

JIAN SHE HANG YE
SHI GONG XIAN CHANG ZHUANYE RENYUAN
JIXU JIAO YU JIAO CAI

建设行业 施工现场专业人员 继续教育教材

河南省建设教育协会 组编
丁宪良 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

JIANSHE HANGYE
SHIGONG XIANCHANG ZHUANYE RENYUAN
JIXU JIAOYU JIAOCAI

建设行业 施工现场专业人员 继续教育教材

河南省建设教育协会 组 编

丁宪良 主 编

张思忠 相 丽 陈 伟 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为建设行业施工现场专业人员继续教育教材，内容包括相关建筑新规范及规程、建筑工程施工新技术、建筑装饰装修新技术、新型建筑材料、市政工程新技术、安装工程新技术等六大部分内容。

本书内容新颖，包括建筑行业最新的规范、标准，新材料和新技术。既可作为建设行业施工现场专业人员的继续教育教材，也可作为相关人员的自学读物。

图书在版编目（CIP）数据

建设行业施工现场专业人员继续教育教材/丁宪良主编；河南省
建设教育协会 组编. —北京：中国电力出版社，2011.4
ISBN 978-7-5123-1612-6

I. ①建… II. ①丁…②河… III. ①建筑工程—施工现场—
继续教育—教材 IV. ①TU733

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 067950 号

中国电力出版社出版、发行

北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑：周娟华 E-mail: juanhuazhou@163.com

责任印制：郭华清 责任校对：崔燕菊

汇鑫印务有限公司印刷·各地新华书店经售

2011 年 5 月第 1 版·2011 年 6 月第 2 次印刷

787mm×1092mm 1/16·19 印张·466 千字

定价：65.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

编委会成员

组 编 河南省建设教育协会

主 编 丁宪良

副主编 张思忠 相 丽 陈 伟

参 编 许 东 李 奎 雷振亚 龚永锋

王 辉 李 林 焦 涛 张 烨

赵瑞霞 陈 伟 冯黎娜 王 铮

任 伟 武芳芳 刘建红 任志勇

崔恩杰

主 审 邢振贤

副主审 封春源 杨裕庭 吴纪东

前 言

在“十一五”期间,建筑业在我省经济发展中的支柱产业作用表现突出,取得了显著的成绩,为解决就业、加快城市化进程等作出了较大的贡献。

在我国经济建设过程中,国家提出了“人才资源是第一资源”的科学论断,提出以人为本、人才强国的战略,我省作为一个人口大省,建筑业从业人员数量多,技术水平相对发达地区还有一定的差距,在这种形势下,加强对建筑业从业人员的技术培训就显得尤其重要。河南省建设教育协会根据河南省住建厅人教处的安排,本着理论联系实际、突出先进性和实用性的原则,组织有关人员对近年来的新规范、新标准、新材料、新技术以及我省最新颁布的规章和规范性文件进行了汇总和编写,本书由邢振贤进行了审定。

本书共6章,由丁宪良担任主编,张思忠、相丽、陈伟担任副主编,参编人员有许东、李奎、雷振亚、龚永锋、王辉、李林、焦涛、张烨、赵瑞霞、陈伟、冯黎娜、王铮、任伟、武芳芳等。具体编写情况是:第1章 新规范及规程由河南建筑职业技术学院王辉编写;第2章 建筑工程施工新技术的2.1、2.2、2.3、2.8、2.9由河南建筑职业技术学院丁宪良编写,2.4由河南建筑职业技术学院张烨编写,2.5、2.7由河南建筑职业技术学院赵瑞霞编写,2.6由河南建筑职业技术学院陈伟编写;第3章 建筑装饰装修新技术由河南建筑职业技术学院焦涛编写;第4章 新型建筑材料的4.1、4.2由河南省建筑工程学校李林编写,4.3、4.4由郑州旅游职业学院相丽编写,4.5、4.6由河南省建筑工程学校冯黎娜编写;第5章 市政工程新技术的5.1、5.2、5.5、5.8由河南建筑职业技术学院许东编写,5.3、5.4由河南伟建工程咨询公司雷振亚编写,5.6、5.7由河南建筑职业技术学院李奎编写,5.9由新密市投资评审中心龚永锋编写;第6章 安装工程新技术的6.1、6.2、6.6由河南建筑职业技术学院张思忠编写,6.3、6.4、6.5、6.7、6.9~6.12由河南建筑职业技术学院王铮编写,6.8由河南建筑职业技术学院任伟编写,6.13~6.17由河南建筑职业技术学院武芳芳编写。

由于建筑业从业人员队伍庞大,加之编写水平有限,本书的内容可能存在不足之处,敬请广大读者批评指正,对在编写过程中给予支持的有关人员一并表示感谢。

编 者

目 录

前言

第 1 章 新规范及规程	1
1.1 《建筑节能工程施工质量验收规范》(GB 50411—2007)	1
1.2 《建筑工程资料管理规程》(JGJ/T 185—2009)	1
第 2 章 建筑工程施工新技术	3
2.1 钻孔灌注桩后压浆技术	3
2.2 水泥粉煤灰碎石桩 (CFG 桩) 复合地基成套技术	5
2.3 夯实水泥土桩复合地基成套技术	18
2.4 高性能混凝土技术	21
2.5 土工合成材料应用技术	34
2.6 早拆模板成套技术	40
2.7 大体积混凝土温度监测和控制	42
2.8 预压地基	47
2.9 特殊土地基与地基基础抗震	57
第 3 章 建筑装饰装修新技术	71
3.1 GRG 天花板及应用	71
3.2 软膜天花及施工工艺	71
3.3 微晶玻璃及其应用	74
3.4 低辐射玻璃及其应用	76
3.5 硅藻泥内墙涂料	77
3.6 马来漆	81
3.7 氟碳漆	82
3.8 洞石	84
3.9 欧松板与澳松板	85
3.10 软木墙 (地) 板	86
3.11 GRC 轻质隔墙板及装饰制品	89
3.12 环氧树脂自流平地面的施工工艺	95
3.13 氟碳铝单板	97
第 4 章 新型建筑材料	99
4.1 新型混凝土外加剂	99
4.2 陶粒新技术	103
4.3 新型墙体材料	108
4.4 环保型建筑涂料	111

4.5	新型玻璃	113
4.6	新型建筑管材	117
第5章	市政工程新技术	129
5.1	沥青玛蹄脂碎石混合料路面工程技术	129
5.2	旧沥青路面的再生技术	137
5.3	彩色沥青技术	144
5.4	聚合物基复合材料、再生树脂复合材料井盖	150
5.5	顶管技术	154
5.6	盾构法施工技术	163
5.7	水平定向钻进技术	171
5.8	新密市溱水路大桥工程介绍	176
5.9	溱水路大桥主桥施工组织设计	180
第6章	安装工程新技术	218
6.1	管件新技术	218
6.2	同层排水系统	222
6.3	冷缩、热缩电缆头制作技术	223
6.4	塔吊液压顶升技术	225
6.5	焊接新技术	227
6.6	金属薄钢板矩形风管共板复合法兰连接技术	229
6.7	回转窑传动安装施工工法简介	230
6.8	干挂石材墙面上的电气安装	232
6.9	智能照明在建筑节能中的应用	236
6.10	三网融合技术	237
6.11	视频会议系统	240
6.12	智能家居系统	242
6.13	废水处理新技术	243
6.14	纳米无水超导取暖	247
6.15	太阳能沼气罐	249
6.16	新型地源热泵系统	250
6.17	低温辐射电热膜地板采暖	252
附录		256
附录1	《建筑节能工程施工质量验收规范》(GB 50411—2007) 节选	256
附录2	《建筑工程资料管理规程》(JGJ/T 185—2009) 节选	293
参考文献		297

第1章 新规范及规程

1.1 《建筑节能工程施工质量验收规范》(GB 50411—2007)

1. 本规程的编制目的和适用范围

(1) 为了加强建筑节能工程的施工管理,统一建筑节能工程施工质量验收,提高建筑工程节能效果,依据现行国家有关工程质量和建筑节能的法律、法规、管理要求和相关技术标准,制定本规范。

(2) 本规范适用于新建、改建和扩建的民用建筑工程中的墙体、幕墙、门窗、屋面、地面、采暖、通风与空调、空调与采暖系统的冷热源及管网、配电与照明、监测与监控等建筑节能工程施工质量的验收。

2. 本规程的主要内容

墙体、幕墙、门窗、屋面、地面、采暖、通风与空气调节、空调与采暖系统冷热源及管网、配电与照明、监测与控制、建筑节能工程现场实体检验、建筑节能分部工程质量验收。详见附录1。

3. 本规程的编制说明

(1) 制定节能验收规范的目的,是为了加强建筑节能工程的施工质量管理,统一建筑节能工程施工质量验收,提高建筑工程节能效果,使其达到设计要求。而制定的依据则是现行国家有关工程质量和建筑节能的法律、法规、管理要求和相关技术标准等。需要理解的是,作为验收标准,是从验收角度对施工质量提出要求和规定,不能也不应是全面要求。

(2) 本规范的适用范围,是新建、改建和扩建的民用建筑。在一个单位工程中,适用的具体范围是建筑工程维护结构、设备专业等各个专业的建筑节能分项工程施工质量验收。对于既有建筑节能改造工程由于可列入改建工程的范畴,故也应遵守本规范的要求。

(3) 阐述本规范与各项规定的总体“水平”,即“严格程度”,由于是适用于全国的验收规范,与其他验收规范一样,本规范各项规定的“水平”是最低要求,即“最起码的要求”。

(4) 阐述本规范与其他相关验收规范的关系。这种关系遵守协调一致、相互补充的原则,即无论是本规范还是其他相应规范,在施工和验收中都应遵守,不得违反。

(5) 根据国家规定,建设工程必须节能,节能达不到要求的建筑工程不得验收交付使用。因此,规定单位工程竣工验收应在建筑节能分部工程验收合格后才可进行。即建筑节能验收是单位工程验收的先决条件,具有“一票否决权”。

1.2 《建筑工程资料管理规程》(JGJ/T 185—2009)

1. 本规程的编制目的和适用范围

(1) 为提高建筑工程管理水平,规范建筑工程资料管理,制定本规程。

(2) 本规程适用于新建、改建、扩建建筑工程资料管理。

(3) 本规程规定了建筑工程资料管理基本要求。当规程与国家法律、行政法规项抵触时,应按国家法律,行政法规的规定执行。

2. 本规程的主要内容

主要内容有总则、术语、基本规定、工程资料管理及相关附录。详见附录 2。

3. 本规程的编制说明

(1) 本规程工程资料管理包含了工程进度控制、质量控制、造价管理等内容。由于施工安全资料针对施工过程中的安全控制与管理,不需要长期保存,且已有专门的法规和标准规范其要求,故本规程所定义的工程资料不包括施工安全资料。

本规程涵盖整个工程建设项目管理全过程,明确规定了建筑工程资料质量控制的各主要环节,适用于参与建筑工程建设的建设、勘察、设计、施工、检测、供应等单位的工程资料管理,也适用于各级建设行政主管部门、工程质量监督机构、城建档案管理部门监督管理和检查。

勘察、设计资料是工程资料的一部分,考虑到其内容另有专门规定,故本规程仅将其纳入,未列出对其形成、管理的具体要求。

(2) 执行本规程时,除应与相关规范协调、配套使用外,尚应注意本规程附表依据专业规范要求制定,因此当相关专业规范修订时,应注意设计工程资料的规定有无改变,必要时应进行相应修改,使其协调一致。

第2章 建筑工程施工新技术

2.1 钻孔灌注桩后压浆技术

该技术 20 世纪 80 年代初被引入我国,目前已经得到蓬勃发展,衍生出 10 多种相关的注浆工艺,已经成为一种比较成熟的施工技术。

钻孔灌注桩在使用过程中会因为多种原因造成垂直承载能力下降,这些影响因素包括:桩底沉渣厚,桩端承力得不到充分发挥;桩侧泥皮厚,导致侧摩阻力明显下降;钻孔过程中孔壁受扰动,成孔后孔壁附近土中应力释放,出现“松弛”现象。

如何解决上述原因造成钻孔灌注桩垂直承载力下降的问题,国内外广大工程技术人员曾做过很多有益的探索,后注浆技术就是其中较常用的一种。

目前后注浆技术常用的有以下几种工艺:

(1) 在孔底设置注浆室。采用该工艺时钢筋笼须下到桩底。

(2) 灌注桩成孔后,在孔内设置注浆管,注浆管的下端设出浆口,并用胶带或塑料膜包住。出浆口的位置高出孔底 30~50cm。灌注混凝土前先往孔底倒入一定量的碎石或块石,使出浆口埋入碎石或块石内,然后再进行混凝土灌注。

(3) 将注浆管固定在钢筋笼上(钢管或黑铁管),出浆口采用单向截流阀并压入桩底土中 30~50cm。由于采用单向截流阀,在进行桩身混凝土浇筑时浆液不会灌入阀内,注浆时浆液也不会回流。

第一种工艺工艺复杂,成本高,国内很少使用。第二种工艺主要用于桩底加固,在国内已有过多次应用,但由于工艺不太完善,容易发生出浆口堵塞导致注浆失败。第三种工艺由于采用单向截流阀作出浆口,注浆成功率可达 97% 以上,且压力相对稳定,注浆效果显著。

2.1.1 工作机理

钻孔灌注桩的后注浆技术基本上属于劈裂注浆与渗透注浆相结合。所谓劈裂注浆,即压入的高压浆体克服土体主应力面上的初始压应力,使土体产生劈裂破坏,浆体沿劈裂缝隙渗入土体填充空隙,并挤密桩侧土,促使土体固结从而提高注浆区的土体强度。如果注浆区在桩底,则浆液首先在桩底沉渣区劈裂和渗透,使沉渣及桩端附近土体密实,产生“扩底”效应,使端承力提高,如注浆区在桩侧某部位,则该部位也同样出现“扩径”效应。从大量试桩实测资料可以看出,桩底注浆后不仅桩的端承力提高了,在桩端以上 5m 甚至更大范围内的桩侧摩阻力也有较大提高。如果在桩侧某段面注浆,同样该断面以上一定范围内的桩侧摩阻力也有明显提高。

2.1.2 主要机具和材料

主要机具:本工程选用 BW150 型压浆泵、经过计量校准的量程 10MPa 压力表、水泥浆搅拌机、0.5m³ 贮浆筒(上覆滤网)。

主要材料:水泥采用 42.5 普通硅酸盐水泥,水灰比根据现场试验调配(参考水灰比为 0.7);压浆管选用 $\phi 2.54$ cm 焊管。

2.1.3 压浆管制作

经过详细的材质检查、验收合格的 25.4mm 焊管，在工地集中加工成压浆管。压浆孔用 $\phi 6\text{mm}$ 钻头加工，孔洞轴向间距 50mm，沿管周螺旋形错开。钻孔完毕后将孔内铁屑清理干净，孔口用橡皮包裹。两层，最底部的一根压浆管下端口用 4mm 厚、 $\phi 40\sim\phi 50\text{mm}$ 的圆形钢板焊接封闭。

2.1.4 压浆管安装

压浆管随钢筋笼一起下放，与钢筋笼的主筋点焊并绑扎紧密。每根桩的桩底设两根压浆管。考虑到本工程桩的深度较大，为加强注浆效果，桩侧设上、下侧压浆管。上侧压浆管位于桩的中部，下侧压浆管靠近桩端部。压浆管之间采用螺纹连接，避免焊接。压浆管底部宜伸出钢筋笼 300mm 以上。

2.1.5 压浆管试水

每节压浆管随钢筋笼下放时应做试水试验，若发现水柱下降或水柱消失，则应检查压浆管是否有砂眼、螺纹连接是否密封。钢筋笼放置完毕后孔内进行第二次清孔，完成后须再次检查管内水面，无异常后用堵头封住压浆管上口。

2.1.6 压水试验

压水试验通常在灌注桩成桩后 24h 内进行。正式压浆前必须要做压水试验，以检查管路 with 单向阀的畅通状况，同时清除单向阀周围混凝土中沉渣和泥浆。如果在桩侧或桩端出现扩孔、塌孔或充盈系数较大的现象时，须特别注意提前进行压水试验，在混凝土浇筑完的 5h 内进行，以确保能冲开较厚的混凝土覆盖层。

试验时应该由专人记录冲破压力值及管的疏通情况。

2.1.7 压浆方法

一般在成桩 3d 后开始压浆。压浆采用低速慢压的方法，同一根桩的压浆顺序是：上侧管→下侧管→（3d 后）端管；同一承台桩的压浆顺序是：先四周桩后中心桩。

桩的压浆顺序是：上侧管→下侧管→（3d 后）端管；同一承台桩的压浆顺序是：先四周桩后中心桩。

2.1.8 压浆参数

后注浆技术终止压浆的总的控制原则是以压浆量为主，压力控制为辅。压浆参数根据地质条件合理选择，如桩端为密实的砾石、卵石层时，可考虑采取大压浆量和较大的压浆压力，以压浆量为主要控制指标；如桩侧为密实的砂土层，可以压浆压力为主要指标，压浆量为参考指标。

终压条件：总压浆量达到要求或稳压压力大于 3.0MPa，持续 1min。

2.1.9 注浆桩与不注浆桩垂直承载力的对比

表 2-1 为桩端进入砂层区的某工程中注浆桩与未注浆桩垂直承载力的对比结果。

表 2-1 钻孔灌注桩后注浆与未注浆承载力对比表

桩号	桩直径 /mm	桩长 /mm	桩端土层状况	注浆情况	极限承载力 /kN	比较 (%)
1	800	5500	进入中砂层 5m	未注	6400	100
2	800	5500	进入中砂层 5m	桩底注	>8320	>130

续表

桩号	桩直径 /mm	桩长 /mm	桩端土层状况	注浆情况	极限承载力 /kN	比较 (%)
3	800	5500	进入中砂层 5m	桩底注	>8700	>136
4	800	7000	进入密实细砂层 20m	未注	8400	100
5	800	7000	进入密实细砂层 20m	桩底注	>13 400	>160
6	800	7000	进入密实细砂层 20m	桩侧、底注	>15 500	>185
7	1000	6500	进入中砂层	未注	>9000	100
8	1000	6500	进入中砂层	桩底注	>13 500	>150

从以上数据可以看出以下几点：

- (1) 桩底注浆的单桩极限承载力均大于未注浆的承载力，提高幅度在 30%~60%；桩侧、桩底同时注浆，单桩垂直承载力提高幅度更大，达到了 85%。
- (2) 桩底进入砂层越深，后注浆后单桩垂直承载力提高幅度越大。因此可以得出结论：当钻孔灌注桩进入砂层一定深度时，采用后注浆效果最佳。

注浆后单桩垂直承载力的提高幅度与桩底和桩侧土层性质关系极大，根据统计资料表明，在北京地区 10m 左右的短桩，当桩底进入中粗砂及砾石层时，采用桩底注浆工艺后，其单桩垂直承载力可提高 70%~200%；天津地区桩底进入粉细砂层的 40~60m 的中、长桩，在桩底注浆后承载力可提高 20%~40%。所以说，在砂层区，采用桩底注浆工艺，可获得可观的经济效益。

2.1.10 施工过程中的注意事项

在钻孔灌注桩施工时应注意以下几点：

- (1) 为防止水泥浆从空孔部分的压浆管接头处压出，空孔部分的压浆管接头应采用生料带进行密封，并且空孔部分的钢管均应采用整根长钢管连接。
- (2) 压浆应低档慢压，先稀后浓。低档慢压既能有效防止压力突然增大无法压浆的情况，也能防止浆液顺着桩身上窜或从其他的地方冒出，使桩端或桩周土体被水泥浆液逐步填充，随着压浆量的增加，压力自然形成逐渐增加的状况。
- (3) 同一根桩的压浆管，如其中一根确实无法压浆或压浆量不够，另一根压浆管压浆时应补足相应的压浆量。邻近桩的相邻压浆管也应补足相应的压浆量。
- (4) 如压浆量未达到设计要求，就出现浆液冒出地面时，应暂停压浆，并将压浆管内的水泥浆用缓凝型的水泥浆置换出，停止 1h 左右再进行复压，如此往复，直至达到设计压浆量。
- (5) 当场地附近出现渗浆现象或压浆量满足要求、但压力较小时，不能盲目地认为压浆量达到要求就终止压浆。此时应采用间隔复压、掺早强剂、封闭渗浆通道等方法，保证有效压浆量。

2.2 水泥粉煤灰碎石桩（CFG 桩）复合地基成套技术

2.2.1 CFG 桩施工技术

目前，CFG 桩复合地基技术在国内许多省市应用，就工程类型而言，有工业与民用建

筑,也有高耸构筑物;有多层建筑,也有高层建筑。大量工程实践证明,CFG 桩复合地基设计,就承载力而言不会有太大问题,可能出现的问题是 CFG 桩的施工过程中质量的控制。了解 CFG 桩施工技术的发展及 CFG 桩的不同施工工艺的特点,可使设计人员及施工技术人员对 CFG 桩施工工艺有一个较全面的认识,便于在方案选择、设计参数的确定以及施工措施上考虑得更加全面。

1. CFG 桩施工工艺

(1) 长螺旋成孔管内泵压混合料灌注成桩施工工艺。长螺旋成孔管内泵压混合料 CFG 桩施工工艺是由长螺旋钻机、混凝土泵和强制式混凝土搅拌机组成的施工体系,其中,长螺旋钻机是该工艺设备的核心部分;该工艺是国家“九五”攻关项目,经过大量的工程实践,施工设备和施工工艺已趋于完善。

此施工工艺具有以下优点:

- 1) 低噪声,无泥浆污染。
- 2) 成孔制桩时不产生振动,避免了新打桩对已打桩产生的不良影响。
- 3) 成孔穿透能力强,可穿透硬土层,如砂层、圆砾层和粒径大于 60mm 的卵石层。
- 4) 施工效率高。

长螺旋成孔管内泵压混合料 CFG 桩施工工艺,适用于黏性土、粉土、砂土,以及对噪声和泥浆污染要求严格的场地。施工前应按设计要求由试验室进行配合比试验,施工时按配合比配制混合料;混合料坍落度宜为 160~200mm,施工在钻至设计深度后,应准确掌握提拔钻杆时间,混合料泵送量应与拔管速度相匹配,遇到饱和砂土或粉土层,不得停泵待料。

长螺旋成孔管内泵压混合料 CFG 桩施工中常见的问题有:

1) 堵管。它直接影响 CFG 桩的施工效率,增加工人劳动强度,造成材料浪费。特别是故障排除不畅时,使已搅拌的混合料失水或结硬,增加了再次堵管的概率,给施工带来很多困难。应根据不同的原因及时排除故障,采取合理的措施减少堵管次数。一般情况下有下面几种原因:混合料配合比不合理;混合料搅拌质量有缺陷;设备原因;冬期施工措施不当;施工操作不当等。

2) 窜孔。在饱和粉土、粉细砂层中施工常遇到这个问题,钻杆钻进过程中叶片剪切作用对土体产生扰动;土体受剪切扰动能量的积累,使土体发生液化。工程实践证明,被加固的土层中虽有松散粉土、粉细砂,但没有地下水,施工中没发现有窜孔现象;被加固的土层中有松散粉土、粉细砂,有地下水,但桩距很大,每根桩成桩时间很短,也很少发生窜孔;只有在桩距较小,桩的长度大,成桩时间长,成桩时一次移机施打周围桩数量过多时才发生窜孔。施工中根据不同情况采取相应的措施。

3) 钻头阀门打不开。当钻头构造缺陷、桩端落在透水性好、水头高的砂土或卵石层中时,会出现此问题;可采用改进阀门的结构型式或调整桩长令桩端穿过砂土,进入黏性土层的措施来避免这一情况发生。

4) 桩体上部存气。主要是施工过程中,排气阀不能正常工作所致;为杜绝桩体存气,必须保证排气阀正常工作;施工过程中,要经常检查排气阀是否发生堵塞。若发生堵塞必须及时采取措施加以清洗。

5) 先提钻后泵料。这样操作会出现下列问题:有可能使钻头上的土掉进桩孔,当桩端为饱和的砂卵石层时,提拔 30cm 易使水迅速填充该空间,泵送混合料后,混合料不足以使

水立即全部排走,桩端处的混合料可能存在浆液与骨料分开现象。两种情况均会影响 CFG 桩的桩端承载力的发挥。

(2) 振动沉管灌注 CFG 桩施工工艺。振动沉管 CFG 桩施工工艺属于非排土成桩工艺,主要适用于粉土、黏性土及素填土地基及松散砂土等地质条件,尤其适用于松散的粉土、粉细砂的加固;它既有施工操作简便、施工费用较低、对桩间土的挤密效应显著等优点;采用振动沉管 CFG 桩施工工艺的 CFG 桩复合地基可以提高地基承载力、减少地基变形以及消除地基液化。

振动沉管 CFG 桩施工的坍落度宜为 30~50mm,成桩后桩顶浮浆厚度不宜超过 200mm;施工拔管速度应按匀速控制,拔管速度应控制在 1.2~1.5m/min,如遇淤泥或淤泥质土,拔管速度应适当放慢。

振动沉管 CFG 桩施工中常见的问题有:施工扰动土的强度降低,缩颈和断桩,桩体强度不均匀,桩料与土的混合等。

1) 施工扰动土的强度降低。振动沉管 CFG 桩施工工艺与土的性质有密切的关系,根据土的挤密性,可将地基土分为三类:一类为挤密性好的土,如松散填土、粉土和砂土等;其二为可挤密土,如塑性指数不大的松散的粉质黏土和非饱和黏性土;三为不可挤密土,如塑性指数高的饱和软黏土和淤泥质土。土的密实度对土的挤密性影响很大,密实的砂土或粉土会振松,松散的砂土或粉土可振密。也就是说振动沉管成桩工艺,对密实度较高的土,振动使土的结构强度破坏,密度减小,承载力降低。

2) 缩颈和断桩。在饱和软土中成桩,桩机的振动力较小,当采用连打作业时,新打桩对已打桩的作用主要表现为挤压,使得已打桩挤压成不规则形状,严重时会产生缩颈和断桩;在上部有较硬的土层或中间夹有较硬土层的土中成桩,桩机的振动力大,对已打桩的影响主要是振动破坏,采用隔桩跳打工艺,若已打桩结硬强度又不太高,在中间补打新桩时,已打桩有时被振裂。

3) 桩体强度不均匀。当提升沉管线速度太快时,为控制平均速度,一般采用提升一段距离,停下留振一段时间,非留振时,速度太快可能导致缩颈、断桩。拔管太慢或留振时间过长,都会使得桩的端部桩体水泥含量较少,桩顶浮浆过多,且混合料也容易产生离析,造成强度不均匀。

4) 桩料与土的混合。当采用活瓣桩靴成桩时,可能出现的问题是桩靴开口的宽度不够,混合料下落不充分,造成桩端与土接触不密实或桩端一段桩径过小;若采用反插办法,由于桩管垂直度很难保证,反插容易使土与桩体材料混合,导致桩身掺土等缺陷。

所以,振动沉管 CFG 桩施工时,要控制拔管速率,选择合理的桩距、施打顺序及混合料的坍落度,设置合理保护桩长等。

(3) 长螺旋钻孔灌注成桩施工工艺。这种施工方法适用于地下水位以上的黏性土、粉土、素填土、中等密度以上的砂土等,属非挤土成桩工艺。要求桩长范围内无地下水,这样成孔时不会发生塌孔现象,并适用于对周围环境要求(如噪声、泥浆污染等)比较严格的场地。

(4) 泥浆护壁钻孔灌注成桩。泥浆护壁是在成孔过程中,在孔内注入制备的泥浆或利用钻削的黏土与水混合自造而成的泥浆,用泥浆保护孔壁,防止孔壁坍塌,护壁泥浆与钻孔的土屑混合,边钻边排出泥浆,同时进行孔内补浆或补水。当钻孔达到规定深度后,清除孔底

泥渣,然后在泥浆下浇筑形成 CFG 桩的拌和料。

1) 泥浆制备与处理

①泥浆制备。除能自行制造泥浆的土层外,均应制备泥浆。泥浆制备应选用高塑性黏土或膨润土。拌制泥浆应根据施工机械、工艺及穿越土层进行配合比设计。如在黏土中钻孔,可采用清水钻进,自造泥浆护壁;在砂土中钻进,则应注入制备泥浆钻进,注入泥浆相对密度控制在 1.1 左右,排除泥浆相对密度宜为 1.2~1.4。

②护壁泥浆的要求。

a. 施工期间护筒内的泥浆面应高出地下水位 1.0m 以上,特殊情况时,泥浆面应高出地下水位 1.5m 以上。

b. 钻孔达到要求的深度后,测量沉渣厚度,进行清孔。原土造浆的钻孔,清孔可用射水法;注入制备泥浆的钻孔,清孔可用换浆法清孔。

c. 浇筑拌和料前,孔底 500mm 以内的泥浆密度应小于 $1.25\text{g}/\text{cm}^3$;含砂率不大于 8%;黏度不大于 28s。

d. 在容易产生泥浆渗漏的土层中应采取维持孔壁稳定的措施。

2) 成孔、成桩施工。成孔的方法有回转钻机成孔、潜水钻机成孔、冲击钻机成孔等,下面以回转钻机成孔为例介绍其成孔、成桩工艺。

回转钻机是由动力装置带动钻机回转装置转动,由其带动带有钻头的钻杆转动,由钻头切削土壤。根据泥浆循环方式的不同,分为正循环回转钻机和反循环回转钻机。正、反循环钻成孔是目前最常用的泥浆护壁成孔方法。

正循环回转钻机成孔,是由空心钻杆内部通入泥浆或高压水,从钻杆底部喷出,携带钻下的土渣沿孔壁向上流动,由孔口将土渣带出流入泥浆池。反循环回转钻机成孔,是泥浆或清水由钻杆与孔壁间的环状间隙流入钻孔,然后,由吸泥泵等在钻杆内形成真空使之携带钻下的土渣由钻杆内腔返回地面而流向泥浆池。反循环工艺的泥浆上流的速度较高,能携带较大的土渣。

3) 施工注意事项

①规划布置施工现场时,应考虑泥浆循环、排水、清渣系统的安设,以保证作业时,泥浆循环通畅,无水排放彻底,钻渣清除顺利。

②埋设护筒,应准确、稳定,保持孔内液面标高不低于地下水位。

③施工中应勤测泥浆密度,控制泥浆指标。一般注入泥浆的相对密度在 1.1 左右,排除泥浆的相对密度宜为 1.2~1.4。

④钻机在钻进时,应根据泥浆补给情况控制钻进速度;保证钻杆的垂直度。钻进过程中,如出现泥浆中不断有气泡,或泥浆忽然漏失,表明泥浆护壁不好;若钻孔偏斜,可提起钻头,上下反复钻几次,如纠正无效,应在孔中局部回填黏土至偏孔处 0.5m 以上,重新钻进。

⑤保证孔底清渣质量。孔底 500mm 以内的泥浆相对密度应小于 1.25,含砂率不大于 8%,黏度不大于 28s。灌注拌和料之前,孔底沉渣厚度指标应符合要求,一般不大于 100mm。

⑥导管内应设隔水栓。隔水栓一般采用 C20 混凝土预制而成,宜制成圆柱形,直径宜比导管内径小 20mm,高度宜比直径大 50mm;采用 4mm 厚的橡胶垫圈密封。

隔水栓用 8 号铁丝吊在导管口, 待导管内拌和料达到一定量后, 剪断铁丝, 拌和料栓埋入底部拌和料。

⑦保证浇筑水下拌和料质量。导管法浇筑水下拌和料施工程序如图 2-1 所示。开始浇筑拌和料时, 导管底部至孔底的距离宜为 300~500mm, 桩直径小于 600mm 时, 可适当加大导管底部至孔底距离, 以便隔水栓能顺利排出。浇筑拌和料时导管一次埋入拌和料面以下 0.8m 以上。水下拌和料浇筑应连续不断, 并且严禁将导管提出拌和料面。浇筑时应有专人测量导管埋深及管内外拌和料面的高差, 填写水下拌和料浇筑记录。这种成孔方法适用于有砂层的地质条件, 采用泥浆护壁可以防止塌孔。

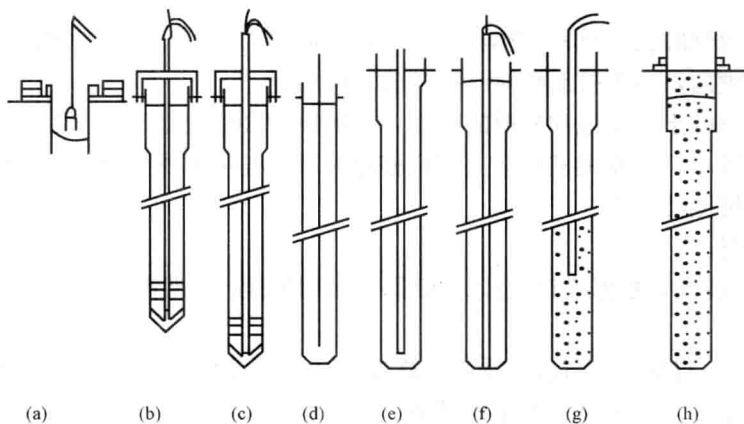


图 2-1 潜水钻成孔灌注桩成桩工艺示意图

(a) 埋设护筒; (b) 安装钻机、钻进; (c) 第一次清孔; (d) 测定孔壁回淤厚度;
(e) 插入导管; (f) 第二次清孔; (g) 灌注拌和料、拔出导管; (h) 拔出护筒

根据市场调查来看, CFG 桩复合地基的处理目前主要采用长螺旋成孔管内泵压混合料 CFG 桩和振动沉管 CFG 桩两种施工工艺为主, 后两种相对使用较少。

2. 施工程序

实际工程中振动沉管机成桩用得比较多, 这里将振动沉管机施工作一介绍。

(1) 施工准备

1) 施工前应具备的资料和条件。建筑物场地工程地质报告书; CFC 桩布桩图, 图中应注明桩位编号, 以及设计说明和施工说明; 建筑场地邻近的高压电缆、电话线、地下管线、地下构筑物及障碍物等的调查资料; 建筑物场地的水准控制点和建筑物位置控制坐标资料等; 具备“三通一平”条件。

2) 施工技术措施内容。确定施工机具和配套设备; 材料供应计划, 标明所有材料的规格、技术要求和数量; 施工前应按设计要求由试验室进行配合比试验, 施工时按试验确定的配合比配制混合料。当用振动沉管灌注成桩和长螺旋钻孔灌注成桩施工时, 桩体配比中采用的粉煤灰可选用电厂收集的粗灰, 坍落度宜控制在 30~50mm 为宜; 当采用长螺旋钻孔、管内泵压混合料灌注成桩时, 为增加混合料的和易性和可泵性, 宜选用细度 (0.045mm 方孔筛筛余百分比) 不大于 45% 的Ⅲ级或Ⅲ级以上等级的粉煤灰, 每立方米混合料粉煤灰掺量宜为 70~90kg。坍落度应控制在 160~200mm; 试成孔应不少于两个, 以复核地质资料

以及设备、工艺是否适宜,核定选用的技术参数;按施工平面图放好桩位,若采用钢筋混凝土预制桩尖,须埋入地表以下 30cm 左右;确定施打顺序;复核测量基线、水准点及桩位、CFC 桩的轴线定位点,检查施工场地所设的水准点是否会受施工影响;振动沉管机沉管表面应有明显的进尺标记,并以米(m)为单位。

(2) 施工前的工艺试验。施工前的工艺试验主要是考查设计的施打顺序和桩距能否保证桩身质量。工艺试验也可结合工程桩施工进行,须做以下两种观测:

1) 新打桩对未结硬的已打桩的影响。在已打桩桩顶表面埋设标杆,在施打新桩时量测已打桩桩顶的上升量,估算桩径缩小的数值,待已打桩结硬后开挖检查其桩身质量并量测桩径。

2) 新打桩对结硬的已打桩的影响。在已打桩尚未结硬时,将标杆埋置在桩顶部的混合料中,待桩体结硬后,观测打新桩对已打桩的位移情况。

对挤密效果好的土,如饱和松散的粉土,打桩振动会引起地表的下沉,桩顶一般不会上升,断桩的可能性小;当发现桩顶向上的位移过大时,桩可能发生断开;若向上的位移不超过 1cm,断桩的可能性很小。

(3) CFC 桩施工

1) 桩机进入现场,根据设计桩长、沉管入土深度确定机架高度和沉管长度,并进行设备组装。

2) 桩机就位,调整沉管与地面垂直,确保垂直度偏差应不大于 1%,对满堂布桩基础,桩位偏差应不大于 0.4 倍桩径;对条形基础,桩位偏差应不大于 0.25 倍桩径,对单排布桩桩位偏差应不大于 60mm。

3) 启动马达沉管到预定标高,停机。

4) 沉管过程中应做好记录,每沉 1m 记录电流表的电流一次,并对土层变化予以说明。

5) 停机后立即向管内投料,直到混合料与进料口齐平。混合料按设计配比经搅拌机加水拌和,拌和时间不得少于 1min,如粉煤灰用量较多,搅拌时间还要适当延长。加水量按坍落度 30~50mm 控制,成桩后浮浆厚度以不超过 20cm 为宜。

6) 启动马达。留振 5~10s 开始拔管,拔管速率一般为 1.2~1.5m/min (拔管速度为线速度,不是平均速度),如遇淤泥或淤泥质土,拔管速率还可以放慢。拔管过程中不允许反插。如上料不足,须在拔管过程中空中投料,以保证成桩后桩顶标高达到设计要求。成桩后桩顶标高应考虑计入保护桩长。

7) 沉管拔出地面,确认成桩符合设计要求后,用粒状材料或湿黏性土封顶,然后移机进行下一根桩的施工。

8) 施工过程中,抽样做混合料试块,每台机械一天应做一组(3块)试块,试块尺寸为 15cm×15cm×15cm,在标准养护条件下进行试块的养护,并测定 28d 抗压强度。

9) 施工过程中,应随时做好施工记录。

10) 在成桩过程中,随时观察地面升降和桩顶上升情况。

(4) 施工顺序选择。在设计桩的施打顺序时,主要考虑新打桩对已打桩的影响。

施打顺序大体可分为两种类型,一是连续施打,如图 2-2(a)所示,从 1 号桩开始,依次 2 号、3 号、...,连续打下去;二是间隔跳打,可以隔一根桩也可隔多根桩,如图 2-2(b)所示,先打 1、3、5、...,后打 2、4、6、...