

挂篮施工时宽幅混凝土箱梁横向框架的受力分析

罗 兵

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 以府河大桥主桥 70+120+70(m)预应力混凝土连续梁为背景,对挂篮施工过程的箱梁横向框架进行了受力分析。结合分析结果,对大跨径、宽幅预应力混凝土连续梁结构设计提出了一些建议,为以后同类型桥梁设计提供参考。

关键词: 挂篮施工;大跨径;宽幅;横向框架;连续梁

中图分类号: U441+.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)05-0177-03

0 引言

随着我国公路基建事业的发展,大跨度预应力混凝土连续梁建设数量不断增加,挂篮施工作为其主要施工方法之一,具有结构轻、拼制拆卸方便、跨间不设支架,施工期间基本不影响通航或行车等优点^[1],被广泛应用于跨山谷、河流及横向道路等较复杂地段的施工。

1 工程概况

眉山市环天府新区快速通道工程(G245至G213连接线)起点与青龙镇工业大道平交,终点交接着观寺镇三岔湖旅游环线,主线全长约48.652 km。道路等级为一级公路(部分考虑市政功能),设计车速为80 km/h;设计荷载为公路-I级,同时满足城-A级。

府河大桥为该工程“两桥一隧”的关键性控制节点。其主桥跨越规划V级航道府河,采用70+120+70(m)预应力混凝土变截面连续箱梁,桥面总宽44.5 m,上下行双幅布置,单幅桥宽22.25 m。箱梁为单箱双室截面,梁底线型按2次抛物线变化,中墩支点梁高7.2 m(高跨比1/16.67),边墩支点和跨中梁高3.0 m(高跨比1/40)。箱梁采用纵、横和竖三向预应力体系,纵向按全预应力构件设计,横向按A类构件设计。府河大桥主桥立面布置图及横断面布置图如图1、图2所示。

2 主梁悬浇节段划分

主梁分4个“T”形由主墩Pm08和Pm09向两侧

收稿日期: 2020-09-11

作者简介: 罗兵(1988—),男,硕士,工程师,从事桥梁工程设计工作。

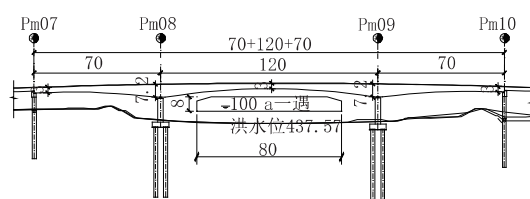


图1 府河大桥主桥立面布置图(单位:m)

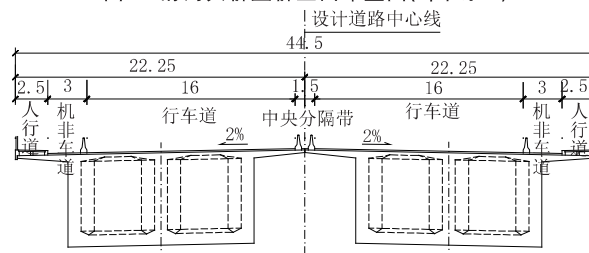


图2 府河大桥主桥横断面布置图(单位:m)

逐节段对称悬臂浇筑。其中:0#块节段长13 m,在主墩支架上浇筑;0#块两侧各15个悬浇节段,节段长分别为 $5 \times 3.0 \text{ m} + 5 \times 3.5 \text{ m} + 5 \times 4.0 \text{ m}$,合龙段长2.0 m,边跨现浇段长8.92 m。全桥共设置1个中跨合龙段和2个边跨合龙段。节段划分及典型横断面如图3~图5所示。

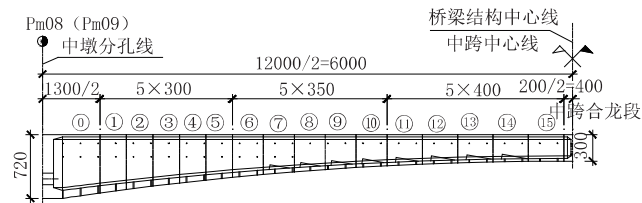


图3 1/2中跨节段划分及编号示意图(单位:cm)

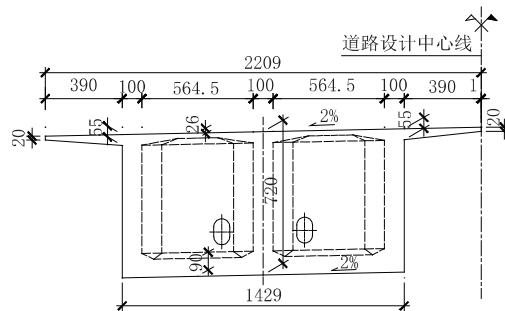


图4 1/2中墩支点断面图(单位:cm)

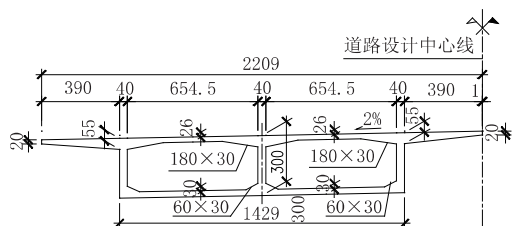


图5 1/2中跨跨中断面图(单位:cm)

3 挂篮

根据施工组织设计^[2],主桥采用自锚平衡式菱形挂篮进行施工,由主桁体系、横梁体系、悬吊体系、行走及锚固体系、模板系统等五部分组成。

主桁体系:由箱型杆件拼装的菱形框架而组成,主桁后部以 $\phi 32$ mm的40Cr高强度销棒穿过箱梁顶板预留孔锚固在顶板上;主桁前部安装上横梁,与悬吊体系及前下横梁形成悬臂吊架。

横梁体系:由前上横梁、后锚梁、前下横梁、后下横梁及底模纵梁等组成,横梁系由45#和56#工字钢加工而成。前上横梁、后锚梁固定在主桁架上,底模纵梁固定在前下横梁上,前下横梁通过悬吊体系吊于前上横梁上,后下横梁由双头螺杆锚在已形成梁段的底板上。

悬吊体系:位于挂篮的前部,主要作用是悬吊和升降底模、侧模、内模及工作平台等。由吊杆、吊杆座、千斤顶、手拉葫芦等组成。吊杆及后锚杆均采用 $\phi 32$ 精扎螺纹粗钢筋。

行走及锚固体系:行走体系主要由手拉葫芦、平滚及行走反压平衡装置组成,挂篮行走时反压平衡装置锚固于箱梁竖向预应力筋上;挂篮锚固体系由主桁上的反压型钢、精轧螺纹钢筋构成,挂篮行走到位后,用精轧螺纹钢将主桁上的反压型钢锚固于已浇筑梁段上,并用液压千斤顶施加一定的预压力。

模板系统:主要由底模、外模及内模等组成。

图6为挂篮悬浇施工现场示意图。



图6 挂篮悬浇施工现场示意图

4 施工阶段箱梁横向框架验算

4.1 节段选取

选取现浇1#段(节段最重)、现浇3#段(2#段顶

底板横向配筋间距变化)、现浇15#段(14#段底板最薄)三个控制工况对箱梁顶底板进行验算。验算截面取挂篮中门架支承处的分界截面,具体情况如表1所列。

表1 各控制工况下箱梁结构参数表

序号	节段	梁高/cm	顶板厚/cm	腹板厚/cm	底板厚/cm	横向配筋/mm
工况1	现浇1#	659.4	26.0	95.5	81.4	20@100
工况2	现浇3#	582.0	26.0	89.2	70.3	20@150
工况3	现浇15#	302.1	26.0	44.2	30.3	20@150

4.2 计算建模

采用Midas Civil进行计算,取验算截面处1.0 m宽箱梁结构建立框架模型,在每道腹板位置设竖向支撑,计算模型采用梁单元模拟,主梁混凝土材料为C55,横向主筋为HRB400,内力采用kN·m制,应力单位MPa。

4.3 计算荷载

考虑恒载(现浇节段、挂篮及框架等自重)、施工活载、体系升降温、顶板温度梯度等^[3],荷载考虑有效分布宽度后,以集中力形式作用在顶底板吊点及锚点处,计算模型如图7~图11所示。

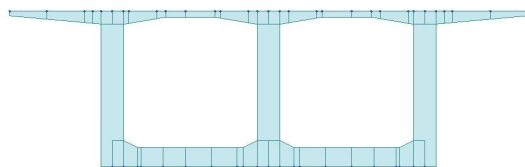


图7 工况1(现浇1#段)横向框架计算模型

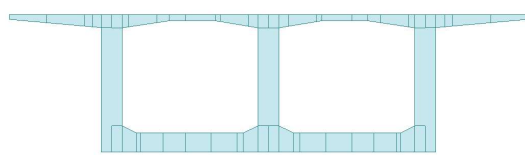


图8 工况2(现浇3#段)横向框架计算模型

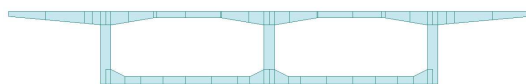


图9 工况3(现浇15#段)横向框架计算模型

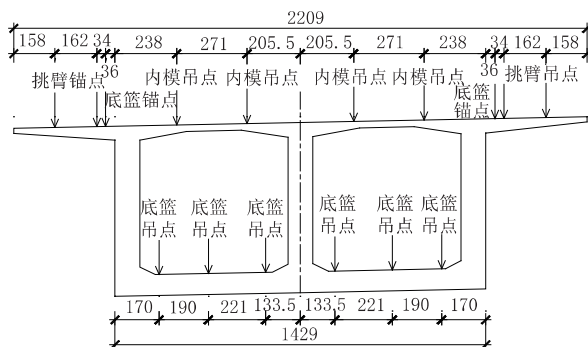


图10 计算模型加载示意图(中门架处)(单位:cm)

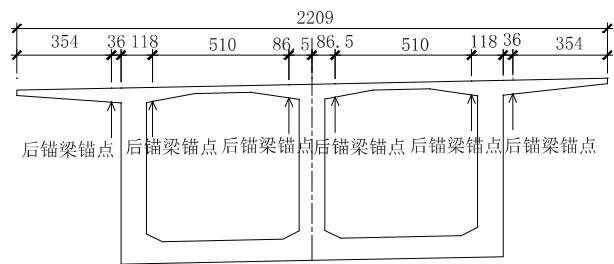


图 11 计算模型加载示意图(后锚梁处)(单位:cm)

4.4 计算结果

按设计要求,对横、竖向预应力滞后两个节段进行张拉,即现浇该节段时,刚完成的上节段尚未张拉横、竖向预应力,故横向框架按普通钢筋混凝土构件进行验算。短暂状况下,混凝土及钢筋应满足以下要求^[4]:

(1)受压区混凝土边缘的压应力:

$$\sigma_{cc}^t = \frac{M_k^t x_0}{I_{cr}} \leq 0.8 f_{ck} \quad (1)$$

(2)受拉钢筋的应力:

$$\sigma_{st}^t = \alpha_{ES} \frac{M_k^t (h_0 - x_0)}{I_{cr}} \leq 0.75 f_{ck} \quad (2)$$

(3)中性轴处主拉应力:

$$\sigma_{tp}^t = \frac{V_k^t}{b z_0} \leq f_{ck} \quad (3)$$

箱梁横向框架最不利受力在吊点及锚固点处的承托倒角位置,计算高度 $h_c = h_j + \tan \alpha$ ($\tan \alpha \leq 1/3$)。计算结果如表 2 所列。

5 结论及建议

通过对大跨径预应力混凝土连续梁挂篮施工时短暂状况的横向框架构件进行计算,结果表明:箱梁横向框架构件在挂篮施工过程中的受力均满足规范要求。结合分析结果,建议如下:

(1)顶底板横向配筋相同情况下,横向框架由后锚梁处的顶板受力控制,建议结构设计时,顶板厚度

表 2 各控制工况下顶底板验算结果一览表

工况	位置	最大应力 /MPa	限值 /MPa	结果
工况 1	顶板	9.4	22.72	(1)满足
		197.3	300	(2)满足
		0.76	2.192	(3)满足
	底板	2.7	22.72	(1)满足
		84.4	300	(2)满足
		0.21	2.192	(3)满足
工况 2	顶板	9.7	22.72	(1)满足
		248.6	300	(2)满足
		0.60	2.192	(3)满足
	底板	3.3	22.72	(1)满足
		121.4	300	(2)满足
		0.2	2.192	(3)满足
工况 3	顶板	6.3	22.72	(1)满足
		159.8	300	(2)满足
		0.40	2.192	(3)满足
	底板	5.0	22.72	(1)满足
		132.7	300	(2)满足
		0.22	2.192	(3)满足

不宜过薄,并适当增加顶板的承托倒角尺寸。

(2)挂篮悬浇时,前 3~4 个节段相对较重,顶底板受力较大,后锚梁处的挑臂根部下翼缘亦承受较大拉力,建议加强其横向配筋。

(3)箱梁横向框架计算时,除应考虑成桥运营状态下的受力状态,尚需对后续实际施工方案下的短暂状况进行验算,而后者容易被遗漏。

参考文献:

[1] 乔虎虎.公路桥梁施工中挂篮悬浇施工应用技术[J].交通世界,2020(9).
[2] 上海建工四建集团有限公司.府河大桥上部结构预应力混凝土连续箱梁施工专项方案[Z],2018.
[3] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].
[4] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

(上接第 176 页)

[4] 张培培.高速公路沥青路面平整度的施工控制[J].河南建材,2018(4):281-282.
[5] 顾晓伟.刍议如何提高沥青混凝土桥面铺装平整度[J].科技创新与应用(路桥科技版)2015(16):208.
[6] 刘立斌.施工中提高桥面铺装平整度的几点措施[J].交通世界,2009(15):203-204.
[7] 周晓晴,孙立军,颜利.各国路面平整度验收规范[J].中外公路,2006(26):52-56.
[8] 韩飞,王虎,谈丹辉,等.考虑桥面不平平整度的铺装层动力响应研究

[J].同济大学学报(自然科学版),2017(9):1284-1289.
[9] 苏曼曼,张洪亮.路桥过渡段沥青路面平整度的评价方法[J].江苏大学学报(自然科学版),2018(39):362-367.
[10] 邢国彬.如何提高桥面铺装平整度[J].桥梁与隧道工程,2016(9):72-74.
[11] 严志刚,盛洪飞,陈彦江.桥面平整度对大跨度钢管混凝土拱桥车辆振动的影响[J].中国公路学报,2004(17):41-44.
[12] 吴建方.公路水泥混凝土路面平整度控制措施[J].工程建设与设计,2017(12):129-131.