

土工布在江苏省堤防工程中的差异化应用研究

李恩玉¹ 吴浩泽¹ 冯登夷¹ 严行云²

1 江苏省防汛防旱抢险中心 2 江苏省水利科教中心

DOI:10.32629/hwr.v9i11.6663

[摘要] 本文基于江苏省三大水系堤防土壤的工程特性,结合无纺土工布的物理力学性能,通过理论计算与实证分析,明确不同土壤类型、险情场景下土工布的差异化选型标准,优化施工工艺要点,为江苏省堤防工程土工布的科学应用提供技术支撑。研究表明:长江、淮河、沂沭泗水系堤防的沙壤土、粉砂层等透水率大的土壤,适配 250g/m²~300g/m²长纤无纺针刺土工布;黏土、粉质黏土等透水率小的土壤,应选用300g/m²、等效孔径0.102mm左右的长纤无纺针刺土工布。该研究可为堤防工程防汛抢险与日常加固提供实践指导,提升工程抗灾能力与耐久性。

[关键词] 土工布; 堤防工程; 差异化应用; 险情类型; 土壤特性; 江苏省

中图分类号: S15 **文献标识码:** A

Research on differentiated application of geotextile in embankment engineering in Jiangsu Province

Enyu Li¹ Haoze Wu¹ Dengyi Feng¹ Xingyun Yan²

1 Jiangsu Provincial Flood and Drought Prevention and Rescue Center

2 Jiangsu Provincial Water Resources Science and Education Center

[Abstract] Based on the engineering characteristics of soil in the three major water system embankments in Jiangsu Province, combined with the physical and mechanical properties of non-woven geotextiles, this article clarifies the differentiated selection standards of geotextiles under different soil types and dangerous scenarios through theoretical calculations and empirical analysis, optimizes the key points of construction technology, and provides technical support for the scientific application of geotextiles in embankment engineering in Jiangsu Province. The research results indicate that soils with high permeability, such as sandy loam and silt layers, in the embankments of the Yangtze River, Huai River, and Yishu Sishui system are suitable for 250g/m²~300g/m² long fiber non-woven needle punched geotextiles; For soils with low permeability such as clay and silty clay, long fiber non-woven needle punched geotextile with an equivalent pore size of about 0.102mm should be selected. This study can provide practical guidance for flood prevention, emergency rescue, and daily reinforcement of embankment engineering, and enhance the disaster resistance and durability of the project.

[Key words] geotextile; Embankment engineering; Differentiated applications; Types of dangerous situations; Soil characteristics; Jiangsu Province

当前江苏省部分堤防工程中,存在土工布选型未充分结合区域土壤特性与潜在险情类型的问题,导致出现防渗失效、土体流失、土工布淤堵等现象,影响了堤防工程的长期耐久性与防汛可靠性。现有研究多聚焦于土工布的通用技术标准,针对江苏三大水系堤防土壤差异(如长江流域砂性土、淮河流域粉质黏土、沂沭泗流域砂质黏土)与典型险情(管涌、流土等)的差异化应用研究较为欠缺。

基于此,本文结合江苏省堤防土壤的工程特性与无纺土工布的物理力学性能,通过理论计算与实证分析,明确不同土壤类型、险情场景下土工布的选型参数与施工要点,旨在为江苏堤防工程土工布的科学应用提供技术支撑,助力提升工程防汛抢险效率与长期稳定性。

1 研究背景与工程意义

土工布的标准化应用,一是可缩短反滤层施工时间,适应突

发险情;二是精确匹配土工布参数(如等效孔径与土体 d_{85}),可防止堤防土粒流失,避免抢险失败。

2 江苏省堤防工程概况

文献参考:《长江下游土体工程特性研究》(水力学报告,2020)、《江苏沿江地区第四纪沉积物粒径特征》(地质与勘探,2018)、《江苏省淮河治理工程地质勘察报告》(江苏省水利厅)、《淮河下游沉积物粒度特征研究》(地理科学,2019)、《沂沭河流域土体工程特性分析》(水利水电技术,2020)、《沭阳县新沂河、沭河堤防管理公告》及通用土类标准。非实测数据,如需精确值,需现场取样试样(筛分法+密度计法)。

3 无纺土工布在防汛抢险中选择要点

3.1 土工织物作为反滤材料应满足以下要求:

保土性。防止土壤流失,引起渗透变形。

透水性。保证渗透水通畅排出。

防堵性。不被细土、沙砾等淤堵失效。

3.2 土工织物保土性应以土工织物等效孔径与土的特征粒径之间关系表征。等效孔径应符合式(3.2-1)的条件:

$$O_{95} \leq n d_{85} \quad (3.2-1)$$

式中 O_{95} ——土工织物的等效孔径,mm;

d_{85} ——被保护土的特征粒径,即土中小于该粒径的土总质量的85%,采用试样中最小的 d_{85} ,mm;

n ——与被保护土的类型、级配、织物品种和状态的经验系数,按表1规定采用。

表1 系数 n

被保护土颗粒($d \leq 0.075\text{mm}$)含量(%)	土的不均匀系数,或土工织物品种		n 值
$\leq 50\%$	$2 \geq C_u, C_u \geq 84 \geq C_u > 28 > C_u > 4$		1
			$0.5C_u$
			$8/C_u$
$> 50\%$	有纺织物	$O_{95} \leq 0.3\text{mm}$	1
	无纺物		1.8

土的不均匀系数 C_u ,应按式(3.2-2)计算:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (3.2-2)$$

式中 d_{60} 、 d_{10} ——土中小于各该粒径的土质量分别占总土质量的60%和10%。

3.3 土工织物透水性应符合以下条件:

(1) 被保护土级配良好,水力梯度低和预计不致发生淤堵(净砂、中粗砂等)时:

$$k_g \geq k_s \quad (3.3-1)$$

(2) 排水失效导致土结构破坏,修理费用高,水力梯度高,流态复杂时:

$$k_g \geq 10k_s \quad (3.3-2)$$

式中 k_g 、 k_s ——土工织物、被保护土的渗透系数,cm/s。

3.4 土工织物防堵性要求其孔径应符合以下条件:

(1) 被保护土级配良好,水力梯度低,流态稳定,修理费用小及不发生淤堵时:

$$O_{95} \geq 3d_{15} \quad (3.4-1)$$

式中 d_{15} ——被保护土的特征粒径,即土中小于该粒径的土质量占总土质量的15%,mm。

(2) 被保护土的渗透系数 $k_s \geq 10^{-5}\text{cm/s}$ 时:

$$GR \leq 3 \quad (3.4-2)$$

式中 GR ——梯度比,试验方法见有关规程。

(3) 被保护土的渗透系数 $k_s \leq 10^{-5}\text{cm/s}$ 时,应以现场土料进行长期淤堵试验,观察其淤堵情况,试验方法见有关规程。

3.5 根据3.2-1、3.3-2、3.4-1等式计算,堤防背水坡排水时,需求无纺土工布的等效孔径和垂直渗透系数,以及使用无纺土工布的种类,详见表2。

结论:堤防土壤是沙壤土、粉砂层、表层填土(素填土、杂填土)等透水率大的土壤,使用250g、300g的长纤无纺针刺土工布,等效孔径大、透水率大的;黏土、粉质黏土透水率小的土壤选择300g、等效孔径0.102mm、垂直渗透系数 $8.4 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ 的长纤无纺针刺土工布。

4 土工布施工要点

(1) 基层清理:清理渗水堤坡或堤脚,整平表面,清除杂物、软泥及尖锐物体,确保基层平整无裂缝(裂缝需用沥青修补)。

(2) 人工滚铺:从坡顶向下展开,保持布面平整,避免褶皱,适当留变形余量。斜坡固定:坡面铺设时,用沙袋或生态袋临时压覆,防止滑动;顶部可锚固于锚固沟内。

(3) 禁止在土工布表面反复踩踏。

(4) 土工布上面需覆盖一般砖、石透水料,不可铺黄砂等。

但此种土工布铺设方法,类似于堤防背水坡排水工程中“贴坡排水”原理,此方法不能降低堤防浸润线,仅保护渗流逸出点的土体,防止渗透变形和下游坝坡冲刷。

5 结语

本文研究明确了江苏堤防不同土壤类型对应的土工布选型标准:沙壤土、粉砂层等透水率大的土壤,适配 $250\text{g/m}^2 \sim 300\text{g/m}^2$ 长纤无纺针刺土工布;黏土、粉质黏土等透水率小的土壤,应选用 300g/m^2 、等效孔径0.102mm左右的长纤无纺针刺土工布,该选型可同时满足保土、透水、防堵三大核心要求。施工层面,通过规范基层清理、人工滚铺、固定压实与覆盖防护等要点,可有效避免土工布施工失效,其“贴坡排水”原理虽无法降低堤防浸润线,但能精准保护渗流逸出点土体,防控渗透变形与坝坡冲刷。本研究成果为江苏省堤防工程的日常加固与防汛抢险提供了实操性指导,有助于减少因材料选型不当导致的工程隐患。

表2 堤防典型土壤土工布的等效孔径和垂直渗透系数计算表

	土粒组成(mm)					土工布等效孔径选择		土工布垂直渗透系数	适用的无纺土工布情况
	黏土	粉土	细砂	中砂	粗砂	防管涌	防淤堵		
江苏水系	<0.002	0.002~0.075	0.075~0.25	0.25~0.5	0.5~2.0	$0_{65} \leq n d_{65}$	$0_{65} > 3 d_{65}$	$k_v \geq 10 k_s$	
长江水系	15%~30%	30%~50%	15%~25%	5%~15%	0%~10%	$0_{65} \leq 1.8 * 0.075 = 0.135 \text{mm}$	$0_{65} > 3 * 0.02 = 0.06 \text{mm}$	沙壤土、粉砂层: $k_v \geq 10 * (10^{-1} \sim 10^3) = 10^{-2} \sim 10^2 \text{cm/s}$	长丝防粘针刺土工布 250g-300g
								黏土、粉质黏土: $k_v \geq 10 * (10^{-3} \sim 10^4) = 10^{-1} \sim 10^3 \text{cm/s}$	长丝无纺针刺土工布 300g
淮河水系	20%~40%	30%~50%	10%~25%	5%~15%	0%~10%	$0_{65} \leq 1.8 * 0.075 = 0.135 \text{mm}$	$0_{65} > 3 * 0.02 = 0.06 \text{mm}$	表层填土(素填土、杂填土): $k_v \geq 10 * (10^{-1} \sim 10^3) = 10^{-2} \sim 10^2 \text{cm/s}$	长丝防粘针刺土工布 250g-300g
								粉质粘土层: $k_v \geq 10 * (10^{-6} \sim 10^3) = 10^{-3} \sim 10^3 \text{cm/s}$	长丝无纺针刺土工布 300g
								沙壤土、粉砂层: $10^{-3} \sim 10^2 \text{cm/s}$, 汛期易发生管涌和流土破坏	长丝防粘针刺土工布 250g-300g
沂沭水系(沂沭泗水系)	15%~35%	40%~60%	5%~20%	0%~10%	0%~5%	$0_{65} \leq 1.8 * 0.075 = 0.135 \text{mm}$	$0_{65} > 3 * 0.02 = 0.06 \text{mm}$	新沂市沭河堤防: $k_v \geq 10 * 1.8 * 10^{-3} = 1.8 * 10^{-2} \text{cm/s}$	长丝防粘针刺土工布 250g-300g
								徐州段: 粉质黏土为主 $k_v \geq 10 * 3.2 * 10^{-3} = 3.2 * 10^{-2} \text{cm/s}$	长丝无纺针刺土工布 300g
								局部夹砂壤土 $k_v \geq 10 * 5 * 10^{-3} = 5 * 10^{-2} \text{cm/s}$	长丝防粘针刺土工布 250g-300g
								宿迁段: $k_v \geq 10 * 8 * 10^{-3} = 8 * 10^{-2} \text{cm/s}$	长丝无纺针刺土工布 300g

[参考文献]

[1]梁志杰.水利工程中河道堤防护岸工程施工技术[J].水上安全,2023(3):170-172.
 [2]王东民.水利工程中河道堤防施工技术研究[J].山东农业工程学院学报,2022,39(8):27-30.
 [3]张鸣.水利工程中河道堤防护岸工程施工的策略分析[J].建设科技,2021(24):57-59,63.
 [4]张国潮.水利工程中河道堤防护岸施工技术的探讨[J].珠江水运,2021(13):109-110.
 [5]胡涛.水利工程河道堤防施工要点及质量控制分析[J].工程技术研究,2023,8(17):138-140.

作者简介:

李恩玉(1990--),女,汉族,安徽滁州人,本科,中级工程师,研究方向:防汛防旱。
 吴浩泽(1998--),男,汉族,江苏南京人,本科,助理工程师,研究方向:防汛防旱、工程管理。
 冯登夷(1991--),男,汉族,安徽六安人,本科,中级工程师,研究方向:防汛防旱、工程管理。
 严行云(1992--),男,汉族,江苏南京人,本科,中级工程师,研究方向:水利生产运行。