

防汛土工滤垫的研制和应用

鄢 俊, 黄国情, 贺永会

(南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要 根据堤坝管涌破坏的机理, 研制了抢护管涌破坏的新产品——防汛土工滤垫。防汛土工滤垫由减压层、过滤层和保护层构成, 其作用为“滤土排水”, 即防止土颗粒流失, 排除渗水, 削减全部或大部分渗透压力, 以保护土体结构不发生变化, 达到稳定险情的目的。它既可用于抢护单个管涌, 又可抢护管涌群。汛期防汛抢险实践表明: 防汛土工滤垫抢护管涌效果好, 抢险速度快、劳动强度低。

关键词 防汛抢险 土工滤垫 管涌

中图分类号 TV871.3

文献标识码 B

文章编号 1006-7647(2009)S1-0212-03

在以往抢护堤坝管涌破坏的过程中, 根据“导水抑砂”原理, 人们在抢险技术和器具方面积累了丰富的经验, 成功地抢护了各种管涌险情^[1-5]。其主要方法有围井反滤法、反滤铺盖法和透水压渗法。抢护堤坝管涌破坏的主要措施是在管涌发生处的周围填筑围井和在围井内设置反滤铺盖。围井的主要作用为减少管涌发生处与堤坝上游的水位差, 降低该部位的水力坡降, 使管涌通道的动水压力减小, 原流动的土粒恢复稳定, 抑制管涌险情的进一步发展; 反滤铺盖的主要作用是降低管涌孔口的涌水速度, 防止砂颗粒大量流失, 稳定管涌险情。填筑围井和铺设反滤可单独使用, 也可联合使用。

传统的反滤铺盖主要采用具有一定级配的砂粒料, 其抢险工序复杂, 劳动强度大。而针刺无纺土工织物以其自身的优良特性在防汛抢险中得到了广泛应用, 它具有良好的反滤特性, 且强度没有明显的方向性, 延伸率较大, 能适应较大的变形, 工艺简单, 效果好。但在以往的抢护管涌破坏实践中也有不成功的, 主要有以下 5 个方面的原因^[1]: ①对管涌发生地区的土质情况及采用的土工织物特性不太了解; ②缺乏相关的技术人员指导; ③土工织物品种多, 但抢险形势紧迫, 对土工织物的使用采取“拿来主义”, 具有一定的盲目性, 很难做到导滤要求与土工织物性能之间的科学匹配, 导致使用的土工织物在短时间内产生淤堵而失效; ④使用土工织物作为反滤层材料时, 通常还在其上用砂石料等作为压重, 这样使

土工织物的过滤特性发生变化, 如透水性、孔径和厚度等, 导致失效; ⑤抢险工艺不当等。为此, 研制抢护管涌破坏的土工合成材料新产品和新技术就尤为需要和迫切。

1 管涌破坏及土工滤垫研制机理

在汛期, 由于堤内外水位差引起水的渗流运动, 渗透压力达到一定程度后, 堤背坡面或地表土体会发生渗透变形。当透水砂层地基的承压水顶穿表层弱透水的壤土或淤泥质土的薄弱部位, 就可能发生管涌险情。如不进行及时抢护, 砂层地基的管涌处出现一个局部的透水管, 堤坝基础或堤坝身土颗粒大量流失, 导致堤坝产生裂缝下沉而破坏, 甚至还会在临水侧堤脚附近引起水流旋涡及淘刷, 加速堤坝破坏, 导致溃决。

管涌发生后, 其水流特征类似变直径管道的挟砂水流运动。管涌孔的大小、水流的流速、含砂量以及砂粒粒径均视渗透坡降、地层结构以及透水砂层的性质而异, 它不同于通常防止管涌发生的水流流态。因此, 在采用土工织物滤层抢护管涌破坏时, 除考虑常规滤层的影响因素外, 还需考虑水流的流速水头、水流所挟砂的浓度和粒径等因素, 远比防止管涌发生的滤层复杂。堤坝发生管涌破坏后, 管涌孔口处的压力水头突然转变为流速水头, 孔口出流的流速较大, 并挟带大量砂粒, 形成挟砂水流。同时, 由于管涌通道内的流速与其周围的渗透流速不一

致,存在流速差,形成剪切力,必然导致通道周边土颗粒不断被冲刷,从而形成变直径管道挟砂水流运动。此时的滤层是将运动的土颗粒转变为静态,土工织物不能直接置于被保护土上,而是铺设在管涌孔口,阻止和减缓土颗粒的运动及其流失,同时不允许土颗粒大量淤积而导致滤层失效。

鉴于管涌挟砂水流的特点,抢护管涌破坏的滤层必须先控制挟砂水流的水势,降低被保护土的水力坡降,减少其冲蚀作用;其次,不允许挟砂水流中的大部分颗粒穿越滤层的孔隙而流失;第三,必须使管涌过滤后的水流排泄通畅,渗透压力接近于零。

2 防汛土工滤垫的结构及特点

防汛土工滤垫是依据上述3种因素综合考虑研制的。由减压层、过滤层和保护层3层构成。减压层和保护层均采用土工席垫,土工席垫是由改性聚乙烯加热融化后通过喷嘴挤压出一定直径的纤维叠置在一起熔结成的三维立体多孔材料,具有一定的抗压强度、厚度和孔隙率。过滤层采用特制土工织物。

2.1 减压层

减压层为防汛土工滤垫最下层,主要作用是控制水势、消杀挟砂水流部分流速水头、降低被保护土的压力坡降和减少水流冲蚀。

抢护管涌破坏时,减压层直接置于管涌孔口上。当挟砂水流进入三维土工席垫时,将产生竖向水流扩散和平面流动。管涌水头消杀率随土工席垫的孔隙率和厚度的改变而变化^[6],当土工席垫的厚度一定时,水头消杀率随其孔隙率的增加而线性递减;当土工席垫的孔隙率一定时,水头消杀率随其厚度的增加而指数上升,土工席垫水头消杀率 φ 与其厚度 t_m 和孔隙率 n_m 的关系式为^[7]

$$\varphi = 74t_m^{0.137} - 0.76n_mt_m^{0.091} \quad (1)$$

2.2 过滤层

过滤层是防汛土工滤垫的中间层,也是核心层,主要作用为“过滤排水”。当挟砂水流经土工席垫流至过滤层时,水流流速水头减少,流速分布较均匀,同时,水流的挟带砂粒含量亦相应减少并呈均匀分布。从而对选择合理的过滤层带来一定的有利条件。

根据抢护管涌破坏的过滤机理,当挟砂水流经减压层到达过滤层时,极细土粒随水流通过过滤层而流出。部分与过滤层孔径相当的土粒有可能阻塞在过滤层的孔隙中,或者停留在过滤层的表面形成过滤层内部淤堵和表面堵塞现象。针刺土工织物内部孔隙通道相互交叉,较为复杂。研究表明^[8],停留在过滤层内的土颗粒虽然增加了内部阻塞的危险性,但不会明显改变土工织物的透水性。同时,停留

在过滤层表面的土粒由于相对较粗,其透水性远比起被保护土的透水性要大,不致引起较大的渗透压力。由于出现较粗土粒的堵塞层,增加了管涌挟砂水流的水头损失,从而降低了管涌通道内的渗透流速,抑制了被保护土颗粒的流失。

2.2.1 保土性要求

滤层的首要要求为保土,即不允许挟砂水流中的土颗粒穿越土工织物滤层的孔隙而大量流失。为此,必须满足如下条件^[3]:

$$\frac{O_e}{d_k} \leq \alpha \quad (2)$$

式中: O_e 为针刺土工织物的有效孔径,取 $O_e = O_{95}$; d_k 为管涌挟砂水流中的颗粒粒径,mm; α 为系数。 d_k 可以取等值 d_e 。

α 取决于颗粒在渗流作用下进入滤层孔隙时的条件。若以单个颗粒进入滤层孔隙,则 $\alpha = 1$,此时,被保护土属管涌型破坏。若在水力坡降较大时,有数个颗粒同时进入滤层孔隙,此时,颗粒间相互挤压阻塞在滤层的孔隙口,并阻止其他颗粒进入滤层,形成拱效应,则 $\alpha \leq 3$,适用于被保护土流土型破坏情况。

根据上述分析,则抢护堤坝管涌破坏过滤层的保土要求为: O_{95}/d_e 为1~3。

2.2.2 排水性要求

过滤层另一个重要要求为排水,即水流进入过滤层后的压力接近零。鉴于抢护管涌破坏的过滤层不同于常规滤层,不能直接置在被保护土的土层上,因此,以往透水性要求的表达式 $k_g/k_s \geq B$ 不能反映其排水要求。

室内试验结果表明^[2],针刺土工织物过滤层会发生内部淤堵和表层堵塞现象,但其渗透系数降低有限,对其透水性影响不大。土工织物表面堵塞与所采用的针刺土工织物有效孔径密切相关。若有效孔径过小,则表面堵塞严重,极细颗粒积聚在织物表面形成透水性较低的薄层,挟砂水流不易通畅排泄,大幅度增加了织物的渗透压力;若有效孔径过大,大量的土颗粒随即流失,则不能满足保土要求。因此,土工织物表面堵塞必须与所采用保土要求的孔径相匹配,它既可保护所应该保留的土颗粒,又能使表面排水通畅,不致影响其透水性,从而引起较大的渗透压力。为此,抢护管涌破坏的过滤层的排水要求,可参照保土要求所选定的织物有效孔径对应的透水性。

通过对针刺土工织物水力特性试验^[1],可以统计得出其透水率 ψ 与 O_{95} 的关系。由此,抢护管涌破坏过滤层的排水要求为

$$\psi > 19.83O_{95}^{1.2} \quad (3)$$

2.3 保护层

保护层为防汛土工滤垫最上层,主要作用是保护针刺土工织物过滤层在储运和运行过程中不被损坏,以及在上覆盖重时其水力特性不发生大的变化,它具有一定的刚度、抗压强度和孔隙率。

3 防汛土工滤垫的规格和指标

根据汛期发生管涌的不同土质,研制的防汛土工滤垫规格分为3种:粉砂土工滤垫、细砂土工滤垫和中砂土工滤垫。不同规格的滤垫以土工席垫的颜色进行区分,如粉砂为黄色、细砂为黑色、中砂为绿色。单块防汛土工滤垫尺寸:土工席垫 1.0 m × 1.0 m × 0.1 m(长 × 宽 × 高);土工织物尺寸:1.4 m × 1.4 m(长 × 宽)。

4 防汛土工滤垫抢险应用

在汛期,湖南省岳阳市洞庭湖区推山咀电排站前池进水渠边坡上发生管涌,管涌孔距洞庭湖大堤下游堤脚约 80 m,位于水下 1.2 m,在水面上能看到较大范围的‘翻砂冒水’现象,经现场对管涌孔的出砂取样,初步确定管涌孔口出砂为细砂,当即采用细砂土工滤垫替代传统的砂石滤料抢护该管涌,用少量砂石袋进行压盖和压边处理。具体的抢护步骤为:清理河岸坡,在岸边将4块滤垫用特殊塑料扣连接成一体,将其置于管涌孔处,随后用15个编织袋装砂石料进行压盖和压边处理。抢险完成后,水面已看不到‘翻砂冒水’现象,用手探摸防汛土工滤垫表面,有明显的渗水感觉,无明显砂颗粒逸出,经过一段时间观察,效果良好,管涌险情得到了成功抢

护。参加抢险人员6人,历时10 min,从现场抢险情况看,具有抢险速度快、抢险劳动强度低和效果好等优点。

4 结 语

在汛期,管涌破坏是一种常见险情,防汛土工滤垫作为抢护堤坝管涌破坏的一种新技术和新器具,具有独特的优势。它不仅能透水保砂和消杀水势,而且具有结构合理,抢险速度快、抢险劳动强度低和效果好等优点,具有很大的推广应用价值。

参考文献:

[1] 陶同康,鄢俊.土工合成材料抢护堤坝管涌破坏的应用研究[R].南京:南京水利科学研究院,2001.
[2] 陶同康.土工合成材料与堤坝渗流控制[M].北京:中国水利水电出版社,1999.
[3] 董哲仁.堤坝除险加固实用技术[M].北京:中国水利水电出版社,1998.
[4] 包承纲.堤坝工程土工合成材料应用技术[M].北京:中国水利水电出版社,1999.
[5] 王运辉.防汛抢险技术[M].武汉:武汉水利电力大学出版社,1999.
[6] 鄢俊,陶同康.土工合成材料抢护管涌破坏的试验[R].南京:南京水利科学研究院,2001.
[7] 陶同康,鄢俊.织物滤层准则的探讨[C]//全国土工合成材料应用技术规范与产品质量研讨会论文集,2005.
[8] SHOBHA K B. Effect of pores structure of nonwoven geotextiles on their clogging behavior[C]//Geosynthetics '91, Conference Proceeding, Atlanta:1991.

(收稿日期:2009-08-22 编辑:方宇彤)

(上接第191页)

2.3 复合土工膜防滑

为防止复合土工膜下滑,在迎水坡靠近堤顶一侧开挖1处0.3 m × 0.4 m的防滑齿槽,将复合土工膜埋入齿槽内填土夯实。在坡面开挖1道防滑平台,平台宽1 m,高0.3 m,防止复合土工膜下滑。

3 结 语

辽阳太子河城市防洪堤右岸长度为6.48 km,采用复合土工膜约10万m²,该工程经过3a的运行,结果表明:采用砂砾料构筑堤体骨架、复合土工膜进行防渗、混凝土面板进行护坡设计方案是合理的。根据各自工程的特点选用复合土工膜,保证设计科

学合理,是河道堤防填筑及湖区防渗工程中成功应用复合土工膜的关键环节。在施工中制定严格的操作规程和质量检测办法,建立健全质量保证体系,是保证工程施工质量的前提条件。辽阳市、铁岭市、建平县、凌源县、营口开发区等一些市县结合辽宁省堤防工程建设开展了城市防洪工程综合治理工作,复合土工膜在城市河道治理工程中发挥了重要的作用。

参考文献:

[1] 《土工合成材料工程应用手册》编写委员会.土工合成材料工程应用手册[G].北京:中国建筑工业出版社,2000.

(收稿日期:2009-08-22 编辑:方宇彤)