

# 观音岩水电站大体积碾压混凝土温度裂缝控制

胡寿美

(中国水利水电第七工程局有限公司 科研设计院, 四川 成都 611730)

**摘要:**在大体积碾压混凝土施工中,裂缝控制是一项较复杂的问题,且带有普遍性。分析了大体积碾压混凝土裂缝类型及裂缝产生的原因,在此基础上,提出了相应的温度控制措施、施工措施、设计措施及原材料措施,用以预防裂缝的发生。

**关键词:**观音桥水电站;碾压混凝土;温度裂缝;控制

**中图分类号:**TV7;TV544+.921;TV543+.6

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2012)02-0188-02

## 1 概述

观音岩水电站位于云南省丽江市华坪县与四川省攀枝花市交界的金沙江中游河段,为金沙江中游河段规划的八个梯级电站的最末一个梯级,上游与鲁地拉水电站相衔接。

观音岩水电站为一等大(1)型工程,以发电为主,兼有防洪、灌溉、旅游等综合利用功能。水库正常蓄水位高程134 m,库容约20.72亿 $m^3$ ,电站装机容量3 000(5×600)MW。

拦河大坝由左岸、河中碾压混凝土重力坝和右岸粘土心墙堆石坝组成,为混合坝。碾压混凝土重力坝部分最大坝高为159 m,心墙堆石坝部分最大坝高为71 m。

由于该电站地处攀枝花与云南交界处,高热低湿,常年平均降水量低于其他地方,而蒸发量远高于降雨量,故大体积混凝土的温度控制十分困难。

## 2 大体积碾压混凝土裂缝类型

大体积碾压混凝土裂缝的类型可分为由温差引起的裂缝和由于不均匀沉降引起的裂缝等类型。笔者重点讨论的是由温差引起的裂缝。由温差引起的变形裂缝是大体积混凝土最常见的裂缝。近年,由于碾压混凝土技术更加成熟,大体积碾压混凝土也被广泛采用,大体积混凝土由于内外温差引起的裂缝越来越成为工程施工中需要解决的重要问题之一。

## 3 大体积碾压混凝土温度裂缝产生的原因

(1)温度变化引起的变形。在大体积混凝土工程施工中,由于大体积混凝土在连续浇筑和硬

化过程中,水泥水化反应产生大量的水化热,该热量聚集在其内部不易散发,而表面散热较快,从而在混凝土内部和外部形成较大温差。水泥水化热引起混凝土内部温度和温度应力剧烈变化,实际上,常态混凝土内部的最高温度多数发生在混凝土浇筑的最初3~7 d,随着混凝土龄期的增长,温度逐渐下降,而弹性模量增高,因此,混凝土内部降温收缩也就愈来愈大,以致产生很大的拉应力,当混凝土的抗拉强度不足以抵抗这种应力时,开始出现温度裂缝。

(2)应力超过了混凝土的抗拉强度,导致裂缝的产生。混凝土早期抗拉强度是很低的,通过增加煤灰掺量能有效推迟水泥水化热的高峰时间,为混凝土抗拉强度的增长赢得了时间,最大程度地减少了因抗拉强度与水泥水化热高峰值不匹配而产生的应力对混凝土的破坏。在碾压混凝土配合比设计时,三级配碾压混凝土煤灰最大掺量为65%,二级配为60%。由于煤灰掺量大,从而有效地推迟了水泥水化热高峰到来的时间。从试验情况看,水化热高峰期在14 d左右。

(3)外界气温变化的影响。大体积混凝土在施工期间,外界气温变化的影响也很大。混凝土的内部温度是浇筑温度、水化热的绝热温升和结构散热降温等各种温度的叠加之和,外界气温愈高,混凝土的结构温度也愈高,如果外界温度下降,会增加混凝土的降温幅度,特别是在外界气温骤降时,会增加外层混凝土与内部混凝土的温度梯度。温度应力是由温差引起的变形造成的,温差愈大,温度应力也愈大。

## 4 控制措施

收稿日期:2012-01-11

对大体积混凝土温度裂缝采取的基本控制措施分为设计措施与施工措施。随着材料科学的发展和施工技术的完善,现场大体积混凝土的施工积累了不少经验,如留永久性变形缝或伸缩缝、用蛇形冷却水管来降低大体积混凝土内部温度等。综上所述,为防止裂缝的产生并降低温度应力,观音岩电站主要是从控制温度方面着手。

#### (1)设计措施。

精心设计混凝土配合比。在保证混凝土具有良好工作性能的情况下,应尽可能降低混凝土的单位用水量。对于掺高效减水剂和高性能引气剂以及高粉煤灰掺量的应按设计准则生产出高强、高韧性、中弹、低热和高抗拉值的抗裂混凝土。

#### (2)施工措施(控制温度的措施)。

①优化配合比,改善骨料级配,尽量使用骨料粒径大的级配。该大坝是碾压混凝土重力坝,可用煤灰直接取代水泥,通过实验,三级配碾压混凝土煤灰掺量达到65%,二级配碾压混凝土煤灰掺量达到60%。在掺煤灰的基础上采取加缓凝高效减水剂及引气剂等措施以减少混凝土中的水泥用量。观音岩水电站碾压混凝土C<sub>90</sub>20W8F100二级配水泥用量仅为74 kg/m<sup>3</sup>,煤灰用量为110 kg/m<sup>3</sup>,C<sub>90</sub>20W6F100三级配水泥用量仅为55 kg/m<sup>3</sup>,煤灰用量为103 kg/m<sup>3</sup>。

②混凝土搅拌前,对骨料进行一冷和二冷,对粗骨料采取一次风冷,使骨料初温降为5℃~8℃;对拌和楼粗骨料仓采取二次风冷,使骨料终温降为-1℃~4℃。加片冰拌和混凝土,加冰量按加水量中扣除骨料含水和外加剂含水后的最大可能量加入,以降低混凝土的出机口温度。严格控制出机口温度,常态混凝土为10℃,碾压混凝土为12℃;浇筑温度控制在17℃。

③浇筑施工尽量选取低温时段,避开高温时段进行浇筑。

④高温时段施工(大于25℃)时,采用仓面喷雾降温、及时对仓面实施保温被覆盖、加快混凝土浇筑覆盖速度等措施;仓面喷雾可降低混凝土温度3℃左右。

⑤混凝土水平运输过程中,在自卸汽车上设置遮阳棚,防止阳光暴晒,可以保证将混凝土在运输过程中将温度上升控制在0.5℃~1℃之间。

⑥混凝土浇筑完成后及时进行保温被覆盖;

在混凝土浇筑完成一个月内进行持续洒水养护,采取在永久面上覆盖保温板等措施。

⑦热天浇筑混凝土时,减少浇筑厚度,尽量减少浇筑时间,以减少气温温度倒灌。将碾压混凝土每一浇筑层严格控制在30 cm内,利用浇筑层面散热。

⑧在混凝土中埋设水管,混凝土凝固后即通入冷水降温。

⑨规定合理的拆模时间。气温骤降时进行表面保温,以免混凝土表面发生急剧的温度梯度。

⑩对于施工中长期暴露的混凝土浇筑块表面或薄壁结构,在寒冷季节采取保温被覆盖措施。

⑪使用中热水泥。水泥的主要发热成分为铝酸三钙(C3A)和硅酸三钙(C3S),生产时适当降低这两种成分的含量,即可降低其水化热。

此外,改善混凝土的性能,提高其抗裂能力,加强养护,防止表面干缩,特别是保证混凝土的质量对防止裂缝十分重要。应特别注意避免产生贯穿裂缝,若其出现后要恢复其结构的整体性是十分困难的,因此,施工中应以预防贯穿性裂缝的发生为主。

根据以上分析,大体积碾压混凝土在三个阶段产生的温度应力均与其内、外部的温差有关,因此,有效的控制混凝土内外温差就成为有效控制温度应力的关键。对此,《混凝土结构工程施工及验收规范》曾作如下要求:“大体积混凝土表面和内部温差应控制在设计要求的范围内,当设计无具体要求时,温差不得超过25℃”;并对浇筑温度也作了“不得超过28℃”的规定。但由于观音岩水电站所处地理位置的特殊性,主体坝段碾压混凝土设计浇筑温度不大于17℃。因此,对于大体积混凝土的温差控制一般从以下三方面着手:第一是控制混凝土的绝对发热量;第二是采取有效措施降低混凝土内外温差;第三是改善周围的约束条件,减小裂缝宽度。所以,要真正实现大体积混凝土的质量控制,应从原材料、设计、施工等各个环节抓起。

## 5 结语

通过对以上各个环节进行严格控制,以大坝24#坝段碾压混凝土为例,从浇筑到通水冷却时间(2010年3月15日到4月28日,共44 d)据其内  
(下转第191页)

由此造成的后果。如情势的变更由可归责于一方当事人或第三人的事由而发生,则有过错的一方当事人或第三人应承担赔偿责任,不适用情势变更原则。

(4)因情势变更而使原合同的履行显失公平。这是适用情势变更原则的实质要件。情势变更发生以后,如继续按原合同规定履行义务,将会对一方当事人产生显失公平的结果。适用情势变更原则是为了平衡当事人之间的利益,消除合同因情势变更所产生的显失公平,赋予一方当事人变更或解除合同的权利。

### 3 “情势变更”原则的实际应用

#### 3.1 合同中按调价公式进行材料调差的情况

例如:2007年9月,某水电建筑公司与业主签订的合同中规定对材料价格采用四川省物价指数进行综合调整,每半年进行一次材料价差结算。调价公式如下:

$$\Delta P = P_0 (A + \sum B_n \frac{F_{in}}{F_{on}} - 1)$$

式中  $\Delta P$  为需调整的价格差额;  $P_0$  为调整期内的结算总产值;  $A$  为定值权重(即不调部分的权重);  $B_n$  为各可调因子的变值权重(即可调部分的权重),亦为各可调因子在合同估算价中所占的比例;  $F_{in}$  为各可调因子的现行价格指数;  $F_{on}$  为各可调因子的基本价格指数。

对于这类已经明确将部分价格风险划入业主承担范围的合同,除按合同规定进行调价结算外,对定值部分应依据“情势变更”原则将超出正常物价风险的部分予以调整补偿。据此,在2008年7月后受国际金融危机影响造成物价大幅上涨期

(上接第189页)

部埋设的温度计统计结果:温度最高值为27.9℃,低于设计标准(29℃),且坝内温度曲线趋于稳定,坝体没有出现因内外温差过大产生裂缝的情况。

总之,大体积混凝土中产生裂缝有多种原因,主要是温度和湿度的变化,以及混凝土的脆性和不均匀性、结构不合理、原材料不合格、模板变形,

间,该水电建筑公司通过应用“情势变更”原则,最终获得762万元的材料调差补偿。

#### 3.2 合同中规定施工期内材料价差不调整的情况

例如:2008年5月,某公路建筑公司与业主签订8 km的二级公路建设合同。由于合同工期仅9个月,合同中规定对材料价格不予调差。2008年7月爆发金融危机后,国内材料市场价格大幅上涨,仅钢筋一项即由投标阶段的2800元/t上涨至4200元/t。建筑公司应用“情势变更”原则上报的材料调差索赔中直接按施工期省造价信息公布的钢筋平均价减去投标价申请调差,监理审核时对2008年7月前使用的钢筋未予以调差,而对此后所使用的钢筋按省造价信息公布的市场价逐月进行调差,调差时减去了应由承包人承担的正常物价上涨(按一般标准为3%)。

### 4 结语

经济合同是促进市场经济发展的主要合同,其有效履行关系到社会发展进步和稳定和谐,“情势变更”原则的法律条文出台对应金融危机等重大形势变化具有积极意义。但在应用“情势变更”解决合同实际问题过程中应注意其适用条件,既要及时按实进行变更补偿,又要将合同一方当事人应当承担的风险从变更补偿剥离。

#### 作者简介:

王彦虎(1974-),男,宁夏西吉人,副总工程师,高级工程师,学士,从事水利水电工程合同管理工作;

王小明(1983-),男,宁夏中卫人,工程师,学士,从事水利水电工程合同管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

基础不均匀沉降等。为了保证建筑物和构件的安全,一方面要从控制温度着手,另一方面则应尽可能设法提高混凝土的抗裂性能。只有在施工中采取以上行之有效的措施,才能控制裂缝的出现或延伸,进而保证建筑物安全、稳定的工作。

#### 作者简介:

胡寿美(1964-),女,四川米易人,副总工程师,工程师,从事水利水电工程技术工作。

(责任编辑:李燕辉)

## 大渡河安谷水电站开工建设

3月29日,四川大渡河安谷水电站正式开工。四川省副省长陈文华宣布安谷水电站正式开工。水电四川公司董事长林修建主持开工仪式,四川省发改委能源局副局长梁武湖宣读国家核准文件。安谷水电站工程于今年2月24日获得国家发改委正式核准,工程位于四川乐山市沙湾区嘉农镇和市中区安谷镇接壤的大渡河干流上,是大渡河最末一级水电开发项目。由挡水建筑物、泄水建筑物、河床式厂房等组成,拦河坝为混凝土闸坝和混凝土堆石坝,电站安装4台19万千瓦和1台1.2万千瓦轴流转桨式水轮发电机组,总装机容量77.2万千瓦,年均发电量31.44亿千瓦时,工程静态总投资82.05亿元,动态总投资96.99亿元,工程设计总工期54个月。