

文章编号: 1007-6492(1999)04-0110-03

## 回填土地基处理方案的枚举优化决策

金波, 马哈倭

(郑州市城市建设开发总公司, 河南, 郑州 450006)

**摘 要:** 不良地基上的处理目的是为了地提高地基土承载力, 以龙湖新城别墅区回填土地基处理方案的优选为例, 介绍了实际工程中不良地基处理方案的枚举法优选决策方法, 通过对灰土挤密桩法、CFG桩法、强夯法、深层搅拌桩法 4 种方案进行比较优化, 选择采用深层搅拌桩法, 处理后的地基土不但承载力等各项达到设计要求, 并且降低了投资, 对同类工程具有一定的参考价值。

**关键词:** 回填土地基; 枚举法; 优化

**中图分类号:** TU 449

**文献标识码:** B

龙湖新城属郑州市政府命名的“生态环境示范区”, 该区位于新郑市龙湖镇东, 围湖而建。原始地貌属于河流堆积侵蚀地貌单元, 场内冲沟较发育, 深度 6.0~9.0 m 不等。1993 年刚开发时, 根据实际需要进行了填埋, 由于时间紧迫, 没有进行分层压实处理, 随着开发工程的不断进展, 这部分回填土上要兴建别墅区, 因而回填土地基处理成为必需。

根据地质勘察公司提供的报告, 该区地层结构为: (1) 表土: 褐黄色粉土, 有虫孔, 一般为耕土, 厚度 0~1.3 m, 结构松散; (2) 填土: 粉土, 褐黄色, 结构疏松, 揭露沟底深度达 8.5 m (最深处), 强度不均, 含水量为 6.2%, 塑性指数  $I_p = 8.3$ , 压缩模量  $E_s = 13.8$  MPa, 地基承载力标准值  $f_k$  未知; (3) 粉土: 褐黄、浅褐黄, 稍湿, 稍密, 见植物根, 具砂性, 厚约 0.9~2.6 m, 含水量为 9.0%~15.7%,  $I_p = 7.0$ ,  $E_s = 5.89$  MPa,  $f_k = 145$  kPa; (4) 粉土: 褐黄、黄灰色, 稍湿, 中密, 具气孔, 该层全区均有分布, 厚约 1.7~3.8 m, 含水量为 12.6%,  $I_p = 6.6$ ,  $E_s = 7.21$  MPa,  $f_k = 160$  kPa。

不良地质现象: 上部地层具有轻微湿陷, 深度 5 m 以浅, 湿陷系数在 0.004~0.036 之间, 等级为 I 级湿陷。

承载力: 第 2 层以下以粉土、粉砂为主, 承载力标准值均在 140 kPa 以上, 变形值较低, 位于地下水位以上, 所以设计取值为 140 kPa, 地基处理

后要求达到这个数值。

### 2 地基处理方案的枚举法优选

根据上述地质条件, 考虑到需处理土层为新回填土及上部建筑物均为低层和多层结构的地基承载能力和压缩变形能力的要求, 我们枚举了在郑州市应用较为广泛和工程施工水平较为成熟的几种回填土地基处理方案。

#### 2.1 灰土挤密桩法<sup>[1]</sup>

土(灰土)桩是加固地下水位以上素填土、杂填土地基的一种常用方法。利用打入钢管或振动沉管或爆破等方法在土中成孔, 使桩孔部分土体被强制挤向桩孔周围的土中, 使桩周土孔隙减小, 密实度增大, 压缩性降低, 承载力提高。

一般情况下处理深度宜为 5~15 m, 对含水量大于 23% 及饱和度超过 0.65 的土层, 加固效果难以保证。本工程地基土含水量最大值为 18.5%, 饱和度 < 0.65, 处理深度要求为 6~9 m, 故可采用灰土挤密桩法处理地基土。按此设计桩径选择为 500 mm, 桩间距 900 mm, 压实系数保证  $\geq 0.97$ , 承载力标准值限定不大于处理前的 2 倍。

#### 2.2 CFG 桩法<sup>[2,3]</sup>

CFG 桩是灰土桩的一个改进桩型, 适用于处理粉土、杂填土等不良地基, 以石屑、粉煤灰、水泥为主要桩体材料, 能有效地提高地基承载力和增大地基土压缩模量。本工程采用此桩型处理地基

收稿日期: 1999-05-12; 修订日期: 1999-09-13

作者简介: 金波(1963-), 男, 河南省长垣县人, 郑州市城市建设开发总公司工程师, 主要从事建筑设计与施工方面的研究。

时,设计结果为:桩径 400 mm,砼强度等级 C 20,桩长 6~9 m,桩间距 900 mm.

### 2.3 强夯法

强夯法适用于塑性指数  $I_p \leq 10$  的杂土、素填土等地基处理,对高饱和度的粘性土,处理效果不显著.本工程地基土塑性指数为  $I_p = 8.3$ ,适合采用强夯法处理.设计结果为:单位最大夯击能取  $3800 \text{ J/m}^2$ ,有效加固深度 8~10 m,加固范围为超出上部结构基础外缘 3 m,夯击遍数为 2 遍,两次夯击间歇时间为 3~4 周.

### 2.4 深层搅拌桩法

根据 JGJ 79-91 的规定,该地基土也适用深层搅拌法,根据复合地基承载力的计算公式

$$f_{sp,k} = m \frac{R_k^d}{A_p} + \beta(1-m)f_{s,k},$$

其中,  $f_{s,k}$  为桩间天然地基土承载力标准值,此值勘察报告中未提及,计算时无法确定,但由于已有 5~6 年的沉积,  $f_{s,k}$  不会等于 0,故计算时考虑取低值.

考虑回填土再沉积时有可能带来负作用,桩径 600 mm,水泥渗入量 12%,桩距 800~900 mm,桩端深入老土中至少 0.5~1.0 m.

上述 4 种桩均可使用,现对每一种进行实际分析:第 1 种方法的关键问题是地基土原承载能力的确定.由于勘察报告中没有提及,无法确保处理前的承载力至少大于 70 kPa.另外,在实际施工中应保证压实系数  $\geq 0.97$ ,由于回填土疏松,稳定性也不好保证;第 2 种桩体造价较高,施工机械体积大,不易运输安装,但桩体的承载力明显优于其它桩体;第 3 种方法经济性好,特别对于较浅的地基土处理较好,若太深就不易保证夯击的质量,施工周期较长,处理的范围过大,增加了工作量,土质没有改变;第 4 种方法施工较简单,固化材料使用普通水泥,改变后的土质较优良,经济上相对较省,施工时间短且能保证质量.

综合以上分析,根据施工单位的实际施工能力和土质的机械性能,决定采用第 4 种深层搅拌法,使用水泥土桩改良地基承载力,并且在实际施工时,注意桩底部分要缓慢上提,以保证落在老土上的桩端部分有足够的接触面积和端承载力.为充分利用桩的强度,桩长根据回填土的深度不同而定.

## 3 处理后地基对上部结构的设计要求

规范的基本规定要求,在选择地基处理方案

时,应考虑上部结构、基础和地基的共同作用.因此处理方案确定后,要求设计单位要注意构造措施的加强,增加地圈梁的强度,在宽度  $\geq 1800 \text{ mm}$  的洞口两边附加构造柱,严格按抗震和构造要求进行设计和施工.在大面积施工前,应首先选择有代表性的桩基进行试抗和承载试验,以获取准确的数据,确保工程质量.

对于别墅区,不但要保证别墅主体结构的安全,也要考虑房屋的室内地面、室外地坪及区内道路的安全性.若在某一方面出现裂缝和沉降,对整个环境和安全形象都会造成不良的影响.为此考虑采用如下方法加以解决:

(1) 室内地面.在施工时,室内地面以下的土已有部分被挖掉,现在要求全部挖掉,整个室内回填二八灰土,使每个房间成为一个整体,在做混凝土地面时,混凝土中加  $\Phi 4$  冷拔丝、@150 的钢丝网片,使整个地面形成一个整体,即使稍有下沉,也是整体性的,避免局部出现裂缝.

(2) 室外地坪.由于地坪上还有种花、植草、植树等绿化工程,所以土的基本性质不能改变.建议采用夯击法,离房屋周围 3 m 范围内采用重夯,加固深度不小于 3 m,土的承载力不小于 90 kPa,以保证土的稳固性,降低水的渗透率,3 m 以外不再夯击.因为一方面是地面上负荷很小,另一方面要保证土壤的疏松状,以便绿化工程的进行.

(3) 道路的沉降问题.道路的安全等级在人们的心目中不要房屋那样被重视,但有时它的局部承荷也不小.若采用深层搅拌桩,则显得有点儿浪费,因为布桩面较宽,所以还是采用夯击法加固道路地基.首先弄清路基所在的地段的地基土情况,若在老土上则不需要夯击,按一般情况施工;若在回填土地基上,则根据回填土的深度,夯击深度不小于其深度的  $2/3$ ,并且达到一定的强度要求(承载力不小于 80 kPa).人行道及外机动车道采用下挖 0.5~1.0 m 后,用二八灰土回填到设计标高的办法处理.

## 4 地基处理效益的工程检测及经济分析

### 4.1 处理后地基检测结果

单桩载荷试验:共抽取 4 栋别墅,每栋随机抽取 3 根,共 12 根试验桩,压板采用方形,设计荷载 126 kPa,试验荷载至少加至 280 kPa;承载力基本值的确定:取  $s/d = 0.006$  所对应的荷载,即压板沉降量等于 0.36 mm.根据 JGJ 79-91 的规定<sup>[4]</sup>,复合土层压缩变形值取 25 mm,桩端未处理土层

的压缩变形值取  $24 \text{ mm}$  ( $12 \text{ m} \times 0.002 = 24 \text{ mm}$ ), 合计总变形值取  $49 \text{ mm}$ .

结果显示:其中 10 根试验桩试验桩完全符合要求,另有 1 根加荷至  $230 \text{ kPa}$  时符合要求,还有一根加至  $200 \text{ kPa}$  时,累计沉降量已大于直径的 10%,不符合要求,经检查施工记录,发现在挖桩时,该桩底下有树根存在,可能没有清理完全,后来采用加补桩的办法给予解决.

多桩载荷试验:共抽取 4 栋别墅,每栋一组,5 桩组合进行试验,压板采用方形,设计载荷  $560 \text{ kPa}$ ,试验载荷至少加至  $1200 \text{ kPa}$ .

结果显示:4 组 5 根组合桩,全部符合要求,当载荷加至  $1200 \text{ kPa}$  时,各种控制参数完全符合要求,后有 2 组加至  $1300 \text{ kPa}$  时,有稍微沉降,但一小时沉降量  $< 0.1 \text{ mm}$ ,符合要求.

地基处理后,地基土的主要物理力学性质指标为:含水量为  $10.2\%$ ,  $I_p = 6.8$ ,  $E_s = 6.74 \text{ MPa}$ ,  $f_k = 142 \text{ kPa}$ . 这个指标已接近地质报告中的第三、四层持力土层的指标要求,并达到设计的要求,特别是  $f_k$ ,有了确定值.

#### 4.2 经济效益和社会效益

经过地基处理等综合治理,整个别墅区地质

条件得到明显改善,处理后地基土的承载能力和地基压缩变形性能均达到设计要求.根据设计单位提供的解决办法有 2 个:一个是全面大开挖,把所有的杂填土换用了三七灰土分层夯实填上来,根据这样计算,每栋别墅需开挖土方  $1350 \text{ m}^3$ ,然后再回填,这样根据定额计算需支付  $10.2$  万元;另一个是使用加筋砼端承桩,桩径  $500 \text{ mm}$ ,桩深  $8.0 \sim 10.0 \text{ m}$ ,每桩需要混凝土量约  $500 \text{ m}^3$ ,预算造价  $12.5$  万元,而根据现在的方法,每栋使用  $60 \sim 70 \text{ t}$  水泥,预算造价  $4.76$  万元,由此可以比较出:采用第 1 种合计节约  $108.8$  万元左右;采用第 2 种合计节约  $154.8$  万元,并且地基处理工程的工期得到显著提前,创造了良好的社会效益和经济效益.

#### 参考文献:

- [1] 徐淑京,吴延珍.深层搅拌桩复合地基的基础设计方法[J].工程力学,1998,15(增刊):486-490.
- [2] 龚晓南.复合地基[M].杭州:浙江大学出版社,1992.
- [3] 刘景政,杨素春,钟冬波.地基处理与实例分析[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [4] JGJ 79-91,建筑地基处理技术规范[S].

## Enumerative Optimal Decision of Treatment Schemes of Backfill Foundation

JIN bo, MA Han-jie

(Zhengzhou Urban Construction & Exploitation General Company, Zhengzhou 450006, China)

**Abstract:** The treatment of the bad soil of the foundation is an essential method of enhancing its bearing capacity and improving its compression deformation performance. Taking the optimal choice of the treatment schemes of backfill foundation of the villa area in Longhu New City as an example, this paper introduces the enumeration method of optimal decision for treatment schemes of bad foundations in engineering practice. Comparing four projects of dense pressing of lime and soil, CFG piling method, dynamic compaction, deep layer stirring, this paper chooses deep layer stirring, which not only improves bearing capability water content, plasticity index, compression modulus, but also reduces the investment cost of the construction structure, and it may have certain reference value for similar projects.

**Key words:** backfill foundation; enumeration method; optimum