

罗赛雷斯土石坝填筑料物的替代方法

彭 明， 赵 鹏

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 610081)

摘 要:由于罗赛雷斯土石坝中的一设计料物在工程所在地附近没有适合可供大规模开采的料源而无法满足土石坝的填筑质量和进度要求,承包商对工程周边可能存在的备选料物进行相关试验后,确定了一种替代料物以满足工程的需要。对这一替代料物的选择和确认过程进行了描述与分析,总结了土石坝施工过程中料物替代的一般方法。

关键词:罗赛雷斯土石坝;填筑料物;替代;方法
中图分类号:TV7;TV52;TV4;TV641 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2015)06-0032-04

1 工程概述

罗赛雷斯大坝座落在青尼罗河上,位于苏丹首都喀土穆东南 550 km 处的青尼罗河州首府达玛津市。大坝加高工程是在原有大坝基础上加高 10 m,并向左右岸延长和向下游加宽。加高后的坝体全长从原来的 13.5 km 增加至 25.1 km。

该土石坝为粘土心墙坝,加高后的土石坝全长 24.1 km,总填筑量为 1 746.6 万 m³,坝顶高程 495.3 m,库区正常蓄水位高程 493.02 m。根据设计图纸,粘土心墙顶高程 493.8 m 以上的料物依次为 90 cm 厚的 3.1 区料(脏砂料, Dirty Sand)、30 cm 厚的坝顶公路底基层料、15 cm 厚的下基层料、15 cm 厚的上基层料以及部分坝段的沥青路面,上述料物的上游侧为护坡料(包括砂砾料和抛石料),下游侧依次为反滤料(净砂料)和护坡料(砂砾料)。

2 设计料物 3.1 区料的主要工程性质

2.1 设计料物 3.1 区料的主要工程性质

3.1 区料为新增料物,设计工程量 17.94 万 m³。工程师将 3.1 区料命名为脏砂料,以 GB/T 50145-2007《土的工程分类标准》为判定基础。参考设计级配曲线(图 1)可知:

- (1)该料物土颗粒最大粒径不大于 13.2 mm;
- (2)巨粒组含量为 0%;粗粒组含量为 60%~81%,大于 50%;细粒组含量为 19%~40%,小于 50%且不小于 15%。其中,粗粒组中砾粒组含量为 0%~20%,小于砂粒组的含量(约 80%

~100%)。

在对业主移交的料源进行勘探和试验后得知:该料物细粒组中粉粒含量为 14.7%~17.6%,不大于 50%。综上判断该料物在土的工程分类中的土类名称是粘土质砂,土类编号为 SC。

2.2 设计料物 3.1 区料存在的问题

3.1 区料(SC)具备不透水性、抗剪强度高、可塑性低等工程性质,适宜筑坝。然而,由于工程所在地料源的 3.1 区料本身特性(含泥量)变化较大,不同料源不同含泥量的 3.1 区料对应不同的最优含水率,致使含水率无法控制。既使针对料场某区域内的料源进行取样,也不能反映该区域 3.1 区料的实际情况,仅能代表取样探坑周围小区域的情况。即:3.1 区料的料源不具备大规模开采条件且现场施工的质量控制标准难以统一,该料物无法进行开采使用,因此,寻找合适的替代料物势在必行。

3 替代料物 3.2 区料的主要工程性质

通过对工程所在地附近料源进行初步勘察,我们认为右岸 Azaza 村庄的一种红土料可能会满足工程需求,随即进行了相关的取样和试验工作。

3.1 外 观

该料物分布在地面以下 1~6 m,分布较均匀。料物本身为浅红色,松散,天然含水率较低,粗粒形状为圆形或次圆形且含中砂和粗砂以及较多的红粘土,初步判断为砾石土。

3.2 料源取样室内试验

从三个暂存料堆(SP1、SP2、SP3)分别取样,在主试验室内进行粒径分析、阿太堡三限、普氏击

实、渗透性及干缩性等试验。

(1) 粒径分析试验。

根据英国规范《BS 1377 - 2:1990 土工试验

方法 - 常规试验》进行粒径分析试验,其结果见表 1。

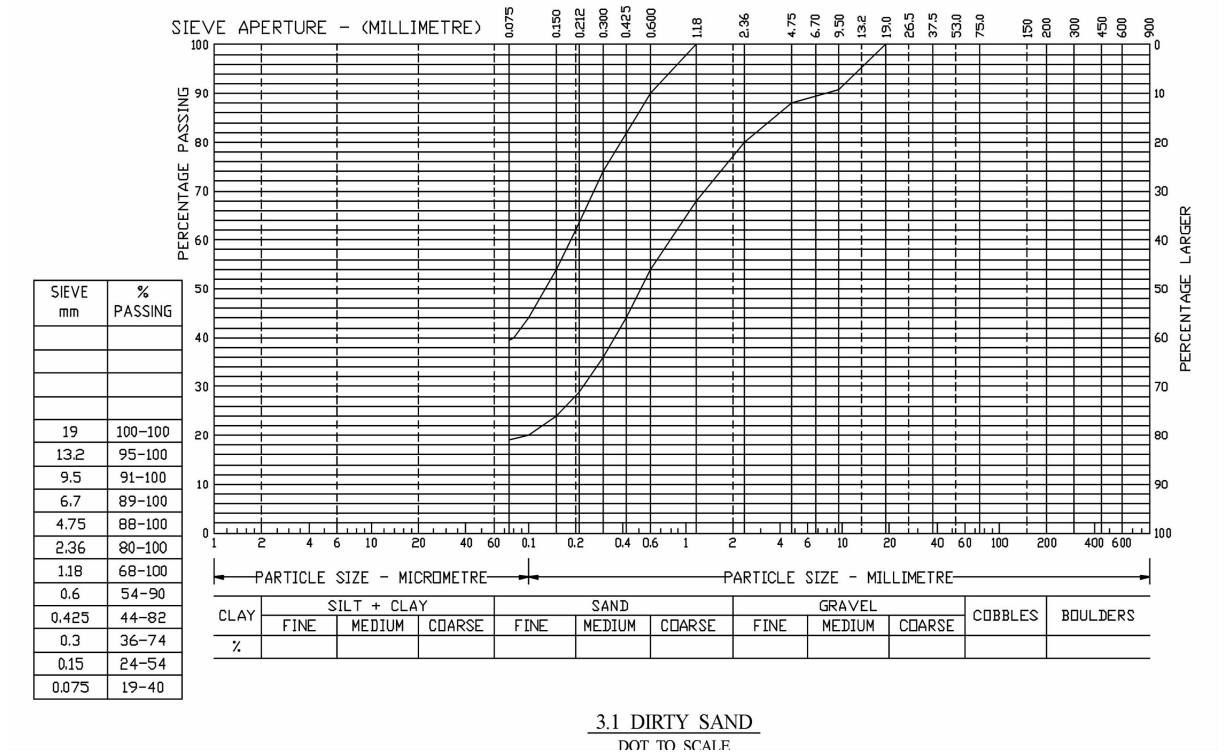


图 1 设计单位提供的 3.1 区料级配曲线图

表 1 天然 3.2 区料粒径分布(筛分)表

样本	项目	料径分布(筛分) /mm											
		100	75	50	37.5	20	10	5	2	1.18	0.6	0.3	0.075
SP1	过筛百分比 /%	100	100	92.2	88	69.2	53.3	41.4	30.8	27.8	24.6	22.3	20.5
SP2		100	100	93	87.3	74.9	62.3	49.4	37	33.2	28.7	25.7	24
SP3		100	100	88.8	84.6	71.4	59.1	45.9	32.4	29.2	25.8	22.9	20.5

从表 1 可知:该料物最大粒径不大于 75 mm,巨粒组含量小于 10%,粗粒组含量大于 50%,细粒组含量为 20% 左右。其中,粗粒组中砾粒组含量约为 70%,大于砂粒组的含量(约 5%)。对于小于 0.075 mm 粒径的土料进行颗粒分析试验后得知:该料物细粒组中粉粒含量为 9.5% ~ 13%,不大于 50%。

综上所述,根据 GB/T 50145 - 2007《土的工程分类标准》判断该料物在土的工程分类标准中的土类名称是粘土质砾,土类编号为 GC。

(2) 阿太堡三限试验。

根据英国规范《BS 1377 - 2:1990 土工试验方法 - 常规试验》进行粒径分析试验,其结果为:

①样本 1:液限 48,塑限 21,塑性指数 27;②样本 2:液限 49,塑限 19,塑性指数 30;③样本 3:液限 48,塑限 21,塑性指数 27。三种指数变化不大,反映出该料物本身特性比较稳定。

(3) 普氏击实试验。

根据英国规范《BS 1377 - 4:1990 土工试验方法 - 压实及其相关试验》,采用 24 h 烘箱的方式进行普氏击实试验,其结果如下:①样本 1:最大干密度 2.15 g/cm³,最优含水率 8.9%;②样本 2:最大干密度 2.05 g/cm³,最优含水率 10%;③样本 3:最大干密度 2.18 g/cm³,最优含水率 8.7%。

(4) 渗透性试验。

根据英国规范《BS 1377 - 5:1990 土工试验

方法 - 可压缩、渗透性和耐久性试验》进行渗透性试验,试验结果显示三个料堆料物的渗透率 $K_f < 1 \sim 6 \times 10^{-7} \text{ m/s}$,表明该红土料具备不透水性。工程师也以此标准要求现场渗透性试验需满足此渗透率。

(5) 干缩性试验。

根据英国规范《BS 1377 - 2:1990 土工试验方法 - 常规试验》中的线性干缩法进行该料物的干缩特性试验,结果显示其线性干缩的百分比范围为 11.12% ~ 13.02%,干缩性低。

3.3 室内试验结果分析及结论

从上述试验结果可知:该种粘土质砾料物(GC)较稳定,具备不透水性,干缩性低,可塑性低,可满足替代原设计料物 3.1 区料的要求。同时,该料物来源充足,可进行大规模开采,满足现场施工需要。

工程师在现场勘察、旁站相关试验、审阅勘探报告和试验报告后批准了使用该种料物用以替代原 3.1 区料,并将其命名为红土砾石料(Red Soil Gravel,3.2 区料)。至此,3.1 区料替代料物的确认工作已成功完成。

4 替代料物 3.2 区料的施工参数确定

在确定使用红土砾石料后需进行现场生产性试验以确定填筑碾压参数和质量控制标准。现场使用 SP2 暂存料堆的料物进行了以下试验。

4.1 含水率调整

由于 3.2 区料的天然含水率较低且不均匀,变化范围为 2.6% ~ 6.3% 且小于最优含水率

10%,需在含水率调整后再进行上坝填筑。

灌水试验在 SP2 暂存料堆进行,采用筑畦灌水法。灌水并静置 30 h 后在料堆不同深度位置取样并进行含水率试验,试验结果表明:3.2 区料在料堆不同深度或是全断面的含水率都比较均匀,样本含水率范围为 10.3% ~ 11.4%,平均含水率大于最优含水率 0.8% 左右,可以满足上坝填筑要求。

4.2 填筑碾压试验

(1) 第一次填筑碾压试验。

本次填筑碾压试验采用未调整含水率的 3.2 区料,在坝面进行刨毛洒水调整料物含水率,用 19 t 光面碾按不同摊铺厚度(35 cm,50 cm,60 cm)和不同碾压遍数(4 遍,6 遍)进行试验。根据工程师要求,该试验取样后仅进行干密度、含水率和渗透性试验,使用这三个参数确定碾压参数。

①干密度和含水率试验。

由于 19 t 光面碾振动碾压 4 遍后的试验结果较差,表 2 仅反映出碾压 6 遍后分层取样干密度和含水率的试验结果。从该结果可以看出:a.在坝面刨毛洒水进行含水率调整没有实质性影响,测得的含水率不均匀且与最优含水率 10% 的偏差较大,最大时低于最优含水率约 4% ~ 6%。b.本次试验中松铺 50 cm 厚的压实度最大(95%),松铺 60 cm 厚时的压实度最小(最大仅为 92%),对此进行分析后不难看出,松铺 35 cm 和松铺 50 cm 压实度比较接近,说明在使用 19 t 光面碾碾压的情况下,有效碾压厚度应不大于 50 cm。

表 2 最大干密度为 2.05、最优含水率为 10% 时的 19 t 光面碾振动碾压 6 遍分层取样干密度和含水率试验结果表

项 目	数				值			
松铺厚度 /cm	35	35	50	50	60	60	60	60
取样深度 /cm	4 ~ 22	4 ~ 27	6 ~ 26	26 ~ 40	5 ~ 25	25 ~ 50	6 ~ 26	26 ~ 49
样本编号	1	2	3	4	5	6	7	8
干密度 /g · cm ⁻³	1.92	1.93	1.96	1.96	1.86	1.8	1.88	1.87
压实度 /%	94	94	95	95	91	88	92	91
含水率 /%	5.7	6.6	7.7	4.9	5.9	6.2	5.7	4.3
与 OMC 差值 /%	-4.3	-3.4	-2.3	-5.1	-4.1	-3.8	-4.3	-5.7

②现场渗透试验。

在松铺 50 cm 和 60 cm 两种情况下进行现场渗透试验,其结果为:松铺 50 cm 时 $K_f = 1.89 \times 10^{-7} \text{ m/s}$,松铺 60 cm 时 $K_f = 2.45 \times 10^{-7} \text{ m/s}$,均

满足工程师确定的渗透性要求。

(2) 第二次填筑碾压试验。

鉴于第一次填筑碾压试验中压实度无法满足设计要求以及含水率不均匀且与 OMC 偏差较大

的问题,我们在现场又进行了第二次填筑碾压试验。根据前次试验所得出的结论,本次填筑碾压试验使用调整含水率后的 3.2 区料在暂存料场进行筑畦灌水;料物松铺厚度选择为 50 cm,碾压 6

遍,但增加了 19 t 凸块碾作为对比,以确定碾压设备。

①干密度和含水率试验(表 3)。

表 3 最大干密度为 2.05,最优含水率为 10% 时的 19 t 振动碾压 6 遍分层取样干密度和含水率试验结果表

项 目	数				值			
松铺厚度 /cm	50	50	50	50	50	50	50	50
取样深度 /cm	0 ~ 20	20 ~ 40	0 ~ 20	20 ~ 40	12 ~ 32	10 ~ 30	5 ~ 31	5 ~ 32
样本编号	1	2	3	4	5	6	7	8
干密度 /g · cm ⁻³	1.98	1.96	2.03	1.97	1.96	1.95	2.09	2.16
压实度 /%	96	96	99	96	96	95	102	105
含水率 /%	8.2	8.5	9.4	10.8	7.9	9.4	8.6	8.4
与 OMC 差值 /%	-1.8	-1.5	-0.6	0.8	-2.1	-0.6	-1.4	-1.6
碾压设备	19 t 光面碾				19 t 凸块碾			

从以上试验结果可以看出:a. 在 3.2 区料含水率调整合适之后,松铺厚度为 50 cm,使用平碾或凸碾碾压后的压实度基本一致。b. 压实度较前次试验有所提高,平均压实度为 98.1%,最小压实度为 95%;含水率较前次试验有很大程度地提高且比较均匀,含水率范围为 7.9% ~ 10.8%,与 OMC 偏差范围为 0.8% ~ 2.1%。

②现场渗透试验。

取样两个进行现场渗透试验,其结果分别为: $K_f = 1.05 \times 10^{-7}$ m/s 和 $K_f = 3.83 \times 10^{-8}$ m/s,可以满足工程师确定的渗透性要求,即 $K_f < 1 \sim 6 \times 10^{-7}$ m/s。

4.3 填筑碾压参数的确定

根据填筑碾压试验结果并与工程师讨论后,确认了以下填筑碾压参数:

- (1) 填筑 3.2 区料时松铺厚度为 50 cm;
- (2) 使用 19 t 光面碾或凸块碾碾压 6 遍;
- (3) 3.2 区料在运输至坝面前需在暂存料场进行含水率调整。

同时,确定了以下质量控制标准和现场验收标准:

- (1) 暂存料场料物含水率调整后的范围:9% ~ 12%;
- (2) 坝面碾压后含水率与最优含水率差值范围:-2% ~ +2%;
- (3) 压实度(现场干密度/最大干密度):≥ 96%。

5 土石坝料物替代方法小结

根据上述实例,笔者对土石坝填筑料物替代方法总结如下:

(1) 设计料物的工程性质。

进行筑坝料物的替代选择,首先要确定原设计料物本身的工程性质及其在土石坝结构中所起的作用,这是寻找替代料物的标准和依据。

(2) 该设计料物的料源无法用于筑坝的原因可以从技术、经济两个角度进行分析,说明应有理有据。本实例中主要为技术原因,即料源本身的不均匀性无法满足现场大规模开采的需要。

(3) 替代料物的工程性质。

首先应依据工程经验和料物外观进行初步判断,认为其可能满足设计要求时立即对料源进行勘探取样并进行相关土工试验,新料物的工程性质应参考原设计料物的主要工程性质,应满足其在土石坝结构中的功能性要求和结构性要求。

(4) 替代料物的现场填筑试验。

当该料物满足工程性质要求后,还需进行现场填筑试验,以确定其碾压参数和质量控制标准。现场填筑试验应考虑不同碾压设备、不同摊铺厚度、填筑料物是否进行含水率调整等多方面因素,从中择优选择。

作者简介:

彭 明(1977-),男,四川南部人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
赵 鹏(1985-),男,山西长治人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)