

# 公路施工中水泥搅拌桩现场施工技术和管理的

洪成杰

江苏祥和项目管理有限公司 江苏苏州 221000

**摘要:** 公路是国民交通运输的重要部分, 公路建设使用中路面不均匀沉降成为常见质量缺陷, 车辆高速行驶会影响行车舒适性危害路基稳定性, 修建公路工程中因特殊地质导致已建成路桥过渡段出现地基沉降等病害, 需要采取技术可行的地基加固措施确保工程耐久性, 水泥搅拌桩是公路路基处理的重要方式。随着我国公路工程建设的发展, 水泥搅拌桩施工技术得到广泛应用, 在道路软基施工中, 需要合理运用水泥搅拌桩施工技术。介绍水泥搅拌桩施工工艺技术, 总结水泥搅拌桩在公路工程中现场施工关键技术要点, 探讨公路工程中水泥搅拌桩现场施工管理措施。

**关键词:** 公路工程; 水泥搅拌桩; 现场施工技术管理

## Site construction technology and management of cement mixing pile in highway construction

Chengjie Hong

Jiangsu Xianghe Project Management Co., LTD. Suzhou City, Jiangsu Province, 221000

**Abstract:** The highway is an important part of national transportation. Uneven settlement of road surface becomes a common quality defect in highway construction and use. Vehicles running at high speed will affect the comfort of the vehicle and harm the stability of the roadbed. In the construction of highway projects, the special geology leads to the foundation subsidence and other diseases in the transition section of the built road and bridge. We need to take technically feasible foundation reinforcement measures to ensure the durability of the project, cement mixing pile is an important way of highway subgrade treatment. With the development of highway construction, cement mixing pile construction technology is widely used in the construction of road soft foundations, so it is necessary to rationally use cement mixing pile construction technology. This paper introduces the construction technology of cement mixing piles, summarizes the key technical points of cement mixing pile construction in highway engineering, and discusses the management measures of cement mixing pile construction in highway engineering.

**Keywords:** Highway engineering; cement mixing pile; site construction technology management

随着国家经济的发展, 各地区大力加强公路投资建设。公路建设中道路选线经常要穿越滨海湖泊河滩等软土地区, 软土广泛分布于我国沿海及河岸地区, 高路堤因地基稳定性不够使道路发生变形影响公路运营, 需要选择安全经济的软基处理方式对公路软基路段进行技术处理, 保证车辆平稳行驶与使用年限。目前公路工程中软基处理方法分为浅层与深层处理, 水泥搅拌桩加固土技术是六七十年代发展的加固技术, 处理加固后地基整体性与强度得到很大提升, 桩土复合地基主要用于加固局部路段的软基。公路工程中如何应用水泥搅拌桩施工技术成为亟待研究的问题。

### 一、公路工程水泥搅拌桩施工技术研究

随着现代化建设的不断发展, 很多工程需要对天然地基处理, 水泥搅拌桩复合地基是加固软基的常用方法, 水泥搅拌桩施工技术由于其经济效益显著, 广泛应用于各类工程实践中<sup>[1]</sup>。水泥搅拌桩具有独特的技术经济性能, 由于其设计计算理论不够成熟, 施工质量检测等方面存在许多不足, 需要加强对水泥搅拌桩施工技术承载力及沉降计算进行研究, 结合工程实践总结公路工程水泥搅拌桩施工技术管理措施。

#### 1.1 水泥搅拌桩复合地基

随着基础设施建设规模的扩大, 需要对天然地基进

行处理形成人工地基。水泥搅拌法地基处理方式相比其他方法具有成桩效率高, 施工方便无污染等特点, 可灵活采用柱状, 格栅状等加固形式; 对软土厚度大, 孔隙比大的地基具有较好的加固效果, 相比钢筋砼桩基可节约钢材降低造价, 决定在软基加固中具有广阔发展前景。地基处理技术研究是岩土工程界活跃的领域, 水泥搅拌法适用于软土等地质, 水泥搅拌桩在地基复合处理加固技术领域占据重要地位。随着水泥搅拌桩法在地基处理中的推广应用, 水泥搅拌桩复合地基作为施工简单迅速, 见效快的软基处理方法得到国内外岩土工程界的较大关注, 水泥搅拌桩技术在公路工程施工中得到广泛应用。

### 1.2 公路水泥搅拌桩基础加固机理

水泥搅拌法是适用于加固饱和粘性土等地基的方法, 目前人们对搅拌桩荷载传递规律了解不够深入, 需要深入分析水泥搅拌桩基础加固机理, 探索适合的施工方法<sup>[3]</sup>。水泥搅拌法加固软土形成复合地基受到上部结构荷载作用, 水泥搅拌桩复合地基加固机理可以从水泥加固软土机理与整体工作机制宏观角度分析。水泥搅拌桩复合地基承载力受到面积置换率, 桩身强度与褥垫层等因素的影响。表1含水量与强度的关系。

表1 含水量与强度的关系

含水量	天然土	47	62	86	106	125	157
	水泥土	44	59	76	91	100	126
$F_{cu}$ 28 kpa		2320	2120	1340	730	470	260

水泥搅拌法是用固化剂水泥浆与外加剂通过搅拌机输送到软土中拌和, 软土产生生化反应改变土的结构形成具有水稳定性的水泥土固结体。复合地基通过设置增强体将地基分为加固区与非加固区, 增强体设置具有排水固接与挤密作用等<sup>[4]</sup>。水泥搅拌桩复合地基通过设置水泥土桩作为加筋体, 上部荷载通过基础传递给桩体; 通过协调桩土间的变形调节桩土应力, 实现桩间土体分担部分荷载作用提升承载力。深层搅拌法形成水泥由于拌入软黏土中的水泥浆重度与软黏土相近, 水泥土重度增加小, 加固部分重量改变对下部未加固部分不尝试过大附加荷载。桩体类复合地基破坏形式分为桩体与土体先破坏形式, 出现桩体先于土体破坏的情况较多。桩体破坏模式分为刺入鼓胀, 滑动剪切破坏等, 水泥搅拌桩复合地基为柔性桩, 易发生桩体剪切破坏模式。

## 二、公路水泥搅拌桩基现场施工工艺控制

随着经济与人口的迅速增长, 公路交通工程建设得到大力发展, 水泥搅拌桩具有施工速度快, 不污染环境等优点具有良好的社会效益<sup>[5]</sup>。软基处理方案要根据当地工程地质条件与建筑物设计要求因地制宜选择,

水泥搅拌桩处理深厚软土地基具有重要作用, 由于复合材料与土相相互关系复杂性, 人们对水泥搅拌桩复合地基荷载传递变形规律研究不够深入, 公路工程中应用水泥搅拌桩基础施工技术存在许多问题, 需要加强重点施工环节质量控制。

### 2.1 公路水泥搅拌桩施工工艺

水泥搅拌桩技术在我国已有多年发展, 但在加固机理与设计计算等方面存在不少问题, 施工事故原因涉及到勘察设计与施工管理等方面, 主要包括搅拌桩设计相关参数选择, 施工质量控制等。公路工程应用水泥搅拌桩施工要注意做好场地准备工作, 加强现场施工技术控制。施工场地平整开挖排水边沟, 建好水泥库净面积不得小于 $42m^2$ , 防止雨季水泥进场困难导致停工情况<sup>[6]</sup>; 沟塘回填路段土层厚度不得大于50cm; 桩机井架准确画出每米的深度标示线, 召集现场施工负责人召开施工技术交底会议, 有效提高施工人员的认识保证工程质量。

施工工艺控制: 搅拌桩施工的各项参数通过试桩来确定, 一般情况下钻进速度,  $v < 1.5 m/min$ ; 平均提升速度,  $0.8-1.2 m/min$ ; 搅拌速度,  $R=30-50 r/min$ ; 钻进喷浆、复搅时管道压力  $0.2 MPa \sim 0.4 MPa$ 。具体施工步骤为: (1) 搅拌桩桩机定位, 移动到指定桩位并对中; (2) 启动搅拌桩施工机械, 调整搅拌叶片完全展开至预定直径, 机械沿导向架向下触土, 下面一组叶轮旋转强制切土, 同时开启送浆泵, 通过固连在叶片上的喷嘴向土体中喷水泥浆, 促使固化材料就地黏附在土中旋转到半周, 把土与浆体固化材料搅拌混合在一起, 保证喷浆均匀。这样两组叶片同时正、反向旋转切割, 搅拌桩机持续下沉完成“搅、喷、拌”过程; (3) 关闭送浆泵, 两组叶片同时正反向旋转搅拌水泥土, 直至桩顶处; (4) 开启送浆泵, 重复步骤一至步骤三; (5) 关闭送浆泵, 停止喷嘴喷浆, 关闭搅拌机械移位至下一桩位。

### 2.2 公路路基水泥搅拌桩施工管理

水泥搅拌桩是公路路基加固处理普遍使用的方法, 水泥搅拌桩复合地基承载性状受到垫层刚度及厚度等因素的影响, 施工管理要注意原材料检验, 加强施工组织与工程管理<sup>[7]</sup>。水泥搅拌桩使用水泥有生产厂家合格证与质检单, 水泥各项指标送检符合设计要求后才能用于工程。软基由淤泥质粘淤泥土等高压缩性土层构成, 含水量对水泥深层搅拌桩影响很大, 含水量 $<30\%$ 地层适宜采用浆喷搅拌。表2搅拌桩质量检查标准表。

水泥搅拌桩施工要重点加强材料选择, 成桩工艺性试验, 合理进行装机布设; 采用钻孔取芯法与荷载试验进行质量检测。搅拌桩施工前进行成桩工艺试验, 掌握

表2 搅拌桩质量检查标准表

检查项目	容许偏差值	检查方法
桩平面位置 cm	$\pm 1^\circ$	经纬仪测量
钻杆倾斜度 %	$\leq 1$	用经纬仪检查
桩长 m	不小于设计	检查原始记录
每半桩长水泥用量 Kg	+5, -2	现场计量检查
桩体无侧限抗压强度 Hpa	$\geq 1.2$	抽取芯样 2%

对该场地的成桩工艺及各项技术参数, 根据实验情况调整施工工艺。在确认原定施工工艺和水泥土配合比可以满足设计要求时, 试桩完毕, 否则还将再试, 直至达到要求。成桩工艺试验桩数不宜少于10根; 满足设计要求的每米掺灰量和工艺要求的各种参数; 建议采用2喷4次搅拌的施工工艺。掌握各种土质条件下: 钻进下沉的速度及困难程度情况, 以确定合适的技术措施。搅拌桩施工中要注意事先整平场土与清除地下障碍物。浆喷时制备浆液严格控制水灰比, 施工过程中发现问题应记录注明备查<sup>[8]</sup>。水泥搅拌桩质量与施工设计设备及工艺等因素有关, 施工单位必须建立现场实验制度, 根据电子秤及总体材料消耗控制水泥掺入比; 工程组织施工前对施工人员进行技术培训, 建立完善的工程管理制度; 建立严格的自检制度, 施工后对成品检查不合格要求返工。监理工程师必须对施工单位人员资质进行检查。

### 三、水泥搅拌桩在公路工程中的应用

随着国家经济的迅速发展, 公路工程建设不断加快, 工程施工必须保证承载力及沉降控制在规定范围内。公路建成投用中路面不均匀沉降是常见的质量缺陷, 车辆高速行驶会严重影响行车舒适性。公路工程质量取决于前期软基处理, 软土地基层状分布情况等对处置方案选择产生直接影响。水泥搅拌桩施工成桩性能稳定工期短操作方便, 是我国地基处理常用的方法。要不断总结工程实践经验, 归纳公路工程水泥搅拌桩施工关键技术。

某市立交新建路基路段位于低洼水塘, 三角形布置桩距1.5m, 路基填土小于4.5m段落采用夹铺土工格栅加强强度。水泥搅拌桩施工将水泥浆与软土拌和, 在试桩成功后检验水泥搅拌桩搅拌均匀程度, 水泥搅拌桩采用合格的32.5级普通硅酸盐袋装水泥。设计水泥掺入比 $> 12\%$ , 28d取芯强度 $R_{28} \geq 0.8\text{Mpa}$ 。表3轻便触探击数 $r_{10}$ 与7天龄期水泥强度推算表。软基土体中掺入水泥, 利用软基土体发生水解反应达到加固效果, 获得强度离散性较小的柱形整体, 形成刚度介于刚性桩体与散体材料

表3 轻便触探击数 $r_{10}$ 与7天龄期水泥强度推算表

R10	15	20-25	30-35	$>40$
qn Kpa	200	300	400	$>500$

间的水泥搅拌桩。水泥搅拌桩地基强度有很大改善, 广泛应用于软土地基加固与基坑支护等工程中。

水泥搅拌桩加固效果受到水泥掺入比, 搅拌轴钻进提升速度, 搅拌桩机轴转速等因素的影响, 需要结合施工技术规范要求严格加强质量控制。水泥搅拌桩施工中项目经理指派专人负责, 将现场技术负责人等制成标牌悬挂于钻机明显处。应用水清洗管道检查堵塞现象, 为保证桩体每米掺和量达到设计要求, 应配备水泥浆流量测定仪, 桩顶部进行喷浆停留30s时间。喷浆量不足按整桩复桩, 因停电等原因喷浆中断及时记录深度。现场施工人员认真填写原始记录内容包括施工日期等。水泥搅拌桩成桩7天可采用轻便触探法进行质量检验。

### 四、结语

近年来我国基础建设规模不断扩大, 许多地基需要处理满足建筑物的要求, 软土地及承载力低需要进行处理。复合地基是经济有效的地基处理方法, 目前复合地基处理理论研究存在许多不足。水泥搅拌桩复合地基是新型经济可靠的地基处理技术, 随着水泥搅拌桩在地基处理中推广应用, 作为施工简单迅速造价低的软基处理方法得到广泛关注。水泥搅拌桩应用广泛, 但设计计算理论不成熟, 施工方法等方面有很多问题有待解决。影响水泥土加固效果因素包括原土含水量等, 应根据各地区加固原土地质情况找到最佳经济水泥掺入比。施工中水泥搅拌桩质量关键是施工工艺与有力的管理措施, 检测采用随机钻机抽芯方法获得搅拌均匀度等系列力学指标, 通过化学分析可以获得水泥掺入量。

### 参考文献:

- [1]赵青华. 深层水泥搅拌桩在软土路基加固处理中的应用[J]. 交通世界, 2022, (29): 115-117.
- [2]谭旭. 水泥搅拌桩在淤泥质黏土层的施工技术[J]. 四川建材, 2021, 47(08): 57-58.
- [3]王正刚. 公路软土路基水泥搅拌桩质量检测分析[J]. 中阿科技论坛(中英文), 2021, (05): 41-43.
- [4]刘俏婷. 建筑工程施工技术及其现场管理[J]. 居舍, 2020, (36): 137-138.
- [5]孙慧涛. 高速公路施工中的软土路基施工技术[J]. 交通世界, 2020, (30): 107-108.
- [6]许景泽. 双轴多向水泥搅拌桩施工技术在公路软土地基处理中的应用[J]. 散装水泥, 2020, (05): 54-55+57.
- [7]侯雄航. 水泥搅拌桩施工技术在公路软基处理中的应用[J]. 交通世界, 2020, (22): 44-45.
- [8]邓清德. 公路工程水泥搅拌桩施工工艺探讨[J]. 居业, 2016, (09): 82-83.