

严寒地区

R C D

碾压混凝土坝设计与施工

编 著

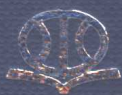
辽宁省白石水库建设管理局

日本工营株式会社

辽宁省水利土木工程咨询公司

辽宁省水利水电勘测设计研究院

辽宁省水利水电科学研究院



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

严寒地区

R C D

碾压混凝土坝设计与施工

主 编：王永鹏

副主编：邹广岐 矢野信一 陆殿阁

杜士斌 李贵智



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书以国家颁布的有关《规程》、《规范》为依据,汲取国内外碾压混凝土筑坝的最新技术成果,着重总结近 10 多年来在严寒地区修建碾压混凝土坝的经验和教训。具有较强的先进性、实用性和可操作性。主要包括:枢纽布置、坝体断面设计、坝体构造、坝体混凝土分区标号、大坝混凝土材料、配合比设计、温度控制和越冬保温防裂措施、坝体施工、质量管理与评定、观测设计与施工等。

本书主要供水利水电科研、设计、施工和管理的技术人员使用,亦可供有关院校师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

严寒地区 RCD 碾压混凝土坝设计与施工/王永鹏等编著. - 北京:中国水利水电出版社,2002

ISBN 7-5084-0963-9

I. 严… II. … III. ①混凝土坝:碾压土坝—设计②混凝土坝:碾压土坝—严寒气候施工 IV. TV642.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 096166 号

书 作 者	严寒地区 RCD 碾压混凝土坝设计与施工 辽宁省白石水库建设管理局,日本工管株式会社,辽宁省水利土木工程咨询公司,辽宁省水利水电勘测设计研究院,辽宁省水利水电科学研究院
出版·发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址:WWW.Waterpub.com.cn E-mail:sale@Waterpub.com.cn 电话:(010)63202266(总机).68331835(发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	河北地勘局测绘院
印 刷	河北地勘局测绘院印刷厂
规 格	850×1168 毫米 32 开本 8.25 印张 200 千字 插页 1 页
版 次	2002 年 1 月第一版 2002 年 1 月第一次印刷
印 数	0001-3000 册
定 价	25.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



白石RCD碾压混凝土重力坝全貌

观音阁RCD碾压混凝土重力坝全貌



序

1995年辽宁省建成的观音阁坝是中国采用RCD工法修建的第一座碾压混凝土重力坝,开拓了严寒地区采用碾压混凝土筑坝技术的先例。相继又以RCD筑坝技术建成了白石碾压混凝土坝。

加快混凝土重力坝的施工速度、降低大坝工程造价是国际坝工界多年来不断为之奋斗的目标。

20世纪60年代初,意大利坝工界人士在阿尔卑惹拉工程建设中,首先采用不分缝分块进行全坝面通仓浇筑的新的施工方法。这种新的筑坝方式,不仅改善了坝体分缝分块浇筑的施工方法和结构形式,而且节约了大量模板材料及安装工程量,为机械化作业创造了更方便更有效的操作条件。这种变革不仅加快了筑坝速度,降低了成本,还通过切缝建造横缝,在上游采用专用防渗面板等,为大坝分缝及防渗结构设计提出了新的思路。尔后,瑞士在大狄克逊坝工程采用了塌落度仅1~3cm的低流态混凝土和大型强力振捣器浇筑胶凝材料和用水量较低的干贫混凝土,不但节省了水泥用量,改善了坝体温度控制条件,而且提高了坝体混凝土的质量。

20世纪70年代中期通过对更干硬性混凝土特性及施工工艺的研究发展,新型高性能施工机械的开发应用,逐渐形成了一种用碾压振动压实及机械化大仓面作业的

碾压混凝土筑坝新技术。

1978 年开始,日本首次采用这种新技术修建了岛地川碾压混凝土重力坝,实践中形成了世界上第一代可实用的碾压混凝土筑坝工法——RCD 工法。这种新工法与传统的柱状浇筑法相比,在建坝速度、降低造价、改善坝体温度场状况和简化温度控制措施等方面均具有明显的优越性。这项新技术的开发获得了成功,因而在日本很快取得了共识并得到推广应用。

美国于 20 世纪 80 年代初在柳溪坝工程中,则采用全断面铺筑连续碾压上升的新工艺和胶凝材料用量很低的干贫混凝土修建混凝土重力坝。由于节省了碾压层间的间歇时间,施工速度远比日本的 RCD 工法更为快捷,使大型施工机械在大仓面施工中得以充分发挥效率,大坝混凝土省却了所有温度控制措施,造价降低更为显著。但施工中由于混凝土胶凝材料用量过低,施工工艺也较粗放,坝体的混凝土质量和均质性存在不少缺陷。

中国自 1979 年考察了日本的岛地川坝和大川坝的碾压混凝土(RCD 工法)建坝技术后,相继从坝工设计、温度控制、混凝土材料与配合比到混凝土施工工艺展开了全面的试验研究和探索工作,并参照国外碾压混凝土筑坝的经验和教训,对碾压混凝土筑坝技术有了新认识,提出了一系列新方法和新措施。

1986 年在福建成功地建成了中国第一座碾压混凝土重力坝——坑口电站混凝土坝。实践中经过不断改进完善,形成了一套具有中国特点的碾压混凝土筑坝技术,即“高掺粉煤灰、中胶凝材料用量、大仓面薄层铺筑、连续碾

压上升”的技术模式。这种模式是吸取了 RCD 工法和 RCC 技术的若干优点以确保必要的混凝土质量,减少水泥用量以简化温度控制,连续浇筑以加快浇筑上升速度,同时力求避免 RCD、RCC 两种工法中的缺点。十多年来沿着这一技术方向在工程建设中不断得到改进提高,混凝土质量已能完全满足各种设计指标要求,整套技术已臻成熟。

本书全面介绍了 20 世纪 90 年代初期在辽宁省采用 RCD 工法修建的观音阁和白石两座碾压混凝土坝的设计、施工和运行经验。这两项工程在中国碾压混凝土筑坝整个大格局中是占有一定份量的,对促进碾压混凝土筑坝技术的应用和发展是有贡献的。

工程实践清楚地表明,从坝工设计、混凝土材料配比到大坝施工,两项工程均结合辽宁省地区的实际情况,对原有的 RCD 工法进行了改进和调整,使其更符合工程需要。

设计中对重力坝体型进行了优化,选用的坝体剖面更为经济合理,坝体下游坡采用了 1:0.7 的坡度,比岛地川坝下游坡 1:0.8 更细瘦,且完全满足了坝体稳定的要求。严寒地区碾压混凝土坝各特定构造部位的温度应力及防裂保温问题比较突出,特别是大仓面浇筑后的大面积裸露体的越冬防裂是碾压混凝土筑坝前所未遇的问题。在白石坝的设计和施工中,在总结观音阁坝越冬层面水平施工缝开裂的经验教训基础上,对坝体进行了全过程仿真计算并提出在越冬层面上下游预留诱导缝的措施,取得较好效果。这些经验是很可贵的,深化了对越冬

层间结合面温度控制及防裂措施的认识,对严寒地区碾压混凝土筑坝有直接的借鉴作用。

鉴于原 RCD 工法的技术规定对粉煤灰掺量作了严格限制,为了解决砂石料中石粉性细颗粒过少、混凝土和易性差的问题,通过科学试验论证,变通性地采用了超掺粉煤灰代砂方法弥补石粉细颗粒贫缺问题,明显地改善了碾压混凝土的操作特性和层面的结合质量。这一措施最终被各方专家所认同,并作为 RCD 工法的正式技术措施进行施工。这实质上冲破了原 RCD 工法对粉煤灰胶材用量限制的规定,将 RCD 工法的材料观点向前推进了一步。

在施工中对混凝土碾压层的合理厚度及用台阶法浇筑大仓面坝块等不断结合实际试验和应用,得出许多有实用意义的经验,有的方法即是新碾压工艺的启动。

RCD 工法和 RCC 筑坝技术在某些方面虽有所差异,但总的来说都是为加快混凝土坝施工速度、提高施工质量在不断地向前发展。RCD 工法首先在辽宁省这样的严寒地区应用、开花、结果,这对中国碾压混凝土筑坝技术的发展是有积极作用的,有许多是值得从中汲取教益的。

观音阁坝和白石坝的建成,必将为加快寒冷及严寒地区的水利水电工程建设发挥有益的示范作用。

王圣培

2001 年 10 月

前 言

自 20 世纪 80 年代以来,碾压混凝土坝以其高度机械化快速施工和工程造价低廉等优势,倍受国内外坝工界瞩目,正在成为当今最具竞争力的一种新的筑坝技术。

碾压混凝土坝在世界各地蓬勃发展,积累了丰富的经验。

作为碾压混凝土筑坝两大分支的 RCC 筑坝技术和 RCD 筑坝技术,以其各自的特点和优势而在并行发展。

严寒地区气候条件严峻,寒暑温差悬殊,冬季冰冻期长达五个月,对坝体混凝土抗冻、耐久性要求严格。采用“金包银”断面型式的 RCD 碾压混凝土坝,既可具备常态混凝土满足抗冻、耐久性的严格要求,又可发挥碾压混凝土通仓浇筑、实现机械化快速施工的优势。

编著《严寒地区 RCD 碾压混凝土坝设计与施工》一书的宗旨是:以国家颁布的《规程》、《规范》为依据,汲取国内外有关技术最新成果,着重总结十余年来在严寒地区修建碾压混凝土坝既要满足抗冻、耐久性要求,又要防止或减少坝体混凝土温度裂缝的经验和教训,以促进严寒地区碾压混凝土筑坝技术稳步、健康的发展。

本书由辽宁省白石水库建设管理局、日本工营株式会社、辽宁省水利土木工程咨询公司、辽宁省水利水电勘测设计研究院和辽宁省水利水电科学研究院共同组织编

写。王永鹏任主编,邹广岐、矢野信一、陆殿阁、杜士斌、李贵智任副主编。参加编写者有:王永鹏(第一章),陆殿阁(第九章),杜士斌(第二、三、四、十一章),李贵智(第一、八、十章),李光波、高宇、孙长江(第二、三、四章),刘永浩、续振嘉、王宝泽(第五、六、七章),王成山、桜井达朗(第八章),王金宽、倪吉友(第九章),冈田辉夫、刘永浩、孙道成(第九、十章),姜国辉、徐仁德(第十章),王燕(第十一章)。王永鹏、邹广岐、陆殿阁、杜士斌、李贵智对全书进行通审。

在本书编写过程中,承蒙中国碾压混凝土专业委员会主任王圣培教授级高级工程师指导并作序,在此诚致谢意!

限于编者经验和水平,书中缺点、错误在所难免,衷心希望广大读者批评指正。

编 者

2001年8月

目 录

序

前言

名词解释

第一章 总则 (1)

第二章 枢纽布置 (4)

第一节 枢纽布置原则 (4)

第二节 泄水建筑物布置 (8)

第三节 坝体内部孔洞结构布置 (13)

第四节 施工导流方式及布置 (19)

第三章 坝体断面设计 (23)

第一节 设计原则和基本要求 (23)

第二节 坝的体形设计 (31)

第三节 坝体坝基的抗滑稳定性 (36)

第四节 应力计算 (50)

第五节 有限元法计算 (57)

第六节 坝基及基础处理 (58)

第四章 坝体构造 (61)

第一节 坝体分缝 (61)

第二节 坝体外部常态混凝土 (68)

第三节	坝体内部孔洞结构	(73)
第四节	坝体内、外部排水	(80)
第五章	坝体混凝土分区标号	(82)
第六章	大坝混凝土材料	(85)
第一节	材料	(85)
第二节	水泥	(86)
第三节	掺合料	(88)
第四节	骨料	(91)
第五节	外加剂	(95)
第七章	配合比设计	(99)
第一节	碾压混凝土配合比设计要求	(99)
第二节	碾压混凝土配合比设计参数	(102)
第三节	碾压混凝土配合比校核	(108)
第八章	温度控制和越冬保温及防裂措施	(112)
第一节	温度应力及裂缝	(112)
第二节	温度控制标准	(114)
第三节	防裂措施	(131)
第九章	坝体施工	(140)
第一节	浇筑前准备	(140)
第二节	拌和	(149)
第三节	运输	(151)
第四节	卸料和摊铺	(154)
第五节	成缝	(163)
第六节	碾压	(165)

第七节	缝面处理	(169)
第八节	异种混凝土浇筑	(174)
第九节	养护	(177)
第十节	特殊气象条件下施工	(178)
第十一节	碾压混凝土专用施工机械	(182)
第十章	质量管理与评定	(190)
第一节	原材料检测与控制	(190)
第二节	新拌碾压混凝土的检测与控制	(194)
第三节	碾压混凝土现场质量控制	(199)
第四节	质量评定与验收	(206)
第五节	外观质量检测与验收	(212)
第十一章	观测设计与施工	(221)
第一节	设计依据和原则	(221)
第二节	坝体内部观测	(222)
第三节	大坝变形监测	(235)
第四节	渗流观测	(241)
第五节	观测资料整理分析	(247)
第六节	自动化观测系统设计与施工	(249)
参考文献		(251)

第一章 总 则

1.0.1 本书撰写的宗旨是为在中国北方严寒地区推广碾压混凝土筑坝技术之一的 RCD 工法 (Roller Copacted Dam- Concrete Method), 提高碾压混凝土重力坝的设计、施工水平, 保证工程质量, 特编制本书。

1.0.2 本书涉及的内容适用于大、中型水利水电工程岩基上 1、2、3 级碾压混凝土重力坝的设计和施工。4、5 级和坝高 30m 以下的碾压混凝土重力坝的设计与施工可参考使用。

1.0.3 本书根据地处北方严寒气候条件下混凝土筑坝技术之一的 RCD 工法的特点, 着重对其枢纽布置、坝体构造、温度控制和施工技术 etc 提出要求。对于设计和施工未涉及的部分, 仍应按 DL 5108—1999《混凝土重力坝设计规范》和 SDJ207—82《水工混凝土施工规范》有关条款执行。

【说明】

本条阐明本书与现行有关国家和行业标准的关系。这些标准主要包括 DL 5108—1999《混凝土重力坝设计规范》, SDJ207—82《水工混凝土施工规范》, SD 105—82《水工混凝土试验规程》, SD108—83《水工混凝土外加剂技术标准》, 以及有关材料方面的国家标准。

1.0.4 根据碾压混凝土所处部位的工作条件, 其性能

应分别满足设计要求的密度、强度、抗渗性、抗冻性及耐久性等。

【说明】

本条阐明碾压混凝土应满足的技术要求。随着碾压混凝土筑坝技术的发展日趋成熟，碾压混凝土除应满足设计要求的密度、强度外，根据不同工况，尚应满足抗渗性、抗冻性和耐久性等要求。施工方法的改进，不应改变严寒地区混凝土重力坝运行条件和使用功能。

1.0.5 碾压混凝土重力坝设计与施工应重视温度控制。严寒地区坝体施工多为浇筑温度季节变化大和越冬停浇长间歇，亦应重视上下层温差、内外温差的控制及越冬保护。

【说明】

本条强调碾压混凝土重力坝设计和施工中温度控制的重要性。地处我国北方严寒地区修建的碾压混凝土重力坝温度控制问题尤为突出。

碾压混凝土问世初期，由于水泥用量大为减少，曾一度认为它不存在温度控制问题。后来发现碾压混凝土大量掺用粉煤灰，水化热散发推迟，坝体升程速度快，层面短暂间歇散热不多，而且除水化热外，尚有季节温度变化和寒潮袭击等影响，故必须注意温度控制问题。

已建成的观音阁坝和白石坝的实践经验表明：碾压混凝土因系通仓浇筑，坝体内部温度降低要历十数年或更久，在坝体

达稳定温度之前早已蓄水运行，故水压、自重、温度三种荷载应叠加。自重与水压荷载对由基础温差而引起的应力状态有改善。

同时，也发现由浇筑温度的季节变化和冬季停工长时间间歇，上、下层温差引起的应力往往很大，特别是坝体的中、下部，必须充分注意。由于坝体内部温度降低缓慢，在如此漫长的降温过程中遇冬季坝体内外温差大，其上、下游表面会出现很大拉应力。碾压混凝土水平施工缝，又是一薄弱环节，层间结合强度低，极易产生水平开裂，内外温差作用不仅仅是早期，而在整个施工过程都起控制作用。在坝体表面，特别是在上游面，设置永久性保温和预留人工缝是有效的措施。

基于上述诸点，故特别提出，除对基础温差控制外，亦应重视上下层温差、内外温差的控制和越冬保护。

1.0.6 施工前应通过现场碾压试验，以验证碾压混凝土配合比的适用性，确定施工工艺参数。

【说明】

本条强调现场碾压试验的重要性。通过现场碾压试验验证混凝土配合比的合理性和工作性，检验施工过程中各生产系统的可靠性及相互匹配；确定合理的施工工艺参数。此外，对于缺乏碾压混凝土施工实践经验的人员起到技术培训作用。