

建筑施工新技术

顾 轲 蒋亭玲

山东科学技术出版社

建筑施工新技术

顾 轲 蒋亭玲

山东科学技术出版社

鲁新登字 05 号

建 筑 施 工 新 技 术
顾 炯 蒋 亭 玲 编 著

*

山东科学技术出版社出版
(济南市玉函路 邮政编码 250002)
山东省新华书店发行
山东新华印刷厂临沂厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 27.5 印张 600 千字
1994 年 11 月第 1 版 1994 年 11 月第 1 次印刷
印数:1 10000

ISBN7-5331-1373-X
TU·65 定价:30.00 元

目 录

第一章 地基加固及深基础施工技术	1
第一节 振动水冲法.....	1
第二节 强夯法	16
第三节 深层搅拌法	25
第四节 旋喷法	31
第五节 地下连续墙	35
第六节 大直径灌注桩	55
第七节 钻孔压浆成桩法	58
第二章 高层建筑结构施工技术	60
第一节 概述	60
第二节 垂直运输设备	64
第三节 外用脚手架	79
第四节 滑模施工	86
第五节 大模板施工.....	102
第六节 组合钢模板施工.....	120
第七节 升板法施工.....	135
第八节 爬升模板施工.....	142
第三章 现代预应力混凝土施工技术	154
第一节 使用材料.....	154
第二节 预应力张拉锚固体体系及使用方法.....	161
第三节 预应力工艺的改革.....	181
第四节 后张无粘结预应力混凝土结构.....	191
第五节 大跨度部分预应力混凝土结构.....	197
第六节 整体预应力混凝土板柱结构.....	201
第七节 预应力薄板叠合楼板结构.....	207
第八节 大空间双向预应力井式梁板结构.....	208
第四章 特种混凝土及施工技术	214
第一节 流态混凝土.....	214
第二节 纤维混凝土.....	224
第三节 聚合物混凝土.....	228
第四节 泵送混凝土.....	235
第五节 真空脱水混凝土.....	248

第六节	饰面混凝土·····	254
第七节	粉煤灰混凝土·····	257
第五章	新型装饰材料及施工技术·····	269
第一节	高分子合成材料·····	269
第二节	涂料饰面·····	280
第三节	聚合物水泥砂浆饰面·····	297
第四节	板材饰面·····	301
第五节	马赛克、墙面砖、劈离砖饰面·····	306
第六节	玻璃幕墙·····	311
第七节	罩面板饰面·····	316
第八节	塑料墙纸饰面·····	327
第九节	地面装饰·····	330
第十节	不锈钢柱套等特殊装饰与装修·····	334
第六章	新型防水材料及施工技术·····	342
第一节	高分子防水卷材、改性沥青卷材及施工·····	343
第二节	防水涂料及施工·····	354
第三节	密封材料及施工·····	362
第四节	几种改进的刚性防水屋面·····	370
第五节	卫生间、地下室防水技术·····	384
第六节	堵漏技术·····	390
第七章	现代节约能源及降低能耗技术·····	401
第一节	热介质定向循环蒸汽养护工艺·····	401
第二节	太阳能养护·····	405
第三节	冷轧扭钢筋·····	411
第四节	粗钢筋连接新技术·····	413
第五节	硬质聚氯乙烯塑料管·····	419
第六节	矿渣刨花板和蜂窝夹芯板·····	423
第七节	GRC 外保温板·····	426
参考资料	·····	429

第一章 地基加固及深基础施工技术

当软土地基不能满足沉降或稳定要求时,对地基加固是有效的措施。加固的方法很多,大体上可分为两类。第一类方法的原理是减少或减小土体中的孔隙,使土颗粒尽量靠拢,从而减少压缩性,提高强度,如振动水冲法、强夯法等。第二类方法的原理是用各种胶结剂把土颗粒胶结起来,如深层水泥搅拌法、旋喷法等。

软土的加固方法很多,而且尚在发展,各种方法都有它的适用范围和局限性,选用何种方法,必须根据地基条件、建筑物的重要性、对地基的要求、材料来源、施工机具和期限、加固费用等技术经济因素综合考虑。

为了承受建筑物上部结构的巨大荷载,除对软土地基加固外,尚广泛采取各种传统桩基、地下连续墙及大直径钻孔灌注桩等深基础技术。

第一节 振动水冲法

利用一个产生水平向振动的管状设备,在高压水流的帮助下,边振边冲,使松砂地基变密;或者在软弱粘性土地基中成孔,在孔中填碎石,制成一根根桩体,这样的桩体和原来的粘性土构成承载力比原地基高、压缩性比原地基小的所谓复合地基。这种加固技术叫做振动水冲法,简称“振冲法”。

振冲法开始用于加固松砂地基,适用于中、粗砂和部分细砂或粉砂。它最早由德国提出并应用,后被引入美国、英国、日本和法国。以后,德国和英国相继把这一方法用来处理软弱性粘土,使地基的承载力显著提高。至今,这项技术已被各国推广。

我国在 1978 年,南京水利科学研究院与交通部水运规划设计院试制成功振动水冲器,用来加固砂土和粘性土地基。近几年,又在振动水冲法的基础上,发展了一种干振碎石桩技术。

化工部北京重型机械化公司对六项工程,总进尺 5000m 的振冲加固松散粉细砂进行了总结,对加固效果大体上有以下评价:

1. 以标准贯入和静力触探的数值比较,振冲加固后的地基较原地基可提高 1~3 倍。
2. 复合地基的承载力,振后较振前约可提高 2~3 倍。
3. 沉降量可减少 $1/2 \sim 2/3$ 。
4. 稳定计算中 φ 值可提高 3° 左右。
5. 8° 地震的地基液化基本得到了控制。
6. 从经济效果比较,振冲法费用为预制桩费用的 $1/2$ 左右。

一、松砂的振冲挤密

(一)加固机理

在振冲器的重复水平振动和侧向挤压作用下,土的结构逐渐破坏,孔隙压力迅速增大,土粒便向低势能位置转移,这样土体由松变密。可是当孔隙压力达到大于应力数值时,土体开始转变为流体状态,土粒不时连接,又不时被破坏,因此,土体变密的可能性大大减少。研究指出,当振动加速度为 0.5g 时,土的结构开始破坏;1.0~1.5g 时,土体进入流态;如果振动加速度超过 3.0g,土体发生剪胀,此时土体不但不变密,反而由密变松。

实测资料表明,振动加速度随离振冲器距离的增大而成指数关系衰减。因此,从振冲器侧壁向外,根据加速度大小,可以划分出紧靠侧壁的流态区、过渡区和压密区,压密区以外是无挤密效果的弹性区。只有过渡区和压密区才有显著挤密效果。过渡区和压密区的范围大小取决于土的性质(如起始期相对密度、颗粒大小、形状和级配、土粒比重、剪应力、渗透系数)和振冲器的性能(如偏心力、振动频率、振幅、振动历时)。例如,砂土的起始相对密度越低,即抗剪强度越小,砂土结构破坏所需的振动加速度越小,这样压密区就伸展得越远。由于砂土饱和能降低抗剪强度,可见水冲不仅有助于振冲器在砂层中贯入,还能扩大压密区。在实践中,水量不足,振冲器便难以进入砂层,其道理就在这里。

振动力越大,影响距离必然也大;但扩大的多半是流态区而不是压密区。因此,挤密效果不一定增加很多。在振冲器一般常用的频率范围内,频率越高,产生的流态区越大。高频振冲器虽然容易在砂层中贯入,但挤密效果并不理想。所以,在设计振冲器时,不可一味追求大功能、高频率,而应该使振冲器能产生宽广的压密区。

颗粒越细,越容易产生宽广的流态区。故对于粉土或者粉粒含量较多的粒质砂,振冲挤密的效果很差。缩小流态区的有效措施是向流态区灌注粗砂、砾砂、碎石等填料。因此,对粉土或粉质砂地基不能用振冲挤密法处理,但可用砂桩或碎石桩法处理。

(二)适用的土质

适用的土质范围如图 1—1 所示。在图中把颗粒大小分配曲线的范围分为三个区。级

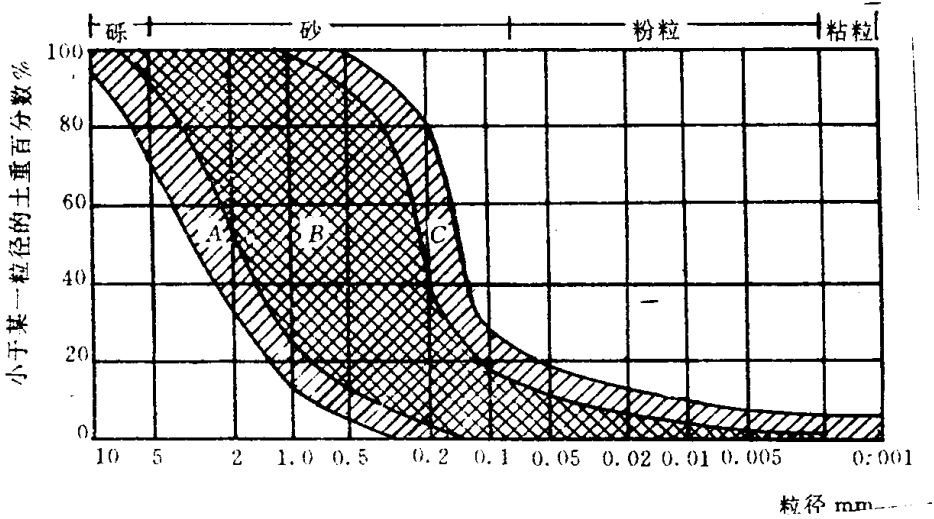


图 1—1 振冲挤密法适用于土质的颗粒大小级配曲线范围

配曲线全部位于 B 区,挤密效果最好。当然,若在砂层中夹有粘土薄层、含有机质或者细料较多,则挤密效果将降低。级配曲线全部位于 C 区,用振冲挤密法有困难;若曲线的小

部分位于C区,大部分位于B区,用振冲挤密法是可以的。级配曲线位于A区的砾、紧砂、胶结砂或者地下水位过深,将大大降低振冲器的贯入速率,这时采用振冲挤密法是不经济的。

砂基的渗透系数大小对挤密效果和贯入速率有影响。若渗透系数小于 10^{-3}cm/s ,不能用振冲挤密法;若渗透系数大于 1cm/s ,由于大量跑水,贯入速率十分缓慢。

(三)挤密点布置和间距

国外经验表明,单个振冲器在洁净砂中的有效影响半径:30 马力(22.07kW)为1.8m,100 马力(73.55kW)为2.7m。

大面积加固,挤密点一般采用等边三角形布置。单独基脚多数采用正方形或长方形布置。

在吹填松砂上造建筑物,为防止砂土液化,先将大面积填砂用较大的间距(2.5~3.5m)按等边三角形布置挤密,然后在建筑范围内、承载力要求较高的地区,在原先布置的等边三角形形心上加做较浅的挤密点。这样安排最经济。

挤密点间距一般为2.0~2.5m。

(四)填料

每个挤密孔的填料量主要取决于填料的颗粒级配、人工铲料入孔的速率以及回水上升速率,其中填料的颗粒级配尤其重要。为判别填料级配的合适程度,按 R. E. Brown (1977)定义叫做“适宜数”,指标 S_n 见下式:

$$S_n=1.7 \sqrt{\frac{3}{(D_{50})^2}+\frac{1}{(D_{20})^2}+\frac{1}{(D_{10})^2}} \tag{1-1}$$

式中: D_{50} 、 D_{20} 、 D_{10} 分别为颗粒大小分配曲线上对应于50%、20%、10%的颗粒直径(mm)。

根据适宜数对填料级配的评价准则见表1—1。

表 1—1 填料级配的评价准则

S_n	0~10	10~20	20~30	30~50	>50
评价	极好	好	可	差	不适合

填料可用粗砂、砾砂、碎石或矿渣。颗粒的最大粒径不能太大,否则不易在孔内下落;也不宜含过多的细料。矿渣和其他填料比较,在相同的级配下,下落速度较慢。

(五)挤密深度

若为提高承载力,减少沉降量,挤密深度不需太深,一般不超过8m。这是因为绝大多数砂土的强度随深度很快增大,压缩性很快减少。

若为抗地震液化,挤密深度应由可液化层的埋深确定。

为提高砂层的抗液化能力,可在砂层中设置砾石桩。对砾石的颗粒级配有一定要求,以免地基砂进入桩体。在制造桩体时,要用大流量水冲,借以尽量提高桩体的渗透系数。

二、软弱粘性土的碎石桩加固

(一)加固机理

按照一定间距和分布打设许多碎石桩的地基叫做“复合地基”。复合地基中的桩体可

以伸到相对硬层,也可以只悬在软弱土层中形成所谓浮式桩。打到相对硬层的桩体,主要起应力集中的作用。由于碎石桩的压缩模量远比软弱土大,因而通过基础传给复合地基的附加应力随着地基变形有集中到桩体上的趋势。这样,粘土负担的附加应力就减少。结果与原地基相比,复合地基的承载力有所提高,压缩性也有所减少。这就是应力集中的作用。就这点来说,复合地基犹如钢筋混凝土,地基中的桩体犹如混凝土中的钢筋。不打到相对硬层的桩体,主要起垫层作用。浮式桩和桩间土一起组成一个刚度较大的人工垫层。垫层能将外加荷载引起的应力向四周扩散,从而提高整个地基的承载力,减少沉降量。这就是垫层的应力扩散作用。

无论打到相对硬层的桩或者不打到相对硬层的桩,在制桩过程中,由于振动、挤压、扰动等原因,将使地基土出现附加的孔隙压力,故强度有所降低。但复合地基完成之后,一方面随着时间原地基土的结构强度逐渐恢复,另一方面孔隙压力向碎石桩逐渐消散,有效应力增大,强度提高。这两部分强度之和常常大于地基土原先的不排水抗剪强度。日本 Aboshi 等人在现场实测,桩体刚制成时,天然不排水抗剪强度降低 10~40%,但经过 30d 后,不排水抗剪强度提高到原有强度的 1.5 倍。总之,复合地基中的碎石桩有三种作用:桩体作用、垫层作用和砂井作用。

还需指出,在软弱粘性土地基中,碎石桩与周围软粘土共同组成复合地基。在这种复合地基中,碎石桩的刚度远比周围土大,因此,大部分荷载将由碎石桩所承担。碎石桩承受荷载后,产生径向变形,并引起周围粘性土产生被动抗力。如果软粘土的强度过低,不能使碎石桩得到所需的径向支持力,那么就达不到加固的目的。因此,天然地基抗剪强度的大小是形成复合地基的关键。一般当天然地基的不排水抗剪强度大于 20kN/m^2 时,使用碎石桩才会取得较好的加固效果。

(二)适用的土质

在国外用两种方法制造碎石桩。一种是在成孔时利用压力水流将孔内的土渣带出孔口,并利用泥浆压力护孔,然后自下而上逐段制桩。这样施工,桩与桩之间的土并不受到严重扰动。这叫振冲置换法,又名湿法。湿法适用于不排水抗剪强度为 $15\sim 50\text{kN/m}^2$ 的软粘土。若不排水抗剪强度小于 15kN/m^2 ,则成桩有困难。另一种方法是用压缩空气代替压力水。当振冲器在土层中贯入成孔时,孔内土体并不被带出口外,而是像打钢筋混凝土桩那样将土体向四周挤开。压缩空气主要用来消除振冲器上提时在下方出现的真空压力,帮助振冲器贯进的作用是很小的。振冲器达设计深度后,再自下而上逐段制桩,这样制成的桩体,轴心部位(直径约 0.6m)将是不含泥的干净碎石。在这样的施工条件下,桩与桩之间的土必然会遭受严重扰动,因此,本法不适用于灵敏度高的粘性土。这叫振动挤实法,又名干法。干法适用于不排水抗剪强度为 $30\sim 60\text{kN/m}^2$ 且不会坍孔的低灵敏粘性土。

(三)填料

湿法施工,填料宜采用粒径 $25\sim 50\text{mm}$ 的圆形或棱角形均匀碎石;干法施工,宜用粒径 $10\sim 100\text{mm}$ 级配良好的棱角性碎石,填料中可以有一定数量的细料,若采用连续喂料制桩的振冲设备,填料宜采用粒径为 $10\sim 40\text{mm}$ 的碎石,因为粒径大于 40mm 时,喂料管容易被堵塞。

(四)桩位布置、间距和桩长

桩位布置有两种：等边三角形布置和正方形(或长方形)布置。前者用于大面积加固，后者用于单独基脚、条形基础等小面积加固。桩的间距一般为 1.5～3.5m。缩小间距不仅能提高复合地基的承载力，而且可以减少沉降量。

关于桩长，如果硬层不太深，尽量把桩打到硬层，这样可减少复合地基的沉降量。如果硬层埋深太大(比如在 15m 以上)，建筑物对沉降又不太敏感，在这种情况下，也可以不打到硬层。不打到硬层的桩与打到硬层的桩比较，承载力基本不降低，但沉降量有所增加。

三、施工设备

振冲法的主要施工机具是振冲器，必须符合以下要求：具有振动挤实的最优振动力或振幅，适宜的振动频率；具有射水成孔、充水护壁并使土体和填料处于饱和状态的供水性能。

江苏江阴振冲器厂制造供应 ZCQ13 型、ZCQ30 型和 ZCQ55 型三种振冲器，其主要技术参数见表 1—2；ZCQ30 型振冲器构造如图 1—2 所示。

振冲器的上部为立式潜水电机，下部为振动机体。电机轴转动时，通过弹性联轴节带动振动机体中的中空轴，中空轴上装有用键连接的偏心块，转动偏心块产生水平向振动力。外径为 25mm 的水管从电机上部穿过电机中空轴至端部进行射水和供水。射水量 0.2～0.3m³/min，射水速度 10～15m/s。振冲器的锥头用硅锰合金钢制成，以增强耐磨性。

潜水电机为鼠笼式，采用 JO₂ 系列 7 号标准片，定子绕组用 NQ 型尼龙护套防水漆包线，电机内充满 DB25 变压器油。上下轴端用骨架油封。电机绕组出头采用耐油橡胶环氧树脂组成的电缆密封接头。工作时振冲器贯入土中，电机外壳被孔中充满的水冷却。

四、施工技术

振动水冲法施工需要的机具设备不多，除振冲器外，主要是起吊装置、泵输送水系统和控制操作台等，如图 1—3 所示。

一般说来，操作工艺较为简单。由于工程所处地基千变万化，各种土质性能差异很大，为了使每一项工程加固都能达到设计要求，就要掌握一定的施工技术。

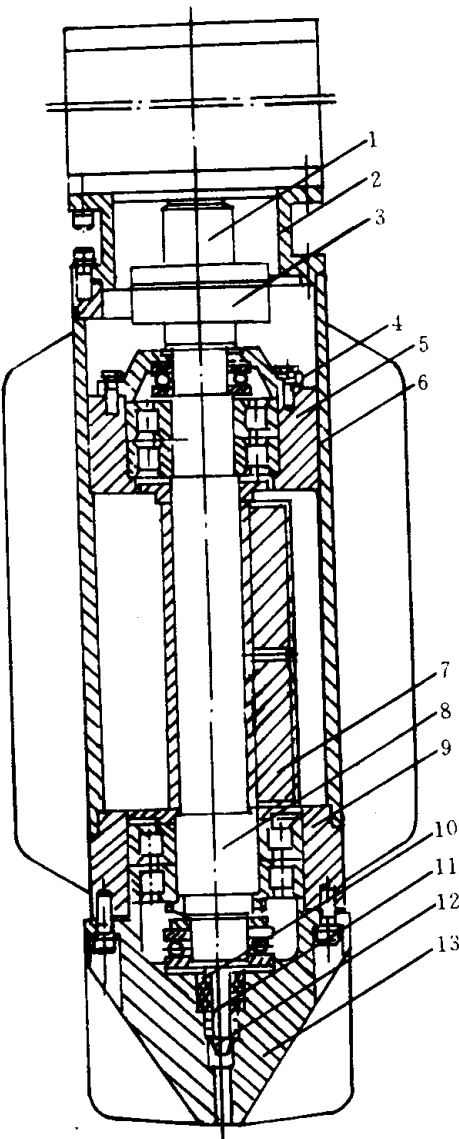


图 1—2 ZCQ30 型振冲器构造

1. 潜水电机 2. 中间接头 3. 联轴节 4. 轴承盖 5. 上轴承箱 6. 壳体 7. 偏心块体 8. 中空轴 9. 下轴承箱 10. 橡胶圈 11. 骨架油封 12. 射水管 13. 锥体头部

表 1--2 振冲器主要技术参数

项 目		号	ZCQ13	ZCQ30	ZCQ55
潜水电机	功率(kW)		13	30	55
	转数(r/min)		1450	1450	1450
振 动 体	振动频率(r/min)		1450	1450	1450
	不平衡部分重量(kg)		29	66	104
	偏心距(cm)		5.2	5.7	7.0
	动力矩(N·cm)		1490	3850	8510
	激振力(kN)		35	90	200
	振幅(自由振动时)(mm)		4.2	5	6
	重力加速度(自由振动时)(g)		4.3	12	14
直 径(mm)			274	351	459
全 长(mm)			1600	1935	2500
总 重(kg)			780	940	1600

(一)施工前的准备工作

1. 熟悉加固现场:施工机械进场前,必须了解现场有无障碍物,加固区域四周留出的空地能否容纳施工机具。采用专用塔架施工时,距离最边一排桩的中心,最少要有 2m 余地;使用吊车施工时,距离可以小些。现场周围的河、沟、池塘,可考虑用来作为施工时的排泥水池。

要注意现场的土层分布情况,特别是软弱夹层的位置,应作为加固的重点。回填场地和老基坑处,如有大的石块、树根和旧基础,要预先清除,否则在加固施工时会损坏振冲器。以上这些,可通过已有的工程地质资料和工程设计资料了解。如遇土质较为复杂的土地,为了更细致地摸清土层情况,可以进一步进行土层钻探勘察。

对于一些重要工程和大型工程,制桩数量较多,应在与加固区土质相同的地方,设置一试验区,通过现场试验,确定下列施工参数:成孔施工合适的水压、水量、成孔速度、填料方法、振动器电机的电流控制值以及需要加固时间。还可大致核实地基土质的情况及各层土质对制桩的反应,如各层所需填料量和所用的时间。对于一些只有几百根桩的小工程,为了节省费用和缩短工期,可不进行试桩工作,可参照以往工程实例,预先确定上述数据。正式施工时,从最初几根桩的制作中,复核这些数据,作为以后制桩的依据。

2. 施工组织设计:其内容是确定施工顺序和施工方法;计算在允许施工期内所需配备的机具设备及水、电、砂石料的耗用量;排出施工计划表,画出施工平面布置图。

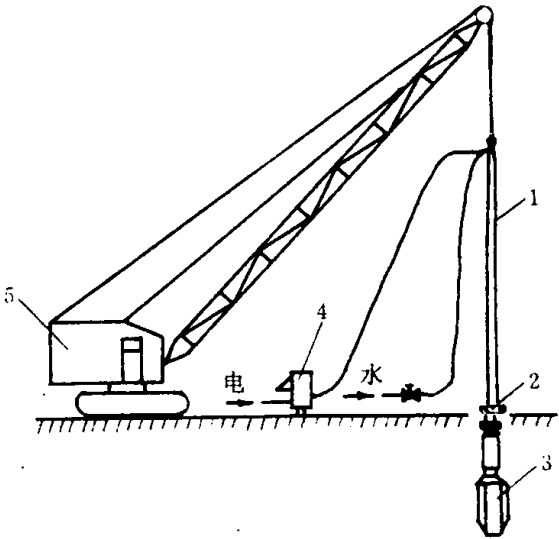


图 1--3 振冲法施工配套机械

1. 吊管 2. 活接头 3. 振冲器 4. 操作台
5. 起重机

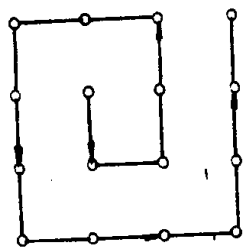


图 1—4 由内向外施工

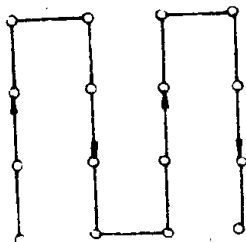


图 1—5 由一边向另一边施工

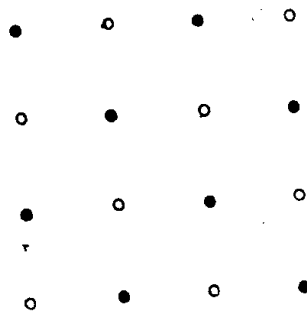


图 1—6 间隔跳打施工

第一次先做●桩,第二次做○桩

(1)施工顺序和施工方法。施工顺序可采用排孔法,即由内向外,或由一端开始,逐步造孔到另一端结束,如图 1—4、图 1—5 所示;或采用跳打法,即同一排孔隔一孔造一孔,反复进行,如图 1—6 所示。这种顺序在强度较低的软粘土地基中施工比较合适,可以减少对地基土的扰动影响;还可采用围幕法,即先造外围 2~3 圈(排)孔,然后造内圈,隔一圈造一圈或依次向中心区造孔。

当加固区附近有其他建筑物时,施工顺序的安排,还要考虑减少对相邻建筑物的影响。这时必须先从邻近的建筑物这边的桩开始施工,然后逐步向外推移,如图 1—7 所示。可以看出,当 A 排桩施工完成后,此排桩就可以形成一道“阻隔墙”,当施工 B 排桩时,施工时产生的振动将受到这道“阻隔墙”的阻隔,而减弱对邻近建筑物的影响。同样,以后在施工 C 排桩时,振动的影响将受到 B 排桩和 A 排桩的阻隔。越往外施工,由于受到越多的阻隔,对邻近建筑物的振动影响就会越来越小。

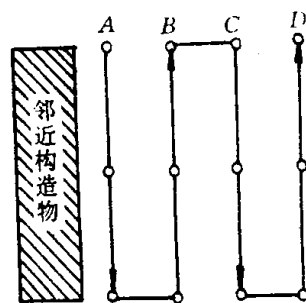


图 1—7 减少邻近构筑物的影响

以 A→B→C→D 顺序施工

施工方法是指加料的方式。一般是把振冲器提出孔口,往孔内加料,然后再放下振冲器进行振密。另一种方式是振冲器不提出孔口,只往上提起一定高度,使振冲器离开原来振密过的地方,然后往孔口加料,再放下振冲器,进行振密。还有一种是连续加料,即在振冲器振密的同时,连续不断往孔内加料,待此深度上振密到规定标准后,振冲器往上提起一定高度,再继续进行振密。

加料方式主要由加固地基土的性质而定。软粘土地基,由于孔道常会被坍塌下来的软粘土堵塞,所以需要进行清孔除泥,不宜使用连续加料方式。砂性土地基的孔道,坍孔现象不像软粘土地基那样厉害,为了提高工效,可以使用连续加料的施工方法。

(2)所需机具设备和耗用水、电、填料的计算:所需的机具设备,主要根据工程量、施工期的长短和土质情况确定。工程量的大小和施工期的长短,常常由设计部门和建设部门商定,这是一个固定的数值。土质情况对制桩的工效影响很大,砂土中制桩工效较高,粘土中制桩工效较低,土越软,工效越低。

①所需配备的施工平车:

$$Q = \frac{N \cdot t}{T_2 \cdot T_1} \quad (1-2)$$

式中:Q——所需配备的施工平车数(台);

T_1 ——施工工期(d);

T_2 ——每天工作时间(h/d);

t ——制桩工效(h/根);

N ——整个工程加固桩的总数(根)。

②耗用填料的计算:

$$V_{\text{料}} = N \cdot v_{\text{料}} \cdot H \tag{1-3}$$

式中: $V_{\text{料}}$ ——全工程所需耗用的填料(m^3);

$v_{\text{料}}$ ——每根桩单位深度所需的填料($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{根}$);

H ——加固深度(m);

N ——整个工程加固桩的总数(根)。

$v_{\text{料}}$ 值可从试桩中统计,无试桩资料时,可取用 $0.6 \sim 0.8 \text{m}^3/\text{根}$ 。此值与土质、上部荷载和设计要求有关。土质较差,上部荷载大和设计要求高时,此值也大。

③耗用水量的计算:

$$W = Q \cdot T_2 \cdot w \tag{1-4}$$

式中: W ——每天所需耗用的水量(m^3);

w ——每台施工平车每小时所耗用的水量(m^3/h)。

其余符号意义同前。如粗略计算,可以取每加固 1m ,需 1m^3 水量值考虑。

①耗用电量的计算:

$$E = Q \cdot e \tag{1-5}$$

式中: E ——每天耗电量(kW);

e ——每台平车耗电量(kW)。

其余符号意义同前。目前使用的施工平车,每台所需电量是 48kW 。

(3)施工平面布置,应包括水路、电路、施工道路的布置,料场、沉泥池和清水池位置的确定。大型工程有多台机具施工时,还应划分每台施工机具包干施工的区域,要注意互不干扰,而又能互相搭接。配电房、现场机修房和临时休息房等,也应有所安排。最后应画出施工平面图。图 1—8 为某工程施工平面图。

(4)施工计划安排,除了考虑工效、工期外,还要根据气候和季节情况灵活安排施工计划。一般冬季有冰冻的地方,不宜安排施工。表 1—3 为某工程的制桩计划表。

根据制桩施工计划的安排,可以列出填料进场的计划表。因为一项工程的总填料量是很大的,不可能一次都预先集中到现场,只能分批进场,为了不延误施工,要预先作出计划,安排各批填料进场日期和数量。根据表 1—3 制订的制桩计划,拟定的填料使用计划见表 1—4。

3. 施工现场的“三通一平”:

(1)水通。一是要保证在加固桩的过程中有足够的压力水源;二是要让桩位内的泥浆水顺利地排出加固现场,以保持现场清洁,为此要布置引进压力水和排除泥浆水两条水道。压力水一般由抽水机从清水池吸出,用橡皮管引进振冲器的中心水管,从振冲器的孔端喷出。出口水压为 $0.4 \sim 0.6 \text{N}/\text{mm}^2$,水量为 $20 \sim 30 \text{m}^3/\text{h}$ 。水管应装置阀门,以便调节压

力和水量。泥浆水的引出,通常在施工桩位旁挖一条沟渠,让泥浆水从沟渠中流入沉淀池;也可用泥浆泵把泥浆水直接打出。

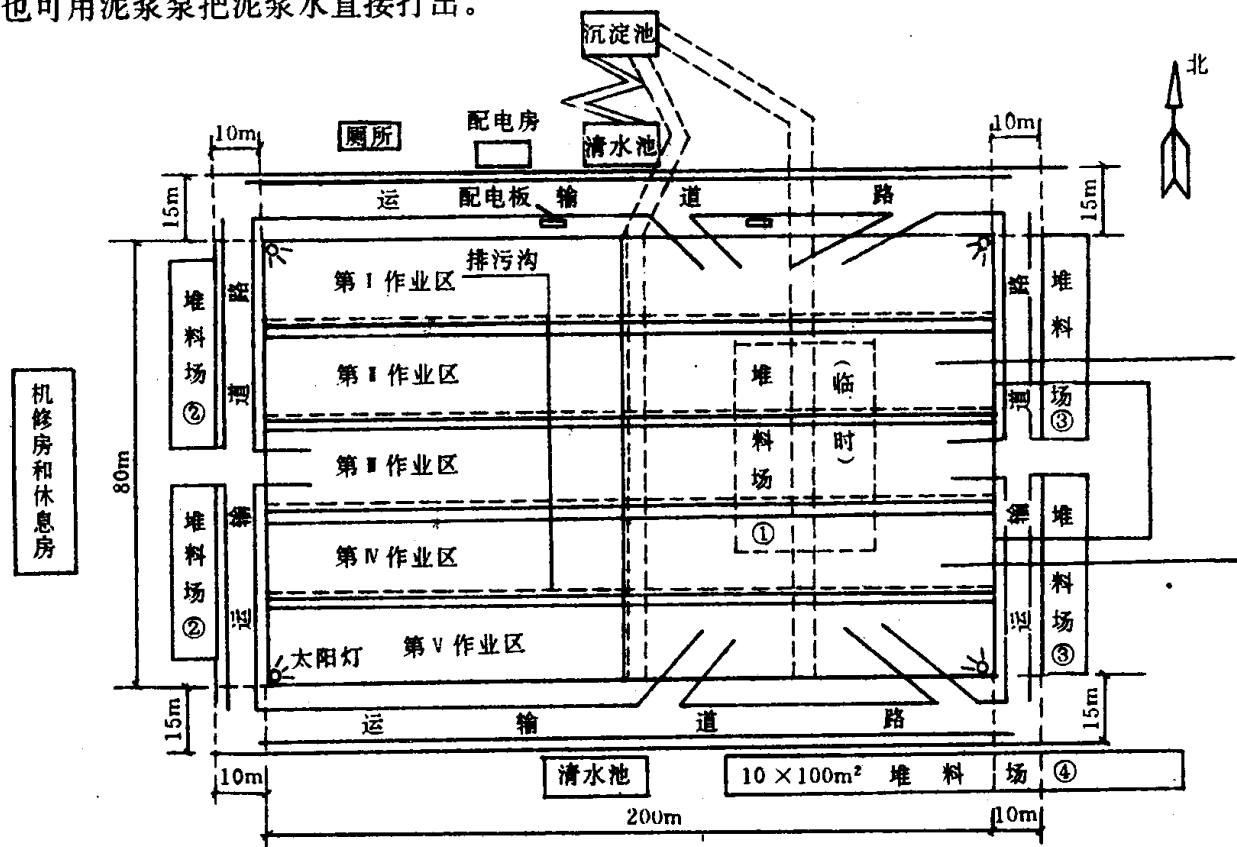


图 1—8 施工平面布置图

表 1—3 制桩计划表

类 别 月 份	制桩时效 (min/根)	作业时间 (h)	一个台班 制桩根数 (根)	日制桩根 数(根)	月制桩根数 (根)	累计 (根)
四	进场、装架、摸索土层情况,不安排制桩计划					
五	100	12	7	35	25 个工作日×35=875	875
六	100	18	11	55	25 个工作日×55=1375	2232
七	100	16	9	45	25 个工作日×45=1125	3557
八	100	16	9	45	25 个工作日×45=1125	4482
九	100	18	11	55	25 个工作日×55=1375	5839
十	100	14	8	40	25 个工作日×40=1000	6839

表 1—4 填料(规格 20~40mm 碎石)使用计划表

类 别 月 份	数 量 (m³)	类 别 月 份	数 量 (m³)
四	4500	八	6750
五	5250	九	8200
六	9000	十	6000
七	6750		
合计			46500

(2)电通。施工中需配备三相电源与单相电源的线路和配电箱。三相电源主要供振冲

器使用,其电压为 380V,变化范围应在 $\pm 20\text{V}$ 之间,否则将影响施工质量,甚至毁坏振冲器的潜水电机。当选用振冲器功率为 30kW 时,如果起吊机具和水泵为电机带动,使用施工平车施工时,每台所需功率为 48kW。

(3)料通。现场料场的设置,除了考虑进料时运输和卸料的方便外,还要考虑从料场到施工地点的运输能力。一般加固深度为 10m 左右时,对于粘性土地基要保证在 1h 内输送 7m^3 左右的填料。砂土地基要求运输能力更高些。运料工具,可根据当地条件采用小推车、自卸翻斗车或皮带机。

(4)场地平整。包括加固区场地表面平整和加固区地基内障碍物的清除。在软弱地基现场,场地平整后,为防止施工机械在场地内行走或施工操作时产生坍塌,可以预先铺设碎石或砂垫层,也可铺设木板或枕木。

场地平整后,测出加固区地面的高程,并按桩位设计图编好桩号,在现场定出桩位。

(二)施工中的质量控制

振动水冲法施工,按施工中是否添加填料,可以分为碎石桩法和振冲挤密法两类。目前绝大多数松软地基加固常使用碎石桩法,即在施工过程中添加填料,用振冲器制成密实的桩体。

施工中质量的控制,实质上是对制桩所必需的水、电、填料三者的控制。

1. 水的控制:振动水冲法施工,是在成孔过程中,振冲器中心管内喷出的高压水,连同振冲器产生的振动力,一起破坏土的结构,在地基加固深度范围内形成一个孔道,在较硬的土层里,高压水协助成孔的作用是很明显的。在淤泥质地基中,回水可以帮助置换部分软粘土,使土质得以改善。松砂地基中,水使砂基饱和,饱和砂在振动力作用下液化,致使颗粒重新排列,达到紧密的程度。

一般在水泵出水处安装调节阀和压力表,就能方便地控制施工过程中所需的水量和水压。

成孔过程中,水压和水量可以大些,而制桩振密过程中,水压和水量可以小些。一般软土,成孔时水压为 $0.4\sim 0.5\text{N}/\text{mm}^2$;遇到硬土时,水压可以增至 $0.6\sim 0.7\text{N}/\text{mm}^2$ 。制桩振密时,一般软土中要维持水管有水流出,避免孔内泥水回流进水管而被堵塞,水压常在 $0.1\text{N}/\text{mm}^2$ 左右。

砂土地基中施工,由于要求地基饱和,所以要较大的水量,仅靠振冲器的中心管供水,往往不能满足地基饱和的要求,这时可以从孔口另接水管往孔内加水,也可以预先在加固区用水浸泡后施工。

在粘性土地基中施工,对水量要求虽然不像在砂土中施工那样明显,但要注意,水量过小,孔内不能及时充满水,孔壁容易坍塌而堵塞孔道,增加施工时间;但水量过大,又容易把填料带走,增大排污量。

2. 电量的控制:施工时,除要有稳定的电压外,还要控制振冲器潜水电机的电流变化,它反映振冲器作功的大小。在碎石桩体中振密时,随着桩体密实度的增加,潜水电机的电流值也增大,因此电流值的大小,也反映桩体被振密的程度。桩体被振密时的电流,称为密实电流。要使加固效果达到设计要求,就要使每根碎石桩,在全部加固范围内,施工时潜水电机的工作电流都达到规定的密实电流。密实电流值,随加固的土质和工程的要求不同

而异。土质软,工程要求高,则密实电流的值也大。目前国内常用的 ZCQ30 型振冲器制作碎石桩,当潜水电机的工作电流为 50~55A 时,即表明此深度的桩体已经密实。

粗砂地基在振冲加密时,由于振冲器周围的砂土处于液化状态,潜水电机上的工作电流,没有制碎石桩时的密实电流那样大。实际上此时振冲器周围的砂土,并不是在密实状态。用 ZCQ30 型振冲器施工时,当潜水电机的工作电流为 40~45A 时,可以表明此处深度的土体已加固处理完毕。

重要工程,可由试桩资料取得密实电流值,作为施工依据。

成孔过程中,如振冲器下沉过快,土体对振冲器阻力加大,电流值也会增大。特别是地基土较硬时,此种情况更为显著。为了保护电机,不允许在超过额定电流情况下工作,此时可以减慢振冲器下沉的速度。

3. 填料的控制:原则上要保证每一个深度处的桩体密实,电流都达到规定值,即在桩体未被振密之前,不能停止加料。密实电流要求高,则填料要求增多。在土质较软的粘土地基中,为了置换一部分软粘土,也要增加填料量,填料多,桩体的直径就大。在一般地基土中,桩体直径若为 80cm,所需填料量约为 870kg 石料。

一根碎石桩在制作过程中,沿桩体长度填料并不是均一的。孔底部分在达到规定的密实电流所需的填料,要比桩体其他部分多,往往占总填料量的 $1/3 \sim 1/4$ 。这是因为刚开始加料时,填料从孔口往下沉落的过程中,其中有一部分会沾留在孔壁上,到达孔底的只是一部分。另一个原因是,成孔时,加固深度以下的一部分土将被振冲器喷出的高压水破坏,造成填料的增加。有时加固深度以下局部存在软土,钻探时没有发现,所需填料就会大大增加,有时会超过正常用料量的几倍。

施工中,除了控制每根桩所需的填料量外,还要控制加料次数。加料的原则是“少吃多餐”,绝不允许一次加料过猛。每次加料的数量,以堆积在孔道内高约 1m 左右为宜,一般成孔的孔径约为 50~60cm,则每次加料约 250~350kg 左右。一次加料过猛,堆积在孔道内的填料过厚,振冲器就难以穿过,不易把填料振密,出现所谓卡壳现象,导致断桩或产生颈缩桩。

在上述水、电、填料的控制中,填料量、密实电流、留振时间这三个要素是施工时控制质量的指标。

填料量可以反映每根桩体的用料情况。施工前进行试桩的工程,从试桩资料中,可以得出每根桩平均的填料量,用这个值作为施工时的检验标准。没有进行试桩的工程,可以参照以往工程实例确定填料量,然后在施工刚开始时,从首先几根桩施工的情况中确定正式值,作为以后施工检验的标准。

密实电流反映桩体和地基加固的密实情况。因此,检验密实电流,就可以基本上了解地基的加固效果。

留振时间是指振冲器在桩体或加固地基内某一深度上工作的时间,即施振历时,在振冲挤密中,留振时间加长,可以使砂土完全液化和扩大影响范围。在制桩中,足够的留振时间,可以尽量扩大桩径和把桩体振密。留振时间的大小,视土质而定,颗粒细,留振时间长些。振冲加密粗砂约 5~10s。一般情况为 20s 左右,长些的桩在 30s 以上。

但在具体施工时,填料量、密实电流和留振时间三者是相互联系和相互保证的。只有

在一定填料量的情况下,才可能保证达到一定的密实电流,而这时也必须要有一定的留振时间,把料挤紧振密。

在比较硬些的土或砂性较大的地基中,振冲器潜水电机的工作电流,有时会超过规定的密实电流值,甚至达到 100A 以上。这时可以检查填料量是否达到要求,如达到要求,可以认为此处桩体密实。但一般说来,桩体达到密实时,其电流不会超过规定的密实电流很多,如超过很多,往往是由于填料量没有达到要求,造成振冲器过快地下沉,当进入填料堆时,振冲器所受阻力骤然增大,产生了瞬时电流高峰。只要振冲器在该处再继续振一会,电流就会慢慢下降。为此,在这种地基土中,对留振时间和填料量的检验显得更加重要,密实电流应该是振冲器在留振过程中稳定下来的电流。

在粘性土地基中,常会遇到在某一深度的填料量虽然已达到规定值,但密实电流还没有达到规定值的情况。这是由于地基中存在着软弱夹层,使填料量发生了变化。所以这时对密实电流的检验就显得更为重要。

(三)施工操作要点

1. 碎石桩法施工:主要是碎石桩的制作。一般可以分为成孔、加料和振实、成桩等几个过程,如图 1—9 所示。

成孔是利用振冲器的水平振动力和高压水冲力,在地基土中挤振出一个孔来,孔径为 40~50cm。成孔速度,在一般的软土中,10m 的深度,只需几分钟。

孔道形成以后,就可以填料,由下向上逐步用振冲器进行振密,桩体就逐步形成。

碎石桩法的一般施工程序如下:

(1)振冲器对准桩位。打开水源和电源。检查水压、电压和振冲器的空载电流是否正常。

(2)启动吊机,使振冲器以 1~2m/min 的速度徐徐沉入地基。观察振冲器电流变化,其电流的最大值,不得超过电机的额定电流值。当电流超过电机的额定电流值时,必须减慢振冲器下沉速度,甚至停止下沉或提起振冲器,让高压水冲松土层后,再继续下沉。记录振冲器到达每米深度处的时间和成孔电流。此电流的变化,可以定性反映该孔的土质情况。

(3)当振冲器达到设计加固深度以上 30~50cm 时,把振冲器提至孔口,提升速度为 3~5m/min。

(4)重复程序(2)和(3)1~2 次。如果孔口有泥块堵塞,可以用铲清除,并把孔口扩大,便于倒料。最后将振冲器停留在设计加固深度以上 30~50cm 处,让回水把孔内泥浆冲稀,然后振冲器提出孔口,等待加料。砂性土施工,振冲器也可不提出孔口,直接连续加料。

(5)加料和振密。往孔内倒入一次料后,将振冲器沉入孔内填料中进行振密。由振密电流控制桩体振实情况。未达到规定的密实电流时,提起振冲器,继续加料,然后再下沉,再继续振密,直至该深度处密实电流达到规定值为止。每倒一次填料,进行一次振密时,都必须记录此时的留振时间、倒料数量和振冲器潜水电机所反映的电流值。

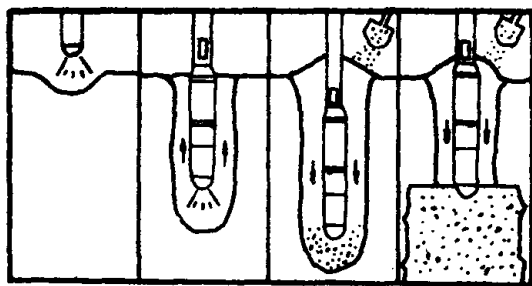


图 1—9 碎石桩法施工过程