

## 粉喷桩设计工程实例剖析\*

张荣兰 赵永东

(盐城工学院建筑设计室,江苏 盐城 224003)

**摘要** 通过粉喷桩处理软土地基工程实例,剖析粉喷桩设计方法,分析粉喷桩的优点,探索粉喷桩复合地基优化设计方法。

**关键词** 粉喷法; 设计; 施工

**分类号** TU472

**文献标识码** C

**文章编号** 1008-5092(2000)01-0053-03

粉体喷搅法(简称粉喷法)是用特制的设备和工具,将加固剂粉体材料(水泥或石灰等)通过压缩空气的传送,并与地基土强行拌合,使之产生充分的物理、化学反应后,形成连续、水稳性的坚硬桩体(简称粉喷桩)。这是一种改善土质,提高地基强度的软土地基加固方法,可广泛地适用于淤泥质土、杂填土、浜填土、软粘土等地基加固。10多年来,其理论与实践都有了很大的发展,不足的是理论发展滞后。本文结合工程实例,提出对该法的认识。

### 1 工程概况及工程地质条件

工程概况:盐城工学院文港住宅组团位于盐城市区,现已建成3栋。1#、2#住宅楼由盐城大洋建筑公司承建。3#住宅楼由盐都前进建筑公司承建。砖混7层,底层为车库,2~7层为住宅,建筑物抗震设防烈度为7度。地质条件:根据地质勘察报告,场地第1层为松软的耕植土,层厚0.4 m;第2层为棕褐色粉质粘土,层厚0.8 m,土质均匀, $f_k = 100$  kPa,上硬下软,其下卧层第3层为淤泥质粉质粘土,层厚8.0 m,饱和流塑状高压缩性土层,承载力仅为 $f_k = 60$  kPa;第4层为饱和中密的粉砂层,其承载力 $f_k = 200$  kPa,层厚2.5 m。其下均为好土,且其承载力均较高。

### 2 粉喷桩设计

#### 2.1 方案确定

根据结构类型,荷载大小及使用要求,结合地形地貌、地层结构、土质条件、地下水特征、环境情况和对邻近建筑物影响等因素,确定采用粉喷桩复合地基。与其它方案相比,具有很多突出的优点:①机理科学,费用低廉;②干法施工。充分利用土中水,桩身质量好;③无振动,低噪音,无侧向挤土问题,不影响周围建筑的安全与使用;④桩身强度可因需要加以控制,该工艺按工程需要及地质条件以不同掺入量控制不同桩身强度,也可在同一地基中不同层位控制不同桩身强度,满足工程上的需要;⑤施工机械简单,操作方便;⑥适用性能广。该工艺桩位平面布置灵活,并适用各种工程,如建筑物地基加固,边坡抗滑加固,深基坑的边坡支护等,也可加固地基中的某个部分。

#### 2.2 设计依据

国家颁布《建筑地基处理技术规范》,虽是对湿法施工而言,但其基本理论目前也是粉喷桩的设计指南,不过应充分注意粉喷法的特殊性。

#### 2.3 设计方法

(1)设计参数:天然地基土承载力标准值 $f_k = 65$  kPa,设计要求复合地基承载力标准值 $f_{pk} = 150$  kPa,桩周土平均摩阻力 $q_s = 8$  kPa,粉喷桩径 $\Phi = 600$  mm,桩周长度 $U_p = 1.884$  m,单桩横截面面积 $A_p = 0.2826$  m<sup>2</sup>,有效桩长 $l = 10.2$  m,桩尖至粉砂层。普硅水泥掺合比为15%。

\* 收稿日期:1999-06-08

第一作者简介:张荣兰(1970-),女,江苏盐都县人,助理工程师。

(2) 单桩竖向承载力标准值  $R_k^d = q_a U_p l + \alpha A_p q_p = 178 \text{ kN}$  ( $\alpha$  取 0.4 为桩端天然地基土的承载力折减系数)

(3) 面积置换率  $m = (f_{pk} - \beta f_{sk}) / (R_k^d / A_p - \beta f_{sk}) = 19.6\%$  ( $\beta$  取 0.5, 为桩间土承载力折减系数)

(4) 桩距确定  $A_1 = A_p / m = 1.44 \text{ m}^2$ ;  $\sqrt{A_1} = 1.20 \text{ m}$

(5) 复合地基承载力标准值确定  $f_{pk} + \beta(1 - m)f_{sk} = 150 \text{ kPa}$  满足设计要求。

(6) 下卧层验算: 因粉喷桩处理范围以下土质好, 不存在软弱下卧层, 故按规范规定不需进行下卧层强度验算。

(7) 地基变形验算: 粉喷桩地基变形计算, 目前尚无现行规范, 仍采用分层总和法。粉喷桩复合地基的变形  $S$  包括复合土层的压缩变形  $S_1$  和桩端以下处理土层的变形  $S_2$ 。其中  $S_1$  可根据上部荷载、桩长、桩身强度等按经验取  $10 \sim 30 \text{ mm}$ 。 $S_2$  可按分层总和法计算, 即  $S = S_1 + S_2$ 。

### 3 工程检测结果与沉降观测

文港组团住宅楼进行了静载试验和成桩后 7 d 内进行  $N_{10}$  轻便触探试验。静载测试测得复合地基的承载力标准值均不小于  $150 \text{ kPa}$ ; 1# 住宅楼的粉喷桩  $N_{10}$  轻便触探  $N_{10} = 37$ , 2# 楼  $N_{10} = 38$ , 3# 楼  $N_{10} = 37$ , 故桩身强度均为  $450 \text{ kPa}$ , 且未见明显缺陷。两者测试均满足设计要求。施工中及竣工后, 对建筑物进行了沉降观测, 各测点和竣工后的累计下沉如图 1 所示。发现其最大沉降量为  $36 \text{ mm}$ , 达到了预期的处理效果。

### 4 几点认识

#### 4.1 桩位布置与置换率

粉喷桩的布置形式对处理效果影响较大, 一般根据工程地质特点和上部结构要求可采用柱状、壁状、格栅状以及长短桩相结合等不同处理方式。可只在基础范围内布桩。柱状处理可采用正方形或等边三角形布桩形式, 其桩数可按下式计算:  $n = mA / A_p \dots (1)$ ,  $n$  为桩数,  $A$  为基础底面积。

桩位的平面布置应按适当的置换率  $m$  和较小的总延长米数  $M$  为原则。面积置换率  $m$  不能太小, 否则, 单桩承载力要求过高, 水泥土强度或

施工机械不能满足要求; 面积置换率也不能太大,

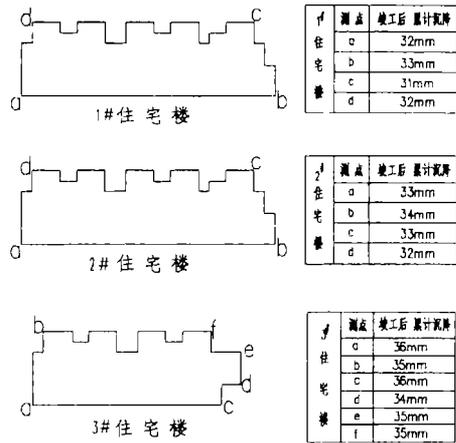


图 1 1#、2#、3# 住宅楼各测点沉降图

Fig.1 Sedimentation Graph of Each Testing Spot of Houses 1,2,3

否则桩数太多、桩距太密、影响单桩承载力的发挥, 不经济。

#### 4.2 垫层作用

工程中采用 100 厚 C10 素砼垫层, 200 厚 1:1 碎砖砂垫层(夯实)。垫层作用: ①保持基础底面平整、筋的平整, 保证很好地施工; ②基础筋保持层为 35 mm, 如无 C10 砼垫层时, 其筋保持层为 70 mm, 这样可增加基础有效计算高度; ③有了垫层, 凿去上部质量较差段后的粉喷桩顶标高可至垫层底, 有可能减少基础高度(高度还受剪切控制), 增强基础抗冲切能力, 如图 2 所示。

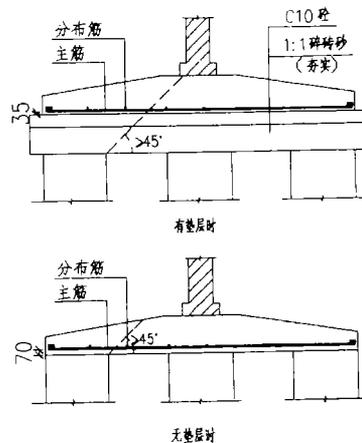


图 2 垫层作用比较图

Fig.2 Comparing Graph of the Roles of Subcrust

#### 4.3 重点部位处理

有集中力作用部位, 如混合结构有挑梁作用的部位, 相应墙下基础的设计, 两开间之间的横墙取消时, 相应纵墙下基础的设计等必须重点考虑,

重点设计。除按公式(1)计算外,还应考虑建筑物的沉降、基础的受力均匀、上部结构的刚度等问题,必要时,必须增设基础梁,真正做到沉降稳定、均匀。

#### 4.4 $\beta$ 的取值问题

桩间天然地基土承载力折减系数  $\beta$  是反映桩土共同作用的一个参数。它的取值一般以桩端土的软硬而定:当桩端土为软土时, $\beta$  取 0.5 ~ 1.0;当桩端土为硬土时, $\beta$  取 0.1 ~ 0.4;当不考虑桩间软土作用时, $\beta = 0$ 。实际处理设计时, $\beta$  系数还应根据建筑物对沉降要求而定。当建筑物对沉降要求较高时,即使桩端是软土, $\beta$  也应取小值,这样较为安全。反之,当建筑物对沉降要求较低,容许有较大沉降时,即使桩端为硬土, $\beta$  也可取大值,这样较为经济。

#### 4.5 水泥掺量的影响

试验表明,水泥土的强度随着水泥掺入量的增加而增加,水泥掺入量的多少可以用掺合比  $\alpha_w$  表示, $\alpha_w =$  掺加的水泥量/被加固的泥土重量。实际工程中水泥掺合比根据要求选用。本例水泥掺合比之所以选用 15%,是由于桩端进入好土粉砂层,要求其水泥土强度,桩身强度高。

#### 4.6 桩的质量检验

由于盐城地区的特殊性,所有的粉喷桩必须

进行如下测试:①用轻便触探( $N_{10}$ )在成桩后 7 d 内进行桩身质量检验。②进行复合地基的静载试验。

因复合地基载荷试验和天然地基土载荷试验比较,不论压板尺寸或者地基的性能都有较大差别,故天然地基土载荷试验的一些主要规定已不再适用。而且目前国内外还没有一个统一的有关在地基上进行载荷试验的规程,只能由国内外长期实践取得的经验来确定。

## 5 结语

(1)由于粉喷桩地基处理理论发展的滞后,往往不能满足指导工程实践的要求。导致某些工程管理失控、施工质量低劣,阻碍了该法的应用和发展,甚至在某些地区被迫停止使用。

(2)施工设备在这项技术发展初期,起到了一定的带动作用,随着该法的全面发展,目前在定量控制(如喷粉速度、喷粉量、均匀度等)方面做得不及初期,以至于粉喷桩的施工质量不易控制。

(3)建议尽快颁布关于粉喷法地基处理技术规范或规程,用来指导施工,以便于质检部门、设计单位对施工单位进行监督,保证复合地基的质量。

## Anatomizing and Analyzing The Example of Designing

Zhang Ronglan Zhao Yongdong

(Construction Designing office of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC)

**Abstract** By way of the project examples of powdered jet pile treating soft clay foundation, this paper not only anatomizes the designing methods, analyzes the advantages, but also explores the ways to optimization design of compound foundation of powdered jet pile.

**Keywords** powdered jet method; design; construction

(上接第 7 页)

## Preparation of Calcium Iron Silicate Ferromagnetic Glass-Ceramics

Chen Jianhua<sup>1)</sup> Li Yuhua<sup>1)</sup> Ma Lixin<sup>2)</sup> Yang Nanru<sup>2)</sup>

(1) Department of Building Material Engineering of Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224003, PRC)

(2) Nanjing University of Chemical Technology, Nanjing 210009, PRC

**Abstract** The ferromagnetic glass-ceramics, used as thermal seeds in hyperthermia for tumor, was prepared in  $Fe_2O_3$ -CaO-SiO<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> system. The crystal grain size of magnetite in the ferromagnetic glass-ceramics heat-treated at 950 °C is 70 nm approximately and its specific saturation magnetization is 394.6 A·m<sup>2</sup>/kg. It was approved that the maximum proportion of  $Fe_2O_3$  in the batch from which the glass could be formed was 37.73 w%, and the ferromagnetic glass-ceramics, magnetite as the main crystal, can be obtained only if the glass is heat-treated in reduce atmosphere.

**Keywords** Glass-Ceramics; Ferromagnetic; Hyperthermia; Tumor