

Research on compressive test based on solidification of mud waste soil

Yanli Tang

Middling Coal Jiangnan Construction Development Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract

To compare the mechanical performance differences between a new curing agent and traditional cement in soil reinforcement, laboratory comparative tests were conducted using unconfined compressive strength as the evaluation index under different material dosages (6%, 8%, 10%) and different curing periods (1d, 3d, 7d). The results showed that the unconfined compressive strength of soil reinforced with the curing agent was significantly higher than that of cement under various curing periods and dosages, and the strength advantage continued to increase with the increase in dosage and the extension of curing period. Cement strength mainly formed in the early stage, and tended to stagnate at the 7d curing period, while the curing agent exhibited a continuous and significant strength growth characteristic with the extension of curing period. Overall, the curing agent is superior to traditional cement in both early strength formation and long-term strength development, achieving better reinforcement effects at lower dosages and possessing good potential for engineering applications.

Keywords

mud waste soil; solidifying agent; compressive strength; Green Construction

基于泥浆废土固化的抗压试验研究

唐艳丽

中煤江南建设发展集团有限公司, 中国·广东广州 510000

摘要

为对比新型固化剂与传统水泥在土体加固中的力学性能差异,以无侧限抗压强度为评价指标,开展了不同材料掺量(6%、8%、10%)及不同养护龄期(1d、3d、7d)下的室内对比试验。结果表明:在各养护龄期及各掺量条件下,固化剂加固土体的无侧限抗压强度均显著高于水泥,且强度优势随掺量提高与龄期增长持续放大。水泥强度主要在早期形成,7d龄期增长趋于停滞,而固化剂随龄期延长呈现持续且显著的强度增长特性。综合来看,该固化剂在早期强度形成与长期强度发展上均优于传统水泥,可在较低掺量下实现更优的加固效果,具备良好的工程应用潜力。

关键词

泥浆废土; 固化剂; 抗压强度; 绿色施工

1 引言

我国城市化加速推动的各类工程建设产生了巨量工程废弃泥浆和渣土,此类废弃物具有高含水量、高含砂量、成分复杂等特点^[1],运输处理困难且易污染环境^[2],传统露天堆放、填埋的线性处理模式既浪费资源又引发环境问题,与绿色可持续发展及“双碳”目标相悖。因此,废弃泥浆渣土的无害化、资源化与减量化处理成为亟待解决的关键问题。

固化稳定化技术是实现其资源化的有效途径,通过添加固化材料改善土体力学特性以满足工程应用要求^[3]。传统水泥固化剂虽应用广泛,但针对高含水率、富含有机质淤泥质废土存在固化效率低、强度发展慢、碳排放大等劣势,处

理重金属污染土体效果亦不理想^[4]。近年来,新型低碳复合固化材料的研发及固化机理、长期性能研究成为热点。

国内外学者已开展大量相关研究:黄英豪等^[5]研究工业固废与水泥协同固化淤泥的效果及微观形貌;刘敏辉等^[6]发现固化黄土试样表面裂隙率随干湿循环次数升高;吴维江等^[7]揭示地聚物固化河道疏浚土强度与初始含水率、养护龄期的非线性关系;陈瑞芸等^[8]证实钠水玻璃激发的地聚物胶凝材料固化地基土的抗压强度为水泥固化土的2.73倍,耐蚀性优异;李洪珍等^[9]提出碱激发技术实现废弃泥浆快速固化,其强度随固化剂掺量和龄期线性增长;吴章平等明确淤泥固化土强度与养护龄期呈对数增长、与固化材料掺量呈线性增长的规律;刘洪涛等验证水玻璃基淤泥固化剂加固淤泥土的可行性。

现有研究仍存在不足:特定来源泥浆废土的物理化学成分差异显著,缺乏系统的特性识别与分类评价体系;固化

【作者简介】唐艳丽(1984-),女,中国云南玉溪人,本科,工程师,从事地基与基础工程施工管理研究。

剂最佳掺量、添加剂协同效应及养护龄期对强度发展的规律需进一步明确。本研究以某施工现场高含水率、高含砂量泥浆废土为对象,通过室内试验探究不同添加剂类型、掺量及养护龄期对试块无侧限抗压强度的影响,为该类废弃物高效固化与资源化利用提供优化配比参数和理论依据,推动“就地处理、就地消纳”绿色施工模式,对降低工程环境影响、发展循环经济具有重要现实意义和工程应用价值。

2 试验方案

2.1 试验用土

本次试验用土采用深圳市南山区前海某企业总部大厦项目中,泥浆护壁旋挖灌注桩桩钎铲除的废土。该废土的土体粒径分布及部分参数见图1、表1。

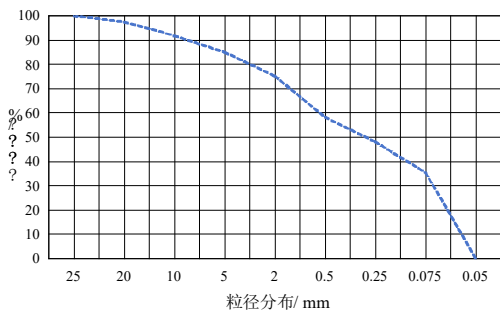


图1 土体粒径分布

表1 土体参数

含水率 / %	土粒比重	湿密度 g/cm^3	液限 / %	塑限 / %
39.1	2.65	2.01	28.2	19.3

2.2 添加剂及配置计划

本次试验计划分为两组。一组将固化剂作为添加剂,与现场废土分别按照6%、8%、10%的比例添加固化剂,另一组则采用水泥作为添加剂,添加比例与固化剂组一致。每一组分别做3组试块,每组试块在标准养护下分别养护1、3、7天,养护时间到期后立刻进行抗压试验。

2.3 试验过程

使用容器在现场取得泥浆废土,使用搅拌机对废土搅拌均匀,取得一部分废土送至试验室进行土工试验,剩余废土用于制作试块。

试块制作完成后使用保鲜膜覆盖,防止模具内土体水分蒸发,影响后续试验数据,见图2。24小时后进行脱模,脱模后根据每组试块添加剂含量以及后续养护试件进行编号、粘贴标签,见图3。

图4为养护1d龄期下,不同掺量的含固化剂试块与含水泥试块(后续简称固化剂试块、水泥试块)的无侧限抗压强度对比结果。由试验数据可知:两种加固材料的试块强度均随添加剂掺入量的提升呈增长趋势,但固化剂试块的强度增长幅度远高于水泥。在6%、8%、10%掺量下,固化剂试

块强度分别为1.134MPa、1.576MPa、2.617MPa,对应水泥试块强度仅为0.808MPa、0.952MPa、1.098MPa。



图2 试块覆盖保鲜膜



图3 试块粘贴标签

2.4 数据分析

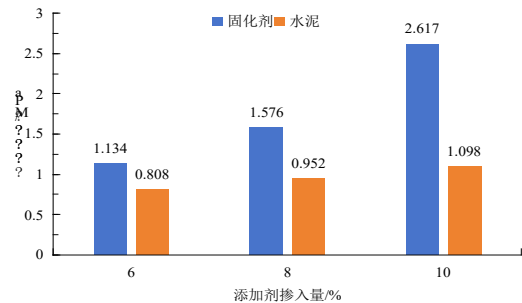


图4: 不同添加剂掺量抗压强度对比(养护1天)

在所有掺量水平下,固化剂试块的早期强度均显著优于水泥:6%、8%、10%掺量下,固化剂试块强度分别为水泥的1.40倍、1.66倍、2.38倍,且随掺量提升,固化剂试块的早期强度优势呈扩大趋势,说明该固化剂试块在养护1d的早期阶段即具备更优异的强度发展能力,高掺量下早期承载性能提升更为突出。

图5为养护3d龄期下,不同掺量固化剂试块与水泥试块的无侧限抗压强度对比结果。由试验数据可知:

相较于1d龄期,两种材料的试块强度均实现不同程度提升,固化剂试块的强度增长速率仍显著高于水泥。固化剂试块在6%、8%、10%掺量下强度分别为1.546MPa、1.981MPa、3.821MPa,水泥试块对应掺量下强度为

1.096MPa、1.338MPa、2.275MPa。

随掺量增加，固化剂试块强度呈加速增长态势：10%掺量下固化剂试块强度较8%掺量提升92.9%，而水泥试块10%掺量下强度仅为同掺量固化剂试块的59.5%。各掺量下固化剂试块强度分别为水泥的1.41倍、1.48倍、1.68倍，表明固化剂试块在3d龄期仍保持稳定的强度优势，高掺量下强度提升效果更为显著，中期承载性能持续优化。

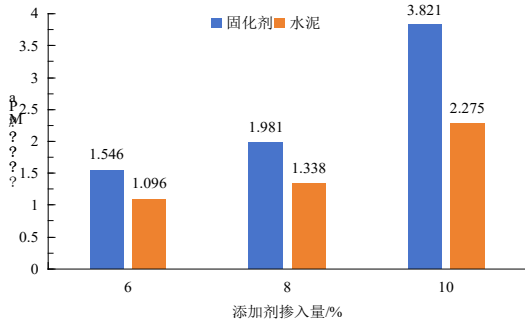


图5 不同添加剂掺量抗压强度对比 (养护3天)

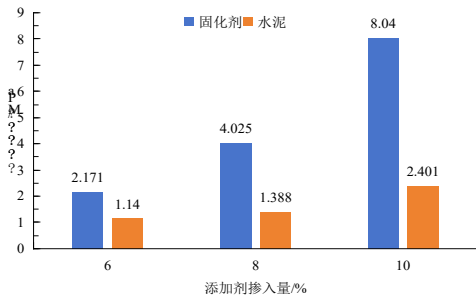


图6 不同添加剂掺量抗压强度对比 (养护7天)

图6为养护7d龄期下，不同掺量固化剂试块与水泥试块的无侧限抗压强度对比结果。由试验数据可知：

养护7d时，固化剂试块强度呈现爆发式增长，而水泥试块强度增长趋于平缓。固化剂试块在6%、8%、10%掺量下强度分别为2.171MPa、4.025MPa、8.04MPa，较3d龄期分别提升40.4%、103.2%、110.4%；而水泥试块对应掺量下强度仅较3d龄期提升4.0%、3.7%、5.5%，说明固化剂的水化/固化反应持续进行，后期强度贡献远大于水泥，而水泥试块强度主要在早期阶段形成，后期增长空间极小。

各掺量下固化剂试块强度分别为水泥的1.90倍、2.90倍、3.35倍，10%掺量固化剂试块强度达到同掺量水泥的3.35倍，优势达到峰值，体现出固化剂优异的长期强度发展性能，高掺量下长期承载能力大幅领先于水泥。

3 结语

掺量影响规律：两种加固材料的试块强度均随添加剂掺入量的提升而增长，但固化剂的强度增长幅度远高于水泥，10%掺量为固化剂的最优掺量，7d龄期下强度达8.04MPa，远高于同掺量水泥的2.401MPa。

材料性能对比：在所有试验龄期（1d、3d、7d）和所有掺量水平（6%、8%、10%）下，固化剂的试块强度均显著高于水泥，且强度优势随养护龄期延长、掺量提升持续扩大，7d龄期10%掺量下固化剂强度达到水泥的3.35倍，性能优势极为突出。

工程应用价值：该固化剂相较于传统水泥，具备更优异的早期强度发展能力和长期强度增长性能，可在更低掺量下实现与高掺量水泥相当的加固效果，大幅降低材料用量与工程成本，适用于软土路基、地基处理等对长期承载性能要求较高的岩土工程场景，具备广阔的工程应用前景。

参考文献

- [1] 乔京生,王旭影,王冠泓,等.粒化高炉矿渣微粉固化淤泥质土的动力特性及微观机理[J].硅酸盐通报,2021,40(07):2306-2312.
- [2] 陈蕊,杨凯,肖为,等.工程渣土的资源化处理处置分析[J].环境工程,2020,38(03):22-26.DOI:10.13205/j.hjgc.202003004.
- [3] 张鲲鹏,丁北斗,张宁,等.基于工业固废的粉土改良路用性能及固土机理研究[J].公路,2025,70(08):9-19.
- [4] 魏贺,贺勇,阳栋,等.水泥基复合材料固化铬污染盾构渣土性能及其机理研究[J].中南大学学报(自然科学版),2024,55(02):513-524.
- [5] 黄英豪,毛帅东,章明智,等.不同工业废渣-水泥协同固化淤泥力学强度与微观机理[J/OL].材料导报,1-9.
- [6] 刘敏辉,刘安龙,张晓波,等.矿渣基地聚物固化黄土干湿耐久性能机理研究[J].硅酸盐通报,2025,44(06):2210-2221.
- [7] 吴维江,谷雷雷,王盛年,等.工业固废基地聚物固化河道疏浚土力学特性试验研究[J].防灾减灾工程学报,2025,45(03):643-651.
- [8] 陈瑞芸,盛敏,胡杰,等.新型水泥土搅拌桩胶凝材料固化地基土性能研究[J].湖南大学学报(自然科学版),2025,52(05):108-117.
- [9] 李洪珍,吴书新,陈晨,等.基于桩基废弃泥浆的流态固化土力学性能及耐久性能研究[J/OL].中外公路,1-12.