

混合地层条件下CFG桩施工工艺探讨

陈天宁

中铁上海工程局集团第五工程有限公司 广西 南宁 530000

摘要: 主要对软质岩混合地层条件下的地质进行分析,通过优化长螺旋钻机钻头、调整钻进成桩工艺等方面进行实验,确保CFG桩在混合地层下成桩,同时进一步探讨采用北斗定位管理系统等措施提升CFG桩质量控制。

关键词: 混合地层;北斗管理系统;引孔;二次钻进成孔;截桩

引言

在高速铁路施工中,为严格控制路基沉降,在不良地质段多采用换填、CFG桩、挤密螺纹桩、桩板结构四种处理形式。其中CFG桩、挤密螺纹桩处理方式因其经济可靠而应用广泛,但受其成桩工艺的影响,只能用于软土地基。如何在满足沉降要求下扩大CFG桩的适用范围。

1 工程概况

中铁上海工程局承建的新建**高速铁路*标,位于广西壮族自治区南宁市武鸣区,起止里程为DK455+689.1~DK483+617.037,全长27.928km。标段位于喀斯特岩溶发育区域,岩溶发育程度不一。其中路基5.692km,共21段,段落短且分散。路基多为路堤式路堑,分层开挖至基床底标高后再进行地基处理,再填筑至路基顶面。以DK455+689.1~DK455+834.25路基为例^[1]。

1.1 施工图地质描述情况

施工图工程地质描述为:测段上覆第四系全新统坡残积(Q4dl+el)粉质黏土,下伏基岩为白垩系上统宣南组(K2x)角砾状灰岩夹泥岩、砂岩。岩土特性由新到老分述如下:

<7-3>粉质黏土:褐黄色,硬塑状,含少量砂岩泥岩碎石,粘性一般,分布于测区地表表层,厚0~5m,属Ⅱ级普通土。

<12-1>角砾状灰岩夹泥岩、砂岩:泥岩、砂岩为褐红色、棕红色,砂泥质结构,中厚层状构造,含钙质、铁质结核;全风化带(W4)岩芯原岩结构已基本破坏,多风化呈土状,厚6~12m,属Ⅲ级硬土;强风化层(W3)呈短柱状、块状、碎块状,厚1~3m,属Ⅳ级软石。该套地层弱风化层统属Ⅳ级软石。弱风化角砾状灰岩属Ⅴ级次坚石。

1.2 地层设计参数情况

<7-3>粉质黏土: $\gamma = 18\text{kN/m}^3$ 、 $C = 20\text{kPa}$ 、 $\Phi = 15^\circ$ 、 $[\sigma] = 150\text{kPa}$;

<12-1>角砾状灰岩夹泥岩、砂岩:

W4: $\gamma = 20\text{kN/m}^3$ 、 $C = 20\text{kPa}$ 、 $\Phi = 20^\circ$ 、 $[\sigma] = 180\text{kPa}$;

W3: $\gamma = 22\text{kN/m}^3$ 、 $\Phi = 35^\circ$ 、 $[\sigma] = 350\text{kPa}$;W2: $\gamma = 24\text{kN/m}^3$ 、 $\Phi = 40^\circ$ 、 $[\sigma] = 500\text{kPa}$;

1.3 设计地基处理方式

以DK455+689.1~DK455+730、DK455+790~DK455+834.25段,路基基底采用CFG桩加固。加固直径为 $\phi 0.5\text{m}$,桩间距2m,桩长为打至土石分界线。CFG桩承载力检验在成桩28天后进行,应采用单桩和复合地基载荷试验:复合地基承载力不得小于180kpa,单桩承载力不小于400kN。

1.4 地层实际情况

在项目部进场土方开挖时发现,实际地质较施工图描述的地质有异。经了解相关情况和分析发现:设计地勘时采用钻孔探查地下地质,路基段落约200m左右布设一个孔。依据现场芯样及钻进记录等基础数据绘制柱状图,再按照相邻两孔之间的柱状图上地质分层连线,绘制地层分界线及地质剖面图。

在发现地质与设计图纸描述的地质不一且无法施工后,项目经理部将情况反馈给建设、监理、设计等,在四方现场查勘会商确定:鉴于区段内地层混杂,CFG桩处理无法成桩,拟将地基处理方案改为桩板结构加固。

常规施工顺序为:路基填筑完成后开始架梁,同步开始计算工后沉降时间,按照《铁路工程沉降变形观测与评估技术规程》(QCR9230-2016)4.1.3条款要求:

“路基填筑完成或施加预压荷载后沉降变形观测期不应少于6个月,并宜经过一个雨季。”。小里程架梁计划7个月左右,架完梁路基工后沉降陆续到期,随即可开展沉降评估及CPⅢ布网测设、无砟轨道施工。如采用桩板结构加固,需等架完梁开始施工桩板结构,桩板结构工期2-4个月,之后开始组织无砟轨道施工,工期较前者长约2-4个月。会导致施工组织无法流水推进,窝工、材料转运等成本大大增加^[2]。

2 混合地层 CFG 桩成桩探索思路

2.1 结合地质情况,研发出一种适合软质岩混合地层

的长螺旋钻机引孔钻头，钻头利用截齿制作。结合工程多次验证确定截齿的数量及安装角度，达到切割穿透软质岩的效果。

2.2 在CFG桩施工施工时采用“一次引孔，二次钻进成桩”的施工工艺，第一次引孔时采用引孔钻头，按照设计要求打至设计地层或者设计桩长。引孔完成后更换为常规钻头，钻机连接混凝土泵，二次钻进至设计深度，提钻并泵送混凝土成桩。

2.3 在长螺旋钻机钻进时采用CFG桩北斗施工管理系统，在钻杆顶部安装北斗定位移动端，钻架上安装倾斜传感器，动力头电机安装电流变送器。安装的北斗卫星定位系统可实现自动定位打桩，并记录桩长。倾斜传感器对钻杆的垂直度实时显示，操作手根据实际倾斜度调整钻杆角度。该系统应用北斗卫星定位技术、通讯技术、融合物联网、云计算技术、基于载波相位观测的实时动态差分定位技术，实现厘米级打桩定位。

3 施工工艺流程及操作要点

3.1 施工工艺流程

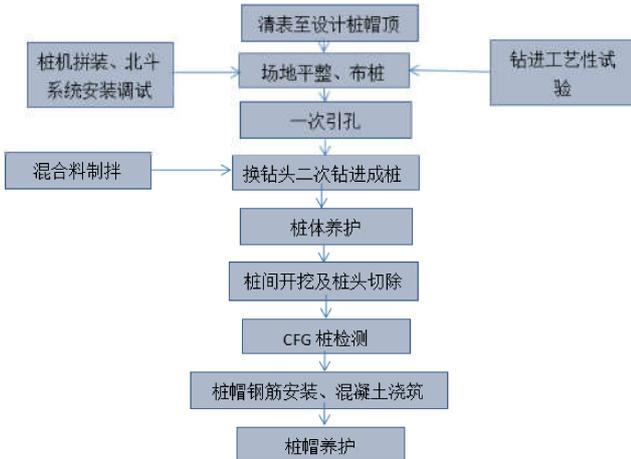


图3.1-1 混合地层CFG桩施工工艺流程

3.2 操作要点

3.2.1 现场准备

① 场地平整：进场后按照桩帽顶设计标高对原地面进行清理，清表完成后平地机进行整平，压路机静压。场地做好纵横向排水沟，将雨水排至路基地基处理范围以外。

② 钻机拼装：CFG桩桩机进场后进行设备拼装，注意CFG桩钻架要按照图纸揭示的桩长加2-4m控制高度，如钻架过高会加大堵管的概率，钻架高度仅满足图示桩长会出现溶蚀地层时打不到设计地层。

③ 桩基管理系统安装：按照图示位置安装定位天线、定向天线、倾角传感器、电流传感器、定位终端等

设备，钻机空载试运行调试设备及系统运行情况。

各类型钻头功效统计

序号	项目	钻头1	钻头2	钻头3	钻头4
1	钻头类型	常规钻头，设翻转开关，提钻泵送混凝土	不设翻转开关，引孔钻头，截齿与水平成30°固定	不设翻转开关，引孔钻头，截齿与水平成45°固定	不设翻转开关，引孔钻头，截齿与水平成60°固定
2	黏土层钻进效率 (min/m)	0.7	1.63	1.51	1
3	软岩夹层钻进效率 (min/m)	10.5	5.3	3.3	6.1
4	备注	钻孔5个，其中4个钻进过程中钻头损坏修复后钻进，未统计			

说明：钻进效率未考虑钻机移动对位时间，仅计算纯钻进时间。

3.2.2 技术准备

① 施工前组织技术、生产、安质、物资人员集中学习施工规范、规章及验收标准，复核施工资料及施工图。编制施工方案，并对参与人员进行技术交底，技术交底内容包括相应的安全技术交底^[3]。

② 试桩：根据规范及图纸要求，试验的桩数选6根，以复核地质资料以及检验设备、工艺、施打顺序是否适宜，确定混合料配合比、坍落度、搅拌时间、打入深度控制、不同地层提升速度、保护桩长等各项工艺参数。

③ 按照设计桩间距进行布桩，计算各桩坐标。

3.2.3 桩基管理系统设置，启动系统并登录，依次设置钻杆长度、网络地址、倾角传感器参数、天线参数等数值。

3.2.4 一次引孔

(1) 钻机就位，长螺旋钻机按照预先输入坐标的就位，复核调整钻架的垂直度，确保垂直度满足偏差1%的要求，安装引孔钻头，首次使用时先放样桩位可放样并撒石灰网格线，复核长螺旋钻机定位情况。

(2) 钻孔，钻孔时由一端向另一侧施工，钻孔时，向下移动钻杆至钻头触及地面时，启动马达钻进，先慢后快。钻进深度根据钻头到达设计地层深度后，采用桩长和电流双控，即终孔电流不小于工艺试验总结值，钻进深度不小于设计桩底深度。钻孔过程中注意电流变化情况，电流突然变大时放缓转速。

3.3 二次钻孔成桩

3.3.1 更换钻头，长螺旋钻机提钻至钻头全部露出地面，拆下引孔钻头，安装正常带阀门的钻头，钻头设置自锁弹簧，自锁装置在1KN力时可打开，避免在已成孔内下降时打开。

3.3.2 钻机钻进，长螺旋钻机按照一次引孔的位置就位，复核调整钻架的垂直度，向下钻进至孔底。

3.3.3 提钻泵送混凝土，钻至孔底后开始泵送混合料，当钻杆芯管充满混合料后开始提钻，提钻速度宜控制约1.2-1.5m/min以内，禁止先提管后泵料，每根桩基的投料量不少于设计灌注量。

3.3.4 桩头开挖及截桩头

(1) 在混凝土龄期达到7天以上时开挖桩间土，开挖时采用60型挖机开挖，边退边挖，并确保挖机与桩头不小于0.8m厚的土层缓冲。挖机开挖时挖至设计桩头标高，做好标记。

(2) 采用截桩机按设计桩顶标高线切除桩头，打磨桩头混凝土。

3.5 CFG桩检测

(1) 在桩头切除后采用小应变的方式对桩身混凝土完整进行检测，检测比例为总桩数的20%。

(2) 在混凝土龄期达到28天后进行单桩、复合地基承载力试验，试验数量为总桩数的1%。

4 应用效果

项目在DK455+689.1~DK455+834.2段路基进行试验，采用引孔钻头、“一次引孔，二次钻进成桩”的施工工艺施工，共438根CFG桩，均能钻孔至岩面，二次钻进后灌注成桩顺利。

4.1 CFG桩质量检测

CFG桩施工28天后，项目对CFG桩加固区域进行开挖截除桩头。按照检测频次：对桩总数20%的桩进行桩身完整性检测，桩总数1%进行单桩或者复合地基承载力进行检测。

采用低应变反射波法对桩身混凝土完整性进行检测，共检测88根，其中Ⅰ类桩84根，Ⅱ类桩4根；采用静载法进行CFG桩单桩承载力，检测3根桩，桩基承载力均能达到400kN；采用平板静载荷试验进行复合地基承载力试验，检测一个加固单元，复合承载力大于180kpa。均能满足设计要求。

4.2 节约成本

以50m长路基为例，混合地层平均厚度15m。采用CFG桩加固需加固16m宽，桩间距为2m。按照施工合同69.45元/m计算，造价24.27万元。如采用桩板结构，桩直径1m考虑入岩1m，桩长16m，每7m左右各设置一根桩，托梁尺寸为10.4m×1.6m×1m，承载板9.98m×0.8m，按照施工合同1417.92元/m³计算，造价100.414万元。采用该工法后每米路基节约1.522万元。降低造价约400万元。

结束语

通过对混合地层CFG桩施工工艺、工器具进行改革优化，让CFG桩适用于砂岩与泥岩混合地层，扩大的CFG桩使用范围。保证了地基处理效果，降低了工程造价。

参考文献

- [1] 贵南高铁项目路基施工图纸。
- [2] 《高速铁路路基工程施工技术规程》(Q/CR 9602-2015)
- [3] 《高速铁路路基施工质量验收标准》(TB 10751-2018)