

高速公路某合同段水泥搅拌桩的施工方案

陈中跃^①

(湖南隆吉工程建设有限公司, 湖南 长沙 412000)

摘要: 高速公路工程是公路交通系统中非常重要的组成部分, 高速公路项目工程建设质量直接关系到整个交通系统的通车效率和安全性。基于此, 本文有效结合我国某地区的高速公路合同段施工方案开展分析和研究, 对本次公路工程施工过程中水泥搅拌桩施工方案进行分析, 提出水泥搅拌桩施工的关键性技术要点, 全面提高高速公路整体施工质量, 实现项目工程建设单位的良好经济效益和社会效益, 同时为后续类似工作的开展提供必要的参考和借鉴。

关键词: 高速公路; 水泥搅拌桩; 施工; 应用
中图分类号: U41; TU7 **文献标志码:** A



在高速公路工程施工过程中, 各种先进的施工技术应用成熟度越来越高, 水泥搅拌桩技术是其中比较常用的基础施工技术, 对高速公路软土地基加固处理工作的效果非常明显。水泥搅拌桩施工技术主要基于水泥材料水化工作机理, 实现对软土地基的全面加固, 在实际施工过程中主要的施工方式包含两种: 一种是在地面将水泥材料制作成水泥浆, 然后将其直接输送到地下和基础土壤之间, 再进行充分拌和, 固化后可以有效提高基础面的强度和稳定性。另一种是使用压缩空气将比较干燥、松散的水泥粉直接输送到地面以下, 与地基基础材料进行充分拌和。现阶段我国水泥搅拌桩施工过程中比较常用的方法为喷浆施工工艺方法。

1 工程概况

高速公路某合同段工程全长4.799 km。本标段地质水文条件复杂、深层软土分布广, 全线路基均需进行软基处理。软基处理分预压+砂垫层法、预压排水固结法、复合地基法, 其中复合地基法又分为深层搅拌桩和管桩两种。本标段的水泥搅拌桩分布在K79+959~K79+989和K80+201~K80+231, 全长为60 m, 设计图纸中水泥搅拌桩的工程数量是1494根, 水泥搅拌桩的施工长度为7470 m。

2 水泥搅拌桩施工前期准备工作

2.1 施工前的准备工作

水泥搅拌桩施工技术在正式开始使用前, 需要根据设计图纸中的要求和标准, 进行场地位置的平整工作, 然后再进行砂垫层铺设施工, 有效做好前期的测量放线以及各种施工材料和机械设备的准备工作。对地下水含量较高的路段, 需要先修整围堰进行抽水, 然后挖除表面的浮泥铺设砂垫层。后续的施工水泥搅拌桩采用的是圆柱形状体结构, 桩体直径为500 mm, 搅拌桩之间的间距设定为1.5 m, 平面根据梅花形进行布置, 砂垫层厚度为0.5 m, 使用含泥量小于5%的洁净中粗砂材料进行施工^[1]。

2.2 施工原材料和机械设备准备工作

本次项目工程施工过程中, 水泥搅拌桩施工总共需要打桩1494根, 施工总打入桩长度为7420 m, 水泥搅拌桩施工使用的水泥材料型号为P·O 32.5级普通硅酸盐水泥, 施工原材料需要根据项目工程的实际要求提前安排进场, 有效做好原材料的质量检查工作。施工机械设备主要包含一台搅拌机、全站仪、水准仪、水泥搅拌桩机、灰浆搅拌机、压浆泵、压路机、推土机、发电机等。

^① 作者简介: 陈中跃(1987—), 湖南慈利人, 本科, 工程师, 从事路桥施工。

3 水泥搅拌桩施工技术要点分析

3.1 测量放线

测量组按照设计图纸确认管桩位置，并用木桩标记。搅拌桩排设按照梅花型布形，参数见表1。

表1 桩体布置参数 m

桩号	地段	长度	坡下间距	路面下间距	桩长	布设宽度
K79+959~K79+989	涵底	30	1.7	1.5	5	51.4
K80+201~K80+231	涵底	30	1.7	1.5	5	51.4

3.2 砂垫层铺设施工

砂垫层铺设施工厚度为0.5 m，在实际施工中如果先铺设黄砂然后进行搅拌桩施工会有一些难度，应等到搅拌桩施工结束后再铺设垫层顶面部分。

3.3 打桩机施工技术要点

第一，检查桩体位置，没有误差后方可进行后续的打桩工作。打桩机就位需工作人员进行统一指挥，保证桩机基础面充分平稳，同时用水平尺校正基座水平，钻杆垂直度偏差 $<1\%$ 。动力头、搅拌头、桩位线保持三点一线。水泥搅拌桩使用的是圆形桩结构，桩体直径为50 cm，桩体之间的间距为1.5 m，以梅花形进行布置^[2]。

第二，在制备灰浆材料前，需要有效检查审批材料是否存在受潮结块以及变质等问题，禁止使用没有经过测试或测试不合格的水泥原材料。根据设计工作标准合理配比和制作灰浆，水灰比控制工作过程中需要严格依照试验工作标准进行。灰浆的搅拌时间不能少于2 min，要保证浆液材料充分混合搅拌，制成水泥砂浆材料。需要使用20号的过滤网注入储浆筒内部，避免造成注浆管道堵塞等问题。

第三，桩机就位后需要进行二次检查，符合要求后将钻机设备缓慢平稳地进行喷浆搅拌下沉，要控制钻具下沉速率范围在0.5~0.8 m/min，一直达到标准的设计底部标高位置。搅拌下沉到桩体底部标高后在桩体底部喷浆搅拌一定时间后搅拌提升，速率控制在0.5~1 m/min，一直提升到预先设计的桩体顶部标高位置^[3]。

第四，搅拌提升到设计桩体顶部标高位置后，再次喷浆搅拌下沉到设计的桩体底部标高（有效控制下沉工作速率），在二次搅拌下沉到设计底部标高后，在原位喷浆搅拌数秒之后，搅拌提升到设计的桩体标高位置，同时在桩体顶部继续搅拌15~30 s，有效保证桩头的成型强度和稳定性。在供浆工作过程中必须保证搅拌连续不间断，拌和工作需要保证充分均匀。如果因为其他因素的影响出现供浆工作中断问题，需要

使用搅拌钻头将其下沉到停浆面以下0.5 m，待恢复供浆后再进行喷浆提升工作。

第五，湿喷桩的桩位施工顺序：在施工区域内，应先打设路基两侧及该处理段两头的桩，以形成一个封闭的区域，再逐渐往中心打设，这有利于整体的成桩质量和软基处理效果。停浆面应高于设计标高30~50 cm，成桩7 d后开挖0.5 m桩头，检查桩体成型情况及搅拌均匀性。开挖基坑时，应将桩顶质量较差的桩段挖除。成桩结束后，整理钻杆和压浆管道，进行桩机移位，现场人员做好原始资料收集工作。成桩28 d后在桩体上部（桩顶以下0.5 m、1.0 m、1.5 m）分别截取3段，在现场进行足尺桩身无侧限抗压强度试验，并检查单桩承载力。竣工验收时要求承载力检验采用复合地基荷载试验和单桩荷载试验。

3.4 铺设土工格栅

在搅拌桩施工结束后，需要铺设土工格栅，土工格栅的铺设宽度为51.1 cm，在项目工程施工中，使用伸长率小于10%的聚乙烯土工膜，并且紧紧贴在下承层。土工格栅不能产生明显的扭曲和褶皱情况，可以使用U形钉对其进行固定处理。在材料连接过程中边缘搭接长度不能小于50 cm，砂垫层两侧区域各铺设50 cm宽度的碎石反滤层，外侧以1:1进行放坡。

3.5 超载预压工作

在土工格栅上方进行超载预压处理，预压时间为18个月，需要将沉降量控制在0.19 m，工后沉降控制在0.18 m，整体沉降量需要保证在0.59 m内，全部路段填土速率需要控制在1 m/月。超高预压标高以下位置需要使用路基填料进行填筑施工，每一层填筑施工，其厚度需要达到30 cm，压实程度需要根据路堤的要求加以执行。超高预压标上位置，使用土体进行回填处理，压实程度需要达到90%以上^[4]。

3.6 基础沉降量观察与分析

路基段每间隔100~200 m就需要设置一个沉降观测断面结构，桥头路段需要设置2~3个观测断面，桥头到纵向坡角填挖交界位置填方端、沿河等特殊路段酌情增设观测点。每个断面路基范围内设置5个地面沉降板，两侧设置2个测斜标，中心线设置一个深层分层沉降标和孔隙水压力。

4 水泥搅拌桩施工质量保障措施

4.1 质量保证措施

建立健全质量机构，落实质量责任制。本工程严格执行ISO 9001:2000质量标准的要求，同时建立质量保证体系，根据标准规范质量管理与质量保证。制定并落实所有参与本项目管理、检测、操作人员的质量职责和各项管理制度，确保质量管理机构体系的正常工作，全面管理施工内容，各管理部门做到职责明确、各司其职、各负其责。施工质量检验流程见图1：



图1 施工质量检验流程

对工程材料的选用及管理应严格按照业主以及有关规范要求实施，材料采购前评审供应商，评审通过后上报监理工程师，审批后方可采购和使用。材料进场检验合格后，按要求合理堆放，同时做好标识牌，防止混乱。成立档案管理室，做好施工中各种文件和资料的管理工作。成立质检科，设立专职质检员，全面负责施工过程中的质量检验和质量保证措施的实施。水泥搅拌桩实测项目见表2。

表2 水泥搅拌桩实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	备注
1	桩距 (mm)	±100	抽查3%	
2	桩径 (mm)	不小于设计	抽查3%	
3	桩长 (m)	不小于设计	喷浆前查钻杆长度，成桩28 d后钻孔取芯0.5%	
4	竖直度 (%)	1.5	查施工记录	
5	单桩喷浆量	不小于设计值	查施工记录	
6	强度 (MPa)	1.2 (28 d)	抽查0.5%	

对其中一些比较关键的施工项目和施工技术流程，在正式开始施工前工程施工单位需要合理组织试验段的项目工程施工，合理使用控制工作方法以及基于关键性的拆除数据作为引导，在实际施工管理中对整个工程施工过程进行优化和完善，合理利用和选用各种施工机械设备，有效做好各种施工技术设备的管理以及维护工作。保证设备始终处于最佳的工作状态，有效防止施工机械设备产生故障问题，从而影响工程的施工进度以及埋下各种安全隐患。要有效做好整个施工过程的检验试验以及测量工作。工程施工检

验和测量仪器设备必须严格依照工程施工技术要求进行测定。检测工作合格之后方可进行后续的正式使用，同时安排专业的工作人员负责监管。工程施工原材料必须经过验收工作后才能正式投入使用，产品的检验和试验工作需要配合施工生产流程加以实施，必须及时进行监理和审批。

4.2 安全生产、文明施工及环境保护

本工程由项目经理全面负责安全文明与环保措施的实施。专职安全员管安全，利用各种会议形式、现场监督纠察、检查评定各种各样的安全教育进行检查工作。加强对现场职工文明施工与环境保护意识教育，保持良好的施工环境，保证周围正常的生活秩序。现场悬挂各种施工标志牌、安全警示牌等，张贴安全宣传标语以及各项管理制度操作规程，展示清楚，建立防火责任制，重点部位配备合适的灭火器材。做好设备维修保养工作，改进设备性能，尽量减小设备工作噪声，现场施工人员不得高声喊叫或敲打各类金属器具，严格控制人为噪声。现场施工和生活废水、废渣要集中堆放、及时处理，不得污染周围水体及破坏环境卫生^[5]。

5 结束语

合理应用水泥搅拌桩施工技术，在高速公路项目工程施工中的应用效果非常明显，可以有效提高高速公路基础面的承载能力和稳定性，避免高速公路在后续使用过程中出现基础病害问题，延长高速公路的使用周期，实现项目工程建设单位的良好经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 王宝泉, 张亚楠.软土地区水泥土搅拌桩路基沉降特性分析[J].公路, 2021, 66(8): 107-114.
- [2] 李孟晖, 秦方, 赵小波.马来西亚淤泥质砂岩强风化土地区水泥搅拌桩配合比应用研究[J].工程技术研究, 2021, 6(6): 23-25.
- [3] 李到洪, 翟阳, 高志峰.沿海软土地层水泥搅拌桩施工工艺及质量控制研究[J].施工技术, 2018, 47(S4): 711-713.
- [4] 李朝霞.公路软基处理中水泥搅拌桩的应用[J].黑龙江交通科技, 2018, 41(5): 88, 90.
- [5] 毛改娟.深层搅拌桩施工技术在公路路基处理中的应用[J].居业, 2017(4): 72-73.