

土工击实试验的要点及影响因素分析

刘菊兰*

(广东省水文地质大队,广东 广州 510510)

摘要:在填土工程中,通常需要进行土工击实试验。影响土工击实试验的因素有很多,以揭西县某个整治工程为例,通过对击实功、击实筒内余土高、每层的控土量、含水率、颗粒配级和击实锤的垂直情况等方面进行分析。简要分析了在实际的击实试验中应注意的问题,确保试验成果的准确性。目前,击实试验是研究土的击实性的常用方法。

关键词:土工击实;试验方法;土的种类;关键因素

中图分类号:TU41 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2024)10-0033-04

击实试验就是试样土体在力的驱使下,土颗粒重新排列达到最紧密的状态(最大干密度)来改善土的物理、力学性质。通过改变土中水的含量测定该试样的含水率与干密度。以干密度 ρ_d 为纵坐标,含水率 W 为横坐标绘制两者间的关系曲线图(即压实曲线图),根据曲线图,取两者的峰值点为相应击实试样的最优含水率 W_{opt} 和最大干密度 P_{amax} (图1),当关系曲线不能给出峰值时,应进行补点。以此来了解土的压实特征,为填土工程的压实度及质量评价提供重要的依据。

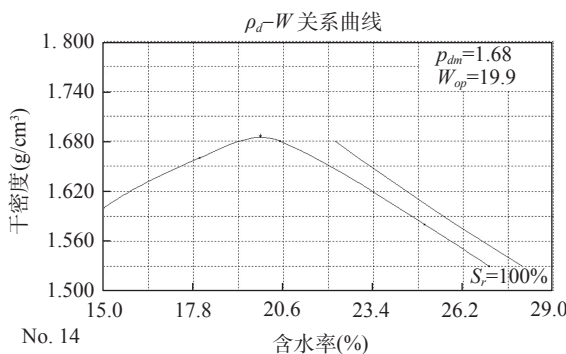


图1 最大干密度为1.68和最优含水率为19.9的关系曲线图

按照国家规范《土工试验方法标准(GB/T50123-2019)》的有关规定,目前击实试验主要分为:锤质量4.5kg重型击实试验和锤质量2.5kg轻型击实试验,轻重型并不是按土粒径大小来划分的,而是按现场的施工条件来划分的。土样的制备可分为干法制备与湿法制备两种。

1 试验的材料与方法

1.1 试验材料

用土取自于揭西县某个整治工程的不同种类的土,其物理性质、水理性质、最大干密度和最优含水率指标见表1。

1.2 试验的方法

击实试验操作方法依据《土工试验方法标准》(GB/T50123-2019)的轻型击实(干法制备,试样土不重复使用)并对影响试验成果不同因素进行研究。

土样制备:干法制备(风干法)。

(1)首先要用四点分法取一定量的代表性风干试样约20kg,可以放在木板上也可以放在碾压器上将其碾散(碾散时别压碎颗粒,因为这样会使其颗粒含量增多,干密度变大),碾散后过孔径为5mm的筛,将筛下土样拌匀,并测定其风干含水率。

(2)按试样的塑限估计最优含水率(塑限含水率是土的可塑状态的下限,也就是土的可塑状态与半固体状态的界限含水率)。制备以塑限含水率为中点的不少于5个不同含水率的一组试样,其中,2个大于和2个小于塑限含水率,相邻2个试样含水率的差值按2%递增(递减)。

(3)将所需的土样约为2.5kg平铺于不吸水的平板或胶垫上,把所需水量洒在试样上,边喷洒边搅拌,拌和均匀后放入有盖的容器里或装入塑料袋内浸润备用。浸润的时间分别为:高液限黏土不少于24h,低液限黏土不应少于12h,使水分均匀布于土中。将土样分

* 收稿日期:2023-03-29 修回日期:2024-04-19

作者简介:刘菊兰(1981-),女(汉族),广东阳春人,工程师,现从事地质实验测试工作。

表1 试样的物理性质和水理性质指标

土的分类 与定名	样品编号	湿密度(g/cm ³)	含水率(%)	液限(%)	塑限(%)	塑性指数	最大干密度(g/cm ³)	最优含水率(%)	差值(%)
粉土	1号	2.01	17.1	25.3	17.2	8.1	1.82	13.8	3.4
	2号	1.98	12.2	24.6	16.7	7.9	1.88	13.2	3.5
	3号	1.99	7.4	25.2	17.6	7.6	1.79	15.1	2.5
粉质黏土	4号	1.87	25	32.2	21.7	10.5	1.71	16.4	5.3
	5号	1.89	16.8	32.6	20.4	12.2	1.69	15.5	4.9
	6号	1.92	10.2	34.3	22.5	11.8	1.67	15.7	6.8
黏土	7号	1.89	20.4	46.1	28.8	17.3	1.66	19.2	9.6
	8号	1.95	18.8	54.5	33.3	21.2	1.64	19.8	13.5
	9号	2.00	22.9	66.8	41.4	25.4	1.63	24.4	17.0

层装入击实仪中,用完全相同的方法分层击实,最后一层击实完成时,超出击实筒的试样高度应小于6mm。

(4)表1试验结果显示,最优含水率:粉土<粉质黏土<黏土;最大干密度则相反:粉土>粉质黏土>黏土。因为土颗粒粒径越小,塑性指数越大,在相同体积内,随着颗粒粒径的减小,即颗粒愈细,孔隙水中阳离子的浓度和离子价愈低,结合水膜愈厚,在一定的击实功下,土体就越不易压实,干密度就愈小,最优含水率也就越大。

(5)根据表1的数据我们会发现,按照塑限预估最优含水率计算加水量制备试样,最后试验结果是;最优含水率比实际的塑限要小。在相同的击实功能下,黏性土塑性指数愈大,塑限与最优含水率差值就越大。

①这是因为试验所用土的粒径不同。在制备液限试样时粗颗粒被筛除,仅用其中的细粒部分测其稠度(土的液塑限试验过筛孔径为0.5mm,而击实试验过的是5mm的筛孔)。

②还有击实功与液塑限的搅拌做功不同。

2 影响试验结果的因素(试样不重复使用)

2.1 试样余土高对试验结果的影响(余土高度的掌握)

余土高度是指当击实试验完成时,击实筒内的土

与击实筒高度不相等,超出击实筒顶的试样的高度。击实功相同的等体积击实后土体体积不应高出击实筒顶面6mm。当出现零余土高度的时候,干密度与含水率的关系曲线称为标准击实曲线。由于试验人员在操作过程中的差异,因此总会出现有一部分的余土或未达到筒顶高度的情况,为了提高试验的成功率,必须严格控制好余土高度。制备不少于5个不同含水率的一组试样。同一个试样相同含水率的3组(表1的1号、5号、7号试样),以击实仪落距305mm,分三层装土,各击25下(需要注意的是:在操作中一定要严谨,要及时清理击实锤所附着的试样土,防止试验土黏性过大,击实锤被黏住无法下落,出现漏击的情况,这时一定要补足击数)。通过控制每层装土量来控制不同余土高度,分析余土高度对密度的影响。

由表2可见,在试验中,轻型击实试验所需总用土量少于2.5kg(仅适用于国标)。装样时每层装土质量一致,两层交接面的土面应用刀刨毛,随着筒内装土量的增加,余土的高度也增大,则试样的单位体积也相应增大,而试样所受的击实功则减少,所以当含水率相同时,随着余土高度的增大,最大干密度也随着越来越小。如果余土高未能达到筒顶高度,土体上的单位击

表2 同一个土不同装土量下余土高对试验结果的影响

分层		土样编号								
		1-1	1-2	1-3	5-1	5-2	5-3	7-1	7-2	7-3
分层质量(g)	第一层	700	730	760	700	730	760	700	730	760
	第二层	700	730	760	700	730	760	700	730	760
	第三层	700	730	760	700	730	760	700	730	760
要求配制的含水率(%)		17.2	17.2	17.2	20.4	20.4	20.4	28.8	28.8	28.8
筒内平均余土高(mm)		2.3	3.8	6.3	3.5	5.2	6.7	4.5	5.6	7.8
最大干密度(g/cm ³)		1.82	1.82	1.77	1.69	1.68	1.65	1.66	1.65	1.60
最优含水率(%)		13.8	13.8	13.8	15.5	15.5	15.5	19.2	19.2	19.2
土的分类与定名		粉土			粉质黏土			黏土		

实功就变大,此时,须将土补齐到筒顶并击实,这样得到的最大干密度就偏大,因此,余土超过筒顶(或未达到筒顶高度的)对土的干密度影响是极大的;所以,击实后余土超6mm(或未达到筒顶高度)时,需重做试验。

2.2 含水率对试验结果的影响

(1)击实试验所用的土样必须按要求进行浸润。把所需的水量均匀洒在试样上,拌匀并放入有盖的容器里或装入塑料袋内浸润备用。实践中,上述试验按所需的水量制样并达不到理想的结果,实际操作中避免不了水分的损失,特别在高温条件下,更难满足试验精度的要求,甚至试验结果没有出现峰值点,这时需要进行补点试验。通过大量的试验,得出实际加水量需比理论加水量多0.5%~3%之间(这得根据土的类别和试验环境来决定)。

(2)随着含水率的不同,土颗粒的排列也在变化。当含水率低时,土颗粒表面形成薄的结合水膜(基本上只有强结合水),土颗粒间的摩擦阻力大,不易压实从而达不到密实状态,试验测得的干密度就会较小。含水率太大,土中自由水增多,土颗粒表面形成厚的结合水膜,但自由水承担了一定的击实功,试样也不易压实。

当含水率为最优含水率时,试样的各条件在最适合的试验范围内,土中水起到了润滑作用,土颗粒移动容易,排列更加紧密。当土颗粒的排列达到密度最大时的相应干密度和含水率为击实试验所求的最大干密度和最优含水率指标。

2.3 击实功对试验结果的影响

在试验过程中,由于试验条件的限制,就决定了随着水的含量的不同,击实功对试样的影响也不同。最大干密度随着击数的增加而增大,最优含水率随着击数的增加而减小,但这增减速率是递减的,有一定限度的。含水率低时,击数对最大干密度和最优含水率的影响极大,含水率高时,最优含水率和最大干密度近饱和线,这时提高击实功是无效的。含水率的增减是有界限的,过了这个界限后,击实作用大部份被水分所承担,土颗粒上的有效应力就很小,这时,干密度随着含水率的增加而降低,所以,只有土在最优含水率时,击实效果才达到最好。因此对土的含水率的控制击实试验中极为关键。

2.4 颗粒配级对试验的影响

由表3可知:

表3 不同颗粒含量下最大干密度和最优含水率的统计表

土的分类 与定名	土样编号	碎石土(角砾) 20~2mm	砂土 2~0.075mm	粉粒 0.075~0.005mm	黏粒 <0.005mm	不均匀系数	曲率系数	最大 干密度(g/cm ³)	最优 含水率(%)
粉土	11号	14.1	43.1	28.1	7.5	125.444	0.991	1.85	11.8
	12号	20.7	24.6	44	19.9	24.75	1.336	1.9	13.4
	13号	4.4	33.2	46.7	15.7	0	0	1.79	14.1
粉质黏土	14号	14.8	48.4	15.5	20.9	0	0	1.69	16.6
	15号	32.2	38.3	17.7	9.8	254	1.837	1.78	15.2
	16号	21.6	34.5	23.1	11.7	204.75	0.418	1.67	12.9
黏土	17号	18.6	23.9	35.3	22.5	0	0	1.58	25.2
	18号	31.9	25.9	18.5	22.6	0	0	1.63	20.5
	19号	6.8	36.6	38.4	18.2	0	0	1.53	24.0

(1)在相同的击实功下,土的级配对压实性有极大的影响。土都是由大小不同的土粒组成的,就算是同一类土,因其颗粒形状、级配、排列形式等情况的不同也难具有相同的密实度。随着颗粒大小及粒径级配的不同,土的性质也发生改变,从而影响试验的结果。颗粒级配良好的土样,小的颗粒很容易填充到大的颗粒中去,能有更好的压实性,能达到更大的干密度,所得的颗粒曲线图比较陡。级配不好的土在同样的压实条件下,压实性能往往较差,试验通常会达不到理想的效果,颗粒曲线图较平缓。

(2)当试样中粒径大于5mm的土质量小于或等于试样总质量的30%时,应对最大干密度和最优含水率进行校正。

2.5 击实锤的垂直情况对结果的影响

击实锤要垂直于水平面,让其呈自由落体的状态,如不垂直于水平面,则击实锤会与护杆接触产生摩擦使其加速度减慢,击实功也随之减小,影响击实试验的结果。

3 结论

室内土工击实试验结果的影响有着很多的因素;

有土样本本身的性质问题,如土的均匀性等;也有人为操作的问题,如余土高的控制、含水率的控制、样品的室内保存环境、击实锤的垂直情况等等。在实际的工作过程中,技术人员把控好试验环境及条件,严格按照规范的要求进行操作,降低人为因素的影响,保持谨慎的态度,明确试验的目的、内容与要求,做好原始记录的工作,保证试验结果的完整性、真实性、准确性、科学性,为工程现场施工质量提供良好的保障。

参考文献:

- [1] GB/T 50123-2019 土工试验方法标准(附条文说明)[S].2019.
- [2] 工龙,工健.击实试验中最大干密度和最优含水率影响因素分析[J].山西建筑,2013,39(7):61-62.
- [3] 曾凡稳.土的室内击实试验结果影响因素及分析[J].中外公路,2009,29(6):25-28.
- [4] 林向宇.影响土击实试验的几个关键因素探讨[J].中国建

筑金属结构,2022(1).

- [5] 罗小芳.浅析影响击实试验准确性的主要因素[J].土工基础,2009,23(1):72-74.
- [6] 董秀茹.土的室内击实试验部分影响因素及分析[J].交通世界(建养·机械),2011(6).
- [7] 王永和,胡萍,卿启湘.影响土样击实试验结果的试验分析[J].铁道科学与工程,2006,3(6):31-34.
- [8] 黄哲.击实试验过程中最大干密度和最优含水率影响因素分析[J].河南水利与南水北调,2009(9):103-104.
- [9] 范秀丽.土的击实试验研究与应用[J].山西水利,2016(7):35-36.
- [10] 徐涛.影响土的击实试验的因素分析[J].四川建材,2020,46(4):66-68.
- [11] 陈丽华,陈文涛.轻型击实试验中土的塑限与含水率关系的探讨[J].技术与市场,2011,18(4):3-5.
- [12] 陶文平.南方红粘土公路路基设计与修筑技术研究[D].长沙理工大学硕士论文,2010.

(上接第28页)

象和不均匀沉降,可以通过截排水等水土保持工程措施^[6],来控制地下水作用,因此对各段边坡必须进行永久性支护。

参考文献:

- [1] 李晓燕.风机叶片制造工厂建设项目边坡稳定性分析评价[J].云南冶金,2023,52(6):22-27.
- [2] 贵州省黔美基础工程公司.平塘县新型建材产业园建设项目场平工程边坡岩土工程勘察报告[R].2022.

- [3] 贵州省地质调查院.中国区域地质志——贵州志[M].北京:地质出版社,2017:941-949.
- [4] 中国国家标准化管理委员会,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.中国地震动参数区划图:GB18306-2015[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.建筑抗震设计规范:GB50011-2010(2016年版)[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [6] 李叶鑫.生产建设项目工程堆积体边坡稳定性分析[D].西南大学,2015.

(上接第32页)

建筑不断涌现的当下,工程勘察中原位测试试验是格外的重要,工程勘察中原位测试技术的使用也越来越成熟和广阔,广泛应用于地基和桩基检测等领域,如果把现场原位测试试验数据与室内试验数据相结合,将为后期设计和施工的顺利进行奠定了坚实的基础。基础是现代建筑的根基,每一个工程人都应重视工程勘察,更应重视工程勘察数据的完整性和准确性。随着科学技术的不断进步,仪器也在不断改进,现场专业技术人员的水平也在不断提高,原位测试试验的作用也就更加突出。

参考文献:

- [1] GB50021-2001 岩土工程勘察规范(2009版)[S].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [2] 工程地质手册[M].5版.北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [3] 赵昭熔,曹化平.动力触探试验技术的研究与应用[J].铁道工程学报,2005(12).
- [4] GB50011-2010 建筑抗震设计规范(2016年版)[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [5] GB50487-2008 水利水电工程地质勘察规范[S].北京:中国计划出版社,2009.
- [6] JTG B02-2013 公路工程抗震规范[S].北京:人民交通出版社,2013.