

估算法在室内击实试验中的实践应用

徐梦佳¹ 沈嘉琪² 路厚松³

1 浙江省水利水电勘测设计院有限责任公司, 浙江 杭州 310002

2 浙江省钱塘江建设开发总公司, 浙江 杭州 310000

3 浙江培元检测科技有限公司, 浙江 杭州 310002

[摘要]土的压实特性一般通过室内击实试验获取, 为工程设计提供初步填筑标准。本篇文章着重介绍估算法在黏性土击实试验中的实践应用, 分析土的最优含水率与塑限的相关性, 以期为水利工程的选取填筑的土料、结构稳定计算等提供更为可靠的数据依据。

[关键词]击实试验; 估算法; 水利工程

DOI: 10.33142/ect.v1i3.8964

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Practical Application of Estimation Method in Indoor Compaction Test

XU Mengjia¹, SHEN Jiaqi², LU Housong³

1 Zhejiang Design Institute of Water Conservancy and Hydro-electric Power Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310002, China

2 Zhejiang Qiantang River Construction and Development Corporation, Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

3 Zhejiang Peiyuan Testing Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310002, China

Abstract: The compaction characteristics of soil are generally obtained through indoor compaction tests, providing preliminary filling standards for engineering design. This article focuses on the practical application of estimation method in cohesive soil compaction tests, analyzing the correlation between the optimal moisture content of soil and plastic limit, in order to provide more reliable data basis for the selection of filling materials and structural stability calculations in hydraulic engineering.

Keywords: compaction test; estimation method; water conservancy project

引言

水利工程的渠道、堤防、土石坝等工程都大量使用土石方填筑, 土的人工压实可以提高土的抗剪强度, 降低其压缩性与透水性, 从而大大改善其工程性质, 击实试验是土石方回填或填筑工程进行质量控制的重要手段。^[1]在试验室内进行土的压实性研究, 一般是通过击实试验进行的, 在一定的击实功能作用下, 能使填筑土达到最大密度所需的含水率称为最优含水率 w_{op} , 与其相应的干密度称为最大干密度 ρ_{dmax} 。^[2]

根据各项土的物理力学性质指标的实际应用来看, 室内击实试验主要针对黏性土进行压实研究, 可根据土粒大小采用轻型击实仪或重型击实仪进行试验。轻型击实适用于粒径不大于 5mm 的黏性土, 重型击实法适用于粒径不大于 20mm 的土。水库、堤防填土等水利工程常用轻型击实法。

1 估算法在室内击实试验中的应用

1.1 基本原理

室内击实试验是模拟现场施工的一种半经验的方法^[1], 故在进行室内击实试验时可采用估算法。所谓估算法, 是利用物理概念、规律、物理常数和常识对物理量的数量级进行快速计算和取值范围合理估算的方法。^[3]它不追求数

据的精确度而强调方法科学“有理”。

因土的液限指标是指土由可塑状态过渡到流动状态的界限含水率, 而土的塑限指标是指土由可塑状态过渡到半固体状态的界限含水率。当土被击实时, 土孔隙内的空气被驱走, 土将呈现半固体状态, 故可采用估算法从土的塑限这一因素预估最优含水率。结合《土工试验方法标准》GB/T 50123-2019^[4]中给出的击实试验操作流程中所涉及原土样的风干、过筛、预估、制样、击实、制图分析等步骤, 估算法在击实试验中的应用流程如图 1 所示。

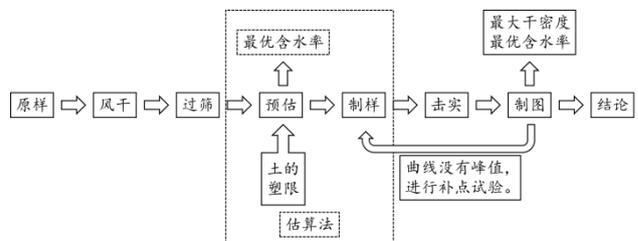


图 1 估算法在击实试验中的应用流程

1.2 试验步骤

(1) 试样制备

试样制备可分为干法制备和湿法制备两种方法。在试样制备过程中, 我们均从土的塑限这一物理因素出发, 预

估最优含水率制备试样，具体操作如下。

(a) 干法制备

用四分法取代表性土样 20kg，风干碾碎，过 5mm 筛，将筛下土样拌匀，并测定土的风干含水率。根据土样的塑限预估最优含水率，并按扰动土样制备的步骤制备一组数个（5 个为宜）不同含水率的试样，根据相邻两个含水率的差值宜为 2%。其中两个含水率应大于塑限，两个小于塑限，一个接近塑限。

应加水量可按公式计算：

$$m_w = \frac{2000 \times 0.01 \times (w_p - w_0)}{1 + 0.01 \times w_0} \quad (1)$$

式中： m_w —计算应加水量 (g)；
 w_0 —风干含水率 (%)；
 w_p —塑限 (%)。

(b) 湿法制备

取天然含水率的代表性试样 20kg 碾碎，过 5mm 筛，将筛下土样拌匀，并测定土样的天然含水率。根据土的塑限预估最优含水率，并按扰动土样制备的步骤制备一组数个（5 个为宜）不同含水率的试样。分别将天然含水率的土样风干或加水进行制备，以使制备好的土样水分均匀分布。

(2) 试样击实

将击实仪平稳置于刚性基础上，击实筒与底座连接好，安装好护筒，在击实筒内壁均匀涂一薄层润滑油，称取一定量试样，倒入击实筒内，分层击实。推出试样，从中部取两个代表性试样测定含水率。5 个不同含水率的试样依次进行击实。

(3) 计算制图

击实后各试样的含水率按公式进行计算：

$$w = \left(\frac{m_o}{m_d} - 1 \right) \times 100$$

击实后各试样的干密度按公式进行计算至 0.01g/cm^3 ：

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0.01w}$$

计算试样的干密度，将相应各点的含水率与干密度绘于直角坐标上，得到击实曲线，其峰值点即为土的最大干密度 ρ_{dmax} ，与其相应的含水率即为最优含水率 w_{op} 。

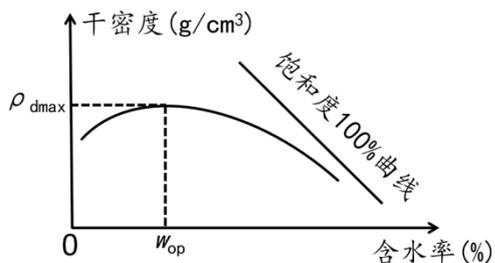


图2 含水率与相应干密度的关系曲线
由两者的关系曲线（图2所示）可知，当含水率较低

时，击实后的土干密度随含水率的增加而增大；当干密度达到最大值后，土的含水率继续增加反而使干密度减小。

1.3 应用案例

工程中以含砂粉质黏土、粉质黏土、含砂黏土等为常见填土。现以本实验室中涉及这三类土的击实试验相关数据进行分析，如表2所示。表2中的土粒名称均按照《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009年版）^[5]进行定名。

表2 试验成果汇总表

土样编号	最优含水率	最大干密度	土粒比重	液限	塑限	塑性指数	土粒组成			土粒组成分类的名称
							> 0.075	0.075-0.005	< 0.005	
							mm	mm	mm	
	w	ρ_d	-	W_L	W_P	I_p	-	-	-	-
	%	g/cm	-	%	%	-	%	%	%	-
1	15.2	1.85	2.71	26.8	17.3	9.5	45.5	30.7	23.8	含砂粉质黏土
2	16.6	1.82	2.72	30.2	18.7	11.5	20.4	47.4	32.2	粉质黏土
3	21.3	1.67	2.73	38.8	22.1	16.7	30.3	29.7	40.0	含砂黏土

当黏粒含量小于 0.005mm 的大于 40% 时为黏土，当黏粒含量小于 0.005mm 的小于 40% 大于 15% 时为粉质黏土。

塑性指数大于 10 的为黏性土，黏性土又分为粉质黏土、黏土。塑性指数大于 10 小于 17 的为粉质黏土，塑性指数大于 17 的为黏土。

(1) 试样 1 中粗粒土质量为总质量的 25%-50%，故使试样 1 的塑性指数为 9.5 也属正常情况，即试样 1 为含砂粉质黏土。(2) 试样 2 中粗粒土质量小于总质量的 25%，且试样 2 的塑性指数为 11.5，故试样 2 为粉质黏土。(3) 试样 3 中粗粒土质量大于总质量的 25%，故使试样 3 的塑性指数为 16.7 也属正常情况，即试样 3 为含砂黏土。

将三份试样按 2.1 试样制备方法制样后在“击实筒质量为 2442g，击实筒体积为 944cm³”的轻型击实仪中击实，所得含水率与相应干密度的关系曲线如图 3、4、5 所示。

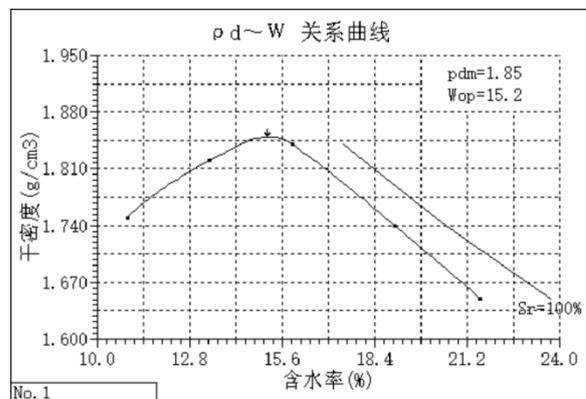


图3 试样1“含砂粉质黏土”的含水率与相关干密度关系曲线

(试样 1 的塑限为 17.3%，最优含水率为 15.2%，最大干密度为 1.85g/cm³)

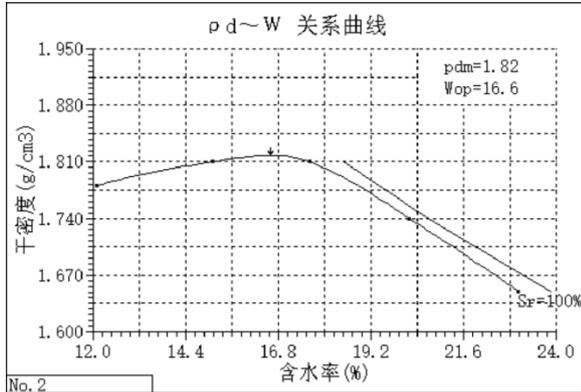


图 4 试样 2 “粉质粘土”的含水率与相关干密度关系曲线

(试样 2 的塑限为 18.7%，最优含水率为 16.6%，最大干密度为 1.82g/cm³)

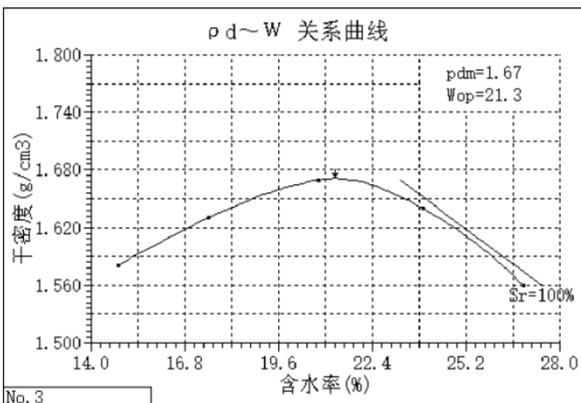


图 5 试样 3 “含砂粘土”的含水率与相关干密度关系曲线

(试验 3 的塑限为 22.1%，最优含水率为 20.3%，最大干密度为 1.67g/cm³)

三份试样击实后所测得的最优含水率与其所对应的塑限值误差在 2%左右，即采用估算法预估试样的最优含水率来制备试样进行试验是一种可行的试验方法，试验准确率较高。

2 结语

采用塑限估算最优含水率在室内击实试验应用，可以节约时间成本的同时也能大大提升数据的准确率。在实际试验过程中也发现，不同类型的土塑限和最优含水率误差不尽相同，有待于进一步总结研究，以进一步提高实验效率，确保试验成果的准确性。

[参考文献]

- [1] 王保田, 张福海主编. 土力学与地基处理 [M]. 南京: 河海大学出版社, 2005.
 - [2] 《工程地质手册》编委会. 工程地质手册 [M]. 5 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
 - [3] 李健. 估算法在物理学中的应用 [J]. 考试周刊, 2015(74): 151-152.
 - [4] 中华人民共和国水利部. 土工试验方法标准 [M]. 北京: 中国计划出版社, 2019.
 - [5] 建设综合勘察研究设计院. 岩土工程勘察规范 (2009 年版) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- 作者简介: 徐梦佳, 女, 浙江慈溪人, 本科, 助理工程师, 主要从事水利工程检测研究。