

土工膜在水利工程中的应用

潘 江

(河海大学水利水电工程学院 江苏 南京 210098)

摘要 结合实例 ,介绍土工膜在土石坝和碾压混凝土坝建设、围堰工程、渠道防渗、防汛抢险、加固修复工程中的应用 .实践表明 ,土工膜是理想的防渗材料 ,具有很好的弹性和适应变形的能力 ,能承受不同的施工条件和工作应力 ,耐老化 ,在水下或土中土工膜的耐久性尤为突出 .

关键词 土工膜 ;水利工程 ;防渗

中图分类号 :TV441 文献标识码 :B 文章编号 :1006-7647(2002)07-0018-03

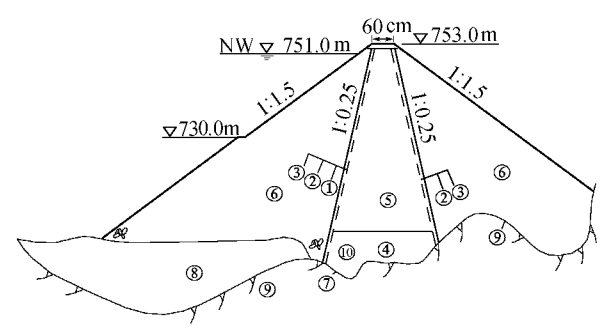
1 土工膜在大坝建设中的应用

1.1 土工膜在土石坝工程中的应用

土石坝是由松散颗粒土石料填筑碾压而成的挡水建筑物 ,根据坝体所用材料不同可分为土坝和堆石坝 .土石坝蓄水后 ,一般都会在坝体和坝基形成渗流 ,所以渗流控制对土石坝来说非常重要 .土工膜作为一种防渗材料在土石坝工程中的应用最为广泛 ,适用于能放空水库的各种类型的土石坝的防渗处理 .

目前 ,国外最高的用土工膜防渗的堆石坝为西班牙于 1984 年建成的 Poza de Los Ramos 坝 ,高 97 m .此坝运行良好 ,现已加高到 134 m .上游坝面为 8 m 厚的砌石 ,坝坡坡率为 1:1.3 .砌石表面用混凝土和砂浆抹平然后铺 PVC 膜 ,下半部膜厚 2 mm ,上半部膜厚 1 mm .在 PVC 膜表面涂上沥青作为保护层 ,在其上铺钢筋网喷混凝土作为上游护坡抵御波浪冲刷、紫外线照射和风雨侵蚀 .在坝的上游趾部基岩上开挖岩槽建排水廊道 ,PVC 膜的下游面渗水排入廊道 ,廊道与坝基面铺设的坝下埋管相连接 ,用水泵将廊道集水抽到管内排至坝下游趾的排水棱体中 .

广西柳州地区的田村土石坝(图 1)坝高 48 m ,坝顶长 139 m ,是我国目前最高的土工膜防渗土石坝 .坝基为含黏土的砂卵石覆盖层 ,厚 18 m ,基岩为粉砂岩和石英砂岩 ,原设计坝型为黏土心墙坝 ,心墙上下游用土工织物反滤 .堆石料为砂岩风化砂岩 ,用振动碾碾压 ,心墙底部开挖截水槽至基岩以下 2 m ,浇筑 10 cm 厚的混凝土 ,在混凝土面上填筑黏土心墙 .因当地多雨 ,黏土含量高 ,填筑困难 ,填到 10 m 高时 ,上部心墙改填溢洪道开挖的粉砂岩风化石料



1.土工膜 2.土工织物 3.过渡层卵石 ,直径小于 5 cm 4.黏土 ;
5.风化石料 6.堆石 7.混凝土 ,厚 10 cm 8.含黏土砂卵石覆盖层 ;
9.粉砂岩石英砂岩 10.土工膜的底端埋设在黏土内

图 1 田村土石坝断面

源颗粒级配不均匀 ,渗透系数自 $(1 \times 10^{-3}) \sim (5 \times 10^{-5})$ cm/s .因此在风化石料心墙的上游面铺设土工膜防渗 .膜的底端埋设在黏土内 ,两头在岩石岸坡开挖锚固槽 ,深 0.8 m ,底宽 1.0 m ,浇筑混凝土 ,将土工膜浇筑在槽内 .田村土石坝于 1988 年开工 ,1990 年竣工蓄水 ,运行情况令人满意 .由于采用了新材料技术 ,节省工程费用 33.5 万元 ,占大坝工程费的 14% ,并缩短工期 1 a .

1.2 土工膜在碾压混凝土坝工程中的应用

碾压混凝土坝是从根本上改革常规的大坝混凝土的浇筑施工方法 ,采用水泥含量低的超干硬性混凝土熟料 ,由现代施工机械和碾压设备实施运料、铺填逐层碾压固结而成的坝 .与常规混凝土坝相比 ,一般具有坝身构造简单 ,水泥和模板用量省 ,施工速度快和工程造价低的优点 .由于碾压混凝土的防渗性较弱 ,需要在上游面设防渗结构 ,可以用土工膜来防渗 .

美国在碾压混凝土坝用土工膜防渗上起步较

作者简介 潘江(1975—) ,男 ,湖北黄梅人 ,硕士研究生 ,从事水工结构研究 .

早 20 世纪 70 年代末到 80 年代初 美国建成了几座混凝土坝 其碾压层面都漏水. 1984 年建 Winchester 碾压混凝土坝时 上游面用 0.65 mm 厚的聚乙烯膜防渗 膜的上游面用预制混凝土板保护. 1985 年建的 Galesville 碾压混凝土坝 上游面喷涂 2 mm 厚的合成橡胶. 1986 年开工的墨西哥的 Trigomil 碾压混凝土坝 上游面用聚氯乙烯并用混凝土预制板保护. 通过采用土工膜防渗 才解决了碾压混凝土坝的漏水问题.

用土工膜防渗的碾压混凝土坝在中国也有应用. 河北省的温泉堡水库为一新建的碾压混凝土拱坝 坝高 47 m. 坝的上游面下部 16.5 m 范围内贴有一布一膜的复合膜 承受水头约 46.37 m. 膜为厚 1.5 mm 的 PVC 膜 布为 100 g/m² 的聚酯无纺布物. 施工时先将复合土工膜的光面贴在膜板表面 然后浇筑坝的表层的混凝土 水泥浆渗入无纺布物 凝结后复合膜便牢固地粘接在坝的表面.

2 土工膜在挡水围堰工程中的应用

土工膜不但在永久性建筑物中有着满意的应用 在临时建筑物挡水围堰中也有广泛应用. 三峡工程第二期上、下游围堰采用双混凝土防渗墙的防渗设计(图 2) 在墙的上部再接一段复合膜 以承担最上部的防渗任务 承受的最大水头是 13.2 m. 所用复合土工膜为两布一膜 膜厚 0.5 m 两侧无纺布物的单位面积质量为 350 g/m².

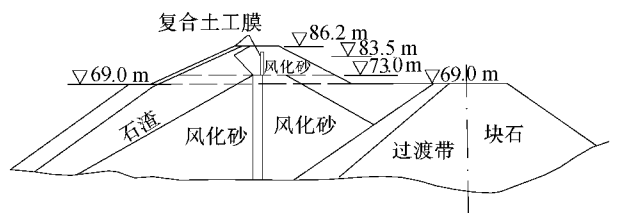


图 2 三峡工程二期围堰低双墙方案

桩膜围堰是将土工膜覆盖于木排结构上的新型挡水围堰. 它能装卸重复使用 经济方便. 河北省新安镇闸维修过程中建立的简易、轻便的桩膜围堰 其堰高 3.5 m 长 50 m 挡水深 3.0 m. 结构形式是 一排木桩沿河流横断面垂直打入土中 入土深 2.0 ~ 2.5 m 木桩的上游面设 4 道横梁 下游面设 1 道斜撑. 土工膜的上端固定在桩上部的横梁上 沿桩向下铺到河底 并向上游水平伸出 3.5 m 作为防渗铺盖. 在土工膜的前端用砂袋压盖 以保持铺盖与河库贴合 防止被波浪掀起.

福建水口水电站的第二期上下游围堰(图 3) 上部采用土工膜作为防渗心墙 下部打设塑性混凝土防渗墙 节省造价 102 万元. 土工膜心墙施工和堆

石坝填筑 两者干扰少 与下部塑性混凝土防渗墙组成防渗系统 能很好地适应围堰的变形. 土工膜的铺设采用“之”字形布置 因此 土工膜的粘接预施工、运输土堰、现场粘接和铺设均较简单 能适应大面积、高强度施工的需要 和堆石、砂砾料垫层的分层填筑施工相配套 干扰少 是一个符合施工实际情况的布置形式. 其缺点是土工膜的使用面积比直立施工大很多.“之”字形防渗心墙土工膜褶皱高度为 75 cm 和堆石坝分层碾压 1.5 m 的层厚相适应 按砂砾料边坡稳定休止角要求 褶皱角度 32°.

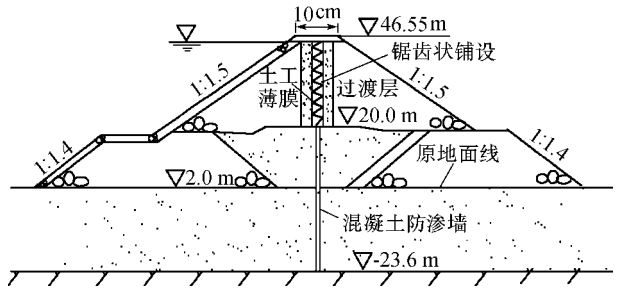


图 3 水口水电站二期上游围堰断面

3 土工膜用于渠道防渗

目前 渠道工程中采用土工膜防渗技术日益广泛. 这种渠道防渗技术的优点是效果好、施工简单、造价低. 我国湖南、广西等省以及新疆等地采用的土工膜大都为聚乙烯薄膜 也有的采用聚氯乙烯膜 厚度为 0.12 ~ 0.2 mm 若膜厚不足 可几层叠合使用. 在渠道防渗中使用复合土工膜 性能更优越 它可防止杂草穿透土工膜造成危害.

对使用土工膜防渗的渠道 当进行铺膜施工时应应对渠坡和渠底进行整平压实 并刷一层黏土浆(或洒一些干黏土粉)作为结合层. 当膜铺好后 在膜上应铺一薄层细土 再覆以 5 ~ 8 cm 厚的混凝土面板 起保护作用. 超过流动区域的土工膜可以用锚固槽固定在岸上 也可以在渠内用压条连接.

使用土工膜防渗的渠道 渠坡不应很陡 根据渠道的大小 坡比应在(1:1.5)~(1:2.0) 以求稳定. 在冬季渠道停水前应铺加保护层 以防冻坏或人为破坏.

即将建设的南水北调中线工程 取水于汉江丹江口水库 设计取水规模 630 m³/s 加大规模 800 m³/s. 自丹江口水库陶岔引水口 途经河南、河北两省 横跨长江、淮河、黄河、海河四大流域 供水到北京、天津两市 线路全长约 1 400 km 采用全程自流明渠引水方式. 其南、北两岸连接渠道均采用土工膜防渗. 其中南岸连接渠道长 5 477 m 为挖方渠道 设计水深 7.6 m 水面以上超高 1.5 m 采用混凝土衬砌和土工膜防渗(图 4) 北岸连接渠道长 9 991 m 水深 7.6 m 水面以上超高 1.5 m 采用混凝土衬砌和土工膜防渗.

超高 1.5 m ,采用混凝土衬砌和土工膜防渗.

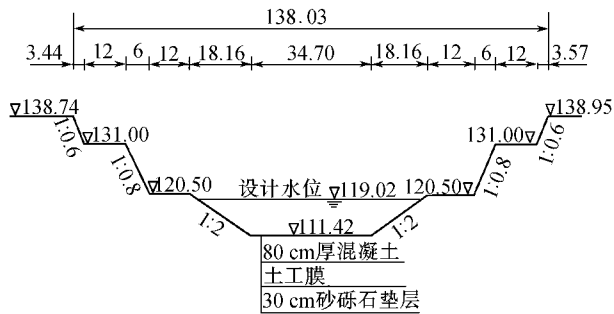


图 4 南水北调中线工程南岸连接渠道断面(单位:m)

4 土工膜在防汛抢险工程中的应用

江河湖海堤防是目前防御洪水的主要工程措施之一.由于堤防大多为岁修而成,故现在堤防的堤身和地基存在着各种不同的隐患.一旦汛期出现险情,必须进行紧急抢险.防汛抢险所面临的局面往往是险情迫在眉睫,因此要求所用的材料质量轻,易于搬运,不易腐烂,而且施工简便,效果立竿见影.土工合成材料能满足上述要求.

在汛期常发生的各种险情中,由渗流造成的险情最为突出.1988年统计资料表明,溃口大多是由渗透破坏引起的,渗透破坏占总数的70%.因此渗流控制非常重要.

在汛期高水位作用下,堤内外水压力差引起地下水的渗流运动.当渗透压力达到一定程度后,堤背水侧坡面或地表土体会发生渗透变形,较常见的有管涌和流土,在实际中均称之为“管涌”.当管涌严重时,可在涌孔周围填筑围井,井内保持一定水位,以降低该处的水力梯度,消除管涌造成的动水力,使土体恢复稳定.筑围井可采用桩膜围堰的方法快速形成挡水围堰,内注水形成压力.这种方法简便且可回收材料.

水从堤坝身背水坡渗出,坡面潮湿,称为散漫.散漫进一步发展,潮湿的地方开始有明显的细流渗出,称为渗水.抢护的原则是“临水截渗,背水导渗”.当缺少黏性土料,水深较浅时,可采用土工膜或塑料薄膜加保护层的办法,达到截渗的目的.土工膜沿边坡的垂直长度可根据具体尺寸预先粘结或焊接好,以满铺渗水段边坡并深入临水坡脚以外1m以上为止.顺边坡宽度不足可以搭接,其长应大于50cm.铺设前应清理边坡和坡脚附近地面,以避免损坏土工膜.铺好后应在其上满压1~2层沙土

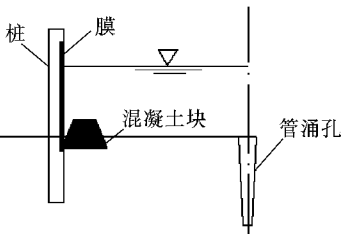


图 5 围井

袋,作为土工膜的保护层,并起到防风浪作用.

1991年7月,淮河大堤陈大湾堤段背水坡脚出现了一直径30~40cm的翻砂鼓水孔,孔口堆积了砂环,冒出的水柱高达30cm.抢险时用了一块质量为400g/m²的非织造土工织物,长宽皆5.3m,铺在平整的管涌孔口上,试图压住管涌翻砂,但由于方法不恰当,开始时并未收到预期效果.当在织物中央加块石压重时,其周围鼓起;相反,在织物周围压块石时,则中间又鼓起.往上面再铺30cm厚的石料,仍有浑水流出,把压重加厚到60cm时,浑水依旧不止;再增厚压重到1m多时,渗出水才变清.待数小时后,非织造土工织物四周又流出浑水,说明险情仍未完全排除.后来在管涌孔周围修筑了一个长30m,高1m多的大围井,险情才被控制.

5 土工膜在加固修复工程中的应用

现有水利工程的坝体、坝基一般均存在不同程度的渗漏隐患,处理这类问题通常采用槽孔混凝土防渗墙、帷幕灌浆及开挖填筑截水槽(墙).槽孔混凝土防渗墙,工期长、造价高,帷幕灌浆往往存在可灌性和可控性差的问题,难以形成一完整、连续的防渗结构;开挖填筑截水槽(墙),在已建工程中由于受到种种因素和客观条件的制约而难以实施.因此,选择一种防渗效果好、工艺简单、速度快、造价低的防渗技术是很有必要的.土工膜防渗技术是一种理想的选择.土工膜防渗既可用于土石坝的加固修复,也可用于混凝土坝的加固修复,还可用于水下修复.

土石坝的修复可以采用垂直铺膜防渗技术.此技术是由链条机在工程所需的防渗线上,垂直挖土造槽,槽宽0.20~0.25m(据土层构成不同而异),采用泥浆护壁,在已完成的槽沟内垂直投放土工膜,然后回填黏土,最终形成一连续完整的垂直防渗体系.它的特点为:开槽机垂直造槽,泥浆护壁,形成槽宽和深度连续、稳定、不收缩,有利于向槽内投放设计要求的防渗材料,防渗效果好;垂直防渗材料为土工膜和黏土,造价低;开槽、下膜、回填黏土均在常压下进行,对堤坝不会产生劈裂,且土工膜垂直埋入土层内,受外部不利影响少;采用的防渗材料适应变形的能力强,适用范围广,施工速度快.

山东省的孤东水库采用垂直铺膜技术防渗加固,取得了很好的效果.此水库1987年投入运行,1988年春北坝段发现漏水,库水位越高,渗水越烈.当库水位达7.0m时(水深3.0m),围坝坝脚外200m范围内积水形成明流.铺膜后,1990年冬季以来,几次蓄水达设计水位均未出现渗水现象,坝后原渗水区积水消失,地面干燥.这说明垂直铺膜后(下转第42页)

基本上呈软泥状,其弃于土场后形成铺散状,大量占用弃土场.解决的方法是尽量利用沟道结合填沟造田堆积,并与库区护岸削坡弃土同时进行,以利用护岸削坡的弃土硬化基坑开挖堆弃的软泥,达到少占弃土场的目的.

b. 坝基排水井和泉水的处理.坝基降水共造井42眼,在坝体填筑过程中分高程逐步封堵.而坝肩泉水也按高程逐步封堵.其处理方法是抽水井和泉水均采用安装井管,井管外包无纺布,下泵抽排的方法来处理.待坝体回填一定高程后,采用下部回填砂石混合料,上部用150号混凝土封1.5m的方法封死.

(上接第20页)消除了坝体坝基可能产生的渗透破坏的隐患,确保了工程安全.

对于混凝土坝的防渗加固一般是在其表面锚固或粘结土工膜(如图6所示).落坡岭水库拦河坝位

6 结 语

1999年12月10日,坝基全部开挖至建基面设计高程392.0m后,对坝基进行了初验.1999年12月31日截水槽开挖完后,由省质检站组织对整个坝基进行了验收.验收专家组对“高地下水”、“高压压缩”等复杂地质条件下坝基开挖与处理达到了建基面平整、边坡稳定、开挖尺寸准确、地下水位得到有效控制给予了很高的评价,一致认为坝基开挖与处理工程优良,为以后类似工程的基础处理积累了经验.

(收稿日期 2002-02-06 编辑 熊水斌)

大,仅靠灌浆处理不能完全解决问题,决定在上游裂缝面粘结锚固一条橡胶薄膜,以适应裂缝的伸缩变形.施工时沿裂缝锚固粘结一条长3m,宽57cm,厚1.4mm的三元乙丙橡胶薄膜,处理后没有漏水发生.

6 结 语

土工膜作为一种轻便的,便于施工、造价低廉、性能可靠的防渗材料在水利工程中有着广泛的应用.它在土石坝、混凝土坝、渠道、防渗加固等工程的应用取得了良好的效果.土工膜不仅在水利工程中有应用,而且在路桥工程、环境工程、地下工程等其他工程也有很多重要的应用.

参考文献:

[1]《土工合成材料应用手册》编写委员会.土工合成材料应用手册[M].第二版.北京:中国建筑工业出版社,2000.
[2]顾淦臣.论土工膜防渗结构[J].人民黄河,1987.14~17.
[3]合成土工膜的推广应用[J].水利水电快报,2000.21~23.

(收稿日期 2001-12-15 编辑 冯敏峰)

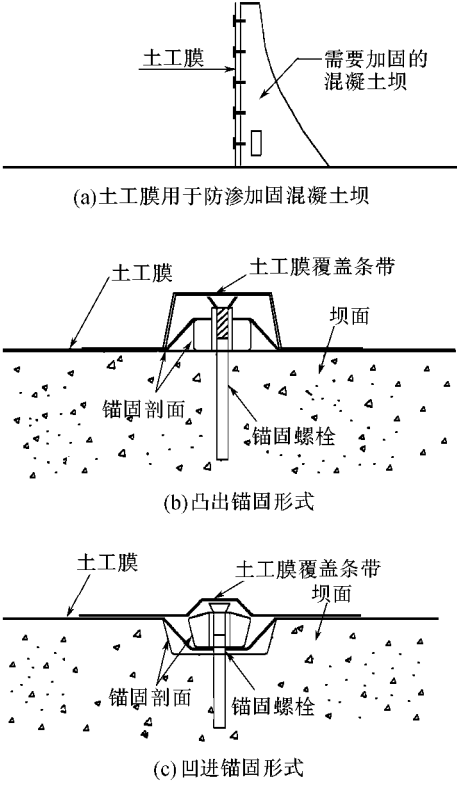


图6 土工膜用于混凝土坝加固

于永定河上,为混凝土重力坝,坝顶高程204.0m,坝长220.75m,最大坝高19.5m,1971年动工修建,1975年建成,1976年7月正式投入运行.1976年11月即已发现右岸挡水坝段裂缝,1981年12月漏水量增大,此时裂缝已经上下贯穿,随后进行了系列观测,当时测得平均裂缝宽度为3.5mm,最大裂缝宽度为4mm,最大漏水量13.5L/min,最小漏水量6.6L/min,并进行了氰凝灌浆处理.1993年3月观察,不断有水从裂缝流出,说明裂缝受温度的影响较

