

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2009.06.019

西霞院反调节水库复合土工膜斜墙砂砾石大坝防渗施工技术

刘宗仁¹ 张国兰¹ 王登科²

(1.黄河勘测规划设计有限公司 河南 郑州 450003 ;2.小浪底工程咨询有限公司 河南 郑州 450003)

摘要 :将复合土工膜作为黄河西霞院反调节水库砂砾石大坝的防渗材料 ,探讨了复合土工膜作为砂砾石坝体防渗材料时的主要性能指标 ,介绍了复合土工膜在大坝防渗中的施工程序、施工工艺、施工方法、施工过程中的质量控制情况。从初步运行情况看 ,鉴于复合土工膜防渗性能优良、质量轻、对不均匀沉降适应能力强等优点 ,其应用是成功的 ,但在今后的运行中仍需加强监测。

关键词 :西霞院 ;大坝 ;复合土工膜 ;防渗 ;施工技术

中图分类号 :TV49 文献标识码 :B 文章编号 :1006-7647(2009)06-0074-04

Anti-seepage technique for sand-gravel dam with compound geomembrane inclined wall of Xixiyuan Counter Reservoir//
LIU Zong-ren¹ , ZHANG Guo-lan¹ , WANG Deng-ke²(1. Yellow River Engineering Consulting Co. , Ltd. , Zhengzhou 450003 , China ; 2. Xiaolangdi Engineering Consulting Co. , Ltd. , Zhengzhou 450003 , China)

Abstract : The compound geomembrane is used as impervious material for the sand-gravel dam of the Xixiyuan Counter Reservoir. The performance indexes of compound geomembrane when it is used as impervious material in the sand-gravel dam were studied. The construction procedures , construction craft , method , and quality control during construction of the compound geomembrane for dam seepage control are introduced. In view of the advantages of good permeability , light quality and strong adaptability to uneven settlement , results of preliminary operation indicate that the application of geomembrane is successful , but monitoring is still required in future operation.

Key words : Xixiyuan ; dam ; compound geomembrane ; anti-seepage ; construction technique

1 工程概况

西霞院反调节水库位于河南省境内的黄河干流上 ,坝址距小浪底水利枢纽 16 km。西霞院反调节水库是一座以反调节为主 ,结合发电 ,兼顾供水、灌溉等综合利用的大(2)型水利工程。水库总库容 1.62 亿 m³ ,砂砾石坝段最大坝高 20.2 m ,电站混凝土坝段最大坝高 51.5 m ,电站装机容量 140 MW ,灌溉农田面积 7.6 万 hm²。

枢纽建筑物由挡水、发电、泄洪排沙、灌溉等建筑物组成。其中挡水建筑物为复合土工膜斜墙砂砾石坝 ,最大坝高 20.2 m ,坝顶高程 137.80 m ,坝顶总长度 2609 m(其中左岸长 1725.5 m ,右岸长 883.5 m) ,坝基采用混凝土垂直防渗墙防渗。

砂砾石坝布置于混凝土建筑物坝段的两侧。作为永久性水工建筑物的挡水工程 ,其防渗处理经多种方案比较 ,确定坝基采用混凝土防渗墙与坝坡复合土工膜防渗相结合 ,即坝坡复合土工膜下部与现浇防渗墙相接、上部与坝顶防浪墙相连的防渗体系 ,

在大坝上游坡面采用预制联锁板防护 ,见图 1。

2 坝体防渗

2.1 复合土工膜坝体防渗设计指标

西霞院反调节水库砂砾石大坝坝体防渗 ,经过多种方案技术经济比较 ,采用复合土工膜贴坡式防渗方案。复合土工膜防渗性能好 ,质量轻 ,对不均匀沉降适应能力强 ,施工简便 ,造价低廉。

坝体防渗使用的复合土工膜由防渗膜和土工布复合而成 ,防渗膜采用易于热焊接的聚乙烯(即 PE)膜 ,膜厚为 0.8 mm 与 0.6 mm。土工布采用纯新涤纶针刺无纺布 ,质量不小于 400 g/m²。即左岸砂砾石坝段与河床砂砾石坝段采用长丝 400/0.8/400 的两布一膜 ,右岸砂砾石坝段采用长丝 400/0.6/400 的两布一膜。复合土工膜幅宽均为 4.3 m ,四边预留约 10 cm 的不复合层(即布、膜分开 ,称为留边) ,以便土工膜纵横向连接。工程所使用的复合土工膜主要设计性能指标见表 1 ,主要设计应力安全系数、应变安全系数见表 2。

作者简介 :刘宗仁(1963—)男 ,河南新乡人 ,教授级高级工程师 ,从事水利水电工程设计。E-mail :kys01@sina.com

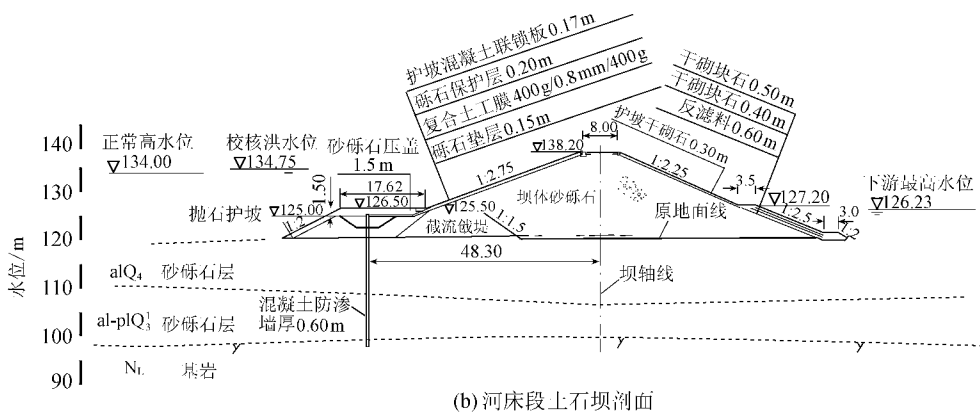
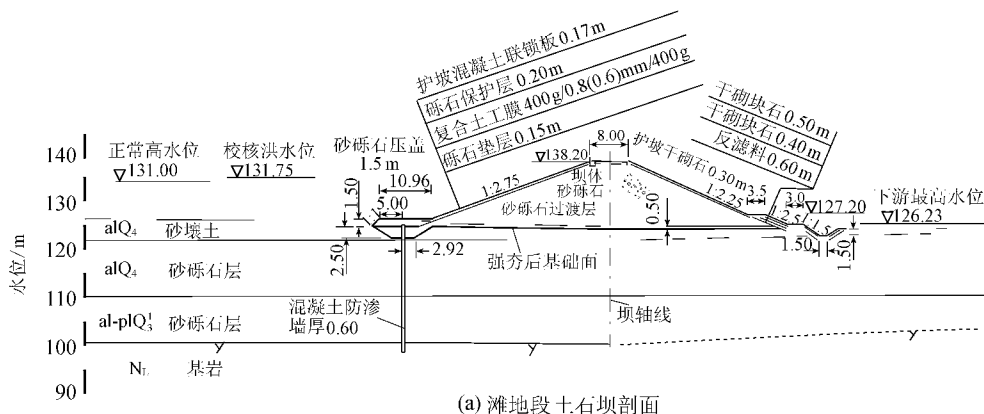


图 1 土石坝剖面(单位:m)

表1 复合土工膜长丝主要设计性能指标

极限抗拉 强度/(kN·m ⁻¹)		极限延伸 率/%		撕裂强度/ kN		CBR 顶 破强 度/kN	刺破 强度/ kN	渗透 系数/ (m·s ⁻¹)
纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向			
≥55	≥45	≥50	≥50	≥1.5	≥1.3	≥10.0	≥1.4	≤10 ⁻¹¹

表2 复合土工膜设计应力安全系数

分 区	工 况	工作 应变 / %	纵向安全 系数	横向安全 系数
右岸坝段	正常工况	5.24	5.0	5.0
	设计工况	4.53	5.0	5.0
	校核工况	5.50	4.5	4.5
左岸和河槽坝段	正常工况	5.82	5.0	5.0
	设计工况	6.22	5.0	5.0
	校核工况	6.86	4.5	4.5

2.2 复合土工膜防渗施工程序

复合土工膜总的施工程序为:坝体基础面验收→铺设 15 cm 垫层料→检查验收→复合土工膜铺设→底层土工布缝合→焊接→检测→修补→复检→上层土工布缝合→伸缩节施工(锚固)→验收→二期混凝土施工→保护层料施工→联锁板施工→下一个循环。

2.3 复合土工膜铺设施工方法

2.3.1 铺设前准备

在复合土工膜施工前,首先由施工单位测量技术人员和监理测量工程师联合进行基础面地形测量,并将测量成果报监理工程师复核。监理工程师

确认后,再邀请业主、设计者等对其基础面进行联合检查,验收合格后,方可进行垫层料施工。再将在现场经拌制加工好的垫层料进行摊铺,摊铺厚度不小于 15 cm。对坡面存在高差起伏部位必须进行平整,将大于 150 mm 的大石以及突出的石块清除,使基层平滑过渡。基面达到平整度要求后,对砂砾垫层采用 3 t 拖碾进行碾压,碾压相对密度应达 0.70,以保证复合土工膜与平整基面吻合,见图 2。



图 2 垫层料施工

2.3.2 复合土工膜铺设工艺

a. 铺设。复合土工膜铺设采用垂直于坝轴线的方法。左右岸砂砾石坝段填筑到坝顶后,复合土工膜从坝顶自上而下垂直于坝轴线铺设;河床坝段采用自下而上反向铺设。铺设时注意张弛适度,要求土工膜与垫层结合面务必吻合平整,避免人为和施工机械的损伤,见图3。

b. 焊膜。复合土工膜的连接采用膜焊布缝的



图3 铺膜

方式。先铺第1幅土工膜,再铺第2幅土工膜,并使之搭接10 cm;之后调整2幅土工膜,保证其搭接对齐、平整;再将需焊接的边向两侧翻叠(宽度约20 cm)。接着进行底层土工布缝合,之后将2幅土工膜搭接铺好,调整2幅土工膜焊接边缘走向,保持约有10 cm搭接。PE膜采用2PH-213型自动爬行热焊机焊接。焊接前必须清除膜面的污染物并保证膜面清洁,膜与膜接合平整后方可施焊。温度是土工膜老化的重要影响因素之一,所以在爬行焊接过程中,操作人员要仔细观察焊接双缝质量,随时根据环境温度的变化调整焊接温度及行走速度。一般温度控制在250~350℃,行走速度一般为1~2 m/min。复合土工膜施工前,先进行复合土工膜施工工艺试验,定出合理的工艺参数再正式焊接。西霞院反调节水库土工膜焊接经现场试验确定,当室外温度为15℃时,焊接机温度显示不超过350℃,焊接速度控制在1.5 m/min;复合土工膜焊接完成后,立即对焊缝进行检查验收,采用目测法、压力水法和充气法。西霞院反调节水库复合土工膜焊接质量检查以充气法为主,注射颜色水为辅。焊接质量经检查验收合格后方可进行缝布,见图4。



图4 焊接

c. 缝布。复合土工膜焊接检测合格后,即可进行上层土工布缝合。上层土工布缝合采用手提封包机,用高强维涤纶丝线,缝合时针距控制在6 mm左右,连接面要求松紧适度,自然平顺,确保土工膜与土工布联合受力。

2.4 复合土工膜的保护、锚固与伸缩节

a. 保护。西霞院反调节水库对复合土工膜的保护采用保护层料,保护层料(层厚20 cm)为经现场

加工而成的砂砾石料。保护层料采用人工进行铺设、整平,避免机械造成土工膜刺破等。保护层料铺设完成后,立即进行检查验收,验收合格后开始下道工序——混凝土联锁板施工。

b. 伸缩节。复合土工膜施工完成3~4幅后,即可进行先前施工1~2幅的复合土工膜伸缩节施工。伸缩节施工时,首先将 $\varnothing 30$ mm 氯丁橡胶棒安放在折线部位,再用人工(注意不可将土工膜刺破)将其缝在布上固定。其次将复合土工膜进行折叠,因为折叠时会产生土工膜下滑。在西霞院反调节水库防渗工程施工中采用木板卡,待折叠后再将木板取出。

c. 复合土工膜的上端锚固。上部的土工膜在防浪墙底部作为锚固端,为适应坝体斜坡面变形,土工膜在坝体斜坡面顶处设50 cm的伸缩节。复合土工膜与坝顶防浪墙锚固端施工方法为:首先将土工膜铺设好,并留有足够余幅,以便与防浪墙混凝土联接;其次进行防浪墙混凝土施工,待防浪墙混凝土施工完成且防浪墙混凝土强度满足要求后,进行膨胀螺栓孔钻孔,同时,将伸缩缝两侧凿成V形槽,之后回填聚硫密封胶,最后,安装3 mm厚氯丁橡胶下垫片,铺设土工膜,再安装氯丁橡胶上垫片,并用钢板压平,用膨胀螺栓固定在混凝土上,见图5。



图5 土工膜与坝顶防浪墙锚固

d. 复合土工膜的下端锚固。复合土工膜下部锚固在混凝土防渗墙顶。锚固前要先对防渗墙伸缩缝进行处理。按照设计图纸将伸缩缝两侧凿成V形槽,并将防渗墙轴线部位凿成梯形槽,之后回填聚硫密封胶。锚固时先按照0.5 m间距进行水泥浆锚栓孔钻孔(孔深0.6 m,螺栓长0.72 m),锚栓孔孔距在伸缩缝位置为0.5 m,其余距离可适当调整。之后将联接处防渗墙墙顶清理干净,安装10 mm厚氯丁橡胶下垫片,铺设土工膜(一布一膜),再安装氯丁橡胶上垫片,用10号槽钢压平,将槽钢用锚栓紧固,并对槽钢和氯丁橡胶上垫片之间的空隙进行回填灌浆,最后浇筑二期混凝土盖帽封闭,见图6。

2.5 复合土工膜质量控制

a. 为确保土工膜施工质量,在复合土工膜施工



图6 土工膜与坝基防渗墙锚固

前,委托生产厂家专业工程师对施工人员进行上岗前的技术、技能培训。通过理论和实践,学习复合土工膜的特性、施工工艺和操作规程,以及施工过程中的注意事项等,并进行实际操作训练。

b. 对进入施工现场的复合土工膜进行抽样,检验其物理性能,并进行外观检查。为保证施工质量,留边不合格,如起褶皱、荷叶边或膜布长短不齐等,采取直接裁减等措施,确保复合土工膜材质符合技术规范要求,杜绝不合格复合土工膜上坝。

c. 复合土工膜焊接时不能有熔点和漏点。焊缝质量以外观检查为主,看2条焊缝是否清晰、透明,无夹渣、气泡,无漏点、熔点或焊缝跑边等。土工膜焊接质量检查以充气法为主,注射颜色水为辅(对每条焊缝都进行充气法检测)。充气法检测时在焊缝两端设置气压表,待妥善密封后,充入气压0.2 MPa,稳压保持5 min,压力无明显变化为合格;对于无法用充气法检测的部位,进行注射颜色水为辅的检测方法。颜色水应从大坝上游坡脚处注入,使水沿2条焊缝形成的空腔爬升,从而检测并标注出焊缝的渗漏点,进行热熔补焊,对补焊后的焊缝也要重新按照充气法进行检测。

(上接第41页)

水库堤坝基础处理部位一般处于水下。采用塑料排水板处理地基时,采用专用插板船施工,塑料排水板用安放在作业船上的门架式立柱打设机插设,作业船一次移位可同时插多根排水板。

6 结 论

土工合成材料在潮汐河口地区水库建设中应用的工程实践表明,利用土工合成材料可解决水库堤坝的排水、反滤、防冲等问题。

a. 利用在超过6 m深水区域采用抛填砂袋、浅于6 m水深区域采用土工管袋吹填砂土的筑堤技术,可以解决深水筑堤问题。

b. 流速在3.5 m/s以下的滩面、纳潮口和龙口底面可采用砂肋软体排或混凝土连锁块体软体排保护。对于高流速的纳潮口和龙口底面可采用聚丙烯

d. 必须严格按照程序施工。因阳光辐射是聚合物降解的主要因素,注意不可将复合土工膜铺设过多,并尽可能采用遮阳布覆盖。如果局部覆盖不到位,可采用15 cm厚的砂子进行覆盖,但必须确保温度不超过60℃,以防止温度过高而加速土工膜的老化。

e. 铺设复合土工膜施工中大坝垫层料的平整和密实也是很重要的,务必确保土工膜与坡面垫层料吻合,才能更好地达到防渗要求。

f. 复合土工膜在厂家生产时按设计要求的长度进行剪裁,尽量避免在铺设时产生水平接缝;同时,尽量选用宽幅土工膜,以减少施工接缝。

3 结 语

复合土工膜防渗性能好、质量轻,对不均匀沉降适应能力强,施工简便,造价低廉,在公路、环保、建筑等工程中已普遍采用。坝工建设中堤防和坝体除险加固工程上应用较多,具有一定的应用经验,但在黄河这样重要的河流上还是首次采用,且是突破规范的。为此设计严格规定了复合土工膜与混凝土之间的连接措施及施工工艺要求,业主、监理、施工单位也非常重视,严格把关,以确保施工质量。从初步运行情况看,工程是成功的。但由于工程的运行时间较短,在今后的运行中仍需要加强监测,不断总结经验,以推动复合土工膜在水利工程中更广泛的应用。

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[K]. 2版. 北京:中国建筑工业出版社,2000.

(收稿日期 2009-07-28 编辑 胡新宇)

绳网兜石保护,下部设置混凝土连锁块体和砂肋软体排作为过度层。

c. 堤坝在双向水头作用下,内、外坡均需设置反滤层,采用反滤土工布作为反滤层是可行的。

d. 采用塑料排水板处理软土地基,可以加快地基的固结,减小堤坝的工后沉降。

参考文献:

[1]陶君裘,石小强.陈行水库工程概况[J].上海水利水电技术,1993(18):1-8.
[2]陆忠民,卢永金,宋少红,等.青草沙水库建设与长江口综合整治关系研究[J].给水排水,2009,33(1):55-58.
[3]陶君裘,白建颖,沈建强.陈行水库土工织物应用技术[J].上海水利水电技术,1993(18):54-62.
[4]束一鸣,张乃国,史海珊,等.长江口复杂软土地基上堤坝的设计[J].水利水电科技进展,2003,23(6):34-36.

(收稿日期 2009-09-07 编辑 张志琴)