

CFG 桩复合地基处理技术在铁路路基工程中的应用

高永民

(中国水利水电第十工程局有限公司基础工程分局,四川 都江堰 611830)

摘要:较详细地阐述了 CFG 桩复合地基处理技术在京沪高速铁路路基工程中的应用,总结了一些在施工过程中所遇到的值得探讨的问题,并提出了自己的观点、看法与建议。

关键词:高速铁路;路基工程;CFG 桩;复合地基;问题探讨

中图分类号:TU472 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)06-0051-04

Application of CFG Pile Composite Foundation Treatment Technology in Railway Subgrade Engineering/GAO Yong-min (Foundation Engineering Sub-bureau, Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Dujiangyan Sichuan 611830, China)

Abstract: This paper gives a detailed description about the application of CFG pile composite foundation treatment technology in railway subgrade engineering of Beijing-Shanghai express railway, summarizes some issues which encountered in the construction process and presented new views, opinions and suggestions.

Key words: express railway; subgrade engineering; CFG pile; composite foundation; problem and discussion

近年来,地基处理技术发展很快,特别是复合地基技术,在工程中得到越来越多的应用。CFG 桩复合地基成套技术,从 20 世纪 90 年代开始,在全国范围内得到了广泛使用。CFG 桩是针对碎石桩承载特性的一些不足加以改进发展起来的,它改善了碎石桩的刚性,使其不仅能很好地发挥全桩的侧阻作用,同时也能很好地发挥其端阻作用。

1 工程概况

中国水电京沪高铁土建工程三标段项目经理部三工区(2)承建路段(DK439+862.52~DK455+862.52)北起济南市长清区万德镇万南村,南至泰安市岱岳区小辛庄,全长 16 km,其中 DK442+862.54~947.00、DK449+660~715.96 两段路基采用 CFG 桩复合地基处理技术,总工程量为 17833 m。

其地层条件依次为:上覆为新黄土,厚 3~5 m,具湿陷性,其下为砾砂,褐黄色,中密,稍湿,厚 2.3~5.8 m,再下为新黄土,褐黄色,硬塑,厚 10~18 m,最下层为卵石土;表覆薄层新黄土,其下为片麻岩,全风化~弱风化。其设计与施工参数依次为:桩径 0.5 m,桩长 15.0 m,设计单桩承载力 800 kN,桩间距分 1.5 m 和 1.6 m 两种,正方形布置;桩径 0.5 m,桩长 4.8~5.7 m,设计单桩承载力 600 kN,桩间距分 1.5 m 和 1.8 m 两种,正方形布置。

2 CFG 桩复合地基处理技术与施工

2.1 施工准备

2.1.1 材料准备

按《客运专线铁路路基工程施工技术指南》(TZ 212-2005)、《客运专线铁路路基工程施工质量验收暂行标准》(铁建设[2005]160号)的有关规定及设计要求,拌制 CFG 桩混合料所用材料有 P. O42.5 号水泥、粉煤灰、粒石($\varnothing 8 \sim 25$ mm)、砂、矿粉、外加剂(RAWY101 减水剂)等。

2.1.2 混合料配合比准备

施工混合料配合比由实验室确定。混合料理论配合比为:水泥:砂:石:粉煤灰:外加剂=320:738:1106:48:1.9(kg/m^3);混合料的坍落度为 160~200 mm;砼强度等级为 C20。但在不同的施工条件下混合料的配合比有所不同,可适当调整。

2.1.3 现场准备

在开始施工前,现场要做好如下准备:核对地层;对施工场地内地上和地下管线进行核查、拆迁和防护。做到‘三通一平’;‘五图一牌’;测设并保护临时水准点;确定弃渣与排污点,等等。

2.1.4 施工工艺的选择

CFG 桩施工方法主要为振动沉管法和长螺旋钻进管内泵压混合料灌注法施工 2 种。振动沉管施工会产生强大的振动力,对周围桩的振动破坏和挤压破坏是不可避免的,再者,当土层强度较高时,就

收稿日期:2010-12-15;修回日期:2011-05-19

作者简介:高永民(1974-),男(蒙古族),内蒙古人,中国水利水电第十工程局有限公司基础工程分局工程师,中国水电集团京沪高铁项目三标段三工区施工一处副处长,勘察工程专业,从事工程施工技术管理工作,四川省都江堰市蒲阳路 164 号。

很难进行施工。长螺旋钻进管内泵压混合料灌注法施工则不存在上述不利因素,因此本工程选用后者。

2.1.5 设备准备

采用长螺旋钻进管内泵压砼施工方法进行 CFG 桩施工所需要的施工机械主要有: CFG-26 型长螺旋钻机、HBTB-60 型混凝土输送泵。还需要配备发电机、混凝土罐车、挖掘机、装载机、压路机、自卸汽车、砼拌合站以及测量与检测仪器等。

所有机械设备进场使用前必须进行正确的安装与调试。

2.2 工艺性试验

在 CFG 桩生产性施工前,在第一段路基选 8 根桩进行试验。试桩工艺试验的主要内容有:桩位施工顺序;长螺旋钻机的有效钻杆长度;长螺旋钻机的终孔电流;混合料的最佳配合比、坍落度;导管提拔和混合料泵送的配合;地层合适的拔管速度;桩体完整性低应变法检测;单桩静载试验等等。

2.3 施工工艺与过程控制

2.3.1 施工工艺流程

长螺旋钻进管内泵压混合料 CFG 桩施工工艺流程详见图 1。

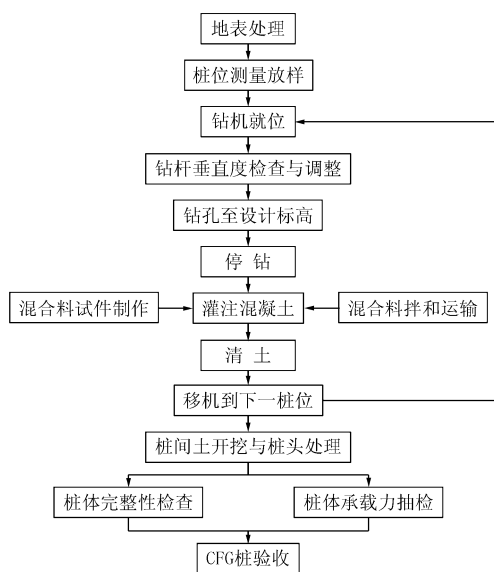


图 1 长螺旋钻进管内泵压混合料 CFG 桩施工工艺流程

2.3.2 现场施工与过程控制

2.3.2.1 地表处理

根据所测得的原地面标高和设计桩顶标高对照结果,平整钻孔场地,使平整后的地面标高比桩顶高 50 cm 左右为宜。场地平整完毕后,必须用 30 t 以上的压路机碾压,以满足长螺旋钻机自重和抗钻机倾倒的要求。并做好排水措施。

2.3.2.2 桩位测量放样与现场保护

首先利用全站仪布设桩位控制点,然后利用钢卷尺或测绳将每根桩中心点放出,再在桩位中心点用直径 8 mm 左右的钢钎竖直打入 20 cm 深的孔,在孔内灌入石灰粉,并在孔内插入一次性木筷或竹筷作为标记物,方便钻孔过程中钻孔废泥把桩位埋没后查找。最后利用水准仪测量出每根桩的地面高程,以便控制钻孔深度。

桩位置允许偏差 ≥ 5 cm,因此施工放样完毕的施工现场工作面要做好保护,尽量避免因现场遭到破坏而移动桩位中心点,从而造成桩位偏差值超过允许偏差值。

2.3.2.3 钻机就位与钻进成孔

钻机就位要准确,钻机就位后使钻杆垂直对准桩位中心,确保 CFG 桩垂直度容许偏差 $\geq 1\%$ 。然后按设计桩径、桩深成孔。

钻孔开始前,先将钻机基本就位,然后关闭钻头阀门向下移动钻杆至钻头端点触及地面桩位标记物端点,调整钻机至操作室里纵向与横向水平尺气泡居中。每根桩施工前由技术人员进行桩位对中和垂直度检查,满足要求后方可开钻。钻孔深度由现场技术人员进行现场交底。

钻孔开始时,继续向下移动钻杆至钻头触及地面,然后启动马达钻进。先慢后快,同时检查钻杆的偏位并及时纠正。在成孔过程中,随时监测钻杆稳定性与电流表表值,发现钻杆摇晃或难钻进时(此时电流值较大)应放慢进尺,防止桩孔偏斜、位移及钻杆、钻具损坏。根据钻机塔身上的进尺标记,成孔达到设计桩底标高时,停止钻进。

2.3.2.4 灌注混凝土

钻孔至设计位置时,停钻开始灌注混凝土。

现场试验:对于每盘混合料,试验人员都要进行坍落度(坍落度应控制在 16 ~ 20 cm)的监测,合格后方可进行混合料的投料。

泵送混凝土:首先停止钻进,提拔钻杆 20 cm (一般 20 ~ 30 cm)后开始泵送混合料灌注,混凝土泵送必须连续。灌注时采用静止提拔钻杆(即边提钻杆边泵压灌注混合料),也要保证连续拔管,提管速度控制在 2.5 m/min (一般 2 ~ 3 m/min)。在灌注混合料时,对于混合料的灌入量控制采用记录泵压次数的办法,对于同一种型号的输送泵每次输送量基本上是一个固定值,根据泵压次数来计量混合料的投料量。每根桩的投料量应不小于设计灌注量。施工桩顶高程宜高出设计高程 50 cm (一般 30

~50 cm),灌注完成后,桩顶盖土封顶进行养护。

在 CFG 桩施工过程中,灌注混凝土工序非常关键,容易造成与质量相关的问题,所以应严格进行控制。具体存在问题与控制措施如下。

(1)在混凝土浇注过程中,若混凝土供应不及时,钻机待料时间过长容易造成断桩或抱钻,所以在浇注开始前,一定要保证罐车里存储混凝土方量足以满足单桩浇注。如浇注过程中因意外原因造成灌注停滞时间大于混合料的初凝时间时,应重新成孔灌桩。

(2)拔管速度太快容易造成成桩桩径偏小或缩径甚至断桩,而拔管速度过慢又容易造成水泥浆分布不均,桩顶浮浆过多,桩身强度不足和形成混合料离析现象,导致桩身强度不足。故施工时,应严格控制拔管速度,确保中心钻杆内有 0.1 m³ 以上的混合料,此时的拔管速度为线速度,不是平均速度,如遇淤泥或淤泥质土,拔管速度适当放慢。

(3)若相邻桩太近可能会串孔形成反插,从而导致废桩。所以拔管过程绝不允许反插。

其中断桩是指 CFG 桩成桩后,桩身混凝土面不连续,中间有垂直于桩中心轴线的开裂或间隔。断桩是 CFG 桩最大的质量事故。在施工过程中,除了要保证上述情况下不发生断桩外,还要经常检查并保证排气阀畅通;加强对已经灌注 CFG 桩区域的保护,严禁一切大型机械进入;截除桩头时尽量用割桩机切割,不要人为破坏桩头,都可有效地避免断桩。另外对于地质原因造成的断桩,施工中是很难控制的,对于流塑状和地下水丰富的地质情况,应对 CFG 桩处理进行适应性论证。

2.3.2.5 钻机移位

灌注完成后,要先清理下一桩位的地表钻孔弃土(有时里面掺杂砼或浮浆),将钻机移至下一桩位钻孔。

2.3.2.6 桩间土开挖与桩头处理

桩间土开挖时,挖掘机易碰撞桩头造成浅层断桩,施工中采取桩头两次截桩方案,避免人为造成桩头破坏,一是在 CFG 桩灌注完成后混凝土凝固之前,采用小型挖掘机(严禁使用大型挖掘机或其它重型机械进入,以免破坏桩体)将桩头砼(或浮浆)和弃土一起清理出去,留 50 cm 不截;二是待砼强度达到 80% 后,使用小挖掘机(斗宽要满足开挖桩间土需要)开挖桩间土,然后截桩(图 2),桩断面要平整。

2.3.2.7 桩的检测

2.3.2.7.1 桩身完整性检测



图 2 截桩后的现场图片

CFG 桩桩身完整性检测采用低应变动力试验检测,规范要求检测率 10%。通过对 8 根工艺性试桩、集团公司抽检的 18 根生产桩,以及各个施工段完工后检测,共 191 根桩的低应变动力试验检测,我局在该项目完成的 CFG 桩全部合格,被评定为 I 类桩。图 3 为其桩基完整性检测曲线。

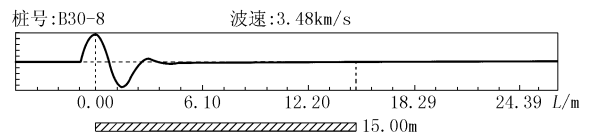


图 3 低应变桩基完整性检测曲线

2.3.2.7.2 桩体静力载荷试验

完工后(满足成桩 28 天以后),在 DK428 + 672.00 ~ DK450 + 838.76 段路基选了 3 根桩进行 CFG 桩单桩竖向抗压静载荷试验,特征值为 800 kN。试验结果(表 1、图 4~6)表明承载力满足设计要求。其中图 4~6 为 A7-3 号桩所描绘的检测曲线。

表 1 单桩竖向抗压静载荷试验结果表

试验桩号	最大加荷载 /kN	总沉降量 /mm	单桩竖向抗压承载力特征值/kN
A7-3	1600	8.34	800
A7-4	1600	7.80	800
A8-3	1600	8.93	800

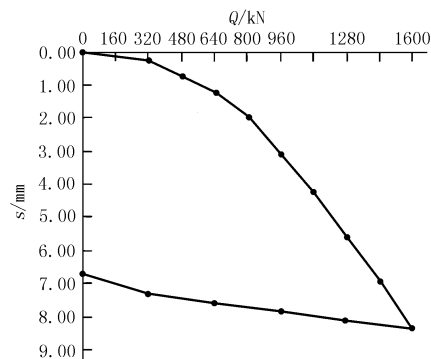
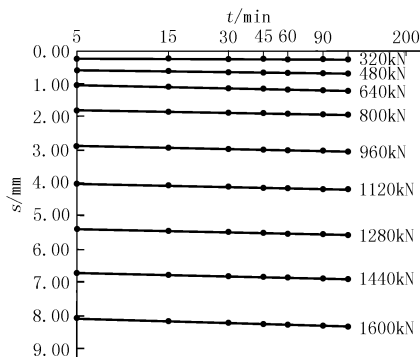
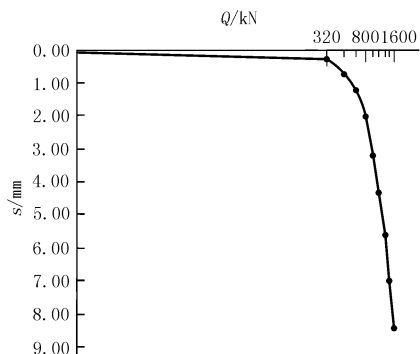


图 4 A7-3 号桩 Q-s 曲线

图5 A7-3号桩 $s-lgt$ 曲线图6 A7-3号桩 $s-lgQ$ 曲线

3 经验与探讨

3.1 施工顺序要根据地层情况,通过试验确定

在CFG桩施工时,施工顺序一般有2种:一是顺序施工,二是隔桩跳打。逐桩施工容易造成串孔,隔桩跳打在第二遍桩机就位容易对已施工的桩造成挤压破坏。因此施工时采用哪一种施工顺序,要根据地层情况,通过试验确定。

3.2 提钻与泵送要密切配合,保持动态平衡

在混合料(砼)浇注过程中,砼输送泵和长螺旋钻机组成了CFG桩成桩的机械体系,二者协调一致,才能保证成桩的连续性,因此砼输送泵泵送到钻杆心管中的砼要与提钻速度保持动态平衡。而要做到提钻与泵送密切配合,保持动态平衡,一般由长螺旋钻机操作手吹哨来指挥控制。提钻速度一般是通过桩径、桩长、每分钟泵压次数、每泵压一次泵送方量并结合地层与现场实际情况来计算。提速慢,容易造成软管爆裂,处理爆裂比较麻烦;提速快,容易造成断桩。因此要经过合理的计算与控制提钻速度,来保证施工速度与质量。

3.3 及时清运钻孔弃土与浮浆

CFG桩长螺旋钻孔属于排土成桩工艺。在施工过程中,随着长螺旋钻杆的钻进,排出的土体在孔

口堆积,单桩排出的土量随着桩长的增加而增加。灌注成桩后这部分堆积弃土中还埋藏有一定的混合料与上部浮浆。钻孔过程中及时清运钻孔弃土是保证CFG桩正常施工的一个重要环节。

3.4 雷雨季节不利于CFG桩施工

长螺旋钻孔管内泵压CFG桩成桩混合料(砼)成桩工艺,适用于填土、饱和及非饱和粘性土、砂土、粉土等地基,若在雨季,经常性下雨会使地基软化,特别是表层为湿陷性黄土层,对于长螺旋钻机,无论是履带式还是轮胎式,均不利于行走与停放。所以,若在施工过程中不可避免遇到下雨天气,要采取合理的排水措施和地面保护措施。另外长螺旋钻机属于高架设备,在雷雨天气还要采取避雷措施,而且在打雷时一定要停止施工。

3.5 建议采用自动记录仪监控

在长螺旋钻孔管内泵压CFG桩成桩混合料(砼)施工中,为了准确进行质量控制,需要对施工过程中的各种施工参数(主要有:钻进电流、钻进深度、钻进速度、提钻速度、泵送次数、时间)进行准确的记录。而目前对于以上各施工参数的记录基本上采用手工记录,不利于更好地进行质量监控。因此,建议采用自动记录仪监控,直接将各个施工参数与数据显示并记录在电脑屏幕上,对不吻合的环节或参数及时进行调整,可以有效地对成桩质量进行控制,并可减少现场值守人员,节省施工费用,提高工程质量。

4 结语

中国水电京沪高铁土建工程三标段项目经理部三工区(2)承建路段路基工程地基处理的CFG桩总工程量虽小,但总的来说,无论从技术方面还是从组织方面都做了充分的准备,并能够得以顺利实施。本文通过对京沪高速铁路路基工程中应用CFG桩复合地基处理技术的经验总结,阐述了笔者的看法和建议,供以后同类工程借鉴与参考。

参考文献:

- [1] TZ 212-2005, 客运专线铁路路基工程施工技术指南[S].
- [2] JGJ 79-2002, 建筑地基处理技术规范[S].
- [3] TB 10218-99, 铁路工程桩基无损检测规程[S].
- [4] 孙玉杰, CFG桩在软土路基处理中的应用探讨[J]. 科技传播, 2010, (8).
- [5] 阎明礼, 张东刚. CFG桩复合地基技术及工程实践[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.