

高寒地区水利工程混凝土抗裂性分析研究

陈智渊

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v6i7.4510

[摘要] 近些年来,随着我国水利工程建设范围的不断拓展,高寒地区水利工程项目建设类型不断增加,对经济社会生态发展起到极为明显的促进作用。水工建筑物是水利工程的基本组成部分,建筑质量控制对工程项目效益发挥具有直接性影响。本文在明确高寒地区水利工程混凝土抗裂性控制意义基础上,以试验形式对抗裂性效果进行分析,确定最优化配比方案,以此为工程设计和施工组织提供参考,为提升水利工程建设成效起到应有的促进作用。

[关键词] 高寒地区; 水利工程; 混凝土; 抗裂性

中图分类号: TV331 **文献标识码:** A

Analysis and Research on Crack Resistance of Concrete in Water Conservancy Projects in Alpine Region

Zhiyuan Chen

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd

[Abstract] In recent years, along with the continuous expansion of water conservancy project construction scope, the high cold area water conservancy project construction type is increasing, which has played an obvious role in promoting the development of economic and social ecology. Hydraulic building is the basic component of water conservancy project, and the quality control of construction has direct influence on the project benefit. In this paper, based on the clear control significance of crack resistance of hydraulic engineering concrete in the alpine region, the effect of crack resistance is analyzed in the form of test, and the optimal matching scheme is determined, so as to provide reference for engineering design and construction organization, and play a due role in promoting the effect of hydraulic engineering construction.

[Key words] alpine region; water conservancy engineering; concrete; crack resistance

水利工程施工过程中,混凝土结构由于自身收缩性影响,常会出现不同形式的开裂现象,尤其是对于高寒地区水利工程项目而言,在温度急剧变化、温差较大情形下,必须强化对混凝土结构抗裂性控制,避免混凝土结构裂缝现象的产生。本课题以混凝土结构裂缝现象产生机理和影响因素出发,从材料选择和配合比优化两个视角进行实验分析,确定适应高寒地区水利建设的混凝土配合比方案,以此更好的提升工程项目建设和运行效益。

1 高寒地区水利工程混凝土抗裂性的主要影响因素与控制意义

1.1 混凝土抗裂性的主要影响因素

高寒地区水利工程项目建设中,混凝土抗裂性的影响因素主要包括如下几个方面:(1)原材料质量,在项目建设中,部分施工单位对原材料质量控制重视不足,水泥、砂、粗骨料及掺合料等选择不够合理,常会造成混凝土结构抗冻抗裂抗渗性能达不

到设计要求。(2)配合比设计不合理,在施工流程开始前,没有遵循规范要求,随意改变配合比设计,水添加过量等现象,都会造成混凝土出现冻胀、裂缝及渗漏现象^[1]。(3)施工质量控制不到位,在施工过程中,由于技术人员和管理人员对质量控制重视不足,搅拌、浇筑、振捣作业不规范,也会对工程施工质量产生影响。因此做好混凝土结构抗裂性分析,为施工管理提供坚实依据,是工程项目建设管理应当关注的重点问题。

1.2 混凝土抗裂性控制的意义

在高寒地区水利工程项目建设管理中,严格依照规范要求做好抗裂性分析,基于试验选择最优化的材料组合和配合比,是工程施工管理必须要关注的要点。通过多方面优化,做好混凝土抗裂性控制,首先是确保工程质量得以控制的基本要求,是工程项目验收和高效运行的基本条件。其次是通过抗裂性控制,还能够通过对材料组合优化,减少工程施工中不必要的材料浪费,为工程造价管理奠定良好基础,提升工程项目建设经济效益。再次

是通过抗裂性的有效控制,能够更好的延长工程运行寿命,避免在运行过程中出现裂缝、渗漏现象,减少工程项目运行维护成本,确保水利工程保持安全稳定运行。

2 高寒地区水利工程混凝土抗裂性试验

2.1 原材料试验

水利工程项目混凝土结构施工中,主要材料包括水泥、骨料、掺合料及化学外加剂等,做好原材料试验,是确保混凝土抗裂性得以有效控制的基本条件。在本试验中,水泥材料为某企业生产的P·MH42.5级中热硅酸盐水泥,依据国家标准对水泥物理性能、水化热及化学成分进行检测,各项指标均符合国家标准。本试验中选用的粗骨料主要为天然卵石,细骨料为天然河砂,材料均来自于施工现场材料,满足因地制宜、就地取材原则^[2]。本试验需用的掺合料主要包括粉煤灰和硅灰两种,主要作用是更好的改善混凝土内部结构,减少水化作用影响,提升混凝土结构抗裂性。本试验中选用粉煤灰和硅灰材料均来自施工现场,各项性能参数检验结果符合国家标准要求。本试验中结合工程项目地理位置和自然资源分布特征,选用膨胀剂和高效减水剂作为化学外加剂,在优化试验效果的同时,尽量达到材料成本控制目的。

2.2 外加剂与矿物掺合料的选择试验

2.2.1 高效减水剂、膨胀剂优选

在混凝土抗裂性试验中,较为常用的高效减水剂主要有三聚氰胺磺酸盐甲醛缩合物和萘磺酸盐缩合物等,减水率通常在15%~30%之间,但是采用这两种材料作为外加剂,混凝土坍落度较高,施工成本也比较高,因此在本试验中选择共聚物羧酸系高效减水剂作为外加剂材料,具体为某企业生产的SR3和ZB-4两种超塑化剂。膨胀剂材料主要是起到补偿混凝土水化作用中“自生收缩”效应作用,并且能够提升混凝土强度,降低开裂可能性^[3]。当前较为常用的膨胀剂主要是以钙矾石类为主。但是膨胀剂的添加,对混凝土搅拌和养护作业都提出更高要求,本试验中选择膨胀剂主要是在确保混凝土结构抗压、抗拉强度和极限拉伸性能基础上,选择长期性能最为优化的材料。结合长期性能试验,选择某企业生产的HEA-1膨胀剂,掺量为6%。

2.2.2 粉煤灰试验选择与颗粒组成

粉煤灰作为混凝土的重要掺合料,具有较强的变异性,变异形式主要取决于原煤灰分的化学成分及燃烧程度^[4]。我国粉煤灰材料主要是以低钙粉煤灰为主,CaO含量较低。本试验中结合产品质量、运输成本等方面要求,选择某企业生产的I级粉煤灰作为矿物掺合料,掺量比例为25%。

2.3 混凝土配合比设计

高寒地区水利工程混凝土配比需满足强度、抗冻、抗渗等级要求,在此基础上,尽量降低水泥用量及混凝土胶骨比,在配制强度设计方面,主要依据《水工混凝土施工规范》《水工混凝土试验规程》要求,强度保证率为90%以上,基于数据计算,C30混凝土配制强度需达到35.6MPa,C40混凝土配制强度需达到46.2MPa。以最大容重法为测定标准,在对混凝土进行试拌调整

后,确定二级配混凝土骨料比例为40:60(小石:中石),砂率介于34%~26%之间,水胶比介于0.28~0.35之间;三级配混凝土骨料比例为20:30:50(小石:中石:大石),砂率介于29%~31%之间,水胶比介于0.32~0.38之间。通过不同水胶比、外加剂品种及掺量、粉煤灰掺量、硅粉掺量、膨胀剂掺量、砂率组合,最终确定二级配混凝土试验方案18种、三级配混凝土试验方案13种,分别进行搅拌后,分析不同试验方案的混凝土性能。

3 混凝土性能测试

3.1 混凝土综合强度测试

基于试验结果显示,掺合料组合方式对混凝土抗压强度具有显著影响,在本试验所设计的方案中,粉煤灰+硅粉、粉煤灰+激发剂两种组合下的抗压强度较之其他组合明显较高,其他胶材掺合料组合,在经过28d养护后,抗压强度没有明显差异^[5]。在不同外加剂品种的试验中,在其他参数基本相同情形下,添加SR3外加剂的混凝土抗压强度较高;但在掺入纤维后,添加ZB-4的混凝土抗压强度则较之前者更高。混凝土弹性模量受掺合料组合和外加剂种类影响较为显著,试验结果显示,采用ZB-4外加剂,在28d后混凝土静压弹性模量要高于添加SR3外加剂方案。

混凝土极限拉伸性能是影响抗裂性最为关键的指标,在其他指标因素影响相同情形下,混凝土极限拉伸值越高,整体抗裂性越好。基于理论分析和前人试验结果显示,混凝土极限拉伸性能受混凝土骨料性能、水泥石性能和胶骨比性能影响较为显著。本试验中骨料材料已经确定,同时胶骨比对混凝土多个性能指标都会产生显著影响,因此重点关注水泥石性能对拉伸极限性能的影响。通过这方面的优化,能够较好的改善混凝土结构极限拉伸性能。基于试验结果显示,骨料基本性能已确定情形下,需要通过提高混凝土胶骨比和优化水泥石性能方式,提升极限拉伸性能,但是胶骨比提升的同时,也会造成混凝土结构水化热温升增大,以此造成结构抗裂性下降,出现骨料与水泥石结合面断裂现象。在分析不同外加剂品种对混凝土极限拉伸性能影响时,试验结果表明采用SR3外加剂,性能较之采用ZB-4外加剂有所提升,但是整体差异不够显著。

混凝土干缩作用同样会造成不同程度的开裂,同时多种因素都会造成混凝土干缩作用变化。在本试验中,主要是考虑选择合适的外加剂品种、掺入适量膨胀剂、优化混凝土胶材组合等三种方式,降低混凝土开裂可能性。基于试验结果显示,选择粉煤灰+膨胀剂为灋河料组合方式时,混凝土干缩值明显较低,其他组合方式则有不同程度增加。在外加剂影响试验中,结果显示采用SR3外加剂配置的混凝土,干缩性能较之ZB-4外加剂性能明显较好。

3.2 混凝土抗渗性与抗冻性分析

混凝土抗渗性受膨胀剂影响较为显著,本试验结果显示,采用钙矾石作为膨胀剂,能够有效堵塞混凝土结构的毛细孔隙,填充混凝土结构缝隙,有效提升混凝土密实性。在密实性增加的同时,也使得混凝土结构具备良好的抗冻性能^[6]。试验结果显示,方案中混凝土抗渗等级能够达到W6级以上,抗冻性能则能够达

到F300以上,完全符合工程施工要求。

3.3混凝土温度应力影响

混凝土温度应力影响主要是由于水化作用时,出现大量水化热,但是内外部降温速度有明显不同,也就使得内部收缩明显,而外部收缩无法保持同步速度,进而产生表面约束拉应力。在拉应力超过混凝土结构自身抗拉强度时,将会造成内部收缩裂缝,在与外部裂缝连接为一体时,还会形成贯穿裂缝。本试验研究中,混凝土水化热现象前期峰值较高,后期呈逐渐消退,较之普通混凝土水化热明显较低。

3.4混凝土干缩变形

高寒地区水利工程施工中,混凝土干缩现象受多方面因素影响,因此需要在确保配合比满足抗压强度、抗渗、抗冻性能基础上,再选择合适的配合比。

3.5配合比推荐

结合上述性能试验结果,综合分析施工现场交通、材料运输成本及施工条件,在本工程项目中,推荐选用2个二级级配、2个三级级配方案,作为混凝土施工配合比参考。具体配合比如表1所示。

表1 高寒地区水利工程混凝土推荐施工配合比

| 编号 | 骨料级配 | 水胶比 | 外加剂 | 粉煤灰掺量 | 膨胀剂掺量 | 砂率 |
|----|------|------|-----------|-------|-------|-----|
| 1 | 二 | 0.31 | ZB-4 0.9% | 25% | 6% | 35% |
| 2 | 二 | 0.31 | SR3 0.5% | 25% | 6% | 35% |
| 3 | 三 | 0.37 | ZB-4 0.7% | 25% | 6% | 31% |
| 4 | 三 | 0.38 | SR3 0.5% | 25% | 6% | 31% |

上述四种配合比方案中,混凝土结构的抗拉强度、极限拉伸性能、干缩性能、弹性模量、抗渗等级及抗冻标号等,均能够满足工程项目施工要求,在施工组织中,需要进一步根据经济效益评估,选择最为优化的方案。

4 高寒地区水利工程混凝土抗裂措施

4.1温差裂缝控制措施

基于试验过程和工程施工实践显示,在选择最为优化的配合比方案后,工程施工中依然会存在较为显著的温差裂缝现象,因此在工程建设中,还应当从施工组织方面入手,确保抗裂性能能够有效彰显。在施工过程中,首先是要做好浇筑速度和厚度的控制,根据构筑物尺寸大小、混凝土供应能力等,合理控制浇筑速度。其次是要根据环境温度特征,选择合适的混凝土初始温度,做好拌合物和出料口温度,避免温差较大产生明显的裂缝现象。再次是要合理确定拆模时间,在拆模结束后,还应当继续做好表面温度控制,避免内外部温差较大产生贯通裂缝现象。

4.2收缩裂缝控制措施

收缩缝受水泥质量影响较为显著,在本试验中所选择的水泥材料能够较好的满足工程项目建设需求,但是在施工管理过程中,应当根据规范要求,提前做好材料的入场检验检测工作,避免由于管理工作不到位造成的施工质量问题。同时,在施工组织过程中,还应当结合技术应用要求,做好现场施工人员技术培训,严格依照混凝土施工规范要求进行操作,避免人为因素造成的收缩缝加大现象。

4.3规范养护工作流程

混凝土养护工作对结构抗裂性同样具有显著影响,尤其是在高寒地区风沙吹蚀现象较为显著情形下,更会造成抗裂性不足。因此在施工管理过程中,应当尽量采用边浇筑、边抹平、边保湿养护的方式进行施工。根据外部环境温度情形选择合适的拆模时间,在冬季外部温度过低时,应当停止施工作业或采取合理的技术措施进行处理,确保养护温度不得低于5℃,养护时间应当大于14d,以28d为宜,以此确保抗裂性得以有效保障。

5 结束语

高寒地区水利工程施工中,混凝土抗裂性分析是质量控制和施工管理的重要方式,对技术人员而言,必须要明确混凝土抗裂性优化要求,选择合适材料做好配比试验,选择最为合适的配比方案,在确保其他性能达到施工要求前提下,尽量提升混凝土抗裂性能,为工程验收和后期运行管理奠定坚实基础,有效提升工程建设整体效益水平。

[参考文献]

- [1]潘义为,林建宏.严寒地区水利工程抗裂混凝土配合比试验研究[J].东北水利水电,2022,40(03):51-53+57.
- [2]郑全国.水利工程混凝土双掺纤维膨胀剂的抗裂性能分析[J].地下水,2022,44(01):265-266.
- [3]官治军.某工程隧洞衬砌混凝土早期抗裂性能试验研究[J].东北水利水电,2021,39(02):40-42+72.
- [4]陈利.水利施工中大体积混凝土的抗裂技术分析[J].门窗,2019,(23):95+97.
- [5]李永松,李建峰,刘颖,等.聚丙烯腈纤维混凝土在西部高寒地区水利工程中的应用研究[J].水力发电,2018,44(11):121-124.
- [6]薛慧君,申向东,刘倩,等.高寒灌区风沙吹蚀对农业水利工程混凝土抗冻耐久性的影响[J].农业工程学报,2017,33(15):133-140.

作者简介:

陈智渊(1993--),男,汉族,新疆昌吉人,本科,助理工程师,研究方向:水利水电试验;从事工作:水利水电试验工作。