

# 砼企口板与土工织物在护坡工程中的应用研究

张震洲 曹宝柱

康万营

(河南省平顶山市水利局 467000) (河南省白龟山水库管理局)

**摘 要** 本文针对众多水库河道护坡工程中存在的塌坑、沉陷、渗透变形等问题,以颇具代表性的河陈水库易受波浪淘刷的迎水坡为工程实例,对砼企口板与土工织物护坡新技术进行了应用研究。经几年运用,效果良好。该护坡技术具有施工简单易行、节省投资、美化环境、便于管理等特点,可以在水库河道护坡工程中推广应用。

**关键词** 砼企口板 土工织物 护坡工程 水库 河道

**中图分类号** TV31.3

## 1 工程概况

目前,国内外护坡工程中,多采用砂石料作反滤层,干砌块石、浆砌块石、块石护坡粘结、砼及钢筋砼等护坡形式。这些护坡形式存在着不同程度的问题:造价高,寿命短,管理不便,效果差。为了通过工程实践寻求一种施工方便、整体性好、投资省、维修费用低、效果好的新型护坡技术,我们在平顶山市宝丰县河陈水库迎水坡风浪变化高程 177.0~180.5m 护坡工程中,采用砼企口板与土工织物护坡技术进行了应用研究。

河陈水库位于北汝河流域的净肠河支流玉带河上游。坝址以上控制流域面积 24.7km<sup>2</sup>,1985 年建成。水库总库容 1137 万 m<sup>3</sup>,坝型为均质土坝,坝顶长 630m。该水库按 100 年一迁洪水标准设计、5000 年一迁洪水标准校核,设计洪水位 182.37m,校核洪水位 183.92m,坝顶高程 184.50m。正常蓄水位 179.0m,死水位 171.0m,坝顶为砼路面,迎水坡边坡 1:3,干砌块石护坡。

河陈水库因受当时条件限制,施工质量较差,上游坝面没有铺设反滤层,加上干砌护坡块石大小不一,经长期风浪淘刷,坝面塌坑达 10 多处,直径 2.0~5.0m,坑深 0.2~0.5m 不等。加上块石挤压不紧,易造成乱揭乱放,更加剧了坝坡的变形。1989 年,平顶山市水利局与河陈水库管理所,委托河南省水科所对水库迎水坡坝面因风浪冲刷引起的塌坑和块石松动问题,利用土工织物做反滤层,进行了试验性处理,取得了比较成功的经验。在此基础上,我们仍选择该水库作为研究对象,进行砼企口板与土工织物在护坡工程中的应用研究。经过三年来的运用,坝坡经受了 4~6 级风浪冲击考验,坝面砼企口板整齐美观,完好无损,坝体无渗透破坏,效果良好。

## 2 工程设计

### 2.1 工程布置

收稿日期:96-09-11

根据宝丰县气象站(1981~1989年)气象资料及河陈水库历年水位变化情况,出现风浪较大月份为12月、元月、2月这三个月,相应的水位变化高程在177.1~178.8m,高程177.1m以下,受风浪淘刷较小。经研究,计划翻修高程为177.0m开始一直到坝顶。其中,高程180.5m以下的坝面有5423m<sup>2</sup>,利用15cm厚砼企口板与土工织物进行护坡;180.5m以上6774m<sup>2</sup>的坝面,采用10cm厚的砼企口板进行护坡。

## 2.2 砼企口板优化设计

干砌块石护坡、块石护坡粘结、浆砌块石三种护坡形式,技术简单,可以就地取材;但因手工操作,劳动强度大,不易实现全面机械化施工。而干砌块石护坡还有管理不便、不美观等缺点。鉴于河陈水库附近砂石资源缺乏,计划采用砼板护坡。目前,国内比较先进的预制砼板护坡技术形式有两种:一种为块与块之间用钢筋钩相连的锁挂板,它虽有工程量少、整体美观的优点,但制作复杂,安装不便,不易形成批量生产,且造价高。另一种为普通砼板,其制作简单,便于批量生产,造价较低,但要求厚度大,一般在20cm以上,施工以后容易丢失或掀掉。为探索一种施工方便、整体性好、节省投资、维修费用低、整齐美观、便于管理的新型护坡技术,我们对常规砼板进行了大胆改进,采用了企口型式。我们曾制作五种泥模模型,分别为垂直两侧咬合、斜面四侧咬合、垂直斜面四侧咬合、斜面四侧咬合、垂直斜面四侧咬合。斜面两侧咬合和斜面四侧咬合,具有结构不稳定、容易松动、管理不便的缺点;而垂直四侧咬合和垂直两侧咬合具有应力集中、受力不均、容易破坏的缺点,只有垂直斜面四侧咬合具有受力均匀、结构稳定、上下咬合紧密、便于管理的优点。因此,选择了垂直斜面四侧咬合型式。为了便于施工,确保工程安全,企口板尺寸设计为40×40×15cm。

## 2.3 土工织物的选择

根据护坡工程的要求,选取的土工织物应满足保砂性、透水性、抗拉强度和使用寿命等方面的要求。经过对水库大坝土料进行的实验分析和土工织物的测试,我们决定选用湖南省维尼纶厂生产的200g/m<sup>2</sup>土工织物,幅宽5.0m,厚度为2.47mm,其性能如下:

(1) 保砂性:土工织物控制直径 $\phi 90$ 为0.105mm, $\phi 95$ 为0.123mm,而所铺粗砂 $d_{50}$ 为0.75mm,能满保砂性的要求。

(2) 透水性和均匀性:据厂家提供的测试资料,土工织物的渗透系数 $K=2.0\times 10^{-1}$  cm/s,可以满足透水性。

(3) 抗拉强度:200g/m<sup>2</sup>土工织物纵向狭条断裂强度为374N/5cm,横向狭条断裂强度为285N/5cm,强力比(纵横)为1:3,纵向梯形撕裂强度为240N/5cm,,横向梯形撕裂强度为195N/5cm,顶破强度为701N。

④使用寿命:根据国内外应用试验研究的结果表明,土工织物在避免阳光直射的条件下,使用10年以上,能满足工程强度的要求。

## 3 工程施工

1991年10月至1992年3月,河陈水库进行砼企口板预制。1992年4月工程开工,1992年7月底完成176~180.5m护坡任务,9月底完成迎水坡工程。我们曾采取招投标方式选择专业队伍施工,施工中加强领导,做到质量、投资、进度三控制。由于加强管理,确保了工程按期完成。

### 3.1 砼企口板预制

根据企口板泥模模型及设计尺寸,用优质松木制作模具进行预制。预制中严格按施工规范拌和、浇筑、振捣、拆模、养护,认真制作砼试块,确保 150<sup>#</sup> 砼企口板强度。

### 3.2 坝坡的修整

根据工程实际情况,修改设计,迎水坡翻修从 176m 至 184.5m。护坡块石拆除后运至溢洪道,并留一部分用作齿墙、下坝台阶及背水坡排水沟砌筑。

原设计中要求迎水坡按 1:3 边坡进行施工。在施工时,护坡块石拆除后发现原坝坡不规整,有的坝段 1:2.8,有的坝段 1:3.1,为了保证护坡坡面的规整美观,将 177.0m 以上的坝面修整为 1:2.9,并夯实坡面。为了保证坡面的顺直平整,加铺 5cm 厚的粗砂层。

### 3.3 齿墙及下坝台阶的砌筑

为加强护坡砼块的稳定性,176.0~177.0m 设 150<sup>#</sup> 砼现浇带,3×3m 砼板,每 3m 设施工缝 1cm,每 6m 设置排水缝 5~10cm,砼厚 10cm。齿墙砌筑于 176.0m 高程的位置,齿墙断面为 30×50cm,齿墙与下坝台阶均用 50<sup>#</sup> 干砌块石砌筑。

### 3.4 土工织物的铺设

在整修好的坡面上,高程 177.0m 和 180.5m,上下左右各开挖 30×30cm 的地槽,先将土工织物在上槽内每隔 5m 用直径 6mm 的钢筋制成 20cm 长、30cm 钩长的扒钉固定,从上往下顺坡而铺,下端槽内同上槽一样固定以后,槽内填上碎石,固定紧土工织物,同时两幅搭接要采用粗线缝合,缝合缝不小于 5cm,并要缝合顺直,缝好以后倒向一方,坡面上每隔 5m 钉一扒钉,三排,呈梅花状。

### 3.5 砼企中板铺筑

为了避免土工织物在阳光下曝晒,应边铺土工织物边铺筑砼企口板。为了保证砼企口板铺筑不损坏土工织物,我们采取人工扛抬和铺钢板垫层顺坝坡下滑企口板,从下而上依次铺设,要求企口板咬合紧密,上下成线,左右成行。

### 3.6 砼现浇

根据水库风浪冲击坝坡高程范围,为了达到节省投资,保证工程安全运用的目的,将 180.5~184.5m 改为 10cm 厚的 150<sup>#</sup> 砼现浇,砼板 3×3m,每 3m 设施工缝 1cm,每 6m 设置排水缝 5~10cm,下设常规反滤层。

### 3.7 工程完成情况

迎水坡翻修共完成砼 1485m<sup>3</sup>,块石拆除 4300m<sup>3</sup>,砌石 189m<sup>3</sup>,用土工织物 5100m<sup>2</sup>,修坡 12398m<sup>2</sup>,完成经费 34.2 万元,其中完成该研究项目 177~180.5m 翻修工程量为:砼企口板 685m<sup>3</sup> 铺土工织物 4600 m<sup>2</sup>,完成经费 15.6 万元。

## 4 工程运用效果

工程竣工后,经过三年多的运用,利用砼企口板与土工织物护坡已取得了一定的效果,从现场看,成效显著。

(1)1992 年 7 月底,完成 177.0~180.5m 应用研究项目护坡任务,其中,176~177m 为砼现浇带,180.5~184.5m 为砼现浇板,施工缝及排水缝清晰可见,177.0~180.5m 为砼企口板,横向 25 排,纵向 1150 排,整齐美观。

(2)1992年~1993年,汛期降雨偏少,水库蓄水不多,观测坝面仍然完好无损。

(3)1994年汛期降雨偏丰,大的降雨过程有四次。9月30日观测,河陈水库蓄水177.70m,1994年11月、12月,1995年元月、2月期间,4~6级风频繁,风浪变化较大,风浪最大爬高1.47m,1995年3月5日观测,右坝桩号0+030~0+053,发现高程179.0m左右有9块砼企口板发生松动现象,其它砼企口板完好无损。之后,我们及时进行了修补。

(4)1995年汛期,由于西太平洋副热带高压异常活跃和强度偏高,加之北方冷空气活动频繁,使我市6~9月份的降雨量达到有记录资料以来的41年内的第四个高值年,尤以7月份的降雨量属历史罕见。整个汛期降水总量在300~700mm之内,同常年汛期均值相比,宝丰县偏高3~6成。9月30日,河陈水库观测水位178.6m。11月12日观测右坝桩号0+030~0+059,发现高程179m左右有7块砼企口板发生松动现象,粗砂下沉填充在下面碎块石之中,其它完好无损。

在坝坡拆除时,发现桩号0+030~0+060段,因坝坡不规整,块石护坡下仍有约1m厚的块石碎石层,施工修整异常困难,虽然对该段进行了认真处理,但是还有局部段落没填充好碎石,由于风浪冲击坝面,振动粗砂下沉填充在碎块石层中,这是形成局部砼企口板松动的主要原因。纵观整个坡面,基本完好,说明该护坡技术是成功的,效果是显著的。

## 5 工程效益分析

该护坡技术与常规的反滤层结合块石技术或土工织物作反滤层结合块石护坡技术,比较如下:

(1) 传统的常规反滤层结合块石护坡技术虽然也可以起到一定防护作用,但在反滤层级配不合理、厚薄不均匀的情况下容易发生渗透破坏,同时,块石容易被群众掀掉,经风浪冲刷,造成坝坡破坏;土工织物作为反滤层的块石护坡也存在易被破坏的缺点。利用砼企口板的防护作用,可以防止风浪对坝坡的冲刷,利用土工织物的反滤和防护作用,能防止坝坡的渗透破坏,二者结合运用,护坡则具有美观、便于管理等优点。

(2) 施工过程中由于材料价格上涨及人工费的提高,施工预算单价高于概算单价。该研究项目对177.0~180.5m迎水坡翻修,利用砼企口板与土工织物护坡,每平方米造价为33.99元,而常规反滤层块石护坡每平方米造价40.9元,土工织物代替常规反滤层的块石护坡每平方米造价39.47元。采用该护坡技术,可比常规块石护坡节省投资3.2万元。

(3) 防洪效益分析。该项工程经过三年的运用,经受了4~6级风浪冲击考验,大坝护坡完好无损,保证了水库的正常蓄水,为水库防洪、灌溉奠定了物质基础,具有显著的经济效益和社会效益。对保护下游焦枝铁路、宝丰酒厂等数十家工矿企业,宝丰县城及水库下游的26个行政村的12万人和10万亩耕地的安全起到了重要作用,减少了经济损失。

## 6 结 语

该护坡工程经过几年运用,效益良好,证明河陈水库采用砼企口板与土工织物护坡技术是成功的。在工程实施中,我们对护坡砼板进行了改进和创新;利用新型建筑材料土工织物代替砂砾料反滤层。二者结合,达到防止坝坡产生渗透破坏的目的,是目前代替常规块石护

坡、普通砼板护坡的理想技术,该技术在一定条件下可以在水库、河道护坡工程中推广应用。当库内或河岸内波浪较大,或当地缺少砂石料时,采用该技术更为优越。

### 参 考 文 献

- [1] 朱诗鳌.土工合成材料的应用.北京科学技术出版社.1994.版。
- [2] 代德仲.柏忠东.塑料编织布防老化措施与使用年限的探讨.水利工程技术.1991.

## Application And Study on Concrtrmatched Boards And Geotextiles in Revetment Protection Project

Zhang Zhenzhou   Cao Baozhu  
(Henan Provice Pingdingshan   water Bureau)  
Kang Wanying  
(Administration of Baiguishan Reservoir)

**Abstract** Because of the uneven thickness against the filter layer, unreasonable grade scale; irregular and loose building stones in revetment protection project of river and reservoir, after a long-term stormy waves striding, the whole dam will sink, osmoseand deform, In order to seek fora new revetment protection technology which has the advantages of easy construction, saving investment, beautifying the enviroment and low maintenance cost, the treatise, takes Hechen reservoir of Baofeng county for example, whose windward side is liable to suffer from washing under water level, studies the application of revetment protevtion with the concret matched boards and geotextiles, after several years application. the body of dam has not been osmotic and destyoyed, The project has achieved good results.

**Keywords** concret matched boerd geotextiles revetment protection application and study