

三原西郊水库桥渡工程预应力桁架拱梁施工技术

张少卫

(陕西省水电工程局(集团)有限责任公司, 陕西 咸阳 712000)

摘要:介绍三原西郊水库桥渡工程概况及预应力桁架拱梁施工方案的确定.在工程施工中采用在搭设的满堂钢管支承架上正向分层浇筑混凝土,整体现场进行预应力后张拉的施工技术.工程实践证明,工程稳定性较好,施工质量优良,施工方法可靠.

关键词:桥渡;预应力;桁架拱梁;后张法;三原西郊水库

中图分类号:TV52

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2004)03-0039-03

桥渡工程是泾惠渠一支渠跨三原西郊水库溢洪道的一座交叉性输水和公路桥梁相结合的关键性建筑物.桥渡为四级建筑物,过流量 $12 \text{ m}^3/\text{s}$;箱顶按汽10t荷载四级公路设计.桥渡由主跨段、边跨段、进出口箱涵段和进出口渐变段等部分组成,全长88m.主跨为下承式400号预应力钢筋混凝土桁架拱梁结构,跨间支座间距35.0m,结构设2片拱,2片拱平面横向间距4.8m.桁架拱梁下各设4束(每束32根, $d=5 \text{ mm}$,标准强度为1670 kN)高强钢丝,施加纵向预应力;桁架拱梁底横梁布设 $\varnothing 25$ 冷拉Ⅱ级钢筋(施工时设计变更为 $\varnothing 25$ 精轧螺纹钢筋),施加横向预应力.桥渡桁架拱示意图见图1和图2.

桥渡工程具有结构复杂、跨度大、构件单薄以及要同时满足过水和过车要求的特点,是陕西省目前唯一的一座渡槽和桥梁相结合且造型美观、具有参观旅游价值的下承式钢筋混凝土桁架拱梁预应力结构的建筑物.

1 施工方案的确定

桥渡工程是由陕西省水利水电勘测设计院首次采用的下承式桁架拱梁大跨度渡槽和桥梁相结合的

建筑物,其结构新颖、布局合理.考虑桥渡施工方案时主要解决两个关键和难点问题:①张拉时不能发生侧向变形;②张拉时起拱变形要小.解决这两个问题的目的:①防止侧向变形导致桁架拱梁的破坏;②防止起拱度过大影响渡槽正常的输水能力.

根据招标文件,桥渡施工方案是在原桥渡位置采用后张法现场窝式预制单片立式张拉桁架拱梁.实际施工时由于桥渡原位置的土方已被开挖,同时主要考虑到现场窝式预制立式单片张拉桁架拱梁时($36.5 \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$)易发生侧向变形导致桁架拱梁破坏,因而,施工时根据现场情况模拟桥渡实际工况,采用了即切合实际又能满足设计要求且施工方便的“支架正向浇筑整体现场张拉”的施工方案.该方案既保证了立式张拉,又由于横梁提前施工,将两片桁架拱梁连成整体,有效地防止了张拉过程发生侧向变形破坏,完全符合桥渡实际使用时的工况.2002年3月3日聘请陕西省有关专家进行咨询.专家认为:按三原西郊水库桥渡工程的实际情况“支架正向浇筑整体现场张拉”的方案为最佳.本文重点介绍预应力桁架拱梁施工技术以及张拉钢丝的下料计算等.

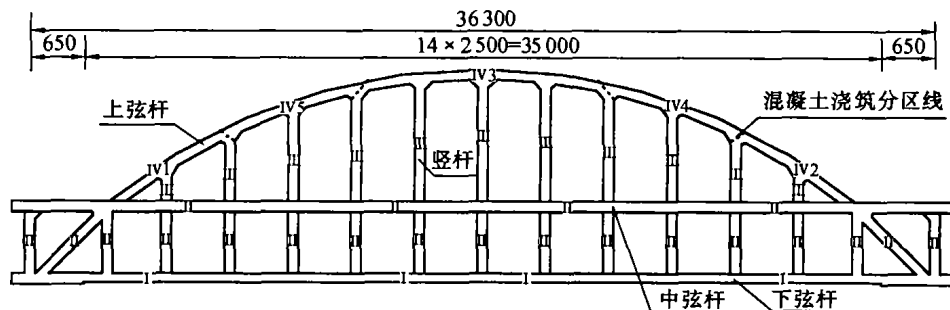


图1 桁架拱及分层分块浇筑示意图(单位:mm)

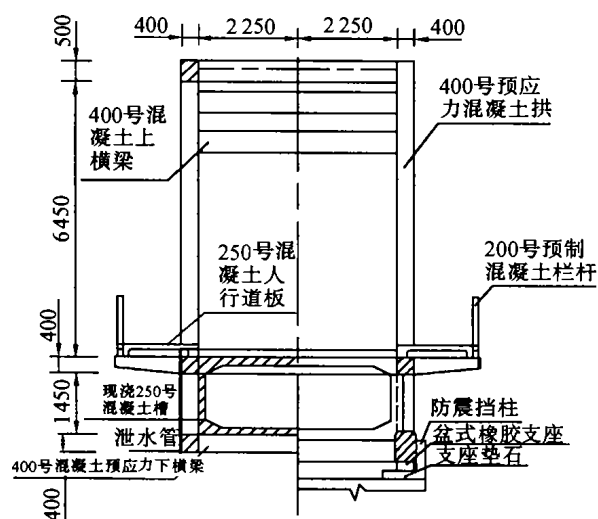


图2 桁架拱侧视图(单位:mm)

2 桁架拱梁施工方法

2.1 架子工程

架子分为支撑架和脚手架,均用 $\varnothing 48$ mm钢管搭设,扣件连接。下、中、上弦杆底部,均搭设满堂支撑架,其长度为38.0 m,宽度为9.0 m,高度分别为各弦杆底高程减去底模板厚度。架子立杆间距为1.0~1.3 m,步距为0.6~1.2 m。竖杆施工的脚手架,亦用 $\varnothing 48$ mm钢管接高,在新浇筑层及铺设工作平台时,保证作业人员的安全。在受力层采取双扣件加固的办法,确保支撑体系的安全可靠。

2.2 模板工程

为了保证结构设计尺寸准确、棱角顺治、表面平整、光滑、美观,所有模板采用木模板。木模板厚4 cm,表面钉0.3~0.5 mm铁皮作面板,支撑间距不超过80 cm,由钢木车间直接加工成定型钢模板,运至现场拼装、固定。

2.3 混凝土浇筑

二榀桁架拱 C40 混凝土共计 72.50 m³,工程量很小,每次混凝土浇筑量为 5.0~14.0 m³,浇筑强度仅为 3.0 m³/h,故混凝土采用人工入仓、平仓、分层振捣。

a. 桁架拱梁混凝土浇筑块划分。桁架拱梁混凝土浇筑,借助桥梁预制构件常用的“湿结法”,并在混凝土施工缝处涂刷新材料——西卡胶(德国产),增加强度和粘结力。为保证桁架拱梁的整体性,应尽量减少混凝土浇筑次数。桁架拱梁分4层浇筑,即第1层为下弦杆及底横梁;第2层中弦杆平面以下混凝土;第3层为竖杆;第4层为上弦杆及顶横梁。具体分层分块见图1。

b. 混凝土浇筑方法说明。下、中弦杆混凝土采用分层浇筑,层厚约20~30 cm;竖杆浇筑时,模板每隔

200~300 cm留一洞口,以便进料和振捣;上弦杆混凝土浇筑时既要考虑模板的水平位移,又要考虑模板的起拱变形等因素,故采取临时分区平衡浇筑,即IV₁、IV₂段同时铺料浇筑,再浇IV₃段压拱(顶)混凝土,最后同时浇筑IV₄、IV₅段混凝土。特别要确保在上弦杆浇筑中各区段接合部混凝土不得初凝。

c. 混凝土养护。混凝土浇筑时间在3~5月份,气温适中、温和;混凝土养护采用麻袋包裹,专人背喷雾器24 h洒水养护;养护时间为21 d。

2.4 预应力施工

2.4.1 下弦杆预应力钢丝束及锚具

钢丝束为32根 $\varnothing 5$ 钢丝,截面积628.32 mm²,标准强度为1670 MPa。每片下弦杆设4束钢丝束,主张拉2束,张拉力699.35 kN,单根钢丝张拉控制应力为1090.789 MPa;超张拉应力1145.329 MPa;次张拉2束,张拉力667.73 kN,单根钢丝张拉控制应力为1041.471 MPa,超张拉应力1093.545 MPa。钢丝束锚固形式为墩头锚固,采用DM5A-32型墩头锚具。

2.4.2 底横梁预应力钢筋及锚具

底横梁张拉钢筋为 $\varnothing 25$ 精扎螺纹钢,除端部横梁外其余横梁各1根,共13根,截面积为49 mm²,标准强度为510 MPa,设计控制张拉力为176.7 kN,设计控制应力350.771 MPa,超张拉应力370.409 MPa。其张拉锚具为螺母锚垫板锚固。

2.4.3 张拉机具设备

张拉机具主要由高压油泵、千斤顶、墩头设备、灌浆设备及连接器组成。根据张拉力大小和预应力筋,选用ZB2 $\times$ 2/49(500)型电动油泵、YL100型拉杆式千斤顶及LD10型钢丝冷墩器完成张拉工作。

2.4.4 预应力施工计算

2.4.4.1 预应力筋下料长度

采用墩头锚具,以拉杆式千斤顶在构件上张拉时,钢丝束张拉锚固后螺母位于锚环中部,钢丝的下料长度为

$$L = L_1 + 2(h + \delta) - k(H - H_1) - L - c \quad (1)$$

式中: L_1 为构件的孔道长度,按实际长度计; h 为锚环底部厚度; δ 为钢丝墩头留量,对 $\varnothing 5$ 取10 mm; H 为锚环高度; k 为系数,一端张拉取0.5,两端张拉取1.0; H_1 为螺母高度; ΔL 为钢丝束张拉理论伸长值; c 为张拉时混凝土构件的弹性压缩值。

理论伸长值 ΔL 为

$$\Delta L = PL_T / (A_p E_s) \quad (2)$$

式中: P 为预应力筋的平均张拉力; L_T 为预应力筋的实际长度; A_p 为预应力筋的截面面积; E_s 为预应力筋的弹性模量。

2.4.4.2 张拉控制应力 δ_k

《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041—2000)中规定高强钢丝极限张拉力不大于抗拉强度的 75%, 钢筋极限张拉力不大于抗拉强度的 95%。

2.4.4.3 实际张拉控制应力 δ_s

$$\delta_s = P_s / A_p \quad (3)$$

式中: P_s 为单根预应力筋控制力; A_p 为单根预应力筋截面面积。超张拉控制应力: $\delta' = 1.05\delta_s$; 初始张拉力: $\delta'' = 0.1\delta_s$ 。

2.4.5 预应力施工实施

a. 预留孔道。预留孔道采用 $\varnothing 64$ mm 抽拔橡胶管成孔。扩孔段采用 0.5 ~ 1.0 mm 铁皮卷棒成孔。

b. 张拉设备。采用 YCL-120 型穿心式千斤顶, 配 ZBS4/500 型电动高压油泵, 并配压力读数为 900 kg/cm² 的油压表。墩头锚具采用 DM5A-32 型, 两头张拉, 每束 32 根 $\varnothing 5$ mm 的高强钢丝。

c. 钢丝束制作、穿束与墩头。钢丝束按锚具 DM5A-32 型制作, 下料长度按两端张拉考虑。编束在平整场地上把钢丝理顺平放, 然后按其每隔 100 cm 长度用 22 号铅丝编织成帘子状, 按要求绑扎牢固即成。穿束时将一头打齐, 按顺序编号并套上穿束器, 将穿束器的引线穿过孔道, 一人在另一端拉动, 送入端保持水平送向孔道, 直到两端均露出所需长度为止。穿束完毕即可进行墩头, 墩头质量必须符合规范要求。钢丝墩头的强度不低于母材强度标准值的 98%。

d. 张拉程序及操作方法。张拉时混凝土应达到设计强度的 90% 以上, 采用两端同时张拉的方法。张拉顺序如图 3 所示: ①→②→③→④。

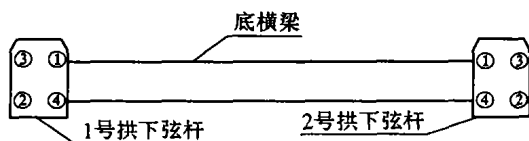


图3 钢丝束张拉顺序示意图

分级张拉程序为: $0 \rightarrow 20\% \delta_k \rightarrow 80\% \delta_k \rightarrow 100\% \delta_k \rightarrow 105\% \delta_k$ (持荷 3 min) $\rightarrow 100\% \delta_k / 103\% \delta_k$ 。操作方法: 先安装锚具, 然后安装千斤顶, 用 $105\% \delta_k$ 的力预顶, 确认无误后, 准备张拉。在张拉过程中, 当进油后油压表指针启动时应暂停进油, 检查并校正千斤顶与孔道位置, 当张拉到 $(10\% \sim 15\%) \delta_k$ 时做伸长值标记; 当张拉到设计控制应力时量伸长值, 并与理论伸长值比较, 不得超过理论伸长值的 6%; 否则重新张拉; 并填写张拉记录。张拉过程采取双控。

e. 孔道灌浆。预应力张拉完毕后, 应随即进行孔道灌浆。灌浆前先用压力水冲洗和湿润孔道, 再用电动灰浆泵进行灌浆, 采用二次灌浆法, 顺序为先下

孔后上孔。方法是将灌浆喷嘴固定的向一孔内灌压, 待灌浆孔溢出灰浆时, 依次用木塞堵住, 直至两端的排气孔溢出较浓的灰浆时为止。

3 预应力施工检验

预应力张拉要按技术条款及规范要求施工, 张拉采用双控法控制质量, 一是控制应力, 二是控制应变。控制应力即张拉力控制通过油压表读数, 按照千斤顶输出力与油压表读数关系曲线直接得出的数据控制; 控制应变即张拉伸长量控制, 伸长量根据现场实际测量, 再与理论值比较, 两者误差值不应超过 6%。为便于控制, 采用以应力控制为主, 应变校核为辅的方法进行。

张拉过程中要严格按照张拉程序加压持荷, 张拉速度不宜过快, 以便预应力筋有足够时间将力均匀传递。避免因张拉过快造成应力集中而出现预应力筋滑丝、断丝等。操作中, 还应注意施工安全, 千斤顶前严禁站人, 防止墩头滑脱、断丝、飞索等不安全事故发生。

预应力筋张拉完成后, 24 h 内必须给孔道灌浆, 防止预应力筋受力后因长时间置于空气中而发生腐蚀。

4 结 语

桥渡工程从 2002 年 3 月底开始浇筑混凝土, 到 5 月底全部建成, 6 月 19 日开始通水夏灌。经长期观测可知: 桥渡由原预拱度 30 mm 落止 25 mm, 变化甚微, 说明工程设计合理, 施工质量优良, 方法先进、可靠。

a. 设计采用上游端为固定盆式橡胶支座, 下游端为单向活动盆式橡胶支座的新产品, 改善了桥渡运行过程中应力变化引起的自由伸缩的边界约束条件, 又使简支梁结构近似于固定端支梁结构, 保证了施工及运行过程中的稳定和安全。

b. 底横梁张拉时将冷拉 II 级 $\varnothing 25$ 钢筋变更为 $\varnothing 25$ 精扎螺纹钢筋, 解决了冷拉 II 级 $\varnothing 25$ 钢筋与 LM25 锚具对焊时易产生偏心受拉的问题, 使张拉操作简单。

c. 新材料“西卡胶”的成功应用, 为混凝土施工缝处理找到了一个新的方法, 使施工缝处理变得简单和易于操作。经多次实验表明: 用“西卡胶”处理施工缝, 一般可提高混凝土抗拉强度 10% 以上。

d. 采用“支架正向浇筑整体现场张拉”的施工方法, 既克服了预制吊装条件不具备、吊装费用昂贵等问题, 又保证了施工过程中人员、机械和构件的安全。

(下转第 50 页)

地下水库库容,在时间上充分调节丰、枯水期水资源量,在达到“以补定采、以丰补欠、多年均衡”和实现供水保证率的条件下,最大限度地利用地下水资源,进而提高水资源利用率.由上述计算分析可知,影响地下水水库调蓄能力的因素主要有2个:

a. 地下水水库调蓄能力与地表水,特别是人工入渗补给、机渗井的补给有关.建库后,在没有人工渗沟、渗渠及机渗井的条件下,系列调算时间内,王河地下水水库调节库容为2903.90万 m^3 ,地下库容利用率较低,不能充分发挥地下水水库的调节功能.故而没有人工补给条件下,地下水水库调蓄能力差,均衡开采量低.建库后,在增加人工回灌等入渗措施的条件下,增加了地表水向地下水的转化,同时院上、西由拦河闸及橡胶坝的建成,延长了地表水向地下水的转化时间,增加了入渗量,减少了地表弃水,使地下水水库的调节库容达到3323.90万 m^3 ,比方案1增加了14.5%.正是由于地下水水库库容的利用率的提高,才使院上、尹家水源地的开采成为可能,同时为了最大限度地利用地下库容,在实际运用中应在注意两水源地水位控制埋深的前提下,枯水季加大开采量,腾出地下库容,以便为丰水季的补给提供条件,充分利用地下水水库的调节库容.

b. 地下水水库库区开采井的布局对发挥地下水水库的调节作用有一定影响.库区开采井比较集中的地方主要有院上、尹家水源地及后吕、光明、徐家附近.由于持续不断的开采,地下水位下降幅度较大,动用了地下水水库的静储量,在丰水期亦不能恢复过来,破坏了地下水资源的再生能力,而在非集中开采区,水位下降幅度较小,又不能充分利用地下水水库的调蓄库容.这一方面破坏了地下水资源,另一方面又不能充分发挥地下水水库的调蓄库容.为改变这种不合理的开采布局,要在实际运行中加强水资源的综合管理,合理调整开采井的布局,最大限度地发挥地下水水库的调节作用,使有限的水资源得到最大限度的利用.

参考文献:

- [1] 张志阔.王河下游海水入侵及治理[J].长春科技大学学报,1999,29(7):24~27.
- [2] 李俊亭.地下水流数值模拟[M].北京:地质出版社,1989.66~69.
- [3] 林学钰,侯印伟,邹立芝,等.地下水水量水质模拟及管理程序集[M].长春:吉林科学技术出版社,1988.27~57.

(收稿日期:2003-09-25 编辑:傅伟群)

(上接第32页)

准确率为97.77%,提取速率为16.4个/s.误差产生的原因主要是有的高程点靠得很近,缓冲区内同时包含多个高程数据,导致提取失败.解决的方法是适当减小字高,缩小缓冲区.

此产值在海螺水泥码头工程水域数模计算和南通狼山港三期工程防洪影响评价等项目中也得到了成功的应用.

3 结 语

通过对AutoCAD地图高程数据研究可知,从可转换为MapInfo格式的AutoCAD地形图中提取高程点数据,通过MapBasic编程,建立自动采集模型,是一种有效的方法,在提取高程数据上具有准确、快捷和实用的特点.用该方法提取的高程数据不但可以用于河道水力数值模拟计算,还可以用于建立数字高程模型(DEM).

参考文献:

- [1] 高云琼,徐建刚,黄照强,等.一种城市三维建模的集成处理方法[J].中国图像图形学报,2002,7A(3):282~

286.

- [2] 周爱华.电子矿图制作过程中AutoCAD与MapInfo的数据转换[J].矿山测量,2002(1):44~45.
- [3] 王晓武,陈宗敏,杜兴国.MapBasic程序设计[M].北京:电子工业出版社,2000.

(收稿日期:2003-03-11 编辑:张志琴)

(上接第41页)

e. 混凝土模板尽量采用钢木混合模板,以克服木材用量过大的弊端.

f. 张拉孔道的成孔,在孔间混凝土间距小于或等于70mm时,宜采用波纹管成孔,以避免橡胶抽拔管成孔时混凝土塌孔或拉裂、孔间通道等,保证工程质量.

g. 钢管支架在受力层采用双扣件加固的办法,可以满足重要结构在支架上施工时安全、稳定和变形微小的要求.

h. 两榀桁架拱作为整体进行张拉时,要配备足够数量(最少要有25%的备用设备)的经校验合格的张拉机具,同时对称张拉,以减少分级张拉的次数和克服频繁移动千斤顶的弊端.

(收稿日期:2003-09-25 编辑:张志琴)