

变形监测在龙门垭拱式渡槽支撑系统的应用

李 亮, 田燕龙, 赵伟华, 赵云龙

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

摘 要: 龙门垭拱式渡槽主拱圈(即肋拱)施工采用钢管+贝雷梁+满堂脚手架支撑体系,其基础需要承受支撑体系和主体结构的全部荷载。因此,肋拱混凝土浇筑之前必须完成预压试验,且因该处地质情况发生了较大变化,基础位于软基之上,为确保施工顺利,变形观测就显得尤为重要。介绍了具体的实施过程。

关键词: 龙门垭拱式渡槽;软基;变形监测

中图分类号: TV7;TV52;TV523

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2020)01-0009-04

Application of Deformation Monitoring in Longmenya Arch Aqueduct Support System

LI Liang, Tian Yanlong, Zhao Weihua, Zhao Yunlong

(Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd, Dujiangyan, Sichuan, 611830)

Abstract: The main arch ring (i.e. rib arch) of Longmenya arch aqueduct is constructed with steel tube + Bailey beam + full scaffold support system, and its foundation needs to bear all the loads of the support system and the main structure. Therefore, the preloading test must be completed before the concrete casting of the rib arch, and the foundation is located on the soft foundation because of the great change of the geological conditions, in order to ensure the smooth construction, the deformation observation is particularly important. The specific implementation process is introduced.

Key words: Longmenya arched aqueduct, soft foundation, deformation monitoring

1 概 述

都江堰灌区毗河供水一期工程龙门垭渡槽进口位于金堂县白果镇罗盘村 22 组,出口位于金堂县白果镇罗盘村 9 组,该段属于总干渠第一流量段下段,为整个毗河供水一期工程中的重要组成部分,设计流量 $22 \text{ m}^3/\text{s}$,纵坡为 $1/3\ 000$,全长 502 m (桩号:一 $35+886.75 \sim$ 一 $36+388.75$)。龙门垭渡槽由简支梁式渡槽和拱式渡槽组成,共计 57 跨,其中 26 跨为单跨长 5 m 的拱上槽身,31 跨为单跨长 12 m 的普通槽身。

拱式渡槽其跨度结构形式为两跨下承式混凝土拱桥,单跨拱式渡槽长 65 m ,由下部拱座(拱墩)、肋拱拱圈、肋拱拱圈上部排架、肋拱拱圈上部槽身(单跨槽身长 5 m)组成。由于肋拱长度较大、受力复杂且留有预拱度,施工难度较大,因此施工过程中的变形监测就显得尤为重要。一方面,监测过程不仅需要加强对其下部基础变形的

观测;另一方面,为配合上部结构施工,还需要同时加强对肋拱挠度及混凝土浇筑成型后上部结构物的变形监测。笔者介绍了具体的监测过程。

2 监测方案的制定

龙门垭拱式渡槽跨越当地灌溉农田,加之该区域地下水丰富,其覆盖表层的大部分为可耕植土,且在实际施工过程中基础开挖 8 m 深后仍未见基岩显露,与招标阶段所提供的地质资料相差较大,地质条件发生了明显变化。由于基础需要承受支撑结构体系荷载+主体结构荷载+部分外力荷载,因此,必须对基础结构的变形进行沉降监测,以随时掌控基础沉降变形情况;待基础完工后,将逐步进行上部结构的施工。由于其上部不断的加载,因此必须严格记载每次观测的沉降数据、增加的荷载量、支撑结构倾斜等数据,以便在现场及时采取相应的应对措施。

针对不同的监测情况,对监测点的布设亦应有相应的要求。首先,观测点应布设在最能敏感地反

映出渡槽基础沉降变化的位置;其次,方便监测人员随时监测。同时,在施工过程中应做好监测点的保护工作,以免其受到损坏而影响到监测结果。

2.1 监测方案制定的目的

通过现场测量到的监控数据进行信息反馈,及时掌握龙门垭拱式渡槽施工时基础及支撑体系的受力状态和应力分布,实时了解现场施工状况,在安全和质量得到保障的前提下,确保拱式渡槽基础及支撑体系稳定且满足施工要求;同时对优化施工工艺、根据施工进度调整基础施工→支撑结构搭设→肋拱混凝土浇筑→支撑结构拆除全过程进行变形观测;在事故发生之前进行预测、预警,以便及时采取措施,避免事故的发生;反馈现场施工,为检验设计和结构的安全状况给出评估意见,为及时指导施工、监督工程质量提供依据。

2.2 监测方案的设计原则

岷河供水一期工程属于线性民生工程,而龙门垭拱式渡槽又是其中十分重要的主干线建筑物,实施变形监测就是为了保证工程安全顺利的进行。在进行工程安全监测设计时,应遵循“实用、可靠、先进、经济”的原则^[1]。首先,变形监测要贯穿于整个施工过程,保证监测的全面可靠。监测仪器和方法要实用、安全可靠且经济,既要保证观测结果的真实性与准确性,又要保证项目监测的总投入合理。

2.3 监测布置方案选择

目前常用的监测方法主要是建立平面和高程基准控制网,通过建立基准网对局部建筑物逐步加密,所采用的仪器设备包括精密水准仪、高精度全站仪、测量机器人以及三维激光扫描仪等,其原理是通过确定现场建筑物的实测坐标与设计坐标或参考原始坐标的差值来反映其变形量的大小。

根据该测区地形情况宜先建立基准网,然后由基准网测定工作基点(视准线基点),由工作基点对变形点实施监测^[2]。由于岷河供水一期工程属线性工程,战线长,在项目前期,项目部组织了大量的专业测量人员进行了严密的线性控制网布设,与北京54坐标系和1956年黄海高程系建立了联系,控制网整体精度满足要求,最终直接采用前期控制网作为基准网对监测进行控制。

由于本次拱式渡槽监测的主要项目为基础沉降监测与肋拱变形监测。故该项目最终采用通常

使用的高精度水准仪和尼康Nivo2.M型号全站仪,该全站仪测角精度为 $2''$,测距精度为棱镜模式 $\pm 2\text{ mm} + 2\text{ ppm}$,免棱镜模式 $\pm 3\text{ mm} + 2\text{ ppm}$,完全满足项目监测的要求。监测采用尼康Nivo2.M型号全站仪配合相应的配套棱镜及反射片,局部配合使用高精度水准仪。测量基准点均建立在临时墩沉降变形观测区以外的稳定区域,沉降变形测量不受临时墩施工的影响。所使用的控制点在观测期间稳定不变,在测定沉降变形点时作为高程和坐标的传递点;同基准点一样,其平面控制点应不受外界条件影响,满足实际观测范围工作的需求。拱式渡槽基础的沉降监测点要求直接埋设在所要测点的沉降变形体上,点位设立在反映沉降变形体沉降变形的特征部位^[3],设置需牢固且便于观测,并要求形式美观、结构合理且不破坏沉降变形体的外观和使用。

3 监控测量

3.1 监测内容

为确保龙门垭拱式渡槽的施工安全与质量,提高施工效率,拱式渡槽监测的主要项目分为基础沉降监测与肋拱变形监测。鉴于监测工作贯穿于整个施工过程且监测频率较大、监测点布置较多、现场施工环境复杂多变、干扰因素多,因此,在监测过程中将监测值与理论值及时进行校对核验分析,提前预判渡槽施工过程中出现的问题并进行调整。

3.2 监测过程

(1)拱式渡槽临时墩的沉降监测。将临时墩沉降观测点布置于4个边角上,沿水流方向两侧对称布设,将连接观测目标的钢筋深入临时墩10 cm以上以保证观测数据的可靠性。考虑到施工作业对监测点的破坏,在埋设监测点时应将预埋件保护起来,以防止其破坏后达不到监控数据可分析的目的。将测量基准点埋设在受施工扰动范围以外的结构物上,将测点布设在管片上的设计位置,测点为长10 cm的角钢,将其用膨胀螺栓固定在表面上,并将反射片(40 mm×40 mm)牢固附在角钢上,每次观测时瞄准反射片的中心位置;每次测量前,应对所用的仪器和反射片进行检查,当反射片出现松动变形破损时应及时更换固定,仪器出现问题时应及时校核更换。沉降观测点的布设位置见图1。

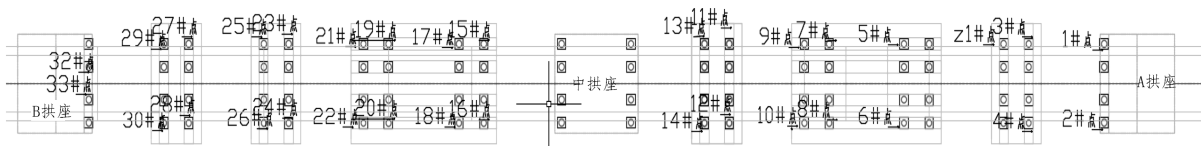


图 1 龙门坝拱座临时墩监测点平面布置图

由图 1 可知,龙门坝拱座临时墩监测点分布均匀,结构合理。监测点布置完成后,按要求对每个测点进行及时测量;鉴于临时墩两侧为农田,地下水丰富,前期施工中需每天进行监测点测量,及时分析数据并采取必要的应对措施,其中图 2、3 为分别取自 15 号和 19 号监测点的部分数据。从

图中可以看出:15 号和 19 号监测点开始都是由基准初始值沉降一定的数值,往后数值相对初始值都趋于一个稳定的差值,证明在施工过程中临时墩基础已逐步趋于稳定,没有产生超限的沉降值,符合施工安全要求。

(2) 拱式渡槽肋拱监测。龙门坝拱式渡槽由

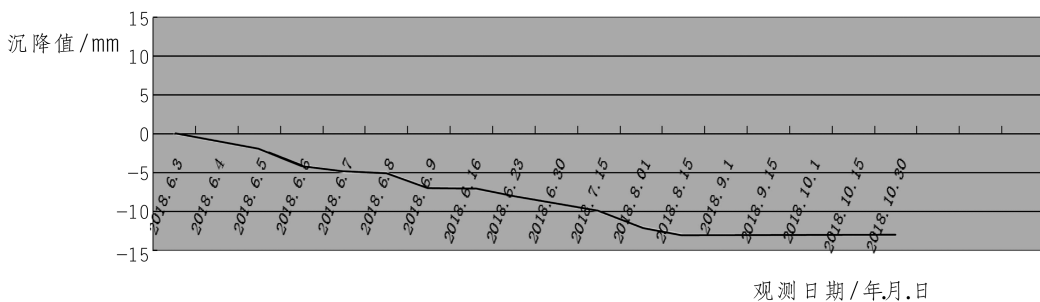


图 2 监测点 15 号数据变化图

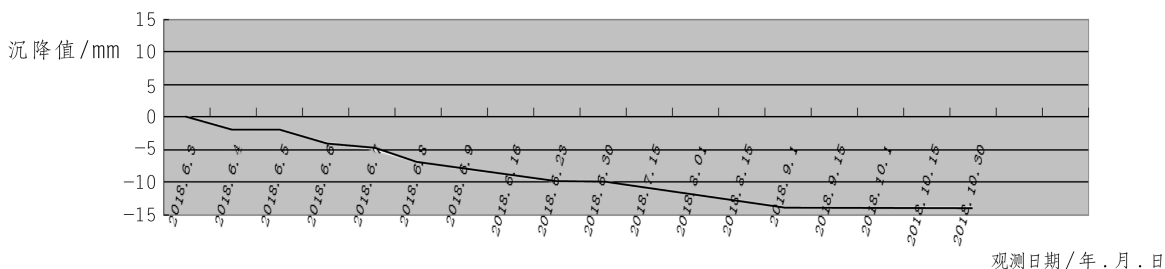


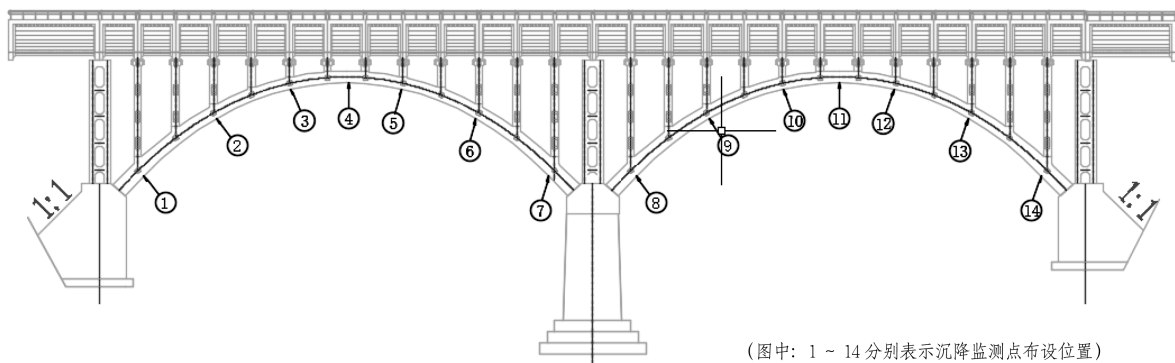
图 3 监测点 19 号数据变化图

肋拱、单排架和槽身组成,按照要求,拱上排架应在拱肋强度达到设计强度的 85% 后开始施工,并利用浇筑成型的肋拱结构做为支撑向上逐步搭设满堂支架做为排架和槽身施工的平台和支撑。在渡槽施工过程中,排架高度在拱顶高程以下的部分从两拱脚向跨中对称进行浇筑,对于排架高度在拱顶高程以上的部分,从跨中向上下游侧对称浇筑,肋拱封拱温度应为 15℃。在完成拱上排架浇筑后对称进行拱上槽身施工,随着施工的进行,拱上建筑物的加载逐步增加,拱圈承受较大的荷载,此时肋拱成为整个渡槽施工的关键,必须同步进行肋拱变形监测以保证整个建筑物的安全施工。

根据施工现场的实际情况,为确保监测准确,分别在拱式渡槽顺水流方向轴线两侧的肋拱上布置监测点,沉降观测点的布设位置见图 4。由于拱式渡槽施工依照对称浇筑的原则,因此肋拱监测点的布置同样对称分布,以便能够均匀荷载。根据施工进度及时调整观测频率,肋拱的预留预拱度为 5 cm,用于减少肋拱下挠变产生的拱轴偏离值,保证拱跨结构的正常工作。设置预拱度时,应按拱顶处为全部变形值、拱脚处为零设置,其余各点按拱轴坐标高度比例分配^[4]。在肋拱浇筑成形后及时观测各监测点的初始值,随着拱上排架的施工进行各监测点的监测,分析肋拱的变形

值,槽身浇筑时加强观测,在槽身和排架施工过程中分析预留拱度值是否符合设计要求。观测结果

显示:在拱上排架及槽身施工过程中及结束后,整个肋拱各观测点变形值均符合设计要求。



(图中: 1 ~ 14 分别表示沉降监测点布置位置)

图4 肋拱变形监测点布置图

4 观测频率

为满足施工要求,保障施工安全进行,每个测点需根据施工进度及现场情况进行观测。施工初期临时墩基础刚成型时,基础处于不稳定和危险期,此时应获得6 h一次的频率采集数据。在经过数据分析、沉降逐渐稳定后,应按照1次/d的频率进行监测,每天对当天的监测数据进行分析,及时判断是否还存在沉降变形等不稳定因素。在进行连续监测、沉降变形基本收敛,各项数据稳定,此时可适当减少观测频率,但仍需达到每周至少1次的频率,根据现场实际情况和施工进度灵活调整观测频率和施工进度。

5 安全防护措施

(1)由于拱式渡槽为高空作业,监测过程中存在一定的坠落风险,因此,在设置和观测监测点过程中,监测人员应佩系安全带并严格按规范要求系带牢固,高挂低用^[5],同时正确佩戴安全帽,所有工作人员应加强防护意识,严格按操作规程施工并安排专人监护。

(2)肋拱上的监测点周围应搭设安全护栏,同时应用醒目标识标注,以防施工吊装过程中碰撞或损坏监测点;对于靠近道路(可能发生车辆冲撞)的临时支撑体基础、中墩四周变形监测点应设置隔离防撞墩,防撞设施与防护对象的间距应不小于1 m。在远离道路的临时支撑体基础四周设置安全防护栏杆(涂刷红白相间安全警示油漆),禁止人员靠近。

(3)通向监测变形点的通道、安全楼梯应设置安全护栏、转角平台,爬梯踏步下方设置双层安全兜网以保证工作人员上下通行安全。

(4)“钢筒—贝雷架”平台四周临空部位应设置连续封闭的安全防护栏杆,安全防护栏杆采取密目式安全网进行封闭(相邻密目安全网应紧密结合或重叠)。

6 测量成果的整理归档

在监测测量任务完成后,应及时整理成果资料,包括观测点平面、纵断面和横断面布置图;沉降计算报告资料;沉降观测记录簿;成果资料及测量成果报表等文件资料^[6]。将测量资料及成果分类存放、标识清楚地储存在资料档案室,竣工交验时一并移交给接收单位。

7 结语

通过对龙门垭拱式渡槽实施多方面的严密监测,使龙门垭拱式渡槽能够安全顺利地完成任务,保证了整个项目的整体进度,亦为岷河供水一期工程主干线其他部位的建筑物变形监测提供了实际的经验数据。从临时基础施工开始,至两跨肋拱全部施工完成,临时支撑系统稳定,肋拱变形符合设计规范要求;肋拱完成后,在后续的单排架和槽身施工过程中,肋拱变形监测同样必不可少。在投标阶段,龙门垭拱式渡槽主要针对肋拱实施变形监测,由于实施阶段拱跨基础地质条件发生了较大变化,因而增加了临时支撑基础的沉降观测。本次变形监测取得的经验:应当做好基

(下转第20页)

度、质量控制)、三管(安全、合同、信息管理)、一协调(各参与方的相互协调)^[4]”总括了工程项目实施阶段管理的基本内容,与国内工程项目管理基本内容一致。MWH 公司派出的工程师在工程管理和工程技术方面具有丰富的工程管理经验,管理过程中注重管理的实效性、原则性和系统性,对主要工序和主体单元工程施工做到了全过程旁站监督,体现了工程师对“工程咨询管理职责的重视程度^[5]”。

近年来,“一带一路”经济建设倡议带动了国内工程建设企业走向国际化,更多地参与到国际工程建设以增强自身的国际竞争力,为企业谋求更好的发展,这是一个机遇,同时也是一个挑战。因此,了解国际知名企业咨询工程师在工程实施过程中的管理模式是参与国际工程建设的重要内容之一。

(上接第 12 页)

准点和监测点的布置。基准点是监测的基准,基准点的不稳固势必会造成工作中出现种种问题;同理,一方面,监测点要求稳固;另一方面,监测点应按照渡槽顺水流方向左右两侧对称布置。由于现场施工情况复杂多变,各种因素随时可能会影响监测进度和频率而造成数据采集不完整、不完善,进而影响到施工进度及安全,因此,监测数据需要当天测完、当天进行分析反馈,任何不合适的延误都可能导致施工产生不可预估的变化,进而最终影响到工程施工进度和安全。

参考文献:

- [1] 彭虹.引水工程安全监测及其自动化[J].水电与抽水蓄能,2006,30(5):1-4.
- [2] 张周柱.洛河渡槽安全监测的布置方法及精度分析[J].电网

(上接第 16 页)

参考文献:

- [1] GB50228-2011,工程测量基本术语标准[S].
- [2] 范美华,刘秀茹,白薇.泵站 CAD 软件开发初探[J].黑龙江水专学报,2000,27(2):30-32.
- [3] 范东明.道路横断面成图及土石方计算软件系统的关键技术[J].测绘通报,2004,50(5):47-48.
- [4] GB50026-2007,工程测量规范[S].
- [5] 周越轩,刘学军,杨治洪,等.基于 DTM 的土方工程计算与

参考文献:

- [1] 谢坚勋,叶勇,欧阳光辉.浅谈工程监理和项目管理接轨[J].建设监理,2004,8(2):22-24.
- [2] 王健,刘尔烈,骆刚.工程项目管理中工期-成本-质量综合均衡优化[J].系统工程学报,2004,19(2):148-153.
- [3] 岳枫,曾令红,郭光猛,陈万军.施工总承包企业在施工中如何进行项目管理[J].中国水运(理论版),2007,9(2)181-182.
- [4] 丁士昭.建设工程项目管理[M].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [5] 瞿胜江,敖四华.工程项目全管理解析[J].中国工程咨询,2006,6(7):26-27.

作者简介:

陶体盛(1978-),男,贵州遵义人,工程师,从事水利水电与矿山工程项目施工技术与管理工
作;
柏文华(1989-),男,河北邯郸人,工程师,从事水利水电与矿山工程项目施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

与清洁能源,2001,17(3):37-42.

- [3] JGJ8-2007,建筑变形测量规范[S].
- [4] 梁尚英.布仔河拱式渡槽施工组织设计探讨[J].山西水利科技,2002,65(2):66-67.
- [5] 赵俊.如何提高脚手架工程施工安全管理[J].河南建材,2017,28(3):255-256.
- [6] 李登.浅析隧洞工程测量沉降变形观测[J].四川建材,2018,44(2):57-58.

作者简介:

李亮(1986-),男,四川南充人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
田燕龙(1987-),男,河南开封人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
赵伟华(1994-),男,山西朔州人,助理工程师,从事水利水电工程测量技术与管理工作;
赵云龙(1993-),男,河南内黄人,助理工程师,从事水利水电工程测量技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

精度分析[J].长沙交通学院学报,2000,16(4):39-43.

作者简介:

段科峰(1986-),男,山西襄汾人,工程师,学士,从事土木工程
技术与管理工作;
刘兴华(1984-),男,河北秦皇岛人,工程师,从事工程测量工作;
李超(1988-),男,四川都江堰人,工程师,从事土木工程施工技
术与管理工
作;
邓棚文(1988-),男,四川广安人,助理工程师,从事工程测量工

(责任编辑:李燕辉)