

华山沟水电站坝体填筑天然风化料碾压试验

杨绍平¹,符文熹²

(1. 四川水利职业技术学院 资源环境工程系,四川 成都 611231; 2. 四川大学 水利水电学院,四川 成都 610065)

摘要:四川华山沟水电站首部枢纽挡水建筑物为复合土工膜心墙土石坝,坝体填料主要为具天然风化特征的爆破开挖料。在该土石坝大规模生产性填筑之前,确定合理的施工碾压参数尤为重要。为此,以干密度和沉降量为评价指标,在固定机械参数和天然含水率状态下,开展了天然风化开挖料的现场碾压试验。通过对碾压试验成果的分析,探讨了铺层厚度和碾压遍数对压实度的影响,为土石坝大规模生产性填筑提供了施工依据。试验成果也可作为同类填料的碾压控制提供参考。

关 键 词:干密度; 沉降量; 铺层厚度; 碾压施工; 土石坝

中图法分类号: TV641 **文献标志码:** A **DOI:**10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.S1.053

1 工程概况

土石坝由于具有就地取材、结构简单、施工技术简单、工序少、便于组合机械快速施工等优点,以及自身有适应变形的良好性能,对地基要求较低,而成为应用最多的一种坝型。本文依托工程为华山沟水电站。该电站为四川巴郎河上的第二级电站,坝型为复合土工膜心墙堆石坝,坝高 67 m,库容 2 000 万 m³。土石坝填筑总方量约为 170 万 m³,由垫层料、过渡料、堆石料组成。其中,隧洞开挖料、溢洪道开挖料以及大跌坎爆破料等约占 30%,其余为白杨坪料场爆破开挖料。现场主要针对大坝边角填筑料进行碾压试验。该填筑料为天然风化料,通过现场碾压试验,为大规模生产性填筑确定了合理的施工碾压参数,并提出了施工建议。

2 试验内容

2.1 现场场地设计与布置

每个试验区布置 8 个沉降观测点。碾压试验过程除了试坑法测试密度、含水量和干密度外,同时辅以沉降观测。通过现场碾压试验确定合理的碾压参数,从而优化碾压施工工艺^[1-6]。考虑到试验期间白天晴朗晚上下雨,所以将试验分为 3 d 进行。第 1 天进行 100

cm 厚的铺土试验,第 2 天进行 80 cm 厚的试验,第 3 天进行 60 cm 厚的试验。现场场地设计见图 1。

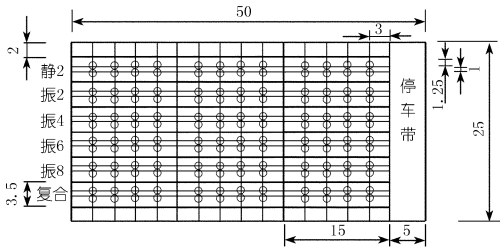


图 1 现场场地设计与沉降观测布置(单位:m)

采用机械摊铺方式来处理现场填料。由于运料机械在运料过程中已经对上坝填筑料各区产生了不同程度的压实效应,因此在铺土过程中难免导致铺土层的不均匀。通过现场测量资料,获得了各区实测铺土厚度,对该成果处理后得到实测铺土厚度平均值分别为 68.3, 80.8, 102.1 cm。施工过程松铺情况如图 2 所示。

2.2 现场试验设备

考虑到场地施工条件的制约,机械设备有限,现场试验主要用到的设备有:挖掘机 1 台,工程车 4 辆,主要用于挖料和运料;推土机 1 台,用于平整场地;压重 18 t 压路机 1 台,碾宽为 2.15 m,用于碾压填料。

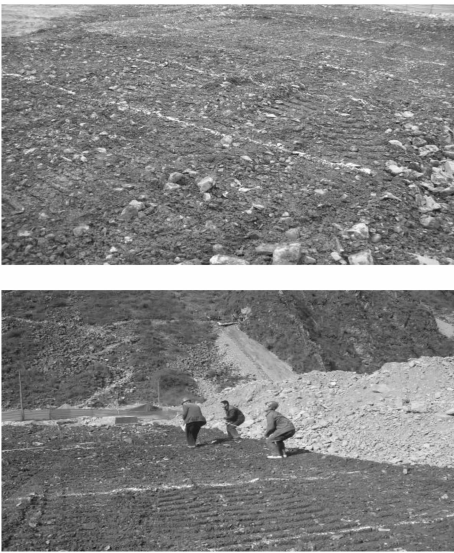


图2 现场试验区松铺情况

2.3 试验用料

现场碾压试验的用料主要为边坡开挖料,该开挖土石料中大粒径块石约占总重的1%~3%。上料过程中大粒径块石已经被剔除。

根据室内颗分试验成果,该土石料级配连续,满足上坝要求。由于坝料经料场运至左坝肩处二次堆积,卸料过程中大粒径块石主要分布在堆积体下部,细颗粒土分布在中上部,这在上料过程中坝料均匀性受到了一定程度的影响,进而使含水量在场地不同位置有一定的偏差(表1)。

表1 各区含水量测试成果

设计铺土厚度/cm	实测铺土厚度/cm	实测含水量平均值/%
60	68.3	6.4
80	80.8	6.6
100	102.1	9.5

2.4 现场密度试验和含水量测试

现场密度试验用于测定与不同碾压参数对应的压实效果,主要用碾压后填筑料的干密度来评价。密度的测定采用试坑灌水法,即现场挖坑称重,并灌水量测试坑体积以求得土体的密度,然后结合含水量测试成

果,根据规范换算获得干密度^[7-8]。含水量的测定受现场条件制约,主要运用炒干法。铺土厚度68.3,80.8,102.1 cm三个试验区的试验成果分别见表2。

上述试验成果表明,碾压试验填筑区天然含水量除个别试坑因块石含量偏多而导致干密度偏大外,碾压试验测试的干密度总体是合理的。尤其是铺土厚度80.8,102.1 cm两个区在振8方案下复核的干密度,与相应厚度在振8方案下实施碾压试验测试的干密度几乎相同。这表明填筑料天然含水量碾压过程测试的干密度总体是正常合理的。

为了更直观地分析不同铺土厚度在碾压后干密度的变化趋势,便于对比不同铺土厚度的碾压效果,将干密度试验成果整理于图3。由图3可以看出,铺土厚度80.8 cm经振动碾压6、8遍后的干密度均比铺土厚度68.3 cm和102.1 cm对应的干密度高。因此,铺土厚度80.8 cm较68.3 cm和102.1 cm更优。

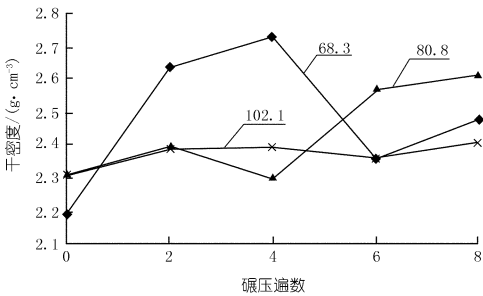


图3 不同铺土厚度碾压过程干密度变化

2.5 沉降观测

考虑到现场试验设备、铺料方式及料源不均匀性的影响,在进行密度试验的同时辅以沉降观测,以对于密度试验成果进行验证,并可进一步优化现场碾压工艺及碾压参数。

坝料碾压过程的沉降观测用水准仪来完成。每个试验带布置8个沉降观测点。先测得松铺时每个点的基准高程,然后静压2遍,使场地平整,再测出平整后场地的高程,之后进行振动碾压。根据各个分带的要求在动碾2,4,6,8遍后分别测定碾压后高程,最后根

表2 现场密度与含水量测试成果

碾压遍数	铺厚度 68.3cm						铺厚度 80.8cm						铺厚度 102.1cm					
	湿土质量/	试坑体积/	湿密度/	含水量/	干密度/	说明	湿土质量/	试坑体积/	湿密度/	含水量/	干密度/	说明	湿土质量/	试坑体积/	湿密度/	含水量/	干密度/	说明
	kg	cm ³	(g·cm ⁻³)	%	(g·cm ⁻³)		kg	cm ³	(g·cm ⁻³)	%	(g·cm ⁻³)		kg	cm ³	(g·cm ⁻³)	%	(g·cm ⁻³)	
0	210.95	89.5	2.357	6.35	2.207		336.45	135.5	2.483	6.60	2.319		373.65	146.1	2.557	9.46	2.315	
振2	239.95	85.25	2.815	6.35	2.636		296.95	115.65	2.568	6.60	2.398	石头较多	410.2	155.8	2.633	9.46	2.384	石头较多
振4	201.85	69.25	2.915	6.35	2.730	石头较多,	434.15	176.1	2.465	6.60	2.303		411.25	155.45	2.646	9.46	2.395	
振6	237.8	94.31	2.521	6.35	2.361	炒干不完全	263.25	95.5	2.757	6.60	2.575	石头较多	318.65	121.9	2.614	9.46	2.367	石头较多
振8	253.27	95.65	2.648	6.35	2.480		290.65	103.85	2.799	6.60	2.614		261.7	98.4	2.660	9.46	2.408	
复核	231.1	82.89	2.788	6.35	2.611		256.9	90.55	2.837	6.60	2.650	有大石头	355	129.8	2.735	9.46	2.476	有大石头

注:碾压遍数为0即为静碾压2遍,2,4,6,8为振动碾。

据高程之差统计出各个分带的累计沉降量。

以松铺摊平为初始值,整理碾压过程沉降量观测记录表,获得不同铺土厚度碾压过程的沉降量成果。成果显示,静压 2 遍后,部分沉降测点出现隆起,原因在于机械方式松铺摊平并没有真正铺平,松铺料突起部位经静压后会导致向周围发生侧向挤压而隆起。

为了更加准确、客观地反映铺土厚度在碾压过程中的沉降变化量,以静 2 碾压后的高程为初始值,在上述所得成果的基础上,整理获得不同铺土厚度各观测点在碾压过程中的相对沉降量。其中,铺土厚度 80.8 cm 的相对沉降量变化如表 3 所示。

以静 2 碾压后的高程为初始值,综合了各观测点的观测成果,获得铺土厚度 68.3,80.8,102.1 cm 在静 2、振 2、振 4、振 6、振 8 碾压后的沉降量平均值见表 4。

表 3 以静 2 为初始值各观测点碾压过程沉降量 mm

测点号	沉降量					测点号	沉降量				
	静 2	振 2	振 4	振 6	振 8		静 2	振 2	振 4	振 6	振 8
1	0	57	89	105	115	5	0	59	82	90	106
2	0	47	75	92	107	6	0	46	71	86	95
3	0	57	79	90	97	7	0	68	98	113	134
4	0	43	69	79	84	8	0	78	110	126	145

表 4 以静 2 为初始值沉降量平均值

铺土厚度/cm	沉降量/mm				
	静 2	振 2	振 4	振 6	振 8
68.3	0	31.9	55.6	72.3	82.0
80.8	0	56.9	84.1	97.6	110.4
102.1	0	35.1	52.3	66.5	78.0

为便于对比不同铺土厚度的碾压效果,将沉降率成果整理于图 4。

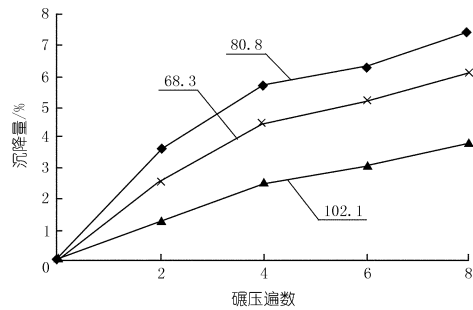


图 4 不同铺土厚度的沉降变化率

碾压过程的沉降量观测表明,铺土厚度 68.3,80.8 cm 和 102.1 cm 在“振 2”之后的沉降明显趋于变缓,但沉降率以铺土厚度 80.8 cm 为最大,“振 6”、“振 8”较“静 2”时的沉降率均达到 6%,为最大,表明压实效果相对最优。铺土厚度 102.1 cm 的沉降率则明显低于铺土厚度 68.3 cm 和 80.8 cm,说明对应的压实效果相对较差。

3 结论及建议

(1) 本文现场碾压试验的铺土料主要为开挖风化料(碎石土料)。碾压过程中的沉降观测表明,铺土厚度 68,80 cm 和 102 cm 在“振 2”之后的沉降明显趋于变缓,但沉降率以 80 cm 为最大。

(2) 铺土厚度 68 cm 和 80 cm 的沉降率均较大,压实充分。铺土厚度 80 cm 碾压遍数为“振 6”、“振 8”较“静 2”的沉降率均达到 6%,为最大,表明压实效果相对最优。铺土厚度 102 cm 的沉降率则明显低于铺土厚度 68 cm 和 80 cm,说明对应的压实效果较差。

(3) 尽管铺土厚度 68 cm 和 80 cm 在“静 2”后的干密度总体均大于设计要求的 2.35 g/cm³,但是试坑法密度测试的干密度离散性较大,还宜结合现场碾压沉降观测结果综合考察。现场观察表明,开挖风化料的最大粒径达到 35 cm,根据碾压试验规范,铺土厚度应控制在最大粒径的 1.5~2 倍。综合各试验结果,铺土厚度宜控制在 70~80 cm,此时碾压效果最佳。

(4) 由于现场碾压试验正值春夏季节雨季来临之时,铺土料含水率普遍较高,对压实效果产生较大影响。考虑到天气情况,建议雨后应将石料风干一段时间再填筑。

(5) 根据碾压试验成果,建议开挖风化料铺土厚度以 80 cm 为宜(不超过 80 cm),振动碾压 6~8 遍均较为理想,高强度填筑时可选择振动碾压 6 遍。压路机行走速度应控制在规范要求的 1.5 km/h。同时,由于开挖风化料泥质含量较高,不宜用于大坝核心部位填筑。

(6) 施工填筑过程不宜单一采用干密度控制碾压效果,还应辅以沉降观测、试坑开挖坑壁颗粒空隙密实性等多种方法来控制施工质量。

参考文献:

[1] 方涛,熊壮.高填方路基填筑碾压工艺控制的现场试验研究[J].公路工程,2009,34(1):151-153.
[2] 周勇,吴立坚,刘升传.新建高速公路高填方路基碾压试验研究[J].公路,2010,(2):72-73.
[3] 何愈明,陈觉,龙宜伟.水泊渡水库面板堆石坝现场碾压试验及分析[J].贵州水力发电,2004,18(2):82-85.
[4] 胡旭方,陈和勇.桐柏抽水蓄能电站上库填筑料现场碾压试验[J].人民长江,2003,34(3):25-27.
[5] 王贵杰,黄金林,张峰.黏土心墙堆石坝碾压试验技术研究[J].混凝土,2010,(5):138-141.
[6] 李春敏,刘树坤.黄花寨水电站碾压混凝土坝大坝厚现场试验成果及启示[J].水利水电技术,2007,38(4):39-43.
[7] DL/T 5129-2001 碾压土石坝施工技术规范[S].
[8] SL237-1999 土工试验规程[S].