

基于流态固化土的脚手架基础施工技术与泥浆资源化利用

陈自然

中铁二十四局集团有限公司, 上海 200000

[摘要]针对建设工程中泥浆处置困难及传统回填材料压实度控制难的问题, 本论文提出采用旋挖钻机泥浆制备流态固化土, 并将其应用于脚手架基础回填工程。通过室内试验确定了流态固化土的配合比及其力学性能, 并在试验段中进行工程应用。流态固化土具备自密实、自流平特性, 无需机械压实即可达到设计要求, 有效提高了施工效率与质量, 同时实现了工程泥浆的资源化利用, 具有显著的经济效益与环境效益。

[关键词]流态固化土; 脚手架; 泥浆; 回填; 资源化

DOI: 10.33142/ucp.v2i4.17301

中图分类号: U416

文献标识码: A

Construction Technology of Scaffold Foundation Based on Fluidized Solidified Soil and Utilization of Mud Resources

CHEN Ziran

China Railway 24th Bureau Group Corporation Limited., Shanghai, 200000, China

Abstract: In response to the difficulties in mud disposal and compaction control of traditional backfill materials in construction projects, this paper proposes the use of rotary drilling rig mud to prepare flowable solidified soil and apply it to scaffold foundation backfill engineering. The mix proportion and mechanical properties of flowable solidified soil were determined through indoor experiments, and engineering applications were carried out in the test section. Fluid solidified soil has the characteristics of self compaction and self leveling, which can meet the design requirements without mechanical compaction, effectively improving construction efficiency and quality, and realizing the resource utilization of engineering slurry, with significant economic and environmental benefits.

Keywords: fluid solidified soil; scaffolding; mud; backfilling; resource utilization

引言

近年来基础设施建设往往伴随着大量工程泥浆的产生, 目前对工程泥浆的常用处置方法是将其压滤脱水后外运。目前, 党中央、国务院明确提出要稳步推进“无废城市”建设^[1], “无废城市”建设要求持续推进固体废物源头减量和资源化利用, 最大程度减少固体废物处置量, 实现绿色低碳发展的城市发展模式。随着环保理念的不断深入, 可用的堆土场越来越少, 工程泥浆压滤后外运的传统处置方式也越来越困难^[2], 导致这种传统处置方式的费用越来越高, 给施工企业带去了沉重的成本负担。与此同时, 传统脚手架基础工程常采用渣土或碎石作为回填材料, 再浇筑混凝土垫层的方法。但是, 采用碎石造价高, 渣土需要分层回填压实, 施工周期工期长, 效率低。而对于不良渣土往往难以压实, 压实度达不到设计要求。此外, 压实不均, 容易导致局部沉降, 难以保证施工质量。

流态固化土具有自密实、自流平的、无需压实的优

点^[3-4], 可以有效解决素土回填压实施工周期长、压实不均匀等施工困难, 并且可以有效消耗工程泥浆, 有效解决了工程泥浆处置和脚手架基础回填施工的问题, 提高了脚手架基础工程施工的效率、质量, 具有较大的经济效益和环境效益。

1 室内地坪工程回填

室内地坪回填常采用素土压实后再在表面浇筑一层素砼的施工方法。常见的室内地坪回填面作业面如图 1 所示, 室内被砌筑的砖墙分隔, 特别是有些区域被砖墙分隔后的作业面积狭小, 且在两侧已有较多浇筑完的柱子。这种工况下已经无法采用大型机械对素土进行压实作业。

流态土固化土具有自流平、自密实的优点, 可有效解决素土在狭小空间内难以压实的问题。为防止流态固化土在未硬化前对砖墙产生的单侧静水压力导致砖墙倾塌, 可将流态固化土分层浇筑, 并根据承载力的要求, 在各层的流态固化土中添加不同剂量的固化剂, 节约成本。



图 1 待填区域航拍

2 流态固化土室内试验

2.1 流态固化土材料

固化剂采购自无锡坤鼎建材生产的流态固化土专用固化剂,其主要成分为三氧化二铝,二氧化硅和氧化钙等。泥浆来自上海地铁站房项目旋挖钻机产生的泥浆,泥浆的初始含水率为49.3%,初始密度为 $1.78\text{g}/\text{cm}^3$,泥浆中粉粒较多。

2.2 流态固化土配合比

为确定流态固化土的施工配比,先在室内进行不同掺量固化剂的流态固化土的强度试验,根据《建筑垃圾与工程泥浆再生自密实填筑技术规程》(DB31/T 1483—2024)^[5]的要求,以工程泥浆为主要原料制备流态固化土,其表观密度不低于 $1350\text{kg}/\text{m}^3$ 。因此,在实验室中先在泥浆中加水,将泥浆的初始密度统一调整至 $1350\text{kg}/\text{m}^3$,再在泥浆中加入不同掺量的固化剂,分别测定不同掺量时的流动值和7d的无侧限抗压强度。试验方法参照《自密实固化土填筑技术规程》(T/CECS 1175—2022)^[6],试样是70.7mm边长的立方体试样,每个配比制备三个试件,在标准养护7d后进行无侧限抗压强度试验,取无侧限抗压强度的平均值。在流动度试验中,采用80mm内径,80mm高度的圆柱筒,将制备好的流态固化土倒入其中后,提起圆柱筒,测定泥浆坍落后在两个垂直方向的直径,试验结果如图2、图3所示。根据试验结果可知,流态固化土的7d无侧限抗压强度随着掺量的提高而增大,流动度随着掺量的提高而减小。

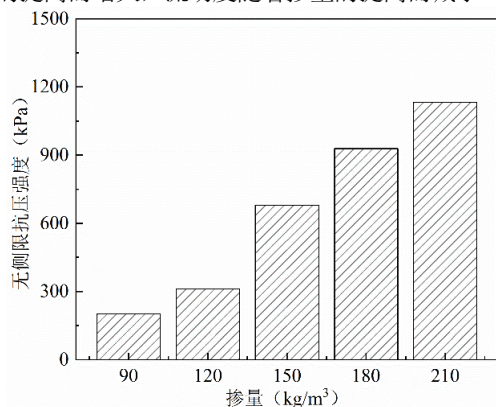


图2 不同掺量下流态固化土的强度

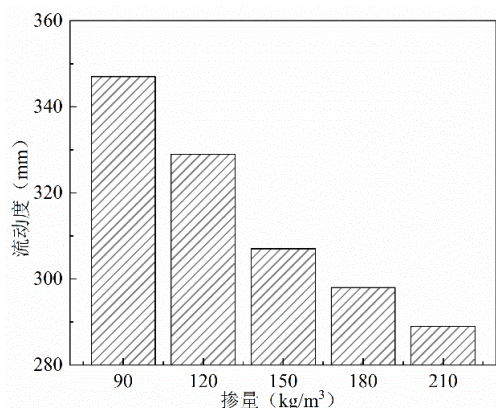


图3 不同掺量下流态固化土的流动度

3 工程应用

3.1 回填方案

项目试验段为上海轨道交通澄江路车辆段站房项目,需要回填的总方量为 1800m^3 ,回填的深度平均约1.4m,回填的区域如图1所示。本次回填分为3层回填,各层流态固化土的浇筑厚度如图4所示,下部两层流态固化土的浇筑厚度为50cm,固化剂掺量为 $90\text{kg}/\text{m}^3$,上层的流态固化土的浇筑厚度为40cm,由于顶面流态固化土上需要搭设脚手架,故上层浇筑高掺量流态固化土,固化剂掺量为 $210\text{kg}/\text{m}^3$ 。

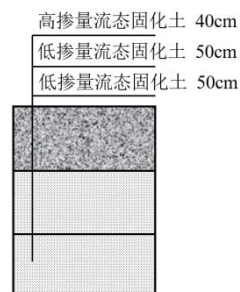


图4 回填方案

3.2 施工工艺

(1) 基底处理施工

回填区域提前进行基底处理,清理垃圾、平整基底场地。基底底部应提前洒水湿润,防止未硬化前的流态固化土中的水分被基底土体吸走,导致失水开裂。

(2) 比重测定

使用挖机或者泥浆泵将工程废弃泥浆加入制浆设备,测定泥浆的比重(图5),并根据测得的泥浆比重和目标比重的偏差,估算需要在浆液中加入的水或者渣土的质量。若测得的泥浆比重低于目标比重则需往泥浆中加渣土;若测得的泥浆比重高于目标比重则需往泥浆中加水。



图5 比重测定

(3) 泥浆备料

在浆液中加入所需质量的水或者渣土并搅拌均匀,在搅拌完成后搅拌设备出浆,并通过筛网过滤掉泥浆中的石子和泥块(图6),防止堵塞泵送设备,将满足要求的泥浆泵入泥浆池备用,泥浆池中需有搅拌设备对泵入的泥浆不断慢速搅拌,防止泥浆沉淀(图7)。



图6 泥浆过滤



图7 储存池

(4) 流态固化土制备

将浆池中的泥浆泵入流态固化土制备装置,并投放设计要求剂量的流态土固化剂,通过制备装置将流态土固化剂和泥浆拌合均匀,制备得到流态固化土。流态固化土制备完成后出料,为保障流态固化土的连续浇筑,设置流态土储料仓,用于贮存制备的流态固化土,同时储料仓上设置有搅拌设备,对储料仓中的流态固化土不断慢速搅拌。

(5) 泵送浇筑

采用挤压泵或泥浆泵将流态固化土泵送至需要施工部位(图8),分三层进行流态固化土浇筑,浇筑至指定标高后停止浇筑。在流态固化土土初凝后再进行下一层流态固化土的浇筑。



图8 流态固化土浇筑

(6) 养护

每层流态固化土填筑完成后,覆盖塑料薄膜养护(图9),在浇筑下一层前移除覆盖的塑料薄膜。本次试验段位于上海,施工时间为冬季,为防止夜间的低温冻伤表面未硬化的流态固化土,在塑料薄膜上覆水,覆水厚度为约3cm,对表面的流态固化土进行保温处理。



图9 覆膜养护

3.3 质量检验

流态固化土在浇筑完成后28d时对强度进行检验。由于流态固化土浇筑的厚度平均约1.4m,难以通过钻芯取出完整芯样,故最后浇筑的高掺量流态固化土通过钻芯取样,再测定其无侧限抗压强度。下部两层的低掺量流态固化土的强度通过动力触探的方式确定。不同点位处抽取芯样的无侧限抗压强度如图10所示,各点位芯样的无侧限抗压强度均大于0.8MPa,平均强度为1.22MPa。各点位的地基承载力特征值如图11所示,根据试验结果可知,位于上部的低掺量流态固化土的地基承载力特征值较高,最大值为240kPa;随着深度的增加,地基承载力特征值呈降低的趋势,在基底位置处,最小值为90kPa。由上可知,分层浇筑的流态固化土的无侧限抗压强度随深度增大而减小,该强度分布特征符合上部脚手架荷载传递至地基的力学要求,流态固化土的强度达到了搭设脚手架的设计要求(图12)。

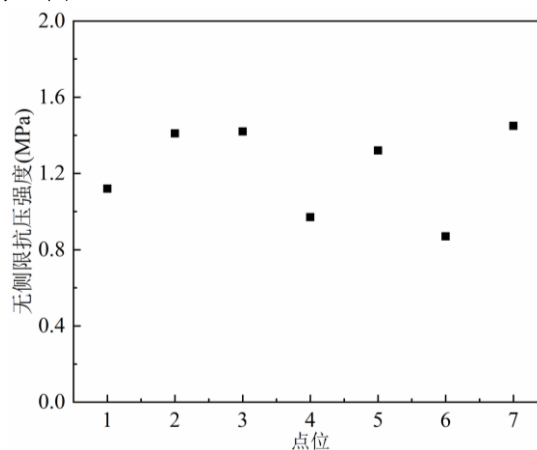


图10 不同点位的芯样强度

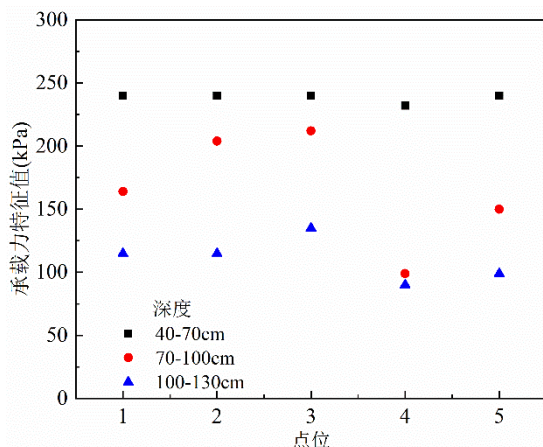


图 11 不同点位动力触探结果

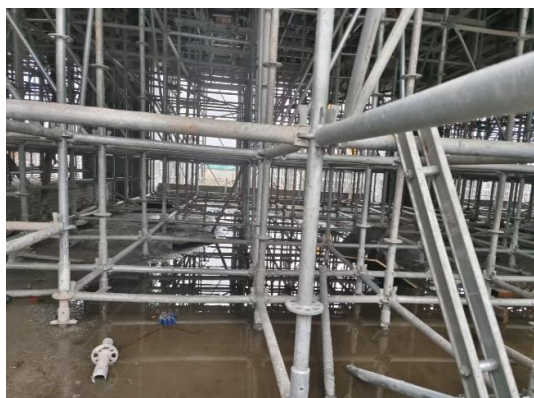


图 12 搭设脚手架

3.4 质量控制措施

流态固化土采用工程泥浆、固化剂和水制备而成，为保证流态固化土的流动性，含水率往往达到两倍液限之上。在流态固化土硬化的过程中，孔隙中的自由水逐渐蒸发或者与固化剂反应生成矿物结合水，含水率逐渐降低，在流态固化土中留下大量孔隙，导致流态固化土收缩开裂。为减少流态固化土的开裂收缩，保证流态固化土的施工质量，在本项目在两个方面对流态固化土进行了优化：（1）选用带有微膨胀功能的流态土固化剂，在流态固化土硬化的过程中生成膨胀性产物，用于补偿失水导致的收缩；（2）在浇筑流态固化土前，先对浇筑面洒水湿润，浇筑完成后，在流态固化土上覆盖塑料薄膜或土工布并洒水。经过以上措施后，流态固化土硬化后的效果如图 13 所示。



图 13 养护完成后的流态固化土

4 结论

将流态固化土应用于支撑体系硬化地基回填，解决了传统回填材料难以压实和压实不均匀的问题，节约了人力成本，提高了施工效率和施工质量。制备流态固化土可消耗大量建设过程中产生的泥浆，解决了工程建设中泥浆处置的难题，减少了泥浆的排放和对环境的污染，具有显著的环境效益。最后，流态固化土的制备可采用工程装备标准化生产，可进一步提高施工质量，形成标准化生产和施工工艺。流态固化技术为施工单位提供了泥浆处置和资源化利用的新路径，具有显著的环境和社会效益。

【参考文献】

- [1]国务院办公厅.国务院办公厅关于印发“无废城市”建设试点工作方案的通知：国办发〔2018〕128号〔A/OL〕.(2018-12-29)〔2022-02-10〕.
- [2]陈孝贤.工程泥浆绿色处理与资源化利用技术规范研究——基于 DBJ/T 13-417—2023《工程泥浆技术标准》的解读[J].重庆建筑,2025,24(4):45-47.
- [3]张昀.流态固化土在基坑肥槽回填中的应用[J].建筑技术,2025,56(13):1558-1560.
- [4]张天明,刘晓龙,刘斌,等.流态固化土在城市住宅项目中的应用研究——以武汉市新建居住、防护绿地项目为例[J].安徽建筑,2025,32(5):106-109.
- [5]DB31/T 1483-2024《建筑垃圾与工程泥浆再生自密实填筑技术规程》(S).
- [6]T/CECS 1175-2022,自密实固化土填筑技术规程[S].北京:中国计划出版社,2023.

作者简介：陈自然（1985—），男，汉族，四川宜宾人，本科，总工，研究方向：城市轨道交通。