

旁多水利枢纽砂砾石坝壳料现场碾压质量控制曲线

向尚君 赵兴安 邱炽兴 吴 涛 林光跃

(中国人民武装警察部队水电第三总队 四川 成都 610036)

摘要 :针对砂砾石料填筑碾压的相对密度试验中最大干密度的确定还没有一个完整、成熟的方法 ,在旁多水利枢纽砂砾石坝壳料碾压试验中 ,采用 20 t 振动碾强振 20 遍时的砂砾石坝壳料的压实干密度作为最大干密度。采用数理分析软件分别得出砂砾石料最大干密度和最小干密度与砾石质量分数的关系曲线 ,并根据相对密度控制指标最终确定出砂砾石坝壳料现场碾压质量控制曲线。

关键词 :土石坝 ;砂砾石料 ;最大干密度 ;质量控制曲线 ;旁多水利枢纽

中图分类号 :TV523

文献标识码 :B

文章编号 :1006-7647(2011)03-0092-03

Quality control curve for field rolling of gravel materials of earth-rockfill dams in Pangduo Hydraulic Project//XIANG Shang-jun , ZHAO Xing-an , QIU Chi-xing , WU Tao , LIN Guang-yue(No. 3 General Team of Armed Police Hydropower Troops , Chengdu 610036 , China)

Abstract : At present , there still is a lack of a complete and mature method to determine the maximum dry density in relative density tests on filling and rolling of gravel materials. Based on rolling tests on gravel materials of Pangduo Hydraulic Project , the compacted dry density of the gravel materials after 20 times of rolling and strong vibration by use of a 20-tonnage vibratory roller was regarded as the maximum dry density. The relation curves for the maximum dry density , the minimum dry density and the mass fraction of gravel materials were derived by means of the mathematical analysis software. The quality control curve for the field rolling of gravel materials was finally determined according to the control indices for the relative density.

Key words : earth-rockfill dam ; gravel material ; maximum dry density ; quality control curve ; Pangduo Hydraulic Project

旁多水利枢纽地处西藏自治区拉萨河的中游 , 位于林周县旁多乡下游 1.5 km 处 ,距下游拉萨市直线距离约为 63 km ,是一座以灌溉、发电为主 ,兼顾防洪和供水的水利枢纽。水库库容为 12.3 亿 m^3 ,电站装机容量为 160 MW ,工程规模为 I 等 ,大(1)型水库 ,地震基本烈度为 VIII 度 ,为西藏自治区“十一五”期间重点建设项目。大坝采用碾压式沥青混凝土心墙砂砾石坝 ,砂砾石坝壳料填筑量约为 950 万 m^3 ,来源于距坝址上游 1.5 km 的旁多砂砾石料场。

砂砾石坝壳料填筑的压实标准以相对密度为控制条件 ,施工前先通过试验确定填筑料的最大干密度和最小干密度 ,但确定砂砾石坝壳料的最大干密度还没有一个完整、成熟的确定方法。《土工试验规程》^[1]中规定了粒径小于 60 mm 的粗粒土的相对密度试验方法 ,该方法虽然对粒径大于 60 mm 的土料提出可采用剔除法、等量代替法、相似级配法、混合法等方法进行试验 ,但同时也指出这几种方法各有一定的局限性 ,要求在使用时应根据土料性质和试验项目来决定采用何种方法。工程实践证明 ,这些方

法确有不足之处 ,难以满足工程实际的需要^[2-5]。

旁多水利枢纽采用旁多砂砾石料场的砂砾石料直接上坝 ,砾石直径 5 ~ 300 mm ,根据料场复勘资料 , 60 mm 以上的砾石达 35% ~ 59% ,如按《土工试验规程》用振动台法进行试验 ,将剔除 60 mm 以上的砾石 ,致使试验砂砾石料缺乏代表性 ,试验成果偏小 ,无法满足施工要求。通过各种试验方法测定并与现场实际情况比较 ,最终确定采用砂砾石料松铺 80 cm 厚并用 20 t 振动碾强振 20 遍时的压实干密度作为最大干密度 ,通过数理分析找出最大干密度与砾石质量分数的关系 ,进而确定砂砾石坝壳料现场碾压质量控制曲线。

1 试验方法

1.1 砂砾石坝壳料的最大干密度

将旁多砂砾石料场所开挖的砂砾石料直接上坝 ,采用推土机平料 ,20 t 自行式振动平碾强振缓行压实 ,以碾压 20 遍时的砂砾石坝壳料的压实干密度作为最大干密度。根据振动压实理论 ,强振(低频高

振幅振动)具有很强的穿透能力,影响深度大,最有利于结构层中间到底层的压实;弱振(高频振动)具有较高的能量,一般最有利于结构层中间到表面的压实。振动使被压实材料内产生振动冲击,被压实材料在振动冲击的作用下由静止的初始状态过渡到运动状态,压实材料之间的摩擦力也由初始的静摩擦力逐步变为动摩擦力。同时,由于材料中水分的离析作用,使材料颗粒的外层包围1层水膜,形成了颗粒运动的润滑剂,为颗粒的运动提供了十分有利的条件^[2-3]。被压实材料颗粒在非密实状态下存在许多大小不等的间隙,在振动冲击作用下,其颗粒出现了相互填充现象,即较大颗粒形成的间隙由较小颗粒来填充,较小颗粒的间隙由水分或空气来填充。被压实材料颗粒间隙的减小意味着密实度的增加,经过振动碾的20遍振动,不同粒径的砂砾石坝壳料之间相互填充密实,孔隙率趋于最小,而压实干密度趋于最大。

现场压实干密度采用灌水法得到,试验时加设套环并灌水2次以保证体积量测精度。最小干密度采用固定体积法测得。进行最大、最小干密度试验的同时进行每个试坑的颗粒分析试验和含水率的测定。为得到真实的试样含水率,采用全料法烘干。

1.2 颗粒级配分析

土的力学性质是由其颗粒组成、颗粒形状、矿物成分所决定的,而颗粒组成则是影响土的力学性质的主要因素。土的级配良好,则压实性能好,可以得到较大的干密度和抗剪强度。通常认为不均匀系数 $C_u \geq 5$ 、曲率系数 $C_c = 1 \sim 3$ 时的砂砾石料为级配良好砾。进行了52组全级配颗粒分析试验,含砂量(质量分数)在5%~40%之间, C_u 均大于5,只有5组试验的 C_c 在1~3之间。由此可见,只有极少数砂砾石料属于级配良好砾,绝大部分砂砾石料都属级配不良砾。

2 试验结果分析

现场试验时,采用同一试坑中的砂砾石坝壳料分别进行最大干密度、最小干密度和颗粒分析试验,为使试验数据更符合统计规律,每种试验分别进行52组。根据试验结果分别绘制最大干密度、最小干密度与砾石质量分数的关系曲线(图1、图2),采用MATLAB数学分析软件中的cftool数据拟合工具进行数理分析(分析过程中剔除部分较离散的点),拟合出最大干密度、最小干密度与砾石质量分数的关系曲线表达式分别为

$$\rho_{\max} = -0.0003867x^2 + 0.06191x - 0.1245 \quad (1)$$

$$\rho_{\min} = -0.0001183x^2 + 0.01758x + 1.1210 \quad (2)$$

式中: x 为砾石的质量分数,%; $\rho_{\max}$ 为最大干密度,

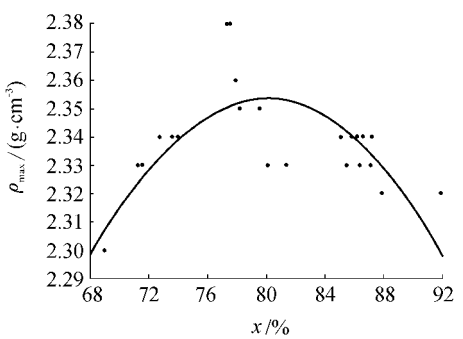


图1 最大干密度与砾石质量分数的关系曲线

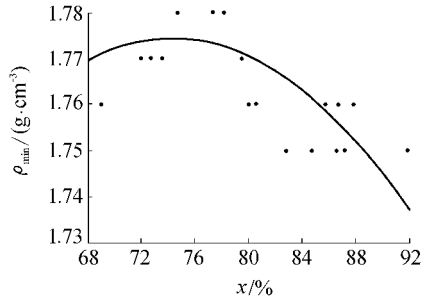


图2 最小干密度与砾石质量分数的关系曲线

g/cm^3 ; $\rho_{\min}$ 为最小干密度 g/cm^3 。

将现场实测压实干密度和由式(1)、式(2)中计算出的最大干密度和最小干密度代入式(3)可以得到相对密度:

$$D_r = \frac{\rho_0(\rho_0 - \rho_{\min})}{\rho_0(\rho_{\max} - \rho_{\min})} \quad (3)$$

式中: D_r 为相对密度; ρ_0 为现场实测压实干密度, g/cm^3 。

3 现场碾压质量控制曲线

旁多水利枢纽砂砾石坝壳料碾压设计质量控制指标为水上相对密度0.8和下水下相对密度0.85,一般现场检测时试验成果为压实干密度,根据相对密度可以得到现场压实干密度的计算公式:

$$\rho_0 = \frac{\rho_{\max}\rho_{\min}}{\rho_{\max} - D(\rho_{\max} - \rho_{\min})} \quad (4)$$

将式(1)、式(2)代入式(4),可以得到相对密度为0.8和0.85时现场碾压质量控制曲线(图3),其表达式分别为式(5)、式(6):

$$\rho_{(0.8)} = (-0.0003867x^2 + 0.06191x - 0.1245) \cdot (-0.0001183x^2 + 0.01758x + 1.1210) / [-0.0003867x^2 + 0.06191x - 0.1245 - 0.8(-0.0003867x^2 + 0.06191x - 0.1245 + 0.0001183x^2 - 0.01758x - 1.1210)] \quad (5)$$

$$\rho_{(0.85)} = (-0.0003867x^2 + 0.06191x - 0.1245) \cdot (-0.0001183x^2 + 0.01758x + 1.1210) / [-0.0003867x^2 + 0.06191x - 0.1245 - 0.85(-0.0003867x^2 + 0.06191x - 0.1245 + 0.0001183x^2 - 0.01758x - 1.1210)] \quad (6)$$

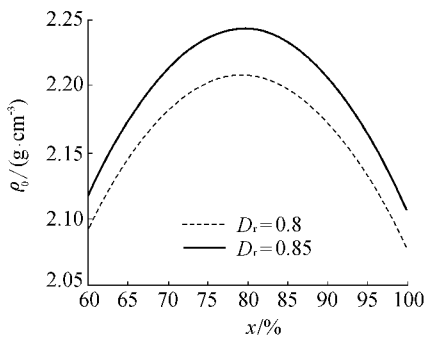


图3 砂砾石坝壳料现场碾压质量控制曲线

现场进行压实干密度检测时,可以根据每次检测的砾石质量分数查出对应的控制压实干密度,经与实测压实干密度比较,可比较直观地得出实测压实干密度是否满足设计要求。

4 结 语

通过对砂砾石坝壳料现场松铺 80 cm 厚并采用 20 t 振动碾强振 20 遍时的压实干密度进行数理分析,分别得出最大干密度和最小干密度与砾石质量分数的关系曲线。根据设计相对密度控制指标,得出现场碾压质量控制曲线,为现场砂砾石坝壳料填筑碾压试验检测提供了更为直接的依据。值得注意的是,现场试验是根据旁多砂砾石料场特有的砂砾

石坝壳料进行的,试验数据及结论只适用于旁多水利枢纽坝体填筑工程中砂砾石坝壳料填筑碾压的质量控制,试验方法可供类似工程参考。为确保质量控制的连续性和一致性,大坝实际填筑碾压施工过程中一直使用现场试验时使用的振动压实设备。此外,若砂砾石坝壳料级配发生变化,相应的最大、最小干密度也会发生变化。因此,施工过程中要对压实干密度、最大干密度和最小干密度等施工参数进行动态控制,一般每填筑 30 万 m^3 对施工参数进行 1 次复核。当料场填筑料级配发生变化或在施工检测过程中出现较高频率的异常情况时,随时复核控制标准,以准确、真实地反映填料的实际压实效果。

参考文献:

- [1] SL237—1999 土工试验规程[S].
- [2] 李祥年.老龙口土石坝坝壳料相对密度曲线确定试验[J].水利水电技术,2008,39(12):25-26.
- [3] 季慧峰,金学哲,高瑞德.老龙口土石坝砂砾石填料现场碾压试验[J].水利水电施工,2007(增刊):12-13.
- [4] 曹社堂.超大粒径砂砾石坝料填筑标准的近似确定[J].陕西水力发电,1999,15(4):1-5.
- [5] 章天长.黄河积石峡水电站面板堆石坝砂砾料最大干密度确定方法试验研究[J].中国科技博览,2009(16):122-123. (收稿日期 2010-11-01 编辑 骆超)

(上接第 35 页)

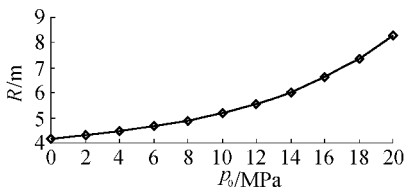


图2 R 与 p_0 的关系

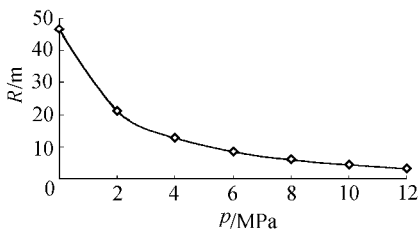


图3 R 与 p 的关系

不断扩大,渗流场对塑性区半径的影响越来越显著。从图3可知,塑性区半径随着支护反力的增大而减小。

4 结 语

a. 采用抛物线型 Mohr 强度准则对隧洞进行弹塑性分析,结果表明渗流场对塑性区半径以及弹性区和塑性区分界处的径向应力和切向应力都有影响。塑性区半径随着孔隙水压力的增大而增大。因此,在隧洞设计时,应充分考虑孔隙水压力的影响。

同时,塑性区的应力状态与支护反力也有密切关系。

b. 在考虑岩体的强度包络线为非线性条件下,对比分析考虑渗流和不考虑渗流 2 种情况的结果,为强度包络线近似于二次抛物线的围岩隧洞设计提供理论依据。

参考文献:

- [1] 蔡晓鸿,蔡勇平.水工压力隧洞结构应力计算[M].北京:中国水利水电出版社,2004.
- [2] 蔡美峰,何满潮,刘东燕.岩石力学与工程[M].北京:科学出版社,2002.
- [3] 于学馥,郑颖人,刘怀恒,等.地下工程围岩稳定分析[M].北京:煤炭工业出版社,1983.
- [4] 张常光,张庆贺,赵均海.考虑应变软化、剪胀和渗流的水工隧洞解析解[J].岩土工程学报,2009,31(12):1941-1946.
- [5] 荣传新,程桦.地下水渗流对巷道围岩稳定性影响的理论解[J].岩石力学与工程学报,2004,23(5):741-744.
- [6] 王建秀,杨立中,何静.深埋隧道衬砌水荷载计算的基本理论[J].岩石力学与工程学报,2002,21(9):1339-1343.
- [7] 王星华,章敏,王随新.考虑渗流及软化的海底隧道围岩弹塑性分析[J].岩土力学,2009,30(11):3267-3272.
- [8] 李宗利,任青文,王亚红.考虑渗流场影响深埋圆形隧洞的弹塑性解[J].岩石力学与工程学报,2004,23(8):1291-1295. (收稿日期 2010-05-28 编辑 高建群)