

# DB 3201

南京市地方标准

DB3201/T XXXX-20XX

## 道路工程固废基胶凝材料应用技术规范

Technical specifications for the application of solid waste-based cementitious materials in road engineering

送审稿

发布

实施



# 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 固废基胶凝材料技术要求 .....	2
4.1 固废基胶凝材料性能指标 .....	2
4.2 固废基胶凝材料固化土配合比设计 .....	3
4.3 固废基胶凝材料固化土底基层设计 .....	4
4.4 固废基胶凝材料固化土路基设计 .....	5
4.5 固废基胶凝材料加固道路软土地基设计 .....	6
5 固废基胶凝材料在道路工程建设中施工要求 .....	7
5.1 底基层施工 .....	7
5.2 路基施工要求 .....	9
5.3 软土地基加固施工要求 .....	9
6 检验与验收 .....	10
6.1 一般规定 .....	10
6.2 主控项目 .....	10
6.3 一般项目 .....	12
附录 A（规范性）浆体流动度的测试 .....	13

## 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。

本文件由南京市城乡建设委员会提出并归口。

本文件起草单位：南京工业大学、生态环境部南京环境科学研究所、南京中扬富科新材料有限公司、宝武环科南京资源利用有限公司、连云港港口控股集团有限公司、南京工大宏博新材料技术有限公司、上海梅山钢铁股份有限公司、中交上海航道勘察设计研究院有限公司、中交第三航务工程局有限公司、江苏环保产业股份有限公司。

本文件主要起草人：华苏东、周峰、张亚男、马兵、顾家慧、何波、周圆媛、付怀合、杨锋、于宝成、周伟、刘全、胡晓军、卢安全、陶明锟、华新生、高飞、毕海昕、关成、米记伟、顾增欢、崔勇涛、李文、侯海青、徐进贤、梁玉龙、陈雅荃。

# 道路工程固废基胶凝材料应用技术规范

## 1 范围

本文件规定了道路工程固废基胶凝材料应用的相关技术要求。

本文件适用于使用固废基胶凝材料道路的底基层、路基、地基等工程应用设计、施工及验收。

## 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/T 1345 水泥细度检验方法 筛析法
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- GB/T 8077 混凝土外加剂匀质性试验方法
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- DB32/T 2283 公路工程水泥搅拌桩成桩质量检测规程
- CJJ 1 城镇道路工程施工与质量验收规范
- CJJ 169 城镇道路路面设计规范
- HJ 1091 固体废物再生利用污染防治技术导则
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JGJ 79 建筑地基处理技术规范
- JGJ 106 建筑基桩检测技术规范
- JGJ/T 233 水泥石配合比设计规程
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG/T D31 公路软土地基路堤设计与施工技术细则
- JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
- JTG D50 公路沥青路面设计规范
- JTG F20 公路路面基层施工技术细则
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG 3430 公路土工试验规程
- JTG 3441 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
- JTG/T 3610 公路路基施工技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**固废基胶凝材料** solid waste-based cementitious materials

以粒化高炉矿渣、脱硫石膏/灰、粉煤灰、煤渣等固体废弃物为主要原料，经过磨细或者搅拌均匀后，按比例配制成的水硬性胶凝材料。

3.2

**基土 original soil**

尚未掺入胶凝材料的建设工程用土。

3.3

**固化土混合料 stabilized soil mixture**

由固废基胶凝材料与基土按比例均匀拌合而成的混合料。

3.4

**固化土 stabilized soil**

固化土混合料在压实和养生后，性能达到工程应用要求的土。

3.5

**固化土底基层 stabilized soil subbase**

采用固化土混合料铺筑的道路底基层。

3.6

**固化土路基 stabilized soil subgrade**

采用固化土混合料铺筑的道路路基。

3.7

**路拌法 road mixing method**

在施工现场就地干法拌合制备固化土混合料的施工方法。

3.8

**厂拌法 plant mixing method**

设置拌合基地，采用专用设备集中拌合制备固化土混合料的施工方法。

3.9

**加固土桩 stabilized soil piles**

由固废基胶凝材料制成的具有整体性和强度的桩体。

4 固废基胶凝材料技术要求

4.1 固废基胶凝材料性能指标

4.1.1 固废基胶凝材料基本性能指标应符合表 1 规定：

表 1 固废基胶凝材料基本性能指标

项目		指标	检测方法
外观		均匀一致的粉状固体，不应有结块	GB/T 50123 第 5.2 条
含水率/%		≤1	
45 μm 筛余量/%		≤10	GB/T 1345 第 7.2 条
凝结时间/min	初凝	≥80	GB/T 1346 第 8 条
	终凝	≤600	
胶砂抗折强度/MPa	3 d	≥1.0	GB/T 17671 第 10 条
	28 d	≥3.5	
	56 d	≥4.0	

表 1 固废基胶凝材料基本性能指标（续）

胶砂抗压强度/MPa	3 d	$\geq 4.0$	GB/T 17671 第 10 条
	28 d	$\geq 20.0$	
	56 d	$\geq 22.5$	
净浆流动度/mm	初始	$\geq 100$	附录A
	30 min	$\geq 90$	
	60 min	$\geq 80$	
注1：含水率计算方法应采用烘干法进行检测，其中含水率 = 水的质量/干土的质量。 注2：当固废基胶凝材料应用于软土地基深层加固时应测其净浆流动度。 注3：固废基胶凝材料拌合用水应符合 JGJ 63 的规定。 注4：若有特殊用水需求需单独进行试验验证。			

4.1.2 固废基胶凝材料的再生利用污染防治应符合 HJ 1091-2020 的规定，重金属含量、可浸出重金属含量应按 GB 30760 的标准限值执行。

## 4.2 固废基胶凝材料固化土配合比设计

4.2.1 固化土配合比设计应遵循下列原则：

- 基土中有机质含量不应超过 10%；基土中石料的最大粒径不应大于 40 mm；
- 应根据基土的种类和性质，初步确定所选用的固废基胶凝材料的掺量范围，再通过配合比设计试验，确定最佳配合比；
- 固化土混合料配合比宜采用质量百分比。固废基胶凝材料掺量宜采用占干土质量的百分比表示。当进行深层地基加固且加固对象为天然软土时，固废基胶凝材料掺量宜采用占天然软土质量的百分比表示。

4.2.2 固化土等级划分及性能指标应符合表 2 的规定。

表 2 固化土等级划分及性能指标

项目	性能指标				检测方法
	一级	二级	三级	四级	
3 d 无侧限抗压强度/MPa	0.3~<0.5	0.5~<1.0	1.0~<1.5	$\geq 1.5$	JTG 3441-2024 第 T 0805 条
7 d 无侧限抗压强度/MPa	0.5~<1.0	1.0~<1.5	$\geq 1.5$	$\geq 2.0$	
28 d 无侧限抗压强度/MPa	1.0~<1.5	1.5~<2.5	$\geq 2.5$	$\geq 3.0$	
建议掺量范围/%	3~6	>6~10	>10~15	>15	-
水稳系数/%	$\geq 60$	$\geq 70$			JTG 3441-2024 第 T 0805 条
28 d 抗冻性能/%	抗冻指数 $\geq 60$ 质量损失率 $\leq 5$				
注1：底基层和路基固化土以 3 d 无侧限抗压强度为主控指标，软土地基浅层加固以 3 d 和 7 d 无侧限抗压强度为主控指标，软土地基深层加固以 7 d 和 28 d 强度为主控指标。 注2：固废基胶凝材料掺量应随土质变化适当调整。 注3：雨季多的地区，有水稳系数要求的地区，应进行水稳性能检测。 注4：水稳系数为不同龄期饱水抗压强度与干抗压强度的比值。 注5：有抗冻性要求的地区，应进行 28 d 抗冻性能检测。					

4.2.3 固化土混合料配合比设计应按下列步骤进行：

- 测定基土的含水率及最佳含水率；

- b) 确定固废基胶凝材料掺量；
- c) 进行固化土混合料试配；
- d) 调整并确定固化土混合料配合比。

4.2.4 固化土混合料试配时，宜选用 3 个不同固废基胶凝材料掺量进行对比试验，其中一个为基准配合比，另外两个配合比的固废基胶凝材料掺量宜比基准值分别增加和减小 2%。

4.2.5 应通过击实试验确定固化土混合料的最佳含水率和最大干密度，并按 JTG 3441 进行重型击实试验、试件制备、成型及养护；当固化对象为天然软土时，无需进行击实试验，并按 JGJ/T 233 进行试件制备、成型及养护。

4.2.6 应测定用于底基层和路基固化土 3 d 无侧限抗压强度以及浅层固化土 7 d 和地基固化土 28 d 无侧限抗压强度应符合表 2 要求。

4.3 固废基胶凝材料固化土底基层设计

4.3.1 固废基胶凝材料固化土底基层设计应根据不同道路等级和交通等级要求选择技术可靠、经济合理的设计方案，城镇道路底基层设计应符合 CJJ 169 的规定，公路底基层设计应符合 JTG F20 的有关规定。

4.3.2 不同道路等级和交通等级的路面底基层固化土等级的选用标准不应低于表 3 的规定。

表 3 不同道路等级和交通等级的底基层固化土等级

底基层	交通等级	道路等级				
		高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路	城镇道路	
					快速路、主干路	次干路和支路
重交通	三级	三级	三级	三级	-	
中交通	三级	二级	二级	二级	二级	
轻交通	三级	二级	一级	一级	一级	

4.3.3 固化土底基层厚度不应小于 150 mm，且应经设计验算后确定。

4.3.4 固化土底基层压实度应符合表 4 的规定。

表 4 固化土底基层压实度

底基层	压实度/%			
	重交通、中交通公路	轻交通公路	城镇道路	
			快速路、主干路	次干路、支路
	≥95	≥94	≥93	≥92

4.3.5 固化土底基层外形尺寸检查项目、频度和质量误差控制标准应符合表 5 的规定。

表 5 外形尺寸检查项目、频度和质量误差控制标准

底基层	纵断高程/mm		二级及二级以下公路每 20 m 1 点；高速公路和一级公路每 20 m 1 个断面，每个断面 3~5 点	+5~-15	+5~-20
	厚度/mm	均值	每 1500~2000 m <sup>2</sup> 6 点	≥-10	≥-12
		单个值	每 40 m 1 处	≥-25	≥-30
	宽度/mm		每 100 m 3 处	>0	>0

表 5 外形尺寸检查项目、频度和质量误差控制标准（续）

	横坡度/%	每 100 m 3 处	±0.3	±0.5
	平整度/mm	每 200 m 2 处，每处连续 10 尺（3 m 直尺）	≤12	≤15
注1：参照 JTG F20 公路路面基层施工技术细则第 8.4 节。				

#### 4.4 固废基胶凝材料固化土路基设计

4.4.1 公路和城镇道路固化土路基设计应根据不同交通荷载等级和道路等级要求选择技术可靠、经济合理的设计方案，并应符合 JTG D30 和 CJJ 169 的规定。

4.4.2 轻、中等交通固化土路床厚度不应小于 0.8 m，特重、极重交通固化土路床厚度不应小于 1.2 m，且应满足 JTG D30 的规定。

4.4.3 固化土路床压实度应符合表 6 的规定。

表 6 固化土路床压实度

路基部位		路面底层 以下深度/m	路床压实度/%				
			高速公路、 一级公路	二级公路	三、四级公 路	城镇道路	
						快速路、主干 道	次干路、支路
上路床		0~0.3	≥96	≥93	≥92	≥93	≥92
下路床	轻、中等及重 交通	0.3~0.8	≥96	≥93	≥92	≥93	≥92
	特重、极重交 通	0.3~1.2	≥96	≥93	-	-	

注1：表列压实度系按 JTG E40 重型击实试验所得最大干密度求得的压实度。

4.4.4 公路和城镇道路路床固化土等级应符合表 7 规定。

表 7 公路与城镇道路路床固化土等级

路基部位		路面底层 以下深度/m	固化土等级				
			高速公路、 一级公路	二级公路	三、四级公 路	城镇道路	
						快速路、主干 路	次干路、支路
上路床		0~0.3	二级	一级	一级	一级	一级
下路床	轻、中等及重 交通	0.3~0.8	二级	二级	一级	一级	一级
	特重、极重交 通	0.3~1.2	二级	二级	-	-	

4.4.5 固化土路堤压实度应符合表 8 的规定。

表 8 固化土路堤压实度

路基部位		路面底层 以下深度/m	路堤压实度/%				
			高速公路、 一级公路	二级公路	三、四级公路	城镇道路	
						快速路、主干 路	次干路、支 路
上路堤	轻、中等及重 交通	0.8~1.5	≥94	≥93	≥92	≥92	≥90
	特重、极重交 通	1.2~1.9	≥93	≥93	-	-	-
下路堤	轻、中等及重 交通	<1.5	≥93	≥91	≥90	≥90	-
	特重、极重交 通	<1.9					-

注1：表列压实度系按 JTG E40 重型击实试验所得最大干密度求得的压实度。

4.4.6 公路和城镇道路路堤固化土等级应符合表 9 规定。

表 9 公路与城镇道路路堤固化土等级

路基部位		路面底层 以下深度/m	固化土等级				
			高速公路、 一级公路	二级公路	三、四级公路	城镇道路	
						快速路、主干 路	次干路、支 路
上路堤	轻、中等及重 交通	0.8~1.5	二级	一级	一级	一级	一级
	特重、极重交 通	1.2~1.9	二级	二级	-	-	-
下路堤	轻、中等及重 交通	<1.5	二级	二级	一级	一级	-
	特重、极重交 通	<1.9					-

4.5 固废基胶凝材料加固道路软土地基设计

4.5.1 固废基胶凝材料用于加固浅层软土地基加固设计时，应按 JTG/T D30 的规定执行。

固废基胶凝材料用于加固深层软土地基采用搅拌桩设计时，宜按 JGJ 79 和 JTG/T D31 的规定执行。

4.5.2 在下列情况下，宜参照表 10 的掺量范围，进行配合比试验，以确定固废基胶凝材料的适用性和掺量，必要时应进行现场试验：

- a) 在缺乏工程经验的地区；
- b) 易溶盐含量超过 0.3% 的土体；
- c) 地下水的pH值小于 6，地下水具有腐蚀性或采用海水的相关工程；
- d) 有机质含量超过 10% 的土体。

表 10 固废基胶凝材料的建议掺量范围/%

施工工艺	不同基土含水率下固废基胶凝材料掺量范围	
	$w \leq 60\%$	$60\% < w \leq 100\%$
浅层固化法	$>5 \sim 15$	$>15$
深层搅拌法	$>10 \sim 15$	$>15$
高压喷射注浆法	$>10 \sim 15$	$>15$

注1:  $w$  为基土含水率, 应采用烘干法进行检测, 其中含水率 = 水的质量/干土的质量。

4.5.3 不同道路等级和交通等级的软土地基固化土等级要求应符合表 11 的规定。

表 11 不同道路等级和交通等级的软土地基固化土等级

施工工艺	道路等级			
	高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路	城镇道路
浅层固化法	三级	二级	二级	一级固化土
深层搅拌法	三级	二级	二级	一级固化土

## 5 固废基胶凝材料在道路工程建设中施工要求

### 5.1 底基层施工

#### 5.1.1 一般规定

- 施工前, 应确定松铺系数和施工技术参数, 编制施工技术方案。城镇道路固废基胶凝材料底基层施工应满足 CJJ 169 的规定, 公路固废基胶凝材料底基层施工应满足 JTG F20 的规定;
- 城市快速路和主干路的固化土底基层施工应采用厂拌法, 城市次干路、支路宜采用路拌法。公路的固化土底基层施工宜采用厂拌法;
- 固化土混合料拌合、运输、整形及碾压终了总时间应符合表 12 要求。

表 12 固化土混合料拌合、运输、整形及碾压终了总时间

固废基胶凝材料用量 $k$	施工总时间 $t$
5%	$\leq 48$ h
8%	$\leq 24$ h

注1:  $k$  为固废基胶凝材料占基土的质量比。

#### 5.1.2 路拌法施工

##### 5.1.2.1 路拌法施工流程应包括场地准备、施工放样、摊铺、拌合、整形、碾压和养生。

场地准备、施工放样应符合下列规定:

- 地基表层应平整、坚实、稳定, 具有足够的强度、稳定性、抗变形能力和耐久性;
- 松土摊铺前, 场地内应无树木、草皮、乱石等杂物;
- 应在施工段上放线并设置标桩, 直线段应每 15 m~20 m 设一桩, 平曲线段应每 10 m~15 m 设一桩, 并应在两侧路肩边缘外设指示桩;
- 在两侧指示桩上应用明显标记标出固化土路基边缘的设计高度。

##### 5.1.2.2 摊铺土应符合下列规定:

- 基土不应有树木、草皮、大块颗粒, 粒径大于 40 mm 的石料应清除;
- 基土松铺厚度应根据压实厚度乘以松铺系数确定, 且每层不得大于 300 mm;

- c) 基土摊铺长度从固化土混合料拌合开始至碾压成型的时间应满足表 12 要求。
- d) 摊铺应计算每吨固废基胶凝材料的摊铺面积，确定摆放胶凝材料的行数、间距和用量。

5.1.2.3 拌合应符合下列规定：

- a) 固化土混合料含水率宜比室内试验得出的最佳含水率高 1%~3%；
- b) 拌合深度应根据施工路基厚度的要求确定；
- c) 宜采用路拌机械由两侧向中心进行拌合，每次拌合应有重叠和翻透，不得漏拌，不得切割下层；
- d) 当分层施工时，应先将下层表面拉毛，其深度宜为 10 mm，再进行上层施工，两层间不得留有未掺拌的基土夹层；
- e) 拌合好的固化土混合料颜色应基本一致，无团块。

5.1.2.4 整形应符合下列规定：

- a) 固化土混合料拌合均匀后，应及时用平地机初步整形。在直线段，平地机应由两侧向路中心进行刮平；在平曲线段，平地机应由内侧向外侧进行刮平；
- b) 初步整形后，宜采用履带式机械或轮胎压路机初压一遍，再用平地机整形一次，且应将高处料直接刮出路外，不得形成薄层贴补现象；
- c) 当采用人工整形时，应先用锹和耙将固化土混合料摊平，再用路拱板整形。

5.1.2.5 碾压应符合下列规定：

- a) 固化土路基应在室内试验得出的最佳含水率  $\pm 2\%$  范围内按试验段确定的碾压方案进行全宽碾压；当表层含水率不足时，应洒水再进行碾压；
- b) 当固化土混合料采用人工摊铺和整形时，宜先用拖拉机或 6 t~8 t 两轮压路机或轮胎压路机碾压 1~2 遍，再用重型压路机碾压；
- c) 压路机不得在已完成或正在碾压的路段上掉头或紧急制动；
- d) 碾压过后的固化土路基不得出现弹簧、松散、起皮等现象；
- e) 碾压应达到规定的压实度，不得有明显的轮迹。

5.1.2.6 养生应符合下列规定：

- a) 固化土路基碾压完成后，应及时养生；
- b) 养生期不宜少于 3 d；对蒸发量较大的地区可适当延长养生时间，在养生过程中应适当补水。

5.1.3 厂拌法施工

5.1.3.1 厂拌法施工工艺流程应包括场地准备、施工放样、拌合、运输、摊铺、整形、碾压和养生。

5.1.3.2 除拌合、运输及摊铺以外，场地准备、施工放样、整形、碾压、养生应符合本标准第 5.1.2 节的相关规定。

5.1.3.3 拌合应符合下列规定：

- a) 固化土混合料宜采用强制式搅拌机均匀拌合；
- b) 固化土混合料应按设计试配确定的配合比进行配料和拌合；
- c) 基土拌合前应充分粉碎，最大尺寸不应大于 15 mm；
- d) 固化土混合料含水率宜比室内试验得出的最佳含水率高 1%~3%。

5.1.3.4 运输应符合下列规定：

- a) 宜采用自卸式运输车；
- b) 应根据工程量的大小和运距的长短，配备足够数量的运输车；
- c) 装料前，应清理车厢，不得存有杂物；装料后，应用篷布将厢体覆盖严密，直到准备卸料时方可打开。

5.1.3.5 摊铺应符合下列规定：

- a) 固化土混合料应根据松铺系数均匀摊铺于下承层面上；
- b) 摊铺机械的选用应符合国家现行标准的规定。

## 5.2 路基施工要求

### 5.2.1 一般规定

- a) 路基工程施工前, 应进行施工调查及现场核对, 根据设计要求、合同条件及现场情况等编制施工组织设计。固化土路基施工应满足 JTG/T 3610 的规定;
- b) 路基施工中应做好排水、基底处理、边坡防护和土的压实工作;
- c) 挖方、不填不挖、填方高度小于 80 cm 的原地面, 如单层压实达不到规定的压实度要求, 必须分层压实。挖方、不填不挖路基, 其压实宽度每侧应宽出路床 20 cm;
- d) 路基原地面以下的墓穴、井洞、树根必须清理, 并分层回填压实;
- e) 固化土路基施工时, 固化土混合料拌合、运输、整形及碾压终了时间应满足表 12 要求;
- f) 固化土路基施工时, 施工人员应采取相应的防护措施, 施工场地应采取相应的环保措施。

### 5.2.2 路基填土施工参照本标准 5.1.2 节相关规定。

## 5.3 软土地基加固施工要求

### 5.3.1 一般规定

- a) 地基浅层软土深度不大于 3.0 m 的路段和路基填筑高度小于 2.0 m 的路段及浅挖路段, 处理形式可采用浅层加固;
- b) 采用固废基胶凝材料浅层加固和深层加固施工时, 除本标准规定以外, 其余施工要求宜按照 JTG/T D31 的规定;
- c) 地基软土深度大于 3.0 m 的路段, 十字板抗剪强度不小于 10 kPa 的软土地基可采用深层加固;
- d) 当室外日平均气温连续 5 天低于 5 °C 时, 不得进行固化土施工;
- e) 雨季施工应符合下列规定:
  - 1) 雨季施工应做好防雨和排水工作, 不应在雨天施工;
  - 2) 雨中、雨后应及时检查工程主体及现场环境, 发现雨患、水毁应及时采取处理措施。

### 5.3.2 浅层加固施工

浅层加固施工应符合下列规定:

- a) 施工前应先施作排水设施, 施工期间作业面不应积水;
- b) 固化土应拌和均匀, 固化土混合料宜当日铺填压实; 当土料中水分过多或不足时, 应晾干或洒水润湿, 拌合、摊铺工艺参照本标准 5.1 节相关规定;
- c) 分段施工时, 上下两层的施工缝应错开不小于 0.5 m, 接缝处应夯压密实;
- d) 固化土地基应分层铺填碾压, 虚铺厚度不宜大于 0.3 m;
- e) 固化土地基压实后 2 d 内不得受水浸泡;
- f) 固化土地基验收合格后, 应及时填筑路堤或作临时遮盖。

### 5.3.3 深层加固施工

深层加固施工采用搅拌法进行, 且应符合下列规定:

- a) 施工前宜进行工艺性试桩, 以确定施工参数, 工艺性试桩数量不宜少于 3 根。当场地地质条件变化较大时, 应针对不同地质进行工艺性试桩;
- b) 浆液应严格按照成桩试验确定的配合比拌制, 制备好的浆液不得离析, 不得长时间放置。浆液倒入集料斗时应加筛过滤, 避免浆内块状物损坏泵体;
- c) 提升钻杆、喷浆搅拌时, 应使钻头反向边旋转、边喷浆、边提升, 提升速度宜控制在 0.5~0.8 m/min 之间。当钻头提升至距离地面 1 m 时, 宜用慢速提升; 当喷浆口即将出地面时, 应停止提升, 搅拌数秒, 保证桩头搅拌均匀;

- d) 应根据设计要求,对地面以下一定深度范围内的桩身进行复搅。复搅速度宜为 0.5~0.8 m/min;
- e) 应随时记录喷浆压力、喷浆量、钻进速度、提升速度等有关参数的变化。当发现喷浆量不足时,应整桩复打。当施工中因故停浆时,应使搅拌头下沉至停浆面以下 0.5 m,待恢复供浆后再喷浆提升。当停机超过 4 h 时,应拆卸输浆管路,清洗后方可继续施工,防止浆液硬结堵管;
- f) 桩机移位前,应向集料斗中注入适量清水,开启灰浆泵,清洗全部管路中残存的浆液,直至管体干净,并将搅拌头清洗干净后,方可移位;
- g) 相邻桩搭接施工的时间间隔不宜大于 24 h。当超过 24 h 时,搭接施工时应放慢搅拌速度。若无法搭接或搭接不良,应作为冷缝记录在案,并应经设计单位认可后,在搭接处采取补救措施。

## 6 检验与验收

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 固化土施工前,应进行现场技术交底,明确各工序施工要点。
- 6.1.2 施工单位应建立健全施工规章制度。施工、试验、检测、验收的原始记录应齐全、数据准确和资料完整。
- 6.1.3 施工过程中,应进行检查验收,合格后方可进入下一道工序施工,经检测不合格的应进行翻修,重新验收。当对固化土性能有异议时,宜进行原位检测。
- 6.1.4 材料供应单位应提供不同掺量下的相关灰剂量EDTA滴定曲线,供验收单位参考测定实际材料掺量,测试方法参照 JTG 3441 执行。

### 6.2 主控项目

#### 6.2.1 原材料应符合下列规定:

- a) 固废基胶凝材料基本性能指标应符合本标准第 4.1.1 条的规定。  
检查数量:根据生产厂家的年生产能力确定,每个检验批检验一次。贮存期超过 3 个月或受潮,应进行性能试验,合格后方可使用。  
120×10<sup>4</sup> t 以上,不超过 1200 t 为一检验批;  
60×10<sup>4</sup>t~120×10<sup>4</sup> t,不超过 1000 t 为一检验批;  
30×10<sup>4</sup>t~60×10<sup>4</sup> t,不超过 600 t 为一检验批;  
10×10<sup>4</sup>t~30×10<sup>4</sup> t,不超过 400 t 为一检验批;  
10×10<sup>4</sup>t 以下,不超过 200t 为一检验批。  
检验方法:核查产品合格证、出厂检验报告、产品型式检验报告和进场复验报告。
- b) 基土应符合本标准第 4.2.1 条的规定。检测方法应按 GB/T 50123 执行。  
检查数量:相同土质每个工程项目至少检验一次。  
检验方法:核查检测报告。

6.2.2 固废基胶凝材料用于软土地基加固时施工质量要求与检查验收除应符合本标准规定外,尚应符合 JGJ 79、JGJ 106、JTG F80/1 的规定。

6.2.3 固化土路基施工质量要求与检查验收除应符合本标准规定外,尚应符合 JTG F80/1 和 CJJ 1 的规定。

#### 6.2.4 固化土性能应符合下列规定:

- a) 底基层、路基固化土 3 d 以及软土地基浅层固化土 3 d 或 7 d 无侧限抗压强度应符合设计要求。检测方法应按 JTG 3441 执行;  
检查数量:每 2000 m<sup>2</sup> 检验 1 组。  
检验方法:现场取样成型;核查检测报告。

- b) 固化土底基层和路基层的压实度应满足本标准 4.3 节与 4.4 节的规定。检测方法应按 JTG 3430 执行。  
 检查数量：以每 1000 m<sup>2</sup>，每压实层抽检一组。  
 检验方法：核查检测报告。
- c) 软土地基深层固化土 7 d 无侧限抗压强度应符合设计要求，若不符合可检测其 28 d 无侧限抗压强度，检测方法应按 JGJ/T 233 执行。  
 检测数量：抽查桩数的 0.5%，且不少于 3 处。  
 检测方法：现场取芯；核查检测报告。

6.2.5 深层加固施工中加固土桩的成桩质量可采用钻孔取芯、标准贯入、载荷试验等方法进行检验，并符合下列规定：

- a) 应根据设计要求，进行单桩、单桩复合地基或多桩复合地基静荷载试验。钻孔取芯和荷载试验宜在成桩 28 d 后进行；
- b) 对整根桩进行钻孔取芯，将整根桩等分成上、中、下三段，每段分别制作一组试件（每组三块），试件高度与直径之比为 1.0~2.0（可根据试样软硬程度作适当调整），进行无侧限抗压强度试验；
- c) 应根据试件的高径比，按照公式 1 对试件的无侧限抗压强度R进行修正，获得修正后的无侧限抗压强度值R'

$$R' = \beta R \dots\dots\dots (1)$$

式中：

β——高径比修正系数，按表 13 取插值。

表 13 高径比修正系数

高径比	<0.79	1.11	1.30	1.48	1.67	1.85	2.00
β	0.85	0.89	0.93	0.96	0.97	0.98	1.00

6.2.6 检验点应优先布置在下列部位：

- a) 有代表性的桩位；
- b) 施工过程中出现异常情况的部位；
- c) 地基情况复杂，可能对施工质量产生影响的部位。

6.2.7 钻孔取芯强度、标准贯入和载荷试验等项目的试验结果应符合设计要求，检测方法应按 DB32/T 2283 进行。

6.2.8 芯样描述

- a) 通过钻探进程和标准贯入试验判断桩身强度及桩体连续性，同时观察标贯器中固化土搅拌的均匀程度、成桩状态以及端承情况，并判断桩长。描述内容包括：
  - 1) 芯样性质：加固土桩芯样；
  - 2) 颜色：分为灰色、灰黑色、灰黄色等；
  - 3) 状态：分为流塑、软塑、可塑、硬塑、坚硬，可按表 14 进行鉴别；

表 14 加固土承重桩芯样状态现场鉴别

状态	流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬
现场鉴别	土柱不能直立，自行变形	1、手捏很软，易变形； 2、用力不大就能按成坑。	手按有指印，但手捏不易变形。	1、手按无指印 2、用力掰能裂开或成块。	干而坚硬，很难掰成块

- 4) 搅拌均匀性：按表 15 的规定划分桩体搅拌均匀性。

表 15 加固土桩芯样均匀性描述标准

搅拌均匀性	现场取芯情况
搅拌均匀	固化土土搅拌纹理清晰，无胶凝材料粒块
搅拌不够均匀	固化土搅拌纹理不连续，含胶凝材料粒块且颗粒直径 < 2 cm
搅拌不均匀	承重桩芯样无搅拌纹理，夹胶凝材料块或较多胶凝材料富集块，且胶凝材料土结块颗粒直径 > 2 cm

b) 用直尺量取每节芯样长度  $l_i$ ，并按顺序记录（芯样长度小于 7 cm 的不需记录），按公式 2 计算加固土桩体质量指标 CMPQD 值。

$$CMPQD = \frac{\sum l_i}{L} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

CMPQD——加固土桩桩体质量指标（%）；

L——回次进尺（cm）；

$l_i$ ——该回次进尺中，长度大于或等于 7 cm 芯样段的长度（cm）。

6.3 一般项目

6.3.1 固废基胶凝材料固化土水稳系数、28 d 抗冻性能应符合本标准表 2 的规定。水稳系数检测方法、28 d 抗冻性能检测方法应按 JTG 3441 执行。

检查数量：相同配合比、相同工艺，至少检验一次。

检验方法：核查检测报告。

6.3.2 应随机进行抽样检查。检查时施工原始记录应齐全完整。

6.3.3 道路路基和底基层加固竣工后的表面应坚实、平整、稳定、路拱合适、排水良好，竣工后外形的检查数量与允许偏差应符合 JTG F80/1 和 CJJ 1 的规定。

6.3.4 深层加固需根据加固土承重桩芯样的硬度或状态、无侧限抗压强度、标准贯入试验锤击数、桩体质量指标，对每层的各个指标分别计分，计分标准按照 DB32/T 2283 的规范要求。

附录 A  
(规范性)  
浆体流动度的测试

A.1 试验材料应符合以下要求:

- a) 水: 符合 JGJ 63 的技术要求。
- b) 固废基胶凝材料: 符合本规程 4.1.1 条的要求。

A.2 试验应采用以下仪器:

- a) 水泥净浆搅拌机;
- b) 截锥圆模: 上口直径 36 mm, 下口直径 60 mm, 高度为 60 mm, 内壁光滑无接缝的金属制品;
- c) 玻璃板: 400 mm × 400 mm × 5 mm;
- d) 秒表;
- e) 钢直尺: 300 mm;
- f) 刮刀;
- g) 天平: 称量 2000 g, 分度值 0.01 g。

A.3 试验应按以下步骤进行:

- a) 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的中央, 并用湿布覆盖待用;
  - b) 称取固废基胶凝材料 900 g 倒入搅拌锅内, 加入 540 g 水搅拌;
  - c) 将拌好的浆体一部分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;
  - d) 将剩余的浆体分 2 份用保鲜袋密封放入标准养护箱中养护, 在 30 min、60 min 时取出, 搅拌 1min, 测定 30 min 与 60 min 时的浆体流动度, 计算结果精确至 1 mm。
-