

铰接式混凝土砌块护坡的设计和效益研究

张玉清¹, 宓永宁¹, 王铁良¹, 徐 锋²

(1. 沈阳农业大学 水利学院, 沈阳 110866; 2. 辽宁省水利水电勘测设计研究院, 沈阳 110006)

摘 要:护坡是河道工程中量大面广、保证堤防安全的重要基础设施。分析了传统河道护坡形式和结构对自然环境和生态的影响,结合沈阳市鸟岛公园河道护坡工程为例,介绍了铰接式混凝土砌块护坡的结构设计,并从水土保持效益、生态景观效益和经济效益 3 个方面进行了分析,表明该护坡具有良好的推广前景。

关键词:护坡;砌块;结构设计;效益分析

中图分类号:TU452;S157 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2011)02-0017-04

Study on Design and Benefit of Joint Concrete Block for Slope Protection

ZHANG Yu-qing¹, MI Yong-ning¹, WANG Tie-liang¹, XU Feng²

(1. College of Water Conservancy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;

2. Liaoning Investigation Design & Research Institute of Water Conservancy and Hydropower, Shenyang 110006, China)

Abstract: The slope protection is an important infrastructure of the enormous quantity and the safety en-surance. In this paper, based on analysis of structure and form of traditional channel slope protection effect to natural environment and ecology, as an example for the slope protection project of Shenyang bird-island park, the structural design of concrete block for slope protection is introduced and three aspects, such as soil and water conservation, ecological landscape and economic, are analyzed. The results show that joint concrete block can be widely applied to slope protection.

Key words: slope protection; building block; structure design; benefit analysis

随着社会经济的发展和人民群众生活水平的提高,人们对水环境的要求也越来越高。河道已不仅仅具有“泄洪、排涝、蓄水、引清、航运”等水道的基本功能,而且还具有“景观、旅游、生态、对周边环境的呼应”等功能,人们渴望见到水清天蓝、绿树夹岸、鱼虾洞游的河道生态景观^[1-2]。河道护坡是保证堤防安全的重要单元,也是堤防除险加固工程建设中的重要内容,所占投资比例也很大^[3]。传统的护坡形式应用比较广泛的有现浇混凝土、沥青混凝土、浆砌块石、独立混凝土块石铺面、泥灰土等做成的防侵蚀护面等^[4-5]。这些形式的护坡往往片面强调河道的防洪、引水、排涝、蓄水和航运等功能,一定程度上改变了生态环境,对人居环境有一定的负面作用。国内城市的河道整治工程中,片面强调河流的防洪功能,大量建设钢筋混凝土、块石等直立式护岸和混凝土块护坡,河流完全被人工化和渠道化,影响了河流的生态特征和功

能,破坏了自然与环境的和谐统一^[6-7]。在护坡防护方面,仅从满足河道护坡稳定性和河道行洪排涝功能的角度出发进行设计施工,很少考虑对环境和生态的影响^[8],并且常常忽视了对已完成的生态护坡工程进行跟踪监测或工程后评估,对其发展动态和水土保持功能认识不足^[9-11]。因此,在有些堤防和护坡结构设计中,开始考虑环境的因素。为了适应这种新形势的需要,河道整治中的河道护坡技术也应由原来的纯工程性措施逐步向生态型护坡技术发展^[12]。为此,本文以实际工程—沈阳鸟岛公园河道铰接式混凝土砌块护坡为例,探讨河道生态护坡结构新方法,从而为城市河道传统护坡向生态护坡转化提供参考。

1 工程概况

沈阳鸟岛公园位于棋盘山开发区浑河段,沈阳市浑河城区段上游,北岸与浑北坝相接,南岸与干河子

收稿日期:2010-07-27 修回日期:2010-09-28
资助项目:水利部公益性行业科研专项经费项目(200801040);辽宁省科技计划重大重点项目(2008212001)
作者简介:张玉清(1974—),男,河北省三河市人,讲师,在读博士,主要从事岩土工程研究。E-mail:zhangyq1974@163.com
通信作者:宓永宁(1957—),男,浙江杭州人,教授,博士,主要从事水工材料和岩土工程研究。E-mail:myn_001@126.com

坝相接,浑北坝与干河子坝间为河心岛,岛面积约 0.8 km^2 ,周边长约 $3\,500 \text{ m}$,岛上有鱼塘和部分建筑物,是2006年沈阳“世园会”的重要组成部分。鸟岛位置如图1所示。

由于2005年发大水,致使鸟岛北岸与浑北坝相接部位近 100万 m^3 的土方随浑北坝一起水毁,同时岛周围原有干砌石护坡纷纷脱落,岛上面积大大缩减。此时距2006年沈阳“世园会”开园的时间仅有半年多的时间,根据棋盘山开发区委会的要求:为保护浑河鸟岛环境,提高鸟岛边坡抗冲刷能力,需对鸟岛护坡重新进行设计,并且护坡工程四周的护坡形式须考虑景观效益,护坡形式不得减少现有岛上面积,施工工期不能太长,进度要快。基于以上因素和与其他护坡方式比较,最终选定使用铰接式混凝土砌块护坡。

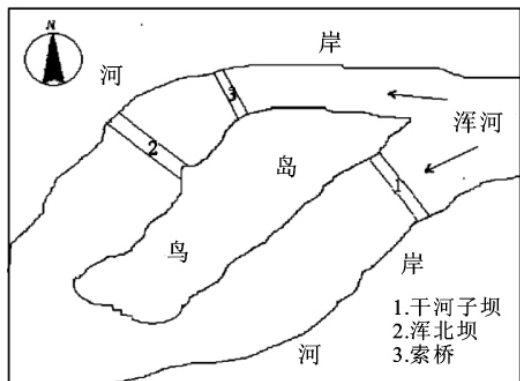


图1 鸟岛位置图

2 铰接式混凝土砌块护坡的结构设计

2.1 砌块的生产

砌块是由细石混凝土经混凝土成型机振动加压制成,具有密实度好、强度高、抗冲击能力强、抗冻、抗腐蚀、持久耐用等优点。铰接式混凝土砌块是一种柔性结构的生态护坡保护系统,生产养护28d后出厂时必须达到设计所要求的强度、容重、抗冻等级及含水率等技术指标。

鸟岛周边护坡采用铰接式混凝土砌块护坡,砌块采用空心砌块和实心砌块两种,强度标号为C25F200。铰接式混凝土空心砌块单块重量应不低于 45 kg ,实心砌块单块重量应不低于 55 kg ,用直径为 8 mm 的镀锌钢绞线将砌块连接起来,并且单根钢绞线最小应力不小于 500 MPa 。铰接式混凝土砌块主要应用在河流的坡岸,沿整个鸟岛四周铺设,并且在坡面上半部分的砌块空心部分和砌块之间缝隙植草,防止水土流失。用于沈阳市鸟岛公园护坡工程的铰接式混凝土砌块规格如图2所示。

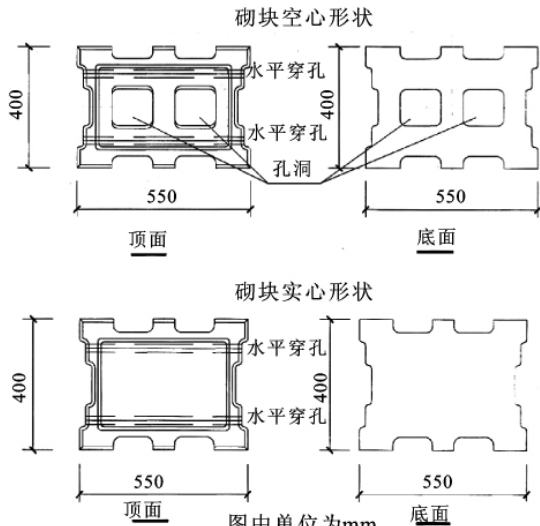


图2 空心砌块和实心砌块规格

2.2 结构设计

铰接式混凝土砌块护坡采用的是高性能的块体,块体之间通过相互连锁,形成一个整体来抵抗水流的冲刷,块体之间允许有适当的位移和变形,从而使该种铺面护坡系统具有高度的地形适应性,使护坡系统能够适应地形和地貌的变化。

在混凝土砌块上“开孔”,有利于水中植物生长、地下水供给。不同开孔率、块形、强度、水下重量,分别适应不同的水文、气候、地质条件以及施工方法。

2.3 铺设施工工艺

(1)装卸、运输时要轻拿轻放,车上摆放时应把砌块立起来,这样能减少运输过程中造成的破损;运到施工现场应堆放在比较平整的场地,高度不能大于 1 m 。

(2)放坡、找平。先把要铺设的基面按设计坡度找平、夯实,一般 $10 \sim 15 \text{ m}$ 为一段,挂线、用水平仪上下找平;按照设计边坡坡度要求进行边坡基面处理,清除杂草、树根、突出物,对于较大的突出物或深坑用推土机先初步推平,最终使边坡表面平整、密实,并符合设计边坡要求。若基层夯实、找平处理的不好,会直接影响混凝土砌块的铺设质量与施工速度。

(3)已完成的基础面上铺设级配良好的砂砾料,铺设厚度由设计而定。在砂砾料上铺土工布。土工布要求如下:首先应清除地面一切可能损伤土工布的带尖棱硬物,填平坑凹,平整土面,或修好坡面;为防止土工布被刺破,应先铺厚度为 10 cm 的砂砾料,平整后再铺土工布;优选土工布、机织土工布,不得选用编织土工布;土工布采用单位面积质量为 500 g/m^2 的长丝土工布,抗拉强度不宜小于 6 kN/m^2 ,幅宽 6 m ;土工布铺设应力求平顺,松紧适度,放 2% 的伸缩量,不得绷拉过紧;土工布应与土面密贴,不得留孔。

隙;发现土工布有破损,应立即修补或更换;相邻织物块采用搭接,搭接宽度不小于 50 cm;铺设工人应穿软底鞋,以免损伤土工布,不得在土工布上行车或堆放重物;坡面上铺设宜自下而上进行。

(4) 铺设混凝土砌块从下向上铺设,确定第一块铰接式混凝土砌块位置后,用经纬仪作出垂直、平行水流方向两条线,用水准仪找平,挂线开始铺设。

(5) 本工程设计混凝土砌块下边沿要先做浆砌石护脚,浆砌石护脚顶端预留一根直径 20 mm 插筋,埋入深度 70 cm,出露长度 20 cm,间距 100 cm,如图 3(a)。铺设第一块砌块后,还要连接钢绞线,两端用绞索套(或卡扣)将钢绞线连接,连接方法如图 4,混凝土砌块与压重混凝土连接;土工布伸入浆砌石护脚边缘 150 mm。

(6) 混凝土砌块铺设到河岸一多半高度时,做一个横向 20 cm 左右的砂浆伸缩带。混凝土砌块铺设到顶端时,还要多铺设两块砌块,在砌块末端将钢索用卡扣锁紧,浇注在压重混凝土中,如图 3(b)。

(7) 本工程铰接式混凝土砌块铺设宽度 10~15 m,上边运到下边距离较长,可以把混凝土砌块放到木板上,滑到下边,可以减少运距,加快铺设速度。

(8) 混凝土砌块铺设完以后,用干砂填充混凝土砌块之间的接缝,这样在外力作用下,砂的摩擦可使铰接式混凝土砌块连成整体。

3 效益分析

3.1 水土保持效益

根据本护坡的特点和护坡的地形走势,在坝上共

布置 13 个点作为代表性的观测点,具体观测点布置如图 5 所示。

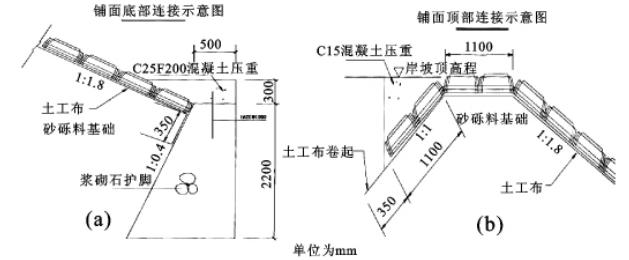


图 3 坡脚和坡顶铺筑形式

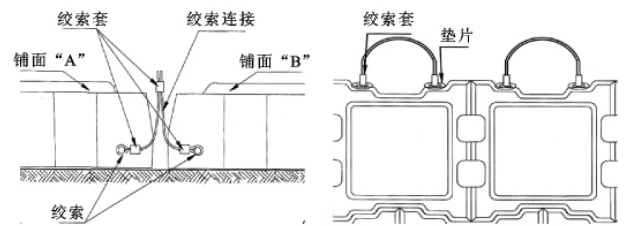


图 4 绞索连接方式

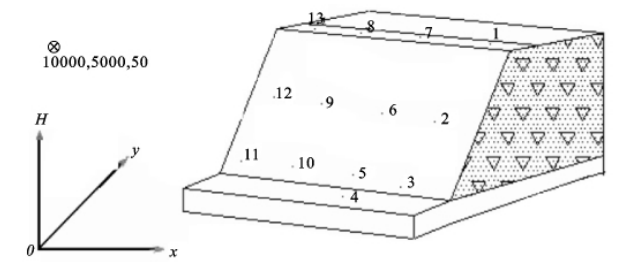


图 5 监测点位置示意图

护坡工程 2006 年 6 月完成后,随后对护坡工程进行了常规的现场监测,调查频率为每年 4 次(春夏秋冬每季一次)。记录各点的坐标值,与设置相对坐标的差值来监测各点的位移量,探讨其水土保持效益。各点 3 a 来平均位移量见表 1。

表 1 各点位移平均值

观测点序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
水平位移 ΔX/cm	0	0.5	10.0	0	0	1.0	0.5	1.0	2.0	0	1.0	2.0	0.5
水平位移 ΔY/cm	0.5	3.0	2.0	0	6.5	2.0	0.5	0.5	5.0	1.0	7.0	1.0	0.5
垂直位移 ΔH/cm	1.0	9.0	7.0	6.0	1.5	4.0	2.7	7.0	6.0	1.0	5.0	6.0	1.5
垂直坡面位移/cm	1.1	9.5	7.3	6.0	6.7	4.5	2.7	7.0	7.8	1.4	8.6	6.1	1.6

注:垂直于坡面位移 = $\sqrt{\Delta H^2 + \Delta Y^2}$,式中:ΔH 为垂直位移/cm;ΔY 为水平位移/cm。

从监测数据来看,在垂直于坡面的方向上,没有较大的坍塌,坡脚也没有破坏,因此没有水土流失。而以前的传统护坡,在 2005 年的大水冲击下,护坡被冲毁,造成严重的水土流失,护坡损失上百万立方米的土量。

3.2 生态景观效益

铰接式混凝土砌块铺设在土工布的基面上,随着植被在砌块孔和砌块缝中生长,植物根茎对铺面结构起到了潜在的加固作用,铺面的耐久性和稳定性将进

一步提高,孔隙部分一方面起到渗水、排水作用,另一方面起到增加植被,美化环境的作用。未淹没的坡面(24 000 m²)为开孔的砌块,开孔处和砖块缝隙间可种花草和树丛,绿化面积超过总面积的一半以上。同时鸟岛现已建成收费公园,护岸形式体现了生态特色,景色秀美,游人不断,社会效益十分显著。

3.3 经济效益

从施工方面来说,方便施工,无须熟练施工人员 and 大型机械设备,不受其它外界条件控制,雨季也可

施工,节省施工时间。根据现场实际情况一般工人平均每天可铺设砌块 $60\sim 100\text{ m}^2$ (包括铺设土工布等),而混凝土面板每天铺设 $60\sim 100\text{ m}^2$ 则需要 20 名工人(包括混凝土搅拌、振捣、浇筑、支模、分缝等);从成本来说,铰接式混凝土砌块每 1 m^2 需 25 元,而相同厚度的混凝土面板每 1 m^2 需 $45\sim 50$ 元,两者相比之下,前者更具有经济效益。以 $63\ 000\text{ m}^2$ 护坡计,工程直接投资至少可节省 1 260 万元。

本工程 2006 年竣工后,整个护坡运行 3 a 多的时间,没有发生损坏和塌陷;从布置的不同观测点观测数值来分析,整个坡体变形不大;因此本护坡运行良好,基本上不用维护。相对于其他传统护坡来说,在运行和维护方面都简单方便,而且还节约资金。

4 结 论

(1)铰接式混凝土砌块护坡具有简单易行、施工效率高、各项性能指标易于控制、整体美观、施工质量易于保证等特点,特别适用于工期较短的工程,是一种很好的护坡方式。

(2)护坡工程完成后进行了近 3 a 的连续现场监测结果表明,水土保持效益明显,节省了土地资源,又能满足绿化要求,增加景观效益,并且较其他护坡形式节省了投资和后期维护费用,具有很好的推广价值。

参考文献:

- [1] 梁志伟. 浅谈河道生态护坡[J]. 河北水利, 2006(5): 23.
 - [2] 王洪霞, 金德钢. 宁波市生态河道护岸初探[J]. 浙江水利科技, 2006(1): 52-55.
 - [3] 孙东亚, 丁留谦, 姚秋玲. 关于改进我国堤防工程护坡设计的建议[J]. 水利水电技术, 2007, 38(2): 46-48.
 - [4] 徐海波, 宗瑞英. 谈城市河道生态护坡技术[J]. 工程建设与设计, 2005(1): 57-59.
 - [5] 何衢, 陈德春, 魏文白. 生态护坡及其在城市河道整治中的应用[J]. 水资源保护, 2005, 21(6): 56-58.
 - [6] 钱德琳. 生态治河理念与设计思路探讨[J]. 中国水利, 2004(11): 43-44.
 - [7] 黄树友. 城市河道整治的几点看法[J]. 吉林水利, 2004(7): 43-44.
 - [8] 陈杨辉, 吴义锋, 吕锡武. 生态混凝土在河道护坡中的应用[J]. 中国水土保持, 2007(6): 42-43.
 - [9] 杨文元, 张奇, 张建华, 等. 紫色丘陵区土壤抗冲性研究[J]. 水土保持学报, 1997, 3(2): 22-28.
 - [10] 丁军, 王兆赛, 陈欣, 等. 红壤丘陵区林地根系对土壤抗冲增强效应的研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 9-12.
 - [11] 陈小华, 李小平, 张利权. 河道生态护坡技术的水土保持效益研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(2): 32-35.
 - [12] 刘利. 芜申航道南京高淳段护岸结构形式的探讨[J]. 水运工程, 2006(2): 79-82.
- ~~~~~
- [3] Nazzareno Diodato. Estimating RUSLE's rainfall factor in the part of Italy with a Mediterranean rainfall regime [J]. Hydrology and Earth System Sciences, 2004, 8(1): 103-107.
 - [4] 谢云, 章文波, 刘宝元. 用日雨量和雨强计算降雨侵蚀力[J]. 水土保持通报, 2001, 21(6): 53-56.
 - [5] Renard K G, Freimund J R. Using monthly precipitation data to estimate the R factor in the revised USLE [J]. Journal of Hydrology, 1994, 157: 287-306.
 - [6] Yu B, Rosewell C J. Rainfall erosivity estimation using daily rainfall amounts for South Australia[J]. Australian Journal of Soil Research, 1996, 34: 721-733.
 - [7] Nazzareno Diodato. Predicting RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) Monthly Erosivity Index from Readily Available Rainfall Data in Mediterranean Area [J]. The Environmentalist, 2005, 25: 63-70.
 - [8] 章文波, 谢云, 刘宝元. 利用日雨量计算降雨侵蚀力的方法研究[J]. 地理科学, 2002, 22(6): 705-711.
 - [9] 章文波, 付金生. 不同类型雨量资料估算降雨侵蚀力[J]. 资源科学, 2003, 25(1): 35-41.
 - [10] 章文波, 谢云, 刘宝元. 中国降雨侵蚀力空间变化特征[J]. 山地学报, 2003, 21(1): 33-40.
 - [11] 徐丽, 谢云, 符素华, 等. 北京地区降雨侵蚀力简易计算方法研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(6): 433-437.
 - [12] 刘滨辉, 刘燕玲. 黑龙江省降雨侵蚀力空间分布规律[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(2): 63-68.
 - [13] 马良, 姜广辉, 左长清, 等. 江西省 50 余年来降雨侵蚀力变化的时空分布特征[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 61-68.
 - [14] 张坤, 洪伟, 吴承祯, 等. 基于地统计学和 GIS 的福建省降雨侵蚀力空间格局[J]. 山地学报, 2009, 27(5): 538-544.
 - [15] 胡续礼, 姜小三, 杨树江, 等. 利用日雨量模型进行伏牛山区降雨侵蚀力的初步研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 195-197.
 - [16] 胡续礼, 姜小三, 杨树江, 等. 降雨侵蚀力新算法在豫西山区应用的研究[J]. 土壤, 2007, 39(4): 637-636.
 - [17] 胡续礼, 姜小三, 杨树江, 等. 豫西山区次降雨侵蚀力简化模型的建立[J]. 土壤通报, 2007, 38(1): 137-140.
 - [18] 边柳, 高强, 张海军. 河南省降雨侵蚀力空间分布特征[J]. 中国水土保持, 2009(3): 23-24, 38.