

文章编号: 0451-0712(2005)03-0105-03

中图分类号: U448.213.2

文献标识码: B

# 蠡河大桥主桥设计

肖 军, 李 浩

(江苏省交通规划设计院 南京市 210005)

**摘 要:** 蠡河大桥主桥跨越干线 V 级航道蠡河, 上部结构为  $49.5\text{ m}+90\text{ m}+65.5\text{ m}$  不对称变截面悬浇预应力混凝土连续箱梁。介绍了主桥的设计概况、主拉应力控制、合拢段设计、箱梁横断面设计及上部施工不平衡重对主墩的影响等几个重点问题。

**关键词:** 蠡河大桥; 设计; 应力控制; 合拢

蠡河大桥位于国道主干线南京~杭州高速公路宜兴三施工标段, 桥梁全长  $1\,477.902\text{ m}$ , 桥宽为  $2\times$  净  $15.25\text{ m}$ , 设计荷载为汽车—超 20 级, 挂车—120。其主桥部分跨越 V 级航道蠡河(净空  $50\text{ m}\times 5\text{ m}$ ), 交角  $45^\circ$ 。

为减小跨径, 主桥采用双幅反对称布置, 上部结构为  $49.5\text{ m}+90\text{ m}+65.5\text{ m}$  不对称变截面悬浇预应力混凝土连续箱梁。

该桥已于 2004 年 10 月随宁杭高速公路的开通而投入运营, 现将该桥主桥部分的设计概况做如下介绍。

## 1 构造设计

悬浇预应力混凝土连续箱梁的构造设计, 除了要满足结构在施工和运营状态下, 各种不利荷载工况时的结构安全, 还要注意满足预应力束布置、局部受力需要以及施工设备的安装、移动所需要的空间等, 因此在确定最终结构尺寸前, 应先对三向预应力体系产品的构造、施工机具尺寸、重量等进行调查, 并在初拟构造尺寸时进行预布置, 解决各力筋、施工机具的干扰问题, 以使拟定的构造尺寸符合经济、美观、可行的要求。

### 1.1 箱梁构造

主桥上部结构为不对称变截面悬浇预应力混凝土连续箱梁, 梁体采用 C50 混凝土, 截面形式为单箱单室, 箱宽  $16.75\text{ m}$ , 顶板做成 2% 的单向横坡, 底板水平; 跨中和主墩支点处梁高分别为  $2.3\text{ m}$  和

$5.0\text{ m}$ , 梁底曲线采用  $R=328.017\text{ m}$  的圆弧线过渡; 箱梁顶板厚  $28\text{ cm}$ , 底板厚  $28\sim 80\text{ cm}$ , 按线性变厚, 腹板厚  $50\sim 70\text{ cm}$ , 变厚在一个节段内完成, 0 号块腹板和底板局部增厚至  $100\text{ cm}$  和  $120\text{ cm}$ ; 悬臂长度  $4.0\text{ m}$ , 根部厚度为  $70\text{ cm}$ ; 0 号块处的中横隔梁采用双横隔板设计, 厚度均为  $1\text{ m}$ , 箱梁构造如图 1 所示。

### 1.2 主墩构造

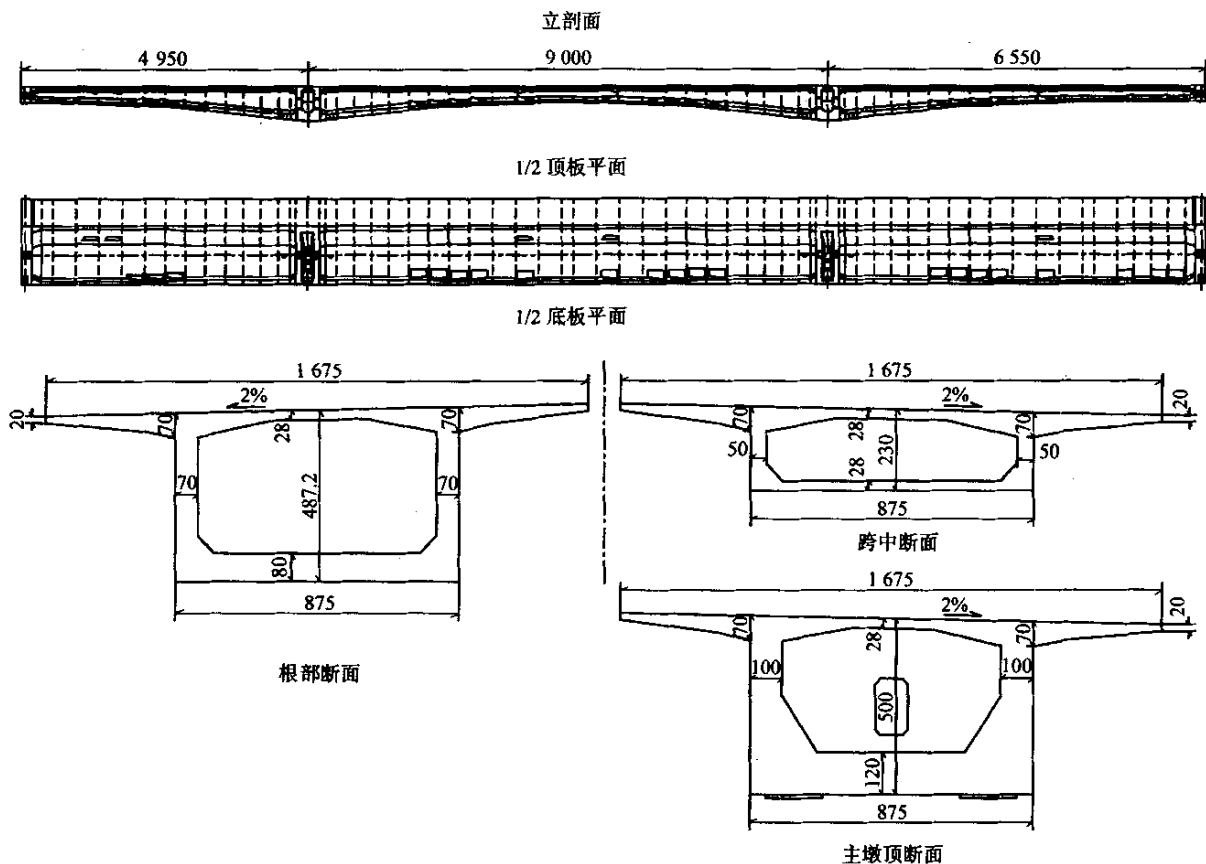
主墩墩身采用空心薄壁设计, 以减少混凝土用量, 降低自重, 同时避免大体积混凝土浇注过程中的水化热问题。

墩柱采用 C40 混凝土, 承台和桩基础采用 C25 混凝土。墩身壁厚为  $60\text{ cm}$ , 顺桥向长  $3.5\text{ m}$ , 横桥向宽  $8.5\text{ m}$ , 迎水面呈  $R=2.03\text{ m}$  的圆弧形。承台尺寸为  $11\text{ m}\times 11\text{ m}\times 3.2\text{ m}$ , 基础为 9 根桩径为  $1.5\text{ m}$  的钻孔灌注桩, 主墩构造如图 2 所示。

## 2 结构分析

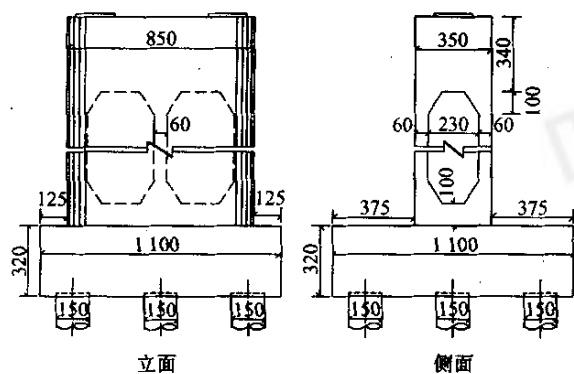
上部结构采用通用桥梁平面杆系程序, 分别进行了施工状态和运营状态计算。需要注意的是, 此类结构内力受施工荷载、工期、体系转换方法等影响较大, 设计阶段需对其施工工艺进行详尽的了解, 尽可能逼近实际施工过程, 并对一些施工参数留出合理的变化范围。

梁体采用三向预应力, 其中纵向预应力束有 OVM15-19 型和 OVM15-12 型两种, 锚下控制张拉应力  $\sigma_k=0.72R_y^b=1\,339\text{ MPa}$ , 为双向张拉; 横



单位: cm

图 1 箱梁一般构造



单位: cm

图 2 主墩一般构造

分剪力,降低箱梁腹板斜裂缝产生的可能。另外需要注意的是,纵向预应力束在锚固端附近,有一个应力传递扩散范围,在这个范围内预应力属于局部力,主结构计算时,需考虑这段范围内预应力的无效问题。较为保险的做法是:假定锚固块件范围内,预应力有效和无效两种情况,分别进行计算,使应力都满足要求。

本桥结构分析时,分别进行了各施工工况和运营状态的计算,其中施工过程考虑了挂篮操作力、悬臂不平衡重、合拢段操作、体系转换、温度变化等工况,运营状态下分别考虑了强迫位移、非线性温度变化、汽车及挂车活载等作用。

### 3 几个重要问题

#### 3.1 主拉应力的控制

悬浇预应力混凝土连续箱梁,最常见的病害是腹板斜裂缝,一般是因主拉应力过大引起的,因此,有效控制主拉应力在设计中就显得尤为重要。由主

向预应力束采用 BM15-3 扁锚,锚下控制张拉力  $\sigma_k = 0.75R_y = 1\,395\text{ MPa}$ ,为间隔式单端张拉;竖向预应力采用直径为 32 mm 的精轧螺纹粗钢筋,每根张拉力 50 t,张拉方式为单端张拉。

本桥纵向预应力束采用弯起束布置,这样做的好处是充分利用预应力弯束的竖向分力,克服一部

拉应力计算公式可知,增大截面正应力、竖向压应力,以及减小剪应力,均可降低主拉应力。

一般正应力在主结构顺桥向计算时,已经得到了很好的控制;竖向压应力理论上可以采用施加竖向预应力的方法得到,但由于竖向预应力筋长度较短,还要扣除两端应力扩散区,加之在工时,引伸量小、数量又庞大和诸多人为因素的影响,竖向预应力失效现象比较普遍,因此为安全起见,竖向预应力仅作为安全储备而不计入主拉应力计算。

控制剪应力是降低主拉应力比较实际可行的办法。剪应力的计算公式为 $\tau=QS/bI$ (当忽略梁高变化的影响时),据此,减小剪应力的方法有:(1)采用纵向弯起束,减小截面总剪力;(2)取用合理梁高,适当增大截面总刚度。高速公路桥梁荷载标准较大,尤其是 2004 版桥梁规范实施以后,荷载作用进一步加大,而应力控制标准也日趋严格,同时更重点强调了桥梁的耐久性设计。据此,建议根部梁高控制在 $L/16\sim L/18$ ( $L$ 为跨径),跨中梁高控制在 $L/34\sim L/36$ 左右。由于本桥结构不对称比较严重,对受力不利,设计所采用的 2.3~5.0 m 的梁高比较偏紧;(3)适当加大腹板厚度。腹板厚度与剪应力成反比,加大腹板厚度对于减小剪应力有明显作用。事实上设计过程中发现,主拉应力最不利点往往容易出现在腹板变厚段,解决的方法可以将变厚段适当向跨中移,而当跨径不大时(主跨小于 60 m),建议腹板在跨中不必减薄。

3.2 箱梁横向计算

箱梁为单箱单室断面,悬臂和箱体宽度分别达到 4.0 m 和 8.75 m,桥面板横向施加了预应力。

箱梁横向采用闭合框架模式计算,顺桥向取 1 延 m,支座设置于腹板底位置,如图 3 所示。

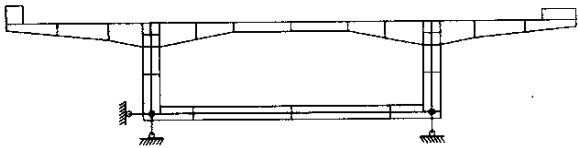


图 3 箱梁横向计算模式

计算荷载需考虑汽车活载、挂车活载、非线性温度变化等因素。对于活载来说,车轮处于不同位置时的纵向有效影响长度是不同的,因此需将不同位置的荷载折算成每延米,再用折线活载影响线的方法计算。

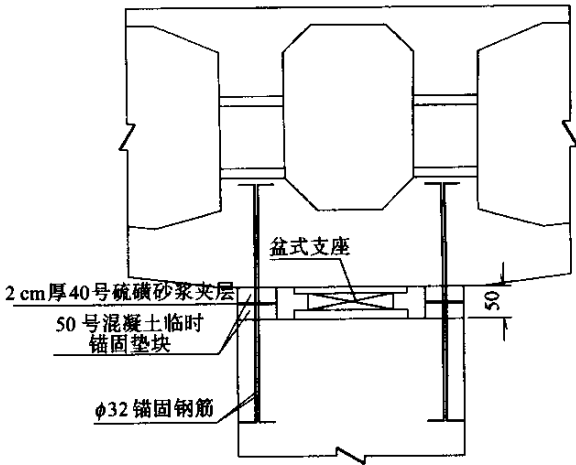
万方数据

由于桥面板厚度较薄,腹板左右截面内力突变

较大,实际设计中,桥面板横向几乎不可能做到全预应力,本桥的恒载+温度工况按全预应力设计,恒载+活载+温度工况按部分预应力 A 类构件设计。

3.3 墩顶临时固结与悬臂不平衡重的考虑

主墩顶临时固结构造如图 4 所示。由此可见 0 号块件采用双横隔板设计的好处是:既避免了大体积混凝土的浇注,又可以充分增大临时锚固的力臂长度,提高抗弯能力;另外,双横隔板与单横隔板相比,对于控制墩顶箱梁畸变也更加有利。



单位:cm

图 4 墩顶临时固结构造

考虑到悬臂施工时,可能出现的混凝土浇注不同步及堆载不均衡等情况,需对主墩能承受的最大不平衡重进行计算。

不平衡重采用容许法计算,不考虑永久支座的作用,受拉侧锚固垫块混凝土不参与工作。计算时,除了考虑最大悬臂不平衡工况外,还应注意小悬臂阶段的不平衡状态。因为悬臂短时,虽然不平衡弯矩小,但这时箱梁在锚固块上的总压力小,不平衡重容易在临时固结处产生较大拉力。

实际施工中允许的最大不平衡重取用计算值的 50%,本桥为 50 t。

3.4 合拢段问题

主结构计算时,需充分考虑好合拢段的施工过程和临时外力大小。合拢段挂篮、模板、机具在合拢后撤走,相当于在合拢处反向施加了集中力,这个力的大小,直接影响到成桥后的结构内力,计算时需要假定合拢段临时荷载的大小范围,并在施工阶段取实际值进行验算,计算实际应力状况和预拱度设置。合拢段挂篮并非越轻越好,当跨中下缘压应力储备

文章编号: 0451-0712(2005)03-0108-03

中图分类号: U448.213.5

文献标识码: B

# 蠡河大桥主桥施工控制要点

肖 军, 李 浩

(江苏省交通规划设计院 南京市 210005)

**摘 要:** 介绍了蠡河大桥主桥的施工概况、挂篮操作流程、预拱度控制和空间预应力束引伸量的计算等几个问题。

**关键词:** 蠡河大桥; 施工控制; 挂篮; 预拱度; 引伸量

蠡河大桥桥梁全长 1 477.902 m, 桥宽  $2 \times$  净 15.25 m。设计荷载为汽车—超 20 级, 挂车—120。

为减小跨径, 主桥采用双幅反对称布置, 上部结构为 49.5 m+90 m+65.5 m 不对称变截面悬浇预应力混凝土连续箱梁。该桥已于 2004 年 10 月建成通车。

悬浇施工工期较长, 挂篮操作复杂, 受外界环境影响大, 需要设计人员进行详细的施工配合, 尤其是预拱度控制更是重中之重。现将该桥主桥部分的施工控制概况介绍如下。

## 1 挂篮操作流程

本桥主墩顶支架浇注块件长 10 m, 悬浇块件长 3~4 m, 最大悬浇块件重 140 t, 边、中跨合拢段长度均为 2 m, 悬浇挂篮设计荷载为 80 t (含模板), 合拢段挂篮设计荷载 40 t (含模板), 悬臂浇注每个块件的实际时间为 7~15 d。

悬浇挂篮施工一个节段过程为: (1) 挂篮和模板就位; (2) 浇注混凝土、养生; (3) 张拉预应力束,

拆模。

合拢段操作包括: (1) 合拢段两悬臂压重; (2) 合拢段两端临时锁定; (3) 挂篮和模板就位; (4) 浇注混凝土, 并在浇注过程中, 同步卸载压重, 养护混凝土; (5) 张拉预应力束; (6) 拆除模板、拆除合拢挂篮。挂篮计算模式如图 1 所示。

合拢段施工时, 为防止混凝土凝固之前悬臂端的变形, 需用型钢进行临时锚固, 临时锚固措施需考虑体系整体温度变化、非线性温度变化、施工移动荷载、风力等影响。混凝土浇注宜在一天中, 温度较低且较稳定时进行, 并采取水箱等载压重, 边浇注边放水, 以保证浇注过程中, 不会因荷载的改变而引起悬臂端位移。

悬臂浇注时, 结构处于静定状态, 挂篮施工荷载对结构最终内力影响不大, 但合拢段施工涉及体系转换过程, 因此合拢挂篮荷载对结构最终内力影响很大, 需严格按设计规定的范围安排施工荷载, 并按实际施工荷载重新验算, 以便设置合理的预拱度。

收稿日期: 2005-01-10

不足时, 可采用较大的合拢压重, 合拢完毕撤除压重, 可将墩顶下缘储备的压应力向跨中下缘转移。合拢挂篮计算图式见图 5 所示。

合拢段施工时, 为防止混凝土凝固之前悬臂端的变形, 常用型钢进行临时锚固, 临时锚固措施需考虑体系整体温度变化、非线性温度变化、施工移动荷载、风力等影响。混凝土浇注应在一天中温度较低时进行, 并采取水箱等载压重, 边浇注边放水, 以保证浇注过程中, 不会因荷载的改变而引起悬臂端位移。

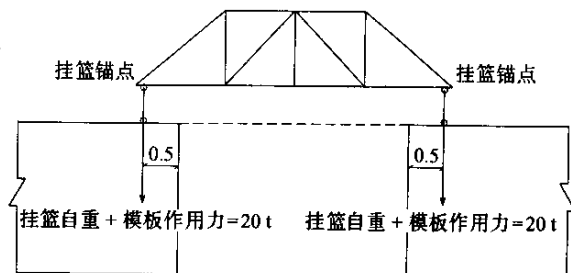


图 5 合拢挂篮计算图式