|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 93.080.20 |
| CCS | P66 |

|  |
| --- |
| 37 |

山东省地方标准

DB 37/T XXXX—XXXX

水泥土筒桩地基处理技术规范

Technical specification for the foundation treatment by cement-soil pipe pile

（报批稿）

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

山东省市场监督管理局  发布

目次

[前言 II](#_Toc195522967)

[1 范围 1](#_Toc195522968)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc195522969)

[3 术语和定义 1](#_Toc195522970)

[4 总体原则 1](#_Toc195522971)

[5 设计 2](#_Toc195522972)

[5.1 通用要求 2](#_Toc195522973)

[5.2 水泥土筒桩单桩设计 2](#_Toc195522974)

[5.3 水泥土筒桩复合地基设计 3](#_Toc195522975)

[6 施工 4](#_Toc195522976)

[6.1 通用要求 4](#_Toc195522977)

[6.2 机具设备 5](#_Toc195522978)

[6.3 水泥浆 5](#_Toc195522979)

[6.4 施工方法 6](#_Toc195522980)

[7 质量检验及验收 7](#_Toc195522981)

[7.1 验收标准 7](#_Toc195522982)

[7.2 验收资料 7](#_Toc195522983)

[7.3 水泥土强度 7](#_Toc195522984)

[7.4 桩身完整性 8](#_Toc195522985)

[7.5 承载力 8](#_Toc195522986)

[附录A （资料性） 水泥土筒桩施工记录 9](#_Toc195522987)

1. 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。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

水泥土筒桩地基处理技术规范

* 1. 范围

本文件规定了水泥土筒桩地基处理的总体原则、设计、施工、质量检验及验收方面的技术要求。

本文件适用于道路工程的地基处理。

* 1. 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

GB/T 51003　掺合料应用技术规范

CJ/T 526　软土固化剂

JGJ 63　混凝土用水标准

JGJ 340　建筑地基检测技术规范

JTG F80/1　公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

JTG/T D31-02　公路软土地基路堤设计和施工技术细则

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

水泥土筒桩 cement-soil pipe pile

以水泥为主要固化材料，通过现场喷搅，与原位土共同形成的筒状加固体。

等截面水泥土筒桩 cement-soil pipe pile with equal section

通过专用喷搅钻具，使桩身形成相同直径及壁厚的水泥土筒桩。

变截面水泥土筒桩 cement-soil pipe with variable section

通过专用喷搅钻具，使桩身分段形成不同直径及壁厚的水泥土筒桩。

* 1. 总体要求

水泥土筒桩的设计与施工应坚持因地制宜、就地取材、优化设计、节约资源、保护环境的原则，强化施工质量控制与管理。

水泥土筒桩可用于处理正常固结的黏性土，淤泥质土，素填土，稍密、中密的粉土，松散、中密的粉细砂及中粗砂等地基。不适用于含有大量植物根茎、较多大粒径卵石块石以及有机质含量较高的地基。

采用水泥土筒桩，应针对现场拟处理土层的性质，进行水泥土的室内配比试验，确定合理的水泥土配合比。

* 1. 设计
     1. 通用要求

水泥土筒桩用于下列情况时，应通过现场和室内试验确定其适用性：

——塑性指数大于25的黏土；

——泥炭土和有机质土；

——PH值小于4的酸性土；

——腐蚀性环境。

水泥土筒桩复合地基设计应进行承载力、沉降计算和稳定性分析。复合地基的承载力、沉降计算符合GB/T 50783的规定，稳定性分析符合JTG/T D31-02的规定。

* + 1. 水泥土筒桩单桩设计

水泥土筒桩依据桩身截面形式分为等截面筒桩和变截面筒桩，其构造示意图如图1所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **a**）等截面筒桩 | **b**）变截面筒桩 |

标引序号说明：

1—水泥土筒桩桩体；

2—非加固原位土土芯；

3—变径扩大段桩体；

*d*—筒桩内径；

*D*1—筒桩桩体外径；

*D*2—变截面筒桩扩大段桩体外径。

图1 筒桩构造示意图

水泥土筒桩应在现场试验的基础上，确定桩身截面尺寸、变截面位置等设计参数，变截面水泥土筒桩的变截面扩径高度宜在1 m~3 m。初始设计时，桩身截面尺寸设计参数可参考表1取值。

表1 水泥土筒桩截面尺寸设计参数参考值

单位为毫米

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 等截面水泥土筒桩截面尺寸 | 变截面水泥土筒桩截面尺寸 |
| 外径 | 600~800 | 600~800 |
| 内径 | 300~400 | 300~400 |
| 变径扩大段 | — | 801~1000 |

水泥土筒桩的桩长应根据承载力和变形的要求确定，宜穿透软弱土层。加固深度不宜大于20m。

水泥土筒桩桩长不超过10m时，宜采用等截面设计。水泥土筒桩壁厚不宜小于0.25*D*1，桩中心距不宜大于4*D*1。且应对水泥土筒桩上部4*D*1范围进行复喷复搅处理。

水泥土筒桩桩长超过10m时，宜采用变截面设计。且应对水泥土筒桩上部4*D*2范围进行复喷复搅处理。

水泥土筒桩固化材料掺入量宜大于加固天然含水率状态下土质量的15%。

* + 1. 水泥土筒桩复合地基设计

水泥土筒桩的平面布置，可采用正三角形、正方形或矩形等布桩形式。

水泥土筒桩复合地基承载力特征值，按照复合地基静载荷试验方法确定，当采取等截面结构形式时，可按公式（1）计算：

…………………………………（1）

式中：

ƒ*spk*——复合地基承载力特征值，单位为千帕（kPa）；

*λ*——单桩承载力发挥系数，取1.0；

*m* ——等截面水泥土筒桩面积置换率，*m*=（*D12-d2*）*/d*e2，*D1*为水泥土筒桩外径，*d*为水泥土筒桩内径，*d*e为一根桩分担的处理地基面积的等效圆直径；

*Rap*——单桩竖向抗压承载力特征值，单位为千牛（kN）；

*Ap* ——等截面水泥土筒桩截面积，单位为平方米（m2），*Ap*=*π*（*D12-d2*）*/4*；

*β——* 桩间土承载力发挥系数，对淤泥、淤泥质土和流塑状软土等处理土层，取0.10～0.40，对其他土层可取0.40～0.80；

ƒ*sk*——桩间土处理后承载力特征值，单位为千帕（kPa）。

当采用变截面水泥土筒桩时，复合地基承载力特征值可按公式（2）估算：

……………………………………（2）

式中：

*m＇*——变截面水泥土筒桩等效面积置换率，*m＇*=*γ*（*D12-d2*）*/d*e2+（1-*γ*）（*D22-d2*）*/d*e2，*D2*为变截面扩大段筒桩外径，*γ*为非变截面扩大段桩长占总桩长的比例；

*Ap＇*——变截面水泥土筒桩等效截面面积，单位为平方米（m2），*Ap＇*=*γ*π（*D12-d2*）*/4+*（1-*γ*）π（*D22-d2*）*/4*。

水泥土筒桩单桩竖向承载力特征值应通过试验确定。等截面水泥土筒桩初步设计时可按公式（3）和式（5）估算，并取两者的较小值：

………………………………………（3）

变截面水泥土筒桩初步设计时可按公式（4）和公式（5）估算，并取两者的较小值：

………………………（4）

……………………………………………（5）

式中：

*μ——*非变截面部分桩体截面周长，单位为米（m）；

*qsi——*第*i*层土的桩侧摩阻力特征值，单位为千帕（kPa）；

*li——*桩长范围内第*i*层土的厚度，单位为米（m）；

*α——*非变截面部分桩体桩端土地基承载力折减系数，按地区经验取值；

*qp——*非变截面部分桩端土地基承载力特征值，单位为千帕（kPa）；

*μp——*变截面扩大段桩体截面周长，单位为米（m）；

*qsj——*第*j*层土的桩侧摩阻力特征值，单位为千帕（kPa）；

*lj——*桩长范围内第*j*层土的厚度，单位为米（m）；

*αp——*变截面部分桩体桩端土地基承载力折减系数，按地区经验取值；

*qpb——*变截面部分桩端土地基承载力特征值，单位为千帕（kPa）；

*Apb——*变截面部分桩体截面积，单位为平方米（m2），*Apb*=π（*D22-D12*）/4；

*η——*桩身强度折减系数，取0.33；

*fcu——*与水泥土筒桩桩身配合比相同的室内水泥土试块（边长70.7mm或50mm的立方体）在标准养护条件下90d龄期的无侧限抗压强度平均值，单位为千帕（kPa）。

水泥土筒桩复合地基应在桩顶设置垫层，垫层厚度宜为0.3m~0.5m，压实度不应小于90%。材料可选用水泥掺入量为土的3%~5%的水泥土，也可选用石灰土、级配碎石以及砂砾等。

* 1. 施工
     1. 通用要求

水泥土筒桩地基处理施工前应做好下列准备工作：

a）依据工程地质勘察报告、设计图纸、必要的土工试验报告等资料，编制施工组织设计，并进行施工交底；

b）查明施工场区内地上、地下建（构）筑物和各种地下管线的位置及埋深等，并清除地上和地下所有障碍物；

c）施工前应平整场地，根据施工图和坐标、测量放出施工轴线，确定桩位，并依据基准点测量桩顶地面高程；

d）完成便道、电力、供水等临时设施和必要的安全、环保等措施；

e）施工前应对施工机具的计量装置进行校验。

施工前应进行工艺性试桩，确定工艺参数和机具设备的匹配性，试桩数量不应少于3根。当地质条件复杂、施工质量可靠性低时，宜增加试桩数量。

施工前应对试桩的成桩质量进行检验，验证施工工艺参数的适应性。成桩质量检验标准应满足设计要求。

施工对邻近建（构）筑物、地下管道设施等产生有害影响时，应评估其影响程度，明确施工安全距离，对施工区域及周边环境采取保护措施，还应做好废水废浆的处理及回收利用。

应做好施工记录和必要的观测记录，记录表格式见附录A。

* + 1. 机具设备

施工应选用高塔架台车，提升机宜采用无级调速系统；搅喷钻杆、喷嘴和高压水龙头应密封可靠，装卸简便；钻杆连接顺直。

制备水泥浆宜选用高速制浆设备。搅浆机性能应与浆液类型和供浆量相适应，能保证浆液拌制均匀和连续供应。

高压喷嘴应采用耐磨材料，喷嘴直径应与设计压力和流量相适应；喷嘴结构尺寸和加工精度应符合高速射流的要求。

泵机或输送管路上均应安装压力表或压力传感器，使用压力宜为压力检测装置最大量程的30%~80%。压力检测装置应定期进行校准。输送水泥浆液的管路长度不宜大于50m。

水泥土筒桩高压泥浆泵的额定压力不宜小于20MPa。

搅拌钻头的直径应定期复核检查，其磨耗量不应大于10mm。变截面水泥土筒桩钻头如图2所示。



标引序号说明：

1—端部矩形管柱；

2—端部三角片；

3—活动杆支撑耳；

4—活动杆；

5—上搅喷杆、下搅喷杆；

6—下喷嘴；

7—上喷嘴；

8—销轴。

图2 喷搅钻头示意图

* + 1. 水泥浆

制备水泥浆的水泥宜选用强度等级42.5级及以上的普通硅酸盐水泥或其他品种水泥。水泥各项技术指标及现场存放方法应符合GB 175中的规定。

制备水泥浆选用高速搅拌机时，搅拌时间不应少于60s；当选用普通搅拌机时，搅拌时间不应少于180s。水泥浆不应长时间放置，超过2h的浆液应废弃。

水泥浆的使用符合下列规定：

——水泥浆应在过筛后使用，并定时检测密度，

——制浆材料称量可采用质量或体积计量法，误差不应大于3%，

——浆液温度应保持在5℃~40℃。

水泥浆应按设计水灰比拌制。水灰比宜为0.8~1.0，密度约为1400kg/m3~1600kg/m3。不同土层条件下水泥浆水灰比宜通过室内试验确定。

水泥浆可加入粉煤灰和土壤固化剂等外加材料，其种类及掺入量应通过室内试验和现场试验确定。粉煤灰等掺合料各项技术指标应符合GB/T 51003中的规定，土壤固化剂的各项技术指标应符合CJ/T 526中的规定。

水泥浆的用水，应符合JGJ 63的规定。

* + 1. 施工方法

桩机应支平垫稳，底盘保持水平。钻杆对准桩位、钻进过程中钻杆应垂直。

桩机钻进前应先在地面试喷，待水泥浆喷射正常后驱动钻杆、钻头沉入土层中；钻进或提升钻杆过程中，如出现压力突降或骤增等异常情况时，应查明原因、排除故障，恢复正常后再继续施工。

喷搅过程中因故中断喷浆，恢复喷搅时应复喷搭接，长度不应小于0.5m。当停机超过3h，应拆卸输浆管路，清洗后方可继续施工。

施工过程中应随时记录喷浆压力、喷浆量、钻进速度和提升速度等参数的变化。

水泥土筒桩施工流程宜按照图3所示，工艺应符合以下要求：

a）等截面水泥土筒桩施工应使钻杆正转，启动高压泥浆泵，开启下喷嘴，边钻进、边喷搅；钻杆提升时搅拌，关闭下喷嘴，不喷浆，搅拌提升至设计水泥土筒桩桩顶高程以上0.5m后停止；

b) 变截面水泥土筒桩施工需首先使钻杆正转，启动高压泥浆泵，开启下喷嘴，边钻进、边喷搅；钻杆提升时搅拌，关闭下喷嘴，不喷浆。提升至变截面位置时钻杆反转，活动叶片伸出，切换高压泥浆泵供浆系统至上搅喷杆喷嘴喷浆，搅拌提升至设计水泥土筒桩桩顶高程以上0.5m后停止。

c）提升至设计桩顶高程以上0.50m，应对桩身上部进行复喷复搅。



图3 水泥土筒桩施工流程图

水泥土筒桩施工参数可按表2取值。

表2 水泥土筒桩推荐施工参数表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | | 施工参数 |
| 喷浆压力  MPa | | 12~15 |
| 水泥浆流量  L/min | | 30~50 |
| 喷嘴个数 | | ≥2 |
| 喷嘴直径  mm | | 1.5~2.2 |
| 钻进、提升速度  m/min | 粉土及粉细砂 | 0.6~0.8 |
| 粉质黏土及黏土 | 0.45~0.6 |
| 注：遇到特殊土层时，喷浆压力及水泥浆流量根据现场试验具体确定。 | | |

* 1. 质量检验及验收
     1. 验收标准

水泥土筒桩施工质量检验标准和检验频次应符合表3的规定。

表3 水泥土筒桩质量检验与验收标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序 号 | 项 目 | 规定值或允许偏差 | 检查方法和频率 |
| 1 | 水泥用量/（kg/m） | ≥设计值 | 查施工记录：随机抽查 |
| 2 | 水泥土强度 | ≥设计值 | 室内水泥土试块无侧限抗压强度试验：施工前和土层性质发生变化时 |
| 3 | 单桩承载力/kN | ≥设计值 | 单桩静载荷试验：抽查桩数的0.2%~0.5%，且不应少于3根 |
| 4 | 复合地基承载力/kPa | ≥设计值 | 复合地基静载荷试验：抽查桩数的0.2%~0.5%，且不应少于3处，当加固区域内上部荷载变化较大或地质复杂时，宜增加抽查桩数量 |
| 5 | 桩距/mm | ±100 | 尺量：抽查桩数的2%，且不应少于3点 |
| 6 | 桩长/m | ≥设计值 | 查施工记录：随机抽查 |
| 7 | 垂直度/% | ≤1.0 | 查施工记录：随机抽查 |
| 8 | 喷浆压力/MPa | 符合设计要求 | 查施工记录：随机抽查 |
| 9 | 桩径（外径）/mm | ≥设计值 | 尺量：抽查桩数的2%，且不应少于3点 |
| 10 | 桩中心位置/mm | ≤ 50 | 尺量：抽查桩数的2%，且不应少于3点 |
| 11 | 桩壁厚度/mm | ≥设计值 | 尺量：抽查桩数的2%，且不应少于3点 |

* + 1. 水泥土强度

水泥土强度检验宜采用留取的与水泥土筒桩桩身配合比相同的室内水泥土试块，进行28d龄期的无侧限抗压强度试验，试验组数不应少于3组，强度值应达到设计要求。对水泥土筒桩施工质量有怀疑时，也可采用钻芯法钻取芯样检测水泥土强度，抽检频率应符合JTG F80/1中的规定。

* + 1. 桩身完整性

水泥土筒桩桩身均匀性和完整性检测方法应符合JTG/T D31-02中的规定，抽检频率应符合JTG F80/1中的规定。

* + 1. 承载力

水泥土筒桩单桩及复合地基承载力的检测方法及判定依据应符合JGJ 340中的规定。

* + 1. 验收资料

水泥土筒桩检测与验收资料应包括如下所列：

a）施工组织设计或施工方案；

b）技术、安全交底记录；

c）测量放线方案及记录；

d）施工记录；

e）质量检测报告、现场照片及视频；

f）设计变更记录表；

g）工程质量处理记录及有关文件。

1. （资料性）  
   水泥土筒桩施工记录

水泥土筒桩施工原始记录表见表A.1。

表A.1 水泥土筒桩施工原始记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位工程： | |  | | 分部工程： | |  | | | 分项工程： |  | |
| □等截面水泥土筒桩 | | | □变截面水泥土筒桩 | | 桩长： | | |  | 成桩时间： | 年 月 日 | |
| 桩身编号： | |  | | 桩径外径： | | |  | | 桩顶高程： |  | |
| 变截面扩大段桩径外径： | | | |  | | | 变截面扩大段高度： | | |  | |
| 变截面扩大段顶部高程： | | | |  | | | 变截面扩大段底部高程： | | |  | |
| **高程** | **桩长**  **m** | **钻进/提升速度**  **m/min** | | **喷浆压力**  **MPa** | | **水泥浆流量**  **L/min** | | | **水灰比** | **桩身外径**  **m** | **垂直度**  **%** |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
|  |  |  | |  | |  | | |  |  |  |
| 监理： |  | 项目负责人： | |  | | 机长： | | |  | 记录人： |  |