

UDC



团 体 标 准

P

T/BGEA001 – 2018

预拌流态固化土(PFSS)填筑工程 技术标准

Technical Standard for Backfilling Project by Using Premixed
Fluidized Solidified Soil

(征求意见稿)

2018 – XX – XX发布

2018 – XX – XX实施

北京岩土工程协会发布

团体标准

预拌流态固化土（PFSS）填筑工程技术标准 Technical Standard for Backfilling Project by Using Premixed Fluidized Solidified Soil

T/BGEA 001 -2018

主编部门：北京岩土工程协会

北京波森特岩土工程有限公司

批准部门：北京岩土工程协会

施行日期：2018年XX月XX日

XX 出版

2018 北京

前 言

本标准是北京岩土工程协会团体标准。

为加强预拌流态固化土填筑工程技术在建筑工程中的应用，加强施工管理、保证施工质量和验收，由北京岩土工程协会主持组织北京波森特岩土工程有限公司、北京市政建设集团有限责任公司等单位，共同编制完成了《预拌流态固化土填筑工程技术标准》。

本标准的编制依据国家、行业和地方有关标准和规范，结合填筑工程的特点和实际，坚持了验评分离、强化验收、完善手段、过程控制的指导思想，广泛征求了有关单位和专家的意见。

本标准共分 7 章和 3 个附录，主要技术内容包括：1 总则；2 术语、符号；3 基本规定；4 材料及性能；5 设计；6 配合比设计；7 固化土施工；8 质量检验与验收；附录 A 固化剂净浆流动度的测定方法；附录 B 固化土立方体抗压强度测试方法；附录 C 工程质量检验验收用表。

本协会提请注意，使用本标准时，如涉及“一种预拌高强度固化剂土（专利号：201610314044.0）、一种地面固化剂土搅拌机（专利号：201620481291.5）一种预拌流态可固化土搅拌机（专利号：201710332607.3）、一种预拌流态可固化土搅拌机（专利号：201720524837.5）、一种制备可固化土的成套设备（专利号：201710382908.7）、一种制备可固化土的成套设备（专利号 201720597657.X）”等相关专利，应按国家有关规定，与有效专利权人协商解决。

本标准由北京岩土工程协会负责管理和条文的解释。

本标准主编单位：北京岩土工程协会

北京波森特岩土工程有限公司

本标准参编单位：北京市政建设集团有限责任公司

北京城市副中心投资建设集团

中国建筑科学研究院有限公司

北京建材地质工程有限公司

北京城建科技促进会

北京交通大学

北京华城建设监理有限责任公司

本标准主要起草人员： 沈小克 王继忠 周与诚 孔 恒 高文生
何世鸣 杨启安 牛大伟 刘旭东 张旭光
王文正 周永祥 黄明利 徐 彤 藺忠彦
王光亮 郭跃龙 朱来东 岳 嘉 赵 欣
吴 洋

本标准主要审查人员：

目 次

前 言	3
1 总 则.....	6
2 术语、符号.....	7
2.1 术语.....	7
2.2 符号.....	7
3 基本规定.....	9
4 材料及性能.....	9
4.1 原材料.....	9
4.2 PFSS 性能.....	10
5 设 计.....	11
5.1 一般规定.....	11
5.2 性能设计.....	11
6 施工配合比.....	13
6.1 一般规定.....	13
6.2 配合比计算.....	13
6.3 配合比试验和确定.....	15
7 PFSS 施工.....	16
7.1 施工准备.....	16
7.2 PFSS 制备.....	16
7.3 PFSS 浇筑.....	18
7.4 养 护.....	18
8 质量检验与验收.....	19
8.1 一般规定.....	19
8.2 质量检验.....	19
8.3 质量验收.....	21
附录 A 固化剂净浆流动度的测定方法.....	23
附录 B PFSS 立方体抗压强度测试方法.....	24
附录 C 工程质量检验验收用表.....	25
附表 C.0.1 PFSS 浇筑记录.....	25
附表 C.0.2 PFSS 浇灌申请书.....	26
附表 C.0.3 隐蔽工程验收记录.....	27
附表 C.0.4 PFSS 质量验收记录（一）.....	28
附表 C.0.5 PFSS 质量验收记录（二）.....	29
本标准用词说明.....	30
引用标准.....	31
条文说明.....	32

1 总 则

1.0.1 为规范预拌流态固化土的设计、生产与施工，统一质量验收标准，做到安全适用、确保质量、技术先进、经济合理、绿色环保，制订本标准。

1.0.2 本标准适用于预拌流态固化土填筑工程的设计、施工及验收，也可适用于采空区回填工程。

1.0.3 预拌流态固化土填筑工程的设计、施工及验收，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 预拌流态固化土 premixed fluidized consolidated soil

由土、固化剂、外加剂和水按一定配比进入专用搅拌机拌合均匀，形成具有一定强度，达到一定流动性的混合物，简称“PFSS”。

2.1.2 固化剂 solidified agent

以 CaO、活性 Al_2O_3 和 SiO_2 为主要成份的无机水硬性胶凝材料，其与土拌合后，通过固化剂各组分之间以及与土颗粒之间的物理、化学反应，可显著改善土的物理力学性质，达到设计要求。

2.1.3 固化剂掺入比 mixing ratio of PFSS

固化剂质量与土质量之比，以百分数表示。

2.1.4 配合比 mixing proportion

满足设计要求的 PFSS 拌合物中各种原材料的质量比。

2.1.5 PFSS 配比设计 design of mixing proportion

PFSS 中各原材料的质量比例的设计。

2.1.6 坍落度 mixture slump

测试 PFSS 拌合物流动性的控制指标，指将 PFSS 拌合物注入混凝土坍落度筒，测试拌合物在自重作用下的坍落高度。

2.1.7 无侧限抗压强度 unconfined compressive strength

PFSS 立方体试块在无侧限压力条件下，抵抗轴向应力的最大值。

2.1.8 PFSS 强度等级 strength grade of premixed solidified soil

根据 PFSS 立方体抗压强度标准值确定的等级，用 S 表示。

· 2.2 符号

α ——固化剂掺入比(%)；

m_0 ——试验用土料的质量(kg)；

- m_c ——固化剂的质量(kg);
- ω ——土的天然含水量(%);
- w_0 ——试验用土料的含水量(%);
- m_w ——拌合用水的质量(kg);
- μ ——固化剂浆液水灰比;
- m_a ——外加剂的质量(kg);
- α_a ——外加剂的掺量百分比(%);
- γ ——PFSS 重度 (kN/m^3);

3 基本规定

3.0.1 预拌流态固化土的填筑工程应包括以下步骤：

1. 技术可行性的调查分析；
2. 材料的选用和检测；
3. 固化土的配比设计；
4. 固化土的施工；
5. 固化土的检测和验收。

3.0.2 预拌流态固化土施工前应进行原材料的性能、安全性的检测。对于特殊的重要建筑，其基坑肥槽的回填，应进行材料污染性和放射性的检测。

3.0.3 预拌流态固化土施工前应结合项目制定施工方案，经建设方、监理方确认后，方可施工。

3.0.4 整个固化土填筑全过程施工应保存完整的记录和试验报告。

3.0.5 固化土的质量检测应包括：原材料检测、固化土检测、施工检测。

4 材料及性能

4.1 原材料

4.1.1 土料

土料宜采用现场开挖的淤泥、淤泥质土、黏土、粉土、砂土或混合土等，其他粗颗粒的土料经过试验可行时也可采用。土料的有机质量含量不得超过 5%，所含粗粒最大粒径不超过 5cm，未经处理的污染土不得作为 PFSS 的原材料。

当采用固化剂能有效处理土壤中的污染物并满足工程设计和环保要求时，污染土也可作为土料来源之一，但应进行严格的试验验证与施工控制。

4.1.2 固化剂

固化剂成品的性能应满足下列要求：

1. 物理指标应满足表 4.1.2-1 的规定

表 4.1.2-1 固化剂物理指标要求

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

2. 工艺指标应符合表 4.1.2-2 的规定。当施工时，如从搅拌到浇筑时间不超过 1h，净浆流动度可不作要求。

表 4.1.2-2 固化剂工艺指标要求

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

3. 固化剂应满足 PFSS 抗压强度和浇筑施工要求。

4.1.3 拌合用水宜符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63 的规定。当采用其他生产用水时应进行试验验证。

4.2 PFSS 性能

4.2.1 PFSS 强度等级按抗压强度大小划分，每一级固化土强度应满足表 4.2.1 的要求。

表 4.2.1 PFSS 强度等级要求

强度等级	抗压强度要求 (MPa)	
	每组 (3个组件) 平均值	极差
S0.4	0.40	不大于 20%
S0.6	0.60	
S0.8	0.80	
S1.0	1.00	
S1.2	1.20	
S1.5	1.50	
S2.0	2.00	
S2.5	2.50	
S5.0	5.00	

4.2.2 PFSS 的和易性应采用坍落度和扩展度控制，其坍落度和扩展度应满足工程设计和施工要求。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 设计项目应包括材料选择、配比、龄期要求、强度要求、填筑要求。

5.1.2 PFSS 强度应满足设计要求，当没有明确设计要求时，PFSS 强度等级一般不小于 PS0.5。

5.1.3 设计时可根据填筑工程的特点和要求，确定与龄期相关的强度要求作为施工和验收的标准。无明确要求时可采用 28d 龄期的强度。

5.2 性能设计

5.2.1 PFSS 的设计性能指标应满足表 5.2.1:

表 5.2.1 PFSS 的设计性能指标

应用类别		最小强度		坍落度(mm)	扩展度(mm)
路基 回填	路基下深度(m)	a类	b类	80-150	/
	0.0~0.8	PS0.8	PS0.6		
	0.8~1.5	PS0.5	PS0.4		
	>1.5	PS0.4			
空洞、肥槽回填		根据工程需要确定，且不小于 0.5MPa		>150	>400

注：1.表中 a 为城市快速路、高速路、一级路、主干路；b 为其他等级公路；

2.PFSS 坍落度和扩展度的测定方法参照国家标准《普通混凝土拌合物试验方法标准》GB/T 50080 执行。

5.2.2 PFSS 回填的设计应满足如下规定：

1. PFSS 拌合物的固化剂掺和量宜为 7%~25%，强度要求高时选大值，强度要求低时选小值。

2. PFSS 的坍落度不宜小于 80mm，根据工程施工需要，当流动性要求大时选高值，流动性要求小时选小值。狭窄空间或采用不振捣施工时，还应要求扩展度不低于 400mm。施工中应根据工程需要和施工条件选择合适的坍落度和扩展度。

3. PFSS 作为肥槽回填时，应采用强度为控制指标，其强度不得小于 PS0.5，渗透系数应小于 2×10^{-6} cm/s。渗透系数的测试按国家行业标准《建筑砂浆基本

性能试验方法标准》JGJ/T70 执行。

4. 当 PFSS 作为空洞回填及管沟回填时，应考虑后期回填地基的使用情况综合确定其强度设计值，没有强度要求时，不小于 PS0.4。

5. PFSS 的坍落度参照本规程表 4.2.1-1 执行。

6. 特殊地区的 PFSS 回填时，PFSS 指标可根据实际工程要求确定。

6 施工配合比

6.1 一般规定

6.1.1 PFSS 配合比的确定应按下列步骤进行：

1. 确定固化剂的类型；
2. 确定固化剂掺入比基准值；
3. 通过试拌选取水和固化剂的水灰比；
4. 计算并确定各原材料的试验配合比；
5. 进行配合比试验，确定 PFSS 不同原材料的标准配比。

6.1.2 配合比设计应采用工程实际使用的原材料。试配前，应对原材料进行检验，其中土的检验内容应包括含水量、粒径、有机质的含量等，检验结果应符合本标准第 1.1 条的规定。

6.1.3 PFSS 室内配合比试验应确定以下内容：

1. 根据土的物理和化学性质确定固化剂；
2. 固化剂掺入比和固化剂浆水灰比；
3. PFSS 各材料的配比；
4. PFSS 试块的无侧限抗压强度、重度；
5. PFSS 的坍落度和扩展度。

6.1.4 PFSS 的无侧限抗压强度指标评定宜以 28d 龄期标养试件的无侧限抗压强度为标准，有经验的地区也可以 7d 龄期标养试件的无侧限抗压强度为标准。用于空洞填充、基槽回填或管线回填时，设计可采用 3 天龄期的无侧限抗压强度指标。

6.1.5 试配试块的抗压强度应大于设计抗压强度的 1.05 倍。

6.2 配合比计算

6.2.1 配合比计算前应根据地基的成分和性能指标确定合适的固化剂及固化剂掺入比，固化剂掺入比基准值可按设计要求的固化剂掺入比确定，当无设计要求时，可根据当地经验并结合设计要求的 PFSS 性能指标综合确定。固化剂掺入比宜取 7%~25%，固化土强度等级为 S0.4~S1.5 时取小值，固化土强度等级为

S1.5~S5 时取大值。

固化剂掺入比应按式 (6.2.1) 计算:

$$\alpha = \frac{\text{掺入的固化剂质量 } m_c}{\text{PFCS 所用土料的干质量 } m_d} \times 100\% \quad (6.2.1)$$

式中: α —— 固化剂掺入比;

m_c —— 固化剂的质量 (kg);

m_d —— PFSS 所用土料的干质量

6.2.2 固化剂浆液水灰比应通过试拌, 观察试拌 PFSS 拌合物流动性和最终强度综合确定, 并应保证运输和施工泵送的技术指标。

6.2.3 PFSS 材料的用量应按下列步骤确定:

1. 初步确定试验所需土料的质量 m_0 , 最少不少于 30kg。

2. 依据选定的固化剂掺入比基准值计算掺入的固化剂质量, 掺入的固化剂质量应按式 (6.2.3-1) 计算:

$$m_c = \frac{\alpha m_0}{1 + w_0} \quad (6.2.3-1)$$

式中: m_0 —— 试验用土料的质量 (kg);

m_c —— 固化剂的质量 (kg);

w_0 —— 试验用土料的含水量 (%)。

3. 依据选定的固化剂浆水灰比, 加水量应按式 (6.2.3-2) 计算:

$$m_w = \mu \frac{\alpha}{1 + w_0} m_0 - \frac{w_0}{1 + w_0} m_0 \quad (6.2.3-2)$$

式中: m_w —— 拌合用水的质量 (kg);

μ —— 固化剂浆液水灰比, 根据经验确定。

4. 外加剂的用量应按式 (6.2.3-3) 计算:

$$m_a = \alpha_a \cdot m_c \quad (6.2.3-3)$$

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。

6.2.4 根据土料的质量 m_0 、含水量及计算所得固化剂质量、水质量、外加剂质量，确定 PFSS 的计算配合比。

6.3 配合比试验和确定

6.3.1 配合比试验应在计算配合比的基础上进行。应通过试配，调整计算配合比中各种材料的用量，直到固化土性能满足设计和施工要求。

6.3.2 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。

6.3.3 标准试件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. 严格控制拆模时间和养护环境，避免试块的损坏。

6.3.4 配合比试验应符合下列规定：

1. 应采用不少于 3 种配合比进行试验。当采用 3 种配合比试验时，其中 1 个应为本标准确定的计算配合比，另外 2 种配合比在计算配合比基础上对固化剂用量进行调整，宜分别增加和减少 3%~5%。

2. 每种配比试验时，拌合物坍落度和扩展度应满足施工要求。

3. 每种配合比至少应制作 1 组标准试件，并在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下养护至指定龄期。

4. 试块应进行 7 天或 28 天的强度试验，强度试验方法可参照本标准附录 B 执行。当强度不满足设计要求时，应分析原因，调整配比后重新进行强度试验。

6.3.5 应根据试验结果、PFSS 的施工性能要求、造价，综合确定 PFSS 现场实际配比。

7 PFSS 施工

7.1 施工准备

7.1.1 施工前应根据工程需要进行下列调查：

1. 现场施工条件；
2. 交通运输和环境条件；
3. 工程材料来源、施工机械及主要施工设备的数量和规格。

7.1.2 PFSS 填筑施工前应根据现场条件制定施工方案。施工方案应包括：施工平面布置、PFSS 配比、每层回填深度、施工顺序，还应验算不同的施工顺序对临近建筑和场地的影响。

7.1.3 应按施工方案，组织施工设备进场，并做好设备的安装和调试。

7.1.4 应按原材料使用计划，组织原材料进场，并进行复核检验，满足要求后方可使用。

7.1.5 填筑前应清除肥槽内垃圾、树根等杂物，当有地下水时应分析原因，并将肥槽内的水抽干方可施工。

7.1.6 PFSS 分部浇筑时，模板和支撑的强度、刚度及稳定性应满足受力要求，做好端部封堵。

7.2 PFSS 制备

7.2.1 应根据现场施工场地、施工工期选择合适的搅拌设备。PFSS 施工设备应符合下列规定：

1. 搅拌、浇筑设备的生产能力和设备性能应满足连续作业要求。
2. 搅拌设备应具备固化剂、水及土等材料的计量和拌合的功能。
3. 搅拌设备的计量偏差应符合表 7.2.1 的规定。

表 7.2.1 搅拌设备的允许计量偏差

原材料	计量偏差控制
固化剂、水	± 2%
土	± 3%
外加剂	± 1%

7.2.2 应选择和试验原材料类别和成分相同的土料作为施工土料，当施工土料与

试验土料土性不同时，应重新进行配比试验。

7.2.3 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，进行配合比的现场调整，确定实际施工配比。

7.2.4 PFSS 制备可分为两步：先将固化剂、外加剂与一定的水拌合成浆液，再将固化剂浆液和土、水进行拌合成。PFSS 的制备工艺流程应符合图 7.2.4 的规定。

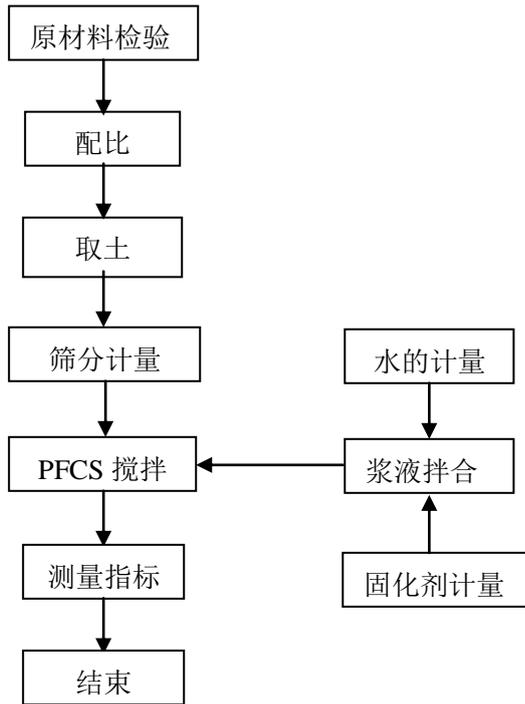


图 7.2.4 PFSS 的搅拌工艺流程

7.2.5 混合料应使用专门机械搅拌并搅拌均匀，搅拌时间不少于 2 分钟。

7.2.6 预拌 PFSS 可采用现场搅拌，或在搅拌站集中搅拌，并通过混凝土罐车运输到现场进行浇筑。

7.2.7 PFSS 的测量指标应包括坍落度和扩展度。当 PFSS 的指标不满足设计要求时，应分析原因，并调整参数重新拌合。

7.2.8 原材料的计量设备应定期进行校准，校准频率为每 3 月一次。

7.3 PFSS 浇筑

7.3.1 浇筑前应根据施工现场的条件确定浇筑的方式，PFSS 可采用泵送或溜槽进行浇筑。

7.3.2 施工中应严格按照施工组织方案中平面布置和材料运输路线施工，当调整平面布置和运输路线时，应分析其对基坑的安全影响。

7.3.3 PFSS 搅拌至浇筑完成的时间不宜超过 3 小时。

7.3.4 PFSS 宜采用分层进行浇筑。每层浇筑的厚度应通过核算，首次浇筑厚度不宜超过 0.5m，每次浇筑高度不宜大于 2m，相邻片区浇筑高差不宜大于 1m。

7.3.5 当浇筑基槽底标高不一致时，应按先深后浅的顺序施工。

7.3.6 大面积地基垫层浇筑施工时，应分段施工，且对称进行，相接处应做成阶梯状，上下层的错缝距离不应小于 1m。

7.3.7 施工中应根据工程所在地的气候环境，确定冬、雨期的起、止时间；冬、雨期施工应加强与气象部门联系，及时掌握气象条件变化，做好防范准备。

浇筑时，遇大雨或持续小雨天气时，应对未硬化的填筑体表层进行覆盖，且不应再开新作业段。

冬期施工冻土数量不得超过土体总体积的 15%，且冻块尺寸不得超过 100mm。

7.3.8 浇筑时，遇大雨或持续小雨，应对未硬化的填筑体表层进行覆盖。

7.3.9 当肥槽回填采用泵送施工时，应考虑泵送对侧墙的冲力，并验算其安全性。

7.3.10 PFSS 填筑应计算理论填筑体积，实际填筑体积与理论计算体积之比不得小于 1.05。

7.4 养护

7.4.1 每一层浇筑完成后，应立即进行覆盖养护，严禁机械行人通过，养护时间根据强度确定。

7.4.2 填筑体顶层浇筑完后，应对填筑体表面覆盖塑料薄膜或土工布保湿养护，养护时间不少于 7 天。

8 质量检验与验收

8.1 一般规定

8.1.1 PFSS 验收的检验批可根据施工需求、质量控制和专业验收的需要，按工程量、施工段、变形缝等进行划分。

8.1.2 PFSS 的质量检验项目应包括表 8.1 的所有项目。

表 8.1 PFSS 的质量检验项目

检验内容	分类	检查项目
材料	主控项目	固化剂
	一般项目	水
		土
PFSS 开盘鉴定	主控项目	资料检验和强度试验
	一般项目	坍落度、扩展度
固化土施工检定	主控项目	强度试验
	一般项目	施工现场条件检验
		养护检验
		标高检验

8.2 质量检验

8.2.1 固化剂的质量检验应符合以下规定：

固化剂进场必须按批次对其品种、级别、包装或散装仓号、出厂日期等进行验收，并对其强度、凝结时间进行试验，其质量应符合本标准 4.1.2 条的规定。当使用中对固化剂质量有怀疑或固化剂出厂日期超过 3 个月时，必须再次进行强度试验，满足要求后方可采用。

检验数量：同一生产厂家、同一批号且连续进场的固化剂，每 500t 为一批进行抽样，当不足上述数量时，按一批进行抽样。施工单位每批抽样不少于 1 次；监理单位平行检验或见证取样检测，抽检次数为施工单位抽检次数的 20%，

但不少 1 次。

检验方法：施工单位应检查固化剂出厂检验报告，并进行强度、凝结时间试验；监理单位检查出厂检验报告、进场检验报告，并对强度、凝结时间进行平行检验或见证取样检测。

8.2.2 施工用水的质量检定应符合以下规定：

PFSS 拌制采用饮用水作为施工用水时，可不检验。当采用其他水源时，水质应符合现行国家标准《混凝土拌和用水标准》 JGJ63 的规定。

检查数量：同一水源检查不应少于 1 次，监理单位见证试验。

检验方法：施工单位委托应具有资质的第三方检测单位进行水质分析试验，监理单位应检查试验报告，并对试验进行见证。

8.2.3 拌和用土应进行含水量、有机质含量和粒径的检测。

检查数量：每 1000m³ 应检查 1 次。

检查方法：应采用烧失法、筛分法测定。

8.2.4 首次使用的 PFSS 配合比，应进行 PFSS 的开盘质量检定，并应符合以下规定：

原材料的检测资料和 PFSS 的强度检测报告应符合设计要求。

检查数量：同一配合比的 PFSS 检查不应少于 1 次。

检验方法：应检查开盘鉴定资料和强度试验报告。

8.2.5 PFSS 拌合物坍落度和流动度应满足设计要求。

检查数量：对同一配合比的 PFSS, 取样应符合下列规定：

1. 每拌合 200 m³时, 取样不得少于 1 次。
2. 每工作班拌制不足 200 m³时, 取样不得少于 1 次。
3. 每段、每一层取样不得少于 1 次。

检验方法：检查坍落度和流动度的抽样检验记录。

8.2.6 PFSS 施工检测应符合以下规定：

PFSS 的施工检测应包括施工记录检测和进行立方体抗压强度试验，其强度应满足设计要求。用于检测 PFSS 强度的试件应在浇筑地点随机抽取。试件采用立方体试模，尺寸为 100mm×100mm×100mm。

检查数量：PFSS 试件留置组数应符合下列规定：

1. 每次填筑取样至少留置一组标准养护试件，同条件养护试件的留置组数根据现场需要确定。

2. 同一配合比连续浇筑少于 400m^3 时，应按每 200m^3 制取一组试件。

3. 同一配合比连续浇筑大于 400m^3 时，应按每 400m^3 制取一组试件。

检查方法：检查施工记录及强度试验报告

8.2.7 肥槽的清理应符合下列规定：

1. 回填前将槽内的杂物、积水清除。

2. 检查数量：全数检查。

3. 检验方法：现场观察。

8.2.8 PFSS 的养护应符合下列规定：

PFSS 浇筑完毕后应及时进行养护，养护时间以及养护方法应符合本标准第 6.4 要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：现场检查。

8.2.9 施工标高检验应符合以下规定：

PFSS 最终填筑完成后，应检查其顶标高，其允许误差为 $\pm 20\text{mm}$ 。

检查数量：每 100m^2 检查 3 点或每 10m 检查 1 点。

检验方法：采用水准仪测标高。

8.3 质量验收

8.3.1 PFSS 的质量验收应符合下列规定：

1. 原材料、成品应按相应质量标准进行检验，检验结果应经监理工程师检查认可。

2. 浇筑应按本标准规定进行质量控制，各工序之间应进行自检，并形成文件。

3. 质量验收资料应包括以下内容：

1) 固化剂出厂质量证明文件和复试检测报告；

2) PFSS 配合比；

3) PFSS 浇筑记录；

- 4) 隐蔽工程验收记录;
- 5) 强度试验报告;
- 6) 试块强度统计、评定记录;
- 7) 施工照片;
- 8) 质量验收记录。

8.3.2 检验批合格质量应符合下列规定:

1. 主控项目的质量检验应全部合格;
2. 一般项目的合格率应达到 80%及以上,且有指标要求的项目其不合格点的最大偏差值不得大于规定允许偏差值的 1.5 倍;
3. 应具有完整的施工质量检查记录。

8.3.3 当工程质量验收不合格时,监理单位应责令施工单位进行缺陷修补或返工,并应重新进行质量检验与验收。

附录 A 固化剂净浆流动度的测定方法

A.1 范围

本附录规定了流动度的测定方法。

A.2 试验材料

A.2.1 水

应符合国家标准《混凝土拌和用水标准》JGJ 63 的技术要求。

A.2.2 固化剂

应符合本文件 3.1 的要求。

A.3 试验仪器

应符合《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346 的规定。

A.4 试验步骤

A.4.1 将玻璃板放置在水平位置，用湿布擦抹玻璃、截锥圆模、搅拌器及搅拌锅，使其表面湿而不带水渍。将截锥圆模放在玻璃板中央，并用湿布覆盖待用。

A.4.2 称取软土固化剂 900g，倒入搅拌锅内，加入 540g 水，搅拌 3min。

A.4.3 将拌好的浆体迅速注入截锥圆模内，用刮刀挂平，将截锥圆模按垂直方向提起，同时开启秒表计时，任浆体在玻璃板上流动，至 30s，用直尺量取流淌部分相互垂直的两个方向直径，取平均值作为浆体初始流动度。

A.4.4 将 A.4.3 中剩余的浆体分两份用保鲜袋密封放入标准养护箱中养护，分别在 30min 和 60min 时取出，搅拌 1min，按 A.4.3 的要求操作，获得 30min 和 60min 时的浆体流动度。

A.5 计算结果精确至 1mm。

附录 B PFSS 立方体抗压强度测试方法

B.1 范围

本附录适用于 PFSS 的无侧限抗压强度的测试。

B.2 试验材料

B.2.1 固化剂

应符合本标准 3.1.2 的要求。

B.2.2 水

应符合本标准 3.1.3 的要求。

B.2.3 土

工程实际用土。应在现场进行土的取样，取样点不少于 3 个，每个取样点不少于 10kg，每个取样点取样时应该从土体的靠近中部取样。取样后应充分混合备用。

B.3 试验设备

应符合现行行业标准《水泥石配合比设计规程》JGJ/T 233 的规定。

B.4 试件制备

B.4.1 固化剂掺量应按照工程使用时的推荐掺量掺入，用水量以 PFSS 拌合物坍落度控制在 $160 \pm 20\text{mm}$ 确定。

B.4.2 试模应采用 $100 \times 100 \times 100\text{mm}^3$ 的模具，试件的搅拌、成型与养护应按现行行业标准《水泥石配合比设计规程》JGJ/T 233 规定的方法执行。

B.5 试验方法

应按现行行业标准《水泥石配合比设计规程》JGJ/T 233 规定的方法执行。

附录 C 工程质量检验验收用表

附表 C. 0. 1 PFSS 浇筑记录

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

本表由施工单位填写。

附表 C. 0. 2 PFSS 浇灌申请书

固化土浇灌申请书		资料编号	
工程名称		申请浇灌时间	年 月 日
申请浇灌部位		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 <input type="checkbox"/> 未完成隐检。			
2、模板检验批： <input type="checkbox"/> 已 <input type="checkbox"/> 未完成验收。			
3、水电预埋情况： <input type="checkbox"/> 已 <input type="checkbox"/> 未完成并未经检查。			
4、施工组织情况： <input type="checkbox"/> 已 <input type="checkbox"/> 未完备。			
5、机械设备准备情况： <input type="checkbox"/> 已 <input type="checkbox"/> 未准备。			
6、保温及有关准备： <input type="checkbox"/> 已 <input type="checkbox"/> 未准备。			
审批意见： 审批结论： <input type="checkbox"/> 同意浇筑 <input type="checkbox"/> 整改后自行浇筑 <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： _____			

1、本表由施工单位填写。

2、“技术要求”栏应依据混凝土合同的具体要求填写。

本标准用词说明

1. 为了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，非这样做不可的用词：

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用词：

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，在条件许可时首先这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2. 标准中指定应按其他有关规程和规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

•

引用标准

《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346

《混凝土用水标准》JGJ 63

《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70

《水泥土配合比设计规程》JGJ/T 233

预拌流态固化土(PFSS)填筑工程 技术标准

条文说明

目 次

1 总 则.....	34
2 术语、符号.....	34
2.1 术 语.....	34
4 材料及性能.....	35
4.1 原材料.....	35
5 设 计.....	35
5.1 一般规定.....	35
5.2 性能设计.....	36
6 施工配合比设计.....	36
6.2 配合比计算.....	36
7 PFSS 施工.....	37
7.1 施工准备.....	37
7.2 PFSS 制备.....	37
7.3 PFSS 浇筑.....	38

1 总 则

1.0.2 本标准适用于北京行政区域内土建项目的基槽回填工程的设计、施工及验收，也适用于类似的市政工程、建筑工程、轨道交通等建设领域的 PFSS 填筑项目的设计、施工及验收。除了可应用于肥槽填筑外，也可适用于采空区、管沟及其他项目的回填。

1.0.3 本规程包括了 PFSS 填筑的设计、施工及验收的相关内容，在 PFSS 的使用过程中除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 PFSS 是由土、固化剂、外加剂和水按一定配比拌和并达到一定性能指标的混合物，PFSS 坍落度为 80mm~220mm，强度可达到 0.4~15MPa，PFSS 设计的强度指标须考虑原料土、后期用途、施工设备等因素综合确定。其坍落度应根据固化剂的种类，并考虑现场施工条件、强度等因素综合确定。

2.1.2 固化剂是一种水硬性胶凝材料，通过固化剂的水化反应，与土颗粒一起形成一定的强度。固化剂是以 CaO、活性 Al_2O_3 和 SiO_2 为主要成份的无机水硬性胶凝材料，不同的项目其采用的固化剂也不相同，固化剂的确定一般根据拌合土的特性和工程性能要求确定，且结合地材，做到技术环保、造价经济的原则。其技术路线为：复合矿物设计+化学激发作用。

2.1.4 在 PFSS 设计和施工前，应根据设计的技术指标进行配比试验，在满足材料基本性能的条件下选择最经济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，应考虑指标对配比的影响进行换算。

4 材料及性能

4.1 原材料

4.1.1 PFSS 施工的原材料土可就近选用，包括素填土、粘性土、粉土、粉细砂、中粗砂和黄土等，其土颗粒大小本身对 PFSS 的强度性能影响不大，但对流动性等有一定的影响，根据目前的施工设备土颗粒的最大粒径不宜超过 5cm，否则设备容易损坏。为保证 PFSS 的稳定性，土中有机质的含量不得超过 5%，为保护自然环境，污染的土不得作为施工拌合原材料。当采用淤泥作为预拌材料时，由于淤泥颗粒较细，为达到设计要求的强度，须加入一定量的砂。

4.1.2 固化剂的作用是和土颗粒发生水化反应，形成一定强度的 PFSS，因此土性不同，强度要求不同，固化剂选用也不同，因此设计前必须根据实际拌合用土和固化土的强度选用合适的固化剂。固化剂的主要成分以 CaO、活性 Al_2O_3 和 SiO_2 为主要成分的无机水硬性胶凝材料。其材料包括包括水泥、粉煤灰和矿渣粉等。水泥为主要的胶凝材料，保证了 PFSS 水化后产生强度，掺入粉煤灰和矿物质其主要目的是改善拌合物的颗粒级配，激发水化反应，提高强度。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.2 PFSS 设计时应根据工程的实际情况，提出不同龄期要求下的强度设计值。一般采用 28d 的强度，特殊情况下可选用 7d 的强度要求。根据强度要求，进行固化剂的选择和 PFSS 的配合比。

5.1.2 PFSS 作为回填材料，当作为结构的受力部位或为后期的地基处理作预先处理时对 PFSS 有具体强度要求，当 PFSS 作为纯回填时，往往没有强度的要求，对于没有强度要求的回填，PFSS 等级一般不小于 PS0.5。

5.2 性能设计

5.2.1 PFSS 目前可作为空洞、肥槽回填，也可作为路基的回填。肥槽回填和空洞回填由于受场地限制，一般采用流动性大的 PFSS，坍落度一般大于 150mm，强度大于 0.4MPa。路基回填不受场地限制，为节省固化剂用量，施工也较为方便，可选用较低的坍落度，一般为 80-150mm。

5.2.2 PFSS 作为采矿坑回填时，由于回填后，后期会有进一步的规划和施工，因此不宜强度过大，否则给后期的施工带来较大的困难。因此规范规定当 PFSS 作为空洞回填及管沟回填时，应考虑后期地基的使用情况综合确定其强度设计值，没有强度要求时，不小于 PS0.4。

6 施工配合比设计

6.2 配合比计算

6.2.1 PFSS 的配合比应通过试配确定，但有经验的地区可结合当地的土性制定针对不同强度的经验配比，表 6.2.1 是基于黏土和粉土在北京行政副中心管廊试验所得不同强度对应的配和比，该地区的项目可参照表 6.2.1 的参考配合比进行试配和设计。

表 6.2.1 参考配合比表 单位：kg

抗压强度 (MPa)	固化剂 (kg)	土 (kg)	水 (kg)	坍落度 (mm)
0.4	108	1530	612	180
0.5	122	1520	608	180
0.6	150	1500	600	180
0.8	205	1460	585	180
2.5	276	1410	564	180
5	332	1370	548	180

7 PFSS 施工

7.1 施工准备

7.1.1 施工前应踏勘施工现场，了解土的来源、材料的运输、设备的布置等，为制定施工方案提供详细准确的信息。

7.1.2 施工前应编制详细的施工方案，为后期的提供提供指导。施工方案包括设备平面布置、配比、每层回填深度、施工顺序等，特殊情况下还应验算灌注 PFSS 对围护结构和主体结构的影响。

7.1.6 由于 PFSS 施工常常采用分段施工，施工前必须进行支模和支撑，为保证施工质量，施工前应验算模板及支撑的强度，满足施工过程中固化土的侧压力要求。

7.2 PFSS 制备

7.2.1 PFSS 施工设备包括 PFSS 搅拌设备和浇筑设备，一般包括：土的计量设备、固化剂浆液搅拌设备和 PFSS 拌合设备，见图 7.2.1。



土的计量设备



固化剂浆液拌合设备



PFSS 拌合设备

图 7.2.1 预拌流态固化土施工设备

PFSS 拌和站包括以下几个系统：

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器采用螺旋机输送，计量控制采用电子秤计量。

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. 浆液拌和及输送计量系统。本系统将投入固化剂及水拌和成固化剂浆液，原材料多为细粉颗粒，搅拌设备应具有密闭性。浆液输送采用运输车输送至现场搅拌站浆桶，固化剂浆液采用电磁流量计计量，并按照配合比投入 PFSS 搅拌器。

4. 土输送及计量系统。本系统采用配料机及输送带将土送至 PFSS 搅拌器。计量控制采用电子称重计量。

5. PFSS 拌和系统。本系统利用专用 PFSS 搅拌器，将投入的固化剂浆液和土拌和成坍落度满足设计要求的 PFSS。

7.2.4-6 PFSS 可以在施工现场搅拌浇筑，也可在施工场地外集中制备，然后再运输到施工现场进行浇筑，PFSS 制备的施工工艺一般分为两步：制备固化剂浆液，再将固化剂浆液与土搅拌器进行拌和成 PFSS。

7.3 PFSS 浇筑

7.3.4 PFSS 用于基槽回填或管线回填时，当为初凝，没有强度时，流态的 PFSS 会对侧壁产生一定的压力，因此应分层分片进行浇筑，且每层浇筑的厚度应通过强度验算，首次浇筑的厚度不超过 0.5m。为了防止对基槽或管线产生较大的侧向推力，浇筑作业应对称进行，且应控制不同部位浇筑的高度差。高差一般不超过 1.0m，经过计算满足强度和稳定性要求时高差可适当增加。