

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqyfh.241202

# 浅谈海绵土在上海绿环河道整治中的创新实践

项春

[上海奉贤建设发展(集团)工程有限公司,上海市 201400]

**摘要:** 随着城市化的快速发展,河道整治工程在提升城市水环境和生态功能方面扮演着至关重要的角色。海绵土作为一种新型生态护坡材料,保水性、透气性以及稳定性能卓越,在河道整治工程中展现出显著的应用性能。以上海市奉贤新城绿环梦泽冈身河道整治工程为案例,深入探讨海绵土作为格埂和种植用护坡的应用效果,系统分析了其技术可行性和经济性,确保在经济可行的同时,也符合可持续发展的要求,并提出了关键技术和优化建议,以期为类似工程提供技术参考。

**关键词:** 海绵土;河道整治;生态护坡;植被恢复

中图分类号: TU990

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)03-0302-05

## Brief Discussion on Innovative Practice of Sponge Soil in Green Ring River Regulation in Shanghai

XIANG Chun

[Shanghai Fengxian Construction Development (Group) Co., Ltd., Shanghai 201400, China]

**Abstract:** With the rapid development of urbanization, the river regulation projects play a crucial role in enhancing the urban water environments and the ecological functions. As a new type of ecological slope protection material, the sponge soil has the significant application potential in river regulation projects because of its excellent water retention, breathability and stability. Taking the Shanghai Fengxian New Town Green Ring Mengze Gangshen River Regulation Project as a case, the application effect of spongy soil as grid stem and planning for slope protection is deeply discussed. And its technical feasibility and economy are systematically analyzed, which ensures the economical feasibility of the project, and can also meet the requirements of sustainable development. The key technological and optimizing suggestions are proposed in order to provide a reference for similar projects.

**Keywords:** sponge soil; river restoration; ecological slope protection; vegetation restoration

## 0 引言

城市河道是城市生态系统的重要组成部分,其健康状况直接影响城市的生态环境和居民的生活质量。传统的硬质河道护岸虽然具有一定的防冲刷能力,但生态功能较差,不利于生物多样性的维护。海绵城市理念的提出,为河道整治提供了新的思路,生态护岸材料的探索和应用成为研究的热点;海绵土作为一种新型生态护岸材料,以其良好的生态功能和环境适应性,在河道整治工程应用中展现出巨大的潜力。

## 1 工程概况

奉贤新城绿环梦泽冈身河道整治工程位于上海

市奉贤区,是一项旨在提升区域防洪排涝能力、改善水环境及促进生态恢复的综合性水利项目。该工程涉及多条区级和村级河道,河道整治总长约6 922.8 m,现状河道宽度8~27 m,规划最高水位为3.80 m,常水位2.50~2.80 m。场地浅部地基土主要为①<sub>1</sub>层填土、②<sub>1</sub>层灰黄色粉质黏土、②<sub>3</sub>层灰色砂质粉土、③层灰色淤泥质粉质黏土,河床上分布有①<sub>2</sub>层灰黑色浜填土,层厚为0.20~1.40 m,以黏性土为主,含有机质、煤渣、砖石等杂物。

该工程河道整治将融合生态护岸材料——海绵土,以增强岸坡稳定性的同时实现植被种植,兼顾结构安全、生态兼容性和景观协调性,采用ISER生态护岸结构设计,断面形式采用格埂+护坡,格埂(基础)及护坡(侵蚀区域)采用ISER海绵土铺设,护坡厚度为200 mm,坡度1:2,如图1所示。

收稿日期: 2024-12-10

作者简介: 项春(1975—),男,学士,工程师,从事工程项目建设管理工作。

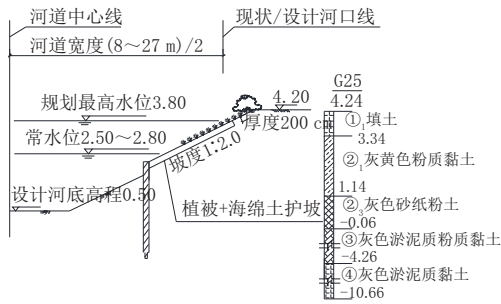


图1 护岸结构断面图

$$P = \frac{c}{w} \quad (1)$$

式中: $P$ 为固化剂的掺量,%,控制在海绵土混合料总重量的7%~12%; $c$ 为固化剂混合料的重量,kg,包括矿物掺和料、ISER改良剂等无机水硬性胶凝材料; $w$ 为海绵土的总重量,kg,包括疏浚底泥、水、固化剂混合料等。

## 4.2 原材料控制

所有用于海绵土制备的原材料,包括疏浚底泥、固化剂混合料等,均应经过严格的质量检验,并符合相关标准。

(1)疏浚底泥:应清除树枝、大颗粒石块等杂物,石块、砖块等杂物粒径不宜大于50 mm;用于固化的疏浚底泥含水率宜为40%~90%,有机质含量不宜大于10%,确保为植物生长提供良好的土壤环境。

(2)固化剂混合料:按每300 t为一组进行取样送检,细度不宜大于5%,密度应不小于 $2.5 \text{ g/cm}^3$ ,胶砂7 d抗压强度应不小于17 MPa,28 d抗压强度应不小于32.5 MPa,现场取样送检情况如表1所列;未使用或待使用的材料需按照场内材料堆放要求,按规定堆放在指定位置,做好防护措施,保证材料品质。

表1 固化剂混合料原材检测

检验项目	技术指标	检验结果
细度(筛析法)/%	$\leq 5.0$	2.4
密度/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	$\geq 2.5$	3.17
7 d抗压/MPa	$\geq 17.0$	28.8
28 d抗压/MPa	$\geq 32.5$	53.2

(3)供应商管理:原材料的供应商均需经过严格筛选,确保供应材料的稳定性和可靠性。

## 4.3 海绵土拌制

海绵土的现场制备是一个涉及疏浚底泥和固化剂应用的复杂过程。该技术的核心在于将底泥进行搅拌,并添加ISER固化剂以增强土壤的工程性质<sup>[2]</sup>。

(1)精选河道疏浚底泥作为原料,确保其中无大颗粒杂质,其含水率宜控制在40%~90%,以维持适宜的工作性,含水率以70%为最佳。

(2)采用原位搅拌机现场原位拌合的方式进行拌制,原位搅拌机是一种专门用于施工现场的设备,由挖掘机挖斗配置搅拌设备而成,常用斗容有0.3、0.5、1.0  $\text{m}^3$  3种,能够在工地上直接对土壤进行搅拌处理,而不需要将土壤运输到别处进行集中拌合,具有高效混合、原位处理、操作便捷、适应性强、环境友

## 2 海绵土的定义与特性

海绵土主要由疏浚底泥和固化剂混合料等成分构成,这种复合材料的结合不仅能够提供植物生长所需的多种营养元素,有效解决了城市化进程中种植土资源短缺的问题,而且其独特的孔隙结构赋予了材料出色的抗冲刷性和水稳定性。

这不仅为河道护坡工程提供了坚实的结构支持,减少了水力侵蚀对坡面的破坏,还为植物根系提供了一个湿润且富含氧气的生长环境,有利于植物的健康生长和根系发展,进而促进了河道生态系统的恢复和生物多样性的提升,为城市绿化和河道整治工程提供了一种既环保又高效的解决方案。

## 3 海绵土生态护岸修复施工工艺流程

海绵土的制备与应用是一个涉及多个步骤的复杂过程,每一个环节都对最终的生态护岸结构和植被恢复效果有重要影响。主要施工步骤如下。

- (1)海绵土配合比设计。
- (2)原材料控制。
- (3)海绵土拌制。
- (4)生态护岸结构施工。
- (5)海绵土养护。
- (6)质量检测与评估。
- (7)植被恢复。

## 4 关键技术要求

### 4.1 配合比设计

配合比对于海绵土的物理和化学性质至关重要,应根据实验室试验和现场试验确定最佳施工配合比,通过精确控制固化剂与土壤的混合比例,优化海绵土的孔隙结构、密度、渗透性和养分保持能力,确保海绵土的均匀性、耐久性和安全性。

固化剂掺量按下式计算:

好等优点,这种设备尤其适用于生态护坡和环境修复工程。

(3)确保固化剂与疏浚底泥混合均匀,搅拌时间控制在5~10 min,搅拌速度保持在60~120 rad/min。

(4)搅拌完成后应对固化土的流动度进行抽样检测,若不满足施工条件应及时调整工艺和材料用量,直至符合质量要求后方可进行施工。

(5)避免在大雨或者暴雨天气下实施原位搅拌,应采取遮雨措施确保施工配合比精确。海绵土搅拌均匀后宜现配现用。

#### 4.4 生态护岸结构施工

在生态护岸工程中,海绵土流动度控制、铺筑、整平是确保海绵土施工质量的关键环节。

##### (1)流动度控制

海绵土的浆液流动度应根据施工工况、施工性能要求取值。采用原位搅拌工艺,浆液流动度宜控制在100~150 mm。当护坡坡度大于1:1时,浆液流动度宜取小值,当坡度小于1:1时,浆液流动度可取大值。

##### (2)海绵土铺筑

海绵土铺筑前,应对基底进行处理,清除建筑垃圾、树根、杂草等。然后使用定位标记进行标高控制,确保铺设厚度的均匀性和准确性。

护坡厚度是基于土壤力学性能和生态需求的综合考量,旨在确保植被根系的良好生长和土壤的侵蚀控制能力。常规海绵土护坡设计厚度100~300 mm,可一次摊铺到位,无需分层铺设。

##### (3)海绵土整平

海绵土铺筑完成后,采用专业的整平设备,如刮板或整平机,对海绵土层进行整平,确保坡面平整度控制在护坡设计厚度的10%以内,且最大不超过30 mm,确保护坡观赏质量,且有利于后续的植被生长和土壤抗侵蚀能力。

##### (4)海绵土拉毛(划槽)

海绵土整平完成后,需在其初凝之前(海绵土初凝时间一般控制在4~6 h),使用拉毛设备如振动拉毛器、刮板机等,对海绵土护坡表面进行拉毛处理,一是为了减少海绵土护坡养护过程中产生的收缩裂缝,二是通过拉毛形成槽道,提高护坡表层对植物根种的摩擦力和附着力,防止外力作用下植物滑脱。海绵土护坡拉毛以水平方向(即顺河道方向)为宜,拉毛深度与宽度一般控制在10~20 mm。

#### 4.5 海绵土养护

##### (1)固化时间

海绵土的固化时间对其早期强度发展和后续施工安排至关重要。因此,需要密切监控终凝时间,确保其控制在12 h内。固化过程中,应保持环境温度和湿度的适宜条件,以促进固化剂的化学反应和土壤的强度发展。

##### (2)养护环境

海绵土终凝固化后,进入日常养护阶段,养护时间为28~45 d不等。需确保养护环境的温度和湿度适宜,避免极端温度和直接日晒或强风,这些因素都可能影响海绵土的成型过程。

##### (3)保湿覆盖

应及时使用保湿材料如湿布、塑料薄膜或专门的养护膜对海绵土进行覆盖,以减少水分蒸发,保持湿润状态。

根据环境条件,定期洒水以补充流失的水分,确保每天洒水至少1次,高温天气洒水不少于2次,保持土壤湿润,直至海绵土完全成型。

##### (4)防止污染

确保养护期间海绵土不受污染,避免使用可能影响土壤质量的水源,同时防止化学物质和杂质的侵入。

#### 4.6 质量检测与评估

施工完成后,应对海绵土进行全面的质量检测,包括强度、干密度、孔隙率等技术指标的测定。

(1)干密度:定期检测海绵土干密度,确保达到 $\geq 0.8 \text{ g/cm}^3$ ,以满足设计要求。

(2)抗压强度:通过标准养护条件下的试块测试,确保28 d抗压强度达到 $\geq 0.3 \text{ MPa}$ 。

(3)孔隙率:控制在25%~30%,以保证土壤的透水性和透气性,满足生态功能需求。

#### 4.7 植被恢复

植被恢复是河道整治工程中实现生态恢复的重要环节。海绵土作为种植基层,为植被提供了必要的生长介质。

(1)植物选择:根据当地气候和土壤条件,选择适宜的本土植物种类,应具有较好的耐碱性,以确保植物的成活率和生态适应性。

(2)种植时机:选择适宜季节和天气进行植物种植,避免极端气候条件下施工,一般春秋两季为最佳种植期,夏季种植需适当加强养护措施。

(3)灌溉系统:建立有效的灌溉系统,确保植物



在初期生长阶段有充足的水分供应,特别是在干旱、高温季节,1 d灌溉不少于3次。

## 5 应用效果分析

该项目试验段实施了海绵土生态护岸修复技术后,起到了稳定河岸、固定底泥、增加河道过流能力,以及提升河道水质与景观的效果。

### 5.1 土样检测效果

海绵土掺量7%,浇筑日期为2024年7月28日,经覆盖保湿养护28 d,对海绵土物理力学指标进行了抽样检测,无侧限抗压强度为0.5 MPa、干密度为0.94 g/cm<sup>3</sup>、pH值为8.42,电导率为37.6 mS/m,有机质含量为5.96 g/kg,毛管孔隙为58.5%,总孔隙为62.2%,具体数据见表2至表4,电导率与孔隙率大为改善,满足护岸设计抗冲刷性、及植物生长环境指标要求<sup>[1]</sup>。

表2 海绵土物理指标检测表

样品名称	样品规格/(mm×mm×mm)	设计孔隙率/%	检测结果/%
海绵土	70.7×70.7×70.7	≥25	29

表3 海绵土力学指标检测表

样品名称	设计强度/MPa	龄期/d	养护条件	检测结果		强度代表值/MPa
				破坏荷载/kN	抗压强度/MPa	
海绵土	≥0.3	28	标准养护	2.41	0.5	0.5
				2.25	0.5	
				2.18	0.4	

表4 海绵土种植条件指标检测表

样品名称	样品状态	检测项目	检出限	检测结果
底泥	固态	pH值	—	8.08
		电导率/(mS·m <sup>-1</sup> )	—	2.31×10 <sup>3</sup>
		有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	0.300	12.6
		毛管孔隙/%	—	18.8
		总孔隙/%	—	22.6
		非毛管孔隙/%	—	3.74
海绵土	固态	pH值	—	8.42
		电导率/(mS·m <sup>-1</sup> )	—	37.6
		有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	0.300	5.96
		毛管孔隙/%	—	58.5
		总孔隙/%	—	62.2
		非毛管孔隙/%	—	3.75

### 5.2 植被恢复效果

#### (1) 草皮种植段

局部护坡段落植被种植方式采用草皮,主要由75%的细叶草和25%的大叶草混合而成。草皮铺设日期为2024年7月30日,正值夏季高温期,经浇水

养护7~10 d后,草皮已开始在海绵土面层扎根。浇水养护30 d后转为自然养护,目前草皮长势良好,存活率达到了95%以上,如图2所示。



图2 草皮生长情况

#### (2) 草籽种植段

局部护坡段落植被种植方式采用撒草籽,草籽种类为二月兰。

首次撒播草籽日期为2024年8月2日,气温35~38℃,日照强烈,草籽虽经洒水养护,但仍枯死。第二次撒播草籽的日期为2024年10月10日,气温22~26℃,养护初期每天浇水一次,7 d后,草籽已开始在海绵土面层发芽扎根,养护30 d后转为自然养护(无需人工洒水),目前草籽长势良好,已形成大片草皮,存活率达到了98%以上,如图3所示。



图3 草籽生长情况

## 6 结语

本文针对上海市奉贤新城绿环梦泽冈身河道整治工程中海绵土的应用进行了深入分析,提出了海绵土生态护岸修复施工的全过程技术要求,包括海绵土配合比设计、拌制、浇筑、养护、检测等内容,验证了海绵土作为一种生态护岸材料在城市河道生态护岸恢复中的技术可行性和环境适应性。

按园林绿化栽植土质量标准评定,河道底泥经海绵土改良后有机质含量减少,降低了土壤肥力,土壤酸碱度呈弱碱性,不利于绿植生长,后期应加强海绵土固化剂混合料中有机物质配比、酸碱度方面的相关研究,以提高该材料在其他地区的适用性。

随着海绵城市理念的推广和生态环保要求的提高,海绵土技术的应用将有助于实现城市水环境的

长期改善和生态平衡。海绵土技术充分利用原位土壤和河道底泥,具有可循环利用的特点与生态友好性,符合可持续发展原则,未来将进一步研究探索海绵土在不同环境条件下的适应性和结构稳定性,对污染物的吸附和净化能力,以及对水分的保持和调节能力,为城市河道整治提供一种环境友好型的解

决方案。

参考文献:

- [1] DG/TJ 08-2331—2020,原位利用疏浚泥建设生态护岸技术标准[S].
- [2] 田旭,董家晏.一种利用疏浚泥原位固化制备海绵土生态护坡的方法:中国,CN201810615004.9[P].2020-08-04.

(上接第301页)

(3)尽管采用CFG桩处理方案相比水泥土搅拌桩处理会增加一定的造价,但在保证工程质量和稳定性的前提下,仍然是更为合理和可靠的选择。

参考文献:

- [1] 龚晓南.地基处理手册[M].3版.北京:中国建筑工业出版社,2008.

- [2] 张怀鹏.水泥土搅拌桩在昆明地铁泥炭质土中的应用研究[D].成都:西南交通大学,2019.
- [3] 夏梓涵,梁云超.泥炭质软土路基CFG桩地基处理技术分析[J].运输经理世界,2021(28):14-16.
- [4] 饶军应,张庆文.云南省泥炭、泥炭质土地基治理技术进展[J].西部探矿工程,2007(10):23-25.