

对北方严寒地区电站厂房尾水闸墩混凝土冻融破坏共性问题的研究分析

刘勇¹, 林运东²

(1嫩江尼尔基水利水电有限责任公司, 黑龙江省齐齐哈尔市 邮编161000)

摘要: 混凝土冻融破坏与钢筋锈蚀、碱-骨料反应一直被认为是影响混凝土耐久性的三大主要问题, 北方严寒地区的水工混凝土建筑物冻融破坏问题非常普遍, 特别是电站厂房尾水闸墩的水位变化区部位尤为明显。在冬季, 因机组启、停机频繁, 长期处于水位变化区部位的混凝土闸墩受自然冻融循环作用影响会产生严重的剥蚀破坏。本文以尼尔基水利枢纽尾水闸墩冻融破坏及维修处理为研究背景, 深入分析混凝土冻融破坏机理及影响因素, 探讨行之有效的防治措施, 并期望在相关设计规范中, 以建筑物材料与结构构造为抗冰冻设计基础, 进一步增加对长期处于水位变化区部位的尾水闸墩混凝土表面防护的设计说明。

关键词: 北方严寒地区; 冻融破坏; 防治措施; 尾水闸墩; 设计规范

中图分类号:

文献标识码: A

1 研究背景

尼尔基水利枢纽为多年调节水库, 所属松辽流域, 位于嫩江干流中游段, 处于中温带季风气候区, 流域纬度较高, 冬季气候严寒, 夏季温湿多雨, 年内及年际气温变化较大。尼尔基多年平均气温 1.5°C , 极端最高气温 39.5°C , 极端最低气温 -40.4°C , 每年有5个月温度在 0°C 以下。尼尔基水利枢纽电站厂房2006年投入运行, 尾水冬季水位变化区在 $181.06\text{m}\sim 184.40\text{m}$ 高程范围内。2010年, 发现厂房尾水闸墩处于水位变化区部位的混凝土表面出现不同程度的冻融剥蚀破坏, 局部钢筋裸露, 最大冻融剥蚀深度约 10cm , 见图1。



图1 尾水闸墩水位变化区混凝土表面剥蚀、钢筋外露

¹ 作者简介: 刘勇 (1986-), 男, 黑龙江省齐齐哈尔市, 工程师, 大学本科, 主要从事水利工程管理工作。
530610558@qq.com;

² 作者简介: 林运东 (1973-), 男, 黑龙江省齐齐哈尔市, 高级工程师, 大学本科, 主要从事水利工程管理工作。
183135108@qq.com;

水电站水工混凝土建筑物冻融破坏问题在我国北方严寒地区非常普遍,特别是电站厂房尾水闸墩的水位变化区部位尤为明显。因机组启、停机频繁,长期处于水位变化区的混凝土闸墩部位受自然冻融循环作用影响会产生严重的剥蚀破坏。目前,国内外对混凝土抗冻性能的研究主要集中在对混凝土抗冻指标方面及对混凝土力学性能影响方面,从纯物理模型试验方法出发,经假设和推导得出相关结论,混凝土抗冻效果得到了很大程度的提高,在一定程度上延长了混凝土建筑物寿命,但并未彻底解决混凝土冻融破坏问题。

2 混凝土冻融破坏原因分析

以尼尔基水利枢纽尾水闸墩水位变化区部位混凝土冻融剥蚀破坏为研究对象,产生破坏的表面原因是设计上尾水闸墩混凝土标号选用C20W6,无抗冻标号,外加剂采用YQ-3缓凝减水剂,混凝土强度不高,外加剂对混凝土抗冻性的提升也不明显,所以,在短短四年运行时间后,尾水闸墩处于水位变化区部位的混凝土在吸水饱和状态下及冻融循环的环境中产生冻融破坏是不可避免的。产生破坏的深层原因也就是混凝土冻融破坏的机理,混凝土的冻结破坏过程复杂,混凝土拌合物的用水量多于水泥水化作用所需量,多余的水在混凝土硬化后,一部分会蒸发出来,另一部分则以水的形态留于混凝土中,从而在混凝土中形成了微毛细孔和大毛细管。微毛细孔直径非常小,处于微毛细孔中的水只有在-78℃以下的环境中才会冻结,因此,即便在北方严寒地区,自然条件下,环境温度远达不到-78℃以下,微毛细孔中的水对混凝土抗冻性是没有影响的。大毛细管直径一般是微毛细孔直径的1000倍,由于其直径大,留存于大毛细管中的水是可以迁移的,环境水也可以渗入到大毛细管中,在冬季负温条件下,混凝土中饱和水的冻结和融化主要是在大毛细管这种孔隙中进行的。

众所周知,水结冰时体积膨胀达9%,在冻结温度下,大毛细管中孔壁承受压力一部分来自于结冰水产生的体积膨胀,另一部分来自于冰与过冷水的饱和蒸汽压差和过冷水之间的盐分浓度差引起的水分迁移而形成的渗透压力。这两种压力会损伤混凝土内部微观结构,经过反复多次的冻融循环,破坏作用不断积累,发展成互相冻融的裂缝,使混凝土的强度逐步降低,由外向里,直至混凝土破坏,其特点是从表层开始向内逐层剥落。

由此可见,混凝土发生冻融破坏的必要条件有两个,其一是混凝土处于饱和水状态下;其二是冬季外界气温正负变化,使混凝土孔隙水反复发生冻融循环。

3 防治措施

专家学者的研究方向多倾向于如何有效提高混凝土的性能上,对如何提高混凝土的保护措施缺少研究,特别是像尾水闸墩水位变化区部位的易受冻融循环破坏影响的混凝土建筑物的表面防护问题,在相关设计规范中未得到足够的重视。根据混凝土发生冻融破坏的必要条件分析,北方严寒地区气温低、温差大的自然气候条件是无法改变的。行之有效的防治措施主要从两方面考虑,一是在设计和施工上,从影响混凝土抗冻性能的主要因素上深入研究,添加混凝土外加剂,提高混凝土强度等级,改善混凝土结构性状,在施工过程中加强振捣与养护,提高施工质量;二是对处于水位变化区部位的混凝土表面进行保护,使混凝土与环境水分离,尽可能地使混凝土不处于饱和水状态。双管齐下,才能达到有效避免或降低混凝土遭受冻融破坏的目的。

3.1 提高混凝土抗冻性能 国内外专家学者对混凝土抗冻性能开展了大量的研究工作,研究的方向主要集中在对提升混凝土抗冻指标和混凝土力学性能影响等方面。如在国外,从纯物理模型出发,早期开展研究的美国学者T.C.Powers提出的静水压理论和渗透压理论,德国的M.J.Setzer、美国的G.W.Scherer和英国的F.B.resme的热力学理论,前苏联学者从力学概念出发,提出的现象学观点等。在国内,专家学者研究的主要方向是对处于复杂应力状态的混凝土结构力学性能试验研究。

添加引气剂是提高混凝土抗冻性能的一种途径。引气剂的最高减水率可达10%以上,加入引气剂的混凝土,内部产生大量封闭微气孔,改变了混凝土内部的孔结构,能够有效提高混凝土抗冻性;添加矿物掺合料如硅灰、矿渣、粉煤灰等,可以有效提高混凝土密实度,减少孔的数量,从而提高混凝土抗冻性;使用相变材料、表面有机涂剂、纤维增强材料或者在较易出现裂缝的部位加大配筋量等措施也可以改善混凝土抗冻性;在施工过程中,控制好坍落度,加强混凝土振捣和养护,设防水层,及时排除积水等都能有效提高混凝土的施工质量。

3.2 混凝土表面防护 尼尔基水利枢纽尾水闸墩水位变化区部位混凝土冻融剥蚀破坏在2014年进行了维修处理,主要施工工艺是闸墩混凝土凿毛、预缩砂浆填筑、闸墩表面钻孔锚栓、外表面安装10mm厚焊接钢板、接触灌浆、钢板表面聚脲喷涂。采取这种修复措施的主要目的是利用钢板与聚脲材料的保护,使混凝土闸墩表面与厂房尾水隔离,尽可能地使混凝土不处于饱和水状态,有效的避免了混凝土冻融破坏的再发生,同时聚脲材料又能够保证钢板不被环境水锈蚀破坏,整体上延长了修缮周期。

另外,对于形状奇异、部位分散的水工混凝土冻融破坏修复也可采取喷射混凝土工艺,喷射混凝土具有较高的力学性能,并且能够与喷射修复面紧密结合,提高混凝土修复强度。

4 经验与建议

目前,国家有关防治混凝土冻融破坏的设计规范主要是《水工建筑物抗冰冻设计规范》(NB/T 35024-2014),规范从冰冻荷载及荷载组合、材料与结构构造、堤坝与泄水建筑物、引水与电(泵)站建筑物、渠道衬砌、闸涵建筑物、挡土墙、渡槽与桥梁、水工金属结构、多年冻土区水工建筑物、监测11个方面全面阐释了对于水工混凝土建筑物在抗冰冻设计中的有关要求,为新、改建水工建筑物提供了有力设计依据。

国内外专家学者对混凝土冻融破坏的理论方面还没有达成共识,关于冻融循环对混凝土力学性能影响的研究少之又少。理论试验方面所取得的成果应用于实践中,虽能有效减轻严寒地区处于水位变化区部位的混凝土冻融循环破坏,提高混凝土强度,但并不能从根本上解决混凝土受冻融循环破坏问题。在依托抗冰冻设计规范的基础上,对于一般的水工混凝土建筑物进行外表面全方位防护是不现实的,但对易受冻融循环破坏的尾水闸墩混凝土表面增加防护措施却是十分有必要的。

所以,建议对北方严寒地区新建水电站项目设计上加入高频水位变化区部位混凝土表面防护措施,如不锈钢焊接钢板、聚脲喷涂等,或者采用永久钢模板支模,然后在钢模板表面喷涂聚脲防护层,或者根据施工环境条件,选用其它防护性措施。在相关设计规范中,以建筑物材料与结构构造为抗冰冻设计基础,进一步增加对长期处于水位变化区部位的混凝土表面防护的设计说明。

参 考 文 献:

- [1] 覃丽坤, 宋宏伟. 混凝土冻融破坏机理及国内外研究现状. 山西建筑, 2012(10).
- [2] 胡道中. 混凝土冻融循环破坏的原理与分析. 华夏地理, 2014(8).
- [3] 鲍平, 姚美仙. 浅析混凝土冻融破坏的机理和影响因素. 包钢科技, 2002(10).