

项目五 路基路面现场试验检测

任务一 标准击实试验检测

任务导入

某新建公路路基施工中,对土方回填时需进行击实试验:测定土的干密度与含水率关系,以获得路基土压实的最大干密度和相应最佳含水率,控制路基压实质量,利用现有设备对其进行检测。

任务目标

1. 掌握击实试验检测方法;
2. 了解工程对击实试验的要求;
3. 熟悉击实试验检测操作过程。

相关知识

1. 标准。

JTG E40—2007《路面土工试验规程》T 0131—2007 土的击实试验方法。

2. 概述。

在工程施工过程中通常用土作为填筑材料,如修筑道路、堤坝、机场跑道、运动场、建

筑物地基及基础回填等，经常遇到填土压实的问题。经过搬运未经压实的填土，原状结构已被破坏，孔隙、空洞较多，土质不均匀，压缩量大，强度低，抗水性能差。为改善填土的工程性质，提高土的强度，降低土的压缩性和渗透性，必须按一定的标准，采用重锤夯实、机械碾压或振动等方法将土压实到一定标准，使土的压缩效果最好，在试验中必须要找出在一定的压实能量下使土最容易压实，并能达到最大密度时的含水率和相应的干密度。它的任务是为施工控制填土密度提供设计依据，以满足工程的质量标准。

3. 基本原理。

对过湿的土进行夯实或碾压时就会出现软弹现象，此时的土的密实度是不会增大的，对很干的土进行夯实或碾压时，显然也不能把土充分压实。所以要使土的压实效果最好，其含水率一定要适当。击实试验是在室内利用标准化的击实仪，用锤击在一定的压实能量下对数个试样进行击实，使土密度增大，测定土样在一定击实功能作用下达到最大密度时的含水率（最优含水率）和此时的干密度（最大干密度），借以了解土的压实特性，进而得到击实曲线。

4. 试验目的和适用范围。

(1) 本试验方法适用于细粒土。

(2) 本试验分轻型击实和重型击实。内径 100 mm 试筒适用于粒径不大于 20 mm 的土。内径 152 mm 试筒适用于粒径不大于 40 mm 的土。

(3) 当土中最大颗粒粒径大于或等于 40 mm，并且大于或等于 40 mm 颗粒粒径的质量含量大于 5% 时，则应使用大尺寸试筒进行击实试验，或按公式 (5-6) (结果整理第 4 条) 进

行最大干密度校正。大尺寸试筒要求其最小尺寸大于土样中最大颗粒粒径的 5 倍以上，并且击实试验的分层厚度应大于土样中最大颗粒粒径的 3 倍以上。单位体积击实功能控制在 $2\ 677.2 \sim 2\ 587.0\ \text{kJ/m}^3$ 。

(4) 当细粒土中的粗粒土总含量大于 40% 或粒径大于 0.005 mm 颗粒的含量大于土总重量的 70% (即 $d_{30} \leq 0.005\ \text{mm}$) 时，还应做粗粒土最大干密度试验，其结果与重型击实试验结果比较，最大干密度取两种试验结果的最大值。

5. 仪器设备。

(1) 击实仪 (见图 5.1)：主要由击实筒和击锤组成。击实试验方法和相应设备的主要参数应符合表 5.1。

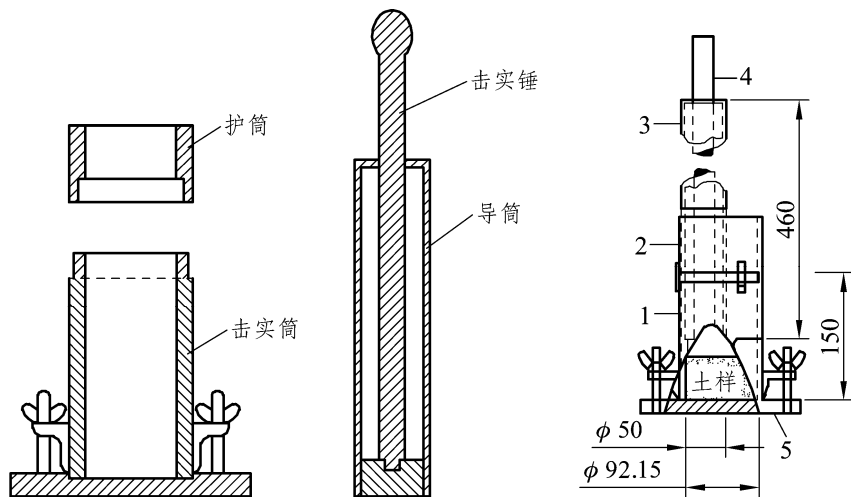


图 5.1 击实仪

1—击实筒；2—护筒；3—导筒；4—击锤；5—底板

(2) 烘箱及干燥器。

(3) 天平：称量为 200 g，感量为 0.01 g；称量为 2 kg，感量为 1 g。

(4) 台秤：称量为 10 kg，感量为 5 g。

(5) 圆孔筛：孔径为 40 mm、20 mm 和 5 mm。

(6) 拌和工具：400 mm×600 mm、深 70 mm 的金属盘及土铲。

(7) 其他：喷水设备、碾土设备、盛土器、量筒、推土器、铝盒、修土刀、平直尺等。

表 5.1 击实试验方法种类

试验方法	类别	锤底直径/cm	锤质量/kg	落高/cm	试验尺寸		试验尺寸		层数	每层击数	击实功/(kJ/m ³)	最大粒径/mm
					内径/cm	高度/cm	高度/cm	体积/cm ³				
轻型	I-1	5	2.5	30	10	12.7	12.7	997	3	27	598.2	20
	I-2	5	2.6	30	15.2	17	12	2177	3	59	598.2	40
重型	II-1	5	4.5	45	10	12.7	12.7	997	5	27	2687.0	20
	II-2	5	4.5	45	15.2	17	12	2177	3	98	2677.2	40

操作活动

一、试验操作过程

1. 根据工程要求，按表 5.1 规定选择轻型或重型试验方法，根据土的性质（含易击碎风化石数量多少，含水率高低），按表 5.2 规定选用干土法（土重复或不重复使用）或湿土法。

2. 试样处理。

本试验可分别采用不同的方法准备试样，各方法可按表 5.2 准备试料。

表 5.2 试料用量

使用方法	类别	试筒内径/mm	最大粒径/mm	试料用量/kg
干土法，试样不重复使用	b	10	20	至少 5 个试样，每个 3
		15.2	40	至少 5 个试样，每个 6
湿土法，试样不重复使用	c	10	20	至少 5 个试样，每个 3
		15.2	40	至少 5 个试样，每个 6

(1) 干土法(土不重复使用):按四分法至少准备 5 个试样,分别加入不同水分(按 2%~3% 含水率递增),拌匀后焖料一夜备用。

(2) 湿土法(土不重复使用):对于高含水率土,可省略过筛步骤,用手拣除大于 40 mm 的粗石子即可,保持天然含水率的第一个土样,可立即用于击实试验,其余几个试样,将土分成小土块,分别风干,使含水率按 2%~3% 递减。

二、注意事项

1. 试验用土。

一般采用风干土做试验,取一定量的代表性风干土样,按表 5.2 试料用量执行,将风干土样碾碎后过不同孔径的筛(视粒径大小而定,例:轻型击实试验过 5 mm 的筛,重型击实试验过 20 mm 的筛),将筛下的土样搅匀,并测定土样的风干含水率,也有采用烘干土做试验的。

2. 加水及湿润。

加水方法有两种,即体积控制法和称重控制法,其中以称重法效果为好。洒水时应均匀,浸润时间应符合有关规定(见图 5.2)。



图 5.2

3. 试样加水量计算。

对于干土法 (土不重复使用) 和湿土法 (土不重复使用) , 将试样搓散 , 然后按操作第 2 条 (试样处理) 方法进行洒水、拌和 , 每次增加 2%~3% 的含水率 , 其中有两个大于和两个小于最佳含水率 , 所需加水量按式 (5-1) 计算 :

$$m_w = \frac{m_i}{1+0.01w_i} \times 0.01(w-w_i) \quad (5-1)$$

式中 m_w ——所需的加水量 (g);

m_i ——含水率 w_i 时土样的质量 (g);

w_i ——土样原有含水率 (%);

w ——要求达到的含水率 (%)。

注意 : 就是根据土的含水状态预估最佳含水率 , 加水湿润制备不少于 5 个含水率的试样 , 且其中有两个含水率大于预估最佳含水率 , 两个含水率小于预估最佳含水率 , 一个含水率接近预估最佳含水率。含水率依次相差为 2%~3% , 将试样平铺于不吸水的平板上 , 按预定含水率用喷雾器喷洒所需的加水量 , 充分搅和并分别装入塑料袋中静置 24 h。

4. 将击实筒放在坚硬的地面上 , 在筒壁上抹一薄层凡士林 , 并在筒底 (小试筒) 或垫块 (大试筒) 上放置蜡纸或塑料薄膜。取制备好的土样分 3~5 次倒入筒内。小筒按三层法时 , 每次 800~900 g (其量应使击实后的试样等于或略高于筒高的 1/3); 按五层法时 , 每次 400~500 g (其量应使击实后的土样等于或略高于筒高的 1/5)。对于大试筒 , 先将垫块放入筒内底板上 , 按五层法时 , 每层需试样 900 (细粒土)~1 100 g (粗粒土); 按三层法时 , 每层需试

样 1 700 g 左右。整平表面，并稍加压紧，然后按规定的击数进行第一层土的击实，击实时击锤应自由垂直落下，锤迹必须均匀分布于土样面，第一层击实完后，将试样层面“拉毛”，然后再装入套筒，重复上述方法进行其余各层土的击实。小试筒击实后，试样不应高出筒顶面 5 mm，大试筒击实后，试样不应高出筒顶面 6 mm。

5. 用修土刀沿套筒内壁削刮，使试样与套筒脱离后，扭动并取下套筒，齐筒顶细心削平试样，拆除底板，擦净筒外壁，称击实筒与试样的总质量，准确至 1g，并计算试样的湿密度。

$$\rho = \frac{m_{\pm}}{V} \quad (5-2)$$

式中 ρ ——土的湿密度 (g/cm³);

m_{\pm} ——土的质量 (g);

V ——击实筒的体积 (cm³)。

6. 用推土器推出筒内试样，从试样中心处取样测其含水率，计算至 0.1%。测定含水率用试样的数量按表 5.3 (测定含水率用试样的数量) 规定取样 (取出有代表性的土样)。两个试样含水率的精度应符合第 8 条 (精密度和允许差) 的规定。

表 5.3 测定含水率用试样的数量

最大粒径/mm	试样重量/g	个数
< 5	15 ~ 20	2
约 5	约 50	1
约 20	约 250	1
约 40	约 500	1

7. 结果整理。

(1) 按式 (5-3) 计算击实后各点的干密度 :

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0.01w} \quad (5-3)$$

式中 ρ_d ——干密度 (g/cm^3), 计算至 0.01;

ρ ——湿密度 (g/cm^3);

w ——含水率 (%)。

(2) 以干密度为纵坐标, 含水率为横坐标, 绘制干密度与含水率的关系曲线, 如图 5.3 所示。干密度与含水率的关系曲线上的峰值点的纵、横坐标分别为土的最大干密度 $\rho_{d\max}$ 与最佳含水率 w_{op} , 如曲线不能绘出明显点峰值点, 应进行补点或重做。

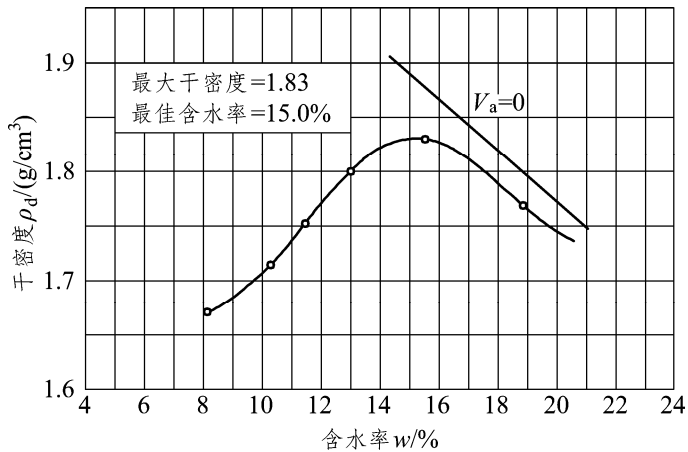


图 5.3 含水率与干密度的关系曲线

(3) 按式 (5-4)、(5-5) 计算饱和曲线的饱和含水率 w_{\max} , 并绘制饱和含水率与干密度的关系曲线图。

$$w_{\max} = \left[\frac{G_s \rho_w (1+w) - \rho}{G_s \rho} \right] \times 100 \quad (5-4)$$

或

$$w_{\max} = \left[\frac{\rho_w}{\rho_d} - \frac{1}{G_s} \right] \times 100 \quad (5-5)$$

式中 w_{\max} ——饱和含水率干密度 (%), 计算至 0.01;

ρ ——试样的湿密度 (g/cm^3);

ρ_w ——水在 4°C 时的密度 (g/cm^3);

ρ_d ——试样的干密度 (g/cm^3);

G_s ——试样土粒比重, 对于粗粒土, 则为土中粗细的混合比重;

w ——试样的含水率 (%)。

(4) 当试样中有大于 40 mm 颗粒时, 应先取出大于 40 mm 颗粒, 并求得其百分率 P , 对小于 40 mm 的部分作击实试验, 分别按式 (5-6)、(5-7) 对试验所得的最大干密度和最佳含水率进行校正 (适用于大于 40 mm 颗粒的含量小于 30% 时)。

最大干密度按式 (5-6) 校正 :

$$\rho'_{dm} = \frac{1}{\frac{1-0.01P}{\rho_{dm}} + \frac{0.01P}{\rho_w G_s}} \quad (5-6)$$

式中 ρ'_{dm} ——校正后的最大干密度 (g/cm^3), 计算至 0.01 ;

ρ_{dm} ——用粒径小于 40 mm 的土样试验所得的最大干密度 (g/cm^3);

P ——试料中粒径大于 40 mm 颗粒的百分数 (%);

G'_s ——粒径大于 40 mm 颗粒的毛体积比重, 计算至 0.01 ;

最佳含水率按式 (5-7) 校正 :

$$w'_0 = w_0(1-0.01P) + 0.01Pw_2 \quad (5-7)$$

式中 w'_0 ——校正后的最佳含水率 (%), 计算至 0.01 ;

w_0 ——用粒径小于 40 mm 的土样试验所得的最佳含水率 (%);

P ——试料中粒径大于 40 mm 颗粒的百分数 (%);

w_2 ——粒径大于 40 mm 颗粒的吸水量 (%)。

8. 精密度和允许差。

本试验含水率须进行两次平行测定，取其算术平均值，允许平行差值应符合表 5.4 中的规定。

表 5.4 含水率测定的允许平行差值

含水率	允许平行差值 /%	含水率	允许平行差值 /%	含水率	允许平行差值 /%
5 以下	0.3	40 以下	≤1	40 以上	≤2

9. 本试验记录格式如表 5.5 所示。

表 5.5 击实试验记录表

校核者 _____ 计算者 _____ 试验者 _____

土样编号		筒号		落距	45 cm						
土样质量		筒容积	997 cm ³	每层击数	27						
试验日期		击锤质量	4.5 kg		大于 5 mm 颗粒含量						
干密度	试验次数	1	2	3	4	5					
	筒+土质量/g	2981.8	3057.1	3130.9	3215.8	3191.1					
	筒质量/g	1.103	1.103	1.103	1.103	1.103					
	湿土质量/g	1878.8	1954.1	2027.9	2112.8	2088.1					
	湿密度 / (g/cm ³)	1.88	1.96	2.03	2.12	2.09					
	干密度 / (g/cm ³)	1.71	1.75	1.80	1.83	1.76					
含水率	盒号										
	盒+湿土质量/g	35.60	35.44	33.93	33.69	32.88	33.16	33.13	34.09	36.96	38.31
	盒+干土质量/g	34.16	34.02	32.45	32.26	31.40	31.64	31.36	32.15	24.28	35.36
	盒质量/g	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	水质量/g	1.44	1.42	1.48	1.43	1.52	1.52	1.77	1.94	2.68	2.95
	干土质量/g	14.16	14.02	12.45	12.26	11.64	11.64	11.36	12.15	14.28	15.36
	含水率/%	10.3	10.1	11.9	11.7	13.0	13.0	15.6	16.0	18.8	19.2
	平均含水率/%	10.2		11.8		13.0		15.8		19.0	
最佳含水率=15.0%				最大干密度=1.83 g/cm ³							

10. 报告。

(1) 土的鉴别分类和代号。

(2) 土的最佳含水率 w_0 (%)。

(3) 土的最大干密度 ρ_{dm} (g/cm^3)。

成绩评定

任 务 评 价							
序号	检测项目	检测内容及要求	配分	学员自评	学员互评	教师评分	得分
1	职业修养	安全、纪律	10				
2		文明、礼仪、行为习惯	5				
3		工作态度	5				
4	专业能力	确定轻型或重型击实	5				
5		测定土样的风干含水率	20				
6		配置 5 个土的试样 (2%递增)	25				
7		土的击实	10				
8		修土刀套筒削刮	5				
9		试验记录、计算	15				
综合评价							