

低温条件下碾压混凝土筑坝技术

罗小刚 田四海 纪德林

(江苏淮源工程建设监理有限公司, 江苏 淮安 223001)

【摘要】 本文针对低温条件下碾压混凝土筑坝技术展开研究。首先梳理分析低温条件下坝体温度控制及防裂特性,其次对中国低温条件下碾压混凝土筑坝方面取得的突破性技术进行总结,最后探究在低温地区碾压混凝土筑坝施工过程中遇到的难题,并指出未来低温地区推行碾压混凝土筑坝技术应该着重发展的方向及相关技术攻关方向。系统介绍低温条件下碾压混凝土筑坝技术施工中的难点、注意事项,为其后续研究提供思路,为实践应用提供理论依据。

【关键词】 低温条件; 碾压混凝土筑坝; 温控防裂; 永久保温

中图分类号: TV642.2

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2017)08-0023-03

RCC dam building technique at low temperature

LUO Xiaogang, TIAN Sihai, JI Delin

(Jiangsu Huaiyuan Engineering Construction Supervision Co., Ltd., Huai'an 223001, China)

Abstract: In the paper, RCC dam building technique at low temperature is studied. Firstly, dam temperature control and anti-cracking features at low temperature are sorted and analyzed. Secondly, the breakthrough technologies of RCC dam building at low temperature in China are summarized. Finally, difficulties in the RCC dam building process at low temperature regions are explored. Main development direction and related technology research direction of RCC dam building technique at low temperature regions in the future are proposed. Difficulties and precautions in RCC dam building technique construction at low temperature are introduced systematically, thereby providing thoughts for future studies, and theoretical basis for practice application.

Keywords: low temperature conditions; RCC dam building; temperature control anti-cracking; permanent heat preservation

1 引言

碾压混凝土筑坝技术自20世纪开始,各相关学者开始关注,展开广泛研究。中国在碾压混凝土筑坝技术取得很大成就,尤其是在碾压混凝土材料热力学性能、施工工艺、坝体分缝、温控防裂等方面。多处水利施工受到期限限制,在低温条件下施工概率逐渐增大。研究低温条件下碾压混凝土筑坝技术,为未来施工提

供理论参考。

中国相关水利施工者就严寒地区碾压混凝土筑坝技术及后期温控防裂方面做出很大努力。申茂夏^[1]等人重点归纳总结中国30多年碾压混凝土筑坝技术取得成就,涉及混凝土配合比、大坝浇筑入仓手段、填筑工艺、层面控制、温控防裂、坝体防渗等方面进展。涂怀健^[2]等人结合碾压混凝土筑坝技术方面的新工艺新进展,重点研究碾压混凝土材料、坝体防渗、坝体分缝、

入仓工艺、模板和施工工艺的突破。杨海娇^[3]借助 ANSYS 有限元软件,针对筑坝施工期间、施工周围因素的影响,仿真几种温控措施对碾压混凝土拱坝的具体效果,分析各种措施的优缺点。孙启冀^[4]运用 ANSYS 平台探究寒冷干旱地区碾压混凝土重力坝施工期、投入使用期温度场和温度徐变应力场时空分布规律,并提出相应温控防裂措施。邓铭江^[5]针对严寒地区的碾压混凝土坝浇筑及后期养护进行研究,提出施工中及温控防护中的问题,并提出相应建议。钟登华^[6]等人借助系统仿真技术、实时监控技术、数据库技术和可视化技术,对碾压混凝土坝仓面施工展开研究,建立相应仿真模型,对施工进度实时掌握。

本文针对低温条件下碾压混凝土筑坝技术展开研究。首先梳理分析低温条件下坝体温度控制及防裂特

性,其次总结中国在低温条件下碾压混凝土筑坝方面取得技术突破,最后探究在低温地区碾压混凝土筑坝施工过程中遇到的难题(层间有效结合问题、坝体冷却水管二次降温问题、施工温度控制及后期养护温度把控问题)。指出未来低温地区推行碾压混凝土筑坝技术应该着重发展的方向及相关技术,为其后续研究提供思路,为实践应用提供理论依据。

2 低温条件下坝体温度控制及防裂特性

在中国部分地区由于气候条件恶劣,冬季低温寒潮,夏季干燥少雨,春秋季节大风,昼夜温差大,冻融循环现象明显,温控防裂是低温条件下坝体的关键点。国内外在低温条件下修筑的著名碾压混凝土坝体见下表。

国内外低温条件下修筑的碾压混凝土坝表

坝名	所属国家	库容/亿 m ³	施工期限/a	坝高/m	平均气温/℃	最低气温/℃	最大温差/℃
布列斯卡亚	俄罗斯	21.1	4	139.2	-4	-48	76
KLSK	中国	12.3	4	122	2.8	-23	63
石门子	中国	1.76	4	109.1	4.2	-31	70
乌斯季依里姆	俄罗斯	9.8	7	104.8	-3.9	-43	60
基柳伊	俄罗斯	6.6	7	104.2	-5	-47	62
玉川	日本	2.5	4	99.6	8	-9	47
上静水	美国	0.4	5	91.3	2.3	-26	50
汾河二库	中国	1.3	4	88.4	9.6	-19	48
忠别坝	日本	5.7	29	86.2	7.9	-12	39
观音阁	中国	21.7	5	81.9	6.1	-21	53

近几年,中国西部水利施工建设者对低温条件下碾压混凝土筑坝技术展开研究,其主要关注点在坝体结构研究、混凝土配合比、温控保温等方面。在低温条件下碾压混凝土坝温控防裂尤为重要,其难处主要体现在如下两个方面:①在低温条件下不利于防裂,主要是基础温差低,上下层温差、坝体内外温差大造成的;②坝体在低温条件下,对保温材料的性能提出很高的要求,施工单位考虑保温成本必须选用耐久性好、价格低的保温材料。

3 已经取得成功技术

中国对于低温条件下碾压混凝土筑坝技术方面取得一定成果,并应用于实践,主要表现在如下三个方面:

a. 适当外掺石灰石粉及粉煤灰在低温条件下碾压混凝土筑坝取得成效。在相关学者对石灰石粉、粉煤灰等矿物外掺料对碾压混凝土的抗压性能、抗渗性能等通过大量试验进行系统研究,同时设定其碾压混凝土的配合比变化范围,不仅提升施工进度,而且大幅度降低施工成本。合理运用双掺矿料,甚至三掺矿料,

应用到新疆筑建 KLSK 坝体施工中,取得良好施工效果。

b. 构建柔性拱,这种新坝型适用于各种软弱地基上采用碾压混凝土筑坝技术施工,其结构是双曲薄壁拱坝。在低温地区浇筑薄壁碾压混凝土拱坝,尤其是在软地基条件下,会增大坝体结构所承受的重力,极易造成坝体失稳,甚至坍塌。为了优化坝体受力情况,最新研究出来的方法是设置坝体应力释放结构——构建双曲薄壁柔性拱坝。在石门子水利施工中得到有效应用,现在投入使用,坝体良好。

c. 低温条件下,混凝土温度场变化规律探究,保温技术研究及运用。通过大量试验样本分析及理论探讨,拟合构造低温条件下碾压混凝土温度场变化规律的数学计算公式,提出温控温度范围,为保温技术研究提供了参考。在新疆筑建 KLSK 坝体施工中得到有效运用,后期温度监控数据表明,坝体温度恒定,保温技术良好。

4 存在的问题

4.1 难点探讨

a. 低温地区层间结合问题。在低温地区进行水利施工中,尤其是坝体浇筑期间,为了保证施工质量,常常会选择停工处理。停工期间,即使做好相应的保温等措施,当再次进行浇筑时,层间结合性达不到理想效果,坝体开裂现象时有发生。

b. 坝体内冷却水管二次降温。在低温地区,碾压混凝土坝为了对混凝土水化热实施消峰与降低坝体温度,常常选用铺设冷却水管。在冬季低温条件下,冷却水管对坝体内部温度的下降不是很理想。所以对于坝体内铺设冷却水管仍需考证或者相应的铺设方式,并且通水时机、水温范围等相关参数仍需进一步标定分析。

c. 施工温度不宜控制。在施工工程中,常常施工年限较长,经历春夏秋冬四季。在实践中,常根据经验或者人体感官判断温度高低,采取保温、降温措施。但其采取措施的时机常滞后或提前,导致整个坝体温度变化较大,坝体开裂现象时有发生。

d. 后期养护温度不宜控制。碾压混凝土坝体后期养护中,永久保温问题是主要需要解决的问题。现在常用的保温材料抗老化能力、抗冰冻性能、粘贴牢固性都较低,后期维护成本高,不利于后期养护温度的控制。

4.2 施工技术研究

4.2.1 矿物外掺料对碾压混凝土的耐久性影响

近几年矿物外掺料在碾压混凝土坝中逐渐被应用,并取得一定的效果,尤其对层间抗压性、防渗性有很好的改善。但由于国内碾压混凝土坝的建设较晚,真正投入时间期限较短,在低温环境下外掺矿物料对碾压混凝土坝的耐久性不能仅通过试验来获得,必须加强后期性能跟踪测试。除此之外,在超低温条件下碾压混凝土坝施工,矿物外掺料的性能是否能够维持稳定也是后期关注的问题。

4.2.2 基础温差控制标准的适用性

在大坝建成后,一般在低温条件下应进行永久保温。大坝后期投入使用中坝体混凝土降温是一个缓慢温和的过程。在低温地区碾压混凝土坝基础温差允许适当放宽,但在各个不同低温范围内具体其合适的温差允许范围仍需大量试验及实践跟踪测定来确定明确的计算方法。

4.2.3 低温条件下碾压混凝土坝型的成本考虑

在常年低温或者全年温差很大的地区选用碾压混凝土坝一直存在反对意见,其主要是与传统的混凝土面板坝、沥青混凝土坝对比,碾压混凝土坝不仅施工成本高,而且在后期投入使用中永久保温成本也需要大量的资金投入。在常年低温地区推行碾压混凝土坝首要问题是大幅度降低施工成本及后期运营成本。

4.2.4 筑坝技术的数字化、智慧化

自进入 21 世纪以来,科技发展迅速,尤其是物联网、互联网、计算机仿真技术、云计算、大数据等高新技术的推广,必将促进中国施工建设技术的革新。在水利施工方面,大坝建设的发展前景逐渐向数字化、智慧化发展,尤其在施工管理过程及

(下转第 37 页)

从表 2 可见,几个观测年度计算所得 β 值基本一致。据此,建议在保温设计中可取 $\beta = 0.0016$ 。

5 结 论

a. 保温护坡可以有效消减基土冻胀量。在 2008—2009、2009—2010 及 2011—2012 三个冻融观测周期内,当保温板厚度分别为 5.50cm、9cm 和 7.50cm 时保温板下均未产生冻深,保温板厚度的差异主要与冻融周期内冻结指数大小有关。

b. 保温防冻护坡的基本目的是在坡面上铺设一定厚度和热导率小的保温材料,以达到基土与保温材料界面上热量平衡。根据热量平衡原理提出了按冻结指数确定保持基土不冻的保温板热阻(零热阻)计算公式。根据几个年度的试验结果得出零热阻系数可取 0.0016。试验成果可为保温防冻设计充实有关抗冻技术规范提供依据。◆

参考文献

- [1] 何武全,周东让,何芳侠. 季节性冻土地区衬砌渠道的冻害成因与防治措施[J]. 水科学与工程技术, 2010, (1): 45-47.
- [2] WANG Zhengzhong, LU Qin, GUO Lixia, et al. Finite element analysis of the concrete lining channel frost heaving based on

(上接第 25 页)后期运营服务方面。所以今后水利施工建设及科研工作者应加强数字化、智慧化大坝建设的基础理论、关键技术与管理运行体系等方面的学习与研究,并不断尝试应用于实践中。

5 结 论

本文针对低温条件下碾压混凝土筑坝技术展开研究。首先梳理分析低温条件下坝体温度控制及防裂特性,其次对中国在低温条件下碾压混凝土筑坝方面取得技术突破进行总结,最后探究在低温地区碾压混凝土筑坝施工过程中遇到的难题,并且指出未来低温地区推行碾压混凝土筑坝技术应该着重发展的方向及相关技术。系统介绍低温条件下碾压混凝土筑坝技术施工中的难点、注意事项,为其后续研究提供思路,为实

the changing temperature of the whole day[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2009, 25(7): 1-7.

- [3] 张欣,宗兆博,宋立元,等. 东港灌区苯板保温渠道衬砌抗冻胀试验研究[J]. 中国农村水利水电, 2013(8): 95-98.
- [4] 申利刚,程满金,杨宏志,等. 渠道衬砌铺设聚苯乙烯板保温防冻害试验研究[J]. 内蒙古水利, 2001(3): 12-14.
- [5] 宗兆博,张欣,宋立元. 辽宁东港灌区渠道铺设苯板保温抗冻胀试验研究[J]. 人民长江, 2013, 44(4): 52-55.
- [6] 王曼. 季节性冻土区路基中保温板的抗冻效果分析[D]. 石河子:石河子大学, 2014. 5.
- [7] 程玉辉,周贺达. 聚氨酯保温板在哈达山输水干渠中的应用研究[J]. 东北水利水电, 2010(28): 12: 6-9.
- [8] HE Wuquan, ZHENG Shuirong, SHEN Changyue. Experimental study on composite insulating plastic board of preventing channel seepage and frost heave[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2012, 30(5): 553-557.
- [9] HE Wuquan, CAI Mingke, WANG Yubao, et al. Preparation and performance of compound polyurethane foam plastic board for freezing prevention in channel lining[J]. Advanced Materials Research, 2011(189): 359-364.
- [10] 佟国红,车忠仕,白义奎. 热量平衡法确定日光温室换气次数[J]. 沈阳农业大学学报, 2008, 39(4): 459-462.

践应用提供理论依据。◆

参考文献

- [1] 申茂夏,吴旭,黄巍,等. 碾压混凝土筑坝技术[J]. 水利水电施工, 2006(4): 69-78.
- [2] 涂怀健,黄巍. 碾压混凝土筑坝施工技术综述[J]. 水利学报, 2007(S1): 36-42.
- [3] 杨海娇. 碾压混凝土拱坝温控仿真研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2014.
- [4] 孙启冀. 寒冷干旱地区高碾压混凝土坝温控防裂研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2014.
- [5] 邓铭江. 严寒地区碾压混凝土筑坝技术及工程实践[J]. 水力发电学报, 2016(9): 111-120.
- [6] 钟登华,张元坤,吴斌平,等. 基于实时监控的碾压混凝土坝仓面施工仿真可视化分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2016(5): 377-385.