

复杂厚砂砾石覆盖层多护筒桩基 施工质量控制关键技术研究

袁 颖 莲

(四川道路桥梁建设集团有限公司海外分公司, 四川 成都 610000)

摘 要 大型跨江桥梁、复杂山区隧道及城市互通立交等工程对桩基础施工技术要求较高, 钻孔灌注桩以其独特的优点在桥梁桩基施工中得到了广泛的应用。为控制灌注桩的垂直度和成孔桩径, 需埋设钢护筒, 但在深厚砂卵石地层施作护筒难度大, 存在砂砾石塌陷造成的安全、质量隐患, 以及护筒拔出时会对桩头质量造成不良影响。针对深厚砂卵石覆盖层中桥梁桩基施工易塌孔、成孔质量差及护筒拔除影响桩头完整性的技术难题, 本研究依托G5京昆高速公路绵阳至成都段扩容项目清江互通式立交工程, 系统分析了复杂厚砂砾石覆盖层多护筒桩基的施工风险与质量影响因素, 以期为相关人员提供借鉴。

关键词 砂砾石; 桥梁桩基础; 钻孔灌注桩; 质量控制

中图分类号: U445

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.24.020

0 引言

随着高速公路与大型互通立交建设的不断发展, 钻孔灌注桩凭借其承载力高、适应性强的特点, 在深厚覆盖层地区得到广泛应用。桥梁桩基础作为交通基础设施的核心承载结构, 其施工质量直接影响到工程的安全性和耐久性。然而, 在砂砾石地层中, 松散的地质结构、高地下水位及动态施工荷载等因素导致成孔过程中塌孔频发、孔壁失稳及沉渣超标等问题, 严重制约桩基施工效率与成型质量。传统单护筒工艺因护壁深度不足、抗扰动力弱, 难以有效应对复杂地层的动态变形与塌孔风险^[1]。为此, 本研究以G5京昆高速公路绵阳至成都段清江互通立交工程为依托, 针对砂卵石覆盖层特性, 提出多护筒全跟进施工工艺。通过双护筒协同护壁、动态泥浆调控及精细化操作参数优化, 系统解决护筒埋设与拔除过程中的技术瓶颈, 旨在突破复杂地层桩基施工的质量控制难题, 为类似工程提供理论与实践参考。

1 工程概况

1.1 项目概况

G5京昆高速公路绵阳至成都段扩容项目K45+690~K130+033.406段, 起点位于德阳中江县黄鹿镇, 止于成都市第一绕城高速公路, 全程86.343 km。项目为双向8车道高速公路技术标准, 主线采用设计速度100 km/h和120 km/h, 路基宽度41.0 m、41.5 m、42 m三种型

式。清江互通式立交(K99+940~K101+265)位于成都市金堂县官仓街道办, 为全新建单喇叭式立交桥, 其主线桥全长1 325 m, 桥面净宽2×20.6 m, 桥梁下部结构设计为桩基础+柱式墩, 上部结构为采用预应力砼简支小箱梁、T梁和钢混组合梁。

1.2 地质概况

桥区位于四川省东北部, 属冲积平原地貌区, 整体地形平缓, 桥梁跨越冲积平原, 多垦为旱地、水田, 局部修建乡村道路及民房。区内海拔约448~453 m。场地出露及钻探揭露的地层为新生界第四系全新统人工填土层(Q_4^{ml})、中下段冲积层(Q_4^{1+2al})、上更新统中段冲积层(Q_3^{2al})及中生界白垩系上统灌口组(K_{2g})地层, 现分述如下:

1. 第四系全新统人工填土层(Q_4^{ml})。该层于桥址区河堤、道路及民房填筑区, 以粉质粘土、卵石、细砂为主组成, 厚度约0.7~1.0 m。

2. 第四系全新统中下段冲积层(Q_4^{1+2al})。该层于桥址区地面表层分布, 以粉质粘土、粉土、粉砂为主, 厚度约1.0~6.0 m。

3. 第四系上更新统中段冲积层(Q_3^{2al})。该层主要分布于场地冲积平原, 主要为含卵石细砂、卵石等, 厚度约5.0~15.0 m。

4. 中生界白垩系上统灌口组(K_{2g})。根据钻孔探测结果和地面调查, 现场裸露和下伏地层为粉砂岩和砾岩。

2 复杂厚砂砾石覆盖层特点

2.1 与工程相关的各土层工程性质评价

1. 第四系全新统人工填土层 (Q_4^{ml})。人工填土: 分布于桥址区河堤、道路及民房填筑区, 厚度较小, 稍密, 承载力低, 不能作为桥梁桩基础持力层。

2. 第四系全新统中下段冲积层 (Q_4^{1+2al})。

(1) 粉质粘土: 分布于大桥所跨大部分区域, 厚度较小, 承载力低, 不能作为桥梁桩基础持力层。

(2) 粉土: 分布于大桥所跨局部区域, 厚度较小, 稍密, 承载力低, 不能作为桥梁桩基础持力层。

(3) 粉砂: 灰色, 主要由粉砂、圆砾组成, 稍密, 饱和, 分布不均, 承载力低, 属中等液化土, 不能作为桥梁桩基础持力层。

3. 第四系上更新统中段冲积层 (Q_3^{2al})。

(1) 含卵石细砂: 灰褐色, 以细粒为主, 稍密~中密, 饱和, 分布不均, 承载力低, 不能作为桥梁桩基础持力层。

(2) 砾砂: 灰褐色, 以粗粒为主, 稍密, 饱和, 分布不均, 承载力低, 不能作为桥梁桩基础持力层。

(3) 卵石: 主要成分为卵石、少量细砂及圆砾, 中密, 饱和, 承载力较高, 可以作为桥梁摩擦桩桩基础持力层。

4. 中生界白垩系上统灌口组 (K_{2g})。由粉砂岩、砾岩构成, 强风化带岩体较破碎, 岩质极软, 承载力低, 不宜作为桥梁基础持力层; 中风化之粉砂岩, 属较软岩, 稳定性好, 承载力较高, 可作为桥梁基础持力层。中风化之砾岩, 属软岩~较软岩, 稳定性好, 承载力较高, 可作为桥梁基础持力层^[2]。

2.2 结论及施工建议

场地覆盖层厚度较大, 以粉质粘土、粉土、粉砂, 细砂, 圆砾及卵石为主, 桩基施工会发生塌孔, 需加强排水护壁措施。

3 多护筒桩基施工概述

3.1 施工方案选择

本段内桥梁桩基共有 402 根, 其中桩径 $\Phi 1.5$ m 14 根, 桩径 $\Phi 1.8$ m 346 根, 桩径 $\Phi 2.0$ m 42 根。钻孔灌注桩主要采用旋挖钻成孔的方式, 钻孔在穿越粉砂、细砂、砾砂层等地层时, 受结构松散、地下水位高、抗剪强度较差的影响, 特别容易发生潜蚀、塌孔等现象, 这会造成扩径、超方、泥浆含砂量高、沉渣层过厚等施工质量问题, 严重时会造成桩孔局部塌陷或整体坍塌, 引发埋钻的严重后果^[3]。针对复杂厚砂砾石覆盖

层的处理, 本项目采用了多护筒全跟进式施工的方案, 在成桩质量上取得了良好的效果^[4]。

3.2 施工方法 (以 1.8 m 桩径为例)

本段采用双护筒方案, 外侧护筒直径为 2.2 m, 长 7 m, 起稳定土体作用。内侧护筒直径为 2.0 m, 长 12 m, 为施工全跟进式护筒, 长度直至强风化粉砂岩层。施工前先下 2.2 m 外护筒用于稳定土体, 旋进过程中再实时跟进直径 2.0 m 内护筒。

内钢护筒宜采用 Q345 钢板卷制, 厚度 12 mm, 沿长度每隔约 3 m 间距在护筒外壁增设一道宽 20 cm 厚度 10 mm 的加强环箍, 并与护筒外壁贴角焊接; 外钢护筒宜采用 Q345 钢板卷制, 厚度 12 mm, 沿长度每隔约 3.14 m 间距在护筒外壁增设一道宽 20 cm, 厚度 10 mm 的加强环箍, 并与护筒外壁贴角焊接。具体尺寸如图 1、图 2 所示。

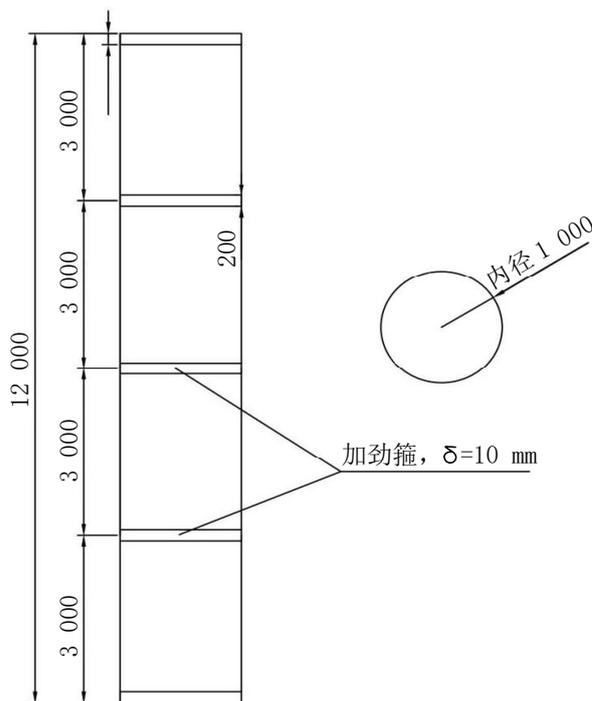


图 1 内护筒尺寸示意图

钢护筒制作完成后, 应验收其内壁接头顺适度、护筒矢圆度、护筒全长直线度等指标内容是否满足要求。护筒跟进采用震动下锤机进行。护筒起拔时, 利用震动锤将护筒震松, 再配合 75 t 吊车拔出。旋挖钻进过程中保持合理的孔内超压水头, 必要时向孔内补水, 以确保成孔质量。在桩位处设置定位及导向架, 护筒顶高出围堰顶面 0.3 m, 护筒的内径应大于桩基直径 200 mm, 在打入过程中实时检查, 护筒位置应埋设

正确稳定,护筒中心和桩位中心偏差不得大于50 mm,倾斜度的偏差不大于1%。待内护筒全跟进至强风化粉砂岩层稳固后,即可按旋挖钻孔桩常规施工工艺进行,本文不再赘述。

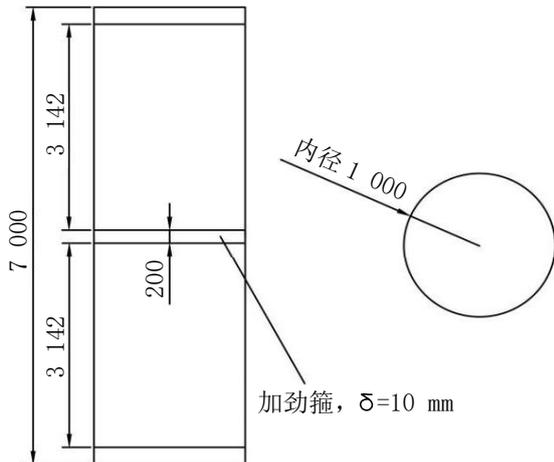


图2 外护筒尺寸示意图

3.3 施工注意事项

1. 多护筒全跟进式施工工艺主要是为了解决复杂后砂砾石覆盖层容易出现的塌孔问题,其作用主要在于防止初始塌孔的形成以及防止发生连续塌孔的恶性循环^[5]。

2. 在施工过程中,除了依靠钢护筒的防护外,还需要注意泥浆的水位高度,通常情况下泥浆液面要保持在地下水水位以上2~3 m。如遇到原地面高程不够的情况,可采用增加埋设的护筒长度或在桩孔周围设置粘土坝的方法。因为软土、砂土层和砂砾石均为易塌孔地层,从开孔到成孔的整个钻孔过程中,机械操作人员也需要时刻注意操作方式,必须做到提钻慢、放钻以及钻进转速慢的“三慢”原则,减少对孔壁的冲刷和扰动,给泥皮的形成留出足够的时间,充分发挥泥浆护壁的作用。

3. 安排专职辅助工时刻观察泥浆液面高度,当液面突然下降,出现大量气泡涌出时,可确定发生了局部塌孔,此时应立即停止钻孔作业,在保证钻头底部张开的条件下缓慢上提钻头,防止扰动引起二次孔坍塌。

4. 当出现局部塌孔的情况时,施工人员应一边上提钻头,一边不断向桩孔内注入泥浆,并在桩孔内加入足够的粘土,然后下放钻头,将粘土反转压实,钻头要持续边压边反转,待孔壁稳定无液面下降或气泡翻涌的情况后再钻进。

5. 在钻孔过程中,还应注意桩孔周围原有地面状

况。如发现塌陷迹象,应尽快采取适当措施,加固桩孔周围土体。在整个钻孔过程中,必须缓慢地起落钻头,并时刻注意原有地面沉降情况。一旦发现异常,应立即安排钻机撤离现场,并安排现场人员及时撤离^[6]。

6. 钻孔深度达到设计高程后,应对孔的孔径、孔深和倾斜度进行检测,符合规范要求后方可进行清孔,清孔时需将钻头钻进至设计孔深以下,钻斗留在原位,机械旋转数圈,使孔底松散的土体尽可能进入斗内,拔出钻机后,仍需对孔底残留松散土进行二次清理。通常采用掏渣筒(带挡板的钻斗)来排出孔底沉渣,如果孔底有渗水,且沉积时间较长,应采用水泵循环排出浊水,完成清孔后方可进行下道施工工序,并在灌注混凝土之前再次复测桩底沉渣厚度,如超出规范要求则应进行二次清孔,确保成桩质量合格。

4 结束语

多护筒全跟进式施工工艺作为复杂厚砂砾石覆盖层中钻孔灌注桩施工的关键技术之一,有效破解了该类地层中钻孔灌注桩易塌孔、成孔质量差及护筒拔除影响桩头完整性的核心难题。通过双护筒协同护壁、动态泥浆调控及精细化操作优化,既保障了钻孔灌注桩成孔过程中孔壁的稳定,减少了砂砾石塌孔引发的安全与质量隐患,又通过科学的护筒埋设与拔除工艺,降低了对桩头完整性的不良影响,显著提升了钻孔灌注桩的成孔效率与桩身质量。同时,该工艺在施工成本控制与安全可靠性方面表现突出,为类似复杂厚砂砾石覆盖层地区钻孔灌注桩工程的质量控制提供了切实可行的技术参考与实践借鉴。

参考文献:

- [1] 宋广明. 溶洞区域桥梁桩基施工技术研究[J]. 山西建筑, 2025, 51(06): 133-135, 141.
- [2] 同[1].
- [3] 朱承坚. 软土地基桥梁桩基础设计地震力简化计算方法[J]. 工程建设与设计, 2025(03): 104-106.
- [4] 陈晨文, 杜光明. 长护筒成孔桩基施工技术在青岛地铁深大基坑中应用[J]. 土工基础, 2024, 38(06): 889-891, 895.
- [5] 韩朝宇. 桥梁桩基施工中永久钢护筒施工技术[J]. 工程机械与维修, 2022(02): 266-268.
- [6] 林圣. 桥梁桩基施工中永久钢护筒工艺及控制要点[J]. 四川建材, 2021, 47(02): 78-79.