



T/CECS 1037-2022

中国工程建设标准化协会标准

预拌流态固化土填筑技术标准

Technical standard for backfilling project by using premixed
fluid solidifying soil

目 次

1	总则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	设计	(4)
3.1	一般规定	(4)
3.2	材料	(4)
3.3	配合比设计	(5)
4	施工	(8)
4.1	一般规定	(8)
4.2	固化土制备	(8)
4.3	固化土填筑与养护	(9)
5	质量检验与验收	(11)
5.1	原材料质量检验	(11)
5.2	拌合性能检验	(11)
5.3	硬化性能检验	(12)
5.4	施工质量验收	(12)
	附录 A 固化土填筑申请表	(14)
	附录 B 固化土填筑记录	(15)
	附录 C 隐蔽工程验收记录	(16)
	附录 D 固化土质量验收记录	(17)
	用词说明	(19)
	引用标准名录	(20)
	附：条文说明	(21)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Design	(4)
3.1	General requirements	(4)
3.2	Material	(4)
3.3	Design of mixing proportion	(5)
4	Construction	(8)
4.1	General requirements	(8)
4.2	Production	(8)
4.3	Pouring and curing	(9)
5	Quality inspection and acceptance	(11)
5.1	Quality inspection of material	(11)
5.2	Inspection of mixing index	(11)
5.3	Inspection of hardening index	(12)
5.4	Quality acceptance	(12)
Appendix A	Backfilling application form	(14)
Appendix B	Backfilling record	(15)
Appendix C	Concealed works acceptance record	(16)
Appendix D	Quality acceptance record	(17)
	Explanation of wording	(19)
	List of quoted standards	(20)
	Addition; Explanation of provisions	(21)

1 总 则

1.0.1 为了规范预拌流态固化土填筑技术应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于建设工程中预拌流态固化土填筑的设计、施工和验收。

1.0.3 预拌流态固化土填筑的设计和施工应根据地质条件、环境条件、建（构）筑物结构类型和设计条件、基坑支护形式及工期等因素，因地制宜。

1.0.4 预拌流态固化土填筑的设计、施工和验收除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 预拌流态固化土 premixed fluid solidifying soil

由固化剂、外加剂、水和土料按一定比例拌合，形成具有一定流动性，且凝固后能达到一定强度的混合物，简称固化土。

2.1.2 固化剂 solidifying agent

以CaO、活性 Al_2O_3 和 SiO_2 为主要成分，同时添加具有改善土颗粒表面的功能性添加剂和活性激发剂制成的功能性复合胶凝材料。

2.1.3 固化剂浆液 solidifying agent slurry

固化剂和水按一定掺入比拌合而成的混合液。

2.1.4 固化剂掺入比 mixing ratio of solidifying agent

固化剂质量与土质量之比，以百分数表示。

2.1.5 水固比 water agent ratio

固化土原材料中水和固化剂的质量比。

2.1.6 配合比 mixing proportion

满足固化土设计要求的原材料的质量比。

2.1.7 坍落度 the slumps of premixed solidifying soil

将固化土拌合物注入混凝土坍落度筒，提起坍落度桶，拌合物在自重作用下的坍落高度。

2.1.8 扩展度 slump-flows of premixed solidifying soil

将固化土拌合物注入混凝土坍落度筒，提起坍落度桶，拌合物在自重作用下的扩展宽度。

2.1.9 立方体抗压强度 unconfined compressive strength

固化土立方体试块在无侧限条件下，单位面积抵抗轴向压力

的最大值。

2.2 符 号

- m_0 ——试验用土料的质量；
- m_a ——外加剂的质量；
- m_c ——固化剂的质量；
- m_d ——固化土所用土料的干质量；
- m_w ——拌合用水的质量；
- α ——固化剂掺入比；
- α_a ——外加剂的掺量百分比；
- w ——土的天然含水量；
- w_0 ——试验用土料的含水量；
- μ ——固化剂浆液水固比。

3 设计

3.1 一般规定

- 3.1.1 固化土填筑技术可应用于肥槽、采空区或房心的回填。
- 3.1.2 在固化土设计前，应完成下列工作：
- 1 应进行土料和固化剂调研，就地取材；
 - 2 应了解当地相关工程经验、配合比和影响固化土强度的因素。
- 3.1.3 固化土立方体抗压强度可作为固化土填筑设计的主要控制指标，坍落度和扩展度等其他参数可作为一般控制指标。
- 3.1.4 标准养护条件下边长为 100mm 的固化土试块 28d 立方体抗压强度应满足工程功能要求。当设计没有明确要求时，不宜小于 0.4MPa。

3.2 材料

- 3.2.1 土料应采用现场开挖土、工程渣土或建筑垃圾再生料，不得采用膨胀土、盐渍土及污染土，且土料还应满足下列要求：
- 1 土料的有机质含量不得超过 5%，颗粒最大粒径宜与固化土拌合设备相匹配；
 - 2 土料的粒径、有机质含量等指标的检测可按现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的有关规定执行；
 - 3 土料放射性应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的有关规定。
- 3.2.2 固化剂成品的性能指标应满足下列要求：
- 1 固化剂物理指标应符合表 3.2.2-1 的规定；

表 3.2.2-1 固化剂物理指标

指标	要求 (%)
细度 (80 μ m 方孔筛筛余量)	≤ 10
含水率	≤ 1

2 固化剂性能指标应符合表 3.2.2-2 的规定；

表 3.2.2-2 固化剂性能指标

指标		要求
净浆流动度	初始	≥ 100 mm
	30min	≥ 90 mm
	60min	≥ 80 mm
初凝时间		≥ 45 min

注：若从搅拌到施工填筑时间不超过 1h，净浆流动度可不作要求。

3 固化剂应能满足固化土硬化强度和填筑施工要求；

4 固化剂的检验可按现行行业标准《软土固化剂》CJ/T 526 的有关规定执行。

3.2.3 固化土拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 中关于钢筋混凝土用水的规定。

3.3 配合比设计

3.3.1 设计前应根据工程条件确定固化土试块的立方体抗压强度值、坍落度、扩展度等设计指标，且设计指标应满足表 3.3.1 的要求。

表 3.3.1 固化土的设计指标

应用类别	最小强度	坍落度 (mm)	扩展度 (mm)
换填	满足功能要求	80~150	—
空洞、肥槽回填	根据工程需要确定，且不宜低于 0.4MPa	—	>300

注：固化土坍落度和扩展度测定方法可按现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的有关规定执行。

3.3.2 建筑物地下室有抗浮设计时,肥槽回填固化土的渗透系数应满足设计要求,且不宜大于 5×10^{-7} cm/s。

3.3.3 固化土配合比设计应按下列步骤进行:

- 1 确定原材料,进行材料复试;
- 2 确定固化剂掺入比;
- 3 计算固化剂掺入量;
- 4 根据水固比,计算拌合用水量;
- 5 计算外加剂掺量;
- 6 固化土试配;
- 7 确定施工配合比。

3.3.4 配合比试验前应确定试验所需要的原材料,并对原材料进行检验,包括土的粒径和有机质含量、固化剂的物理指标和工艺指标、水的化学指标等,检测结果应符合本标准第 3.2 节的规定。

3.3.5 固化土中固化剂掺入比宜为 7%~25%,设计强度低时取小值,设计强度高时取大值。掺入比基准值可按设计要求执行,当设计未提供时,可根据地区经验确定,固化剂掺入比应按下式计算:

$$\alpha = \frac{m_c}{m_d} \times 100\% \quad (3.3.5)$$

式中: α ——固化剂掺入比 (%);

m_c ——固化剂的质量 (kg);

m_d ——固化土所用土料的干质量 (kg)。

3.3.6 固化剂质量可按下式计算,其中试验土料的质量 m_0 不应少于 30kg:

$$m_c = \frac{\alpha m_0}{1 + w_0} \quad (3.3.6)$$

式中: m_c ——固化剂的质量 (kg);

m_0 ——试验用土料的质量 (kg);

τ_{w_0} ——试验用土料的含水量（%）。

3.3.7 拌合用水量可依据选定的水固比按下式计算：

$$m_w = \mu \frac{\alpha}{1 + \tau_{w_0}} m_0 - \frac{\tau_{w_0}}{1 + \tau_{w_0}} m_0 \quad (3.3.7)$$

式中： m_w ——拌合用水的质量（kg）；

μ ——固化剂浆液水固比，根据经验确定。

3.3.8 外加剂的质量应按下式计算：

$$m_a = \alpha_a \cdot m_c \quad (3.3.8)$$

式中： m_a ——外加剂的质量（kg）；

α_a ——外加剂的掺量百分比（%），按经验取值。

3.3.9 应根据土料的质量、含水量及计算的固化剂质量、用水量、外加剂掺量进行配合比试验。

3.3.10 配合比试验应采用搅拌机拌制试样，每次试配搅拌量不宜小于搅拌机额定搅拌量的 1/4。

3.3.11 试验标准试件的制作应符合下列规定：

1 模具内拌合物应高于试模顶面，试模装满后，应轻微敲击试模，用平口刀沿试模顶面刮平试件，并采用保鲜膜覆盖；

2 应控制拆模时间和养护环境，避免试块的损坏。

3.3.12 试验应采用不同配合比同时进行，配合比应符合下列规定：

1 应采用 3 种配合比进行试验，其中一种配合比的固化剂掺入比为计算的基准值，另外两种配合比的固化剂宜比基准值分别增加和减少 3%~5%；

2 每种配合比至少应制作 3 组标准试件，并在 20℃±2℃ 条件下养护至指定龄期；

3 每种配合比的性能指标均应满足设计和施工要求，否则应调整配比重新试验。

3.3.13 固化土施工配合比应选择性能满足设计要求且造价更低的配比。

4 施 工

4.1 一 般 规 定

4.1.1 施工前应根据工程需要进行下列调研和准备：

- 1 现场施工条件；
- 2 施工机械及主要施工设备的数量和规格；
- 3 固化土的运输路线；
- 4 施工安全评估。

4.1.2 固化土填筑施工前应根据现场条件制定施工方案。

4.2 固 化 土 制 备

4.2.1 固化土制备设备应包括土的筛分、固化剂浆液制备和固化土拌合设备。

4.2.2 原材料进场应符合下列规定：

- 1 选择与试验相同的固化剂，并提供合格的检验报告；
- 2 原材料进场后应按本标准第 5.1 节规定进行进场检验；
- 3 固化剂应采用专门的设备储存，并采取防潮措施，出现结块的固化剂不得使用；
- 4 土料的堆场应有遮雨设施，并应符合环境保护的规定；
- 5 液态外加剂应储存在密封的容器内，并防晒防冻，如有沉淀等异物现象，经检验合格后方可使用。

4.2.3 原材料的计量应符合下列要求：

- 1 原材料计量宜采用电子计量设备，设备的精度应符合现行国家标准《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171 的有关规定；
- 2 计量设备应定期校准，校准频率宜为每 3 个月一次；

3 原材料的计量允许偏差应符合表 4.2.3 的规定；

表 4.2.3 原材料的计量允许偏差

原材料	计量允许偏差
固化剂、水	±2%
土	±3%
外加剂	±1%

4 当施工土料和试验土料含水量不同时，应根据施工土料的含水量调整拌合用水。

4.2.4 固化土的拌合应符合下列规定：

1 固化土的拌合可采用现场拌合，也可在拌合站集中拌合，现场拌合应根据施工场地和工期选择匹配的拌合设备；

2 混合料应使用专门拌合设备搅拌，拌合设备应符合现行行业标准《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌机》GB/T 9142 的有关规定；

3 固化土的拌合应分两步完成，先将水和固化剂等混合拌合成浆液，然后将浆液和土拌合；

4 每盘固化土拌合的最短时间不应少于 2min；

5 冬期拌合应采取防冻措施，优先采用加热水的方法提高拌合物温度，拌合用水温度不应超过 60℃。

4.3 固化土填筑与养护

4.3.1 非现场拌合的固化土可采用混凝土罐车运输至施工现场，固化土的运输应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定。

4.3.2 固化土的填筑方式应根据现场条件确定，可采用泵送或溜槽方式。

4.3.3 固化土的填筑应符合下列规定：

1 施工中应严格按照施工方案中平面布置和材料运输路线

执行，当调整平面布置和运输路线时，应分析对基坑的安全影响；

2 填筑前应验算模板和支撑的强度、刚度及稳定性，并检查接缝的密封情况和预埋件的位置；

3 填筑前应清除施工表面垃圾、树根等杂物，当有积水时应分析原因，清除肥槽内的积水，并采取措施确保肥槽内无积水；

4 固化土搅拌至填筑完成的时间不宜超过 6h；

5 冬季填筑固化土时，固化土的入模温度不应低于 5℃，并做好保温措施；

6 固化土应分层填筑，每层填筑的厚度应通过核算，不宜大于 2m，相邻片区填筑高差不宜大于 1m，两次填筑的时间间隔应根据经验或试验确定，且不小于 24h；

7 当基槽填筑底标高不一致时，应按先深后浅的顺序施工；

8 大面积地基垫层填筑施工时，应分段对称进行，相接处应做成阶梯状，上下层的错缝距离不应小于 1m；

9 泵送施工时，出料不得直接冲击地下室外墙和支护结构；

10 固化土坍落度小于 150mm 时，填筑后应进行振捣；

11 固化土填筑应做好施工记录，施工表格包括填筑申请表、填筑记录、隐蔽工程验收记录、质量验收记录，记录格式可采用本标准附录 A~附录 D。

4.3.4 固化土的养护应符合下列规定：

1 每一层填筑完或顶层填筑完后，应对固化土进行养护；

2 固化土的养护可采用浇水或覆盖保湿，采用塑料薄膜覆盖养护时，固化土表面应覆盖严实，并保持膜内有凝结水；

3 顶层固化土养护时间不得少于 7d。

5 质量检验与验收

5.1 原材料质量检验

- 5.1.1 固化剂进场时，应有验收合格文件，外加剂还应具有使用说明书。
- 5.1.2 原材料进场时应进行检验，检验样品应随机抽取。
- 5.1.3 原材料的检验批次应符合下列规定：
- 1 固化剂应按每 500t 为一个检验批，当不足上述数量时，按一批进行检验；
 - 2 拌合用水应按同一水源不少于 1 个检验批；
 - 3 拌合用土料应按每 10000m³为 1 个检验批；
 - 4 每个检验批不应少于 3 组试样。
- 5.1.4 原材料的要求和检验方法应符合本标准第 3.2 节的规定。

5.2 拌合性能检验

- 5.2.1 拌合性能应满足设计要求。
- 5.2.2 拌合性能检验应在拌合地点和填筑地点分别进行，若采用现场拌合可只进行一次检验。
- 5.2.3 一个检验批的样本容量应为连续的 3 组试件。
- 5.2.4 固化土拌合物坍落度和扩展度的检验应符合下列规定：
- 1 坍落度和扩展度的检验按每拌合 200m³ 取样不得少于 1 批次，每工作班拌制不足 200m³ 时，取样不得少于 1 批次，且每段、每一层取样不得少于 1 批次；
 - 2 坍落度和扩展度指标应符合本标准第 3.3 节的规定；
 - 3 固化土坍落度和扩展度的测定方法可按现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的有关规

定执行。

5.3 硬化性能检验

5.3.1 固化土硬化性能指标应符合设计要求，硬化性能指标应包括抗压强度、渗透系数等。

5.3.2 固化土立方体抗压强度可采用留置同条件试块进行抗压强度试验，也可现场取芯进行强度试验。

5.3.3 固化土抗压强度评价指标可采用试块最低抗压强度，且应符合本标准设计要求。

5.3.4 固化土立方体抗压强度试验的试件留置数量应符合下列规定：

1 同一配合比连续填筑少于或等于 400m^3 时，每 200m^3 制取一组试件；

2 同一配合比连续填筑大于 400m^3 时，每 400m^3 制取一组试件。

5.3.5 固化土立方体抗压强度试验的检验方法可按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的有关规定执行。

5.3.6 抗水渗透试验时，同一配合比的试样留置数量不应少于 6 组。

5.3.7 固化土的抗水渗透试验可按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的有关规定执行。

5.3.8 当留置试块抗压强度不合格时，应增加现场取芯，并以取芯试验强度作为最终固化土强度评判依据。

5.4 施工质量验收

5.4.1 固化土的施工质量验收应符合下列规定：

1 原材料、成品应具有完整的检验资料。

2 填筑应按本标准规定进行质量控制，各工序完毕后应进行自检，并形成文件。

3 质量验收资料应包括下列内容：

- 1) 固化剂出厂质量证明文件和复试检测报告；
- 2) 固化土的配合比；
- 3) 固化土填筑申请表；
- 4) 固化土填筑记录；
- 5) 隐蔽工程验收记录；
- 6) 强度检测报告；
- 7) 施工照片；
- 8) 质量验收记录。

5.4.2 检验批应符合下列规定：

- 1 主控项目的质量检验应全部合格；
- 2 一般项目检验的合格率应达到 80% 以上，且有指标要求的项目其不合格点的最大偏差值不应大于规定允许偏差值的 1.5 倍；
- 3 施工质量检查记录应完整。

5.4.3 当工程质量验收不合格时，施工单位应进行缺陷修补或返工，并重新进行质量检验与验收。

附录 A 固化土填筑申请表

表 A 固化土填筑申请表

固化土填筑申请书		资料编号	
工程名称		申请填筑时间	年 月 日
申请填筑部位		申请方量 (m ³)	
技术要求		强度等级	
搅拌方式 (搅拌站名称)		申请人	
依据：施工图纸（施工图纸号 _____）、 设计变更/洽商（编号 _____）及有关规范、规程。			
施工准备检查		专业工长（质量员）签字	备注
1. 隐检情况： <input type="checkbox"/> 已检 <input type="checkbox"/> 未完成隐检			
2. 模板检验批： <input type="checkbox"/> 已检 <input type="checkbox"/> 未完成验收			
3. 水电预埋情况： <input type="checkbox"/> 已检 <input type="checkbox"/> 未完成并未经检查			
4. 施工组织情况： <input type="checkbox"/> 已检 <input type="checkbox"/> 未完备			
5. 机械设备准备情况： <input type="checkbox"/> 已检 <input type="checkbox"/> 未准备			
6. 保温及有关准备： <input type="checkbox"/> 已检 <input type="checkbox"/> 未准备			
审批意见： 审批结论： <input type="checkbox"/> 同意填筑 <input type="checkbox"/> 整改后自行填筑 <input type="checkbox"/> 不同意，整改后重新申请 审批人： _____ 审批日期： 年 月 日 施工单位名称： _____			

注：1 本表由施工单位填写。

2 “技术要求”栏应依据固化土合同的具体要求填写。

附录 B 固化土填筑记录

表 B 固化土填筑记录

固化土填筑记录					资料编号			
工程名称								
施工单位								
填筑部位						设计强度		
填筑开始时间		年 月 日 时			填筑完成时间		年 月 日 时	
天气情况		室外气温 (℃)			固化土完成 数量 (m ³)			
固化土来源	预拌 固化土	生产厂家				供料强度		
		运输单编号						
	自拌固化土 开盘鉴定编号							
实测坍落度 (扩展度) (mm)		开盘温度 (℃)			入模温度 (℃)			
试件留置种类、数量、编号								
固化土填筑中 出现的问题 及处理情况								
施工负责人					填表人			

注：本表由施工单位填写。

附录 C 隐蔽工程验收记录

表 C 隐蔽工程验收记录

隐蔽工程验收记录		资料编号			
工程名称					
隐检项目		隐检日期	年	月	日
隐检部位	/				
隐检依据：施工图图号_____，设计变更/洽商（编号_____ / _____）及有关国家现行标准等。 主要材料名称及规格/型号：_____。					
隐检内容： 影像资料的部位、数量：					
					申报人：
检查意见： 检查结论： <input type="checkbox"/> 同意隐蔽 <input type="checkbox"/> 不同意，修改后进行复查					
复查结论：					
复查人：			复查日期： 年 月 日		
签 字 栏	施工单位		专业技术 负责人	专业质检员	专业工长
	监理(建设)单位			专业监理工程师	

注：本表由施工单位填写，并附影像资料。

附录 D 固化土质量验收记录

表 D.1 固化土质量验收记录（一）

固化土检验批质量验收记录（一）			资料编号		
单位工程名称				分部工程名称	
分项工程名称				验收部位	
施工单位				项目经理	
分包单位				分包项目经理	
施工执行标准名称及编号					
施工质量验收标准的规定			施工单位检查记录		监理（建设）单位验收记录
主控项目	1	土			
	2	固化剂			
	3	水			
	4	配合比			
施工单位检查结果			专业工长 （施工员）		施工组长
			项目专业质量检查员： 年 月 日		
监理（建设）单位验收结论			专业监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人）： 年 月 日		

注：本表由施工单位写。

表 D.2 固化土质量验收记录 (二)

固化土检验批质量验收记录 (二)			资料编号		
单位工程名称			分部工程名称		
分项工程名称			验收部位		
施工单位			项目经理		
分包单位			分包项目经理		
施工执行标准名称及编号					
施工质量验收标准的规定			施工单位 检查记录		监理 (建设) 单位 验收记录
主控项目	1	固化土强度			
	2	固化土养护			
一般项目	1	填筑方式			
	2	固化土坍落度 (扩展度)			
	3	每盘称重偏差			
施工单位检查结果			专业工长 (施工员)		施工组长
			项目专业质量检查员:		
监理 (建设) 单位 验收结论			专业监理工程师: (建设单位项目专业技术负责人):		

注: 本表由施工单位填写。

用词说明

为便于在执行本标准条文时区别对待，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”。

引用标准名录

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准，不注日期的，其最新版本适用于本标准。

《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080

《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081

《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082

《土工试验方法标准》GB/T 50123

《混凝土质量控制标准》GB 50164

《建筑材料放射性核素限量》GB 6566

《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌机》GB/T 9142

《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171

《混凝土用水标准》JGJ 63

《软土固化剂》CJ/T 526

中国工程建设标准化协会标准

预拌流态固化土填筑技术标准

T/CECS 1037 - 2022

条文说明

制定说明

本标准制定过程中，编制组针对预拌流态固化土材料、配合比设计、拌合和浇筑进行了广泛深入的调查研究，总结了我国肥槽回填技术的工程实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，研发了预拌流态固化土的拌合工艺和设备、制定了关于预拌流态固化土填筑技术的设计、施工及验收的相关条文。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条款规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明。对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。

本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	(25)
2	术语和符号	(26)
2.1	术语	(26)
3	设计	(28)
3.1	一般规定	(28)
3.2	材料	(30)
3.3	配合比设计	(30)
4	施工	(32)
4.1	一般规定	(32)
4.2	固化土制备	(32)
4.3	固化土填筑与养护	(33)
5	质量检验与验收	(34)
5.2	拌合性能检验	(34)
5.3	硬化性能检验	(34)

1 总 则

1.0.2 本标准适用建设工程预拌流态固化土回填工程的设计、施工和验收，也可适用于采空区、房心区、管沟路基等其他项目的固化土回填。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 预拌流态固化土是将固化剂、外加剂和水按一定比例混合拌匀后，再与土料按一定比例拌合，形成具有一定流动性，且凝固后能达到一定强度的混合物。固化土硬化强度一般可达到 0.4MPa~10MPa，作为肥槽回填的固化土强度一般为 0.4MPa~1.0MPa，高强度固化土可施工复合地基或劲性复合桩等。固化土设计指标应考虑原料土、后期用途、施工设备等因素综合确定，当用于肥槽回填时，需要较强流动性，应采用较大扩展度。当用于换填时，由于可以振捣，因此不太关注其扩展度，更多控制坍落度和强度。

2.1.2 固化剂是一种水硬性胶凝材料，与土颗粒、水一起拌合后，通过固化剂的水化反应，拌合物可以达到一定的强度。固化剂可以是水泥，也可以是水泥与其他材料的混合物。固化剂是以 CaO、活性 Al_2O_3 和 SiO_2 为主要成分，其选用应符合技术环保、造价经济的原则，同时还应根据土颗粒级配、土性、含水量和施工要求等因素综合确定。

2.1.6 配合比是指固化土各种原料的质量比，配合比对施工质量有较大影响，因此在固化土填筑前，应根据设计的技术指标进行配合比试验，在满足固化土材料要求性能的条件下选择经济性最好的配合比进行设计和施工。实际施工过程中，当实际所用的土与试验所用的土物理指标不同时，应考虑对配合比的影响进行换算。

2.1.9 传统肥槽回填为保证回填的密实度，其控制指标为压实系数，由于固化土为非散体材料，无法用该指标进行控制。传统

肥槽回填控制密实度的目的，一方面是确保回填材料不至于下沉，另一方面是确保对地下室外墙提供一定的侧向约束以抵抗水平力，若固化土强度达到一定要求，也能起到相同的效果，故采用立方体抗压强度对固化土的填筑进行技术控制。

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 预拌流态固化土壤筑技术是 2016 年北京波森特岩土工程有限公司针对北京行政副中心管廊肥槽回填而研发的创新技术，由于其显著的经济效益和社会效益，迅速在工程中被采用，目前推广地区包括北京、四川、陕西、山东、广东、湖北、海南、黑龙江、江苏等地，工程案例 150 多项，涵盖房建、市政、交通等领域，累计完成土方量超过 200 万 m^3 。表 1 为全国部分典型固化土肥槽回填的工程。

表 1 全国部分典型固化土肥槽回填的工程

序号	项目名称	工程量 (万 m^3)	施工时间 (年)
1	北京行政副中心管廊	13	2017~2020
2	首都大酒店	0.4	2017
3	中国第一历史档案馆迁建项目	1.2	2018
4	北京新机场永兴综合管廊	2.5	2018
5	昌平泰禾南部镇 0303-07 地块	0.8	2018
6	北京会展国际港	0.8	2018
7	清华土木馆	0.8	2018
8	西安幸福林地铁	0.3	2018
9	成都天府机场	3.2	2018
10	环球影城公园	4.5	2019
11	石景山大悦城项目	2.2	2019
12	朝阳区东坝国际商业中心	1.2	2019~2021

续表 1

序号	项目名称	工程量 (万 m ³)	施工时间 (年)
13	丰台区科技园区东区三期 1516-51 号地块项目	2.3	2019
14	通州友谊医院	0.9	2019
15	中船科研楼	1.3	2019
16	北京朝阳医院	1.1	2019
17	苏州阳澄西隧道项目	5.0	2020
18	首都医科大学附属世纪坛医院项目	0.7	2020
19	北京地铁 16 号线 15 合同段	0.7	2020
20	大兴智能安保项目	1.4	2020
21	深圳新华医院	0.9	2020
22	深圳罗湖“二线插花地”棚户区改造	0.9	2020
23	北京歌剧院项目	0.6	2020
24	河北涿州松林店经开区云制造小镇	2.5	2021
25	北京雕塑园项目	1.2	2021

3.1.2 固化土设计前应对当地的拌合土料和固化剂进行调研，能消纳现场开挖土料的应尽量利用现场土料，避免土料外运，不能现场拌合的应尽量选择在附近的废弃土料场地拌合，消纳废弃土。固化剂应尽量利用本地的矿物废料，做到绿色环保。

3.1.3 固化土作为回填材料，当用于结构的受力部位或作为地基处理时对固化土有具体强度要求，但作为肥槽回填时，一般对承载力没有具体要求，主要是具有一定承载力避免塌陷，具有一定的防渗即可。固化土的强度与承载力有一定的对应关系，因此设计时主要用立方体抗压强度进行控制。

3.1.4 当没有具体强度要求时固化土强度一般不小于 0.4MPa，但作为回填的固化土强度也不宜过大，一般不超过 1.2MPa，否则后期检修管道需要凿开，施工较为困难。固化土填筑采用分层

填筑，当固化土呈流态和硬化后对周围侧壁的侧压力是不同的，考虑施工过程的影响，有时也会对特定龄期有强度要求，比如 3d 强度或 7d 强度，但一般工程验收仍采用 28d 龄期强度。

3.2 材 料

3.2.1 固化土施工土料优先采用现场开挖土、工程渣土或建筑垃圾再生料，不能采用膨胀土、污染土、盐渍土。开挖土料包括素填土、黏性土、粉土、砂土或混合土，其土颗粒大小本身对固化土的强度性能影响不大，但对流动性等有一定的影响，过去由于受设备影响，土颗粒的最大粒径不宜超过 5cm，随着拌合设备的不断改进，对粒径的要求没有那么严格，只要与拌合设备相匹配即可。为保证固化土的质量稳定性，土中有机质的含量不得超过 5%，否则影响其耐久性。固化土强度与土性、粒径级配有一定的关系，为达到设计要求的强度，当采用软土料作为原材料拌合时可加入一定比例的砂或碎石。

3.2.2 固化剂的主要成分是以 CaO 、活性 Al_2O_3 和 SiO_2 为主要成分的无机水硬性胶凝材料。固化剂可单独使用水泥，也可掺入粉煤灰、工业矿渣粉以及激发剂、晶化诱导剂、分散剂、表面活性剂、吸附剂、微膨胀剂中的一种或数种材料，以改善拌合物的颗粒级配，激发水化反应，提高强度，但其物理和工艺指标等应满足相关标准和工程的要求。

3.3 配合比设计

3.3.1 固化土目前可作为空洞、肥槽和房心回填，也可作为路基的回填。其应用类别不同，对固化土的指标要求也不同，施工条件不同，对固化土的指标包括坍落度和扩展度的要求也不同。故固化土的设计指标应根据实际工程综合确定。肥槽和采空区填筑受场地限制，宜采用流动性大的固化土，扩展度控制应大于 300mm，强度大于 0.4MPa。换填施工不受场地限制，施工较为

方便，可选用较低的坍落度，可控制为 80mm~150mm，但须进行施工振捣。

固化土配合比设计前应确定相关的设计指标和施工指标，包括强度、坍落度、扩展度等，有防渗要求的还应确定相关指标，并进行相关试验。考虑到现场条件和试验条件的不同，试验配合比控制强度应比实际设计强度大，一般试验控制强度为设计强度的 1.1 倍~1.2 倍。

3.3.2 固化土作为肥槽填筑的材料，除了强度要求外，一般都有防渗要求。这是因为肥槽回填项目一般都是高层，地下室有一定埋深，如固化土渗透系数太大，当地下水通过固化土渗入肥槽，可能增加地下室的浮力，给建筑物安全带来隐患。固化土渗透系数一般不大于 5×10^{-7} cm/s，通州管廊固化土变水头试验结果为固化土的渗透系数可达 2×10^{-7} cm/s，具有良好的防渗效果。

3.3.5 固化土中固化剂的掺合量是影响固化土最终强度的最重要指标。掺合量越大，其强度也就越大。目前固化土在实际应用中，填筑的强度要求一般为 0.4MPa~5.0MPa，根据工程经验，满足该强度的固化土其固化剂的掺入比一般为 7%~25%。没有经验的地区，可以根据设计要求的强度，选用适合的掺合量。

3.3.11 固化土配合比试验一般都会根据基准配合比进行适当参数调整，进行多个配合比试验，当强度和指标不合格时调整参数继续进行试验，为最终选择技术可行、参数满足要求且造价经济的配合比提供参考。

4 施 工

4.1 一 般 规 定

4.1.1 施工前应根据工程需要进行施工现场的调研和施工准备，包括土料的来源、材料的运输、设备的布置等，采用外部集中拌合再运输到现场填筑的，应了解固化土的运输路线、填筑方案，同时还应进行施工的安全评估。

4.1.2 施工前应编制详细的施工方案，包括施工平面布置、配合比和施工顺序等，还应包括评估或验算填筑固化土对围护结构和主体结构的影响，确定关键的施工参数。

4.2 固 化 土 制 备

4.2.1 固化土拌合站分为筛分、浆液制备和固化土制备 3 部分，共包括以下几个系统：

1) 固化剂各组分存储输送及计量系统。本系统主要完成固化剂各组分的存储、输送及计量。将固化剂输送至浆液搅拌机，输送采用螺旋机，计量控制采用电子秤。

2) 水输送及计量系统。拌合水输送采用清水泵，采用流量计计量。

3) 浆液拌合及输送计量系统。本系统将投入固化剂及水拌合成固化剂浆液，原材料多为细粉颗粒，搅拌设备应具有密闭性。固化剂浆液采用电磁流量计计量，按照配合比拌合后输送到固化土搅拌机。

4) 土输送及计量系统。本系统包括配料机及输送带，将土送至固化土搅拌机。计量控制采用电子称重计量。

5) 固化土拌合系统。本系统利用专用固化土搅拌机，将投

入的固化剂浆液和土拌合成指标满足设计要求的固化土。

4.2.4 固化土拌合可分为两步：先将固化剂、外加剂与一定的水拌合成浆液，再将固化剂浆液与土进行混合料拌合。固化土的制备工艺流程如图 1 所示。

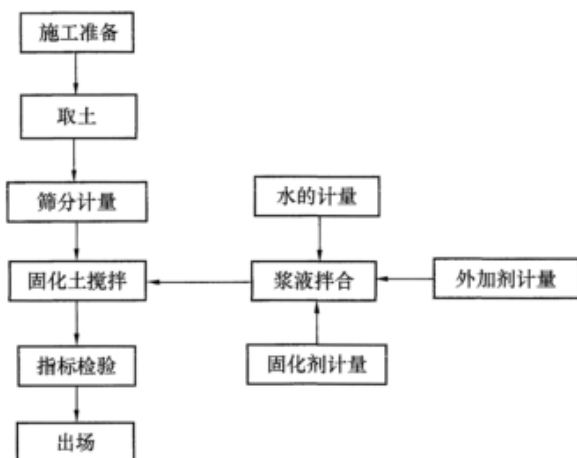


图 1 固化土的制备工艺流程

4.3 固化土填筑与养护

4.3.3 固化土用于肥槽回填或管线回填，初凝前没有强度，流态的固化土会对侧壁产生一定的压力，因此应分层分片进行填筑，避免侧向压力过大对结构的危害。结合北京市通州行政副中心管廊项目，采用 Midas 软件进行数值模拟计算，进行了不同单次回填厚度的模拟计算，回填高度包括 0.1m、0.5m、1.0m、1.5m，回填时间分别为填筑后 3d、7d 和 14d，模拟计算出各种工况下固化土对侧壁的压力和侧壁的变形影响。单次回填高度为 1.5m 时，结构非常安全，结合现有常规建筑外墙尺寸模拟计算和工程经验，最终确定每次填筑厚度不宜大于 2m，相邻片区填筑高差不宜大于 1m。

5 质量检验与验收

5.2 拌合性能检验

5.2.1 拌合性能包括坍落度和扩展度。

5.3 硬化性能检验

5.3.2 固化土留置试块的强度与施工现场固化土的强度有一定的差异，但由于肥槽回填位置场地狭窄，现场取芯较为困难，因此本标准规定以留置试块强度作为验收强度，有条件也可以采用原位取芯进行试验。

5.3.3 固化土通常采用开挖的地基土作为施工原材料，本身土料就存在一定的离散性，因此在配比一定的情况下，固化土强度必然存在一定的离散性。由于本标准的固化土主要用于肥槽回填，并非建筑的主要受力构件，当最低强度满足要求时，强度离散对肥槽受力没有太大影响，因此对于固化土强度试验的评判，以最低强度满足设计要求即可，对强度离散性限值不作规定。