实细料压实度在 100.7%~103.6%之间,平均为 102.1%;5 组大型击实细料压实度在 102.4%~104.4%之间,平均为 103.4%,大型击实细料压实度比超大型击实细料压实度平均值大 1.3%。

各组土料性能虽有差异,但其对细料压实度影响相对较小,P5 含量在 20%~60%时,相同 P5 含量下各组掺砾土料细料压实度均大于 100%且差异较小,差值平均值为 1.3%,因此,采用粒径小于 20 mm 的细料压实度进行砾石土料填筑日常质量控制可行。

3 质量控制标准的确定

根据本次试验成果,最终确定现场填筑采用

粒径小于 20 mm 的细料压实度(三点击实法)替代全料压实度进行质量控制,全料压实度每填筑 2 m 采用 φ300 大型击实仪(等量替代法全级配)复核 1 组;每填筑 10 m 采用 φ800 超大型击实仪进行全料击实试验复核 1 组。

4 应用效果

在两河口水电站大坝填筑初期,为了验证试验成果的实用性及可行性,项目部采用了点对点全料和细料做对比试验,经过对一段时间的试验检测成果进行分析,对全料压实度的取样频率进行了调整,将每 200~500 m³ 取样检测 1 组调整为全料压实度每填筑 2 m 采用 φ300 大型击实仪(等量替代法全级配)复核 1 组;每填筑 10 m,采用 φ800 超大型击实仪进行全料击实试验复核 1 组,用细料压实度(三点击实法)替代全料压实度,可以大大缩短试验检测时间,减少试验检测频率,提高试验检测效率且未占用大坝填筑直线工时。

两河口水电站大坝心墙土料填筑至今,φ300 大型击实复核共取样检测全料压实度 117 组,φ800 超大型击实复核共取样检测全料压实度 16 组。从检测数据看,采用 φ300 大型击实仪(等量替代法全级配)击实试验进行检测复核的全料压实度为 97.3%~102.8%,平均值为 99.6%;采用 φ800 超大型击实仪进行全料击实试验检测复核的全料压实度为 98.6%~102.7%,平均值为 100.1%;检测细料压实度 3 815 组,相对应的细料压实度(三点击实法)为 100%~109.8%,平均值为 103.8%。对

(下转第 43 页)

表 10 混凝土侵蚀试验试件配比组成表

试样 编号	水泥 /kg	矿粉 /kg	粉煤灰 /kg	水胶比	砂率 /%	水 /kg	砂 /kg	石 /kg	减水剂 /kg	引气剂 /kg
KQS-1	446	0	0	0.32	31	143	546	1 216	3.856	0.058
KQS-2	312	134	0	0.32	31	143	546	1 216	3.568	0.058
KQS-3	312	0	134	0.32	31	143	546	1 216	3.568	0.058
KQS-4	223	223	0	0.32	31	143	546	1 216	3.568	0.058
KQS-5	223	0	223	0.32	31	143	546	1 216	3.568	0.058
KQS-6	223	111.5	111.5	0.32	31	143	546	1 216	3.568	0.058

表 11 混凝土抗压强度耐蚀系数表

试样编号		干湿循环次数				
		30	60	90	120	150
抗压强度 耐蚀系数 /%	KQS-1	108	110	94	82	73
	KQS-2	114	107	103	99	84
	KQS-3	117	113	98	101	86
	KQS-4	118	112	105	102	96
	KQS-5	120	116	114	110	98
	KQS-6	98	100	97	94	82

表 12 最终确定的抗硫酸盐侵蚀混凝土配合比表 /kg

水	水泥	矿粉	砂	小石	中石	减水剂	引气剂
143	223	223	546	608	608	3.568	0.058

6 结 语

新疆北疆地区地下水中普遍含有较高的硫酸根离子,若使用抗硫酸盐水泥则拌制混凝土成本较高,故一般采用高掺粉煤灰以改善混凝土的抗

侵蚀性能。该工程因运距较远,成本亦比较高。使用当地矿渣粉兼有改善抗侵蚀性能成本较低且混凝土早期强度有保障等优点,取得了较好的工程效果。

参考文献:

[1] 汪小庆.浅谈如何提高混凝土的耐硫酸盐腐蚀[J].铁道工程学报,2008,25(7):83-85+90.
[2] 董红霞.高性能抗硫酸盐混凝土的试验研究[J].山西建筑,2015,8(22):120-122.
[3] 水泥抗硫酸盐侵蚀试验方法,GB/T749-2008[S].
[4] 铁路混凝土工程施工质量验收标准,TB10424-201[S].
[5] 水工混凝土试验规程,SL352-2006[S].

作者简介:

胡宗容(1968-),女,重庆垫江人,高级工程师,从事水利水电工程试验检测技术管理工作;
金 钰(1979-),男,甘肃榆中人,工程师,从事水利水电工程试验检测工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 26 页)

以上数据进行分析可以看出:当细料压实度 $\geq 100\%$ 时,全料压实度均大于设计要求的 $\geq 97\%$,因此,采用细料压实度(三点击实法)进行现场填筑质量控制、 $\varphi 300$ 大型击实和 $\varphi 800$ 超大型击实定期复核全料压实度的方法合理且实用。

5 结 语

通过对砾石土料击实特性及质量控制标准进行的研究可以得出以下结论:

- (1)在该工程设计 P_5 含量范围内,采用 $\varphi 300$ 大型击实仪和 $\varphi 800$ 超大型击实仪对砾石土料全料压实度进行质量控制是可靠、可行的;
- (2)砾石土料全料压实度 $\geq 97\%$ 的控制标准合适且合理;
- (3)对砾石土料粒径小于 20 mm 的细料压实度采用 100%作为控制指标;

(4)采用细料压实度(三点击实法)进行现场填筑质量控制、 $\varphi 300$ 大型击实和 $\varphi 800$ 超大型击实定期复核全料压实度的方法合理且实用。

参考文献:

[1] 水电水利工程粗粒土试验规程,DL/T5356-2006[S].
[2] 鲁 涛,李小泉,等.长河坝水电站砾石土心墙料击实功能的选择试验研究[J].2015,41(12):109-111.
[3] 宫风强,邓 健,等.填土最大干密度的拟合正交多项式法推断[J].金属矿山,2005,40(10):51-53.
[4] 边晓明,等.砾石土击实试验方法探讨[J].人民长江,2011,42(15):28-31.
[5] 碾压式土石坝施工规范,DL/T5129-2013[S].

作者简介:

车维斌(1987-),男,甘肃定西人,项目总工程师,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
江万红(1971-),男,重庆忠县人,科研设计咨询公司副经理,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)