

# 北工大学院桥工程

## 预应力混凝土施工技术

郑立新

(北京燕波工程管理有限公司 100085)

### 1 工程概述

北工大学院桥位于北京经济技术开发区北工大实验学校附近,跨越凉水河,北接文昌大道,南通雅秀斜街。桥梁全长105m,宽20.0m,桥面积2100m<sup>2</sup>。桥梁于凉水河河道桩号18+900处与凉水河斜交,交角为86.67°。桥梁荷载标准为城市—B级,桥下通航净孔30m×2.5m,梁底高于50年一遇洪水位0.80m,抗震烈度为8°。

该桥下部结构由2个V型墩及桥头盖梁排架组成。V型墩基础为6桩承台,桩径1.2m,桩深40.0m,桥头盖梁排架为5桩柱同径排架。上部结构为3跨1箱4室拱型变截面连续刚构,中墩处梁高2.2m,跨中及桥台处梁高为1.0m,梁长104.96m,高跨比为1/45。上构与下构通过2个断面为3.2m×2.2m的实体双向预应力横梁固结为一体,使该桥具有卓越的结构受力功能。

### 2 预应力混凝土采用的技术方案

#### 2.1 V型桥墩施工

V型桥墩是该桥竖向和水平荷载的主要受力构件,其上与3跨连续箱梁固结,其下通过承台与6根Φ1.2m,深40m混凝土灌注桩固结,全桥除桥头5桩排架外,纵横向全桥一体,形成双向预应力结构。

V型桥墩为一空间板状结构,其下为承台,其上为1箱4室连续箱梁横梁,钢纤维混凝土上下各嵌入相衔接结构30cm,墩体几何尺寸为下宽9.2m,上宽16.0m,浇筑钢纤维混凝土总高为7.574m,单墩混凝土总量120m<sup>3</sup>,混凝土总表面积400多m<sup>2</sup>。墩身混凝土为钢纤维混凝土CF50P6,防冻标号为F200。

V型桥墩施工的关键是:空间几何尺寸的控制和钢纤维混凝土浇筑质量。为了保证V型桥墩施工质量,施工单位针对结构特点从模板选型、加工、拼装、模板支架、作

设置4根组焊钢柱,对塌方底部的倒悬岩体予以加强支撑加固。每根钢柱主要由2根32号槽钢组成,对口间距80cm,7.5cm的等边角钢做缀条,间距50cm。相邻钢柱间以16号槽钢焊接连接,间距2.0m。

### 4 结语

官厅水库输水泄洪洞改建中的闸门井开挖工程,地质条件恶劣,设计体型复杂,技术要求高,施工难度大。经过在建各方共同努力,采用吊挂井、锚喷、预应力锚索以及钢支撑等支护措施,克服了不稳定围岩给施工带来的重重困难,安全、圆满地按期完成了开挖任务,为后建工程打下了良好的基础。

本次施工的开挖尺寸达17.5m×12.1m、深14.65m、壁厚1.0m的吊挂井支护工程,其规模在北京市水利工程中尚是首次,在国内水利系统并不多见。它的成功实施,不但有效地保证了工程和施工安全,而且也该项技术积累了宝贵的经验。

根据施工场区实际地质条件等因素,适时分别采取包括锚喷、预应力锚索、钢筋肋、钢支撑等支护技术,有效地保证了破碎围岩、特别是高倒悬破碎围岩边坡的稳定,是安全、成功完成新建闸门井石方开挖的有效措施。

(责任编辑:林跃朝)

业支架搭设,钢筋定位、绑扎,混凝土浇筑入仓、振捣等关键工序施工中采取了一系列技术保证措施,确保钢纤维混凝土1次浇筑圆满成功。其主要措施有:

(1) 采用拼装式定型钢模板与机加工模板,对形状多变的平翼板部分采用了组拼式钢模板,对墩体曲线变化部分采用机加工整体式模板,确保墩体外形几何尺寸符合设计要求。如6个开口椭圆孔、2支翼板夹角曲线段,均采用精确的机加工模板。

(2) 墩体模板支撑系统用于保证墩体混凝土施工过程中空间几何尺寸的准确,由模板、竖向、横向、支撑型钢和桁架、门型钢架组成,两翼模板用对拉螺杆紧固,确保墩体混凝土翼板、厚度、倾角等几何尺寸符合要求。

(3) 墩体钢筋绑扎分层次按工序进行,并及时进行控位检查,确保各类钢筋处于设计位置。墩体钢筋系混合配筋,每墩计有预应力钢绞线束16束,数排非预应力受力筋及长度、形状多变的箍筋,要绑在既定的位置,不能错位。作业中,从预应力筋到箍筋分3个层次,从内到外,自下而上,有序进行,并划分责任区,分工负责,层层把关,及时检查,确保钢筋绑扎作业质量。

(4) 钢纤维混凝土生产投料工艺试验及工地现场浇筑试验。V型墩钢纤维混凝土为CF50P6,且有抗裂和抗冻要求,经反复试验后,确定了配合比,但因无钢纤维振动筛投料口,经监理、施工方与混凝土搅拌站协商,采用人工投料。为掌握和检验钢纤维混凝土投料工艺效果和高频振捣器的性能,进行了混凝土生产投料试验和工地现场振捣试验,初步掌握了钢纤维混凝土性状,如纤维分布均匀性、流动性、和易性及高频振捣器的振捣效果,为实际混凝土浇筑作业做了准备。

(5) 混凝土内部插入式振捣器与外部附着式高频振捣器配合使用,确保钢纤维混凝土振捣质量。为确保墩体混凝土的内在和外观质量,从墩体顶板、椭圆开口底部、夹角曲线段自上而下设置下料口20余处,以保证混凝土下料入仓及内部振捣方便。同时分层分段设置附着式振捣器悬挂装置,保证表面振捣器工作良好,此外对振捣设备专门制作了线路控制箱,用于墩体不同部位振捣器控制。

(6) 精心组织实施1次性钢纤维混凝土浇筑作业。结构钢纤维混凝土V型墩从下至上高约7.5m,从墩座及顶板结构要求不能有施工缝,为此,120m<sup>3</sup>混凝土浇筑必须一气呵成。为确保对突发问题的处理时间,对混凝土的缓凝时间提出特殊要求,在8h以上。实际浇筑前又召开了监理专题会,对浇筑方案进行了补充和完善,协助施工方从安全、工程质量、技术措施具体进行了岗位责任分工,按结构不同部位进行了具体分工,使人员、设备均处于良好状态。从早6点至下午5点完成了1\*V型墩120m<sup>3</sup>钢纤维混凝土

土浇筑,历时11h。由于准备工作充分,混凝土浇筑过程顺利。拆模后,经检查,V墩混凝土浇筑质量良好。

## 2.2 3跨1箱4室连续刚构预应力混凝土1次性浇筑

针对3跨总长104.96m,宽20m,厚1~2.2m的1箱4室变截面连续箱梁的支架上施工,采取了以下安全质量保证措施:

(1) 对钢筋进行分类分层次、按跨分段有序作业。连续箱梁为预应力混合配筋,总数为53束的预应力钢绞线束分为跨内束、跨际束、全桥通长束,各束钢绞线均为空间曲线布筋,由三维坐标控制其位置。贯通全桥的5道变截面梁腹厚度在0.5~1.1m范围内变化,其高度在1.0~2.2m范围内变化。其上、下部均布置单排4根非预应力受力筋,并与12道横梁和均为2层布筋的顶、底板非预应力受力筋纵横交叉绑扎为一体。构造筋则多为长短、形状不同的连环箍筋。

(2) 对构造复杂的钢筋,在作业顺序上采取了按跨分段、先下后上、先纵后横、先受力筋后构造筋,在定位时预应力筋优先,非预应力筋让步的作业原则。

(3) 在人员组织上,从加工成型、分类挂牌堆放、运输到位、按序绑扎、按跨按段具体分工到班组,责任分工明确,作业井然有序。作业过程中及时检查存在问题,及时解决,收到良好效果。

## 2.3 1箱4室变截面梁体混凝土支架上1次性现浇

变截面箱梁梁体顶面外形为一半径1500m圆曲线,梁体下弦为3跨段二次抛物线型曲线,且梁体顶、底板自桥轴向上、下游设3%坡度。

为了满足设计上的外观尺寸和线型的要求,并保证梁体混凝土的内在质量要求,梁体施工时,从模板工程和混凝土浇筑预应力张拉作业采取了多种安全、质量保证措施。

(1) 梁体长104.96m,宽20m,位于施工支架上,通过支架可调上托及折线型工字钢,已将支架顶部调整到与梁体底板基本吻合,误差已在30mm左右。为了使支架顶面(由相间5cm密排方木组成)与梁底密切吻合,达到设计要求,先由施工方按工字钢节点逐点测控,并用薄木板及契木将已装上多层板的底模按节点逐点精调,使误差达到规范要求的5mm以内。后由监理测量工程师复测,达到合格标准。至此,底模安装工作完成。

(2) 梁体混凝土浇筑由2次优化为1次进行。在梁体钢筋工程作业进行中,即开始混凝土浇筑方案的酝酿和深化,施工方经慎重反复考虑,提出将原施工组织设计确定2次浇筑梁体混凝土方案改为1次浇筑方案。经监理慎重考虑,并召开专题会议,认为1次浇筑方案优点是:①梁体设计单薄,厚度在1.0~2.2m变化,适宜1次性浇筑混凝土

土;②梁体为变截面,各类钢筋纵横交错,给施工缝处理带来许多难题;③2次作业将模板作业、钢筋作业、混凝土作业均分为2次,工序繁多,耗工、耗时、耗料;④2次浇筑必然给临近冬季的混凝土强度增长及工期造成影响,而1次浇筑就将上述4个方面的问题迎刃而解,而且可以节约10d以上的工期。与会人员一致认为1次浇筑方案基本可行,但需要制定更为详尽可行的安全质量保证措施。在此基础上,监理请来有丰富经验的桥梁专家协助其深化和实施1次浇筑方案。经过深入工作和研讨,解决了1次性浇筑遇到的内模支撑定位、模板上浮、底板混凝土振捣、仓内作业空间小、不易作业等难题,使1次性浇筑新方案从内容上得到充实和优化。

(3)梁体混凝土1次性浇筑方案的实施。1次性混凝土浇筑方案经过反复研讨、充实和补充,即将付诸实施。为了作到万无一失,确保箱梁浇筑取得1次性浇筑成功,从人员、设备、机具和每一工艺细节,都做了充分准备,作业工人还进行了有针对性的岗位临场培练。并从施工组织方面做了详尽的分工。具体进行时,把全梁一期浇筑段(除中间4m后浇段外)分为4个作业责任区,每区配备作业组长、技术负责人及相应的配套机具、设备、混凝土工、木工、钢筋工、电焊工、电工、安全员等,均按计划配备到位。施工单位在做好各项准备工作后,经设计、监理、质监单位检查验收,认为具备混凝土浇筑条件。浇筑作业由3台混凝土泵车(两桥头各置1台,中跨上游河中1台),跨中1台泵车兼顾中跨2作业区混凝土浇筑。浇筑作业按方案从中跨梁腹最低处开始下料,先纵后横,按先底板、后腹板、最后顶板的层次进行,按30cm厚逐层大斜面(约1:5)逐段(横梁、横隔板为1段)逐箱横向全断面、纵向达梁端连续推进,浇筑最后于V墩顶横梁混凝土浇筑完而结束,整个混凝土浇筑作业历时15h,浇筑混凝土1100m<sup>3</sup>。按设计要求和既定方案完成了梁体后浇段混凝土施工,整个梁体浇筑C50混凝土总量1144m<sup>3</sup>。同条件养护试块试验结果和拆模后梁体外观检查,梁体混凝土浇筑质量良好,取得了支架上1次性大数量混凝土浇筑的成功,为该桥按期竣工奠定了坚实的基础。

(4)梁体混凝土张拉。全桥为双向预应力结构,其中V型墩竖向束为32束,箱梁纵向束为53束,每束均由1860级低松弛钢绞线组成,锚具采用夹片式15-12型,V型墩32束采用单端夹片式15-12型锚具,固定端为15-12型挤压锚。每束张拉力均为2239.5kN,预应力筋总量为59.141t,由专业队按设计和规范要求施工。

### 3 新技术、新材料、新工艺的应用

该桥在工程施工中运用了以下4种新技术、新材料、新工艺:

(1)高掺量钢纤维混凝土在V型墩复杂受力结构中的应用。中墩采用CF50P10预应力混凝土双向开孔V型墩,混凝土中钢纤维掺量为1.8%,剪切型钢纤维直径0.4mm,细长比为100,要求钢纤维混凝土抗压强度指标高于同标号混凝土C50,混凝土抗拉强度(指初裂强度)大于6.2MPa,该桥2个开孔V型墩混凝土总浇筑量为240m<sup>3</sup>,在复杂受力结构工程中,钢纤维混凝土浇筑量是较大的,也是成功的。

(2)V型墩两翼支撑板椭圆开孔处因应力集中而使用高强材料碳纤维布加强,用配套浸渍树脂粘贴,其保护层采用5cm厚聚合物砂浆,抗压强度>35MPa,抗拉强度>4MPa,内置Φ3mm@10cm×10cm钢筋网。该桥在该项目施工中,也取得满意的结果。

(3)该桥基础应用中国建筑研究院基础所的发明专利“现场灌注桩的桩端压浆的施工方法及桩端压力注浆压浆管”(专利号ZL94116598.1)及实用新型专利“泥浆护壁灌注桩侧压浆装置”(专利号ZL95207690.X)。该桥22根灌注桩完工后,经国家建筑工程质量监督检测中心检测,21根为I类桩,1根为II类桩,优良率达95.45%。

(4)成功采用了1箱4室3孔连续刚构1100m<sup>3</sup>预应力混凝土1次性浇筑工艺。

### 4 结语

通过该桥施工监理的成功实践,使我们认识到:

(1)该桥V型墩施工,从V型墩结构施工和新材料钢纤维混凝土的实际应用两方面为我国桥梁施工积累了经验,对今后类似桥梁施工有一定的借鉴作用。

(2)支架上多跨连续箱梁混凝土1次性浇筑工艺,在梁高较小时采用,技术上是可行的,不仅可以降低人力、物力消耗,而且可以显著地节约工期。最重要的是使梁体混凝土质量得到保证。

(3)设计单位、质监单位、监理单位和施工单位各自独立工作而又密切配合,才能使施工方案不断深化和优化,从而使优化后的方案得以顺利实施。

(责任编辑:刘培英)

