

# 豫西地区压实填土击实试验结果的初步研究

李玄娥

(机械工业部第四设计研究院勘察分院, 洛阳 471039)

**【摘要】** 对三门峡市、洛阳市、新安县三个地区工程建设的压实填土击实试验结果进行了分析, 并对试验结果的应用提出建议。

**【关键词】** 击实; 试验结果分析; 工程应用建议

**【中图分类号】** TU411

## Reserch and Application of Fill and Ramming Compaction Test in West Area of Henan Province

**【Abstract】** Analyzing the fill and ramming compaction test results of the three different construction sites in Sanmexia, Luoyang and Xinan in west area of Henan province, and giving some suggestions about the application of these results.

**【Key words】** compaction test; analysis of test result; suggestion for engineering application

### 0 引言

压实填土地基在工程建设中有着广泛的应用, 在一定击实功能作用下, 使各类土料达到密实状态, 这对减少地基的沉降、提高地基强度、降低渗透性均能起到很好的效果。几年来, 对三门峡市、洛阳市、新安县现场采取 380 组扰动土样进行了击实试验, 试验结果研究为室内击实试验解决压实填土中工程处理和利用问题提供了科学依据。

### 1 试验土样来源及基本性质

试验土样主要来源于豫西的三门峡、洛阳及新安县等三个场地。三门峡场地位于黄河二

级阶地, 试验土样为 Q<sub>4</sub> 黄土状粉土, 结构比较松散, 湿, 稍密, 具湿陷性; 洛阳场地位于涧河二级阶地, 试验土样为黄土状粉质粘土, 大孔隙较发育, 含小姜石, 中等压缩; 新安县场地位于涧河二级阶地, 试验土样为 Q<sub>4</sub> 黄土状粉质粘土, 浅黄褐色、湿、可塑、含钙质结核小颗粒、钙丝、锰质褐色土块, 针状孔隙发育, 中等压缩。

为探讨 3 种土样与不同比例的石灰、粉煤灰相配合的击实土性质, 把 3 个地区土样及它们与不同配合比的灰土、二灰土、双灰自然养护 10 d 的土样选代表性试样进行了常规土工试验<sup>[1]</sup>, 土的物理力学性质指标见表 1。

表 1 土的物理力学性质指标表

土料类别	配合比			含水量 $w/\%$	塑限 $w_p/\%$	塑性指数 $I_p$	天然重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	压缩系数 $a/\text{MPa}^{-1}$
	$m(\text{石灰})$	$m(\text{粉煤灰})$	$m(\text{土})$					
三门峡黄土状粉土				12.2	19.3	8.3	14.7	0.165
洛阳市黄土状粉质粘土				18.6	20.1	10.5	17.6	0.168
新安县黄土状粉质粘土				23.6	20.3	11.3	18.7	0.094

**作者简介:** 李玄娥, 女, 汉族, 1950 年生, 河南登封人, 1976 年毕业于长春地质学院, 高级工程师, 现主要从事岩土工程勘察土工试验方面工作。

续表

土料类别	配合比			含水量 $w/\%$	塑限 $w_p/\%$	塑性指数 $I_p$	天然重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	压缩系数 $a/\text{MPa}^{-1}$
	$m(\text{石灰}):m(\text{粉煤灰}):m(\text{土})$							
洛阳机场灰土(石灰+土)	1:9			19.5			19.8	0.050
	2:8			17.8			18.7	0.043
三门峡灰土(石灰+土)	3:7			21.6			16.9	0.039
新安县二灰土	1:3:6			20.4			15.8	0.054
(石灰+粉煤+土)	12:36:52			21.8			15.5	0.061
新安电厂二灰(石灰+粉煤)	2:8			25.3			14.2	0.071

## 2 击实试验及成果分析

### 2.1 试验设备

试验设备采用 DJS-4 电动标准轻型和重型

击实仪。标准击实试验的单位体积击实功为  $592.2 \text{ kJ/m}^3$ ，重型击实试验的单位体积击实功约  $2\ 684.9 \text{ kJ/m}^3$ ，击实仪主要部件规格见表 2。

表 2 击实仪主要部件规格

试验方法	锤底直径 /mm	锤质量 /kg	落高 /mm	击实筒			扩筒高度 /mm
				内径 /mm	筒高 /mm	容积 /cm <sup>3</sup>	
轻型	51	2.5	305	102	116	947.4	50
重型	51	4.5	457	152	116	2\ 103.9	50

### 2.2 最大干密度与最优含水量的关系

(1)不同土样的击实试验结果

把三门峡、新安县黄土状粉土、黄土状粉质粘土与不同配合比灰土、二灰土、双灰进行击实试验,试验中干密度与含水量绘制关系曲线见图 1,各类土最大干密度与最优含水量见表 3。

从三个地区  $\rho_d-w$  关系曲线比较,有如下规律:从表 3 可看出,黄土状粉土、黄土状粉质粘土、灰土、二灰土、双灰求得的最大干密度越低,相对应的含水量越高。击实试验随着置备含水量不断增加  $\rho_d-w$  关系曲线变为平缓。

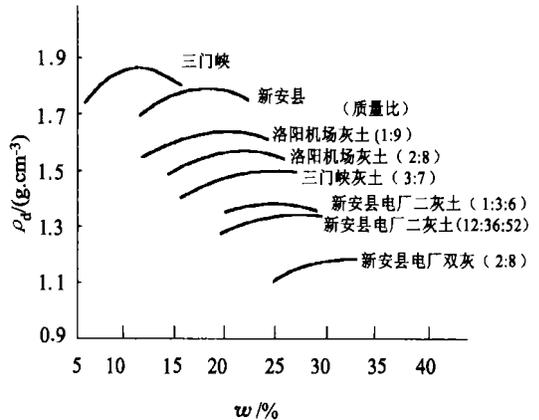


图 1 各类土料干密度与含水量关系曲线

表 3 各类土最大干密度与最优含水量

土料类别 (质量比)	最优含水量 $w_{op}/\%$	最大干密度 $\rho_{dmax}/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	土料类别 (质量比)	最优含水量 $w_{op}/\%$	最大干密度 $\rho_{dmax}/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$
三门峡市	14.8	1.82	三门峡灰土(3:7)	22.9	1.47
新安县	17.6	1.75	新安县电厂二灰土(1:3:6)	26.8	1.37
洛阳机场灰土(1:9)	18.6	1.63	新安县电厂二灰土(12:36:52)	27.7	1.33
洛阳机场灰土(2:8)	20.1	1.56	新安县电厂双灰(2:8)	39.2	1.06

### (2)标准击实试验与重型击实试验比较

标准击实仪多用于工业与民用建筑的

基处理中。洛阳民用机场工程采用大吨位的振动压路机,压实能量较大,据机场跑道用轻型、重型击实仪进行的试验求得最大干密度和最优含水量,见表4。同时又分别把三门峡,新安县地区的土料轻型、重型击实仪击实试验结果比较,见表4。结果表明,现场施工中采用重型击实试验所得的最大干密度,作为工程施工质量的控制指标均为合适。

表4 轻、重型击实仪击实试验结果比较

地区名称	最优含水量 $w_{op}/\%$		最大干密度 $\rho_{dmax}/(g \cdot cm^{-3})$	
	轻型	重型	轻型	重型
洛阳民用机场跑道	18.1	17.8	1.74	1.76
三门峡	14.9	14.7	1.80	1.82
新安县	17.8	17.6	1.75	1.77

(3) 击实土水理性质对试验结果的影响

把三个地区击实土的室内与现场土试验结果进行比较后发现,土的塑性指数  $I_p$  越小,含水量则低,击实后的最大干密度则大。三门峡黄土状粉土具有多孔,结构不均匀,含有粗颗粒,用手捻摸有轻微粘滞感,塑性指数均在7~10左右,其击实后的干密度就大。洛阳市、新安县的黄土状粉质粘土,针状孔隙发育,中等压缩,含钙质小颗粒、钙丝、锰质褐色土块,用手捻摸感觉有滑腻感、粘滞感、塑性指数均在10~13左右,击实后的最大干密度低于三门峡黄土状粉土。正因为黄土状粉质粘土中细粉粒和粘粒所构成的团粒多为亲水的细散粘粒,水份多聚集和吸附在细散粘粒上,试验中求得的塑性指数  $I_p$  就大,击实后的最优含水量高于黄土状粉土。它的形成是与含水量的变化、土质成份、结构特征和物理力学性质有关。通过三门峡黄土状粉土与洛阳市、新安县黄土状粉质粘土不同塑性指数  $I_p$  试验结果进行比较表明:随着塑性指数由小到大的增加,最优含水量也由低到高的逐渐变化。

2.3 最大干密度与击实能量关系

在洛阳地区进行击实试验中,把求得的最

大干密度  $1.77 g/cm^3$  和最优含水量  $17.2\%$ ,按其配制相同的含水量7个,随着不同击实功能的增加,即能量较小时,干密度与能量关系曲线由低到高增长明显,在能量达到一定程度后,此曲线几乎处于一个平缓状态。干密度与击实功能关系见图2和表5。

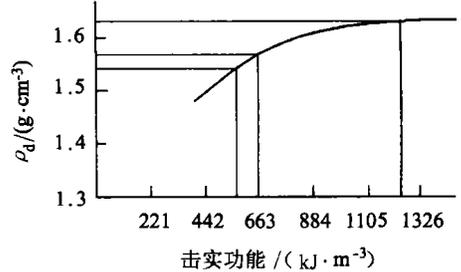


图2 干密度与击实功能关系曲线

表5 干密度与击实功能

击数	轻 型		重 型	
	干密度 $\rho_d/(g \cdot cm^{-3})$	击实功能/ $(kJ \cdot m^{-3})$	干密度 $\rho_d/(g \cdot cm^{-3})$	击实功能/ $(kJ \cdot m^{-3})$
10	1.66	221.2	1.70	1 293
20	1.72	442.3	1.81	1 437
27	1.83	597.1	1.74	1 538
30	1.77	663.5	1.84	2 649
40	1.76	884.7	1.84	3 161
50	1.75	1 106	1.85	3 640
60	1.77	1 327	1.84	4 119
70	1.76	1 548	1.82	4 598

把三门峡、新安县黄土状粉土、黄土状粉质粘土与不同配合比灰土、二灰土、双灰试验中所求得最优含水量配制相同的含水量,随着不同击实功能的增加,干密度与击实功能关系见图3和表6。

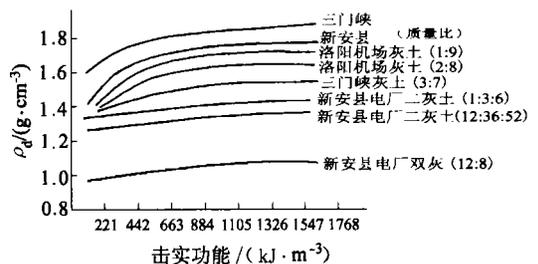


图3 干密度与击实功能关系曲线

从表6可以看出干密度随着击实功能的增加变化不大。

从以上图表综合分析可以得出:

(1)从各类土最大干密度与最优含水量关

系曲线可以看出,随着 $I_p$ 的增加,曲线变的比较平缓,最大干密度对含水量敏感性降低。对灰土来讲,曲线更平缓,最大干密度对含水量更不敏感。

表6 干密度与击实功能关系(轻型)

土料类别 (质量比)	击实功能	干密度	击实功能	干密度	击实功能	干密度	击实功能	干密度
	$/(kJ \cdot m^{-3})$	$\rho_d/(g \cdot cm^{-3})$						
三门峡	221	1.74	442	1.79	663	1.82	884	1.82
新安县	221	1.60	442	1.70	663	1.73	884	1.73
洛阳民用机场 灰土(1:9)	221	1.52	442	1.61	663	1.62	884	1.62
洛阳民用机场 灰土(2:8)	221	1.52	442	1.61	663	1.62	884	1.54
三门峡 灰土(3:7)	221	1.41	442	1.45	663	1.47	884	1.49
新安电厂 二灰土(1:3:6)	221	1.37	442	1.40	663	1.42	884	1.42
新安电厂 二灰土(12:36:52)	221	1.30	442	1.33	663	1.33	884	1.35
新安电厂 双灰(2:8)	221	1.02	442	1.04	663	1.06	884	1.07

土料类别 (质量比)	击实功能	干密度	击实功能	干密度	击实功能	干密度
	$/(kJ \cdot m^{-3})$	$\rho_d/(g \cdot cm^{-3})$	$/(kJ \cdot m^{-3})$	$\rho_d/(g \cdot cm^{-3})$	$/(kJ \cdot m^{-3})$	$\rho_d/(g \cdot cm^{-3})$
三门峡	1 105	1.82	1 326	1.82	1 547	1.82
新安县	1 105	1.74	1 326	1.73	1 547	1.73
洛阳民用机场 灰土(1:9)	1 105	1.63	1 326	1.63	1 547	
洛阳民用机场 灰土(2:8)	1 105	1.56	1 326	1.54	1 547	1.54
三门峡 灰土(3:7)	1 105	1.56	1 326	1.54	1 547	1.54
新安电厂 二灰土(1:3:6)	1 105	1.42	1 326	1.45	1 547	1.46
新安电厂 二灰土(12:36:52)	1 105	1.34	1 326	1.35	1 547	1.36
新安电厂 双灰(2:8)	1 105	1.07	1 326	1.08	1 547	1.09

(2)在一定含水量下,随着击实功能增加,干密度有增大趋势,在能量较小时,干密度增大明显,在能量达到一定程度后,干密度增加不明显,并趋于一个稳定值。用重型、轻型击实仪进行击实试验所取提的结果相接近,符合生产实际。

#### 2.4 击实试验应注意的几个问题

试验结果表明,室内与现场实测最大干密

度与最优含水量相接近。对于有时出现室内干密度低于现场、含水量高于现场的反常现象,有以下原因:

①室内试验受击实筒限制,配制试样过5 mm筛后大于5 mm粗颗粒被抛弃;现场击实能量大,如果土的级配较好,粗颗粒含量大,其干密度也就大。

(下转第351页)

### 1.3 行走机构的改进

夯机目前选用的是电动机、减速箱加汽车后桥的行走系统。应该说对夯扩桩施工来说这不是一种很理想的方式,在场地地面强度较弱的情况下,行走较为困难。但受YKC-22钻机自身结构的限制,也只能采用这种行走方案。需要提出的有以下两点:

1)在行走电机和齿轮箱采用皮带连接时,应将皮带的长度设计成1 500 mm以上,否则皮带的使用寿命会很短,尤其是在场地条件比较恶劣的情况下,会严重影响施工效率。

2)行走电动机和齿轮箱之间不宜采用刚

性传动,因为加在夯机上的行走机构相对来说行走能力较弱,刚性传动容易造成对行走系统部件的损坏。

## 2 结 语

实践证明改进工作较理想,表现在夯机的故障率大大降低,提高了夯扩桩施工工效。

### 参 考 文 献

- 1 机械设计手册·北京:中国机械工业出版社,1996.238~239
- 2 濮良贵主编·机械设计·北京:高等教育出版社,1990.34~35

收稿日期:2002-07-17

(上接第348页)

②试样制备含水量不准确,土搅拌不均。

③土和灰配合比例不符合技术要求。

④击实过程中不按操作规程进行,每个试样分三层土击实,每层土称重不准确。锤击数不按标准操作,多击或少击,造成试验结果有偏差。

⑤烘箱温度控制不稳,计算数据有误等。

对于灰土垫层来讲,由于含水量低,造成干密度增加,出现压实系数 $\lambda_c > 1$ 的情况,其强度并不高。

## 3 结 论

通过对豫西地区三个场地黄土状土及灰土、二灰土、双灰的击实试验,可得出结论:

1)三个地区的最大干密度为三门峡市>洛阳市>新安县;最优含水量为三门峡市<洛阳市<新安县。

2)据击实试验结果资料分析,三门峡市、洛阳市黄土状粉土、粉质粘土按规范所推荐的轻型击实仪得到的最大干密度与一般的工业与民用建筑压实地基的干密度基本吻合,但对于公路、机场跑道等采用大能量的击实地基的最大干密度相对偏低。

3)不同地基的土试样,灰土、二灰土、双灰配制相同的含水量,随着击实功能的增加,干密度达到一定程度后增加缓慢,表明在实际应用中不必要再增加击实能量。

4)三门峡市、洛阳市、新安县黄土状粉土、粉质粘土配制好含水量后马上击实所得最大干密度比配制好含水量放置8 h后再击实所得最大干密度数据要小。相反,灰土、二灰土、双灰配制好含水量马上击实所得最大干密度比配制好含水量放置8 h后再击实所得最大干密度数值要大。现场施工中,黄土状粉土、粉质粘土拌好含水量宜放置8 h以后再击实;灰土、二灰土、双灰拌好含水量后宜马上击实。

本文成稿中,得到勘察分院刘景言高工的帮助,试验数据由试验室全体同志参加完成,在此表示感谢。

### 参 考 文 献

- 1 《工程地质手册》编写委员会·工程地质手册(第三版)·北京:中国建筑工业出版社,1992.167~175
- 2 GB/T 50123—1999 土工试验方法标准
- 3 GBG7—89 建筑地基基础设计规范

收稿日期:2002-07-24