

混凝土裂缝的综合控制措施

李振学, 王灵伟, 周静

(中国人民武装警察部队水电第九支队, 四川 成都 611130)

摘要:混凝土裂缝控制是长期困扰人们的一个难题,尤其是高标号混凝土更易开裂。裂缝会加速混凝土碳化和钢筋锈蚀并产生恶性循环,严重破坏混凝土结构的安全性和耐久性,故对裂缝进行控制就显得更为重要。结合对泸定水电站大坝廊道混凝土工程的施工管理实践,通过优化原材料、合理设计配合比、强化施工技术和管理、外加纤维等措施,较好地解决了混凝土裂缝控制问题。

关键词:泸定水电站;廊道混凝土;裂缝控制;预防措施

中图分类号:TV544;TV52;TV523

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)增1-0048-03

1 概述

裂缝是混凝土主要的缺陷与病害之一,主要由干缩、混凝土拌合质量、水泥水化热、温度、地变形、荷载、骨料碱活性反应等原因引起。

泸定水电站灌浆廊道基础全部座落在覆盖层上,地质条件及混凝土衬砌体型较复杂,属大体积混凝土,施工难度大,质量要求高。混凝土的设计指标为C30W10F50。施工条件:泵送,工地拌合楼供应混凝土,洞外浇筑,环境温度为 $18\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 36\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。笔者介绍了为控制混凝土裂缝的产生在施工中采取的措施。

2 泸定水电站为控制混凝土裂缝产生采取的有效措施

2.1 预防干缩裂缝

混凝土的干缩裂缝主要是由于毛细管压力造成的。毛细管孔隙在干燥过程中逐渐失水、产生出很大的毛细管张力,混凝土体积产生收缩。由于混凝土周围存在约束且其内部又有拉应力,当拉应力超过混凝土材料的抗拉强度时即会产生干缩裂缝。

(1)降低混凝土单位用水量:用水量的增加势必会增加剩余水。因此,应尽可能地降低混凝土单位用水量,降低混凝土的水灰比。

(2)水泥的影响:不同的水泥其混凝土收缩亦不同,按收缩指标大小排序:矿渣水泥>普通水泥>粉煤灰水泥。

(3)降低混凝土周围约束:若混凝土周围约

束过大其内部拉应力无法释放,拉应力的增大而使混凝土干裂。因此,应减少混凝土的分仓长度,以使混凝土内部的拉应力能够得到充分释放。

(4)外加聚丙烯纤维:在混凝土中掺入适量的聚丙烯纤维,由于其在混凝土内部构成一种均匀的乱向支撑体系,从而产生一种有效的二级加强效果,其乱向分布形式削弱了混凝土的塑性收缩,收缩的能量被分散到无数的纤维丝上,从而有效地增强了混凝土的韧性,减少了混凝土初凝时收缩引起的裂纹和裂缝。

(5)添加微膨胀剂:适量添加微膨胀剂后可以使混凝土体积膨胀,在混凝土内部产生压应力,部分抵消了混凝土因毛细孔隙干燥而产生的拉应力,从而起到控制干缩裂缝的作用。

该工程在控制混凝土干缩裂缝方面采用了上述(1)~(4)项方法。其中单位用水量为 182 kg ,采用P. O42.5普通硅酸盐水泥。浇筑中掺用粉煤灰,选用了丹阳合成纤维厂生产的“丹强丝”牌抗裂抗渗纤维(掺入量为每 $\text{m}^3 0.9\text{ kg}$,加入该纤维后,混凝土搅拌时间由原来的 60 s 延长至 80 s),分段浇筑长度为 20 m 。

2.2 精心控制混凝土拌合质量

高强混凝土中的水泥强度等级和水泥用量相对较高,开裂现象比较普遍,因此,高强混凝土不一定是高性能混凝土,而高性能混凝土因其具有较高的体积稳定性、收缩变形较小而使抗裂性能大大提高,同时,高强混凝土必须采用高效减水剂和超细活性掺和料作为混凝土的第

收稿日期:2016-05-04

五组分和第六组分来提高混凝土的密实性和抗渗能力。因此,需精心设计混凝土配合比。在保证混凝土具有良好和易性的情况下,应尽可能地降低混凝土的单位用水量,采用“三低(低砂率、低坍落度、低水胶比)二掺(掺高效减水剂和高性能引气剂)一高(高粉煤灰掺量)”的设计准则,生产出高强、高韧性、中弹、低热和高极限抗拉强度值的抗裂混凝土。

表1 廊道混凝土施工配合比表

水胶比	砂率 /%	粉煤灰 /%	减水剂 /%	塌落度 /cm	材料用量 /kg·m ⁻³							容重 /kg·m ⁻³	
					用水量	水泥	粉煤灰	人工砂	粗骨料粒径 /mm				外加剂
									5~20	20~40	40~80		
0.4	40	20	1	14~15	182	364	91	683	531	531	0	4.55	2 383

按照上述配合比,砂率为40%、水灰比为0.4、坍落度为140~150 mm、山西凯迪 KNOF-1 萘系高效减水剂掺量为1%、粉煤灰掺量为20%。

有关资料显示:每 m³ 混凝土中水泥用量每增减 10 kg,水化热相应升降 1℃~1.2℃。该工程中掺用粉煤灰的替代量为20%,使混凝土内部温度下降了约 9.1℃~10.9℃,从一定程度上减少了裂缝的产生。

2.3 降低水泥水化热

水泥水化后放出大量的热量,使混凝土内外形成较大的温差,从而在温度应力的作用下形成裂缝。特别是在夏季施工,中午气温一般为 36℃,露天存放的石子表面温度可达 50℃,混凝土出机口温度在 28℃左右,混凝土水化后其内部温度更高。为控制混凝土水化开裂,施工中采用了以下措施,从而保证了将混凝土内外温差控制在 25℃以内,基面温差和基底面温差均控制在 20℃以内。

(1) 选用低水化热的矿渣硅酸盐水泥配制混凝土较好;精心设计混凝土配合比,采用掺加粉煤灰和减水剂的“双掺”技术,减少每 m³ 混凝土中的水泥用量以达到降低水化热的目的;选用适宜的骨料,施工中根据现场条件尽量选用粒径较大、级配良好的粗骨料;选用中粗砂以改善混凝土的和易性,充分利用混凝土的后期强度,减少用水量;严格控制混凝土的塌落度,在现场设专人进行塌落度的测量,将混凝土的塌落度始终控制在设计范围内。该工程采用泵送入仓,将塌落度控制在 15 cm 以下。

因该工程采用泵送施工工艺,所要求的坍落度和水泥用量均较大,必须用掺加外加剂的方法来达到既减水、又不使混凝土坍落度损失过大的目的,以及添加超细活性掺和料来达到降低水化热、改善与提高混凝土性能和节约水泥的目的。

综合上述两点,我们采用了如表 1 所示的混凝土配合比(单位:kg/m³)。

(2) 骨料降温。骨料的温度控制主要通过搭盖凉棚和洒水降温。搭盖凉棚可以避免太阳光直射,减少骨料吸热,浇筑前 2~3 h 再用水对粗骨料进行充分的洒水降温。采取以上方法降温后,浇筑前粗骨料的内部温度约为 22℃,细骨料的内部温度约为 25℃,降温效果比较明显。

(3) 采用冷却水降温。原来的方案是在混凝土浇筑前加入冰块并将其破碎成粒径约 3 cm 的小块加入混凝土生料中,充分拌合后量取出机口温度,根据出机口温度确定加冰量。但在实际工作中,出机口的控制温度为 18℃,混凝土每 m³ 的用冰量为 60 kg 左右。因冰块破碎工作量较大,粒径亦很难控制,加入冰块后还需延长拌和时间,从而降低了混凝土的浇筑速度。为解决该问题,在实际工作中大多采用冷却水拌和的方法。

(4) 夜间浇筑。白天气温较高,即使采用多种降温措施也很难保证混凝土的入仓温度,而夜间浇筑——特别是后半夜浇筑气温相对较低,采取温控措施后,比较容易控制混凝土的入仓温度。因此,工作中多把其他工序的施工安排在白天进行,而把混凝土浇筑安排在夜间进行。

通过采取以上温控措施,该工程将大坝廊道夏季混凝土出机口温度控制在 20℃以内,入仓温度控制在 26℃以下,有效地控制了温度裂缝的产生。

2.4 改善周边约束条件,削减温度应力

设计人员在大体积廊道结构混凝土与翼板垫层混凝土之间设置了滑动层,采用了 2 cm 厚的沥青麻片作为滑动层以消除嵌固作用,释放约束应

力。

2.5 加强混凝土现场施工质量管控

在制订技术措施和质量控制措施的同时,进一步落实组织指挥系统,逐级进行技术交底,做到层层落实,确保措施顺利实施。

廊道底板和边顶拱由于混凝土体积较大,浇筑时若不注意就会产生施工冷缝。在浇筑廊道底板混凝土时,要求沿短边分层浇筑,每层厚 30 ~ 50 cm,第二层浇筑时必须完全覆盖第一层,仓面上保证 3 ~ 5 个插入式振捣棒振捣,振捣延缓时间以混凝土表面呈水平并出现水泥浆和不再出现气泡、不再显著沉落为好,第三层浇筑时与前面要求一样,如此反复,直至底板全部完成。对底板而言,由于其净高达 6.14 ~ 7.31 m,根据规范要求,混凝土浇筑自由下落高度不宜大于 2 m,因此,浇筑时加挂串筒、操作工人深入至廊道底板内部仓面进行振捣,确保了浇筑振捣质量。另外,要确保混凝土运输、泵送入仓的供应,绝不能超过规范规定的允许间歇时间(3 h)。经过采取以上措施,廊道混凝土浇筑过程中基本上没有产生施工冷缝。

2.6 加强混凝土养护

必须采取良好的养护措施,减小混凝土内外温差,特别重要的一环就是缓慢降温,充分发挥其徐变特性,为混凝土创造出应力完全松弛的条件,同时使混凝土保持良好的潮湿状态,这对增加其早期强度和减少收缩十分有利。

由于采用了普通硅酸盐水泥和泵送施工工艺,混凝土早期水化热较大,经量测,一般在浇筑后 18 h 左右其内部温度达到最大值(约 35 ℃),而此时因规范要求钢模板尚不能拆除,还不能直接进行表面洒水降温,因此,为降低混凝土温度,除尽量降低水灰比外,在浇筑完毕 18 h 即开始对钢模板表面进行不间断的洒水降温,拆模后对混凝土表面覆盖草带、花管洒水进行全天候养护 14 d,此时,洞室衬砌后的混凝土内部温度已降至 18

℃。通过对比分析得知:拆模前对钢模板表面洒水降温产生的裂缝要比未洒水少的多。因此,混凝土养护应从模板面的洒水降温开始。

2.7 尽可能提高混凝土的抗拉强度

(1)控制集料中的含泥量。砂、石含泥量过大,不仅增加混凝土的收缩,而且降低混凝土的抗拉强度,对混凝土的抗裂十分不利。因此,在混凝土拌制时必须严格控制砂、石中的含泥量,将石子中的含泥量控制在 1% 以下,中砂中的含泥量控制在 2% 以下,以减少因砂、石中含泥量过大对混凝土抗裂的不利影响。

(2)混凝土施工工艺。可采用二次投料法、二次振捣法、浇筑后及时排除表面积水和最上层水泥浆等方法,加强早期养护,以提高混凝土的早期及相应龄期的抗拉强度和弹性模量。

(3)在混凝土基础表面及内部设置必要的温度配筋,以改善其应力分布,防止裂缝的产生。

对于混凝土裂缝,应以预防为主。为此,需要精心设计、施工,掌握其基本特性并根据工程的实际情况采取有效措施,使施工质量得到很好的保证。以上各项技术措施并不是孤立的,而是相互联系、相互制约的,在其设计和施工中必须结合实际、全面考虑、合理采用,才能起到良好的效果。

3 结 语

实践证明:在优化配合比设计,改善施工工艺,提高施工质量,做好温度监测工作及加强养护等方面采取有效的技术措施,坚持严谨的施工组织管理,完全可以控制混凝土温度裂缝和施工裂缝的发生。

作者简介:

李振学(1978-),男,河南郑州人,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

王灵伟(1982-),男,河南洛阳人,工程师,工程硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

周 静(1988-),女,山东临沂人,助理工程师,学士,从事机电通信指挥与管理工作。
(责任编辑:李燕辉)

成都院荣获 2015 年中国 AAA 级企业信用等级

日前,中国合作贸易企业协会、中国企业改革与发展研究会、中国企业信用评价中心联合颁布了 2015 年中国企业信用等级评价结果,成都院荣获 2015 年中国 AAA 级信用企业。为充分发挥企业的市场经济主体作用,切实推进社会诚信和信用体系建设,2015 年 9 月,中国合作贸易企业协会、中国企业改革与发展研究会、中国企业信用评价中心联合开展了 2015 年中国企业信用等级评价工作。成都院经评定荣获 AAA 企业信用等级。此荣誉的取得进一步促进和提高了成都院信用建设管理水平和信用风险防范能力,更增加了成都院的市场竞争力及可持续发展能力。