

CFG 桩断桩分析与处理措施探讨

彭 第^{1,2}, 潘殿琦², 张海云³

(1. 吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026; 2. 长春工程学院岩土工程研究所, 吉林 长春 130021; 3. 吉林省建筑科学研究设计院, 吉林 长春 130011)

摘 要:结合工程实例,从成桩施工工艺、施工技术参数与截桩工艺等方面分析了 CFG 桩施工时断桩的原因,提出了接桩法、注浆法和 2 种断桩处理措施。

关键词:CFG 桩;断桩;接桩;注浆

中图分类号:TU473.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)05-0049-04

Analysis and Discussion on Treatment of CFG Broken Pile/PENG Di^{1,2}, PAN Dian-qi², ZHANG Hai-yun³(1. College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130026, China; 2. Institute of Geotechnical Engineering, Changchun Institute of Technology, Changchun Jilin 130021, China; 3. Architectural Science Research and Design Institute of Jilin Province, Changchun Jilin 130011, China)

Abstract: Combined with the engineering example, analysis is made on the reasons for pile breaking in CFG pile construction technology, technical parameters and cutting pile technology. And the broken pile treatment measures by pile extension and grouting are proposed.

Key words: CFG pile; broken pile; pile extension; grouting

0 引言

CFG 桩是水泥粉煤灰碎石桩(Cement Fly-ash Gravel Pile),它是目前广泛应用的一种地基处理方法,与桩基础相比,其工程造价约为桩基础的 1/3 ~ 1/2,无泥浆污染,且工期相对较短,因此 CFG 桩在全国 23 个省、市广泛应用,如北京、河北地区近千栋高层均采用了 CFG 桩复合地基处理,其中绝大多数为 20 ~ 35 层。CFG 桩目前已成为北京及周边地区应用最普遍的地基处理技术之一^[1~4]。

断桩是时下 CFG 桩施工中比较常见的工程问题。CFG 桩属于隐蔽工程,施工工序较多,其主要工序的施工过程都在地下及水下进行,不便监视。影响 CFG 施工质量的因素很多,如地质因素、成桩工艺、混合料的配制、灌注等难以全部预见。断桩势必影响 CFG 桩复合地基的加固效果,严重时达不到设计要求,需要二次处理,给建设单位和生产单位造成巨大的经济和声誉损失。本文结合工程实例对 CFG 桩断桩问题和断桩后的处理措施做一些分析探讨,以对 CFG 桩复合地基设计和施工提供参考。

1 CFG 桩断桩原因分析

造成 CFG 桩断桩的原因有很多,总结起来形成

断桩的主要因素有成桩施工工艺、特殊地层、后续工序管理、布桩方案、技术水平和混合料质量等等^[5]。

1.1 成桩施工工艺

目前 CFG 桩成桩有如下施工方法:振动沉管灌注成桩、长螺旋钻孔孔内泵压成桩、长螺旋钻干成孔灌注成桩、人工洛阳铲或机械成孔灌注成桩、泥浆护壁钻孔灌注成桩^[1]。目前常用的成桩方式为前 3 种,其中振动沉管灌注成桩为挤土成桩工艺,长螺旋钻孔孔内泵压成桩和长螺旋钻干成孔灌注成桩为非挤土成桩工艺。

1.1.1 若采用振动沉管灌注成桩

施工过程中桩机的振动势必会对周围土体产生扰动或挤密,沉管时将对邻近桩的挤压作用,沉管时形成的水平力对邻桩产生剪应力,尤其是软硬土层界面处产生的剪力,极易使混合料强度不高的桩身被剪断^[6]。同时大量桩身混合料嵌入土体,引起土体的横向挤压,使新施工的桩体产生向上拉应力,由于桩体材料凝结时间短,强度相对较低,当拉应力大于混合料抗拉强度时,桩体会产生环向裂缝甚至断裂。采用间隔跳打工艺,若已打桩结硬强度不太高,在中间补打新桩时,已打桩也有时被振裂,且裂缝一般与水平成 0° ~ 30° 角。据统计,振动沉管打桩机

收稿日期:2010-12-21; 修回日期:2011-03-08

作者简介:彭第(1982-),男(汉族),湖南湘阴人,吉林大学在读博士,长春工程学院讲师,地质工程专业,研究方向为地基处理与岩土工程注浆技术及注浆材料,吉林省长春市同志街 3066 号长春工程学院, pengdi2010@sohu.com。

灌注成桩的施工工艺一般情况下的断桩率在10%~25%^[1]。天津市汉沽区某建筑物 CFG 桩复合地基处理,采用振动沉管灌注成桩,除少数边桩和最后施工的桩外,大部分桩断裂,断裂位置在1~4 m处^[5]。

1.1.2 若采用长螺旋钻孔内泵压成桩

在饱和和软土中成桩易出现缩径和断桩;在饱和和软土中长螺旋灌注成桩造成缩径和断桩的原因是长螺旋钻进过程中,钻杆和钻头不断给桩间饱和土层施加循环动载荷,饱和土层在这种动载荷作用下,土粒相互滑移,土骨架收缩,瞬态振动下孔隙水压力来不及消散,致使孔隙水压力增大,有效应力减小,土体强度也随之降低。当孔隙水压力上升到接近或等于有效围压力,土体强度几乎等于零,性状类似于液体的液化土层将连通已打桩和正在施工中的桩孔,在这种 U 形管效应的作用下,已打桩中未及初凝的砼在压力差作用下流向未成桩的桩孔,造成已打桩砼面突然下降,形成串孔^[4]。另外,在连打作业中如泵送砼时压力过大,已打邻桩被挤压造成缩径或断桩^[4]。

北京市朝阳区某城市花园一期工程 B 区住宅楼呈矩形错落排列,地上 23 层,地下 2 层,建筑高度 67 m,基础埋深 -9.00 m,现浇剪力墙结构,箱形或筏板基础。经岩土工程勘察,地表以下 35 m 内自上而下可分为 10 层,第①、②层为人工填土层,第③层为第四系一般冲击层,第⑥、⑨层为第四系一般静水冲击层,其它为第四系一般冲击沉积层,各层特征如表 1 所示。

表 1 北京市朝阳区某城市花园地层情况

层号	土层名称	层厚/m	土质情况
① ₁	杂填土	0.8~5.8	松散~稍密,稍湿,多以建筑垃圾为主
①	素填土	1.2~6.1	稍湿,松散~稍密,多由粉质粘土和砂类土组成
②	粉质粘土	1.7~5.2	稍湿~湿,可塑,含云母、石英等
② ₂	粉砂层	4.9	饱和,中密,含云母等
③	粉质粘土	2.3~7.2	饱和,软塑,含少量有机质等
④	粉细砂	1.4~4.8	中密~密实,饱和,成份为石英、云母等
⑤	粉质粘土	2.6~10.2	饱和,可塑,局部有砂,含氧化铁、贝壳、有机质等
⑥	粉细砂	2.0~6.2	中密~密实,局部有圆砾
⑦	粉质粘土	1.8~15.8	硬塑,含氧化铁、姜石等
⑧	粉细砂	2.9~7.8	饱和,密实,成分为石英、长石等
⑧ ₂	中砂	0.3~0.8	饱和,密实,成分为石英、长石等
⑧ ₃	卵石层	2.4~3.6	饱和,密实,卵石占 55%,充填物为细砂、中砂等
⑨	粉质粘土	2.1~7.1	硬塑,含氧化铁、有机质等
⑨	细砂	3~3.7	饱和,密实,成份为石英、长石等

拟建场区有 2 层地下水,一层为上层滞水,水位 5.1~7.6 m,一层属第四系潜水类型,初见地下水位埋深为 11.0 m,稳定地下水位埋深为 10.20 m。经水质分析测试,拟建场区地下水在干湿交替环境下对混凝土结构中的钢筋有腐蚀性。

设计要求 CFG 桩复合地基承载力 ≤ 480 kPa,桩径 400 mm,桩长 15~16 m,桩端持力层为第⑧层粉细砂层。CFG 桩呈正方形排列,桩间距 1.45 m $\times$ 1.45 m,桩体混合料强度为 C20,坍落度 18~20 cm,褥垫层为 200 mm 厚级配砂石垫层。成桩工艺为长螺旋钻孔内泵压成桩。

CFG 桩成桩 28 d 后,采用低应变反射波法进行桩基完整性检测,发现局部有断桩现象,断桩部位在桩深 2~2.5 m 处,即第②₂层粉砂层,为含水层。长螺旋孔内泵压混合料未初凝时,地下水向孔口方向涌水移动上升,带出混合料中水泥浆,从而造成该处桩体断桩,另一方面如桩体混合料存在空隙,则开始沿空隙渗流进入混合料中并汇集,造成混合料离析。

同时,由于该工艺 CFG 桩混合料的坍落度较高(18~20 cm),长螺旋钻进过程中,钻头和叶片不断对饱和粉砂层扰动,导致液化。液化后的饱和粉砂层处于流动状态,抗剪强度几乎为零。虽采取了“跳打”措施,但在相邻桩混合料压力差作用下,液化的粉砂层极易造成桩与桩之间串孔而断桩^[9]。

1.2 施工技术参数

1.2.1 长螺旋钻孔内泵压成桩

采用长螺旋钻孔内泵压成桩时,经常由于施工技术参数设置不合理导致断桩。如郑州东区某长螺旋成孔 CFG 桩复合地基工程由于以下施工技术参数不合理而导致断桩^[7]。

1.2.1.1 混合料的坍落度

管内泵压混合料粉煤灰掺量宜为 70~90 kg,坍落度应控制在 160~200 mm,坍落度太大,易造成泌水、离析,泵压作用下,骨料与砂浆分离,导致堵管,坍落度太小时,混合料流动性差,也容易造成堵管;堵管进一步造成灌注中断,降低泵送效率和泵送质量,易引起断桩。

1.2.1.2 提拔钻杆时间和速度

钻孔进入土层预定标高后,开始泵送混合料,管内空气从排气阀排出,待钻杆内管及输送软、硬管内混合料连续时提拔。若提拔较晚,在泵送压力下钻头处的水泥浆液被挤出,容易造成管路堵塞。若在泵送混合料前提拔,桩端处混合料易离析造成断桩。

提拔速度太快易造成桩径偏小和断桩,特别是

在饱和的砂层和易塌陷的杂土层更为严重。

1.2.2 振动沉管成桩

当采用振动沉管成桩时,也会由于以下施工技术参数不合理而导致断桩。

1.2.2.1 拔管速度

拔管过快,CFG 混合料没有充分振实,加之地基土回弹,可能造成断桩,而且当拔管速度过快,管内混合料量过少,混合料出管扩散性差或者混合料的和易性差时,也会造成缩径;拔管过慢,使混合料在管内振动时间过长而发热,导致混合料初凝时间提前,管内混凝土与沉管壁粘结,上拔沉管时造成缩径或断桩。

1.2.2.2 沉管内混合料柱压力

沉管拔至距地面 2~3 m 时,管内混合料存留不多,压力减小,加之地基土回弹,在距地面 2~3 m 范围内最容易形成缩径、断径。如某客运专线铁路新建铁路站路基段处于某剥蚀丘陵边缘与海积平原区,采用 CFG 桩和土工格栅加固,采用振动沉管施工由于提管速度快而导致断桩。

1.3 截桩工艺

一般 CFG 桩成桩完毕 3 天后,开始清运保护层和剔凿桩头,目前的截桩工艺有:截桩机截桩、钢钎双向对称同时击入截桩、环向截桩法与风镐截桩。钢钎双向对称同时击入截桩施工要求在桩的两侧对称设置 2 个击入点,2 个钢钎对正击入点用大锤同时击打,直到桩头被截除,然后用小钢钎配合小锤修平桩顶面至设计标高。而工程中常见的错误做法有,一个钢钎单向锤击,钢钎斜向锤击,有时虽然同时锤击但力量相差较大,甚至用挖掘机铲断桩头,由于此时桩体材料尚未达到设计强度,桩周保护层被扰动松散,桩顶约束条件差甚至自由裸露,从而造成桩身断裂。山东某油罐工程 CFG 桩复合地基工程截桩完毕后低应变测试发现全部近 2000 根桩中有 72% 发生断裂,断裂纵向位置在距有效桩顶向下 1 m 范围内的桩占全部桩数的 50%^[8]。

2 断桩处理措施

2.1 接桩法

断桩位置距地面不深时,可采用接桩处理^[10],接桩一般用人工挖孔至断桩部位,取出断裂桩头后,将桩顶断面修平、凿毛,用水冲洗干净,用与桩身材料和配比相同或高一级标号的混合料接至设计桩顶标高。做法如图 1 所示,当桩间土强度较好,取出桩头后桩间土可直立时, a 可取 0;当桩间土强度较低

时, a 可取 10 cm^[5]。接桩处理工艺简单,可操作性强。

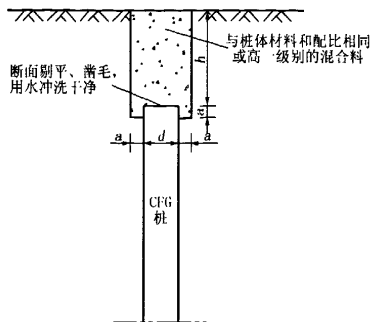


图 1 接桩头示意图

前文所述北京市朝阳区某城市花园一期工程 CFG 断桩即采用此方法处理,洛阳铲成孔至断桩部位,剔除已断桩头并凿毛冲洗干净,灌注同级别混合料。接桩完成后经低应变检测合格,承载力经检测后满足设计要求。

当 CFG 桩断桩较深时,运用金刚石复合片(PDC)钻头破碎桩体,钻至断桩面以下一定位置,钻孔直径可以大于或等于 CFG 桩直径,然后冲洗干净,重新灌注混合料,与下部桩体连接在一起,但这种方法施工一定要保证孔内清理干净。当 CFG 桩断桩位置处于桩底端时,甚至可以将 CFG 桩桩体全部钻掉,重新成桩。但此种处理费用相对较高。

2.2 注浆法

当断桩位置较深时,还可采用注浆法处理。即用高压注浆泵或大流量泵,沿注浆管或导管向断桩处注入水泥浆,切割并冲洗断桩部位未凝固的浮浆,并将其置换出桩身,用水泥浆固结断桩部位。

施工工艺流程为:注浆孔布置和钻孔→高压水清孔→注浆管安装和封孔→压水试验→制浆→注浆→达到设计预定注浆量和终压^[11~13]。

2.2.1 钻孔

注浆孔钻孔可采用小直径地质钻机金刚石钻进成孔,直径 90~110 mm,钻至断桩处以下 50 cm。

2.2.2 注浆管安装与封孔

注浆管下至孔底上部 0.2 m,孔口则高出桩顶 0.8~1.2 m,如图 2 所示^[11]。封孔从钻孔孔口往下长度约 0.5 m,采用砼封孔,并在封孔前安装排水管,与注浆管并排,长度 2.0 m 即可,与注浆管同高,管口车丝,管底位于封孔砼以下 0.2~0.5 m,封孔砼的凝固时间 ≤ 24 h。

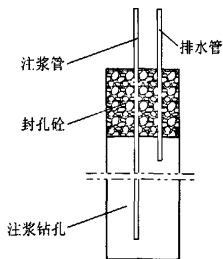


图2 注浆孔中注浆管和排水管的安放

2.2.3 注浆

一般采用2次注浆法的工艺进行注浆^[11~13]。注浆浆液应采用P. O42.5水泥,浆液水灰比一般控制在0.5~1,浆液由稀逐渐变浓。

注浆法处理断桩具有处理速度快、可操作性强、成本低、效果好等特点。武广铁路客运专线DK1372+550~886.36段岩溶注浆地区CFG桩施工,宋晓东等^[15]提出了注浆法处理断桩。

3 结语

(1)造成CFG桩断桩原因很多,本文从成桩施工工艺及施工技术参数分析了长螺旋成孔泵压成桩与振动沉管成桩的断桩原因,并分析了钢钎截桩断桩原因。

(2)CFG桩断桩后,根据断桩的深浅,可以采用接桩法和注浆法处理。断桩较浅时,一般选用接桩法,断桩较深时,可选用注浆法或钻头破碎桩体接桩。

参考文献:

- [1] 吕明礼,张东刚. CFG桩复合地基与工程实践(第二版)[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006. 98-173.
- [2] 赵秀绍,姚爱国,孙瑞民,等. CFG桩在饱和粉土施工中出现的主要问题分析与对策——以郑东新区为例[J]. 工程勘察, 2006, (4): 39-41.
- [3] 贾立宏,王祥,胡恒. 双层土体中CFG桩复合地基施工断桩机理分析[A]. 龚晓南,俞建霖. 2006地基处理理论与实践——第九届全国地基处理学术讨论会论文集[C]. 浙江杭州:浙江大学出版社,2006. 282-287.
- [4] 许祿,曹国卿. 长螺旋钻孔在CFG桩施工中存在的问题浅析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2004, 31(4): 22-23.
- [5] 秦辉,佟建兴. CFG桩断桩分析及防治措施[A]. 滕延京. 中国建筑学会地基基础分会2006年学术年会论文集地基基础工程技术新进展[C]. 北京:知识产权出版社,2006. 474-478.
- [6] 史佩栋. 桩基工程手册[M]. 北京:人民交通出版社,2008. 697-705.
- [7] 潘广灿,张金来. 郑州某长螺旋成孔CFG桩质量事故原因分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(11): 27-28.
- [8] 秦立东. 山东某油罐CFG桩复合地基断桩事故探讨[J]. 施工技术, 2002, (6): 52.
- [9] 余志强. 新海城车站饱和砂层CFG桩施工问题及处理[J]. 路基工程, 2009, (3): 175-176.
- [10] 彭彦彬,屈彦玲. 钻孔灌注桩清孔技术及断桩的预防和处理[J]. 铁道建筑, 2006, (7): 42-43.
- [11] 郭杰华,杨智军. 静压浆补强加固在某特大桥钻孔灌注桩的运用[J]. 采矿技术, 2009, (9): 36-37.
- [12] 陈再兴. 钻孔灌注桩断桩的旋喷和注浆联合处理[J]. 水利科技, 2008, (3): 13-15.
- [13] 钟咏琴. 压力灌浆法在质量问题桩补强中的有效应用[J]. 混凝土, 2007, (8): 105-107.
- [14] 胡国祥,吕文军. 高灵敏土中CFG桩复合地基剪切液化问题探讨[J]. 煤田地质与勘探, 2006, 34(1): 62-63.
- [15] 宋晓东,李冬立,聂志红. 岩溶地区CFG桩施工技术及其质量通病的防治[J]. 铁道标准设计, 2010, (1): 50-51.

城市轨道交通岩土工程勘察有新标准

国土资源网消息(2011-05-09) 由北京城建勘测院主编的国家标准——《城市轨道交通岩土工程勘察规范》(修订)日前通过评审,取代原《地下铁道、轻轨交通岩土工程勘察规范》(GB 50307-1999)。

据介绍,现行《地下铁道、轻轨交通岩土工程勘察规范》是1999年颁布实施的。今天,我国城市轨道交通已进入快速发展期,需要修建地铁的城市,由当时的少数几个发展到几十个省会城市、大中型城市,原规范已经不能适应轨道交通建设发展的需要,对其进行及时修订十分必要。

城建勘测院作为原规范主编单位,于2007年向当时的建设部标准定额司提交了修订申请并获批准后,在其后的2年中,积极组织各参编单位,在广泛收集资料,认真总结城市

轨道交通岩土工程勘察方面成功经验和科研成果的基础上,依据现有技术条件和国家有关法律、法规、现行标准规范,编制新《规范》。

4月初,专家组对新标准逐章、逐节、逐条进行了认真审查,认为新修订的《规范》充分总结了我国城市轨道交通岩土工程勘察几十年的经验,妥善处理现行国家和行业相关标准之间的衔接,技术先进,质量可靠,紧扣城市轨道交通工程的特点,各项技术指标经济合理,安全适用,能够满足当前我国城市轨道交通建设的需要,并提供可靠的勘察技术保障,对城市轨道交通工程建设的科技进步有很大的推动作用,并具有创新性、先进性、实用性、经济效益显著的特点。