

施工管理信息化系统在高速铁路 CFG 桩 施工中的应用

王会超

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

摘要:结合雄商高铁临清东站 CFG 桩施工管理信息化系统的应用实例,通过引入基桩施工管理信息化系统,对 CFG 桩施工过程中的桩数、桩位、桩长、桩身垂直度、钻进速度、拔管速度、电流值进行全过程控制、提高施工作业进度、确保桩基施工质量的全过程。

关键词:雄商高铁;CFG 桩;施工管理信息化系统;施工工艺

中图分类号:U215.1;U215.7;U215

文献标志码:B

文章编号:1001-2184(2024)增 2-0005-04

Application of Construction Management Information System in the Construction of High-speed Railway CFG Piles

WANG Huichao

(Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610066)

Abstract: Based on the application of the CFG Pile Construction Management Information System in Linqing East Station of Xiongshang High-speed Railway, this paper introduces the application of the CFG Pile Foundation Construction Management Information System, during the construction of CFG pile foundation, the pile number, pile position, pile length, pile vertical, drilling speed, pipe pulling speed, current value are controlled in the whole process, which improves the construction progress, the quality of pile foundation construction is ensured.

Key words: Xiongshang High-speed Railway; CFG pile; Construction management information system; Construction technology

1 概述

CFG 桩为水泥粉煤灰碎石桩的简称,其桩体材料主要由水泥、粉煤灰、碎石、砂和水拌制而成,桩体和桩帽、桩间土、褥垫层一起形成复合地基^[1]。CFG 桩适用于淤泥、淤泥质土、黏性土、杂填土及湿陷性黄土地基,以提高地基承载力和减少地基变形为主要目的,其桩长取决于上部结构对承载力和沉降的要求、土质条件和设备能力,桩径一般为 350~600 mm,桩间距一般为 3~5 倍桩径。加固处的复合地基承载力可以达到 200 kPa 以上^[2],具有施工简单、工效高、加固效果好、工后变形小、沉降稳定快等优点,广泛应用于地基加固。

目前 CFG 桩的施工过程控制主要依靠测量人员现场测量放样定位,技术人员通过钻杆标记

长度并结合钻进时间或拔管时间计算钻进或拔管速度,且现场人员对施工过程的数据仅能依靠人工进行收集、记录,导致对各工序的管理需要的人员多,存在测量放样易产生人为偏差、钻进速度和拔管速度计算不及时而导致无法指导现场作业、施工记录人为干扰、难以考证等弊端,对施工质量的控制较为困难。

雄商高铁的设计速度目标值为 350 km/h,是京港(台)通道的重要组成部分;是支撑引领我国“一带一路”“京津冀协同发展”“长江经济带”三大战略纵深发展、助力建设“雄安新区”的千年大计,以及促进沿线地区社会发展的重要工程;是京港(台)综合交通运输通道中的骨干交通方式;是以承担中长途客流为主、兼顾城际客流的高速铁路。

雄商高铁在山东省聊城市临清市设置了临清

收稿日期:2024-06-16

东站,该站场路基的地基处理大量采用“CFG 桩+混凝土桩帽+碎石垫层”的复合地基处理形式,CFG 桩的桩径为 0.5 m,桩间距为 2.0 m,正方形布置,桩长 20~30 m 不等,设计根数为 20 417 根,总长度为 508 777 m,桩帽尺寸为 1.2 m×1.2 m×0.35 m,桩帽间分层回填碎石,在桩帽顶设置有碎石垫层。施工范围的地层情况由上至下依次分布为: Q_4^{2a1} 粉土→黏土→ Q_4^{2a1} 粉土→ Q_4^{1a1} 黏土→ Q_4^{1a1} 粉土→ Q_4^{1a1} 粉质黏土→ Q_4^{1a1} 黏土→ Q_4^{1a1} 粉土→ Q_4^{1a1} 粉质黏土→ Q_4^{1a1} 粉土→ Q_4^{1a1} 粉砂。

2 施工方案的选择

CFG 桩常用的施工方法有长螺旋钻孔灌注成桩、振动沉管成桩、泥浆护壁钻孔灌注成桩及管内泵压拌和料灌注成桩。其中长螺旋钻孔灌注成桩适用于地下水位以上的黏土、粉土和素填土地基处理;振动沉管成桩适用于黏土、粉土、淤泥质土、人工填土等地基处理;泥浆护壁钻孔灌注成桩适用于土层、砾石地层以及岩层等。

根据临清东站路基 CFG 桩桩位处的地质情况、结合总体工期要求,该项目最终选用长螺旋钻机成孔的施工方法,其主要施工工序为:施工准备→测量放样→钻机就位→钻进→泵送混合料、拔管→成桩验收等,其中钻进、泵送混合料、拔管为重点控制工序。

3 施工管理信息化系统在 CFG 桩施工中的应用

针对临清东站路基地基处理 CFG 桩数量巨大、过程数据收集困难、桩体施工质量控制难度大的特点,为保证高铁车站地基的加固效果,确保桩体施工质量,提高施工效率,该项目通过引入基桩施工管理信息化系统对 CFG 桩施工过程中的桩数、桩位、桩长、桩身垂直度、钻进速度、拔管速度、电流值进行全过程控制,系统采用北斗高精度定位、倾角传感器、电流传感器、物联网数据采集、大数据分析等先进技术,通过实时采集长螺旋钻机运行过程数据并进行分析、处理、动态展示,对施工过程进行引导、管控和预警,同时保留施工过程中的原始数据,实时将这些数据上传至网络平台,参建人员可随时对相关数据进行查阅从而使基桩施工的数据可以准确、及时地留存,在加快 CFG 桩施工进度的同时减少测量及作业人员的投入,在提高劳动生产率的同时为复合地基处理的施工

管理、措施调整提供依据。

4 CFG 桩的施工工艺及信息化系统的应用

4.1 施工工艺流程

CFG 桩施工工艺流程见图 1。

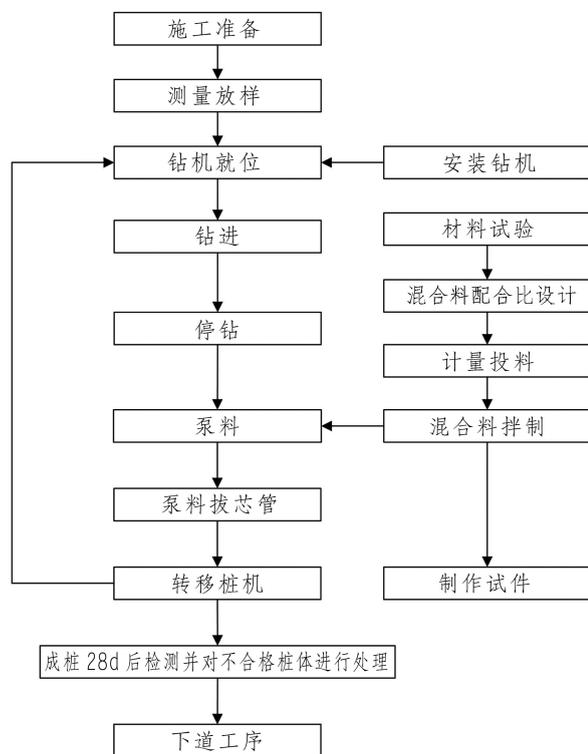


图 1 CFG 桩施工工艺流程图

4.2 关键工序的施工工艺及操作要点

(1) 施工准备

①对原地面进行清表、整平,将地基处理范围内的草皮、树根、地表种植土等全部挖除。为保证 CFG 桩的桩头质量,采用桩头超灌措施,即施工桩顶的标高应高出设计标高 0.3~0.5 m,场地平整的高程亦应参考施工桩顶的高程进行控制,并将地表碾压至相应部位的压实标准。

②做好施工场地的“三通一平”。修建施工机械进出场的施工便道,完善施工区域的排水系统,做好施工现场的临时排水设施,确保周边水不进入施工场地内;同时,施工过程中的雨水、渗水可随时排出。

③在钻机上安装信息化系统控制设备,包括主控箱、天线、电流传感器、倾角传感器、主控终端等设备。

④选定原材料,开展室内配合比试验,最终确定出混合料的最佳配合比。混合料 28 d 龄期立

方体的抗压强度不小于设计要求。对振动沉管法混凝土的坍落度控制值宜为 30~50 mm;对长螺旋钻孔管内泵压混合料灌注法混凝土的坍落度控制值宜为 160~200 mm。

⑤正式施工前,应进行成桩工艺试验,通过试桩确定长螺旋钻机钻进过程中地质条件变化时的电流变化以及终孔电流值,复核设计文件中的地质情况,确定所选定的设备、工艺是否适宜,确定混凝土的配合比、塌落度、钻进速度、拔管速度等各项工艺参数。在试验桩桩长范围内钻取芯样检查桩身混凝土的密实度、强度和桩身垂直度等,检验成桩效果。试桩的数量应不少于 3 个加固单元。

⑥根据试桩成果编制 CFG 桩施工方案及作业指导书,经审批后向操作人员进行技术交底,技术交底内容应包含信息化系统应用的要求及操作方法。

(2) 测量放样

①对施工图纸进行审核,熟悉设计原则和相关要求。根据图纸要求,利用 CAD 绘制 CFG 桩桩位平面布置图并按行列顺序进行编号作为后续施工的依据。

②计算各 CFG 桩桩位中心点坐标并将其输入终端管理系统,采用定位技术进行自动引导,实现自动放样。

③根据设计交桩资料及控制网复测结果采用全站仪放出 CFG 桩施工区域的控制桩,然后使用尺量的方式根据桩距传递测放桩位,用小木棍做好标记并使用白灰标识,将传统的测量放样结果起校核的作用,以确保桩位准确。

(3) 钻机就位

①钻机就位必须平整、稳固,以确保其在施工过程中不会发生倾斜、移动;对于地基软硬不均匀、易变形的场地、大风等情况下应采取增加机械底部铺板、桩机顶部缆绳固定等措施以防止设备倾倒。钻杆应垂直对准桩位中心,对于桩位的偏差要求其小于 10 cm。钻机的定位主要是通过安装于钻机上的北斗高精度定位装置,依据施工前录入终端的桩位中心点坐标进行自动放样,定位偏差在终端设备上实时显示,通过查看终端设备可直观了解钻机的定位情况。

②每根桩钻进前必须由技术管理人员对长螺旋钻机钻杆的垂直度进行检查,其垂直度主要是

通过安装于钻机上的倾角传感器进行实时监控,并确保 CFG 桩的垂直度偏差不大于 1%,待其检查合格后方可开钻。钻杆垂直度的人工校核采用在钻架上两个相互垂直方向上挂垂球的方法进行测量,并将其与信息系统中的垂直度信息进行校核。

(4) 钻进

①桩机就位,保持钻杆垂直,待检查桩位偏差、钻杆垂直度符合相关要求后方可钻进。钻孔开始时,关闭钻头阀门、下移钻杆至钻头接触地面,然后开启电机进行钻进。一般应先慢后快以减少钻进初期的钻杆晃动^[3],防止偏孔。若在成孔过程中发现钻杆摇晃、难以钻进时应放慢进尺,防止桩孔偏斜、位移和钻具损坏。当钻头钻进至设计桩底标高,在动力头底面停留位置相应的钻机塔身处作醒目标记,将其作为施工时校核桩长的依据。

② 钻进过程中的信息化应用

a. 垂直度监测:通过在离钻机平台一定高度位置桩架上安装的倾角传感器测量桩架的倾斜角度,计算该倾斜角度的反正切值作为桩的垂直度。在钻进过程中,通过倾角传感器实时测量钻杆垂直度并在终端界面显示,操作人员应经常对垂直度的偏差数据进行查看,以确保其垂直度偏差不大于 1%;若偏差超限,操作手可及时对钻机进行调整。

b. 钻进速度与成桩深度监测:通过在钻机上安装集定位、定向、定高三个北斗天线一体化接收终端,在钻进过程中通过测量桩顶高程的变化、结合钻进施工的时间对钻进速度和成桩深度进行实时计算,并将计算结果在终端界面显示。

c. 电流值监测:通过在钻机上安装霍尔电流传感器对电机三相定子电流进行检测。钻进过程中,对电机三相定子电流进行检测,以实现对不同地质条件下的电流值、终孔电流值的采集并在终端界面显示以进行桩位处地质情况的复核。

d. 成桩时间记录:钻进过程中,实时记录开钻时间、拔管时间等信息。

信息化系统可以对成桩时间、钻进深度、电流值等进行实时组合并绘制出 CFG 桩的施工数据曲线,并在终端设备展示的同时可上传至网络平台,项目参建人员可随时随地对 CFG 桩的成桩数

据进行查看。

(5) 泵送混合料与拔管

①混合料在拌和站集中拌和,按照设计配合比进行配料,每盘料的搅拌时间应符合设计要求,坍落度宜为 160~200 mm。采用罐车运输至施工现场后采用混凝土泵泵送入仓。混合料进入罐车后,灌筑前罐车须慢速旋转、严禁停转。每次卸料前必须强制搅拌 30 s,以防止混凝土离析。

②钻进至设计桩底标高后停钻,开始泵送混合料。当长螺旋钻机钻杆芯管充满混合料后开始拔管,并应准确掌握提拔钻杆的时间。混合料的泵送量应与拔管速度相匹配,拔管速度则按试桩总结出的参数进行控制,一般宜控制在 2~3 m/min。边灌筑、边提钻,连续匀速拔管;严禁先提管、后泵料,同时应保证钻头始终埋入混合料中,应将钻头埋入深度控制在 1 m 左右,防止断桩。每根桩的投料量不应小于设计灌筑量,施工桩的顶高程应高出设计标高 30~50 cm。灌筑成桩后对桩顶盖土封顶进行养护。

③钻进过程中的信息化应用。拔管速度监测:拔管过程中通过安装在钻机上的北斗高精度定位装置对桩顶高程的变化情况进行测量,结合钻进时间对拔管速度和成桩时间进行实时计算,并将计算结果在终端界面显示。

(6) 成桩的验收

①CFG 桩施工时每个工班均应制作试件并进行 28 d 抗压强度试验。

②成桩 7 d 后,按照成桩总数的 20%且每个工点不少于 3 根的要求采用仪器检测成桩的完整性;有疑问时对其采取钻芯取样以观察其完整性、均匀性,钻芯后的孔洞采用水泥砂浆灌筑封闭。

③成桩 28 d 后,按照成桩总数的 2%且每个工点不少于 3 根的要求采用载荷试验进行单桩或复合地基承载力检测。

④成桩检验前,通过分析 CFG 桩施工过程中的数据,优先选择拔管速度、电流值异常的桩进行质量验证,旨在使检测样本的选择更具有代表性,从而进一步确保了 CFG 桩的施工质量。

4.3 数据分析与优化施工

通过 CFG 桩信息化系统的应用,对施工过程中的数据实现了自动采集统计、直观展示、实时上传,能够使现场管理人员快速决策,及时调整,同

时亦节约了旁站盯控的管理人员数量,降低了管理人员的现场管理工作强度,大大提高了 CFG 桩的施工质量。

通过对平台保存数据进行分析,可以准确反映单根桩施工时长、单台设备产能等信息,为现场人员、材料、设备等资源调配提供依据。

5 施工质量控制措施

(1)CFG 桩的施工一般按照从线路中心向两侧的顺序进行,靠近结构物处的桩基应在结构物施工之前完成;若施工场地的一侧靠近桥涵等结构物或既有线路路基边坡,则应按照由近及远的顺序施工,且相邻的 CFG 桩应隔桩跳打。

(2)应在 CFG 桩施工过程中及时通过信息化终端显示数据对各工序进行有效的控制,切实保证桩数、桩位偏差、桩径、桩长、垂直度等满足设计要求。

(3)混合料的拌制应严格按照实验室出具的施工配合比进行,拌和时间应满足设计要求,在已成孔桩体灌筑前必须检查现场罐车中的混合料数量,当其数量无法满足待灌筑桩基施工使用时不能进行桩体混合料的灌筑作业,避免停工待料的情况出现。

(4)提钻前需开动输送泵,将钻机芯管内充满混凝土;应静止拔管,同时一定要控制好拔管速度(拔管过快易造成局部缩颈或断桩;拔管太慢其振动时间过长会导致桩顶浮浆增厚,易使混凝土离析)^[4];遇淤泥或泥炭质土等敏感土层时拔管速度应放缓。拔管过程中,严禁将钻杆反插^[5]。

(5)为保证桩头灌筑的质量,施工桩顶标高时应高出设计桩顶标高 0.3~0.5 m。CFG 桩施工完成后应进行桩内的排土清运,清运完成后,由人工进行其下 30~50 cm 保护土层的开挖。土层清除后,采用截桩机截除桩顶设计标高以上的桩头,严禁采用人力或铲斗机械硬性暴力凿除、铲断,避免产生浅层断桩。

(6)若施工完成的 CFG 桩顶高程不满足设计要求时必须进行接桩,将桩体接至设计桩顶位置。接桩时,必须先将桩头剔平凿毛,然后用水冲洗至桩头干净,然后采用与桩体混合料同标号的豆石混凝土接桩,后接部分桩体应超出原设计桩径 200 mm。

(下转第 23 页)

将电流值偏小的情况反馈给设计单位的地质人员,以便其进行进一步的地勘复核。根据地勘复核结果,适当调整 CFG 桩的设计参数,如桩长、桩径、桩间距等,以确保桩基的施工质量和地基处理效果。

(2)当终孔电流值偏大时,表明桩周地质条件较为复杂,如存在孤石、夹层等硬质地层而导致成桩难度增加;亦可能是地勘资料与实际地质条件存在较大的差异,这也是导致电流值偏大的原因之一;此时应将电流值偏大的情况反馈给设计单位的地质人员,以便其对地勘资料进行复核。根据地勘复核结果适当调整 CFG 桩的设计参数或采用其他的地基处理方法,以提高施工的经济性和效率。

(3)对于电流值的异常变化,可以通过铁路建设平台等信息化手段实时分发、反馈给现场技术人员,并应及时排查施工控制指标是否正常(钻进速度过快导致电流大,钻进速度过慢导致电流小),揭示了电流值变化与土层性质、承载力之间的内在联系,为 CFG 桩施工过程中通过电流值预测土层承载力提供依据。

(4)施工参考电流值:根据上述对比 81 A、95 A、132 A 三组电流值对应的混凝土灌注量、累计沉降变化趋势分析得知:对于黄河冲积平原之粉土、黏土、粉砂等地层条件下,当终孔电流值达到 90 A 时,在堆载预压后其沉降量符合要求,且距离沉降控制上限有一定的余量,既经济、又能满足质量要求,因此,笔者推荐 90 A 的电流值作为类似地区施工时参考。

(上接第 8 页)

6 结 语

通过对信息化系统在 CFG 桩施工中的应用进行研究,总结出 CFG 桩采取的新型质量控制方式,改变了传统的结果检测方式,实现了对成桩全过程的监测,以最全面、真实的数据为桩基施工质量控制提供支撑,有效地保证了桩基的施工质量,确保了雄商高铁临清站地基处理的高效施工,有效节约了人员和机械设备的投入,取得了良好的经济效益,所取得的经验可为后续同类工程施工借鉴。

参考文献:

6 结 语

笔者基于研究成果提出了通过严格控制施工参数(特别是电流值),来提高 CFG 桩成桩质量的方法,其实质是更为精确地控制桩底嵌入土体的强度,从而有效提升复合地基的承载力和稳定性。通过对终孔电流值的监测可以减小工后沉降,从而大大降低了工后的维护成本,能够为高速铁路建设带来显著的经济效益,为高速铁路的安全运营提供有力的保障,能够在满足桩基施工质量的同时减少混凝土的灌注量,进而节约施工成本。该方法不仅适用于高速铁路路基工程,还可广泛应用于其他需要进行地基处理的工程项目。

参考文献:

- [1] 陈洪运,马建林,胡中波,等.高速铁路载体桩复合地基沉降计算方法探讨[J].建筑结构,2013,43(24):76-79.
- [2] 张晓波,阎保家,张光宗,等.济南西站宽站场路基复合地基沉降特性研究分析[J].高速铁路技术,2015,6(6):9-16,38.
- [3] 张毅.浅谈高速铁路 CFG 桩施工工艺[J].科技情报开发与经济,2012,22(10):147-149.
- [4] 周末春.高速铁路地基处理 CFG 桩施工质量通病和应对措施[J].安徽建筑,2011,18(2):98-99.
- [5] 李鑫.高速铁路深厚软土地基物理力学特性分析及沉降控制[J].铁道勘察,2021,47(2):72-75,86.

作者简介:

- 李成彦(1983-),男,甘肃临洮人,工程师,从事铁路工程建设施工技术与管理工
王会超(1990-),男,河北邯郸人,工程师,学士,从事铁路工程施工技术与项目管理工作;
陈学军(1988-),男,宁夏固原人,副高级工程师,从事铁路工程建设施工技术与管理工

(编辑:李燕辉)

- [1] 蒙核量,张淑芳.基于 CFG 桩复合地基的软基处理应用研究[J].建筑技术开发,2023,50(2):154-156.
- [2] 张永春.CFG 桩长螺旋钻机施工方法[J].四川水力发电,2010,29(增刊 2):129-131.
- [3] 张新.CFG 桩在软弱地基处理中的实际应用探讨[J].资源信息与工程,2016,31(6):143-144.
- [4] 刘磊.CFG 桩在高铁软土路基建设中的应用[J].科技创新与应用,2024,14(4):185-188.
- [5] 甘兴旺.津保铁路软基处理中的 CFG 桩施工与质量控制[J].四川建筑,2013,33(3):130-132.

作者简介:

- 王会超(1990-),男,河北邯郸人,工程师,学士,从事铁路工程施工技术与项目管理工作。

(编辑:李燕辉)