

浅谈桐子林水电站大体积混凝土裂缝防治施工技术

胥彦刚, 岳自飞

(中国人民武装警察部队水电第九支队, 四川 成都 611130)

摘要:桐子林水电站枢纽建筑物由重力式挡水坝段、河床式电站厂房坝段、泄洪闸(7孔)坝段等建筑物组成,坝顶总长440.43 m,最大坝高69.5 m。泄洪闸坝段主要由河床4孔泄洪闸坝和右岸导流明渠内3孔泄洪闸坝组成。泄洪闸坝段每仓设计面积为1 000~3 000 m²,浇筑层厚为1.5~3 m,属于大体积混凝土。对于大体积混凝土,温度变形是引起裂缝的最主要原因。裂缝如果向纵深发展、成为破坏整体性的贯穿裂缝,就会破坏结构的整体性、抗渗性,降低其耐久性。因此,控制混凝土浇筑块体因水化热引起的温升、混凝土浇筑块体的内外温差及降温速度,防止混凝土出现有害的温度裂缝是其施工技术的关健问题。

关键词:泄洪闸;混凝土;裂缝防治;桐子林水电站

中图分类号:TV7;TV52;TV544

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)增1-0027-03

1 裂缝产生的原因及危害

混凝土由于水泥在水化过程中产生的大量水化热不易散发,在其浇筑后初期,混凝土内部温度急剧上升引起混凝土膨胀变形,此时的混凝土弹性模量还很小,因而在升温过程中由于基础约束混凝土膨胀变形而产生的压应力亦很小。但随着混凝土龄期的增长,水化作用逐渐减弱,水化热逐渐减少,同时混凝土的强度和弹性模量逐渐增大,而此时混凝土的温度逐渐降低且混凝土发生收缩变形时又受到基础的约束,收缩变形就会产生相当大的拉应力。在分析计算混凝土块体温度应力时,由于升温阶段的压力很小,往往可以忽略不计。因此,一方面大体积混凝土后期降温的拉应力很大,另一方面混凝土为抗拉强度仅为抗压强度1/8~1/14的脆性不均匀体,因而其抵抗温度拉应力的能力很低。当拉应力(或拉伸应变)超过混凝土抗拉强度(或极限拉伸值)时就会产生温度裂缝。当表面裂缝形成后,如果其内部温度长期较高、内外温差过大,将在坝体内部形成非线性温度场,并且在表面裂缝的端部形成应力集中,使裂缝向纵深发展,成为破坏整体性的贯穿裂缝,从而破坏结构的整体性、抗渗性,降低其耐久性。因此,控制混凝土浇筑块体因水化热引起的温升、混凝土浇筑块体的内外温差及降温速度,防止混凝土出现有害的温度裂缝(包括混凝土收缩)是其防治施工技术的关健。

2 裂缝的分类

混凝土坝的温度裂缝按其发生的部位和深度,其产生的原因及性质主要分为以下几种:

(1) 表面裂缝。

表面裂缝是大体积混凝土最常见的裂缝,分为竖向和水平向,即位于浇筑面顶层或水平施工缝上,其长度或深度一般较小,未贯穿整个仓面或浇筑层。表面裂缝多发生在大坝施工过程中,多为气温骤降作用或因表面养护不到位引起,以混凝土龄期6~20 d最容易出现。表面裂缝的危害一般较小,但也视其发生的部位和坝体内温度状态而定。如果其位于基础约束区及上游面等敏感部位且坝体内温度较高,就需作适当处理,以防止其继续发展和恶化而成为基础贯穿或深层裂缝。

(2) 网状裂缝。

网状裂缝一般发生在混凝土块体的暴露面,裂缝的形态与分布很不规则且深度极浅,一般小于10 mm,主要是由于浇筑后养护不善造成的,尤其是高标号混凝土早期更容易出现这类裂缝。网状裂缝主要是由于块体表面混凝土干缩引起的,本身危害不大,但当混凝土干缩与降温收缩相叠加时,就会产生危害性较大的裂缝。

(3) 深层裂缝。

其仅发生在坝块表层,但其深度及长度较大,贯穿了整个仓面及浇筑层。由于其位于坝块表层,又是从表面开裂发展而成,故又称为表面深层裂缝。此类裂缝发生于大坝施工过程中,多为长

收稿日期:2016-05-04

时间间歇或长期暴露后受内外温差和气温骤降联合作用引起。这种裂缝在施工现场比较常见,需根据其发生的部位和裂缝的危害性、坝体内的温度状态和边界条件作妥善处理,防止其继续发展而形成基础贯穿裂缝。

(4) 基础贯穿裂缝。

基础贯穿裂缝发生于坝块基础部位,裂缝宽度较大,深度穿过一个甚至几个浇筑层。这类裂缝一般发生于坝块浇筑后的整个降温过程中,或由长间歇的基础约束区混凝土受气温骤降及内部降温的联合作用引起。裂缝宽度为上大下小。基础贯穿裂缝危害性最大,其影响坝体的整体性与安全。因为这种裂缝一旦发生在坝体的横断面上,就会把坝体分割成独立的块体,坝的整体性即遭到破坏,从而使坝体应力发生变化并重新分布,其特别反应在上游坝踵处,该处将出现较大的拉应力,进而影响坝的稳定,直接危害坝的安全。如果这种裂缝发生在坝的纵断面上,当其与迎水面相通时,还会引起严重的漏水。因此,防止基础贯穿裂缝是大体积混凝土温控的主要目标。坝体一旦发生此类裂缝,必须查清原因,认真处理,消除影响并防止其继续发展。

无论哪种裂缝,都可能对坝的防渗性、耐久性、整体性和安全运行带来严重的影响和威胁。温度裂缝一旦出现,由于缝端的应力集中,若其处于拉应力区内,裂缝必将延伸发展;只有当其处于压应力区内,或拉应力得到充分释放后,裂缝的延伸才会终止。

3 防治裂缝的措施

弄清裂缝的种类、分析其产生的原因及危害以及预防的措施,必须对大体积混凝土结构的设计、混凝土材料的选择、配合比设计、拌制、运输、浇筑、保温、养护、通水及施工过程中混凝土浇筑内部温度和温度应力的监测等环节采取一系列的技术措施。

3.1 水泥的选用

大体积混凝土结构浇筑后,水泥在凝结硬化过程中释放了大量的水化热,该热量聚集在混凝土内部不易散发,从而使混凝土内部温度急剧升高并与表面温度产生温差,形成温度梯度。为了降低水泥的水化热,防止温度裂缝的产生,内部混凝土应主要考虑抗裂性能好、兼顾低热和高强两

方面的要求。至于外部混凝土,除了抗裂性能外,还要求其抗冲磨、抗蚀性、强度较高及干缩较小,因此,一般采用较高标号的中热硅酸盐水泥。

3.2 严格控制混凝土温度

(1) 严格控制混凝土入仓温度。

由于仓位较大,每仓浇筑均需3~5 d连续浇筑,加之桐子林水电站所处位置为攀枝花市,高温季节时间长,故降低混凝土入仓温度成为重中之重。降低入仓温度的措施主要是采用拌合楼拌制冷混凝土以及运输和浇筑时的防止温度回升两方面。

①制冷混凝土主要采用加冰水拌合以及骨料预冷两方面,保证将混凝土出机口温度控制在15℃以下。混凝土骨料有两种预冷方式:一是水冷加风冷,二是二次风冷。前者能量损失较小,但施工管理难度较大;后者简化了施工布置,占地较少,便于管理;加冰主要采用制冷车间3台液氨制冷系统制冰供应。

②在混凝土运输、浇筑过程中的保温措施。在混凝土的运输过程中,主要是防止温度散失。所采取的措施:一是在混凝土运输车顶搭遮阳棚,二是在车厢侧面贴保温泡沫板;在混凝土浇筑过程中,如果仓面温度超过25℃,则必须开启仓面喷雾机降低仓面温度,以保证整个运输浇筑温度的回升不超过4℃。

(2) 混凝土浇筑后的温控措施。

①混凝土的通水冷却。在混凝土初期冷却方面,冷却水管材料采用高密度聚乙烯塑料管该塑料管虽然传热效果比金属管稍差,但其易于安装,成本较低,通过延长通水时间可达到预期效果。

②上、下层温差控制。在长间歇老混凝土坝块上浇筑新混凝土时,限制新老混凝土之间的温差的目的是防止上部新浇混凝土温度过高,降温时受老混凝土约束而产生裂缝。上、下层温差是指在老混凝土最高平均温度与新混凝土开始浇筑时下层混凝土的实际温度之差。当上层混凝土短间歇均匀上升的浇筑高度 $h > 0.5L$ (L 为本仓位的长边长)时,上下层允许温差约为15℃~20℃,浇筑块侧面长期暴露时宜采用较小值。此外,“薄块长间歇”的应力状态是十分不利的,在实际工程中应予以避免。

3.3 重视混凝土表面的养护

混凝土表面裂缝多发生在混凝土浇筑的初期,而初期的表面温度骤降是引起表面裂缝的主要外因。另外,混凝土表面的蒸发缺水干缩也极易发生表面裂缝。当日平均气温在2~4 d内连续下降超过6℃时,未满28 d龄期的混凝土的暴露表面可能产生裂缝,因此,在基础混凝土上游坝面及其他重要部位应加大表面保护措施,可采用覆盖保水土工膜或草帘的方式;如有条件,还可以再加一层塑料薄膜用于保温,并采用长流水花管养护,以减缓气温骤降或表面缺水在坝块表层产生的降温幅度与温度梯度。

可见,在实际工程中加强对混凝土表面的养护是至关重要的。在混凝土浇筑后的初期需要对坝块表面施加覆盖及浇水养护。冬季要抵御寒潮的袭击,夏季防止热量回灌进入混凝土。

3.4 特殊部位采取的防护措施

长期暴露部位的内外温差由于气温年变化等因素的影响形成过大的内外温差,在后期长期暴露的部位也可能产生裂缝。这种裂缝与气温骤降产生的裂缝具有不同的特征,发生在后期的裂缝多为深层性的,而气温骤降引起的裂缝主要发生在早期且深度较浅。若坝块受气温骤降冲击产生了表面裂缝,后期在内外温差作用下将会向深层发展。

因此,在基础混凝土、上游坝面及其他重要部位的表面应采用保温被保护。

此外,在混凝土大坝施工过程中,总是把整体分成若干个坝段,每个坝段又分几个坝块进行浇筑。许多大坝现场裂缝调查结果表明:凡相邻块能做到连续平行上升的基本不产生表面裂缝;孤立块长度在10 m以下的也极少产生裂缝。因此,在施工过程中,各坝块应尽量均匀上升,避免出现过大的高差,浇筑时间不宜相隔太久。相邻坝块的高差一般不超过10~12 m,以减少其侧面的暴露时间,并避免纵缝键槽被挤压,进而影响纵缝灌浆质量。

4 结 语

由于水工混凝土本身及其与周围环境相互作用的复杂性,混凝土裂缝的产生一般不是由单一的因素造成,它的形成往往是多种因素共同作用的结果。因此,从水工混凝土的性能、结构形式及其所处的环境等方面研究裂缝的防治措施是至关重要的。混凝土坝的温度裂缝虽然在技术上可以进行补强处理,但在处理中,其既影响工程进度,又给正常施工增加了困难;既费时耗工,又耗费物资财力。同时,处理后的坝体中仍留下质量薄弱环节且很难根治,所以,对于温度裂缝,应该在设计和施工中加强温度控制和混凝土的质量管理,防患于未然。温度拉应力的大小是造成温度裂缝出现的一个重要的影响因素。但混凝土的抗裂能力及其均匀性却又是一个不可忽视的影响因素。所以,为防止混凝土坝的温度裂缝,一方面是加强混凝土坝设计、施工的温度控制,降低坝块的温度拉应力;另一方面是加强混凝土施工的质量控制,提高混凝土的均匀性和抗裂能力。因此,不能片面地把温度控制作为防止温度裂缝的唯一手段而忽视对混凝土施工的质量要求;相反,也不能无视加强温度控制对于防止温度裂缝的重要作用。在实际工程中,对混凝土进行温度控制设计、合理制定温控措施是消除温度裂缝的重要措施。

综上所述,大体积混凝土温度应力分析现已基本上成熟,但在温控与防裂措施方面尚需进一步研究补充与创新,如掺用新型掺合料、优良的外加剂,优化混凝土配合比,提高混凝土施工工艺水平等。笔者认为:只要精心设计、精心施工,就能达到混凝土不产生裂缝或少产生裂缝的目的。

作者简介:

胥彦刚(1984-),男,陕西城固人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

岳自飞(1985-),男,甘肃定西人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

向家坝电站累计发电量超九百亿千瓦时

2016年6月15日18时30分,向家坝电站累计发电量突破900亿千瓦时。

作为国家西电东送的骨干电源点,自2012年首批机组投产发电以来,向家坝电站连续四年超额完成年度发电任务,在2015年第一个电站完整运行年份,即达到设计发电量指标,累计生产的900亿千瓦时清洁能源相当于减少标煤消耗2835万吨,减排二氧化碳7371万吨,为国家“稳增长、调结构、惠民生”作出了积极贡献。