

# 山西仁义河特大桥连续刚构预应力施工

唐建荣 时向荣 严剑梅

(柳州欧维姆机械股份有限公司 545005)

**摘要:** 本文介绍仁义河特大桥特大跨度连续刚构预应力施工, 同时阐述预应力在结构的施工阶段和运营状态起到的作用以及高强砼的优越性。

**关键词:** 预应力 特大跨度 连续刚构 高强砼

## 1. 工程概况

山西仁义河特大桥位于山西灵石县南关镇东约13Km的道阡村西, 跨越仁义河, 为上、下行分离的两座独立桥, 前后与隧道相衔接, 主桥为80+4×145+80m的连续刚构体系, 为了改善结构的温度应力, 在施工阶段修改设计为同跨度特殊性连续刚构组合体系。本桥为祁临高速的一段, 设计时速为80Km, 桥面宽度: 0.5m(防撞护栏)+11.50m(行车道)+0.5m(防撞护栏)=12.50m, 荷载等级: 汽车—超20级, 挂车—120, 地震烈度为Ⅷ度。

**主体施工:** 桥墩基础采用孔径为2m的灌注桩基, 桥墩采用提升滑模浇筑; 上部结构梁体采用挂蓝对称施工, 悬臂分块长度为2.5m、3.0m、3.5m和4.0m, 0#块为9m, 1#块为2.5m, 边跨、中跨合拢段为3.0m, 边跨现浇段长5.68m, 0#、1#块在墩顶和托架上浇筑, 边跨现浇段在支架上浇筑, 其余各采用挂蓝悬臂浇筑。

主桥上部结构为单箱单室预应力箱梁(PC), 砼强度等级为C50, 箱梁采用双向预应力体系, 设纵向和竖向预应力, 纵向力筋用 $\varnothing 15.24$ 高强低松弛钢绞线, 符合美国标准ASTMA416—96 270级的规定, 标准强度 $R_y^b=1860\text{MPa}$ , 弹性模量 $E_v=1.9\times 10^5\text{MPa}$ ; 竖向力筋为符合国标GB—1499—98规定的精轧螺纹钢,  $d=32\text{mm}$ , 标准强度 $R_y^b=750\text{MPa}$ ; 纵束采用OVM15—19和OVM 15—15锚具, 螺纹钢用YGM锚具。

## 2. 预应力在设计和施工中的应用

施工组织设计是设计工作中的一部分, 尤其是桥梁设计。仁义河特大桥桥墩高90m, 跨度

145m, 施工不能采取满堂脚手架直接支撑, 而是采用挂篮悬臂浇筑施工, 其中施工荷载和梁体自重由预应力中顶板束承担, 顶板束设计为 $19\varnothing 15.24$ 和 $15\varnothing 15.24$ 。除顶板束外, 预应力还包括底板束、竖向螺纹钢。底板束: 中跨为 $19\varnothing 15.24$ 和 $15\varnothing 15.24$ , 边跨为 $15\varnothing 15.24$ , 边跨合拢段为 $19\varnothing 15.24$ ; 竖向螺纹钢: 精轧螺纹钢粗钢筋 $d=32\text{mm}$ , 以50cm等间距分布于腹板内, 60cm厚的腹板布置双排, 40cm厚的布置单排。竖向预应力是为加强腹板的整体刚度。在全桥合拢后, 顶板束和底板束一起承担运营状态荷载产生的内力。梁体中剖面图如图1。

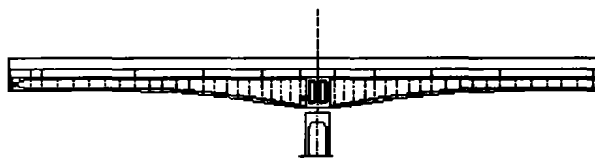
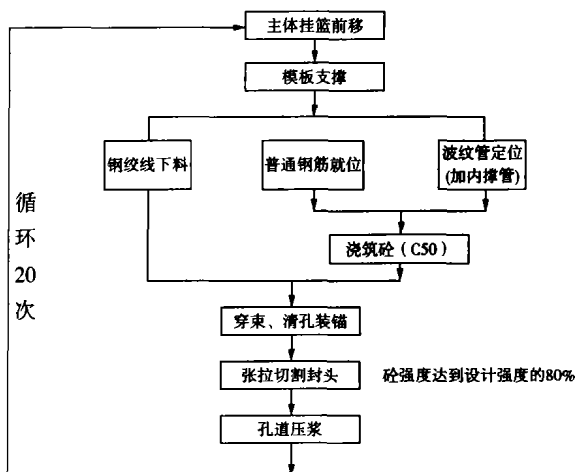


图1 箱梁中剖面图

## 3. 预应力施工

### 3.1 施工流程图



### 3.2 施工准备

在进场前,将预应力施工中用到的张拉、压浆、非张拉压浆设备在公司进行试机,检查是否正常,若发现异常,应进行专业维修。张拉压力表采用0.4级精密表,经当地的质量监督局校核后,标定千斤顶,定出回归方程,计算出各种预应力束张拉压力表的各级读数。

### 3.3 施工工艺

#### 3.3.1 下料

纵向钢束设计为平弯和竖弯的曲线,下料长度既要考虑曲线的弯度,又要满足工作的需要,其中工作长度包括张拉部分和穿束引线头部分。顶板束施工,桥面没有场地,下料场地设在各桥墩下面的宽敞平地,下料场地要求干净,下好的钢绞线要下垫上盖,以免钢绞线被车碾压和锈蚀。

#### 3.3.2 铺管、穿束

管道定位要求:预应力管道弯曲处要顺畅,以减少摩阻损失;管道连接处应牢固且用黄胶带包扎好以免漏浆;定位钢筋要点焊牢固可靠,防止砼浇注过程中,管道移位,造成定位不准确。19 $\phi$ 15.24钢束采用 $\phi$ 100的波纹管,15 $\phi$ 15.24钢束采用 $\phi$ 90的波纹管, $d=32\text{mm}$ 螺纹钢的波纹管管径为 $\phi$ 40。主桥合拢前,各桥墩为一个独立的“T”形刚构,各顶板束设计以0#块为对称中心,每个对块的施工荷载和自重由本对块中的顶板束张拉后承担。各对块的施工程序是一样的,现以8#桥墩9#对块施工为例:

预埋件安装:按尺寸定位好本对块和以后各对块在本对块中的波纹管,管道中要加相应的内衬管,待砼浇筑完,将内衬管拔出且用空压机通风,确保孔道畅通。

砼强度达到40%后,在下料场地用氧焊做好引线头,塔吊吊至桥面,用事先固定好的卷扬机托,在塔吊的配合下,把钢绞线穿到位。

竖向螺纹钢一端锚固于腹板底部,采用一端张拉,螺纹钢的铺管、定位与钢筋骨架一起进行,将下料好的螺纹钢下端装上下垫板,拧上螺母,由上而下穿入 $\phi$ 40波纹管,然后安好上垫板和注浆管及排气管,最后按尺寸与钢筋

骨架焊牢。待模板就位后,用塔吊把骨架一次性安装就位。图2为9#块剖面图。

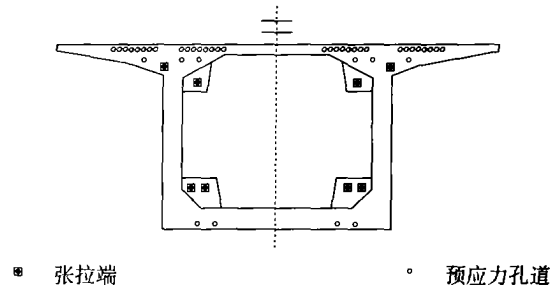


图2 9#块剖面图

#### 3.3.3 预应力张拉

由施工流程图可知,预应力张拉、压浆是施工中一道重要的工序,它决定主桥施工的质量和进度。为了避免冬季施工,砼采用早强、高强、流动性好的高强砼(C50),浇筑48小时强度达到80%,预应力便可施加。

预应力施加次序:先张拉纵向钢束,后张拉竖向螺纹钢。

预应力施加:0 $\rightarrow$ 0.1P(测伸长值) $\rightarrow$ 0.25P(测伸长值) $\rightarrow$ 0.5P(测伸长值) $\rightarrow$ 0.75P(测伸长值) $\rightarrow$ 1.0P(测伸长值) $\rightarrow$ 锚固

控制措施:采用两项指标,一是在张拉前,挂篮前端联接底模的螺纹表面粘两块刻度尺,张拉前、后各测量一次,反映张拉块段的起拱度;二是用张拉伸长量来校核。

张拉后数据处理:每张拉完一次,将这次的张拉原始记录,在应力—应变坐标系中进行描点,看每束的6个点是否大致成线性关系,如果这些点差别太大,立即查找原因。预应力施工完毕后,纵向钢束和竖向螺纹钢各束的原始记录点大致分布在一条直线上,说明预应力施加正常。

#### 3.3.4 张拉中遇到的问题及对策

竖向螺纹钢设计是保证梁体竖向有足够的整体刚度,腹板60cm厚布置双排,腹板40cm厚布置单排,间距均为50cm,在挂篮前必须张拉完本对块内一半的螺纹钢。由于挂篮工字钢距离桥面80cm,且挂篮立于竖向筋正上方,假如采用一般的YC60-200型千斤顶张拉没法进行,

为了保证质量和进度,根据具体情况,采用专门设计的YC60-100型千斤顶,该千斤顶穿心孔径40cm,质量30kg。在施工现场自己加工撑脚和“扁担”。

张拉步骤:

首先,用型钢垫平挂篮前缘下端,以免因张拉使挂篮前倾。

其次,由下往上依次装连接器、专用张拉螺纹钢、“扁担”、千斤顶、张拉螺母。

最后,装上压力表,接上油管,开始张拉。张拉示意图如图3

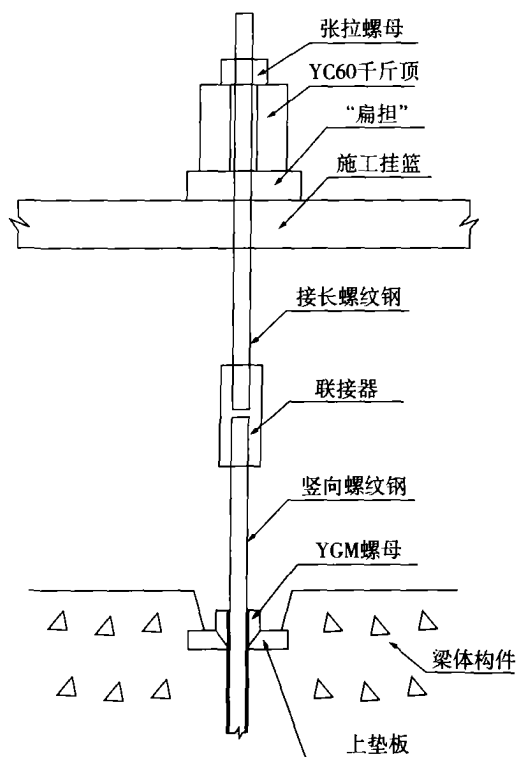


图3 竖向螺纹钢张拉示意图

注意事项:

① 张拉过程中,加压要求平缓,以免影响连接器联接的可靠性。

② 张拉完锚固时,GYM螺母要拧到位,尽可能减少预应力损失。

③ 张拉完后,采用超张拉措施,进一步减少预应力损失。

#### 4. 孔道压浆

孔道压浆是后张预应力施工的一道非常重要的工序,经过压浆,孔道内受张拉力的钢绞

线得到保护且与结构本身成为一个整体。本工程压浆采用UBC3.0型压浆泵产生压力,普通灰浆搅拌机拌浆。水泥浆水灰比为0.4,稠度30S,水泥为晋牌P042.5,孔道压浆要求从低处往高处灌,直到排浆孔冒浓浆,压力0.5~0.7MPa,保压2分钟。

#### 5. 结束语

仁义河特大桥为同类型结构中跨度最大的桥梁之一,其中主要受力构件为预应力筋。预应力施工是挂篮施工的必要条件,预应力施工直接关系到整个工程质量和进度。我们按设计标准,施工质量高、进度快,于2002年12月5日完成了所承担的任务,工程质量为优良。

(上接第34页)

#### 参考文献

- [1] A.J.Reis;A.Pereira; J.O.Pedro; D.Sousa—Cable-Stayed Bridges for Urban Spaces—IABSE Conference—Cable-Stayed Bridges: Past, Present and Future. Proceedings. Malmo, June 1999.
  - [2] A.J.Reis—Urban Bddges: Exploring Ideas and Design Cases—16<sup>th</sup> IABSE Congress—Urban Transportation Challenges. Lucerne, September 2000.
  - [3] J.Reusink; J.Keusink; M.Kuijpers—Designing the Erasmus Bridge, Rotterdam—Structural Engineering International, Vol.8, NO. 4, 1998.
  - [4] J-M.Cremer—The Val-Benoit Cable-Stayed Bridge—IABSE Conference—Cable-Stayed Bridges; Past, Present and Future. Malmo, June 1999.
  - [5] K.Takenouchi—Single Pylons for Curved Cable-Stayed Bridges—Structural Engineering International, Vol.8, NO. 4, 1998.
  - [6] L.F.Troyano; J.Manterola; M.Astiz—The Inclined Towers of the Ebro and Ierez Bridges—Structural Engineering International, Vol. 8, No.4,1998.
  - [7] J.J.Arenas; M.J.Pantaleon—Puentes mixtos atirantados—Puentes mixtos: Estado actual de su tecnologia y analisis. Barcelona, Noviembre 1992.
  - [8] R.Biwer; F.Huben; J-M.Cremer; V.Ville de Goyet—Cable-Stayed Bridge upon Alzette—International Conference AIPC-FIP. Deauville, October 1994.
  - [9] A.J.Reis—Innovative Solutions for Bridges: A Challenge for Designers—Proceedings of the International IABSE/FIP Conference—New Technologies in Structural Engineering. Lisbon,1997.
- (译自“Asymmetric and Curvcd Cable-stayed Bridges”, IABSE 索支承结构会议论文集, 2001年)