

# 强力夯扩挤密灰土桩处理湿陷性黄土地基

文学飞

(安徽工程大学总务处(基建办),安徽芜湖 241000)

**[摘要]** 湿陷性黄土地基含水量大、饱和度高,因而成孔后极易缩颈。利用长螺旋钻机成孔,采用适当填夯,按照先外排后里排的顺序、隔行隔点施工、分四次完成的强力夯扩挤密灰土桩技术,通过事实案例检测,处理后的地基各项相关指标均佳,从而为提高湿陷性黄土地基的承载力提供了新途径。

**[关键词]** 湿陷性黄土地基;地基处理;强力夯扩

**[中图分类号]** TU475 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1005-6270(2011)06-0089-03

## Consolidating Compacted Lime Pile to Deal with Collapsibility of Loess Foundation

WEN Xue-fei

(Capital Construction Office) General Affairs Division, Anhui Polytechnic University, Wuhu Anhui 241000 China)

**Abstract:** Collapsible loess foundation is very easily slumping because of its rich water and high saturation. After long helical drilling, appropriate fillings are adopted. And then consolidate the compacted lime pile from outside to inside at certain intervals and for four times. The subsequent results obtained from an actual case are proved to be favorable. This provides a new way to improve the load bearing of collapsible loess.

**Key words:** collapsible loess; ground treatment; consolidating

强力夯扩挤密灰土桩已不是传统意义上的挤密灰土桩,而是在挤密灰土桩的基础上,结合孔内强夯工艺形成的一种新的处理湿陷性黄土地基的新工艺。它主要用于沉管困难或者地基土含水量大、饱和度高,成孔后易缩颈的湿陷性黄土地基。在成孔方面有2种方法:一种是采用长螺旋钻机成孔,一种是采用机动洛阳铲成孔,而桩间土的挤密则是靠重锤对桩体的强力夯实挤扩实现。夯实的重锤质量在1.0t~1.8t之间。强力夯扩挤密灰土桩的处理深度可达20m以上,承载力大幅度提高。

### 1 工程概况

政府某安置房住宅区位于晋西北某地,整个小区开发面积约31hm<sup>2</sup>(465亩),为了更好地提升经济效益,从技术开发上节约资金,在地基处理上提出了较高要求。现以1幢建筑物进行介绍,某建筑物占地面积(44.1×27.0)m<sup>2</sup>,层数6层,总高度21m,框架结构,独立基础,柱基面积(5×6)m<sup>2</sup>,单柱荷重2000kN建筑类别甲类。

### 2 地质条件

该场地地层结构如下:

I层素填土以粉质粘土为主,坚硬,层底埋深0.5m~2.0m;II层湿陷性黄土及粉质粘土、粉土;II-1层湿陷性黄土以粉质粘土为主,具有湿陷性和中高压缩性, $\omega=10.9$ , $\rho_s=1.39$ g/cm<sup>3</sup>,地基承载力145kPa;II-2层粉质粘土、粉土,中压缩性, $\omega=11.3$ , $\rho_s=1.45$ g/cm<sup>3</sup>,地基承载力170kPa,

II层层底埋深4.5m~9.5m,层厚4.5m~9.5m;III层粉质粘土、粉土,中低压缩性,地基承载力140kPa,III层层底埋深10.5m~16.5m,层厚2.0m~10.0m。

### 3 设计要求

地基处理深度9.0m,处理后的地基承载力特征值 $\geq 250$ kPa。

### 4 地基处理施工方案

采用强力夯扩灰土桩进行处理,桩径400mm,桩距1.0m,正三角形布置,桩长9.0m~13.0m,桩体材料为3:7灰土,总桩数2316根,要求夯实后的桩径 $\geq 550$ mm。

### 5 施工工艺

#### 5.1 成孔方法

成孔采用排土成孔法,采用长螺旋钻机成孔。

#### 5.2 填料制备

土料:使用现场开挖黄土,有机含量大于8%的表土、淤泥质土或夹砖块、瓦砾和生活垃圾的杂填土不得使用。

石灰:使用生石灰消解后过筛的熟石灰粉,粒径不大于5mm,石灰质量不低于III级,活性CaO+MgO含量(按干重计)不少于50%。

灰土含水量接近最优值,当含水量超过其最优值 $\pm 3\%$

[收稿日期]2011-05-30

[作者简介]文学飞,男(1974-),安徽工程大学总务处(基建办),工程师。

时,应晾晒或洒水湿润。灰土拌合均匀,颜色一致。

### 5.3 成桩采用圆柱形锤夯击成桩

夯锤重 10 kN,直径 300 mm,长 2.77 m。夯填前先夯实孔底,至孔底发出清脆声音为止,采用边填边夯按规定速度均匀填进,当夯实音沉闷时,暂缓夯填,待夯实音清脆时,再继续填夯。填-夯间断进行并记录每阵击的夯击数。

填夯过程中,要精确记录每孔的夯填量、总夯击数,并计算每孔的充盈系数。每班要进行抽检灰土的压实系数,确保桩体的密实度。

5.4 成孔、成桩施工顺序是按照先外排后里排的顺序,隔行隔点施工,分 4 遍完成

## 6 处理效果

### 6.1 自检结果

在施工过程中,用带有长杆的环刀伸入到夯实层,随机取样。测量灰土的密实度、含水量和压实系数,及时调整含水量,达到规定的压实系数,即为合格。

自检情况见表 1。

### 6.2 质量检验结果

施工结束后,随即就采取探井取样和标准贯入试验对施工质量进行检测,最大干密度试验采用标准击实试验。

检验结果如下:

(1) 桩间土湿陷性评价: 桩间土湿陷系数在 0.001~0.004 之间,平均为 0.002,湿陷性完全消除。

(2) 桩间土挤密效果评价(见表 2、表 3)

(3) 桩体质量评价(见表 4)

### 6.3 复合地基承载力(见表 5)

关于灰土的抗压强度

(1)《岩土工程治理手册》提供的经验数据认为:3:7 灰土,粉质粘土 28 d 无侧限抗压强度为 570 kPa,粉砂为 460 kPa。

(2)《地基处理技术》第二篇章认为夯实灰土的无侧限抗压强度在 0.5 kPa~4 kPa 之间。

(3)《工程地质手册》(第三版)认为夯实灰土干密度,粉质粘土为 1.5 g/cm<sup>3</sup>,粘土为 1.45 g/cm<sup>3</sup>,28 d 的抗压强度不低于 800 kPa,设计采用 400 kPa。

(4)刘惠珊,汪时敏主编的《地基与基础》认为:3:7 灰土干密度不小于 1.45 g/cm<sup>3</sup> 时抗压强度可取 500 kPa。

检测单位采用的灰土抗压强度为 350 kPa。

由以上结论可以认为,灰土的抗压强度取 400 kPa 是比较适合的。

## 7 结论

采用强力夯扩技术能有效消除黄土的湿陷;解决沉管困难、地基含水量大的地基处理问题;有效地提高了原土地基强度,加固效果良好;强力夯扩加固工序相对简单,施工速度快,工期短,成本低,经济效益显著,该工艺对含水量较高地区黄土地基处理有广泛的应用价值;强力夯扩灰土

表 1 施工桩体质量自检结果

击实实验最大干密度/g/cm <sup>3</sup>	实测干密度/g/cm <sup>3</sup>		压实系数		含水量/%	
	范围值	平均值	范围值	平均值	范围值	平均值
1.59	1.57~1.64	1.617	0.99~1.03	1.017	18.6~11.3	14.5

表 2 桩间土挤密效果实测值

深度	项目	击实实验最大干密度	桩间土干密度范围值	桩间土干密度平均值	平均挤密系数
		/g/cm <sup>3</sup>	/g/cm <sup>3</sup>	/g/cm <sup>3</sup>	
0~5		1.78	1.50~1.83	1.66	0.933
5 以下			1.52~1.86	1.68	0.944

表 3 贯标试验结果(桩间土)

深度	项目	处理前标贯值 N/击		处理后标贯值 N/击	
		范围值	平均值	范围值	平均值
0~5		6.8~13.0	9.0	9.8~19.6	14.7
5 以下		7.2~14.9	11.6	10.9~27.3	19.4

表 4 桩体压实结果实测值

击实实验最大密度/g/cm <sup>3</sup>	干密度/g/cm <sup>3</sup>		实压系数		标贯击数 N/击	
	范围值	平均值	范围值	平均值	范围值	平均值
1.59	1.52~1.64	1.58	0.96~1.03	0.99	29.0~41.0	33.7

表 5

复合地基承载力计算结果

现地面深度/m	桩间土承载力标准值/kPa	桩体承载力标准值/kPa	复合地基承载力/kPa
0.0~5.0	235	350	250
		400	259
5.0~桩底	250	350	260
		400	271

挤密桩的工程实践为提高湿陷性黄土地基的承载力和处理深度提供了新的途径。

#### 参考文献

- [1] 周世良,王多垠,吴友仁.强夯处理高填方的现场试验与数值分析[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2007(5).  
 [2] 闵卫鲸.强夯法改善高填方地基力学性能的机理研究及工程实践[D].成都:西南交通大学,2002.  
 [3] 刘淑芳.喀斯特岩溶地基高填方强夯施工技术[J].施工技术,2009,38(8):94-96.  
 [4] 安明.强夯法在大块石高填方地基中应用[J].施工技术,2009,38(10):70-71.

- [5] 安明.超大粒径砂岩块石抛填地基强夯处理技术[J].施工技术,2009,38(12):107-109.  
 [6] 林宗元.岩土工程治理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2005,10:81.  
 [7] 郑俊杰.地基处理技术[M].武汉:华中科技大学出版社,2004,9:89-94.  
 [8] 常士骝.工程地质手册[M].3版.北京:中国建筑工业出版社,2006,10:864-871.  
 [9] 刘惠珊,汪时敏.地基与基础[M].北京:中国建筑工业出版社,2003,6:116.

\*\*\*\*\*  
 (上接第54页)

$$\sigma = \frac{M}{\Phi_b W_x}$$

其中,  $\Phi_b$ —均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数,按照下式计算:

$$\Phi_b = \frac{570tb}{lh} \cdot \frac{235}{f_y}$$

经过计算得到  $\Phi_b = 570 \times 10 \times 63 \times 235 / (1200 \times 160 \times 235.0) = 1.8703$

由于  $\Phi_b$  大于 0.6, 按照《钢结构设计规范》(GB50017-2003)附录 B 其值用  $\Phi_b$  查表得到其值为 0.9192

经过计算得到强度  $\sigma = 2.06 \times 106 / (0.9192 \times 108000) = 20.75 \text{ N/mm}^2$ ;

水平钢梁的稳定性计算  $\sigma < [f] = 205$ , 满足要求。

#### 2.9 拉绳的受力计算

水平钢梁的轴力  $R_{AH}$  和拉钢绳的轴力  $R_{U_i}$  按照下面计算:

$$R_{AH} = \sum_{i=1}^x R_{U_i} \cos \theta_i$$

其中  $R_{U_i} \cos \theta_i$  为钢绳的拉力对水平杆产生的轴压力。

各支点的支撑力  $R_C = R_{U_{\max}} \theta_i$

按照以上公式计算得到由左至右各钢绳拉力分别为:

$R_{U_1} = 15.28 \text{ kN}$

#### 2.10 拉绳的强度计算

拉绳或拉杆的轴力  $R_U$  我们均取最大值进行计算:  $R_U = 15.28 \text{ kN}$

如果上面采用钢丝绳, 钢丝绳的容许拉力按照下式计算:

$$[F_s] = \frac{\alpha F_s}{K}$$

其中,  $[F_s]$ —钢丝绳的容许拉力(kN);

$F_g$ —钢丝绳的钢丝破断拉力总和(kN); 计算中可以近似取  $F_g = 0.5d^2$ ,  $d$  为钢丝绳直径(mm);

$\alpha$ —钢丝绳之间的荷载不均匀系数, 对 6×19、6×37、6×61 钢丝绳分别取 0.85、0.82 和 0.8;

$K$ —钢丝绳使用安全系数。

计算中  $[F_g]$  取 15.28 kN,  $\alpha = 0.82$ ,  $K = 10$ , 得  $F_g = 186.3 \text{ kN}$

选 6×37 直径 17.5 mm 钢丝绳抗拉强度 1670 N/mm<sup>2</sup>, 拉力为 189.2 kN, 即可满足要求。

#### 2.11 钢丝绳的吊环强度计算

钢丝绳的轴力  $R_U$  我们均取最大值进行计算作为吊环的拉力  $N$ :

$$N = R_U = 15.28 \text{ kN}$$

钢丝绳的吊环强度计算公式为

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [f]$$

其中  $[f]$  为吊环受力的单肢抗剪强度, 取  $[f] = 125 \text{ N/mm}^2$ 。

所需要的钢丝绳的吊环最小直径  $D = [15280] \times 4 / (3.1416 \times 125)^2 = 12.498 \text{ mm}$ , 采用  $\Phi 14$  及  $\Phi 16$  一级钢筋。

#### 2.12 花篮螺丝的选用

根据脚手架斜拉钢丝绳最大拉力 15.28 kN 进行分析, 当花篮螺丝的拉力大于 15.28 kN 时, 应选用该规格的螺栓。

### 3 结语

(1) 搭设脚手架时必须严格按照操作规程搭设, 搭设人员必须持证上岗, 所用材料必须符合要求。

(2) 在使用脚手架时, 严格控制脚手架上的荷载。

(3) 及时清理脚手架上的垃圾, 确保脚手架负重不超标。