

混凝土铰接块在灯塔灌区饮水总干渠冻害防护工程中的应用

金宏博

(辽宁省水资源管理集团有限责任公司, 辽宁 沈阳 110000)

【摘要】 本文基于灯塔灌区渠道冻胀破坏实际状况,采用室内试验和现场试验相结合,论证混凝土铰接块柔性结构对不均匀冻胀的适应性,室内试验与现场观测试验的结果均表明混凝土铰接块柔性衬砌结构比传统的刚性衬砌对不均匀冻胀变形的适应性更好,且施工简易,便于维护,有益于生态环境平衡,可在相关工程建设中推广使用。

【关键词】 混凝土铰接块;冻胀破坏;试验研究

中图分类号: TV861

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)02-033-04

Application of concrete hinged block in Dengta irrigated area water canal diversion main canal freezing damage protection engineering

JIN Hongbo

(Liaoning Water Resources Management Group Co., Ltd., Shenyang 110000, China)

Abstract: In the paper, laboratory test and field test are combined based on the actual condition of channel frost heaving damage in lighthouse irrigation area, thereby demonstrating the adaptability of uneven frost heaving in concrete articulated block flexible structure, and it can be promoted and used in related engineering. The results of laboratory test and field observation test show that concrete hinged block flexible lining structure has better adaptability to the uneven frost heave deformation than the traditional rigid lining. The construction is simple, easy to maintain, and beneficial for ecological environment balance.

Key words: concrete hinged block; frost heaving damage; experimental study

1 工程背景

灯塔灌区位于辽宁省辽阳市境内,是辽宁省中部的大型灌区之一。灯塔灌区渠首引水工程位于葭窝水库下游 9km 处,控制面积 420km²,有效灌溉面积 2.17 万 hm²^[1]。灌区建成于 1976 年,经过 30 年的运行,渠道渗漏破坏情况比较严重,亟待进行加固改造,提高水资源的利用效率。

灯塔灌区位于中国中高纬度地区,冬季漫长寒冷,

冰冻期持续长达半年左右^[2]。多年平均气温 2~5℃,极端最低气温 -38.70℃,冬季冻深约 1.20~2.50m。试验段内渠道沿线表层分布有一定深度的淤泥质土,冻胀性十分明显。研究区地下水主要是第四系孔隙水和弱承压水,含水层岩性分布连续而且稳定。渠道渠堤土质较好,主要由低液限黏土构成,最大渗透系数 4.12×10^{-5} cm/s。

灯塔灌区饮水总干渠主要采用浆砌石刚性结构衬砌,其优点是具有良好的防渗效果,可以有效减轻渠道

的渗漏损失。但此种结构属于贴面式结构,对下卧土体的不均匀变形适应能力差,随着冻融循环,会发生整体性破坏,影响渠道的安全运行^[3]。此外,高寒地区的土质渠道衬砌,极易受高地下水位扬压力的作用造成边坡失稳。因此,研究新型柔性衬砌结构,强化渠道边坡防护具有重要意义^[4]。

2 混凝土铰接块结构室内模型试验

模拟实验地段,选择灯塔灌区饮水总干渠 2+000~2+125 段,位于渠首下游约 2km 处。

2.1 试验材料

试验样土全部取自灯塔灌区饮水总干渠试验段现场,土样试验严格按照《土工试验规程》(SL 237—1999)

规定进行,模型试验参数见表 1。

表 1 模型试验参数

冻融期/d	渠道长度/m	渠顶宽度/m	渠底宽度/m	渠底厚度/m	渠坡长度/m	渠道深度/m
13	3.00	0.76	1.24	0.50	2.60	0.82

试验中采用 0.45m×0.44m×0.15m 混凝土铰接块,并由钢绞线将规格一致的预制混凝土块连接成一个整体,混凝土铰接块的结构如图 1 所示。利用混凝土铰接块设计的渠道衬砌是一种典型的柔性结构,不仅对下部土体的不均匀变形有较强的适应性,还有利于补给地下水,是一种生态护岸结构。混凝土铰接块的工厂预制强度等级 C30、F300、二级配,在预制成型时需要保证质量和养护条件。

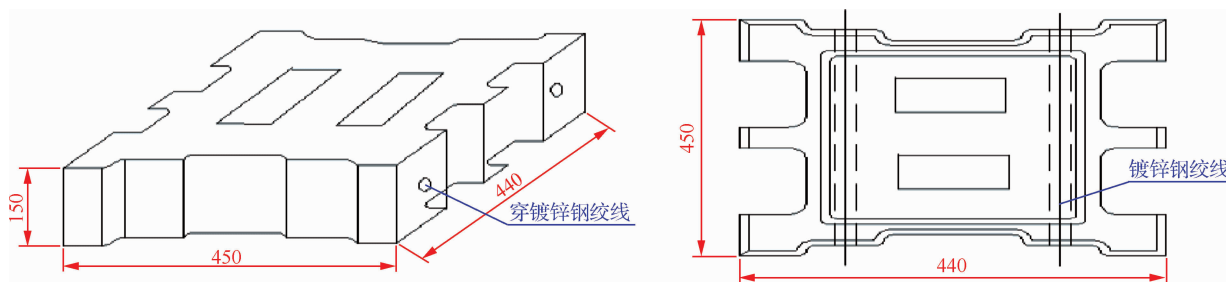


图 1 混凝土铰接块的结构示意图(单位:mm)

2.2 模型布置与设计

混凝土铰接块结构的室内试验设置了完备的测试手段,能够对试验过程中的温度场、位移变形进行实时监测。根据模型试验的要求和试验段渠坡实际情况,设定试验模型的几何比尺为 1:4、温度比尺为 1:1、时间比尺为 1:16^[5]。

2.3 试验结果分析

2.3.1 温度场

试验结果显示,渠道浅层位置混凝土铰接块衬砌下的土体,其温度场受外界环境温度的变化比较明显,具有较高的响应度。总体而言,在 20cm 以内的土层温度场变化均显示出温度降低、保持稳定和回升的变化特征。深度在 20cm 以下的土体受外界环境温度的影响不明显,响应度较低,总体上为持续下降,但始终保持在 0℃ 以上,直到试验末期才有小幅度回升。

2.3.2 冻胀融沉

试验结果显示,衬砌下的土体在试验开始时位移出现负值,而在试验结束时存在一定的残余变形。位移出现负值的原因因为环境温度的降低造成土体冷缩,而当温度继续降低时逐步发生冻胀^[6]。试验结束时残余变形产生的原因因为冻胀过程中土体组构会约束冻胀作用而产生冻胀力,并对周围土体产生破坏作用,因此,在融化过程中出现残余变形。相比于其他柔性护坡结构,铰接块的整体性较好,在融化期能够较好复位,残余变形较小。试验结果显示,混凝土铰接块结构残余变形为 16.70mm,远小于《渠系工程抗冻胀设计规范》(SL 23—2006)中关于梯形断面渠道 5cm 的允许变形值,折算为实际变形情况,其冻害等级为Ⅲ级^[7]。因此,模型试验结果认为混凝土铰接块衬砌均符合工程技术要求。

3 混凝土铰接块结构现场试验研究

3.1 混凝土铰接块结构设计方案

在室内试验基础上,在灯塔灌区饮水总干渠 2 + 010 ~ 2 + 025 段进行现场试验,试验过程中采用 0.45m × 0.44m × 0.15m 规格混凝土铰接块。渠道混凝土铰接块衬砌结构的边坡设置为 1:3;在渠坡上进行混凝土铰接块铺设,并在其内部填充细卵石;在混凝土铰接块下面的土体上铺设 300g/m² 的长丝土工布,在坡脚部位设置格宾网箱结构,起到固脚作用^[8],混凝土铰接块的结构设计如图 2 所示。

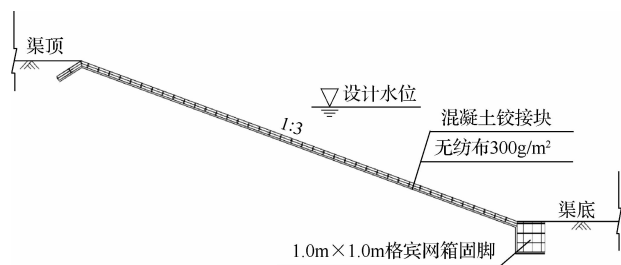


图2 混凝土铰接块的结构设计示意图

3.2 混凝土铰接块结构施工方案

混凝土铰接块衬砌结构施工的基本流程为削坡及铺砌面处理→固脚开挖→土工布铺设→固脚施工→铰接块铺设安装→砂砾石料回填。

3.2.1 削坡及铺砌面处理

结合模型试验结果,对渠道坡面按试验方案进行清坡、整理、夯实,特别要使坡比满足试验模型中的相关要求。

3.2.2 固脚开挖

按照相关设计要求对渠道的固脚实施开挖作业,如果坡脚位置属于黏性土,则可以直接开挖,开挖时需要按照设计尺寸向渠内一侧超挖 3% ~ 5%;如果坡脚部位属于沙质土壤,只需要按照设计尺寸开挖即可,不需要向内超挖。

3.2.3 土工布铺设

在整理、夯实的坡面上进行土工布铺设,铺设时既可以采用人工滚放,也可以借拖拉机铺设;在土工布铺

设时,要将卷材展放至坡底并延伸到开挖固脚的底部。

3.2.4 固脚施工

格宾网箱的施工按照相关施工规范展开即可,展开网箱、填充石料、封边,回填工作均需现场完成。

3.2.5 铰接块铺设安装

在进行铰接块铺设安装时,首先将混凝土铰接块固定在坡脚处并按水平方向铺设 2m,然后再按照自下而上顺序逐层施工。所有相邻混凝土铰接块之间需要用钢铰线进行连接,成为整体“铺”,在每“铺”铺设完毕后,再将其上下两端进行固定,并利用锁扣连接,形成整体连锁结构。在铺设到渠顶后,将 1m 左右的铰接块向下弯折,插入堤体固定,最后在上面覆土夯实。

3.2.6 砂砾石料回填

将大小适宜的细卵石均匀摊铺在连锁结构的表面,然后将这些细卵石填进混凝土铰接块上预留的空隙中,在填满所有空隙后,将结构表面剩余的细卵石清理干净。

3.3 现场观测试验

3.3.1 观测内容

根据模型试验内容和试验段渠道实际情况,该次现场试验拟定如下观测内容:①对试验段现场的实际气温变化进行监测;②对混凝土铰接块结构冻胀融沉变形进行监测。

3.3.2 观测方法

现场试验的所有数据均需要通过人工观测采集获得。其中,温度测量采用 PT100 型温度传感器,并利用便携式温度巡检仪采集温度数据;试验过程中采用全站仪观测冻胀融沉变形,其测量精度达到 ±0.50mm,完全可满足测量要求。

3.3.3 测点布置

取每个试验工程右岸的中断面作为监测断面,并在每个监测断面自下而上等距布置 5 个测点。在背水坡护堤林内一个粗大的木墩上设置变形基准点,在试验段下游 600m 左右交通桥桥墩设置一个基准点的校核点。



3.3.4 观测结果分析

对各衬砌的冻胀变形量观测结果进行整理和分析,折算出不同测点衬砌的实际冻胀变形量,计算结果见表2所示。由表2数据可知,各衬砌的冻胀变形变

化过程与室内试验结果基本一致。特别是残余变形量最大值为1.14cm,低于室内试验结果,表明混凝土铰接块柔性衬砌结构比传统的刚性衬砌结构对不均匀冻胀变形的适应性更好,可以在渠道加固改造中推广应用。

表2 不同测点衬砌的实际冻胀变形量

时间/d	30	60	90	120	150	180	210	240
测点1	-4.7cm	9.2cm	16.9cm	23.7cm	27.3cm	33.6cm	29.8cm	11.4cm
测点2	-3.2cm	6.1cm	13.2cm	22.3cm	26.4cm	31.8cm	28.4cm	8.8cm
测点3	-2.9cm	7.3cm	11.6cm	19.4cm	27.2cm	32.4cm	27.5cm	6.5cm
测点4	-4.5cm	8.5cm	13.2cm	20.8cm	26.5cm	31.5cm	26.7cm	7.4cm
测点5	-3.1cm	5.3cm	12.7cm	21.3cm	25.8cm	31.2cm	29.4cm	5.3cm

4 结 论

本文以灯塔灌区引水总干渠衬砌结构为研究对象,通过室内试验和现场试验相结合,表明混凝土铰接块柔性衬砌结构比传统的刚性衬砌结构对不均匀冻胀变形具有更好的适应性。室内试验和现场试验中混凝土铰接块结构冻胀变形结果基本一致,表明室内模型试验研究结果比较可靠,可为类似研究提供经验支持;混凝土铰接块柔性衬砌结构冻结过程中表现出先冻缩后冻胀的规律,残余变形量最大值为1.14cm,没有明显冻胀破坏,表明该结构对渠道不均匀冻胀有较好的适应性;混凝土铰接块柔性衬砌结构施工简易,便于维护,且有利于地下水补给,有益于生态环境平衡,值得在北方严寒地区渠道工程建设中推广使用。◆

参考文献

- [1] 刘胜男. 灯塔灌区节水改造工程水资源供需平衡分析[J]. 地下水, 2016(6): 236+240.
- [2] 丁涛. 混凝土衬砌渠道防冻胀技术在节水改造中的应用[J]. 水利科技与经济, 2015(3): 111-114.
- [3] 陈德勇. 灯塔灌区水利设施现状与配套节水改造分析[J]. 黑龙江水利科技, 2015(6): 117-118.
- [4] 鲁林. 辽宁省灯塔灌区灌溉管理存在问题与多元化发展策略[J]. 水利发展研究, 2016(2): 89-92.
- [5] 张晨笛, 何武全, 张希栋, 等. 季节性冻土地区渠道防渗防冻胀新材料及应用[J]. 水资源与水工程学报, 2011(5): 145-148.
- [6] 何武全, 张绍强, 吉晔, 等. 季节性冻土地区渠道防渗防冻胀技术与应用模式[J]. 节水灌溉, 2012(11): 67-70.
- [7] 中华人民共和国水利部. SL 23—2006 渠系工程抗冻胀设计规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [8] 谢成玉, 王国志. 季节冻土区跨流域调水工程明渠衬砌结构型式探讨[J]. 中国水利, 2014(20): 56-58.

协会动态

关于评选 2017—2018 年度中国水利工程优质(大禹)奖的通知

根据《中国水利工程优质(大禹)奖评选管理办法》(中水协[2013]43号),中国水利工程协会现组织开展2017—2018年度中国水利工程优质(大禹)奖评选工作,申报工作截止时间为2018年6月30日,有关事宜详见中国水利工程协会官网(www.cweun.org)通知公告栏目,敬请关注。