

粘性土和淤泥质土相结合的堤防结构设计及施工方法

石蓝星¹ 张超² 可宝玲³

1. 南京市长江河道管理处 江苏南京 210000
2. 泗洪县水利工程有限公司 江苏宿迁 223900
3. 秦淮区水务设施养护所 江苏南京 210001

摘要: 淤泥质土在我国滨海及河流湖泊滩区普遍存在,在河道、湖泊疏浚,市政、交通工程建设过程中常常会产生大量难以利用的淤泥质土,工程中一般把淤泥质土当作弃渣处理,弃渣一方面会占用大量土地,另一方面对生态环境的污染较大。如何实现淤泥质土的资源化利用是工程领域备受关注的课题。在堤防工程建设过程中需要大量的堤防土料,由于工程投资、土料资源不足、征地环保等因素限制,往往需要合理考虑利用淤泥质土作为堤防材料。然而淤泥质土由于其含水量高、承载力低、长期变形特性和力学特性较差,直接用于堤防填筑难以保证堤防的稳定,施工难度较大,现有堤防工程少有应用淤泥质土作为堤防材料。且现有技术中采用淤泥质土堤防的方法中,全断面采用淤泥质土或淤泥袋填筑的围堰堤坝,耐久性和抗渗性能较差,挡水时容易发生渗漏。

关键词: 粘性土; 淤泥质土; 堤防结构设计; 施工方法

Design and construction method of embankment structure combining cohesive soil and muddy soil

Lanxing Shi¹, Chao Zhang², Baoling Ke³

1. Nanjing Yangtze River Management Office 210000 Nanjing, Jiangsu
2. Sihong County Water Conservancy Engineering Co., Ltd. Jiangsu Suqian 223900
3. Qinhuai District Water Facilities Maintenance Institute, Nanjing 210001, Jiangsu

Abstract: Silty soils are commonly found in coastal and riverbank areas in China. During the dredging of rivers and lakes and the construction of municipal and transportation projects, a significant amount of unusable silty soil is often generated. In engineering projects, silty soil is typically treated as waste material. Disposing of this waste material not only occupies a substantial amount of land but also poses a significant threat to the ecological environment due to pollution. The resource utilization of silty soil has thus become a highly regarded topic in the engineering field. In the construction of embankment projects, a considerable quantity of embankment material is required. Due to factors such as project investment, limited soil resources, land acquisition, and environmental protection, it is often necessary to consider the rational use of silty soil as embankment material. However, the high moisture content, low bearing capacity, long-term deformation characteristics, and poor mechanical properties of silty soil make it challenging to use directly as embankment fill material. This leads to difficulties in ensuring the stability of the embankment and poses significant construction challenges. As a result, the use of silty soil as embankment material is not widespread in existing embankment engineering methods. Additionally, the use of full-section silty soil or silty bags for embankment dams in existing techniques tends to have poor durability and impermeability, making them prone to seepage during water retention.

Keywords: Cohesive Soil; Silty Soil; Design of Embankment Structure; Construction Methods

一、背景技术

现有的堤防结构的内外平台采用淤泥质土填筑，主堤身仍采用粘性土料填筑可以满足堤防稳定和挡水的需要，不影响堤防的使用功能，解决了淤泥质土堤防承载力低、稳定性差、用于堤防填筑施工难度大等问题。但是，该结构存在以下问题：1、内外平台采用的袋装的淤泥质土，施工工序较多，施工费时费力；2、外平台的迎水面无任何防护结构，外平台稳定性差；3、袋装的淤泥质土无密封长期暴露在空气中，容易产生干缩裂缝，影响平台的长期稳定运行。

二、技术方案

提供一种稳定性好的粘性土和淤泥质土相结合的堤防结构及其施工方法。

1.设计方案：一种粘性土和淤泥质土相结合的堤防结构，包括主堤身、设置在主堤身外侧的外平台和设置

在主堤身内侧的内平台，主堤身由粘性土填筑而成，其特征在于：外平台包括外平台本体，内平台包括内平台本体，外平台本体和内平台本体均由淤泥质土填筑而成，外平台本体迎水面上由内向外铺设用于保护外平台本体的反滤土工布和雷诺护垫。

2.堤防结构的施工方法，包括以下步骤：

S1、清理地基、平整地基；

S2、采用粘性土分层填筑主堤身；

S3、采用淤泥质土填筑内平台本体和外平台本体；

S4、铺设粘土保护层，碾压密实；

S5、内平台本体和外平台本体排水固结、整形完成后，外平台本体的迎水侧坡面由内向外依次铺设反滤土工布、雷诺护垫，外平台本体的反滤土工布和雷诺护垫底部延伸至地面以下，顶部延伸至外平台本体迎水面的坡顶，内平台本体远离主堤身一侧的坡脚开挖排水沟。

三、附图说明

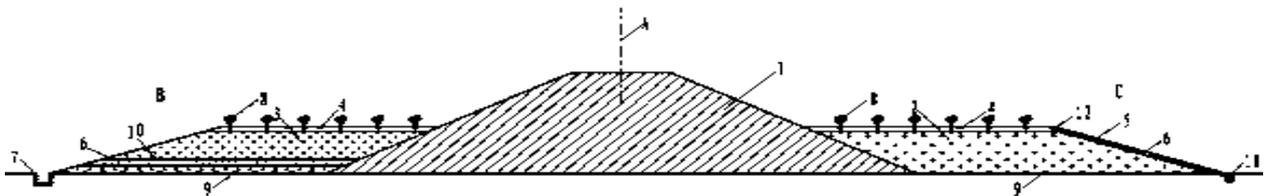


图1为堤防的横断面图

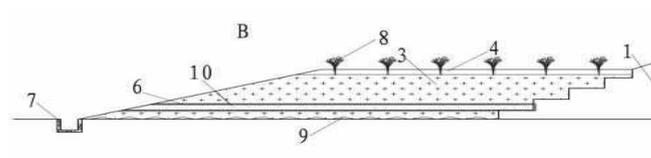


图2为内平台与主堤身的连接结构示意图

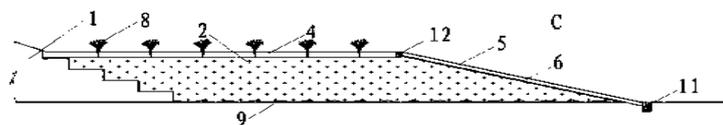


图3为外平台与主堤身的连接结构示意图

附图：1-主堤身，2-外平台本体，3-内平台本体，4-粘土保护层，5-雷诺护垫，6-反滤土工布，7-排水沟，8-草本植物，9-土工格室，10-粗砂垫层，11-脚槽，12-封顶，A-主堤身的轴线；B-主堤身的内侧；C-主堤身的外侧。

四、具体实施方式

1.如图1所示，一种粘性土和淤泥质土相结合的堤防结构，包括主堤身1、设置在主堤身1外侧的外平台和设置在主堤身1内侧的内平台，主堤身1外侧为迎水侧，主堤身1内侧为背水侧，主堤身1由粘性土分层填筑而成，具有良好的密实度和承载力，耐久性和抗渗性能好；

外平台包括外平台本体2，内平台包括内平台本体3，外平台本体2和内平台本体3均由淤泥质土填筑而成。

主堤身1的端面为主堤身1堤顶、内外坡、地面连接形成的梯形断面；内平台为因稳定和管理需要在堤内侧设置的平台，断面形状类似于平行四边形；外平台为因稳定和管理需要在堤外侧设置的平台，断面形状类似于

平行四边形;

设计中,主堤身1采用黏粒含量10%~35%,塑性指数7~20的粘性土填筑。

设计中,外平台顶部的坡度为1%~2%,并向迎水侧倾斜,内平台顶部的坡度为1%~2%,并向背水侧倾斜,便于外平台顶部和内平台顶部的排水。

主堤身1的外侧边坡和内侧边坡自坡脚向上设置有台阶,台阶布置至外平台和内平台的顶部为止,外平台本体2和内平台本体3靠近主堤身1一侧均设置在台阶上,保证外平台、内平台与主堤身1接触良好。

设计中,每一级台阶的高度为0.3~0.5m,便于施工。

外平台本体2和内平台本体3与地面之间均铺设土工格室9,土工格室9是由强化的HDPE片材料,经高强度焊接而形成的一种三维网状格室结构,材质轻、耐磨损、化学性能稳定、耐光氧老化、耐酸碱,适用于不同土壤与沙漠等土质条件,土工格室9能提高地基的抗剪力和摩擦力,减少或延缓地基材料在荷载的压力或震动作用下发生移动的能力,从而提高内平台和外平台的稳定性。

外平台本体2迎水面上由内向外铺设用于保护外平台本体2的反滤土工布6和雷诺护垫5;反滤土工布6只允许水透过,不允许土体被带出,能有效防止淤泥质土的流失,防止发生渗透破坏;雷诺护垫5是由金属网面构成的厚度远小于长度和宽度的垫形工程构件,雷诺护垫5中装入块石或卵石等填充料后铺设在外平台本体2迎水侧,用于防止水流冲刷造成外平台的破坏,能解决淤泥质土抗冲性能差的问题。设计中,雷诺护垫5的厚度为0.3m。

外平台本体2的反滤土工布6和雷诺护垫5底部延伸至地面以下,顶部延伸至外平台本体2迎水面的坡顶,能够对外平台本体2迎水侧的坡脚至坡顶进行完全防护,防止水流直接冲刷外平台本体2迎水侧的坡顶和坡脚。

雷诺护垫5的底部设置有脚槽11,脚槽11为靠近雷诺护垫5底部的地面向下凹陷形成的凹槽,脚槽11沿外平台长度方向布置,脚槽11内设置有第一挡块,雷诺护垫5抵靠在第一挡块上,第一挡块作为雷诺护垫5的基础,也能防止外平台本体2迎水侧的坡脚被冲刷。

雷诺护垫5的顶部设置有封顶12,封顶12布置在外平台本体2顶部边缘处,封顶12为第二挡块,封顶12沿外平台长度方向布置,封顶12能防止外平台本体2迎水侧上部受雨水及水流冲刷,封顶12、雷诺护垫5、脚槽

11内的第一挡块共同形成一个整体以防止水流冲刷,使得采用淤泥质土填筑而成外平台本体2的抗冲性能好,稳定性显著提高。

设计中,第一挡块和第二挡块均采用C20素混凝土浇筑而成。

外平台本体2顶部和内平台本体3顶部均设置有用于密封的粘土保护层4,外平台本体2的黏土保护层一侧紧贴封顶12,黏土保护层可以有效解决淤泥质土易形成干缩裂缝的问题,有利于堤防结构的长期运行。设计中,黏土保护层为0.5m,并黏土保护层上种植草本植物8。

内平台本体3中设置有一层用于排水的粗砂垫层10,粗砂垫层10上下表面均设置有反滤土工布6,内平台本体3远离主堤身1一侧的坡脚设置有排水沟7,排水沟7沿内平台本体3长度方向布置,以汇集淤泥质土固结排水和雨水。设计中,粗砂垫层10位于内平台本体3的基础以上0.5m,粗砂垫层10中的粗砂粒径为0.5~1.0mm,内平台本体3采用粗砂垫层10辅助排水,不仅有利于施工期淤泥质土的快速固结,而且有利于堤防结构运行期堤身渗水的排出和浸润线的降低,提高堤防结构的稳定性。

2.粘性土和淤泥质土相结合的堤防结构的施工方法,包括以下步骤:

S1、清理地基、平整地基:对主堤身1、外平台、内平台范围内的植物根茎、杂物、垃圾应彻底清除,并对地基作平整处理,保证干地施工,满足堤防填筑的要求。

S2、采用粘性土分层填筑主堤身1:主堤身1采用粘性土分层填筑,分层厚度30~50cm,逐层碾压密实直至设计主堤身1堤顶高程。

S3、采用淤泥质土填筑内平台本体3和外平台本体2:主堤身1填筑至内平台本体3和外平台本体2设计高程后即可开始内平台本体3和外平台本体2的施工;

将主堤身1内侧和外侧边坡自坡脚向上开挖成台阶状,台阶高度0.3~0.5m,台阶宽度0.5~1.0m,在内平台本体3和外平台本体2基础范围铺设土工格室9;

内平台本体3的施工分两个时段间隔进行,铺设完土工格室9后先填筑一层0.5m厚淤泥质土,待该层淤泥质土自然排水固结形成硬壳层后整平,在硬壳层上依次铺设反滤土工布6、粗砂垫层10、反滤土工布6,继续采用淤泥质土进行堆筑,直至内平台本体3设计高程;

外平台本体2采用淤泥质土一次堆筑至设计高程、整平成型;

主堤身1坡面的坡比为1:2.0~3.0,外平台、内平台的坡比可在1:2.0~5.0的范围内调整,以保证外平

台、内平台的稳定性为主。

S4、铺设粘土保护层4，碾压密实；内平台本体3和外平台本体2填筑完成后静置3~6个月，待淤泥质土自然排水固结后采用碾压设备对内平台本体3和外平台本体2反复碾压平整，碾压平整之后在内平台本体3和外平台本体2顶部铺设0.5m厚的粘土保护层4并碾压密实，粘土保护层4所用土料与主堤身1填筑土料性质一致，以保证粘土保护层4与主堤身1的密封性。

S5、内平台本体3和外平台本体2排水固结、整形完成后，外平台本体2的迎水侧坡面由内向外依次铺设反滤土工布6、雷诺护垫5，雷诺护垫5底部延伸至地面以下，顶部延伸至外平台本体2迎水面的坡顶，内平台本体3远离主堤身1一侧的坡脚开挖排水沟7。

建造上述实施例中的堤防结构时应根据《堤防工程设计规范》要求开展不同工况条件下堤坡稳定性验算，以合理确定内外平台宽度和高程，使抗滑稳定安全系数大于规范允许值。

设计通过对传统均质堤防分区填筑并采取防冲和防裂措施，成功采用淤泥质土填筑内外平台，节省了土料资源，同时实现了淤泥质土在堤防工程中的资源化利用，利用反滤土工布6加雷诺护垫5的结构有效提高了外平台的抗冲能力，提高了整个堤防结构的稳定性。

五、有益效果

1.采用反滤土工布和雷诺护垫对淤泥质土填筑的外

平台迎水面进行防护，反滤土工布只允许水透过，不允许土体被带出，能有效防止淤泥质土的流失，防止发生渗透破坏，雷诺护垫可以有效解决外平台迎水侧防冲的问题，防止水流冲刷造成外平台的破坏，解决淤泥质土抗冲性能差的问题，对平台的长期稳定更有利；

2.平台顶部采用粘性土料进行密封，可以有效解决淤泥质土易形成干缩裂缝的问题，有利于堤防的长期运行；

3.堤内平台采用粗砂垫层辅助排水，不仅有利于施工期淤泥质土的快速固结，还有利于堤防结构运行期堤身渗水的排出和浸润线的降低，避免堤防结构被长期浸泡；

4.采用土工格室辅助加强堤防结构的地基，能提高地基的抗剪力和摩擦力，减少或延缓地基材料在荷载的压力或震动作用下发生移动的能力，从而提高内平台和外平台的稳定性；

5.相比于现有技术，直接采用天然淤泥质土堆筑，施工方便，无需装袋的施工工序。

参考文献：

[1]余朝伟.淤泥固化桩技术在吹填土路基工程中的研究与应用[J].四川水泥,2017(03).

[2]屠建文.吹填施工中淤泥质土填区的测量与施工控制方法[J].中国水运,2015(05).

[3]范杰;李庚英.再生淤泥砖的力学性能及其影响因素分析[J].新型建筑材料,2017(02).