

doi:10.16018/j.cnki.cn32-1650/n.202003010

基于含石率与最大干密度关系曲线测定 路基压实度的应用技术研究

俞磊

(宣城职业技术学院 建筑艺术系,安徽 宣城 242000)

摘要:工程实践研究表明,在路基压实过程中,准确测定最大干密度值是确保路基压实质量的前提。然而现场路基填料经常呈现不均匀分布,含石量变化较大,使得现场测定的压实度值异常,从而影响路基压实质量。为了准确测定由填料含石量变化造成的压实度检测误差,当路基填筑材料含石率变化较大时,需对该批土料进行筛分检测,通过标准击实试验试配不同含石率下对应的最大干密度。通过散步图观察不同含石率下对应的最大干密度,使用数学或其他方法建立对应的回归曲线方程,并绘制回归图;根据现场测得的土样含石率从回归曲线中找到或通过回归方程计算最大干密度,再根据现场测定的干密度计算测点的压实度值,从而决定是否修改相关参数,以满足路基设计要求。

关键词:压实度;含石率;干密度;线性回归方程

中图分类号:TU753.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5322(2020)03-0052-05

宣铜高等级公路位于安徽省南部,是皖南地区与长三角之间联系的重要通道。路线属山岭重丘区,地形复杂,且起伏变化较大,因此在道路施工时取土点较多,但土体样本变化较大(主要是土场含石率不均匀),导致实测土体干密度值大于重型标准击实试验测定的最大干密度值,出现了“超百”的现象(实测压实度是将实测干密度除以标准击实试验测定的最大干密度值,当实测干密度大于标准击实试验测定的最大干密度值时,实测压实度将大于100%,即所谓的“超百”)。若大多数测点的数据出现“超百”现象,表明检测数据存在异常,从而不能真实地反映现场路基的压实质量。

董金玉等^[1]的研究证明了导致这一现象的主要原因是现场填料中含石率变化较大,土样不均匀;毕锐等^[2]通过试验认为由于风化程度不同而形成填料中的含石率(填料中石粒质量同干土质量的比)与标准击实试验中土样的含石率不一

致,即现场填土的土料中含石率与标准击实试验时所选取的土样存在差别,导致标准击实试验所测定的最大干密度不能作为施工现场压实度测定的依据。因此,为了准确测定压实度,必须以施工现场的土样确定其最大干密度。

针对取土场填料砾石含量变化大、填料不均匀性的特点,吴跃东等^[3]在施工现场检测压实度时,增加了土样含石率的测定,根据试验室确定的不同含石率和最大干密度关系曲线,准确地测定了现场路基的真实压实度。遵照上述思路,为了精准测定宣铜高等级公路施工现场的压实度,有效控制路基填筑质量,通过标准击实试验找出不同含石率和最大干密度的变化关系,分析判定曲线变化趋势,运用数学模型求得两者之间的线性回归方程;再根据现场测定的土场含石率,根据不同含石率和最大干密度关系的线性回归方程求得最大干密度,进而计算压实度,确定施工方案,从而保证路基压实效果,满足设计要求。

收稿日期:2020-05-22

基金项目:宣城创新发展研究院科研振兴计划项目(ZXPY201820)。

作者简介:俞磊(1981—),男,安徽滁州人,高级工程师,硕士,主要研究方向为地基处理及基础工程。

1 最大干密度测定

1.1 影响最大干密度测定的因素

击实试验结果准确与否直接影响到试验结果的准确度。影响击实试验准确度的因素通常有以下几个:

(1)样品不同

受到不同风化程度的影响,取土场中不同部位的土样含石率、含水量及其他物质的占比率存在差异性。通常表层土的风化程度大土料含石率小,内部土料的风化程度低含石率大。因此,如果取样不同导致做标准击实试验时的样本不具有代表性,则测定的最大干密度值也必须不够准确。

(2)制备方法不同

已有的对比试验表明,土样最大干密度以烘干最大、风干次之、天然土样最小,即土样最优含水率以烘干最小^[4]。土样在烘干时,土体颗粒间隙由于水分散失而逐渐变小直至消失;土体固体颗粒在承受击实功时,土体体积变小,从而获得较大的干密度。而其他方法如风干法制备时,土样内部水气所占的空隙得以保存,此种状况下击实功主要由孔隙气体承担,土体固态颗粒所受锤击功减小,造成土体在击实后,弹性大^[5],因此获得的干密度数值比烘干法小,导致测量数值不精确。

(3)击实试验的标准不同

土样的最大干密度和最佳含水率受击实功大小和击实环境而改变,故各国击实试验的标准不同。我国 GB/T 50123—2019^[6] 试验标准中将土工击实试验分为轻型击实和重型击实两种,其中轻型击实试验适用于粒径小于 5 mm 的黏性土,重型击实试验适用于粒径不大于 20 mm 的土体。当采用三层击实时,土体最大粒径不大于 40 mm。有试验表明^[7],随着夯击能量的增加,土样最佳含水率减少,最大干密度增加;而在同样的夯击能量下改变锤击数,其最大干密度和最优含水率也在改变。

(4)试验误差

试验时候的误差是不可避免的,总会存在系统误差和随机误差。由于系统误差是不能消除的,只能通过多次重复试验尽量减少误差。试验误差的存在必然影响着测量结果的准确性。因此,为了精确、快速测定路基的填筑质量,在做标准击实试验时要注意几下几点:①为避免风化程

度不同的影响,要多勘察、去除表土尽可能选取具有代表性的土样;②制备土样时要尽量采取烘干法以减少不同制备方法导致的误差;③对于土料的不均匀性可通过多次取样测定不同砾石土含量所对应的最大干密度值,确定最大干密度与含石量的关系曲线。

1.2 击实试验

1.2.1 试验准备

为了确保击实试验数值准确,减少试验误差,需要认真踏勘施工现场的取土场,去除土场表面土样,尽可能选取具有代表性的土体作为标准样本;按照试验规程优选烘干法,将一定量的土样烘干至质量不再发生变化后,去除表面的胶结物,以防颗粒的自然体积虚增;采用规格为 5 ~ 40 mm 的筛子做筛分实验^[8],同时选取粒径为 5 mm 以内的颗粒备用。

1.2.2 试验过程

通过对施工现场选取的土体样本进行含石量测定,得到其最小含石量都已经大于 12%,所以对含石率数值的选取以 20% 作为初始选定值,分别试配合石率为 20%、30%、40%、50%、60%、70% 的不同含石量的土样,采用 4 500 g 重型击实仪、落高 450 mm、每层 98 次、每 3 层为一组进行重型击实试验,获得数据如表 1 所示。

表 1 重型标准击实试验各项指标检测结果

Table 1 Detection results of various indexes corresponding to heavy standard compaction test			
试验组别	土样最大干密度/(g · cm ⁻³)	样品最佳含水量/%	含石率/%
1	1.99	9.9	20
2	2.05	9	30
3	2.09	8.9	40
4	2.14	8	50
5	2.19	7	60
6	2.24	6.9	70

注:根据规范规定若含石率大于 70% 时属于填石路基,必须采用工艺法进行检测。本文采用压实度法检测,故含石率最大实验比不超过 70%。

将表 1 样本数据建立回归模型进行回归预测分析,方法如下:

第一步:绘制不同含石率和土样最大干密度关系的散点图,如图 1 所示。

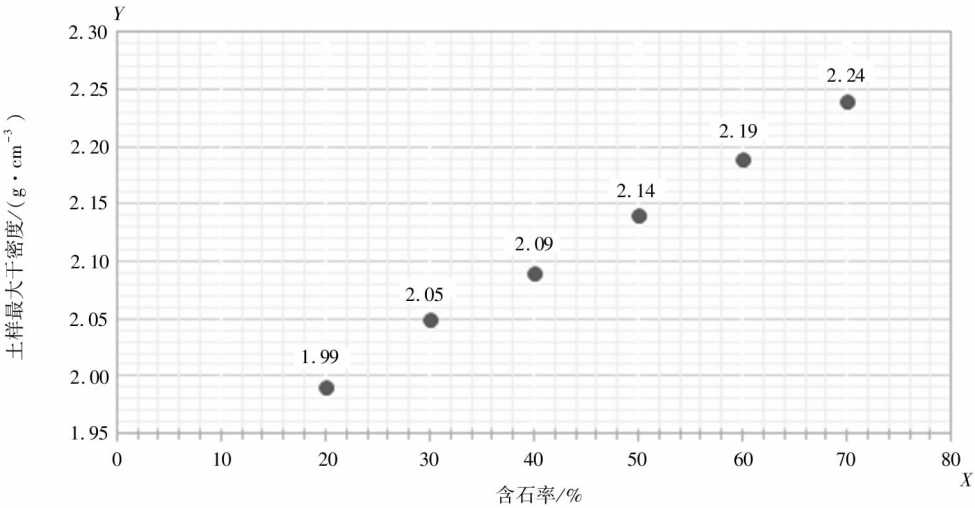


图 1 含石率与土样最大干密度关系

Fig 1 Relationship between stone content and maximum dry density of soil sample

根据图 1 所对应的数值位置,通过观察及趋势分析,可判断两者趋于线性关系。

第二步:根据数据分布呈线性关系,选用线性回归方程。假设土样含石率与土样最大干密度满足一元线性回归方程 $Y = a + bx$,其中 Y 代表土样

最大干密度, X 代表含石率, a 是常数项, b 是样本回归系数。利用最小方法或者最小二乘法求得一元线性回归方程中参数 a 、 b 的数值,从而得出一元回归方程的数学表达式,结果如图 2 所示。

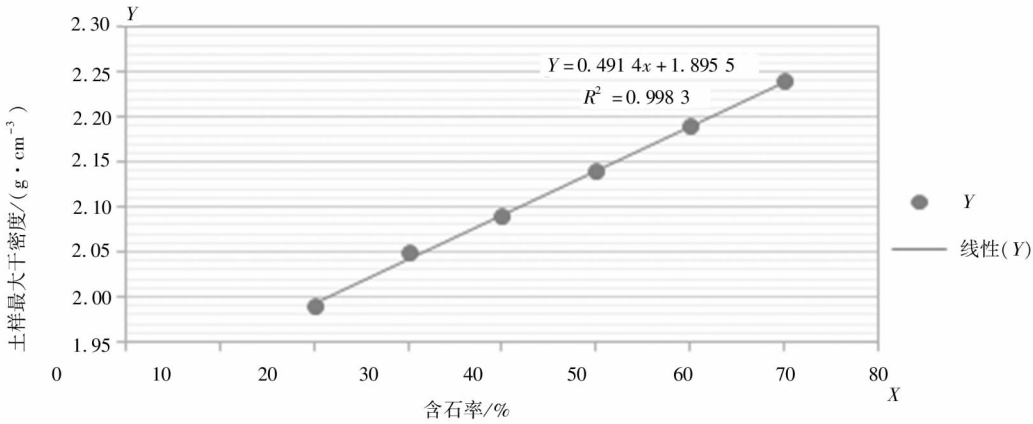


图 2 土样含石率与最大干密度关系的一元线性回归图

Fig 2 The unitary linear regression curve map of soil sample stone content and maximum dry density

第三步:根据计算结果分析残差图是否异常。若异常,检查测定数据是否正确或者所建立的模型是否恰当。

图 2 中判定系数 R^2 为回归平方和与总平方和的比值,又称为拟合优度或可决系数。该数值越接近于 1,表明该模型的拟合优度越高。本模型中判定系数 R^2 为 0.9983,说明含石率与土样最大干密度基本符合 $Y = 0.4914X + 1.8955$ 的线性关系分布。

2 现场压实度检测

在路基填筑区段选取 K20 + 140 ~ K20 + 500 (压实度设计要求为 94%) 为试验段进行压实度检测。为保证试验数据的准确性,在测点选取过程中,若填料砾石含量明显变化,则增加含石率指标的测定。施工现场实测数据如表 2 所示。

表 2 施工现场实测值			
Table 2 Measured value at construction site			
测点序号	含水量/%	干密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	含石率/%
1	12.1	1.87	5.0
2	12.5	1.91	22
3	13.6	1.97	28
4	14.1	2.01	32
5	15.2	2.07	40
6	14.1	2.11	52
7	15.2	2.13	63

依据前面得到的含石率与最大干密度关系的一元线性样本回归图,以现场实测含石率为基础,在曲线图中找到或通过一元线性回归方程计算相对应的最大干密度值,如表 3 所示。

表 3 含石率与最大干密度选取值		
Table 3 The selection values of the maximum dry density corresponding to different stone content		
序号	含石率/%	最大干密度值/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
1	5	1.92
2	22	2.00
3	28	2.03
4	32	2.05
5	40	2.09
6	52	2.15
7	63	2.21

根据现场测得的土样干密度,以及对应含石量下的最大干密度值,得到路基实测压实度如表 4 所示。

在 K20 + 140 ~ K20 + 500 (压实度设计要求为 94%) 的路基填筑区段选取并检测了 1 868 个点,结果显示所测点中无一出现“超百”现象,且经工后检测,路基沉降稳定,满足设计要求。

表 4 各测点压实度测算值				
Table 4 Measured value of compactness at each measuring point				
编号	干密度 (现场检测值)/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	最大干密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	含水量/%	压实度/%
1	1.87	1.92	12.1	97.4
2	1.91	2.00	12.5	95.5
3	1.97	2.03	13.6	97.0
4	2.01	2.05	14.1	98.1
5	2.07	2.09	15.2	99.0
6	2.11	2.15	14.1	98.1
7	2.13	2.21	15.2	96.4

3 结论与展望

工程实践研究表明,在路基压实过程中,准确测定最大干密度值是确保路基压实质量的前提。当路基填筑材料含石率变化较大时,则需对该批土料进行筛分检测,原击实试验测定的最大干密度值不能作为现场压实度推算的依据,而需要通过标准击实试验试配不同含石率下对应的最大干密度。通过散步图观察不同含石率下对应的最大干密度,使用数学或其他方法建立对应的回归曲线方程,并绘制回归图;根据现场测得的土样含石率从回归曲线中找到或通过回归方程计算最大干密度,再根据现场测定的干密度计算测点的压实度值;最后根据压实度值判断压实质量是否符合设计要求,进而决定是否修改相关参数,以满足路基设计要求。

参考文献:

[1] 董金玉,郑珠光,周建军,等. 不同含石量条件下砂卵石土特性试验研究[J]. 湖南大学学报(自然科学版),2018(1): 183-189.

[2] 毕锐,王亮. 利用不同含石率曲线准确检测砂性土压实度[J]. 安徽建筑,2009,16(3):131-132,182.

[3] 吴跃东,罗如平,王维春. 南京地区砂砾卵石土压实特性的离散元模拟[J]. 中国公路学报,2015(4):13-18.

[4] 刘利,孙凤坤,魏艳玲. 击实试验探讨[J]. 黑龙江水利科技,2001,29(3):75-76.

[5] 王环玲,沙聪,徐卫亚,等. 考虑孔隙率和不均匀系数的土石混合体颗粒流分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2019(3):251-258.

[6] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家市场监督管理总局. 土工试验方法标准:GB/T 50123—2019[M]. 北京:中国计划出版社,2019.

[7] 胡萍,王永和,卿启湘. 软岩击实试验结果影响因素分析[J]. 湖南工业大学学报,2008,22(1):28-30.
[8] 高建中,赵晓琪,谷琪,等. 陕北高填方地区土体的轻型与重型击实试验对比研究[J]. 陕西理工大学学报(自然科学版),2019(5):45-50.

Research on Application Technology of Determining Subgrade Compactness Based on Relation Curve of Rock Content and Maximum Dry Density

YU Lei

(Department of Architectural Art, Xuancheng Vocational and Technical College, Xuancheng Anhui 242000, China)

Abstract:Engineering practice shows that in the process of subgrade compaction, accurate determination of the maximum dry density is the premise to ensure the quality of subgrade compaction. However, the field subgrade filling often presents uneven distribution, and the stone content changes greatly, which makes the field measured compaction degree abnormal, thus affecting the quality of subgrade compaction. In order to accurately determine the detection error of compactness caused by the change of stone content of filling materials, when the stone content of subgrade filling materials changes greatly, it is necessary to screen and detect the batch of soil materials, and test the corresponding maximum dry density under different stone content through standard compaction test. The maximum dry density under different stone content was observed by walking chart, and the regression curve equation was established by mathematical or other methods, and the regression diagram was drawn. The maximum dry density can be found from the regression curve or calculated by the regression equation according to the stone content of the soil sample measured in the field, and then the compactness value of the measuring point can be calculated according to the dry density measured in the field, so as to decide whether to modify the relevant parameters to meet the requirements of the subgrade design.

Keywords:compactness; rock content; dry density; linear regression equation

(责任编辑:李华云)