

土料缺乏地区土石坝防渗土料用料勘察探析

洪星耀

玉溪市水力电力勘测设计院

DOI:10.32629/hwr.v3i4.2017

[摘要] 近年来土石坝建设技术突飞猛进,筑坝材料的应用范围越来越广,怎么经济合理的用料显得尤为重要,特别是在变质岩地区,土料分布较薄,通过第四系残坡积土料与风化料混合作为防渗土料是较经济可行的,通过勘探、试验成果,最终确定合理的开采深度,经过立面开挖、装运、平料混合,可以进行机械化上坝,解决了防渗土料较少的问题,为防渗土料较薄地区提供经济合理的上坝用料。

[关键词] 鲁布水库; 防渗土料; 混合; 立面开采

1 概况

元江县鲁布水库,总库容为 1218.1 万 m^3 ,水库大坝为粘土心墙坝,最大坝高 86.1m,属中型水库工程,为 III 等工程,拦河坝提高一级,为 III 等 2 级建筑物,大坝回填方量为 131.7 万 m^3 ,其中防渗土料为 23.3 万 m^3 。工程地处元江县因元镇伴坤村委会,距离县城 74km,为哀牢山变质岩地区,岩性为古生界马邓岩群外麦地组,建坝附近河流切割较深,地形较陡,残坡积粘土层较薄,且距离县城较远,外购建筑材料运距较远,经济适宜的坝型为土石坝,防渗土料能否满足上坝用料为土石坝成立关键因素,因此对防渗土料的勘察显得尤为重要。

2 防渗土料场勘察

因鲁布水库回填方量较大,防渗土料需要量较多,而哀牢山变质岩地区防渗土料较少,在建坝 5km 范围相对平缓山脊进行踏勘,初步选定料场位置,用洛阳铲结合浅井方式初探料场边界,然后重点研究不同的残坡积层粘土与下伏全风化砂质、泥质板岩混合的各项物理力学指标,查明有用层的厚度,即施工料场的开采深度,为大坝施工提供经济可靠的防渗土料及开采方式^[1]。

2.1 产地概述

该料场位于库区上游右岸 1700m~2000m 三级剥夷面缓坡地带,分布高程分别为 1830m~1955m,地形坡度 $5^\circ\sim 10^\circ$,属 III 类产地,运距为 4.0km。勘察范围区岩性为:表层覆盖厚 1.8~4.6m 不等的褐红色粘土,下部为全风化砂质、泥质板岩,全风化带厚约 5.0~10.1m 不等。

2.2 勘探、取样及试验

因表层覆盖厚 1.8~4.6m 残坡积粘土料(平均厚 3.0m),考虑部分混入全风化泥质板岩可能性,因此重点研究了不同开采深度防渗土料质量情况,取样及试验按不同深度进行。对该料场按不同开采深度作了试验研究,不含 0.5m 的表层腐质土的剥离,研究开采深度 4.0m(即全风化泥质板岩占心墙料的 37.5%)、5.5m(即全风化泥质板岩占心墙料的 54.5%)、8.0m(即全风化泥质板岩占心墙料的 68.8%)三种情况^[2]。取样及试验情况为:混合 37.5%全风化板岩取小样 18 组,试验为小样扰动样全分析;大样 10 组,其中 7 组做大样一般击实

试验(击实功能 $591.9\text{KJ}/\text{m}^3$),3 组为大样重型击实试验(击实功能 $2688.2\text{KJ}/\text{m}^3$)。混合 54.5%全风化板岩取小样 6 组,试验为小样扰动样全分析;大样 4 组做大样一般击实试验(击实功能 $591.9\text{KJ}/\text{m}^3$),混合 68.8%全风化板岩取大样 3 组,作大样一般击实试验(击实功能 $591.9\text{KJ}/\text{m}^3$),试验成果统计见表 1~3。

表 1 小样物理性质指标统计

试验项目	统计类别	孔隙比	饱和度	土粒比重	液限	
					WL17%	塑限(%)
混 37.5%板岩	平均值	0.896	86	2.76	63.3	35.6
混 54.5%板岩	平均值	0.67	77.8	2.8	45.6	26.9
试验项目	液限 WL10%	塑性指数 IP10	砾石(%)	砂粒(%)	粉粒(%)	粘粒(%)
混 37.5%板岩	54.8	19.3	2.6	8.2	45.2	44.1
混 54.5%板岩	40	13.1	15.9	11.6	49	23.6

表 2 小样力学性质指标统计

试验项目	直剪抗剪强度(饱和固结快剪)(kPa)					
	$\tau(100)$	$\tau(200)$	$\tau(300)$	$\tau(400)$	C	Φ
混 37.5%板岩	66.2	112.1	159.1	205.2	19.6	24.9
混 54.5%板岩	68.8	120.9	165	218.6	20.1	26.3
试验项目	压缩系数(MPa ⁻¹)			(垂直)	最优含水率	最大干密度
	100	200	300			
混 37.5%板岩	0.224	0.192	0.153	2.03E-06	28.23	1.47
混 54.5%板岩	0.253	0.168	0.132	2.55E-06	20.1	1.6

表 3 大样物理力学性质指标统计

试验项目	取样深度	风干含水率(%)	控制干密度(g/cm^3)	<5mm 比重	液限 W_{L10}	塑限 W_p
混 37.5%板岩	0.5~4.0	4	1.49	2.75	57.3	29.2
混 54.5%板岩	0.5~5.5	19.8	1.55	2.79	42.8	27.3
混 37.7%板岩	0.5~4.0	4.8	1.59	2.78	63.9	35
混 68.8%板岩	0.5~8.0	5.43	1.68	2.77	36.8	25.5
试验项目	塑性指数(I _{pn})	层数×击数	总功能(kJ/ m^3)	最大干密度(g/cm^3)	最优含水率(%)	渗透系数 K_{20} (cm/s)
混 37.5%板岩	28.1	2×52	591.9	1.49	26.8	3.87×10^{-6}
混 54.5%板岩	15.5	2×52	591.9	1.55	23.6	1.22×10^{-5}
混 37.7%板岩	28.9	2×238	2688.2	1.63	21.5	7.9×10^{-7}
混 68.8%板岩	11.3	2×52	591.9	1.7	19.5	1.2×10^{-4}

2.3 质量评价

考虑清除表层剥离后,残坡积粘土覆盖厚 1.8~4.6m,平均厚 3.0m,下伏基岩为全风化泥质板岩,开采料为残坡积粘土与全风化泥质板岩混合料。按不同深度研究结果如下(以

下所述开采深度是清除了表层剥离 0.5m 腐质土后)^[5]。

开采深度 4.0m(即全风化泥质板岩占心墙料的 37.5%)时,小样筛分统计,平均砾石含量 2.6%,砂含量 8.2%,粉粒含量 45.2%,粘粒含量 44.1%;平均塑性指数 19.3;土粒比重为 2.76,孔隙比为 0.896;小样一般击实最优含水量,平均值为 28.2%,最大干密度 $1.47\text{g}/\text{cm}^3$,渗透系数为 $4.3\times 10^{-7}\sim 4.3\times 10^{-6}$,平均值为 $2.03\times 10^{-6}\text{cm}/\text{s}$,大值均值为 $3.29\times 10^{-6}\text{cm}/\text{s}$,小值均值为 $1.02\times 10^{-6}\text{cm}/\text{s}$;压缩系数平均值 $\alpha 0.1\sim 0.2=0.224\text{Mpa}-1$,属中压缩性土; Φ 平均值为 24.9° ,大值均值为 26.2° ,小值均值为 23.6° ,C 平均值为 19.6Kpa ,大值均值为 28.8Kpa ,小值均值为 12.3Kpa 。在 0~4m 深度取大样 3 组一般击实试验,小于 5mm 比重 2.75,最大干密度为 $1.49\text{g}/\text{cm}^3$,最优含水率 26.8%,渗透系数平均值为 $3.87\times 10^{-6}\text{cm}/\text{s}$ 。大样 3 组重型击实试验,最大干密度为 $1.63\text{g}/\text{cm}^3$,最优含水率 21.5%,渗透系数平均值为 $7.9\times 10^{-7}\text{cm}/\text{s}$ 。从试验结果分析,该混合比例,不论小样或大样试验结果,质量均满足防渗土料要求;随击实功能增加,干容重增加,最优含水量减小,渗透系数减小。该土料场质量基本满足心墙料用料要求。

开采深度 5.5m(即按全风化泥质板岩占残坡积土的 54.5%)时,小样平均砾石含量 15.9%,砂含量 11.6%,粉粒含量 49.0%,粘粒含量 23.6%;塑性指数均值 13.1;土粒比重为 2.78,孔隙比为 0.670,击实最优含水量,平均值为 20.1%,最大干密度 $1.64\text{g}/\text{cm}^3$,渗透系数平均值为 $2.6\times 10^{-6}\text{cm}/\text{s}$;压缩系数 $\alpha 0.1\sim 0.2=0.253\text{Mpa}-1$,属中压缩性土; Φ 平均值为 26.3° ,大值均值为 27.0° ,小值均值为 24.8° ,C 平均值为 20.1Kpa ,大值均值为 31.9Kpa ,小值均值为 8.4Kpa 。在 0~5.5m 深度取大样 4 组一般击实试验,小于 5mm 比重 2.79,塑性指数 15.5,最大干密度为 $1.55\text{g}/\text{cm}^3$,最优含水率 23.6%,渗透系数平均值为 $1.22\times 10^{-5}\text{cm}/\text{s}$ 。从试验结果分析,该混合比例,大样试验结果渗透偏大,不满足心墙防渗土料用料要求。

开采深度 8.0m(即全风化泥质板岩占心墙料的 68.8%)时,取大样三组试验显示,综合比重为 2.73,塑性指数 11.27,最大干密度为 $1.71\text{g}/\text{cm}^3$,最优含水率 19.47%,渗透系数平均值为 $1.2\times 10^{-4}\text{cm}/\text{s}$ 。该混合比例不满足心墙料用料要求。

综上所述,该土料场不同开采深度,质量不同;随开采深度增加(即混入全风化板岩比例增加),干容重增加,最优含水量减小,渗透系数变大。混合 54.7%风化料和混合 68.8%

风化料时,土的渗透系数过大,不满足心墙防渗土料质量要求。混合 37.5%风化料时,除粘粒含量、塑性指数稍偏高,其余指标基本符合质量技术要求。因此推荐开采深度 4.0m(即按全风化泥质板岩占心墙料的 37.5%)的混合方案。实际施工时应根据土层厚度按照该比例计算出开采深度^{[3][4]}。

3 施工阶段碾压试验复核

施工阶段对该料场按照混合 40%风化料与混合 50%风化料进行了碾压试验,在满足 0.98 的压实度情况下,混合 40%风化料现场渗透为 $4.39\times 10^{-6}\text{cm}/\text{s}\sim 8.58\times 10^{-6}\text{cm}/\text{s}$,混合 50%风化料现场渗透为 $3.0\times 10^{-5}\text{cm}/\text{s}\sim 4.15\times 10^{-5}\text{cm}/\text{s}$,因此按照勘察阶段推荐混合 40%风化料作为防渗土料是可行的。开采料时,由立面开挖揭露残坡积层质黏土层厚度,按照 40%风化料混合比例确定开挖底界,通过开挖,装运,坝面平料等过程混合,基本均匀的混合残坡积防渗土料及全风化泥质板岩,采用 W2601PDW 自行式凸块碾压 8 遍,现场检测满足防渗土料用料要求,该坝现已封顶,按照混合 40%风化料作为防渗土料,30cm 铺土厚度,0.98 压实度控制,现场分层检测,各层均满足土石坝防渗土料用料要求。

4 结束语

在土石坝用料勘察中,查明筑坝材料的性质、储量和分布是土石坝设计的首要工作,目的是经济合理的选择筑坝材料,特别是在变质岩地区,土料分布较薄,通过第四系残坡积土料与风化料混合作为防渗土料是较经济可行的,通过勘探、试验成果,最终确定合理的开采深度,经过立面开挖、装运、平料混合,可以机械化进行上坝,解决了防渗土料较少的问题,为防渗土料较薄地区提供经济合理的上坝用料。

[参考文献]

- [1]司富安.水利水电工程天然建筑材料勘察规程修订研讨会召开[J].水利水电标准化与计量,1997(03):44.
- [2]冯彦勋.水利水电工程天然建筑材料勘察规程 SL251-2000 编制简介[J].水利技术监督,2000(6):16-17+29.
- [3]袁道陇.关于水利水电工程天然建筑材料勘察规程混凝土骨料质量指标中孔隙率定义的见解[J].中国勘察设计,2012(02):80-81.
- [4]陈德贤.水利水电地质勘察技术现状与发展的若干思考[J].低碳世界,2018(12):108-109.
- [5]饶先华.水利水电工程地质勘察工艺与质量管理[J].水利规划与设计,2017(07):137-139.