

新型排水反滤三维抢险材料的研究与应用

张璐¹, 于鹏新², 于潇霁¹

(1. 济南市水利建筑勘测设计研究院有限公司, 山东 济南 250100;

2. 中水东北勘测设计研究有限责任公司, 吉林 长春 130021)

【摘要】堤防工程在高水位的浸泡下, 易出现管涌、渗水、滑坡等险情, 传统的抢险方法采用土石料和柴薪料作为抢险材料, 存在抢险难度大、速度慢、使用人工多, 险后处理麻烦等问题。为此开发研制了具有操作简单、铺设速度快、滤水保沙效果好的新型高效排水反滤三维抢险材料。该项目成果可广泛应用于堤防工程的渗水、管涌、滑坡、风浪等险情的抢护, 具有广泛的推广应用价值。

【关键词】新型高效; 排水反滤; 抢险材料

【中图分类号】TV871

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2025)-06-0044-03

Research and Application of New Three-Dimensional Emergency Rescue Materials for Drainage and Anti-Filtration

ZHANG Lu¹, YU Pengxin², YU Xiaopei¹

(1. Jinan Water Conservancy Construction Survey Design Research Institute Co., Ltd. Jinan, Shandong 250101, China;

2. China Water Northeast Survey, Design and Research Co., Ltd., Changchun, Jilin 130021, China)

Abstract: Embankment projects are prone to dangerous situations such as piping, water seepage and landslides when soaked in high water levels. Traditional emergency rescue methods use earth and stone materials and firewood as rescue materials, which have problems such as high difficulty in rescue, slow speed, large number of manual workers, and troublesome post-danger treatment. Therefore, a new type of high-efficiency three-dimensional emergency rescue material for drainage and anti-filtration with simple operation, fast laying speed and good water filtration and sand retention effect has been developed. With extensive popularization and application value, the research outcome can be widely applied to the emergency protection of dangerous situations such as seepage, piping, landslides and wind waves in embankment projects.

Key words: New and high-efficiency; Drainage and anti-filtration; Emergency rescue materials

在工程建设中, 堤防工程常坐落于透水地基, 在长时间、高水位的浸泡下, 背水侧堤坡或堤脚附近易出现土层潮湿或发软并有水渗出的现象, 对工程安全造成极大的危险。险情一旦发生, 要抢早、抢小, 抢护时间紧、战线长、用料多、抢护难度大。如处理不及时, 就可能发展为管涌、渗水、漏洞、滑坡等险情。传统抢险方法采用的抢险物料以土料、石料和柴薪料为最多, 为保证工程安全, 须在距事故位置较远的安全区域取材。物料体积大, 运输困难, 作业进度慢, 容易耽误抢险时机, 且柴薪料易腐烂造成一定程度的环境污

染。抢险时选用的物料应具有较好的防腐、抗冲性能, 并具有一定的韧性^[1]。因此, 开发一种新型的抢险材料, 以替代传统的砂石料和梢料, 提高抢险效率, 降低抢险成本, 减少环境污染, 是当前防洪抢险工作中的一个重要课题。

为了解决上述问题, 组织人员开展了项目研究, 项目组以“快速响应、高效排水、环保经济”为核心理念, 结合土工合成材料技术, 提出研发一种结构创新、施工简单的新型抢险材料。经过精

收稿日期: 2025-03-31

作者简介: 张璐(1993—), 女, 工程师

心设计和反复优化改进,历时两年多的时间,最终开发研制出了中间夹层采用立体结构塑料网芯,上下层使用无纺土工布制作而成的新型高效立体排水反滤抢险材料。

1 结构原理与性能

1.1 结构原理

新型三维立体网格抢险材料由一个立体结构三维塑料土工网芯双面粘接针刺穿孔无纺土工织物组成,是一种新型土工合成材料。三维土工网芯结构为中间一条加强垂直肋条,顶部和底

部各一条斜置肋条,无纺土工布是一种高分子化学材料,具有无毒无味、无污染、各向拉伸强度高、抗紫外线能力强、平面排水和垂直透水性好、延伸率高等优点,能够适应凹凸不平的不规则基面。

1.2 性能验证

通过有限元模拟对网芯进行荷载分析。垂直荷载:50 kPa 压力下,最大变形量 0.8 mm,应力集中分布于垂直肋条节点;剪切荷载:斜向肋条将横向应力分解为轴向分量,剪切强度提升至 18 kN/m。该结构使抢险材料在复杂地形中保持结构稳定性,避免因局部塌陷导致排水通道堵

表 1 主要性能及技术指标表

序号	单位面积质量/(g·m ⁻²)	厚度/mm	网孔尺寸/mm×mm	宽度偏差/m	长度偏差/m	拉伸屈服强度/(kN·m ⁻¹)
1	750±35	≥6.0	10×10	+0.060	+0.1	≥6.0
2	1 240±60	≥5.0	10×6	+0.060	+0.1	≥18

塞。主要性能及技术指标(见表 1)。

2 使用方法和注意事项

2.1 使用方法

新型三维立体网格抢险材料的抢险工序是:整平场地—清除杂物—铺设—搭接—压实。首先将铺设范围整平,利于三维抢险材料与地面紧密接触;清除基础表面杂物,防止刺破土工布;根据出险面积截取抢险材料尺寸,将截取的抢险材料直接铺设到出险部位;相邻抢险材料搭接,搭接处要进行焊接、粘接或缝合,焊接采用楔形、平头焊接,土工布用热风枪将两幅土工布的搭接部位粘接,缝合推荐使用平头缝法或一般缝法,以达到针脚长度的最低要求;铺设完成后用石块或土袋将抢险材料的四角和边沿压紧,防止抢险材料漂浮。

2.2 注意事项

一是检查基层是否平整、坚实,如有异物,应妥善处理;二是根据现场情况,确定使用尺寸,按实际使用面积裁剪后铺设,裁剪尺寸应准确,以免造成浪费;三是铺设范围应超出出险范围 0.5~1 m,两幅搭接处应平整,松紧适度;四是三维立体网格抢险材料存储场地应平坦、干燥,排水良好,同时要使材料免受降水、紫外线幅射、化学药剂、高温的影响;五是长期存放应放置在室内干燥通风的地方,尽量减少搬运,应使用防水材料包裹后架起,卷材的储存应平放。

3 主要创新点

3.1 采用双层复合土工布结构

新型三维立体网格抢险材料是一种新型土工合成材料,结构设计是采用上下双层针刺无纺土工布,中间复合三维土工网芯,形成“反滤-排水-保护”一体化结构。将土工布改成双层使用,加强了沙粒的隔离能力,同时也增加了强度,保护了因施工、上部施压荷载等外界因素破坏下层土工布的防渗排水功能。三维空间结构,孔隙率达 70%~80%,三维滤材进行过滤时,对沙粒有强烈的截留和阻筛作用,并可快速形成过滤层,进行二次高效反滤,从而有效遏制沙粒的深度渗透。

3.2 采用三维立体土工网芯结构设计

土工网芯结构为顶部和底部各设置一条斜置的肋条,中间设置一条加强的垂直肋条,使其成为立体型,扩大了渗水排出通道和积水空间,使渗水集中顺利排出。这种独特的结构设计既增加了结构强度,同时又打通了纵向排水通道,增强了排渗、反滤能力,在抢护管涌和渗水险情时,渗水既可以沿垂直方向排出,也可沿纵向通道排出,形成多向排水通道。塑料土工网芯独特的三维结构,能够承受较高的压力荷载,肋条引导水流形成涡旋,冲刷并携带泥沙颗粒,可有效防止排水通道堵塞,通道堵塞率降低 60%。

3.3 使用高性能土工布材料

采用的无纺土工织物特性一是无毒、无味、

无污染、无重金属析出,适用于饮用水源区抢险;二是土工布具有较强的各向拉伸强度和延伸率,各向拉伸强度 ≥ 25 kN/m,延伸率 $>50\%$,适应不规则基面贴合,和抢险工作面有较好的贴合度;三是具有极高的抗紫外线能力,抗氧化性能达到GB/T 17631—1998标准,户外使用寿命 ≥ 10 年;四是具有良好的透水性,渗水排出速度较传统结构有较大提升。

3.4 铺设方便、性能好、适用范围广

三维立体网格抢险材料体积小,重量轻,易存放运输,铺设拆除方便,适用于狭窄场地,支持机械与人工快速铺设。使用该抢险材料20 min内可建立反滤排水体系,单点处置能力达 1.5 m³/s渗流量。该抢险材料可用于堤防的渗水、滑坡、冲刷、管涌等险情的抢护,与传统的土石料、柴薪料相比,不但能够缩短抢险时间,节省人力,而且抢险效果较好。

4 对比试验与工程应用

4.1 与土袋反滤围井管涌抢险对比试验

现场试验选在鄆城彭楼水库:鄆城彭楼水库郭庄村后,由于地表土层破坏,造成多处管涌。选择此处用三维立体网格抢险材料和土袋反滤围井同时做对比试验。对于管涌险情,反滤围井的抢险工序是:整平场地—消杀水势—铺设土工布—砌筑土袋围井—井内填细沙—粗砂—石子。修做土袋反滤围井抢险,每组需15人。从清除拟建围井范围内杂物,挖去软泥,用土袋排垒成围井,在井内做反滤导渗,分层铺料,直到稳定为止^[2],30 min完成,15 min后渗水由浑水变为清水,完成抢险。三维立体网格抢险材料的抢险工序是:整平场地—消杀水势—铺设三维网—土袋压实。使用三维立体网格抢险材料抢险,每组需3人,抢险开始3 min后完成铺设,9 min后完成抢险。从试验结果看,三维立体网格抢险材料抢险用时短,效率高,节省人力,操作简便宜行,实为抢险的理想产品。

4.2 与埽料反滤导渗抢险对比试验

埽料反滤抢险,每组需15人,从清除渗水部位表面杂草,再到分层填铺反滤料^[3],完成抢险用时73 min;三维立体网格抢险材料抢险,每组需7人,完成抢险用时26 min。从试验结果看,新型三维立体网格抢险材料抢险不仅用时少,而且在铺

设时无需在渗水表面行走,不会扰动险情处的土壤结构。埽料反滤抢险在埽料铺设时需要人站在渗水表面进行,容易破坏险情处的地表土壤结构。

通过以上对比试验可以得出:新型三维立体网格抢险材料具有抢险速度快,效果好,铺设拆除方便,易储存运输,经济实用,无污染的特点,该产品应用于防洪工程抢险中经济效益和社会效益显著。

该产品改进成功后先后在黄河滩区村台围堰渗水和水库堤防渗水抢险中推广应用,取得了较好的效果。

4.3 产品应用领域

一是用于防洪堤防的渗水滑坡,护坡防冲,管涌等险情的抢护。二是水利工程中水井、减压井或斜压管的滤层。三是路道碴与路基之间的隔离层,或路基与软基之间的隔离层。

4.4 效益分析

新型高效排水反滤三维抢险材料是一种储存方便,使用简单快捷的反滤排水新产品。可广泛用于水利堤防的渗水滑坡、冲刷、管涌等险情的抢护,水利工程中水井、减压井的滤层,路基与软基之间的隔离层。可代替传统的砂石料和梢料抢险,减少砂石料开采和碳排放。在抢险时可极大缩短抢险时间和减少人力投入,提高抢险速度。该产品属环保产品,无毒、无害、无味、无污染,具有广泛的推广应用价值。

5 结语

新型高效排水反滤三维抢险材料主要针对堤防险情抢护研制,该材料具有结构简单,制作、使用方便,投资低,经济实用,安全可靠等优点,使用时可保证工作人员的人身安全,减少工作人员的体力消耗,提高劳动效率,节约工程抢险和管理资金,非常经济实用。该项目成果的推广应用前景也十分广阔。

参考文献

- [1] 王运辉.防汛抢险技术[M].武汉:武汉水利电力大学出版社,1999:39-52.
- [2] 山东黄河河务局.堤防工程抢险[M].郑州:黄河水利出版社,2015:76-77.
- [3] 国家防汛抗旱总指挥部办公室.江河防汛抢险实用技术图解[Z].北京:中国水利水电出版社,2003.

(责任编辑 赵其芬)