文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

浅谈凤冈县德隆水库堆石混凝土施工技术研究

刘镇兴
凤冈县水务局
DOI:10.12238/hwr.v9i3.6185

[摘　要] 本文以贵州省遵义市凤冈县德隆水库工程为背景,深入研究了堆石混凝土施工技术在该工程中的应用。介绍了堆石混凝土的材料特性、施工工艺流程、质量控制措施以及施工重点、难点与解决方案。研究表明,堆石混凝土技术在德隆水库工程中的成功应用,不仅提高了施工效率,降低了工程成本,还确保了工程质量,为类似工程提供了宝贵的实践经验。
[关键词] 堆石混凝土施工技术；浇筑施工方法；混凝土运输养护
中图分类号：TU74　文献标识码：A

Research on construction technology of rockfill concrete in Delong Reservoir, Fenggang County

Zhenxing Liu
Fenggang county water Bureau

[Abstract] Based on Delong Reservoir project in Fenggang County, Zunyi City, Guizhou Province, this paper deeply studies the application of rockfill concrete construction technology in this project. The material characteristics, construction process, quality control measures, construction key points, difficulties and solutions of rockfill concrete are introduced. The research shows that the successful application of rockfill concrete technology in Delong Reservoir project not only improves the construction efficiency, reduces the project cost, but also ensures the project quality, and provides valuable practical experience for similar projects.
[Key words] rockfill concrete construction technology; Pouring construction method; Concrete transport curing

1 前言：德隆水库基本概况

德隆水库位于贵州省遵义市凤冈县土溪镇境内,所在河流干沟河为长江流域乌江水系洪渡河左岸二级支流、黄都河右岸一级支流。水库坝址距凤冈县城约52km。工程任务为灌溉、集镇及农村人畜供水。水库正常蓄水位868.00m,相应库容1200万m^3,总库容1490万m^3。建设内容主要内容为水库枢纽建筑物和输水建筑物。大坝采用堆石混凝土重力坝,最大坝高53米,坝顶长度230米,坝顶高程873.00m,坝顶宽7.0m。德隆水库工程总投资55460万元,其中土建投资34148万元,德隆水库于2024年12月31日通过下闸蓄水验收。

2 工程使用范围

本方案主要用于凤冈县德隆水库工程坝体混凝土浇筑施工,作用于自密实堆石混凝土浇筑施工技术指导方案。

本工程主要工程量:坝体混凝土及堆石体总方量249126㎡,其中混凝土53516m(包含C15垫层混凝土29038㎡,C20常态混凝土13685m,C25常态混凝土,C35常态混凝土7185m),其中C15堆石混凝土195610㎡,(包含堆石体117366㎡土量78244m)。

3 德隆水库堆石混凝土施工的材料选用技术要点

混凝土主要工程量

序号	项目名称	单位	工程量	备注
1	混凝土浇筑	m3	53516	含各级配、各标号混凝土
2	C15堆石混凝土	m3	195610	大坝堆石体及自密实混凝土
3	模板	m3	66934	大坝工程所有模板
4	钢筋制安	t	830.5	大坝工程所有钢筋制安

德隆水库由于工程地处喀斯特地貌区,地质条件复杂,传统混凝土施工面临诸多挑战。堆石混凝土技术因其良好的适应性、经济性和施工效率,成为该工程的理想选择。堆石混凝土的材料选择和配合比设计是关键环节,工程建筑使用材料和外加剂要结合当地实际情况加以利用。

3.1水泥

本工程拌制自密实混凝土选用遵义市湄潭县江葛水泥厂生产的普通硅酸盐水泥,强度等级P.042.5,水泥为散装水泥。本工

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

程采用两个200t罐储存散装水泥,确保使用量。

3.2粉煤灰

本工程拌制自密实性能混凝土的粉煤灰选用遵义市鸭溪火电站生产的粉煤灰,为F类,等级为二级,其性能指标符合《水工混凝土掺用粉煤灰技术规范》(DL/T53 04-2013)中相关规定。

3.3外加剂

本工程拌制自密实性能混凝土的外加剂由北京华石纳固科技有限公司提供堆石混凝土专用外加剂(HSNG-T)以及常态混凝土外加剂(HSNG-C),其性能指标符合《混凝土剂》(GB/T8076-2008)中的相关规定。其掺入粉煤灰和高效减水剂,水胶比控制在0.35-0.40。经过多次试验,确定了最优配合比。

3.4石粉

本工程拌制自密实性能混凝土的石灰石粉由遵义市余庆县江北建筑材料有限公司提供石灰石粉,其性能指标符合《水工混凝土掺用石灰石粉技术规范》(DL/T5304-2013)中的相关规定。

3.5细骨料

本工程拌制自密实性能混凝土细骨料采用砂石骨料生产系统自生产,其性能指标应符合《水工混凝土施工规范》(SL677-2014)中的相关规定。本项目采用外购生产机制中砂,细度模数2.9~3.0,含粉率16~18,满足自密实性能混凝土的生产需要。现场堆料场采取大棚遮盖,控制细骨料的含水率,储存量约720m³。

3.6粗骨料

本工程拌制自密实性能混凝土粗骨料采用砂石骨料生产系统,自密实性能混凝土选用5~20mm粒径的小石作为粗骨料,粗骨料最大粒径控制不超过20mm,针片状颗粒含量控制不超过8%,其余性能指标按《水工混凝土施工规范》(SL677-2014)中的相关规定执行实施。本项目采用的是5~20mm粒径的小石储存量约360m³。常态混凝土用粗骨料最大粒径为20~40mm,待坝体垫层混凝土施工完成后,将此料仓改为小石仓,用于坝体自密实混凝土浇筑使用。此时小石储量为720m³。

3.7堆石料

本工程堆石料由德隆水库龙洞湾采石场自行开采,选用新鲜、完整,质地坚硬的块石料,堆石料的粒径控制为300~1500mm,堆石料最大粒径不应超过结构断面最小边长的1/4,堆石粒径小于300mm时,每平方不得超过10块,不宜集中堆放。

3.8模板

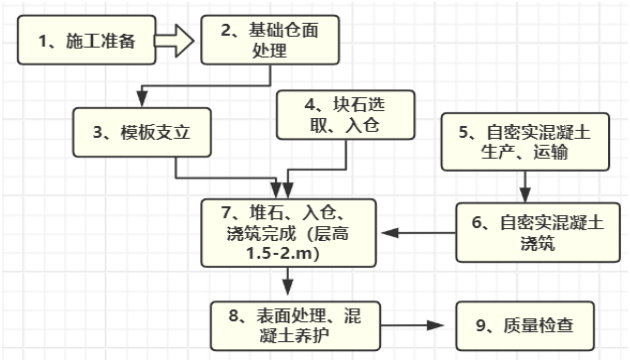
本工程采用尺寸为2250mm*3000mm*5mm悬臂钢模板,以及垫层混凝土浇筑所用500mm*1500mm*5mm的普通组合钢模板。质量符合《水电水利工程模板施工规范》(DL/T5110-2013)要求,模板具体施工详见《凤冈县德隆水库枢纽工程大坝模板专项施工方案》。

4 德隆水库自密实堆石混凝土浇筑施工方法

4.1工艺流程

(1)防渗面板施工:仓面清理→防渗面板钢筋制安一模板安装→自密实性能混凝土拌和→混凝土运输→自密实性能混凝土浇筑→养护。

(2)坝体堆石混凝土:仓面清理一模板安装→块石堆砌→自密实性能混凝土拌和→混凝土运输→自密实性能混凝土浇筑→养护。



堆石混凝土施工流程

4.2堆石混凝土施工方法

4.2.1仓面处理

①仓面安排作业人员采用高压水枪对其冲洗、清扫处理,确保表面无杂物、积水、泥土等。②仓面用手风钻进行凿毛处理,以增加混凝土有效结合；在仓面凿毛处理时,严禁因凿毛出现勾缝现象。③仓面清洗完成后经自检合格,然后请监理单位检查合格后,才能进行仓面堆石工序施工。

4.2.2模板安装、拆除

①模板采用尺寸为500mm*1500mm*5mm组合钢模和2200mm*3000mm*5mm的悬臂模板支立,模板主要采用Dn50钢管架支立组合钢模与钢筋预埋锚固拉接固定安装施工。②模板安装前先进行模板边线测量放样,按结构设计线进行模板拼装,在安装模板设拉筋时,宜先拉设下面两道拉筋,上面拉筋可以在大块石上拉设,确保堆石拉筋不变形,模板支立位置不受影响,同时在设立拉筋时拉杆应留可调长度,以便于模板调校。③在拼装模板时,模板与模板之间采用海绵胶条封堵,避免自密实性能混凝土漏浆：模板安装按规范要求施工,误差控制在规范规定范围内。④模板安装时,模板与混凝土的接触面应刷脱模剂。⑤为了保证自密实堆石混凝土坝体外观质量,模板坡度及仓面接头应平整、密合,防止漏浆,保证混凝土表面的平整度;为此本工程拟采取两套模板轮换施工,以保证混凝土达到拆模强度要求后拆除模板,确保外观质量。⑥混凝土浇筑施工时,模板安排专人监护,随时关注模板情况,如发现变形、移位,应采取措施对其加固、修筑处理,必要时停止混凝土浇筑。

4.2.3钢筋制安

坝体施工所有钢筋制作须符合设计及施工规范要求,按照施工设计图纸,直径小于等于20钢筋主要采用绑扎和焊接两种方式,绑扎长度必须满足35d,单面焊接长度必须满足10d,双面焊接长度必须满足5d,钢筋安装间排距严格按照设计图纸施工。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

4.2.4块石堆砌

①自密实堆石混凝土堆石料粒径应选取300mm以上、1500mm以下,最大粒径不应超过结构断面最小边1/4,且不宜超过1.5m,堆石粒径小于300mm时,每平方不得超过10块,不宜集中堆放。②块石由项目采石料场供应,石材选取新鲜完整、质地坚硬、无裂纹、无泥土块石,块石料由料场采用自卸汽车(20t)运输,转车运输至洗石场清洗,待清洗干净后装车运输直接上坝入仓,采用挖机(PC360)铺砌,装载车及人工辅助堆石。禁止泥土、泥水带入堆石仓面,确保防渗面板强度、质量。③在人工辅助堆石必需和机械保持安全距离,挖掘机退后操作严禁再返回。④运输块石入仓卸料时,应集中卸料,每仓宜设置2~3个卸料点,仓面过大时可以根据实际情况参建各方协调增设卸料点。⑤坝体按高程分仓,每仓高度为1.5m,每仓堆石时应将粒径较大的块石堆置于仓面的中下部,粒径较小堆置仓面中上部,粒径过大块石(超过800mm)宜堆置仓面中部。⑥堆石时靠近模板处宜使用人工堆砌,确保满足设计结构尺寸要求；在堆石完成后必须做好防雨、防水措施,禁止在仓面堆石完后冲洗堆石。⑦当仓面堆石浇筑完毕后,需进行下一仓面堆石施工时,必须等该堆石处下层自密实堆石混凝土强度达到2.5Mpa后方可进行堆石入仓,保证自密实堆石混凝土早期强度、质量不受损坏。⑧在堆石完成后,经自检合格后请监理单位检查合格后,才能进行自密实性混凝土浇筑施工。

4.2.5自密实性能混凝土生产

①自密实性能混凝土生产必须严格遵循签发混凝土配料单进行,不得擅自更改。②严格按“三检制”对拌和自密实性能混凝土原材料进行质量管理监控,在生产时必须检查搅拌设备性能,保证清洗干净,连续生产自密实性能混凝土时,搅拌机必须每台进行清理一次。③搅拌设备必须进行称量设备的准确性及叶片磨损检测,确保生产配料准确,混凝土中水泥、粉煤灰、外加剂称量误差不得超过正负1%,砂石称量误差不得超过正大坝主体混凝土浇筑施工方案2%。④自密实性能混凝土生产外加剂应均匀配入混凝土拌和物中,外加剂溶液中水量应包含在拌和用水量内。⑤自密实性能混凝土搅拌顺序：先将称量好的砂石骨料及胶凝材料分别投入搅拌机干搅,在加入外加剂和水后搅拌70s以上(气温低于15° C时搅拌时间不小于90s),每仓开盘时出机前2~3盘必须作性能检测,检测合格后方可继续生产,待混凝土正常后,连续生产必须每隔4小时进行一次性能检测。⑥在浇筑过程中若自密实性能混凝土状态发生变化较大,需停止生产及浇筑,在自密实性能混凝土浇筑施工过程中,禁止不合格混凝土入仓。

4.2.6自密实性能混凝土运输

①在采用地泵和输送管运输时,必须保证输送管内润滑,配备备用输送管一套,以防止出现堵管及时更换。罐内无积水,提前对罐车检查。②在浇筑大坝堆石混凝土时,在合理地方设置施工便道,必须保证大坝现场施工便道的畅通。

4.2.7自密实性能混凝土浇筑

①自密实性能混凝土采用混凝土泵的方式进行入仓,在特殊情况下采用挖掘机配合浇筑,不合格的砼严禁入仓。②在采用泵送浇筑前,必须对泵机进行全面检查及试运行,保证不漏气、漏浆,同时检查泵管保证无杂物、干净。③在采用泵送时,先用清水润湿管道,然后用同配比水泥砂浆润泵,在输送自密实性能混凝土入仓浇筑。④浇筑应保持连续性,若中途停歇,应每隔15~30分钟开泵一次,长时间停泵时及时清理泵机、泵管,防止堵管,清理污水、废料必须移出仓外。⑤混凝土浇筑点均匀布置,应从上游侧一端开始浇筑,平行于坝轴线浇筑另一端,每隔浇筑点间距不得超过3m,浇筑应遵循单向逐点浇筑,每隔浇筑点浇满后移置下一浇筑点,浇筑点不得重复。⑥自密实性能混凝土浇筑完成缝面应向上游方向缓倾,坡度不大于1:10为宜。⑦浇筑完成面堆石宜保证部分裸石,露出高度10-25cm,上游面尽可能保证裸露面积为上游侧仓面面积1/3的50%,下游侧适当裸露堆石,便于挖机、自卸汽车运行。

4.2.8施工缝处理

①浇筑完混凝土后,在混凝土终凝后使用高压(25Mpa~-50 Mpa)水枪进行冲处理,冲毛前混凝土强度不得低于2.5Mpa,枪头距混凝土面10~15cm,冲毛不到位地方人工配合凿毛。②自密实堆石混凝土施工缝面进行凿毛处理,施工缝凿毛后必须达到无乳化皮,并且要微露粗砂。③凿毛产生的粉屑、石渣必须及时清理干净,做好防雨措施。④自密实性能混凝土施工缝凿毛严禁出现勾缝,避免因凿毛造成石渣不易被清理、勾缝积水现象：

4.2.9养护

①在浇筑完成的堆石混凝土初凝前,仓面不能积水、避免太阳暴晒。②仓面安排人工洒水养护,应在浇筑完毕12-18小时及时洒水养护,连续养护时间不得少于28d。③高温季节,在防渗面板部位采用中40管,管壁钻孔不间断引水养护,在低温季节延缓拆模时间。④凝土浇筑后,在混凝土强度达到2.5Mpa后才能进行下一工序施工。

5 施工难点与解决方案

德隆水库工程面临喀斯特地貌带来的特殊挑战,施工工艺流程主要包括基础处理、堆石体填筑、自密实混凝土浇筑和养护等步骤。堆石体填筑采用分层填筑法,每层厚度1.5-2.0m,使用大型机械进行摊铺和压实。自密实混凝土浇筑采用泵送法,严格控制浇筑速度和振捣工艺。养护期间采取保温保湿措施,防止温度裂缝产生。施工过程中,采用无损检测技术对堆石混凝土的密实度和均匀性进行检测,确保工程质量。

6 结语

德隆水库堆石混凝土施工技术的成功应用,为类似工程提供了宝贵的实践经验。研究表明,堆石混凝土技术具有显著的技术优势和经济性,特别适用于山区水利工程。在德隆水库工程中,通过优化材料选择、改进施工工艺、加强质量控制,有效克服了喀斯特地貌和复杂气候带来的挑战。该工程的成功实施,不仅提高了施工效率,降低了工程成本,还确保了工程质量,为堆石混凝土技术在水利工程中的推广应用提供了有力支持。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

[参考文献]

[1]庆磊.建筑施工质量资料编制与管理分析[J].低碳世界,2023,13(06):106-108.

[2]遵义水利水电勘测设计研究院[J].建筑,2017,(17):4.

[3]水工混凝土施工规范:SL 677-2014[S].奔流电子音像出版(北京)有限公司,2014.

[4]自密实混凝土应用技术规程:JGJ/T 283-2012[S],2012.

[5]邵晓妹.《水工混凝土抑制碱-骨料反应技术规范》、《水工混凝土掺用石灰石粉技术规范》送审稿通过审查[J].长江科学院院报,2012,29(07):95.

[6]浆砌石坝施工技术规定[J].水利科技,1986,(02):37-64.

[7]全国水泥标准化技术委员会(SAC/TC 184).用于水泥和混凝土中的粉煤灰:GB/T 1596-2017[S].中国标准出版社,2017.

[8]冉千平,孔祥明.化学外加剂:现代混凝土的维生素[J].硅酸盐学报,2025,53(03):495-496.

[9]水电水利工程模板施工规范:DL/T 5110-2000(条文说明)[S],2000.

[10]全国水泥标准化技术委员会(SAC/TC 184).用于水泥和混凝土中的粉煤灰:GB/T 1596-2017[S].中国标准出版社,2017.

[11]普通混凝土拌合物性能试验方法标准:GB/T 50080-2002[S],2003.

作者简介：

刘镇兴(1984--),男,汉族,四川南溪人,职称：助理工程师,本科,研究方向：水利水电施工、管理。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.