

成型及养护制度 对疏浚土块体力学性能影响试验研究

吴峰¹, 高涛¹, 王铎鑫², 柴星宇², 江朝华²

(1. 山东省交通规划设计院有限公司, 山东 济南 250000; 2. 河海大学水利学科专业实验教学中心, 江苏 南京 210098)

摘要: 以航道整治疏浚土为原料, 采用半干法压制成型的方法制备水泥基材料。当疏浚土: 水泥: 矿粉: 石膏: 石灰 = 65: 18: 12: 2: 3 时, 成型压力 20MPa、标准养护及水固比 15.0% 条件下, 通过压制成型的疏浚土水泥基材料 28 天抗压、劈裂抗拉和浸水强度分别为 25.1MPa、2.5MPa 和 23.3MPa, 可以达到 C20 混凝土标准。基于水泥、矿粉等无机结合料, 以疏浚土为主要原料制备的水泥基材料抗压、劈裂抗拉强度高, 水稳定性好, 可替代普通混凝土制备压载块等水工材料就地应用于港航工程, 满足水工应用需要。

关键词: 疏浚土块体; 成型条件; 养护制度

中图分类号: TV4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 08—0116—03

1 前言

近年来我国水运事业发展迅猛, 为了更好地满足船舶的通行, 需要提升航道等级。疏浚作为提升航道等级的主要手段, 会产生大量的疏浚砂土, 传统的处理方式即抛弃到指定水域, 不仅对环境会造成破坏而且施工不当还会延误工期使工程成本增加。随着“绿色水运、生态航道”理念的推广, 将水运工程中的大量废弃疏浚土进行资源化处理引起了科技工作者的广泛关注^[1-2]。

研究表明将淤泥和砂性弃土进行混合, 掺入淤泥和砂性弃土研究其力学特性, 经固结处理之后, 土体的

膨胀系数较小而阻力增长系数较大^[3]。以黄河淤泥为原料, 在添加粉煤灰等材料的基础上制备承重多孔砖, 发现淤泥制备的多孔砖与黏土制备的多孔砖具有类似的性能^[4]。Basha^[5]等人分析了水泥和稻壳灰对废弃土固结程度和力学性能的影响, 研究结果表明向废弃土中加入水泥和稻壳灰会降低废弃土的塑性, 并且水泥和稻壳灰含量增加, 废弃土的抗压强度也会增加, 最终提出了最佳的水泥和稻壳灰配比来对废弃土进行固结处理。

本文针对黄河流域疏浚土特性, 通过添加适量水泥、石灰、石膏等廉价原料, 探寻采用半干法压制成型方法

水利部门一项单一性工作开展, 而应同截污纳管建设、河湖“两违”治理、长江大保护整治、高标准农田建设、乡村振兴、生态河道建设、美丽河道建设等工作有机结合, 加强部门联动, 集思广益, 开拓创新, 工作才能得到有效开展, 成效才能综合体现, 群众满意度才能得到提升。

参考文献:

[1] 王景芸, 等. 土工管袋脱水固化法在外沙湖底泥疏浚与处置工程中的应用 [R]. 河湖生态水环境专题论坛, 武汉, 2011.

[2] 季冰, 等. 疏浚淤泥的固化处理技术与资源化利用 [J].

安全与环境工程, 2010, 17(2): 54-56.

[3] 余灿. 河道底泥环保疏浚方式及处理方案研究 [J]. 科学技术创新, 2018, 12(2): 95-96.

[4] 金相灿, 等. 湖泊河流环保疏浚工程技术指南 [M]. TV851. 北京: 科学出版社, 2013: 196.

[5] JGJ 8-2016, 建筑变形测量规范 [S].

[6] DGJ32/TJ18-2012, 建筑物沉降、垂直度检测技术规范 [S].

将疏浚土制备成压载块、护面砖等水工材料的成型条件和养护方法。

2 实验材料及方法

疏浚土的颗粒形貌见图 1，颗粒的级配见图 2，从图中可知，土颗粒较小，成絮状聚集成整体，颗粒之间有黏连，边缘毛糙不光滑。

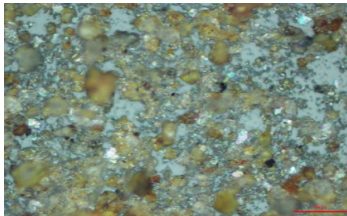


图 1 疏浚土微观形貌图

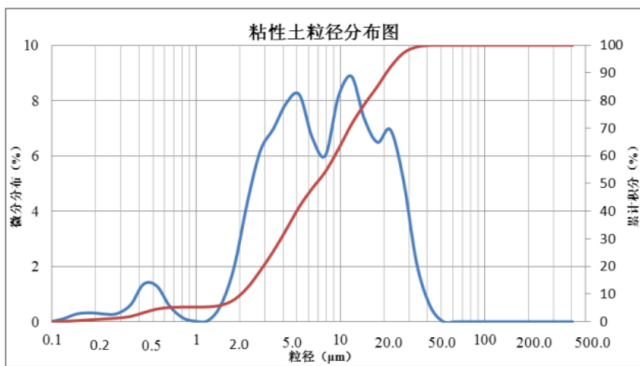


图 2 疏浚土颗粒分布图

按配比称取一定量干土、水泥、石膏、石灰、矿粉，加水拌和均匀。试件尺寸为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的立方体。成型方法为在 20MPa 下 400N/s 的加压速率压制成型。养护方法为在压制成型后的试件定期洒水养护。检测其抗压强度、劈裂抗拉强度和浸水强度，依照 DL/T 5150—2006（《水工混凝土试验规程》），其中浸水强度需试件到达检测龄期后浸泡水中 4 天后检测。

3 结果与讨论

3.1 压制强度

试件通过压制成型使其拥有部分的早期强度，也为后期强度的形成创造了有利条件，在压力作用下颗粒之间更加紧实，材料颗粒之间的物理化学反应可以持续地进行。

试件成型的压力选取为 5MPa 、 10MPa 、 15MPa 、 20MPa 、 25MPa 和 30MPa ，在水固比为 12% 的条件下，疏浚土、水泥、石膏用量为 70%、18%、2% 时，在标准养护 28d 后，成型的压力与 28 天抗压、劈裂抗拉、浸水强度关系见图 3。

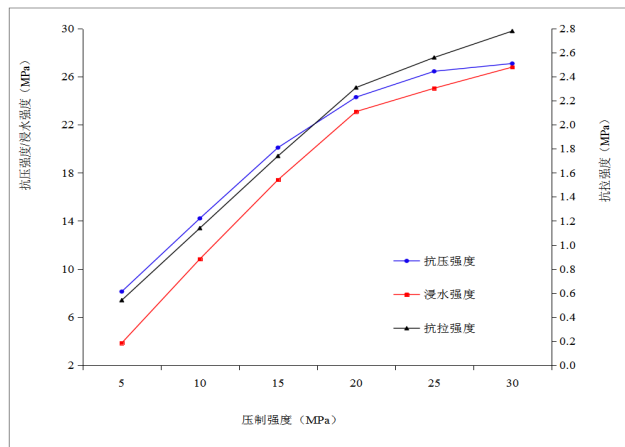


图 3 压制强度对疏浚土水泥基材料 28 天强度影响图

从上图可知，固化材料 28d 的强度与成型压力成正比。但并非成型压力越大越好，成型压力在 20MPa 以下时随着成型压力增加试件强度上升较快，成型压力大于 20MPa 时随着成型压力增加，试件强度上升平缓。一般而言，试件强度随成型压力增加而增加，当成型压力过大时，能耗、成本和设备的要求增加，压缩空气的反作用力更大，反而使得试件不利成型。综合考虑，试件成型压力选用 20MPa 。

3.2 成型水分的影响

影响试件强度另一个十分重要的因素是压制成型中的含水率，试件中的水起着多种作用，不仅作为润滑剂为颗粒移动润滑，并且可以使物料混合更加均匀，此外还是各种外加剂的溶剂，十分关键的是压制成型中试件的水本身能和原材料有关成分发生水化反应。许多试验发现压制成型的含水率并非越大越好，而是有一个最佳含水率，当含水率过大压制过程中容易出现黏模，而含水率太低的时候，压制成型的试件密实度很低使得其强度不高。除此之外，试件压制成型过程中所使用的压力也是影响试件性能的重要原因，压制成型的压力不同对应着不同的最佳含水率。本文以 20MPa 的压强探究在此压强下的最佳含水率。

当选定成型的压力 20MPa ，疏浚土的用量固定为 70% 时，水泥、石膏掺量为 18%、2%，在此条件下选取水固比分别为 10%、11%、12%、13% 和 14%，标准养护 28 天，掺水量对疏浚土水泥基材料 28 天性能影响曲线图见图 4。

从图 4 知，成型水分从 13% 逐渐增加到 15% 时试件的强度持续增长，当成型水分达 15%，试件抗压、浸水、劈裂抗拉强度均达到最大，当成型水分大于 15% 时试件的强度持续衰减。这是因为适量的水能够与物料中充

分发生水化反应使得试件强度提高。当含水率低于 15% 时, 试件中的水量不足以与原料发生完全的水化反应, 以至试件松散没有粘结力, 导致试件成型后出现分层、裂隙, 强度不足。当含水率高于 15% 时, 试件中水量过多出现过多泌水现象, 太多的水既阻碍了固化剂与材料的作用, 也降低了试件的密实度。根据试验结果, 本试验选取最佳的成型水分 15.5%。

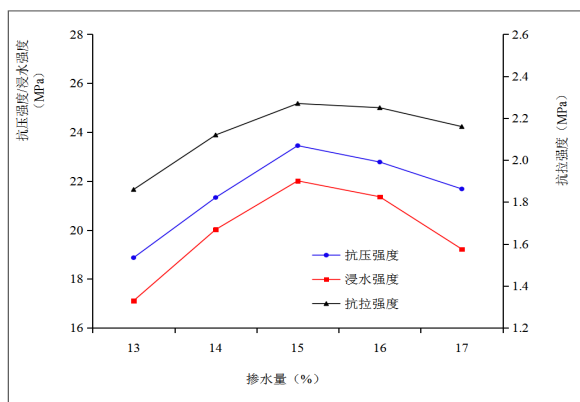


图4 掺水量对疏浚土水泥基材料 28 天性能影响

3.3 养护制度

在标准养护、自然养护、室内定期洒水养护和浸水养护条件下, 进行了压制成型疏浚土固化材料的力学性能试验并比较了四种养护方法对固化材料软化性能的影响。固化材料的标准养护制度是温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 湿度 $\geq 95\%$; 定期洒水制度为每 24 小时洒水一次, 浸水养护制度为成型脱模后的试件标养 3 天后浸水养护。

固定试验原料质量配比为疏浚土: 水泥: 矿粉: 石膏 = 70: 18: 10: 2, 成型压力 20MPa, 成型水分 15.5% 条件下, 考虑标准养护、自然养护、室内定期洒水养护和浸水养护条件下不同养护条件对固化材料 28d 劈裂抗拉、抗压、浸水强度的影响。

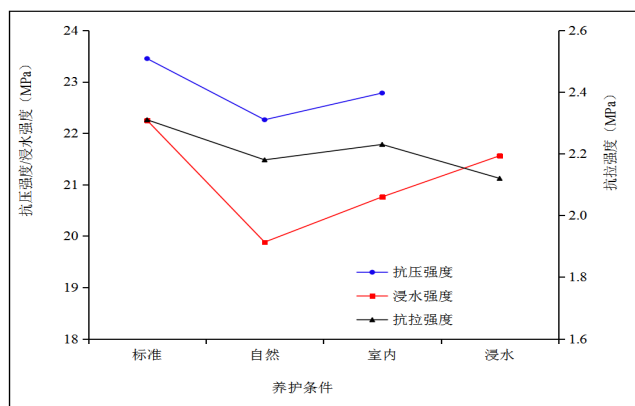


图5 养护方式对试件 28d 性能影响

疏浚土水泥材料常温条件下强度主要来源于水泥熟

料矿物的水化反应, 以及由外部提供的固化材料中水泥熟料矿物自身水化所需要的水分。由图 5 可知, 自然养护试件 28 天抗压强度、抗劈裂强度及抗水性能较差, 这是由于自然养护无法提供固化材料中水泥熟料矿物自身水化所需要的水分所致。室内定期洒水养护试件性能相比自然养护有所提高, 其 28d 浸水强度为 20.76MPa, 为试件抗压强度 (即软化系数) 的 91.1%。标准养护试件的性能最佳, 其 28d 浸水强度为 22.25MPa, 为试件 28 天抗压强度 94.8%, 明显提高了试件的抗水性能。标养 3 天后浸水养护强度较之标准养护的试件性能有所下降, 但不明显。可见, 温、湿度对试件影响很大, 适宜的养护方式对强度发展有着有益的促进作用。

4 结论

(1) 当疏浚土: 水泥: 矿粉: 石膏 = 70: 18: 10: 2, 成型压力 20MPa, 成型水分 15.5% 条件下, 通过压制成型的疏浚土水泥材料 28 天抗压、劈裂抗拉和浸水强度分别为 23.5MPa、2.3MPa 和 20.7MPa, 可以替代 C20 普通混凝土应用。

(2) 基于水泥、石膏和矿粉等无机结合料, 以航道工程整治疏浚土为主要原料, 通过半干法压制成型制备疏浚土水泥基材料。制备的固化材料抗压、劈裂抗拉强度高, 水稳定性好, 可替代普通混凝土制备压载块等水工材料就地应用于港航工程, 满足水工应用需要。

参考文献:

- [1] 朱伟, 张春雷, 刘汉龙, 等. 疏浚泥处理再生资源技术的现状 [J]. 环境科学与技术, 2002, 25(4): 39-41.
- [2] 王磊明, 肖慧荣, 程小军, 等. 硅酸盐制品半干压成型制度的研究 [J]. 江西建材, 2000(3): 17-23.
- [3] Mun K J, Hyoun W K, Lee C W. Basic Properties of Non-sintering Cement Using phosphogypsum and Waste Lime as Activator [J]. Construction and Building Materials, 2007, 21: 1342-1350.
- [4] 林宗寿, 黄赞. 碱度对磷石膏基免煅烧水泥性能的影响 [J]. 武汉理工大学学报, 2009, 31(4): 132-135.
- [5] Basha E A; Hashim R; Mahmud H B; Muntohar A S. Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement [J]. Construct Build Mater, 2005, 19(6): 448-453.