

新型大跨度现浇混凝土板状结构施工方法在李家岩水库中的应用

张 铎，王 平，黄 巴 华

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 610213)

摘 要:通常水利水电工程闸室结构的顶部会设计有不同跨度的板状现浇混凝土结构,其常规采用的施工方法为满堂架或悬挑梁架浇筑,其存在后期拆除模板支撑体系困难、安全隐患大、工期长、施工措施成本高等不利因素。以李家岩水库工程为例,阐述了一种新型大跨度现浇混凝土板状结构施工方法在李家岩水库工程中的应用过程。该方法可以确保在满足设计要求和质量的前提下降低安全风险,减少施工成本,同时能够加快施工进度,其应用取得了较好的经济效益。

关键词:新型;大跨度;现浇混凝土;板状结构;施工方法;李家岩水库

中图分类号:U442;U445;U444;U447

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2023)增 2-0023-04

Application of New Large-span Cast-in-place Concrete Plate Structure Construction Method in Lijiayan Reservoir

ZHANG Duo,WANG Ping,HUANG Sihua

(Sinohydro Bureau 7 Co.,LTD.,Chengdu Sichuan 610213)

Abstract:The top of the gate chamber of water conservancy and hydropower projects will generally be designed with different span plate cast-in-place structure,for which the conventional construction method is full hall frame or cantilever beam pouring that has difficulties in later dismantling the formwork support system difficult,safety hazards,long construction period,high cost of measures and other unfavorable factors. This paper takes the Lijiayan Reservoir as an example to illustrate the application of a new large-span cast-in-place concrete plate structure construction method. The method can ensure that under the premise of meeting the design requirements and quality,it can reduce safety risks and construction costs,at the same time,speed up construction progress. Its application has achieved good economic benefits.

Key words:New;Large-span;Cast-in-place concrete;Plate structure;Construction method;Lijiayan Reservoir

1 概 述

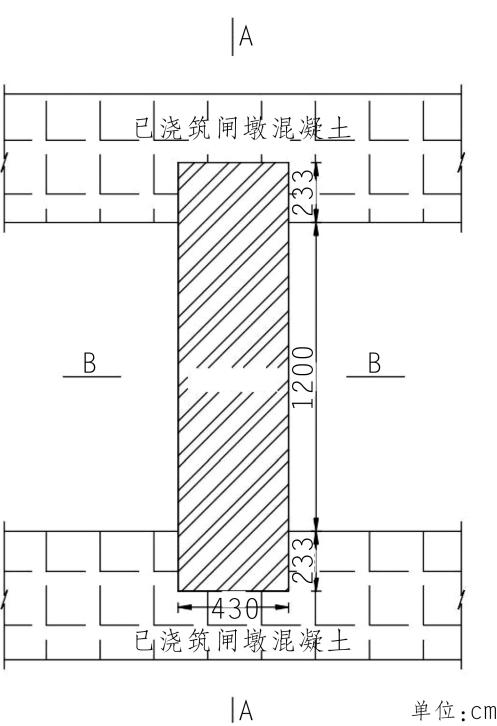
李家岩水库坝址位于四川省成都市崇州市怀远镇青峰岭社区境内的青峰岭大桥上游约 1.3 km 处,其库区处于文井江山区河段。该工程的开发任务以城乡供水为主并担负着为城市供水提供应急备用水源的任务,兼顾灌溉、发电等综合利用。水库总库容为 17 346 万 m³,正常蓄水位高程为 763 m,相应库容为 16 507 万 m³。工程等级为大(Ⅱ)型,主要建筑物级别为 1 级,主要由混凝土面板堆石坝、右岸导流泄洪放空洞、右岸溢洪道、左岸城乡供水系统、坝后引水发电系统等五部分组成。

鉴于水库工程区域构造稳定性较差的具体情况,设计单位在设计时结合汶川地震灾害的相关

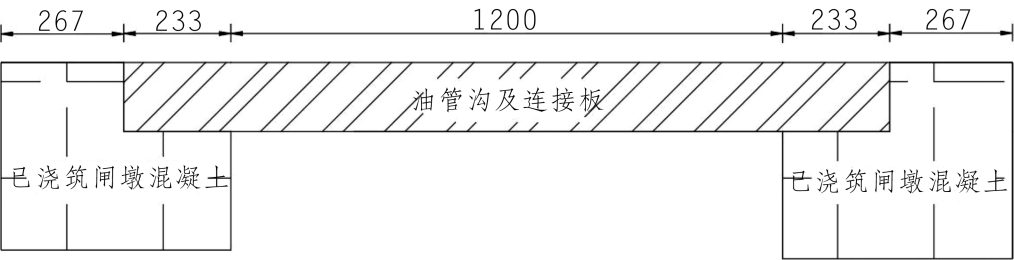
情况对溢洪道、泄洪放空洞及供水建筑物进水口按照 50 a 超越概率 5%的地震动参数值 206 cm/s²进行抗震设计,对其右岸溢洪道闸室顶部设置的油管沟及连接板采用混凝土板状结构。设计要求混凝土板与闸墩同期浇筑形成整体以满足溢洪道的抗震设计要求,同时该结构亦起到闸墩横撑的作用,其主要设计参数为:板宽 4.3 m,板厚 1.50 m,板长 16.66 m,架空部位的跨度为 12 m,混凝土板的底面距闸室下方底板的高差为 28.5 m,扣除油管沟空心位置后,混凝土总量为 65 m³,总重约 180 t,其在施工时存在整体预制吊装难度大、同时不能满足溢洪道抗震设计要求的问题。油管沟及门机梁布置情况见图 1。

现浇混凝土板状结构采用的传统施工方案

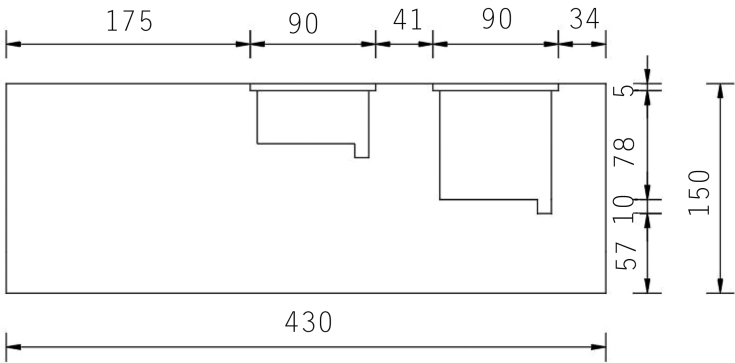
为:在混凝土板底部设置支撑系统,在该支撑系统上部进行仓号备仓及混凝土浇筑作业,比较常见的混凝土支撑系统包括满堂红脚手架支撑系统、空间钢桁架支撑系统及钢排架支撑系统^[1]。尽管以上支撑系统施工技术成熟,但针对该工程油管沟这类跨度大的现浇混凝土板状结构施工依然存在以下不利因素:(1)施工准备周期长,混凝土浇筑前需进行支撑系统的搭建、预压等工序,占用工期长;(2)措施费投入大,在混凝土浇筑及等强期内需投入大量的脚手架、钢构等材料,在施工过程及混凝土浇筑完成后需额外投入大量的人力、物力进行支撑体系的监测、维护等工作;(3)安全隐患大,采用满堂红承重排架的搭设高度达 28.5 m,钢桁架及钢排架在其安装及拆除过程中需要使用非常规起重吊装设备,且其作业点距离地面较高,施工过程中若对施工质量控制不当、材料的材质不能满足相关要求时极易出现模架垮塌等安全事故^[2]。项目部技术人员针对上述存在的问题集思广益,根据现场实际情况研究并完善了一种新的



(a)油管沟及门机梁平面布置图



(b)A—A 剖面示意图



(c)B—B 剖面示意图

图 1 油管沟及门机梁布置图

施工工艺并将其应用在该工程中,取得了较好的效果。

2 “内梁法”施工工艺

项目部技术人员认真分析了油管沟结构及周

边施工环境,通过改变传统思维,将传统的底部混凝土支撑系统向内部支撑系统进行转变,即在现浇混凝土板中将其下层局部分割、预制后通过汽车吊吊装就位作为其上部混凝土的支撑系统。为保证其整体结构在施工完成后保持与两侧闸墩的整体性,将该预制梁深入两侧闸墩的四面、架空部位的上表面及梁与梁之间的结合面均进行了凿毛处理,同时在其顶部和两端将结构配筋外露与外部钢筋连为整体,从而进一步保证了混凝土浇筑完成后与闸墩的整体性。

内梁法施工工艺:内梁尺寸设计→内梁预制→内梁吊装→上部混凝土备仓→上部混凝土浇筑→拆模→养护。

2.1 内梁尺寸的设计

根据该工程油管沟的特点,同时考虑降低吊装难度,所拟定的内梁高度为 60 cm,长度为 13 m,两端与闸墩各搭接 50 cm,共设 5 根梁,其中边梁宽 70 cm,中梁宽 90 cm,梁间间距为 5 cm,梁间结合面设“凹”型后浇带键槽。内梁尺寸设计情况见图 2。

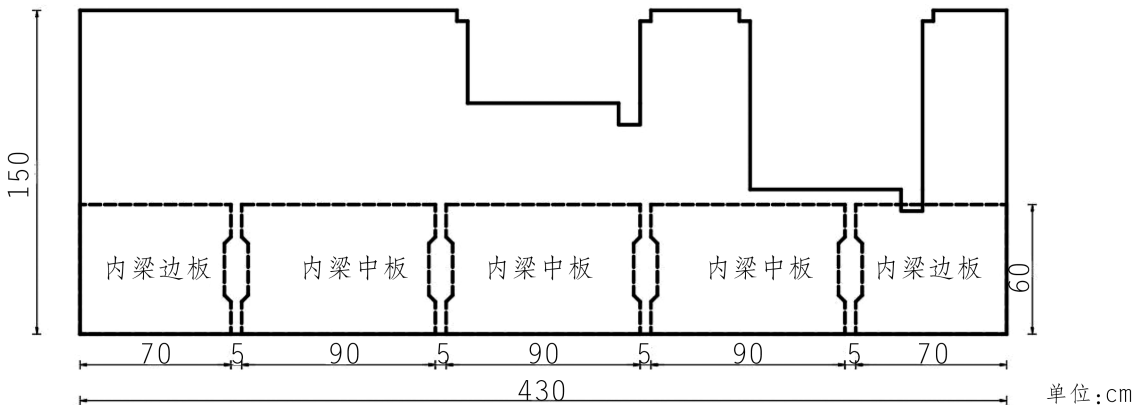


图 2 内梁尺寸设计图

2.2 内梁配筋设计

在现浇混凝土施工过程中,内梁作为底模其前期为两端铰接,随着两端现浇混凝土高于内梁高度后,其内梁的受力变为两端固定形式,经受力计算知^[3,4]:在原有设计方案下层单层钢筋的基础上,配筋为上、下部分均设双层钢筋,其上部顶层设置 4 根 $\Phi 12$ 防裂抗压钢筋,间距 20 cm;第二层设置 4 根 $\Phi 25$ 受弯钢筋,其中 2 根为弯起钢筋作为受弯钢筋;下层底层与设计方案保持一致;第二层受变钢筋使用“Z”型钢筋与顶层受弯钢筋连接形成整体;箍筋采用 $\Phi 8@20$ cm 全梁布置。其顶部的分布筋采用 $\Phi 14$,间距 100 cm 的钢筋,新增钢筋制安 1.5 t。

2.3 内梁的预制

该工程的内梁预制场布置在溢洪道右侧回填混凝土高程 768 m 平台处。预制梁底模采用 2 cm 厚的胶合木板,侧模采用 6015 钢模,键槽部位采用钢模与木模拼装。

预制梁的钢筋在钢筋加工厂内集中加工,采用自卸汽车运输至现场进行安装。

C30 混凝土由拌合站集中拌制后由 10 m³ 罐

车运输至现场,人工辅助自卸入仓、 $\Phi 50$ mm 振捣棒振捣密实。

预制完成后,人工进行原位养护,待养护期及强度达到设计及规范要求后进行吊装作业。

2.4 内梁的吊装

(1)预留槽内钢筋及基础面处理。鉴于油管沟连接板左右侧预留槽中已有预留钢筋,为保证预制梁的平稳放置,将竖向钢筋沿连接板预留槽混凝土面割除,并将底部横向钢筋与预制梁放置的冲突部位割除(对于与连接板冲突的钢筋不再做后续处理),将预留槽混凝土面采用人工进行凿毛处理。

为解决内梁与其下方已浇筑混凝土面的间隙问题,在内梁吊装就位前在预留槽内铺设一层 M35 砂浆(高于结构混凝土强度),依靠预制梁自身重力挤压浆液以保证连接板预留槽与预制梁之间连接紧密。

(2)吊装设备的选型。采用单台 80 t 汽车吊吊装预制梁。将施工现场的吊装位置选在溢洪道闸顶右侧,该位置场地平整,地基为混凝土结构,上空无干扰等。

采用预埋吊耳的方式起吊预制梁,将起吊点设在距两端端头 1 m 处;吊耳采用 Φ25 mm 光圆钢筋。

最重的预制梁为 17.55 t,其最大工作半径取 9 m(跨度的一半 6 m+预留混凝土 2.33 m)。经查询 80 t 汽车吊额定性能表知:工作半径为 9.5 m,臂长为 12 m 时,其额定荷载为 20.8 t>17.55 t,满足设计要求。

(3)钢丝绳的选型^[6]。

①钢丝绳。本次吊装最重的梁荷载为 17.55 t。根据吊装作业安全规范,该工程所吊装的所有预制梁钢丝绳与预制梁顶面的夹角不小于 60°。以钢丝绳与水平面的夹角为 45°进行计算(最重预制梁),采用四根钢丝绳同时起吊,则其单根钢

丝绳所受的拉力 P 为:

$$P = \frac{10 \times 17.55 \times 1.1}{4 \sin 45^\circ} = \frac{10 \times 17.55 \times 1.1}{4 \times 0.7}$$
$$= 68.95(\text{kN})$$

②钢丝绳绳径的计算。选择钢丝绳直径时,可先计算出钢丝绳受到的拉力(即许用拉力 P)、求出钢丝破断拉力的总和 F ,再查表找出相应的钢丝绳直径。

钢丝绳的容许拉力可按下式计算:

$$P = \frac{F}{K}$$

式中 P 为钢丝绳的容许拉力,kN; F 为钢丝绳的破断拉力总和,kN; K 为钢丝绳的使用安全系数, $K=8$ 。钢丝绳安全系数取值见表 1。

表 1 钢丝绳安全系数取值表

使用情况	安全系数 K	使用情况	安全系数 K
缆风绳用	3.5	用作吊索,无弯曲	6~7
用于手动起重设备	4.5	用作绑扎吊索	8~10
用于机动起重设备	5~6	用于载人的升降机	14

安全系数取 8,则钢丝绳的破断拉力总和为:

$$F = 68.95 \times 8 = 551.6(\text{kN})$$

2.5 上部现浇混凝土施工

内梁安装完成后,在内梁上进行上部混凝土浇筑的仓号备仓及现浇混凝土施工。浇筑混凝土时,首先浇筑内梁端头与闸墩间的空隙部分,待其浇筑至内梁高度后,从两端向内梁中部进行混凝土浇筑。采用分层法施工,分层高度为 30 cm,共分三次浇筑完成。浇筑过程中,两端应保持对称下料,同时控制好卸料高度,防止出现高空下料冲击内梁的情况发生,在混凝土振捣过程中一定要控制好振捣速度及时间,绝对不能出现过振或漏振现象,必须将振捣时间控制在混凝土初凝时间之内,振捣棒应插入下层混凝土 5 cm 以上。模板与钢筋附近振捣时应保持一定的距离,避免损坏模板及钢筋。混凝土浇筑过程中,在内梁底部中间位置设置变形监测点,发现内梁变形或出现裂缝时应立即停止混凝土浇筑,撤离施工人员,查明原因后再进行后续施工。

2.6 模板拆除及混凝土养护

在完成混凝土表面收面后,及时利用塑料薄膜覆盖进行保温保湿养护,养护 3 d 后拆除侧模;对于掺有外加剂或有抗渗、抗冻要求的混凝土,其

养护期应不少于 14 d。若设计有要求时,则应按设计要求执行。

3 结 语

该工程采用的内梁法大跨度现浇混凝土板状结构施工方法较传统的满堂红脚手架施工方法、空间桁架架施工方法、钢排架施工方法不仅节约了施工成本,同时避免了传统施工方法中涉及高排架、高空作业等安全风险,取得了较好的经济效益,为类似大跨度现浇混凝土板状结构施工提供了一种新型施工方法。

参考文献:

[1] 吕南. 马来西亚巴贡水电站大跨度现浇混凝土结构施工[J]. 水利规划与设计,2017,30(6):123-126,153.

[2] 刘晓宇. 关于大跨度混凝土结构施工的策略[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2016, 2(6):116.

[3] 江正荣,朱国梁. 简明施工计算手册(第 4 版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2015.

[4] 水工混凝土结构设计规范,SL191-2008[S].

[5] 重要用途钢丝绳,GB 8918-2006[S].

作者简介:

张 铎(1991-),男,陕西安康人,二级项目经理,工程师,学士,从事建设工程项目管理工作;

王 平(1981-),男,湖南张家界人,项目总工程师,副高级工程师,从事建设工程项目技术与管理工;

黄已华(1997-),男,四川遂宁人,助理工程师,从事建设工程项目技术与管理工。

(责任编辑:李燕辉)