

备案号：J 15441—2020

浙江省工程建设标准

DB

DB 33/T 1223—2020

淤泥固化土地基技术规程

Technical specification for silt-solidified foundation

2020-12-03 发布

2021-05-01 施行

浙江省住房和城乡建设厅 发布

浙江省住房和城乡建设厅 公告

2020 年 第 56 号

关于发布浙江省工程建设标准 《淤泥固化土地基技术规程》的公告

现批准《淤泥固化土地基技术规程》为浙江省工程建设标准，编号为 DB33/T 1223 - 2020，自 2021 年 5 月 1 日起施行。

本标准由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心负责具体技术内容的解释，并在浙江省住房和城乡建设厅网站公开。

浙江省住房和城乡建设厅
2020 年 12 月 3 日

前 言

根据《关于印发〈2015年浙江省建筑节能及相关工程建设标准制修订计划〉的通知》（建设发〔2015〕423号）的要求，规程编制组通过广泛调查研究，参考国内外的相关标准，并结合我省淤泥固化技术应用实践，制定了本规程。

本规程共分为6章。主要技术内容包括：总则、术语和符号、淤泥固化土、设计、施工、质量检验等。

本规程由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，由浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心负责技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心（地址：浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号浙江大学紫金港校区安中大楼A417室；邮编：310058），以供修订时参考。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主 编 单 位：浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心

浙大宁波理工学院

浙江省围海建设集团股份有限公司

参 编 单 位：浙江省水利水电勘测设计院

浙江省水利河口研究院

南京水利科学研究院

河海大学

东南大学

宁波水利水电规划设计研究院

宁波高新区围海工程技术有限公司

中国科学院广州化学研究所

华南理工大学

浙江荣盛建设发展有限公司

主要起草人：龚晓南 谢新宇 俞元洪 戴济群 徐日庆
王文军 郑凌透 孙家瑛 吴良勇 陈富强
李水珑 袁文喜 王晓波 张 勇 孙伯永
张超杰 范明桥 徐 锴 陈永辉 童小东
金德钢 薛 炜 张纬欣
主要审查人：刘兴旺 赵宇宏 郭 丽 沈跃军 杨俊杰
庄迎春 周朝阳

目 次

1 总 则	(1)
2 术语和符号	(2)
2.1 术语	(2)
2.2 符号	(2)
3 淤泥固化土	(5)
4 设 计	(6)
4.1 一般规定	(6)
4.2 承载力计算	(7)
4.3 变形计算	(8)
4.4 稳定性计算	(9)
5 施 工	(11)
5.1 一般规定	(11)
5.2 竖向搅拌固化施工	(11)
5.3 分层拌和固化施工	(12)
6 质量检验	(13)
本规程用词说明	(14)
引用标准名录	(15)
附：条文说明	(17)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(2)
3	Solidified silts	(5)
4	Design	(6)
4.1	General requirements	(6)
4.2	Bearing capacity calculation	(7)
4.4	Deformation calculation	(8)
4.4	Stability calculation	(9)
5	Construction	(11)
5.1	General requirements	(11)
5.2	Construction of vertical mixing solidification	(11)
5.3	Construction of layered mixing solidification	(12)
6	Quality inspection	(13)
	Explanation of wording in this technical specification	(14)
	List of quoted standards	(15)
	Addition: Explanation of provisions	(17)

1 总 则

1.0.1 为在规范淤泥固化土地基的设计、施工和质量检验中贯彻国家技术经济政策，做到安全适用、保证质量、保护环境、技术先进和经济合理，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于浙江省淤泥固化土地基的设计、施工和质量检验。

1.0.3 淤泥固化土地基设计、施工和质量检验应遵循因地制宜、就地取材、保护和节约资源的原则，综合考虑场地工程地质与水文地质条件、固化材料、施工工艺、检测方法与环境条件等因素，优化设计、精心施工。

1.0.4 淤泥固化土地基的设计、施工和质量检验除应符合本规程外，尚应符合国家和浙江省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 淤泥 silt

天然含水率大于液限、天然孔隙比大于或等于 1.5 的软弱黏性土。

2.1.2 固化材料 solidification materials

用于与淤泥拌合，以改善淤泥特性的加固材料，常由若干种无机材料或有机材料以一定的配合比组成。

2.1.3 固化土 solidified soil

将淤泥和固化材料强制拌合后形成的高强度、低压缩性和低渗透性的人工土体。

2.1.4 固化材料配合比 mixture proportion of solidification materials

固化材料各成分的质量之比。

2.1.5 固化土配合比 mixture proportion of solidified soil

固化土中固化材料和淤泥的质量之比，即固化材料掺入比。

2.1.6 固化处理 improvement by solidification

为提高地基承载力、改善其变形性能和渗透性能，采用固化材料对淤泥进行处理的工程措施。

2.1.7 固化复合土体 solidified composite soil

固化土体处理范围内固化土和未固化土的总称。

2.2 符号

2.2.1 几何参数

h ——固化土层的厚度；

- A_p ——单桩截面积；
 m ——固化面积置换率；
 d ——芯样试件的平均直径；
 d_e ——单根桩分担的地基处理面积的等效圆直径。

2.2.2 作用和作用效应

- p_{cz} ——软弱下卧层顶面处土的自重压力值；
 p_z ——相应于荷载效应标准组合时，固化土底面处的附加压力值；
 p_{z1} ——固化土层顶面的平均附加压力值；
 p_{z2} ——固化土层底面的平均附加压力值；
 P ——芯样试件抗压试验测得的破坏荷载。

2.2.3 抗力和材料性能

- f_a ——固化土地基承载力特征值；
 f_{sk} ——桩间土地基承载力特征值；
 R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值；
 f_{az} ——软弱下卧层顶面处经深度修正后的地基承载力特征值；
 f_{cu} ——固化土的抗压强度；
 f_{cu28} ——固化土 28d 龄期的抗压强度；
 f_{cu90} ——固化土 90d 龄期的抗压强度；
 E_{sp} ——固化复合土层的压缩模量；
 E_p ——固化土的压缩模量；
 E_s ——未固化土的压缩模量；
 τ_s ——未固化土的抗剪强度；
 τ_p ——固化土的抗剪强度；
 τ_c ——固化复合土体的抗剪强度；
 φ_{sp} ——固化复合土体的内摩擦角；

c_{sp} ——固化复合土体的黏聚力；

φ_p ——固化土的内摩擦角；

c_p ——固化土的黏聚力；

φ_s ——未固化土的内摩擦角；

c_s ——未固化土的黏聚力。

2.2.4 计算系数

k_p ——复合地基中桩体实际竖向抗压承载力的修正系数，与施工工艺、复合地基置换率、桩间土的工程性质、桩体类型等因素有关，宜按地区经验取值；

k_s ——复合地基中桩间土地基实际承载力的修正系数，与桩间土的工程性质、施工工艺、桩体类型等因素有关，宜按地区经验取值；

λ_p ——桩体竖向抗压承载力发挥系数，反映复合地基破坏时桩体竖向抗压承载力发挥度，宜按地区经验取值；

λ_s ——桩间土地基承载力发挥系数，反映复合地基破坏时桩间地基承载力发挥度，宜按桩间土的工程性质、地区经验取值；

β_p ——桩体竖向抗压承载力修正系数，宜综合复合地基中桩体实际竖向抗压承载力和复合地基破坏时桩体的竖向抗压承载力发挥度，结合工程经验取值；

β_s ——桩间土地基承载力修正系数，宜综合复合地基中桩间土地基实际承载力和复合地基破坏时桩间土地基承载力发挥度，结合工程经验取值；

η ——强度折减系数；

s ——固化土层的平均压缩变形；

ζ ——芯样试件抗压强度折算系数。

3 淤泥固化土

3.0.1 固化材料应根据工程要求、场地淤泥的工程性质和当地条件，选择满足环保要求的材料，并通过室内试验确定。

3.0.2 固化材料可选用无机固化材料和有机固化材料。无机固化材料宜选用水泥、粉煤灰、石灰、石膏和矿渣等；有机固化材料宜选用沥青、焦油、树脂、糖醛、苯胺、丙烯酸钙、聚丙烯酰胺和羧甲基纤维素等。

3.0.3 淤泥固化处理工程可根据需要选用一种或多种固化材料，固化材料的掺和比例宜通过室内固化土配合比试验确定。

3.0.4 固化土设计强度指标应选用 90d 龄期的固化土抗压强度。当有工程经验时，也可根据 7d 和 28d 龄期的固化土抗压强度，通过经验公式推算 90d 龄期的强度。

3.0.5 固化土强度指标宜采用立方体抗压强度试验测定。抗压强度试件采用室内制备的尺寸为 70.7mm × 70.7mm × 70.7mm 的立方体试样。

3.0.6 固化土的压缩性、渗透性和抗剪强度指标宜分别采用压缩试验、渗透试验和剪切试验测定，试件龄期宜选用 90d。

3.0.7 固化土室内试验试件制备用水应与工程现场一致。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 在淤泥固化土地基设计前，应具备下列资料：

- 1 收集岩土工程勘察资料和拟建工程设计资料；
- 2 结合工程情况，了解当地地基处理经验和施工条件；
- 3 了解施工场地以及周边环境情况。

4.1.2 淤泥固化土地基设计应根据工程要求、场地工程地质和水文地质条件，并结合工期、当地经验和环境保护要求，选用技术可行、经济合理的方案。

4.1.3 淤泥固化土地基设计宜按下列步骤进行：

- 1 根据拟建工程要求、场地条件初步选出几种可供考虑的淤泥固化土地基方案；
- 2 对初选淤泥固化方案进行技术经济比较分析，选择合理的淤泥固化土地基方案；
- 3 通过淤泥固化土配合比试验，获得固化土配合比以及工程设计参数和施工工艺参数；
- 4 根据拟建工程要求，完成淤泥固化土地基设计。

4.1.4 淤泥固化土地基设计应满足地基承载力、地基变形和地基稳定性要求。

4.1.5 淤泥固化土地基固化深度应超过抗滑稳定分析得到的滑动面以下 2m。

4.1.6 淤泥固化处理区域的平面布置可采用满堂、柱状、壁状和格栅状等型式，固化土在不同深度范围内可采用不同布置型式。

4.2 承载力计算

4.2.1 固化土地基竖向承载力特征值应通过静载荷试验确定。初步设计时可按本规程公式 (4.2.1-1、4.2.1-2) 估算。

1 固化土地基为复合地基时, 其竖向承载力特征值计算公式为:

$$f_a = k_p \lambda_p m R_a / A_p + k_s \lambda_s (1 - m) f_{sk} \quad (4.2.1-1)$$

$$f_a = \beta_p m R_a / A_p + \beta_s (1 - m) f_{sk} \quad (4.2.1-2)$$

$$\beta_p = k_p \lambda_p \quad (4.2.1-3)$$

$$\beta_s = k_s \lambda_s \quad (4.2.1-4)$$

$$m = d^2 / d_e^2 \quad (4.2.1-5)$$

式中: f_a ——固化土竖向地基承载力特征值 (kPa);

A_p ——单桩截面积 (m^2);

R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值 (kN);

f_{sk} ——桩间土地基承载力特征值 (kPa);

m ——复合地基置换率;

d ——桩体直径 (m);

d_e ——单根桩分担的地基处理面积的等效圆直径 (m);

k_p ——复合地基中桩体实际竖向抗压承载力的修正系数, 与施工工艺、复合地基置换率、桩间土的工程性质、桩体类型等因素有关, 宜按地区经验取值;

k_s ——复合地基中桩间土地基实际承载力的修正系数, 与桩间土的工程性质、施工工艺、桩体类型等因素有关, 宜按地区经验取值;

λ_p ——桩体竖向抗压承载力发挥系数, 反映复合地基破坏时桩体竖向抗压承载力发挥度, 宜按地区经验取值;

λ_s ——桩间土地基承载力发挥系数，反映复合地基破坏时桩间地基承载力发挥度，宜按桩间土的工程性质、地区经验取值；

β_p ——桩体竖向抗压承载力修正系数，宜综合复合地基中桩体实际竖向抗压承载力和复合地基破坏时桩体的竖向抗压承载力发挥度，结合工程经验取值；

β_s ——桩间土地基承载力修正系数，宜综合复合地基中桩间土地基实际承载力和复合地基破坏时桩间土地基承载力发挥度，结合工程经验取值。

2 固化土地基为满堂布置时，其竖向承载力特征值计算公式为：

$$f_a = \eta f_{cu90} \quad (4.2.1-6)$$

式中： f_a ——固化土竖向地基承载力特征值（kPa）；

η ——强度折减系数，可取 0.12 ~ 0.2，干法施工时可取 0.12 ~ 0.16，湿法施工时可取 0.16 ~ 0.2；

f_{cu90} ——固化土 90d 龄期的抗压强度（kPa）。

4.2.2 对于存在软弱下卧层的固化土地基，应按式（4.2.2）验算下卧层地基承载力：

$$p_z + p_{cz} \leq f_{az} \quad (4.2.2)$$

式中： p_z ——相应于荷载效应标准组合时，软弱下卧层顶面处的附加压力值（kPa）；

p_{cz} ——软弱下卧层顶面处土的自重压力值（kPa）；

f_{az} ——软弱下卧层顶面处经深度修正后的地基承载力特征值（kPa）。

4.3 变形计算

4.3.1 固化土地基的最终变形量应包括固化土层的压缩变形与下卧土层的压缩变形。

4.3.2 固化土层的压缩变形可按公式 (4.3.2-1) 计算:

$$s = (p_{z1} + p_{z2}) h / (2E_{sp}) \quad (4.3.2-1)$$

式中: s ——固化土层的压缩变形 (mm);

p_{z1} ——固化土层顶面的附加压力值 (kPa);

p_{z2} ——固化土层底面的附加压力值 (kPa);

h ——固化土层的厚度 (mm);

E_{sp} ——固化复合土体的压缩模量 (kPa), 可按公式 (4.3.2-2) 计算。

$$E_{sp} = mE_p + (1 - m) E_s \quad (4.3.2-2)$$

m ——固化面积置换率;

E_p ——固化土的压缩模量 (kPa);

E_s ——未固化土的压缩模量 (kPa)。

4.3.3 未固化的下卧土层压缩变形可按现行浙江省标准《建筑地基基础设计规范》DB 33/T1136 的有关规定进行计算。

4.4 稳定性计算

4.4.1 固化土地基的整体稳定分析可采用圆弧滑动法。

4.4.2 固化复合土体的抗剪强度指标, 可按式 (4.4.2-1) 估算:

1 固化复合土体的抗剪强度

$$\tau_c = (1 - m) \tau_s + m\tau_p \quad (4.4.2-1)$$

式中: τ_c ——固化复合土体的抗剪强度 (kPa);

τ_s ——未固化土的抗剪强度 (kPa);

τ_p ——固化土的抗剪强度 (kPa);

m ——固化面积置换率。

2 固化复合土体的内摩擦角和黏聚力, 可按式 (4.4.2-2) 估算:

$$\tan\varphi_{sp} = m\tan\varphi_p + (1 - m) \tan\varphi_s \quad (4.4.2-2)$$

$$c_{sp} = mc_p + (1 - m) c_s \quad (4.4.2 - 3)$$

式中： φ_{sp} ——固化复合土体的内摩擦角；

c_{sp} ——固化复合土体的黏聚力（kPa）；

φ_p ——固化土的内摩擦角；

c_p ——固化土的黏聚力（kPa）；

φ_s ——未固化土的内摩擦角；

c_s ——未固化土的黏聚力（kPa）；

m ——固化面积置换率。

5 施 工

5.1 一般规定

- 5.1.1 淤泥固化土地基施工应具备下列资料：
- 1 岩土工程勘察报告；
 - 2 淤泥固化工程设计施工图；
 - 3 淤泥固化工程施工组织设计方案；
 - 4 施工区域和邻近区域的环境条件等调查资料。
- 5.1.2 淤泥固化施工前应编制专项施工方案。
- 5.1.3 施工前应进行工艺性试验，试验数量不宜少于3组，工艺参数应通过试验确定。
- 5.1.4 当淤泥固化深度不小于3m时，宜采用竖向搅拌施工工艺；当淤泥固化深度小于3m时，可采用分层拌和施工工艺。
- 5.1.5 竖向搅拌宜采用湿法施工；分层拌和施工可采用湿法施工或干法施工；采用湿法施工时，固化浆液水灰比宜取0.4~0.7。
- 5.1.6 施工设备和施工工艺应根据淤泥土天然地基承载力、土层分层情况和机械设备的适用性确定。当拟处理区域地基承载力特征值小于50kPa时，应选用能在淤泥上行走的设备。
- 5.1.7 施工中的固化材料用量、出料时间和加固区域范围等的的数据应及时记录。

5.2 竖向搅拌固化施工

- 5.2.1 竖向搅拌固化施工应包括下列主要步骤：
- 1 测量放样；
 - 2 机械就位、调平；

3 边下钻、边喷浆、边搅拌至设计加固深度，然后定喷 10~20s；

4 边提升钻杆、边喷浆、边搅拌至预定的停浆面，然后停止喷浆；

5 重复 3 和 4 步骤，直至达到设计要求。

5.2.2 搅拌叶片的数量、叶片高度应与搅拌头的回转速度、升降速度相匹配。

5.2.3 固化机械底盘应保持水平，导向支架应保持竖直，竖直度偏差不得超过 1%；固化土体位置偏差不得大于 100mm，尺寸不得小于设计值。

5.2.4 施工因故停浆时，应将搅拌头提升至地面以上，检查喷浆嘴与喷浆压力，确定喷浆正常后，重新将搅拌头下沉至停浆点前 0.5m 处，恢复供浆，再喷浆搅拌；若停机超过 3 小时，应先及时清洗供浆泵与供浆管路。

5.3 分层拌和固化施工

5.3.1 分层拌和固化土的每层厚度不应超过 40cm。

5.3.2 固化材料应摊铺均匀，摊铺完后，表面不应有空白位置，也不应有固化材料过分集中的地点。

5.3.3 搅拌深度应达到层底，并侵入下层表面，以利于上下层粘接。

5.3.4 碾压方案应根据固化范围、压路机的轮宽和轮距等因素制订，保证各区域碾压到的次数相同。

5.3.5 固化土采用集中厂拌时，在运到现场后，应二次搅拌。

6 质量检验

6.0.1 施工后应进行现场取芯试验和原位测试。

6.0.2 检验时固化土的龄期、数量和试验内容应符合工程设计要求。对重要的部位，应增加测试数量。

6.0.3 现场取芯试验宜包括固化土抗压强度试验、压缩试验、剪切试验和渗透试验等。压缩试验、渗透试验和剪切试验的现场取芯宜在淤泥固化施工后 3d ~ 7d 内进行；试件制备宜在取芯后 48h 内完成，然后养护至规定龄期。

6.0.4 固化施工的质量检验，应满足下列要求：

1 对于竖向搅拌固化施工，现场取芯检测数量应为施工总柱体数的 0.5%，且应不少于 6 根。

2 对于分层拌和固化施工，除满足第 1 款要求外，检验数量应不少于 1 个/500m²，且每项单体工程不应少于 3 点。

6.0.5 原位测试应进行现场载荷试验，现场载荷试验应在固化土柱体强度满足试验荷载条件后进行。检验数量应不少于 1 个/5000m²，且每项单体工程不应少于 3 点。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 《工程岩体试验方法标准》 GB/T 50266
- 《复合地基技术规范》 GB/T 50783
- 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79
- 《水泥土配合比设计规程》 JGJ/T 233
- 《建筑地基基础设计规范》 DB 33/T1136