

粗粒料级配方程模式下的压实特性试验

王倩

成都理工大学

DOI:10.12238/etd.v5i6.10941

[摘要] 文章以级配方程作为基础,对粗粒料压实特性进行试验和分析。包括基于级配方程的相关试验设计、试验结果分析及其试验结论等。希望通过此次分析,可以为级配方程的合理应用与粗粒料压实特性分析提供一定参考。

[关键词] 级配方程; 粗粒料; 压实特性; 试验设计; 试验分析

中图分类号: TV 文献标识码: A

Compaction Characteristics Test under Coarse Particle Grading Equation Mode

Qian Wang

Chengdu University of Technology

[Abstract] Based on the gradation equation, this article conducts experiments and analysis on the compaction characteristics of coarse aggregates. Including relevant experimental design based on the grading equation, analysis of experimental results, and experimental conclusions. I hope that this analysis can provide some reference for the rational application of grading equations and the analysis of compaction characteristics of coarse aggregates.

[Key words] Grading equation; Coarse grained materials; Compaction characteristics; Experimental design; Experimental analysis

前言

级配方程是专为连续级配土体特性计算设置的普适性方程,其基本目标是通过计算法得出工程中的土体级配曲线形态。该方程的基本计算模型如下:

$$P = \frac{1}{(1-b)(\frac{d_{\max}}{d})^m + b} \times 100\% \quad (1)$$

其中, P 代表较某种粒径土体小的颗粒含量; d 代表土体粒径; b 代表级配参数,其取值在-2-1之间; m 也代表级配参数,其取值在0-2之间; $d_{\max}$ 代表土体粒径最大值。

为研究粗粒径土体的压实特性,本文将上述级配方程作为依据,通过试验的方式对某土石坝工程项目中所选的粗粒料进行分析,以实现最优级配区间的合理确定。

1 试验设计

1.1 材料与设备

此次试验中所选材料为某土石坝工程中应用的马吉料(即马吉土石坝粗粒料),其粒径最大值是60mm。试验设备是大型压缩机。

1.2 试验方法

针对所选试验材料实施表面振动压实试验以及侧限压缩试验。其中,振动压实试验目标是测定粗粒料干密度最大值,其振动频率是50Hz,振动时间是8min。压缩试验目标是测定粗粒料压实性能,判断其与干密度之间的关系,试验时的制样标准是0.3相对干密度,分别以50kPa、100kPa、200kPa、400kPa、800kPa、1600kPa和3200kPa加载。试验中的粗粒料级配值共设置16组^[1]。表1为此次试验中所选的粗粒料级配参数及其曲线面积情况:

2 试验结果分析

2.1 级配曲线面积分析

对于粗粒料而言,其级配和干密度最大值一一对应,因此两者之间必定存在某种联系。但经此次室内试验情况发现,级配参数、最大粒径和干密度最大值之间的关系并无规律,不能直接建立起干密度最大值和级配参数之间的关系。但是若对级配参数和最大粒径进行组合,便可得出一个新参数,且该参数和干密度最大值之间的关系更容易总结。将级配曲线和横坐标轴、粒径最大值线以及粒径为0.075mm的线所围成一个面积,该面积便是级配曲线面积,此处用 S 表示。通过该面积,可对粗粒料压实特性所受级配影响进行研究^[2]。以下是该面积基本计算公式:

表1-此次试验中所选的粗粒料级配参数及其曲线面积情况

序号	级配号	级配参数m	级配参数b	不均匀系数	级配曲线面积	曲率系数
1	1#	1	0.6	37.6	0.662	1.63
2	2#	1	0.3	7.1	0.516	1.44
3	3#	1	0.2	5.5	0.359	1.53
4	4#	1	-1	4.1	0.301	1.56
5	5#	0.8	0.6	15.2	0.823	1.44
6	6#	0.8	0.3	11.6	0.642	1.58
7	7#	0.8	-0.2	8.4	0.493	1.69
8	8#	0.8	-1	5.9	0.375	1.75
9	9#	0.6	0.6	37.6	1.073	1.63
10	10#	0.6	0.3	26.2	0.842	1.84
11	11#	0.6	-0.2	16.9	0.649	2.02
12	12#	0.6	-1	10.6	0.495	2.1
13	13#	0.4	0.6	230.7	1.48	2.09
14	14#	0.4	0.3	134.1	1.185	2.49
15	15#	0.4	-0.2	69.8	0.927	2.87
16	16#	0.4	-1	34.6	0.714	3.05

$$S = \frac{\ln(1 - kb(-\ln(1 - b))}{mb \ln 10} \tag{2}$$

其中, k的值可按以下公式计算:

$$k = \frac{1}{(1 - b)(d_{\max} / 0.075)^m + b} \tag{3}$$

若b的值为零, 则S的计算公式为:

$$S = \frac{1 - k}{m \ln 10} \tag{4}$$

将各级级配试验中的粒径最大值 $d_{\max}$ 以及级配参数代入到以上公式中, 便可对试验中的粗粒料级配曲线面积做出科学求解。

2. 2最大干密度和级配曲线面积关系分析

经此次试验发现, 粗粒料干密度最大值和其级配曲线面积的关系呈二次函数模式。在S的不断增加中, 试验粗粒料干密度最大值从原来的1. 856g/cm³先升高到2. 167g/cm³, 后降低到1. 938g/cm³, 其最大值与最小值之间的差距是17%。此试验现象说明在S为0. 86以内时, 当S逐渐增加, 粗粒料颗粒间将具有越来越好的填充关系, 因此其干密度最大值呈现出逐渐上升的趋势; 但是在S高于0. 86以后, 当S逐渐增加, 粗粒料颗粒间将具有越来越差的填充关系, 因此其干密度最大值也呈现出逐渐下降的趋势。由此可确定, 级配曲线面积在0. 86时, 粗粒料干密度最大值达到极值, 此时的粗粒料颗粒之间具有最佳填充状态, 其对应的粗粒料级配值也是最优值^[3]。经进一步分析可知, 4#级配之所以具有较差的压实特性, 是因为其中含有太多粗颗粒; 13#级配之所以具有较差的压实特性, 是因为其中含有太少的粗颗粒。

同时, 根据表1中的曲率系数以及不均匀系数情况可知, 4#级配属于不良级配。16#级配中的曲率系数及其不均匀系数虽然都比较高, 但是因其级配系数接近于3, 所以我们可认为16#级配属于良好级配, 其他级配都属于良好级配。而经过进一步试验分析发现, 4#不良级配所对应的干密度最大值较其他良好级配所对应的干密度最大值都小。由此可见, 根据不同级配条件下的曲率系数以及不均匀系数情况、便可对粗粒料的级配是否良好做出科学判断, 如此也可进一步确定粗粒料是否具备良好的压实特性。但是对于良好级配范围内的粗粒料压实特性, 研究者还需要对其判断方法做出进一步研究。

2. 3干密度和级配曲线面积关系分析

在此次试验过程中, 研究者主要将干密度最大值用作粗粒料压实特性的判断指标。为便于干密度和级配之间的关系分析, 研究者以不同应力为基础, 针对粗粒料干密度及其级配曲线面积的关系进行研究。经研究可知, 在各级应力条件下, 粗粒料干密度及其级配曲线面积都呈现出二次函数拟合关系^[4]。当S值是0. 90时, 各种应力条件下的粗粒料干密度值水平都将达到最高, 其颗粒间也具备较好的填充关系。由此可见, 此次试验中, 级配曲线面积的最优值为0. 90。

3 试验结论

针对此次级配方程支持下的粗粒料压实特性试验, 具体分析中, 研究者首先对其最优级配区间进行分析。经试验情况与试验结果的分析发现, 在级配参数的不同组合模式下, 获得到的级配曲线基本相同。在所有级配曲线中, 上包络线级配曲线面积是0. 63, 下包络线级配曲线面积是1. 17。结合具体试验情况, 研究者可确定, 在上下包络线之间的级配区间属于最优区间。且经进一步试验分析后, 研究者认为, 当粗粒料粒径最大值达到60mm时, 其级配曲线才会处于这个最优区间里, 从而使对应级配的粗粒料压实特性较好。图1为此次试验中获得的粗粒料级配曲线包络线图:

其次是相似级配法的合理应用。就目前的建筑工程来看,

坝体建筑中的粗粒料具有最大粒径,其最大值可达到1m;而在室内试验过程中,确定的粒径最大值通常只有60mm。基于此,试验时,研究者需要采用缩尺的方式对现场相应级配的粗粒料进行处理,再通过室内试验的方式确定其最佳级配。但由于缩尺处理后的粗粒料力学性质将会和原来级配条件下的粗粒料力学性质存在一定差异,此种差异即为缩尺效应。同时,缩尺效应值和具体处理时的缩尺方法具有紧密联系,通过缩尺方法的合理选择,可显著降低其缩尺效应值。经既有的实践研究发现,以相似级配法对大粒径粗粒料实施缩尺处理,获得的力学性质将更接近于实际值^[5]。基于此,具体试验时,研究者可通过相似级配法对其实施缩尺处理,即不改变整体级配中的粗粒料充填关系,使其颗粒物具有相似的几何形状,并使其曲率系数和不均匀系数保持不变,如此便可实现实际粗粒料力学特征的良好保障。而在此种模式下,研究者需假设粗骨料干密度和其粒径最大值无关。

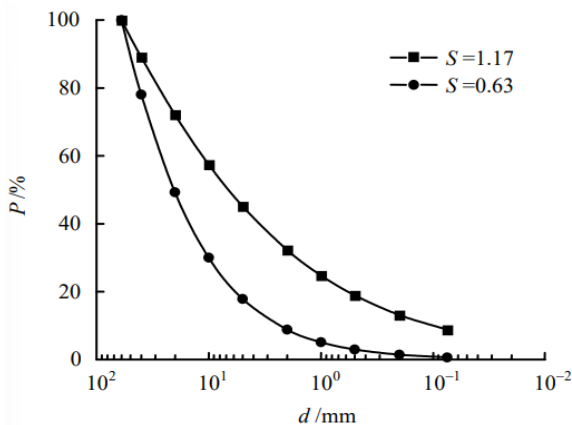


图1-此次试验中获得的粗粒料级配曲线包络线图

最后是验证其最优级配区间的适用性。根据粗粒料自身干密度和粒径最大值没有关系这一假设,在不同粒径最大值的条件下,此次试验中确定的最优级配区间适用于各种粒径条件下的粗粒料级配情况。因土石坝工程里应用的粗粒料均是由大型碾压试验来合理确定其级配,所以在确定好的级配条件下,此种粗粒料的压实特性也将达到最佳。基于此,在对最优级配区间实施适用性验证的过程中,研究者可结合国内外的既有研究经验,以相似级配法对土石坝工程中应用的各种粗粒料级配情况实施缩尺处理,将缩尺之后的最大粒径控制在60mm。同时对缩尺处理后的粗粒料级配曲线和此次试验中提出的级配曲线最优区间进行分析。经分析发现,此次试验中选取的各种粗粒料级配曲线都处在试验中提出的级配曲线最优区间范围内,且与该区间中的上包络线之间具有较小差异。由此可见,此次粗粒料级配方程模式下的压实特性试验所确定的最优级配区间具有良好的适用性。

由此可见,将土木工程中的连续级配方程作为基本试验模式,以不同级配参数变换的方式,采用表面振动压实法以及单向压缩法,对不同级配条件下的粗粒料压实特性进行试验,便可对

粗粒料级配及其应力在整体压实特性方面的影响规律做出科学判断。经此次试验和判断之后,研究者得出了以下几项结论:(1)将动应力作为基本条件,获得粗粒料的干密度最大值,将各级静应力作为基本条件,判断粗粒料干密度和其级配曲线面积之间的关系,均可获得较为理想的二次函数描述结果,并从中获取到极大值。经进一步分析可知,对应其极大值的级配曲线面积都接近0.90,说明该级配条件下的粗粒料具有最好压实特性,且粗粒料和其他粒料之间的充填状态也将达到最佳。(2)将级配曲线面积作为依据,可对相应粗粒料的级配曲线做出反向推断,经推断可知,其级配曲线良好区间处在0.63-1.17之间。在该级配区间范围内,粗粒料所具备的压实特性也比较好。(3)通过相似级配法的合理应用,可确定此次试验中确定的最优级配区间在不同粒径最大值粗粒料压实性能判断中的适用性,从而为土石坝工程中填筑施工用粗粒料级配的合理设计提供科学指导。

4 结束语

综上所述,对于现代建筑工程中应用的土体材料,粗粒料级配的合理设置是保障其压实度和承载力的关键措施。为确保粗粒料级配设置的合理性,研究者需要通过当前建筑领域中普遍应用的级配方程,对各种级配条件下的粗粒料压实特性进行试验。通过试验材料、设备的合理选择与试验方法的合理设置,便可获得足够理想化的试验结果,从而实现粗粒料级配的科学确定。经此次研究中的试验分析可知,在土石坝工程填筑材料配置时,若将其粗粒料级配控制在0.63-1.17之间,便可使其压实特性得到良好控制。而通过相似级配方法的合理应用,则可为此类材料的级配设置创造便利条件,以满足其级配设计与实际应用需求,尽最大限度确保此类粗粒料的级配设计效果,从而使整体工程质量得到良好保障。

[参考文献]

- [1]蒋明杰,李泽懿,吉思跃.考虑级配影响的粗粒土-格栅最优网格尺寸试验研究[J].岩土力学,2024(9):2565-2572,2582.
- [2]褚福永,朱俊高,许凯.基于连续级配方程的粗粒料压实密度缩尺效应试验研究[J].水利水电科技进展,2024(3):34-38.
- [3]宾武,欧阳标.基于击实方法差异对无机结合料稳定材料密度和级配影响的思考[J].建材发展导向,2024(5):1-3.
- [4]王萌,于群丁,肖源杰,等.振动荷载下不同级配的基床粗粒土填料孔隙连通性特征研究[J].中南大学学报(自然科学版),2023(11):4436-4448.
- [5]朱俊高,蒯青青,王思睿,等.粗粒料静止侧压力系数及其变形特性试验[J].工程科学与技术,2023(4):162-168.

作者简介:

王倩(1999—),女,汉族,四川成都人,硕士研究生,研究方向:岩土工程。