

软岩击实试验结果影响因素分析

胡 萍¹, 王永和¹, 卿启湘^{1,2}

(1. 中南大学 土木建筑学院, 湖南 长沙 410075; 2. 湖南大学 机械与汽车工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘 要: 简述了土工试验中土样制备方法、击实标准对试验结果的影响, 分析了制样过程中含水率随时间和温度变化的规律; 提出了通过改变加土量和击实数, 减小试样余土高度对结果的影响的结论。

关键词: 含水率; 余土高度; 单位击实功

中图分类号: TU45

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2008)01-0028-03

Analysis on the Influence Factors in the Compaction Test of Soft Rock

Hu Ping¹, Wang Yonghe¹, Qing Qixiang^{1,2}

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Central South University, Changsha 410075, China;

2. School of Mechanical Engineering and Automobile, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: The influence for different methods of prepared soils is presented and the rule of the water content changed by time and temperature in the process of preparing soils is also analyzed. Then a new method is put forward to decrease the manual error by altering the weight of water and hitting times.

Key words: water content; height of more soil; hitting work per unit

武广客运专线是京广铁路主干线的重要组成部分, 是国家及湖南、湖北、广东省的重点建设项目。专线全长 800 km, 穿越众多的风化软岩区, 这些软岩弃碴的抗风化能力、抗水性及抗变形能力与其母岩一样不稳定, 变异性大, 遇水或风化作用后强度会急剧降低^[1-3], 如果这类土石作为武广客运专线路堤的填料或路桥的地基, 就可能对路基、桥基的稳定性构成威胁。解决的途径之一是对不合格填料进行改良, 使其达到所要求的质量标准。为改良上述土石, 首先要进行大型击实试验, 然后依据试验得出的最大干密度、最佳含水率, 对改良土按不同压实度($K_n=0.93、0.95、0.97$)、不同含水量进行控制, 用压样法制取试件, 进行软岩土料的大型三轴试验、无侧限抗压强度和湿化试验, 从而确定改良土最佳掺料及最佳配比。

可见, 击实试验结果准确与否直接影响到试验结果的准确度及工程质量和安全运营。在室内击实试验中, 诸多细节影响着试验结果的准确度, 如: 击实土

样的含水率很难与理论计算值一致; 土样余土高度对结果的影响多次被提出, 却没有具体可行的方法解决。笔者通过大量击实试验发现, 含水率在制样过程中随养护时间及养护温度变化的规律, 提出最后一层土按余土高度为 4 mm 计算, 相应的增加击实次数, 既保证了筒表面土的均匀性, 又保证各层土具有相同的单位体积击实功。

1 土样制备

1.1 制备方法的影响

土样的制备方法不同, 所得的击实试验结果就不同。已有的对比试验表明, 最大干密度以烘干土样最大, 风干土样次之, 天然土样最小; 最优含水率以烘干土样最小^[4]。因为在烘干过程中, 土体颗粒间封闭气泡随着水分散失而逐渐消失, 击实功能主要由土体颗粒承担, 从而土体发生永久性体积变化, 得到较高

收稿日期: 2007-11-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50678177)

作者简介: 胡 萍(1983-), 女, 湖南常德人, 中南大学博士研究生, 主要研究方向为路基加固处理。

的干密度。而湿法制料或风干法制料过程中, 土体内部封闭气泡绝大部分得以保存, 这样很大部分击实功是由孔隙气体分担, 转化为孔隙压力, 击实时气泡体积减小只是短暂的, 土体颗粒实际所受击实功并不大, 仅能使颗粒更高度度的定向排列, 土体击实后回弹量较大, 很难发生显著的永久性体积变形, 得到的干密度比烘干法击实试验小, 能达到的密实度相对较小。

1.2 击实标准的影响

土的最大干密度和最优含水率随击实功能和击实条件而变化, 因此, 各国都对击实试验规定某一击实功能作为试验的标准。我国GB/T 50123-1999 试验方法标准中规定有轻、重 2 种击实标准, 轻型击实试验的单位体积击实功为 592.2 kJ/m^3 , 重型击实试验的单位体积击实功约 2684.9 kJ/m^3 。

轻型击实试验适用于粒径小于 5 mm 的粘性土 (粘性土中含粒径大于 5 mm 的土的质量分数小于 30%), 如水库、堤防、铁路路基填土, 以及普通的住宅楼素土、灰土垫层。而重型击实试验适用于粒径大于 20 mm 的粗粒土及高等级公路填土、机场跑道、强夯地基等夯击能量较大的填土工程。

同一种土由于夯击能量及压实条件不同, 其试验结果是不一样的。表 1 为同一种土, 分别采用轻、重 2 种击实方法击实所得的结果。

表 1 轻、重型击实试验结果对比

Table 1 The comparison between light and heavy type compaction test result

土样 编号	试验 方法	击实 层数	每层 击数	夯击能量 $/(\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3})$	最大干密度 $/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	最佳含水率 /%
1	轻型	3	25	592.2	1.77	17.9
	重型	5	56	2 684.9	1.97	14.3

另外, 试验还对同样采用轻型击实, 但将锤击数由 25 击增加为 35 击做了对比试验, 结果见表 2。

表 3 含水率与温度和时间关系

Table 3 The relationship between the water content and the temperature or curing time

预估含水率 /%	室温 / $^{\circ}\text{C}$											
	30~33				27~29				25~27			
	加水量 / kg		含水率 / %		加水量 / kg		含水率 / %		加水量 / kg		含水率 / %	
	理论	实际	1 d 后	2 d 后	理论	实际	1 d 后	2 d 后	理论	实际	1 d 后	2 d 后
8	0.21	0.27	8.3	7.3	0.21	0.25	8.3	7.6	0.21	0.24	8.4	7.3
10	0.32	0.37	10.4	9.6	0.32	0.36	10.4	9.8	0.32	0.34	10.4	9.6
12	0.43	0.49	12.3	11.6	0.43	0.47	12.3	11.8	0.43	0.45	12.3	11.6
14	0.53	0.59	14.0	13.2	0.53	0.57	14.1	13.7	0.53	0.55	14.1	13.2
16	0.63	0.69	16.4	15.3	0.63	0.67	16.3	15.6	0.63	0.66	16.4	15.3

注: 该土样为取 5.4 kg 含水率为 4% 的风干土, 配成不同含水率击实测最大干密度和最佳含水率。

表 2 改变锤击数试验结果比较

Table 2 The result by different hitting times

土样 编号	试验 方法	击实 层数	每层 击数	最大干密度 $/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	最佳含水率 /%
1	轻型	3	25	1.77	17.9
	轻型	3	35	1.79	16.1
2	轻型	3	25	1.55	21.5
	轻型	3	35	1.57	20.2

以上试验结果表明, 随着夯击能量的增加, 同一种土最优含水率减少, 最大密度增加; 而在同样的夯击能量下改变锤击数, 最大干密度和最优含水率也在改变。另有资料显示, 改变击筒体积或击锤尺寸, 最大干密度、最优含水率也都会变化。由此可见, 选择合适的夯击能量参数对填土工程较为重要。因此, 对于填土工程, 应根据试验室提供的试验数据, 在现场做碾压试验, 这样才能确定最经济的碾压参数 (如碾压机具、铺土厚度、碾压遍数及行车速度), 同时又满足设计及施工要求。

1.3 含水率的控制

击实试验所用土样水分必须均匀, 因此, 需拌匀并装入塑料袋内或密封于盛土器内静置备用^[5]。上述试验中按理论加水量制样并不能达到理想结果, 水分损失是不可避免的。实际操作中未必有很好的密封装置, 尤其在室温较高的情况下, 更不容易满足试验精度要求。通过大量试验, 总结出下列经验:

室温为 $25\sim 27^{\circ}\text{C}$, 当实际加水量比理论加水量多 $0.6\%\sim 0.7\%$ 时, 闷料 1 d 后, 含水率与预估含水率较为接近, 第 2 天含水率降低 1% 左右; 室温为 $27\sim 29^{\circ}\text{C}$, 实际加水量比理论加水量多 $0.7\%\sim 0.9\%$ 时, 闷料 1 d 后, 含水率与预估含水率非常接近, 第 2 天含水率降低量在 1% 以内; 室温为 $30\sim 33^{\circ}\text{C}$, 实际加水量比理论加水量多 $0.9\%\sim 1.2\%$ 时, 闷料 1 d 后, 含水率与预估含水率亦非常接近, 第 2 天含水率降低量在 1% 以内, 见表 3。

由图 1、2 可见, 对于同样的土样, 含水率随着温

度和时间的增加而明显降低, 而制备好的土样最好放

置24 h,以便分子充分扩散,保证水分均匀。因此,加水量宜根据试验所得经验换算为实际加水量。

当然,土样不宜放置太久,一般不应该超过36 h,否则水分损失过多,土样也容易变质,从而影响试验结果。

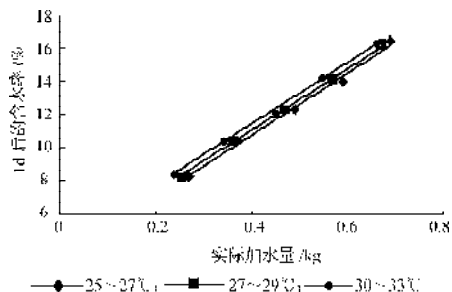


图1 不同室温下,加水量与土样含水率的变化曲线

Fig. 1 The curves between the real water content and the last water content under different temperature

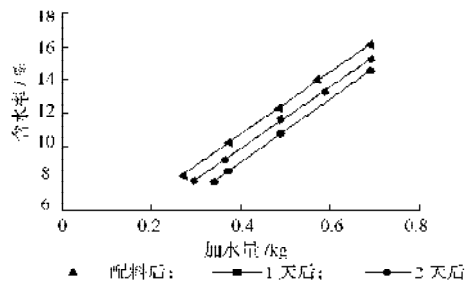


图2 不同网料时间,加水量与土样含水率的变化曲线

Fig. 2 The curves between the real water content and the last water content in different curing time

2 余土高度的控制

试样击实后,击实筒内的土与筒往往并不完全吻合,一般来说,总会有部分土超过或未达到筒顶高度,这部分土的高度称为余土高度。试验中,由于余土高度不一,使得击实曲线上各点就不是在等功下的干密度,从而增加了其离散性,影响了试验结果。因此,必须严格控制好余土高度。笔者对此作了大量试验,得出在同一含水率的情况下,余土高度与干密度的关系曲线如图3。

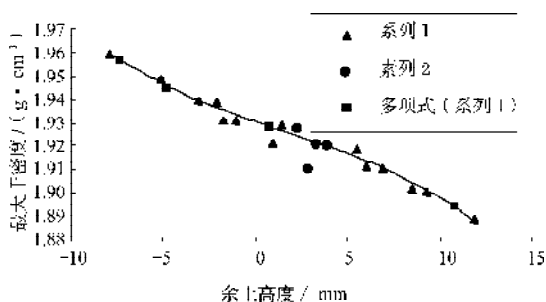


图3 余土高度与最大干密度的关系曲线

Fig. 3 The curve between the height of more soil and the biggest dry density

从图3可知:在相同含水率时,余土高度越大,干密度越小;且在相同含水率时,余土高度在0~4 mm之间,干密度离散且无明显规律。

理论上余土高度越高,单位体积功越大,干密度越大。实际上,击实过程并不能使筒表面土达到同样高度,有时多余土较多,而有时则需填土锤平,这就导致筒表面高度与密度皆不均匀,从而出现以上现象。

为使试验结果更准确,建议击实过程中最后一层土按余土高度为4 mm估算。为保证各层土具有相同的单位体积击实功,可按比例多击实数次,举例如下。

例 某土样已测 $\omega_{opt}=13.2\%$, $\rho_{dmax}=1.932 \text{ g/cm}^3$ 。采用重II型击实($V=2103.9 \text{ cm}^3$, $S=181.5 \text{ cm}^2$),即分5层,每层击实56次。^[4]

按照最佳含水率击实制样,为减少制样过程中余土高度不对试验结果的影响,可按照最后一层土按余土高度为4 mm计算每层击实所需的加土量:

$$m = \frac{\rho_{dmax} \times 0.01 \times \omega_{opt}}{5} \times 0.001 = 0.92 \text{ kg}, \quad h = \frac{116}{5} = 23, \\ m_s = \frac{m \times (23 + 4)}{23} = 1.08, \quad n = \frac{56 \times (23 + 4)}{23} = 66.$$

式中: m 为平均每层土的质量; ρ_{dmax} 为试样的最大干密度; ω_{opt} 为试样的含水率,即最佳含水率; V 为击实筒的体积; h 为每层土的高度; m_s 为所取最后一层土的质量; n 为最后一层换算的击实次数。

击实前,估算前4层土的质量,最后一层按原高度加余土高度来计算加土量,然后按照击实次数与土层高度成线性关系换算最后一层土的击实数。试验证明,这样既保证了筒表面土的均匀性,又保证了击实功的均匀性,操作可行。

3 结语

本文提出选择恰当的土样制备方法、不同的击实标准,准确控制含水率、严格控制余土高度的方法在室内试验的具体实践中简单可行,减少了试验中的诸多人为误差。

参考文献:

- [1] 叶国静. 路面永久变形的实验研究[J]. 岩土工程学报, 1987, 9(1): 113-116.
- [2] 卿启湘,王永和,李光耀,等. 软岩填筑高速铁路路堤的室内试验研究[J]. 岩土力学, 2006, 27(7): 1119-1128.
- [3] 何满潮,景海河,孙晓明. 软岩工程力学[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [4] 刘利,孙凤坤,魏艳玲. 击实试验探讨[J]. 黑龙江水利科技, 2001(3): 75-76.
- [5] SL237-1999, 土工试验规程[S].