

# 砂垫层地基处理的实践与分析

周 书 兰

(水利系)

## 提 要

本文通过对某楼局部范围砂垫层地基处理的实践,分析了现场38个试坑的有关数据,总结出进行现场施工质量控制的依据及换土地基处理的一些规律。对换土地基处理的进一步应用提出了新的看法。通过四年多的观察说明采用砂垫层地基处理的方法收到了满意的效果。

**关键词:** 地基处理

## 一、前 言

某楼是五层民宅建筑,建于1982年,其建筑面积为1669.3平方米。基础埋置深度为1.1米,基底压力为12吨/平方米。

该楼修建前,因考古开挖一面积约为 $45\text{m}^2$ ,深度不等(最小深度为1.8m,最大深度为3.85m)的探坑,如图1所示。探坑位于楼房的东南角,部分楼房基础座落在探坑上。为了保证楼房的安全与稳定,使经过处理的局部地基的承载力满足上部荷载的要求,做到由于地的变形使楼房产生的沉降量在允许的范围内,必须选择一合适的地基处理方案。经分析研究,对该楼的探坑处理选择为砂垫层方案。实践证明,这种砂垫层处理较小范围地基的方法,收到了良好的效果。

## 二、采用换土垫层地基处理方案

当建筑物基础下的持力层比较软弱,不能满足上部荷载对地基的要求时,常采用换土垫层来处理软弱土地基。换土垫层法可以提高地基强度,减少建筑物的沉降,加速软土层的排水固结。因此,它是行之有效的地基处理方法,被广泛地应用在工程实践中。

对某楼由于开挖探坑局部地基的变化可能引起不

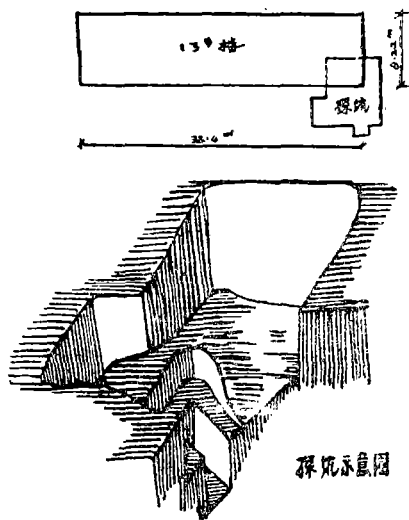


图1

本文1987年2月28日收到

参加本文工作的还有郑人龙,范如芹和张建生同志。

均匀沉降,须选择一合适的换土垫层方案。对于小范围地基还要考虑换土地基与原土地基的共同作用。经验算本换土垫层以填实中砂为宜。

此填砂地基处理的方法,施工简单,操作方便,施工机具简便、易做,就地取材还能节约投资。实践证明,换土垫层地基处理方法也容易被施工人员掌握,因此,它可以推广应用在某些荷载不大的建筑物地基处理方面,如一般3~5层的房屋以及路基,油罐地基等。

### 三、控制施工质量的依据

对建筑物地基土的性质及地层分布,该楼地基勘察报告,系按1986年5月机械工业部第四设计研究院勘察分院所编工程地质勘察报告所提供的资料为根据,见表1、

表 1

层 次	土 名	厚 度 (m)	状 态	R (t/m <sup>3</sup> )
第一层	轻亚粘土	2.8—3.8	湿硬塑稍密至中密	14
第二层	亚粘土	1.1—3.75	很湿至饱和,可塑至软塑,稍密	10
第三层	轻亚粘土至亚粘土	1.2—2.7	饱和,可塑至软塑,稍密至中密	8
第四层	轻亚粘土	2.2—3.3	饱和,可塑至软塑,中密	14
第五层	细砂		饱和,密实	25

地下水位(5.0m)左右,第二、三层为高压缩性土。

该楼的地基除考古探坑外,都是原状土。用砂垫层处理探坑的最重要问题是保证砂垫层的施工质量,也就是控制砂垫层的干容重。参照文献〔1〕、〔3〕控制施工质量的依据为:

1、垫层材料采用中粗砂,含泥量小于3%;

2、垫层的质量标准是以密度来衡量的,一般要求在中等密实度以上,经计算本探坑要求控制干容重大于或等于1.68g/cm<sup>3</sup>,其相对紧密度亦应达到0.67。

根据规范〔5〕要求,当0.67≥Dr≥0.33时,砂土处于中密状态,其承载力可达24~34t/m<sup>2</sup>。按该楼计算要求12t/m<sup>2</sup>、砂垫层处理地基是完全满足要求的。

3、施工时,填砂干容重按下列公式确定:

$$D_r = \frac{(r_d - r_{dmin}) r_{dmax}}{(r_{dmax} - r_{dmin}) r_d}$$

$$r_d = \frac{r_{dmin} \cdot r_{dmax}}{r_{dmax} - D_r(r_{dmax} - r_{dmin})}$$

式中  $r_d$ ——无粘性土的天然干容重或填筑干容重;

$r_{dmax}$ ——该无粘性土的最大干容重;

$r_{dmin}$ ——该无粘性土的最小干容重。

其中  $r_{dmax}$ 与 $r_{dmin}$ 值分别由现场试验给出

#### (1) 测定 $r_{dmax}$ :

采用垫层的中粗砂,经风干后,用击实仪测定,其方法与文献〔4〕中的击实试验相同,分三层装砂样,每层击数为20、由下式计算 $r_{dmax}$ 。

$$r_{dmax} = w/v \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

式中  $w$ ——击实后、击实筒内干砂总重(g);

$V$ ——击实筒体积( $\text{cm}^3$ )。

#### (2) 测定 $r_{dmin}$

采用垫层的中粗砂,经风干后,用量筒倒转法测定。施测时,用手掌或橡皮板堵住量筒口,将量筒倒转,然后迅速转回到原来位置,如此重复几次,记下 $v_{max}$ 值,按下式计算垫层砂的最小干容重。

$$r_{dmin} = \frac{w}{V_{max}}$$

式中  $w$ ——同上;

$V_{max}$ ——量筒内干砂的最大体积( $\text{cm}^3$ )。

#### (3) 测试结果

根据填砂的测试结果 $r_{dmax}=1.78\text{g/cm}^3$ , $r_{dmin}=1.42\text{g/cm}^3$ 计算、 $r_d=1.64\text{g/cm}^3$ 。为了保证垫层质量,即相对紧密度达到0.67,施工时,要求砂垫层夯实后的干容重 $r_d$ 应大于或等于 $1.64\text{g/cm}^3$ 。

## 四、垫层的施工

### 1、施工工具

采用蛙式打夯机及木夯(后者用于边角处)

### 2、施工要点

(1) 垫层采用中粗砂,分层夯实,每层虚铺厚度为20cm;

(2) 垫层施工时,砂土湿润到接近饱和状态夯实效果好(详见图),含水量过低或过高时夯实效果欠佳;

(3) 抽样检查经分层夯实后的垫层,根据经验按每5~10 $\text{m}^2$ 抽检一坑取样,做现场测试,计算方法如下:

$$r_d^s = \frac{r^s}{1 + w^s} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$r^s = \frac{w^s}{V^s} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

式中  $r_d^s$ ——试坑处砂垫层干容重实测值 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$r^s$ ——试坑处砂垫层容重实测值 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) 用灌砂法测定;

$w^s$ ——试坑处砂垫层含水量实测值 (%) 用炒干法测定;

$V^s$ ——试坑体积 ( $\text{cm}^3$ )

$w$ ——试坑体积内的湿砂重 (g)

本垫砂探坑经实测检验, 计算结果见附表 1。

(4) 垫层施工时应尽量避免扰动原状土, 以免使其强度降低;

(5) 冬季施工时应避免砂垫层冻结, 可采用夯好的垫层上加盖干砂等办法。

## 五、几个问题的分析

通过砂垫层地基处理的实践及其四、五年来的观测, 可以进一步总结出一些规律, 以指导换土地基处理的应用。

1、在施工中, 当夯实遍数相同时, 由计算得出: 随着砂土饱和度的增加干容重也增加。这就说明, 砂垫层施工时, 砂土湿润到接近饱和状态, 夯实效果较好。经统计 38 个试坑的实测资料, 当夯实遍数都是七遍时, 其干容重  $r_d$  与饱和度  $s_r$  关系可用如下回归方程来表示, 见图 2 所示。

$$r_d = 1.3 + 0.007s_r$$

其统计分析结果为: 实测值与计算值比值的平均值  $\bar{X} = 0.9852894$ ; 标准差  $\sigma = 0.0420506$ ; 变异系数  $c_v = 0.0426784$ 。可见上式在本试验范围内其规律性是很好的。

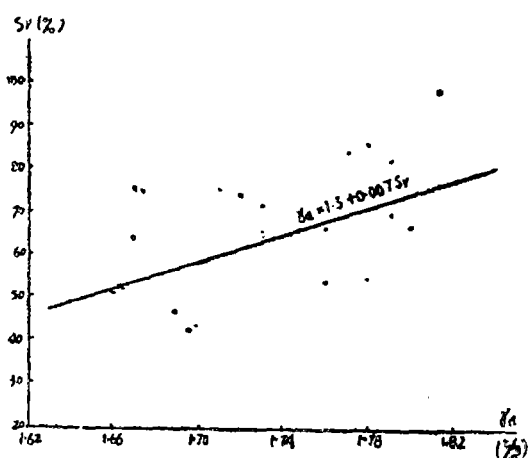


图 2

2、同上, 随着砂土孔隙比  $e$  的减小而干容重  $r_d$  增加, 也可得出如下回归方程, 见图 3。

$$e = 1.943 - 0.813r_d$$

其统计分析结果为:  $\bar{X} = 1.0037632$ ;  $\sigma = 0.0255707$ ;  $c_v = 0.0254749$ ; 其规律性也是令人满意的。

3 在施工中, 如果垫层的含水量相同, 随着夯实遍数的增加, 垫层的干容重亦增加, 但当夯实遍数增加到某一数值时, 垫层的干容重反而降低。这是因为夯

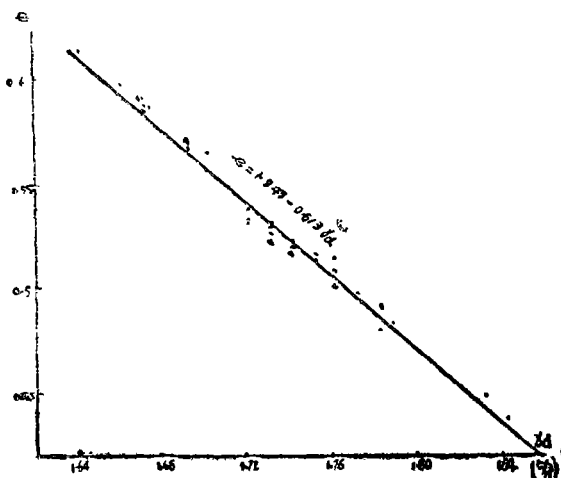


图 3

实功大于土本身的抗剪强度时,土产生剪切变形,使土变松,随之容重减小,详见附表2及图4,图中只画出三种含水量的结果,其它含水量也存在类似结果。

4、由纯净的砂和砂质砾石的击实试验可知,这种土在风干或在饱和状态下,经过击实都可获得较大的密度,因此亦可做换土地基材料,但当含水量介于上种状态时,击实所能达到的密度就较小,这是由于在风干或饱和状态下这些土不存在假凝聚力的缘故,因此这些土与粘性土的击实特性不一样。

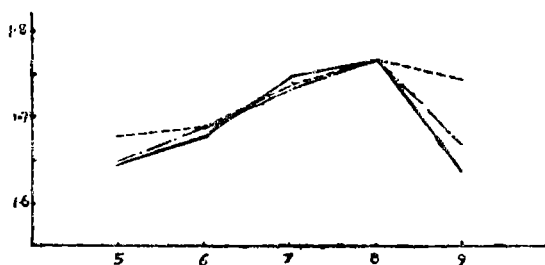


图 4

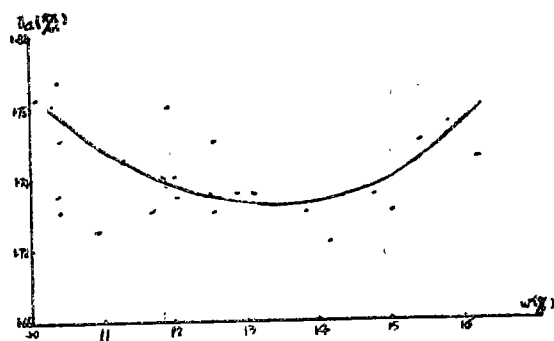


图 5

图5是分析计算32个试坑资料,在夯实遍数相同条件下,砂垫层的现场击实曲线。

## 六、小 结

1 砂垫层地基处理不但可以应用到某些荷载小的三、四层房屋中,还可以用到五层及局部换土地基的情况中。

2 砂垫层地基处理的关键在于严格控制其施工质量。

3 经过四年多的观测,该楼没有任何不均匀沉降裂缝,实践证明,采用局部范围内基础砂垫层处理是可行的,也是行之有效的办法。通过分析可以总结出垫层施工的一般规律。

## 参 考 文 献

- [1] 华南工学院等:“地基及基础”中国建筑工业出版社
- [2] 武汉水电学院主编:“土力学及岩石力学”水利出版社

- [ 3 ] 华东水利学院: “土力学” 华水  
 [ 4 ] 水利部: “土工试验规程” 水电出版社  
 [ 5 ] 建研院主编: “工业与民用建筑物地基基础设计规范” (TJ 7—74) (试行) 中国建筑工业出版社  
 [ 6 ] 河南电力勘设院: “黄河淤泛区新近沉积土的性质及开封电厂的地基处理”  
 [ 7 ] 机械工业部四院: “郑州工学院招待所、会堂工程地质勘察报告”

表 1

铺土层次	夯实遍数	试坑编号	试 坑 土				
			含水量 (%)	容 重 (克/厘米 <sup>3</sup> )	孔隙地	饱和度 (%)	%干容(克/厘米 <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>
13	7	28	12.35	1.91	0.559	58.69	1.70
		29	120.4	1.94	0.530	63.30	1.73
		30	16.21	2.03	0.517	83.09	1.75
		31	11.29	1.95	0.513	58.32	1.75
		22	12.63	2.02	0.477	70.17	1.79
15	7	38	9.21	1.85	0.564	43.87	1.70
		40	10.34	1.96	0.491	55.81	1.78
16	7	42	10.37	1.90	0.540	50.87	1.72
		43	10.41	1.94	0.508	54.30	1.76
16	7	51	13.79	1.96	0.539	67.80	1.72
		52	17.70	1.97	0.583	81.45	1.67
		53	11.44	1.83	0.613	49.27	1.64
		54	10.02	1.86	0.567	46.83	1.69
		55	15.79	2.05	0.497	84.19	1.77
19	7	55	14.93	2.06	0.478	82.77	1.79
		57	15.38	2.02	0.514	79.26	1.76
		58	11.79	1.95	0.519	60.20	1.74
		59	11.65	1.95	0.521	60.28	1.74
		60	15.65	1.98	0.547	75.82	1.71
		61	16.69	1.95	0.589	76.00	1.67
20	7	62	15.00	1.99	0.531	74.86	1.72
		63	15.61	1.93	0.587	70.47	1.67
		64	11.51	1.85	0.597	51.09	1.66
		65	14.15	1.93	0.568	66.02	1.69
21	7	66	11.92	1.99	0.490	64.47	1.78
		67	12.00	1.95	0.522	60.92	1.74
		68	11.82	2.02	0.467	67.07	1.80
22	7	69	11.58	2.00	0.479	64.06	1.78
		70	12.52	1.96	0.521	63.68	1.73
		71	12.56	1.94	0.538	61.87	1.72
23	7	72	11.64	1.93	0.532	57.98	1.72
		73	12.56	1.99	0.499	66.70	1.76
		74	10.41	1.91	0.532	51.85	1.73
		75	16.60	2.04	0.515	85.42	1.74
		76	14.83	1.99	0.529	74.29	1.73
		77	13.11	1.96	0.529	65.67	1.73
		78	12.86	1.96	0.526	64.89	1.73
		79	12.85	1.89	0.583	64.25	1.67

表 2

铺土层次	试坑编号	夯实遍数	试坑土 $w(\%)$	试坑土 $r_d(R/cm^3)$	平均含水量 (%)	夯实遍数相同时的 平均容重
1	1	5	10.12	1.65		1.65
7	12	5	10.62	1.65		
4	6	6	10.21	1.69		1.70
14	36	6	9.82	1.70		
15	40	7	10.34	1.78	10.25	1.74
16	42	7	10.37	1.72		
17	43	7	10.41	1.76		
18	54	7	10.02	1.69		
22	74	7	10.41	1.73		
5	8	8	10.38	1.77		1.77
24	81	9	10.11	1.67		1.67
12	27	5	12.61	1.67		1.68
	28	5	12.38	1.70		
8	4	6	11.91	1.69		1.69
8	14	6	11.51	1.68		
13	29	7	12.04	1.73	12.17	1.74
	32	7	12.63	1.79		
19	58	7	11.79	1.74		
	59	7	11.85	1.74		
21	66	7	11.92	1.78		
	67	7	12.00	1.74		
22	70	7	12.52	1.73		
	71	7	12.50	1.72		
	72	7	11.64	1.72		
	73	7	12.56	1.76		
10	19	8	12.46	1.72		1.77
17	46	8	12.57	1.82		
24	83	9	11.86	1.75		1.75
6	11	4	11.00	1.55	11.22	1.55
7	12	5	10.62	1.65		1.65
6	11	6	10.89	1.69		1.68
8	15	6	11.51	1.68		
14	35	6	11.31	1.68		
13	31	7	11.29	1.75		1.75
21	69	7	11.58	1.78		
22	72	7	11.64	1.72		
24	84	9	11.10	1.64		1.64

## PRACTICE AND ANALYSIS ON FOUNDATION TREATMENT OF SAND CUSHION

zhou shulang

(Department of Hydraulic Engineering)

### Abstract

In this paper criterion of in-site construction quality control is summarized according to practice of sand cushion foundation treatment and analysis of relevant datum measured from 38 test pits in a local range of a building. Laws of foundation treatment by earth replacement are developed and a new opinion of further application of foundation treatment by earth replacement is also presented. Based on more four years observation, It is found that adoption of foundation treatment of sand cushion is a satisfactorily effective method

**key Words:** ground treatment.

(上接第63页)

## THE PROBABILITY CALCULATION METHOD OF POWER LINE LOAD

Zeng yueping

(Electrical engineering department)

### Abstract

In this paper, a probability calculation method of power Line load is proposed. The method is based on the stochastic property of the power Load and the probability theory is applied. According to the stochastic variables and its probability distributions, three conditions which are 0—1 distribution, binomial distribution and normal distribution are discussed. The applied theory is in accord with the essence of the considered problems which conform to the actual situation nearly. The method is simple and feasible.

**keyWords** Calculation load, stochastic variable, binomial distribution, normal distribution,