

# 堆石混凝土在景观坝工程中的适用性分析

姜 珊

(江西省安澜工程咨询有限公司,江西 南昌 330001)

**摘 要:** 堆石混凝土技术是基于自密实混凝土技术发展起来的一种新型大体积混凝土施工技术,具有水泥用量少、水化温升小、综合成本低、施工速度快、良好的体积稳定性、层间抗剪能力强等优点,施工方法与传统混凝土施工方法也有较大的差别.本文结合城市景观坝工程的特点,通过工程实例分析了在景观坝工程建设中应用堆石混凝土技术的可行性、优势和产生的效益.论文的研究成果对今后堆石混凝土技术在景观坝工程中的推广应用具有一定的参考价值.

**关键词:** 堆石混凝土;景观坝工程;施工方案;适用性

**中图分类号:** TV641.4

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1004-4701(2015)05-0351-04

## 0 引言

堆石混凝土(Rock Filled Concrete,简称RFC),是利用自密实混凝土(SCC)的抗分离性能好以及自流动性的特点,在粒径较大的块石内随机充填自密实混凝土而形成的混凝土堆石体.它具有水泥用量少、水化温升小、综合成本低、施工速度快、良好的体积稳定性、层间抗剪能力强等优点.

堆石混凝土技术自2003年由清华大学水利水电工程系金峰、安雪晖<sup>[1]</sup>发明以来,几年来针对专用自密实混凝土的充填性,堆石粒径对充填的影响,堆石混凝土综合力学性能、热力学性能、绝热温升规律、抗渗性能、耐久性能等展开了一系列的专项的室内试验研究和工程实践验证,均取得了令人满意的效果<sup>[2-6]</sup>.如安雪晖,金峰,石建军<sup>[2]</sup>设计并实施了自密实混凝土充填堆石体试验,初步验证了堆石混凝土的性能,为这种新型的混凝土施工方式打下了基础.如今,堆石混凝土技术已在国内30余个水利水电项目中成功应用,浇筑工程量40余万m<sup>3</sup>,在节省施工成本、加快建设速度、简化施工工艺、保证施工质量等方面发挥了积极有效的作用.随着生态文明城市建设的兴起,建设景观坝工程以改善城市居住环境在许多城市建设中被考虑.本文结合城市景观坝工程的特点,对堆石混凝土技术在景观坝工程中的应用进行了分析研究,论述了该项技术的适用性、优势和效益,研

究成果对今后堆石混凝土技术在景观坝工程中的推广应用具有一定的参考价值.

## 1 堆石混凝土工艺特点

堆石混凝土施工是利用自密实混凝土的高流动抗析性能,使自密实混凝土依靠自重填充到堆石的空隙中,形成完整、密实,有较高强度的混凝土;其构成如图1所示.

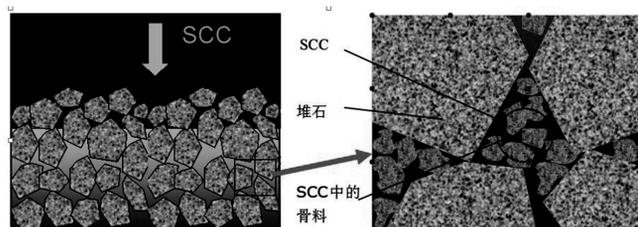


图1 专用自密实混凝土充填堆石体形成堆石混凝土示意图

### 1.1 堆石混凝土技术施工方式

目前,堆石混凝土技术施工方式主要有普通型堆石混凝土和抛石型堆石混凝土两种:普通型堆石混凝土是将堆石先入仓,然后浇筑自密实混凝土 SCC,浇筑示意图见图2;抛石型堆石混凝土是在合适的施工条件下,利用自密实混凝土的缓冲作用,先浇筑高抗分离的自密实混凝土,后抛入堆石,形成完整、密实的混凝土,浇筑示意图见图3.

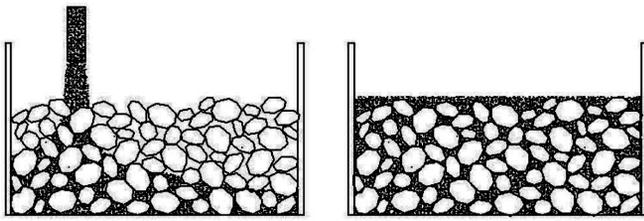


图2 普通型堆石混凝土浇筑示意图

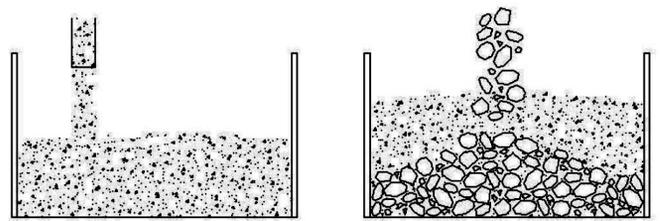


图3 抛石型堆石混凝土浇筑示意图

## 1.2 堆石混凝土技术施工特点

目前,水利工程中常用的混凝土主要有常态混凝土、砌

石埋石混凝土、碾压混凝土、自密实混凝土和堆石混凝土,各类混凝土技术施工特点见表1。

表1 各类混凝土技术施工特点

序号	类别	技术特点
1	常态混凝土	震捣、冷却水管等工序多,水化热高,温控复杂,容易开裂,成本高。
2	砌石、埋石混凝土	技术要求低,材料成本低,适合中小型工程,但机械化程度低,质量控制难,人工成本越来越高,逐渐淘汰。
3	碾压混凝土	要求大仓面,重型机械,仅适合大中型工程的大体积混凝土。
4	自密实混凝土	新技术,施工方便,但水化热高,温控困难,成本高,难以适应大体积混凝土。
5	堆石混凝土	将堆石直接入仓,然后浇筑专用的自密实混凝土,利用其高流动性能,填充到堆石的空隙中,形成完整、密实、低水化热的大体积混凝土。

同时堆石混凝土施工技术需要注意的几个问题:

①投料分两次进行,因自密实混凝土高流动性,对输送设备有相应要求,块石料个体大,不易搬运,需用重型机械入仓;②因自密实混凝土的高流动性,所以对模板止水要求更高;③混凝土内部埋件附近的块石需要人工堆砌,防止被下落块石撞击损坏;④因混凝土块石含量高,块石装载空隙率大,运输效率相对砂石料要低,为体现堆石混凝土的优越性,应尽可能采用当地开采石料。

## 2 景观坝工程适用性分析

### 2.1 景观坝工程特点

我国很多城市依河而建,城市河流与人类关系密切。随着社会的发展,现代人对城市河流的建设改造已不仅限于供水、防洪、航运等传统要求,而是包含了生态、休闲、娱乐、文化等多方面的要求,经过精心设计的河流景观,不仅可大大改善城市面貌,也可带来生态、环境、经济等效益。在河道修建一座景观坝工程,可以抬升河道水位,形成一个人工湖,这对改善河道周边的城市环境,提升城市文化品味发挥了重要作用。基于景观坝工程是位于人群密集区城市附近河道的水利工程措施,工程具备以下特点:

(1)工程区河道平缓、坝高较低。途经城区的河道一

般坡降较缓,对河道进行抬水所需抬水高度范围一般为3.0~5.0 m,所建的景观坝属于低坝。并且景观坝作为抬水建筑物,功能单一,结构简单;

(2)景观坝工程所在区域一般地质条件较为复杂,覆盖层厚,地基处理存在大方量的回填工程;

(3)城区所在地地形开阔、平坦,对外交通便利,能够满足大型机械化施工和场区布置的需要;

(4)城市改造工程中一般会产生较多的拆除固体废弃料,需要进行外运处理和弃料场水土保持。如果能对废弃料加以利用,社会、经济和环境效益明显;

(5)城区居民密集,工程施工应尽量减少对当地居民生活的干扰和周边环境的污染,这对施工方案提出了更高的要求。

### 2.2 堆石混凝土适用性分析

堆石混凝土作为一种新型混凝土施工技术,因块石含量达到55%,大大降低了水泥用量和混凝土水化热;采用机械化施工,可加快施工速度、降低人工费。在经济性、快速施工、节能减耗等方面具有明显的优势。同时该施工技术也有自密实混凝土流动性高,块石料粒径大不易搬运、混凝土料分两次投料入仓的特殊要求。

景观坝工程坝体结构简单,有利于采用堆石混凝土进行大体积混凝土浇筑;坝高较低有利于块石料直接汽车运送入仓,不用修建临时上坝公路或运用大型垂直吊

运设备;在基础处理工程当中可利用水下抛石等施工方法处理复杂的地质缺陷,节省处理费用,降低施工难度;堆石混凝土施工噪音低,在城区边上施工,对附近居民干扰小;工程区场地开阔,对外交通便利,利于块石料的运输、堆放和施工场区的布置。因此,堆石混凝土技术在景观坝工程中的应用可充分发挥节省工程投资、缩短建设周期、保护周边环境方面等方面的优势。同时,还可结合城市改造工程,循环利用城市拆迁固体废弃料,突出节能环保的特点。

### 2.3 工程案例

实例景观坝工程位于江西省某一中型城市,正常蓄水位87.00 m(黄海高程),大坝建成可以形成约4.7 km长的水景观带,约2.35 km<sup>2</sup>的湖面面积。挡水建筑物呈“一”型布置,从左到右依次为:左岸非溢流坝段(55.00 m)、泄洪冲砂闸(3孔,47.00 m)、橡胶坝(5孔,359.00 m)、溢流堰段(170.00 m)、右岸非溢流坝段(34.50 m),总长665.50 m,最大坝高11.70 m。根据堆石混凝土工艺的特点和各部位的结构体型,本工程在两岸非溢流坝段、溢流堰段和橡胶坝基础部位采用了堆石混凝土筑坝工艺。

#### 2.3.1 设计方案

左、右两岸非溢流坝段<sup>[7]</sup>基础落在粗砂层上,坝段长度分别为34.50 m和55.00 m,梯形断面,坝顶宽5.00 m,边坡1:0.3。上、下游坝面采用厚0.50 m的C20高自密实混凝土,内部采用C20堆石混凝土,坝体基础垫层采用1.00 m厚C20高自密实混凝土。大坝每20.00 m设一道横缝。典型断面见图4。

溢流堰位于坝址右岸阶地,坝段长度为170.00 m,

基础落在粗砂层上,溢流堰顶高程87.20 m,宽顶堰,上游设半径为1.00 m的圆弧,下游以1:4坡度与护坦相接,溢流堰顺水流方向长12.00 m。护坦高程为85.80 m,厚1.00 m,长10.00 m。溢流堰和护坦均采用C20堆石混凝土,过流表面设0.30 m厚C25抗冲混凝土。溢流堰坝段每34.00 m设一道横缝。

橡胶坝布置在河床中央,基础落在粗砂层上,坝段长度为359.00 m,基础高程78.60 m,闸底板高程83.60 m,橡胶坝顶高程87.10 m,共5孔,每孔净宽70.00 m;中、边墩厚均为1.50 m,墩顶高程90.30 m;下游采用1:4的斜坡段与消力池相接;消力池长度10.00 m,深1.00 m,底板高程82.00 m。橡胶坝底板除表层采用1.00 m厚C25抗冲常态混凝土外,均采用C20堆石混凝土。

#### 2.3.2 施工方案

工程建设区地形平坦开阔,对外交通方便,施工临时设施和生活营地分别布置在左右岸附近的河滩地或未开发的建设用地。堆石混凝土施工方案如下<sup>[8-9]</sup>:

(1)堆石材料要求:堆石混凝土所用的堆石材料应是新鲜、完整、质地坚硬、不得有剥落层和裂纹,并冲洗干净。堆石料粒径不宜小于300 mm,堆石料最大粒径不应超过结构断面最小边长的1/4、厚度的1/2。工程所选块石料场到工地运距约10 km,岩性为震旦系灰色变质岩,岩性致密坚硬。本工程所需块石料除可从上述料场购买,并可根据当地旧城改造情况利用拆迁出的合乎要求的固体废弃物。

(2)堆石入仓:下部采用自卸汽车运输直接入仓,上部采用25 t汽车吊配钢丝网兜吊运入仓,人工平整。

(3)自密实混凝土浇筑:采用JS750强制式砼搅拌

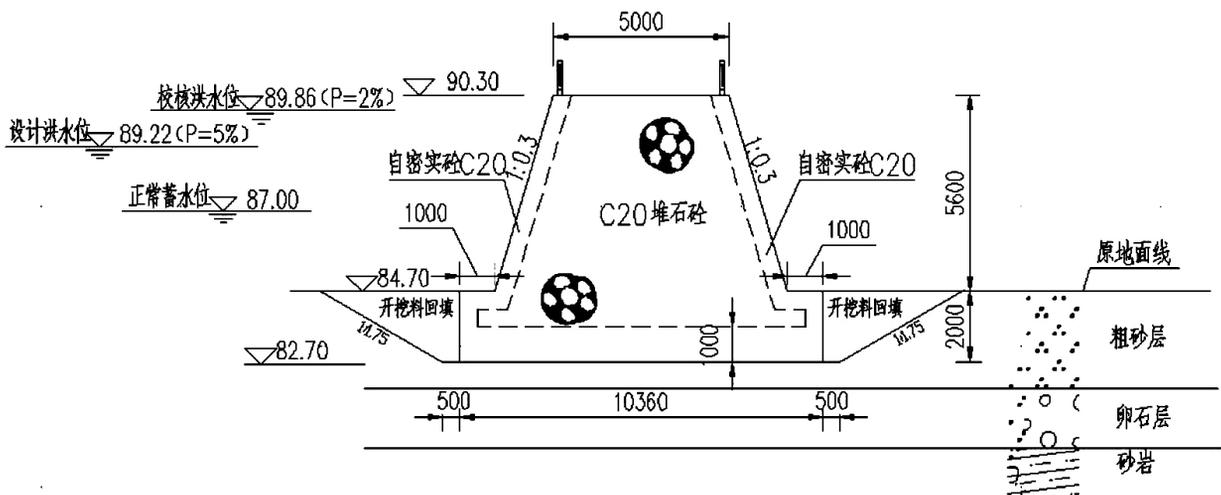


图4 堆石混凝土景观坝典型断面

机拌制,搅拌站距工作仓面距离约200 m,采用 30 m<sup>3</sup>/h 混凝土泵送入仓,直接从堆石体表面浇入,靠自重填充空隙密实。

(4)质量检测:堆石混凝土浇筑质量检验通过孔内密实度检测和孔内声波检测等方法综合评价;堆石混凝土的强度检验采用钻孔取芯的方法;堆石混凝土抗渗性能检验采用钻孔压水试验进行检测。检测结果应满足设计要求。

### 2.3.3 效益分析

堆石混凝土施工的两道主要工序为堆石入仓和高自密实性能混凝土生产浇筑。本工程为景观坝工程,坝高低、施工场地开阔,易于块石汽车直接入仓;同时,混凝土拌合系统距离施工仓面距离近,可采用泵送混凝土直接输送到仓面,不用二次倒运,降低了大量的机械使用费,提高了堆石混凝土技术的造价优势。经单价分析,堆石混凝土单价比常态混凝土单价便宜约43.90元,该工程左、右岸非溢流坝段、溢流堰和橡胶坝底板采用堆石混凝土,总工程量约2万m<sup>3</sup>,比采用常态混凝土方案节省工程投资约97.00万元。

通过合理的施工组织设计,堆石混凝土施工两道工序可以平行进行,生产效率成倍提升的同时还降低了对混凝土拌合设备生产强度的要求。堆石混凝土浇筑可消除振捣或碾压工序、简化消除温控措施及凿毛工序,混凝土生产运输浇筑量减半,这些都为加快建设速度、缩短工期提供了强有力的保证。由于堆石混凝土施工机械化程度高,受人工影响较少,相比常态混凝土,每100 m<sup>3</sup>混凝土可节约人工约19个工日,人工投入降低。

堆石混凝土技术利用块石含量超过50%,大大降低了胶凝材料用量及混凝土生产、运输及浇筑设备的投入。传统混凝土(以C20标号为例)每m<sup>3</sup>混凝土使用水泥约为260 kg,而采用堆石混凝土技术,平均每m<sup>3</sup>混凝土仅需使用水泥80~90 kg,单方混凝土中可节约水泥用量约170 kg。对于该工程约2万m<sup>3</sup>混凝土工程,水泥用量减少约3 000 t;以单位工程节约能耗30 kgce/m<sup>3</sup>计,该工程可节约能耗约600 t标准煤,较常态混凝土节约能耗不

低于35%;同时可减少碳排放1 800 t,节能低碳,绿色环保,具有显著的社会、经济、环境等综合效益。

## 3 结论

堆石混凝土技术有着造价低、快速机械化施工、节能环保等优点,同时也有自密实混凝土高流动性,块石料粒径大、混凝土料分两次投料入仓的特殊要求。施工时需要自密实混凝土的输送方式,块石入仓方式进行合理选择这往往成为一些工程应用堆石混凝土的难点。本文结合城市景观坝工程的特点,通过工程实例分析了在景观坝工程建设中应用堆石混凝土技术的可行性、优势和产生的效益。研究成果表明,景观坝工程能很好地发挥堆石混凝土的技术特点,使社会、经济、环境效益达到最大化。随着城市改造建设工作的广泛开展,景观坝工程将成为堆石混凝土技术的一个新的、重要的应用工程领域。

### 参考文献:

- [1] 金峰,安雪晖.堆石混凝土大坝施工方法 [P].中国专利申请号 03102674, 2003.
- [2] 安雪晖,金峰,石建军.自密实混凝土充填堆石体试验研究[J].混凝土, 2005,(1):3-6..
- [3] 黄锦松,周虎,安雪晖,金峰.堆石混凝土综合性能的试验研究[J].建筑材料学报, 2008, 11 (2): 206-211
- [4] 吴永锦,刘清.C20自密实混凝土在堆石混凝土中的应用 [J].混凝土, 2010,(3): 117-120.
- [5] 石建军,张志恒,金峰,安雪晖,张楚汉,杨晓锋,秦至谦.自密实混凝土充填堆石体的试验[J].南华大学学报(自然科学版), 2005, 19(1): 38-40.
- [6] 梁必诀,陈长久.堆石混凝土在导墙部位的应用 [J].水利水电技术, 2014, 45(7): 57-59.
- [7] SL 319-2005.混凝土重力坝设计规范[S].北京:中国水利水电出版社, 2005.
- [8] SL 303-2004.水利水电工程施工组织设计规范[S].北京:中国水利水电出版社, 2004.
- [9] CECS 203:2006,自密实混凝土应用技术规程[S].北京:中国计划出版社, 2006.

(下转第 358 页)

欢迎投稿

欢迎订阅