

水泥土搅拌桩地基加固施工技术规范

Specification for construction of reinforced foundation with cement-soil mixing pile

地方标准信息服务平台

2022 - 10 - 26 发布

2022 - 11 - 26 实施

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由安徽省水利厅提出并归口。

本文件起草单位：安徽水安建设集团股份有限公司、合肥工业大学、安徽省引江济淮集团有限公司、合肥市市政设计院有限公司、安徽省大禹水利工程科技有限公司、安徽省水利水电勘测设计研究总院有限公司、中建一局集团建设发展有限公司、中国建筑港集团有限公司、中建铁路投资建设集团有限公司。

本文件主要起草人：杨毅、雷金松、浦玉炳、刘广、姚华彦、张振华、贾竣喜、许静华、张兴其、陈正岳、夏小军、徐娣、薛龙、裴看元、朱莹、陈政、高运平、刘维克、周予启、刘卫未、聂艳侠、向晖、周成龙。

地方标准信息服务平台

水泥土搅拌桩地基加固施工技术规程

1 范围

本文件确定了水泥土搅拌桩地基加固施工技术的基本要求，并规定了水泥土搅拌桩地基加固施工技术的施工准备、施工与检验。

本文件适用于水泥土搅拌桩地基加固施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 50783 复合地基技术规范
- JGJ/T 233 水泥土配合比设计规程
- SL 714 水利工程施工安全防护设施技术规范
- DB34/T 2290 水利工程质量检测规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水泥土搅拌桩 cement-soil mixing pile

以水泥作为固化剂，通过搅拌机械就地在地基土和固化剂强制搅拌，利用固化剂和地基土之间所产生的一系列物理化学反应，使土体凝结成具有整体性、水稳定性和一定强度的桩体。

3.2

水泥掺入比 cement ratio

水泥与拟加固土体（天然状态）的质量比。

4 基本要求

- 4.1 水泥土搅拌桩的施工方法，包括浆液搅拌法和粉体搅拌法。施工方法选择应通过现场试验确定，地基土的天然含水量小于 30% 时宜采用浆液搅拌法。
- 4.2 泥炭质土、有机质土、塑性指数大于 25 的黏土、pH 值小于 4 的酸性土，以及地下水具有腐蚀性区域，应通过现场试验确定施工工艺参数和施工设备的适用性。
- 4.3 水泥土搅拌桩成桩地层范围内存在承压水或渗透动水压力，采用浆液搅拌法施工应采取降水或隔水措施，采用粉体搅拌法施工宜通过试验确定是否采取降水或隔水措施。
- 4.4 成桩应采用重复搅拌工艺，复搅长度根据地层、地质情况和试桩工艺性试验确定。
- 4.5 水泥土搅拌桩施工时，应有明确的环境保护管理目标、组织机构、控制措施，并应符合以下规定：

- 应采取的措施对施工机械进行降噪处理；
- 水泥运输过程、水泥浆制备过程应有防扬尘措施；
- 废弃水泥浆排放应符合相关环保政策；
- 地面返浆应及时清理并集中堆放；
- 机械设备维修保养产生的废水、废油应集中处理，避免污染周边环境。

4.6 施工现场安全防护应符合 SL 714 的规定。

4.7 施工的关键工序、重要部位和现场检验检测时，宜留存影像资料。

4.8 施工记录应及时、准确、完整、清晰。

5 施工准备

5.1 技术准备

5.1.1 资料准备

应准备下列资料但不限于：

- 岩土工程勘察报告；
- 建（构）筑物基础设计文件及水泥土搅拌桩设计文件；
- 邻近建（构）筑物和地上、地下管线等环境保护相关资料；
- 地下障碍物调查资料；
- 测量基线和水准点资料；
- 现场施工条件，包括但不限于场地布置要求、邻近工程活动。

5.1.2 施工方案

5.1.2.1 水泥土搅拌桩的施工方案应综合分析工程地质与水文地质条件、周边环境、工程特点与条件因素。

5.1.2.2 施工方案内容包括但不限于工程概况、编制依据、施工计划、施工工艺技术、施工设备、施工质量安全保证措施、绿色环保要求、应急预案。

5.1.2.3 应通过工艺性试桩确定施工方法、工艺流程、技术参数。

5.1.2.4 施工单位在开工前应建立质量保证体系。

5.1.3 水泥土配合比设计

5.1.3.1 进行水泥土配合比设计前，应根据工程设计的要求，确定配合比试验所需的各种材料并检验其性能指标；结合工程情况，了解配合比试验资料和影响水泥土强度的因素，对于有特殊要求的工程，宜了解其他地区相似场地上同类项目经验和使用情况等。

5.1.3.2 依据地质勘察资料进行室内配合比试验，结合设计要求，验证水泥加固掺入比，水泥掺入比宜为 15%~20%。

5.1.3.3 水泥土配合比设计应确定合适的水泥品种、强度等级，水泥掺入比、水灰比，外掺剂品种及其掺入比。

5.1.3.4 配合比试验应符合：

- 水泥土的每种配合比宜进行 7 天、28 天和 90 天三种龄期的试验；
- 水泥土的性能指标宜以 90 天龄期的试验结果为准；有特殊要求的工程，水泥土的性能指标可按设计要求执行。

5.1.3.5 水泥土的配合比设计应符合 JGJ/T 233 的规定。

5.2 场地准备

- 5.2.1 应调查场地工程地质、地下障碍物、周边环境情况，应对水泥石搅拌桩成桩质量及施工安全有影响的地质条件进行评估。
- 5.2.2 应根据设计文件和施工组织设计的要求，制定场地布置规划。
- 5.2.3 清除地表和地下障碍物，实施三通一平。
- 5.2.4 平整后施工作业面标高应高出水泥石搅拌桩设计桩顶标高 0.5 m 以上。
- 5.2.5 施工区域应确保有效的排水措施。
- 5.2.6 加固的地基轴线控制点和水准点应设在不受施工影响的位置，施工中定期复测。

5.3 设备准备

- 5.3.1 水泥石搅拌桩施工应根据工程地质条件与设计参数选用不同形式或功率的搅拌设备。水泥石搅拌桩施工机械按照叶片搅拌方向不同可分为单向水泥石搅拌桩机及双向水泥石搅拌桩机，当处理深度较大、地基承载力要求较高时宜采用双向水泥石搅拌桩机。
- 5.3.2 机械和设备准备宜包含水泥石搅拌设备、灰浆拌制机、集料斗、灰浆泵、供粉泵、控制柜、自动记录喷浆（喷粉）量设备、储气罐、空气压缩机、其他辅助设备。
- 5.3.3 水泥石搅拌设备，应具有主驱动电动机的工作电流显示装置、主机调平控制装置、桩架立柱垂直度调整装置、桩架立柱下部装有搅拌轴的定位导向装置、主卷扬机多级调速功能。搅拌头翼片的枚数、宽度与搅拌轴的垂直夹角，搅拌头的回转数，搅拌头的提升速度应相互匹配。搅拌头的直径应定期复核检查，其磨损量不得大于 10 mm。在搅拌深度超过 20 m 时，应在搅拌轴中部位位置的立柱导向架上安装移动式定位导向装置。
- 5.3.4 主卷扬机，采用电动机驱动的，应有电动机工作电流显示装置；主卷扬机采用液压驱动的，应有工作油压显示装置，或具有钢丝绳的工作拉力显示装置。
- 5.3.5 灰浆泵，浆液搅拌法施工时，排浆量应满足施工工艺参数需要，工作流量应可调节。
- 5.3.6 空气压缩机，选定应依据工程的地质条件及加固深度确定。粉体搅拌法施工时，根据配合比确定掺入比和钻头提升速度及钻机的转速，并选定合适的粉体发送量。
- 5.3.7 制供浆（粉）设备，能力和功率应满足桩体用浆（粉）量的要求。
- 5.3.8 施工设备应配备流量计、深度仪等自动计量仪器。
- 5.3.9 粉体搅拌法应检查搅拌机械、供粉泵、送气（粉）管路、接头和阀门的密封性、可靠性，送气（粉）管路的长度不宜大于 60 m。

5.4 材料准备

- 5.4.1 原材料进场时，应检查产品合格证、出厂检验报告。进场后，应按有关规定检验和复测，质量合格后方可使用。
- 5.4.2 水泥，满足设计要求，并应符合 GB 175 的规定。
- 5.4.3 外掺剂，应符合配比试验确定的外掺剂参数要求。
- 5.4.4 水，应符合混凝土拌和用水要求。

5.5 工艺性试桩

- 5.5.1 工艺性试桩前，根据室内配合比试验的成果和设计文件确定工艺性试桩方案。
- 5.5.2 通过工艺性试桩实现：
 - 确定水泥掺入比；
 - 确定施工设备；

- 确定施工技术参数，包括但不限于钻进速度、提升速度、搅拌速度、喷浆压力、单位时间喷浆（粉）量。
- 检验桩体水泥土的无侧限抗压强度是否满足设计要求；
- 检验单桩承载力和复合地基承载力（28 d）是否满足设计要求。

6 施工

6.1 浆液搅拌法

6.1.1 浆液搅拌法水泥土搅拌桩施工顺序如下：

- 就位：按设计图纸（桩位平面布置图），现场确定水泥土搅拌桩桩位，将搅拌机移至桩位处，使钻杆或钻头对准设计桩位，复核机架的垂直度，钻头叶片的直径。
- 预搅下沉：启动电机，使搅拌机沿导向架边搅拌、边切土下沉。
- 喷浆搅拌提升：搅拌机下沉至设计深度，开启灰浆泵，边喷浆边旋转钻头，同时按照设计确定的速度提升搅拌机直至预定的停浆面。
- 重复搅拌下沉：再次将搅拌机边旋转边沉入至设计加固深度，根据设计要求，喷浆或仅搅拌提升直至预定的停浆面；
- 移位：重复上述步骤进行下一根桩的施工。

6.1.2 施工中的灰浆泵输浆量、灰浆经输浆管到达搅拌机喷浆口的时间和起吊设备提升速度等施工参数应根据设计要求通过工艺性成桩试验确定，搅拌提升速度应与输浆量匹配。

6.1.3 施工过程中应保持机具平稳，控制垂直度、回转速度、提升速度、水泥浆液比重、供浆流量等参数，掺入量应满足设计要求。

6.1.4 单桩施工搅拌桩的垂直偏差不得超过 1%，有搭接要求时垂直度偏差不得超过 0.5%，桩位偏差不得大于 20 mm，无搭接要求的桩位偏差不得大于 50 mm。

6.1.5 施工中所使用的水泥应防止结块，制备好的浆液不得离析，泵送浆应连续进行。水泥浆材料配制称量误差应控制 1% 以内。水泥浆存放时宜控制浆体温度为 5℃~40℃，当气温在 10℃ 以上时存放不应超过 3 h，当气温在 10℃ 以下时浆液存放不应超过 4 h。超过存放时间时，应作弃浆处理。冬季施工时，搅拌用水应根据现场情况进行加热，并采取保温措施。

6.1.6 当水泥浆液到达出浆口后，应喷浆搅拌 30 s，在水泥浆与桩端土充分搅拌后，再开始提升搅拌头。

6.1.7 停浆面应高于桩顶设计标高 300 mm~500 mm，去除高于设计标高的桩段时应避免扰动桩体。

6.1.8 因故停浆，应将搅拌头下沉至停浆点以下 0.5 m；恢复供浆时，再喷浆搅拌提升。停机超过 3 h，宜先拆卸输浆管路并清洗。

6.1.9 壁状加固，相邻桩的施工时间间隔不宜超过 12 h。

6.1.10 搅拌叶片直径每个单元工程应检测一次，偏差应控制在 3% 以内。回转速度、提升速度偏差应控制在 5% 以内。

6.1.11 应详细记录搅拌钻头每米下沉（提升）时间、注浆与停浆的时间。记录深度误差不得大于 50 mm，时间误差不得大于 5 s。施工过程中发现的问题及处理情况均应注明。

6.1.12 搅拌机喷浆提升的速度和次数应符合施工工艺要求，并设专人记录。拌制水泥浆液的罐数、水泥和外掺剂用量以及泵送浆液的时间等应有专人记录，施工记录见附录 A。

6.1.13 浆液搅拌法施工过程应符合 GB/T 50783 的规定。

6.2 粉体搅拌法

6.2.1 粉体搅拌法施工顺序如下：

- 就位：按设计图纸(桩位平面布置图)，现场确定水泥土搅拌桩桩位，将搅拌机移至桩位处，使钻杆或钻头对准设计桩位，复核机架的垂直度，钻头叶片的直径。
- 预搅下沉：启动电机，使搅拌机沿导向架边搅拌、边切土下沉。
- 喷粉搅拌提升：搅拌机下沉至设计深度，边喷粉边旋转钻头，同时按照设计确定的速度提升搅拌机直至预定的停灰面。
- 重复搅拌下沉：再次将搅拌机边旋转边沉入至设计加固深度，根据设计要求，喷粉或仅搅拌提升直至预定的停灰面；
- 移位：重复上述步骤进行下一根桩的施工。

6.2.2 单桩施工搅拌桩的垂直偏差和桩位偏差应满足 6.1.4 要求。

6.2.3 粉体搅拌法搅拌时钻头每转一圈的提升(或下沉)量宜为 10 mm~15 mm，加固深度范围内土体的任何一点均需经过 20 次以上的搅拌。

6.2.4 成桩过程中，因故停止喷粉，应将搅拌头下沉至停灰面以下 1 m 处，待恢复喷粉时，再喷粉搅拌提升。

6.2.5 需在地基土天然含水量小于 30% 土层中喷粉成桩时，应采用地面注水搅拌工艺。

6.2.6 当搅拌头到达设计桩底以上 1.5 m 时，应开启粉喷机提前进行喷粉作业；当搅拌头提升至地面下 500 mm 时，喷粉机应停止喷粉。

6.2.7 应有专人记录粉体喷入量等施工记录。施工记录可按附录 A 填写。

6.2.8 粉体搅拌法施工过程应符合 GB/T 50783 的规定。

7 检验

应按照 DB34/T 2290 的规定执行。

地方标准信息服务平台

