

文章编号:1009-6825(2005)01-0073-02

## 水泥搅拌桩在加固非软土地基中的应用

常晓青

**摘 要:**针对水泥搅拌桩在加固非软土地基中的应用,就水泥搅拌桩的加固机理及适用范围进行了论述,结合具体工程应用实例,指出水泥搅拌桩(桩)具有设备简单、施工方便、施工周期短、造价低等优点,值得推广。

**关键词:**水泥搅拌桩,加固,非软土地基

**中图分类号:**TU472.36

**文献标识码:**A

水泥搅拌桩自20世纪70年代末开发至今已有20多年了,开始用于加固沿海如上海、天津等地的饱和软土,在理论和实践中取得了成熟经验,由于该工法具有设备简单(主要有成桩钻机、灰浆搅拌机、空压机及供料机),施工方便(不需水源、排污,场地干净,噪音小),施工周期短及造价低(比灌注桩节省30%~50%,比水泥灰砂桩节省10%)等优点,很快在国内被推广应用。随着工程建设规模的扩大,上部结构对建筑地基的要求越来越高,承载力越来越大,而要求加固的建筑场地越来越广,使原加固软土地基的水泥搅拌桩(桩)加固技术受到了限制,为适应当前工程建设的需要,下面介绍水泥搅拌桩在加固非软土地基中的应用。

## 1 加固机理及适用范围

水泥搅拌技术是以水泥或石灰粉作固化剂,通过特制的搅拌机钻头,用压缩空气将固化剂喷入或搅拌入地基中,凭借钻头将地基土和水泥强制搅拌混合,使之产生一系列物理及化学反应,据有关资料,水泥土的硬化机理有:1)水泥的水解和水化反应,生成了不同的水泥矿物;2)粘土颗粒与水泥水化物的作用,主要包括离子交换作用和团粒化作用及硬凝反应;3)碳酸化作用,使地基土硬结成具有连续整体性强、稳定性好和强度高的柱状水泥加固体,这种加固体称为水泥搅拌桩(桩),这样的搅拌桩和桩间土组成复合地基,从而提高地基强度和增大变形模量。大量的室内试验和现场实践证明,水泥土的抗压强度随水泥掺入量的增加而增加,水泥的掺入量控制在5%~25%范围内,其无侧限抗压强度为300 kPa~4 000 kPa,其变形特征随强度变化而表现为弹塑性至脆性体,属柔性体范畴。

需要指出的是:在地基处理中,水泥土搅拌体的抗压强度是一个关键指标,而影响水泥搅拌桩抗压强度的因素较多,主要是:水泥标号、水泥掺入量和被搅拌对象的性质(如淤泥、淤泥质土、粘性土、砂类土、填土等)。据有关试验资料证明,当采用标号为425号或525号水泥,以15%~25%的水泥掺入量与粉质粘土、粉土或粉细砂拌和时,其形成的水泥混合体的无侧限抗压强度可达4 MPa~15 MPa,如果以15%~25%的水泥掺入量与中粗砂或砾石拌和时,其形成的水泥混合体的无侧限抗压强度可达15 MPa~35 MPa,其变形刚度也表现出柔性体,半刚半柔性体至刚性体的变化。由此看出,水泥搅拌桩(桩)应用到非软土尤其是砂土类土的地基加固,比现行的地基处理方法更具有优越性。

## 2 设计计算

JGJ 79-91 建筑地基处理技术规范(以下简称为处理规范)有关搅拌桩复合地基计算公式:

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

$$R_k^d = \eta f_{cuk} A_p \quad (2)$$

$$R_k^d = \bar{q}_s \cdot U_p \cdot L + \alpha \cdot A_p \cdot q_p \quad (3)$$

式中: $f_{sp,k}$ ——复合地基的承载力标准值;

$m$ ——面积置换率;

$A_p$ ——桩的截面积;

$f_{s,k}$ ——桩间天然地基土承载力标准值;

$\beta$ ——桩间土承载力折减系数,当桩端土为软土时,可取0.5~1.0;当桩端土为硬土时,可取0.1~0.4,当不考虑桩间软土的作用时,可取零;

$R_k^d$ ——单桩竖向承载力标准值,取(2)式和(3)式中小值;

$f_{cuk}$ ——与搅拌桩桩身加固土配比相同的室内加固试块的无侧限抗压强度平均值;

$\eta$ ——强度折减系数,可取0.35~0.5;

$\bar{q}_s$ ——桩周土的平均摩阻力,对淤泥可取5 kPa~8 kPa;对淤泥质土可取8 kPa~12 kPa;对粘性土可取12 kPa~15 kPa;

$U_p$ ——桩周长;

$L$ ——桩长;

$q_p$ ——桩端天然地基土的承载力标准值;

$\alpha$ ——桩端天然地基土的承载力折减系数,取0.4~0.6。

需要指出的是,上面公式(1),(2),(3)只适用于处理地基承载力标准值不大于120 kPa的粘性土等地基,处理规范给出的设计参数 $\beta$ , $\eta$ , $q_s$ 及 $\alpha$ 的取值只适用于处理承载力标准值不大于120 kPa的粘性土。

当水泥搅拌桩(桩)用于处理大于120 kPa的粘性土,甚至用于处理大于180 kPa的粘性土及砂类土时,处理规范给出的设计参数 $\beta$ , $\eta$ , $q_s$ 及 $\alpha$ 值显然是不合适的,如何选取呢?根据有关资料及工程实践建议:

1)单桩竖向承载力可按公式(3)进行计算;

2)桩周土摩阻力标准值 $q_s$ 及桩端土承载力标准值 $q_p$ 可按地基89规范有关规定取值;

3)桩端天然地基土的承载力折减系数 $\alpha$ 由0.4~0.6改取0.6~0.8。

4)桩间土承载力折减系数 $\beta$ 可取0.7~1.0。

## 3 实例计算

### 3.1 工程概况及地质情况

运城某高层建筑,框剪结构,筏板基础,要求地基承载力标准值290 kPa,场地位于太行山前冲积扇,基底以下地层如下:

①粉质粘土,厚度2.0 m,黄褐色,可塑,液性指数 $I_L=0.75$ ,桩周摩阻力 $q_s=25$  kPa,地基承载力标准值 $f_k=180$  kPa;

收稿日期:2004-10-21

作者简介:常晓青(1965-),男,1988年毕业于太原工业大学水文地质及工程地质专业,工程师,晋城市科兴造价股份有限公司,山西 晋城 048000

文章编号:1009-6825(2005)01-0074-02

## 地基处理技术的发展与现状

康旭元

**摘要:**概述了地基处理技术的概念、分类及方法,重点综述了我国地基处理技术的发展历程与现状,提出了地基处理技术的最新动向,并对其前景进行了展望。

**关键词:**地基处理,发展与现状,前景展望

**中图分类号:**TU470.1

**文献标识码:**A

## 1 概述

我国国民经济的高速发展,带动了岩土工程迅猛发展。由于基建规模的日益扩大,建筑用地资源日趋紧张,为了充分、有效、科学、合理地利用这一资源,使天然软弱的地基得到补强加固,以提高地基强度,保证地基的稳定性;降低地基的压缩性,减少地基的沉降和不均匀沉降;为消除地基土的振动液化潜势及消除湿陷性土的湿陷性、膨胀性土的膨胀性等各种土质的不良特性,以改善地基条件,达到满足地基强度、变形及其稳定性要求。这就是地基处理技术在理论和实践中研究与解决的课题。为此,由于土质软弱,不能满足建筑物强度或变形要求,或者由于动力荷载作用而可能产生液化、失稳和震害等危害,或由于吸水产生沉降及由于吸水而引起膨胀失水且下陷的场地必须进行人工加固处理。这种对不良场地进行补强加固的过程称为地基处理。

②粉土,厚度2.0 m~3.0 m,黄褐色,孔隙比 $e=0.8$ ,天然含水量 $w=19\%$ ,桩周摩擦力 $q_s=25$  kPa,地基承载力标准值 $f_k=170$  kPa;

③粉砂,黄白色,标贯 $N=20\sim 25$ , $q_p=1$  MPa, $f_k=180$  kPa~200 kPa。

地下水属上层滞水,水位随季节而变化。

## 3.2 加固设计

根据工程要求及地层情况,经优选,决定采用水泥搅拌桩加固,设计桩长为4.0 m及5.0 m两种,桩径为500 mm,桩体强度小于1.5 MPa,水泥渗入比为15%,桩距 $S=1.6$  m,置换率 $m=0.07$ ,采用普硅425号水泥并加入适量早强剂,水灰比为0.95。

## 3.3 设计计算

1)按处理规范公式计算

当桩长为4.0 m时, $\bar{q}_s$ 取25 kPa, $\alpha$ 取0.7, $d=500$  mm, $q_p=1$  MPa。

单桩竖向承载力标准值计算:

$$R_k^d = \bar{q}_s \cdot U_p \cdot L + \alpha \cdot A_p \cdot q_p = 25 \times \pi \times 0.5 \times 4 + 0.7 \times \pi \times$$

## 2 地基处理技术的发展与现状

地基处理在我国有着悠久的历史,早在3 000年前就有采用竹子、木头以及麦秸等材料加固地基的史料记载<sup>[3]</sup>。新中国成立后,特别在近20年来得到了迅猛发展。回顾近50年来我国地基处理技术的发展历程大体经历了两个阶段。

第一阶段:20世纪50年代~60年代为起步应用阶段,这一时期大量地基处理技术从前苏联引进国门,最为广泛使用的是垫层等浅层处理法。主要为砂石垫层、砂桩挤密、石灰桩、灰土桩、化学灌浆、重锤夯实、预浸水法及井点降水等地基处理技术应用于工业民用建筑。由于是起步阶段,既有成功之经验,又有盲目照搬之教训。

第二阶段:20世纪70年代至今,为应用、发展、创新阶段。大批国外先进技术被引进、开发,并结合我国自身特点,初步形成了

$$(0.5/2)^2 \times 1\,000 = 294.52 \text{ kN};$$

当桩长为5.0 m时:

$$R_k^d = \bar{q}_s \cdot U_p \cdot L + \alpha \cdot A_p \cdot q_p = 25 \times \pi \times 0.5 \times 5 + 0.7 \times \pi \times (0.5/2)^2 \times 1\,000 = 333.7 \text{ kN}。$$

2)复合地基承载力标准值计算

$$f_{sp,k} = mR_k^d/A_p + \beta(1-m)f_{s,k} = 0.07 \times 333.7/\pi \times 0.025^2 + 1 \times (1-0.7) \times 200 = 304.97 \text{ kPa}。$$

进行4根单桩复合静载试验,压板面积为2.50 m<sup>2</sup>,对应沉降量为7.5 mm~7.6 mm,单桩复合地基承载力标准值为300 kPa~310 kPa,与公式计算值(304.97)相当,满足设计要求(290 kPa)。

## 4 结语

水泥搅拌体(桩)具有设备简单,施工方便,施工周期短,造价低等优点,是一个值得推广的工法,水泥搅拌体(桩)不仅适用于加固软土地基,还可用于加固非软土地基。

**参考文献:**

[1]GBJ-89,建筑地基基础设计规范[S].

[2]JGJ 79-91,建筑地基基础处理技术规范[S].

## Application of cement mixed pile in stabilizing non-soft foundation

CHANG Xiao-qing

(Jincheng Kexing Cost Co. Ltd., Jincheng 048000, China)

**Abstract:** In connection with application of cement mixed pile in stabilizing non-soft foundation, it discusses stabilizing mechanism of cement mixed pile and its applicative range. Combined with concrete example of project, it points out that this pile has many merits such as simple facility, convenient construction, short constructive period, low cost and so on, which deserves to be popularized.

**Key words:** cement mixed pile, stabilization, non-soft foundation

收稿日期:2004-10-15

作者简介:康旭元(1969-),男,1992年毕业于长春地质学院水文与工程专业,工程师,山西铁龙地基与基础工程有限公司,山西太原 030024