

滨海斜拉大桥 主塔中塔柱混凝土施工技术

郑 力 韩振勇

(天津城建集团有限公司,天津 300050)

摘 要:介绍在中塔柱施工中容易出现的问题,如何确定主动横撑的位置、确保根部混凝土不开裂的方法,爬模工艺流程和操作要点。

关键词:斜拉桥;附加应力;主动横撑;爬模

中图分类号:U448.27

文献标识码:B

文章编号:1008-3197(2004)01-0024-03

1 概况

滨海大桥主桥的桥塔为钻石型,全高 140.12 m,分上、中、下三个区,其中下塔柱为 V 型,高 31.02 m;主塔中塔柱呈八字型,全高 62.00 m(至中横梁中),塔肢横梁桥向为内倾等截面,宽度为 4.5m,倾斜度为 1:4;塔肢纵桥向为变截面,斜度为 1:96.62。中塔柱顶部两塔肢距离为 3 m,中塔柱每个塔肢内部设 8 组劲性骨架,每组骨架断面尺寸为 400 mm×400 mm,主肋为 L100×100×10 角钢,连接杆件为 L40×40×5 角钢,塔柱混凝土为 C50。

2 中塔柱混凝土施工技术特点

中塔柱高 62 m,其根部距地面 32 m,除内侧紧靠下横梁外,另外三面均呈悬空状态,无法搭设满堂脚手架,中塔柱施工一般都采用悬臂裸塔爬模法施工,它可以有效解决高空模板安装就位,提高高空作业的安全性;二是摒弃了满堂红搭设脚手架管施工的繁琐工艺,大大简化了施工工序,从而可以加快施工进度;三是可以利用手动葫芦等小型机械设备作为爬架、模板提升的自身动

力,大大缓解垂直运输的压力。

中塔柱向内倾斜,为保证施工过程中塔柱的稳定、控制变形和消除施工带给的初应力,要求间隔 15 m 左右设置一道撑杆,撑杆安装时要选在气温平稳、风力不大的状态下进行,撑杆要有足够的刚度,其端点与预埋件连接要牢固。撑杆安装顺序为:浇注块件混凝土并养护→施加顶撑力→保持顶撑力并浇注下一块件混凝土。

3 中塔柱施工易出现的问题

3.1 混凝土外侧根部开裂

中塔柱为‘八’字型,向内倾斜角度为 14.04°,同下塔柱施工原理一样,由于塔柱的大斜率而在大悬臂状态下由混凝土自重和其它施工荷载等产生的水平分力会在中塔柱根部形成较大的弯矩,再加上塔柱混凝土为分段浇筑,每段塔柱混凝土及施工荷载产生的弯矩会叠加,从而最终使中塔柱根部外侧混凝土出现较大的拉应力而引起开裂。

3.2 混凝土内部产生附加应力

由于中塔柱在悬臂状态下由自重和施工荷载产生的弯矩会在混凝土内部产生附加应力,使成桥后中塔柱弯矩图与理想状态成塔弯矩图不一样,无法满足设计要

收稿日期:2003-10-20

作者简介:郑力(1965-),男,高级工程师,天津城建集团副总工程师,工程硕士,主要从事市政工程的施工及管理工作。

求,从而影响桥梁的使用寿命。

4 悬臂裸塔爬模加主动横撑法施工工艺

为使施工附加应力控制在设计允许范围内及塔柱后期反弯矩储备的需要,需要在施工过程中设置一定的主动支撑来减少水平分力的影响,通常采用设置横向钢管支撑,此方法可用几道直径较大的横向钢管支撑作为临时横系梁在中塔柱施工过程中分隔一定高度,与塔柱临时固结在一起形成框架,增强塔柱施工过程中的稳定性和安全性;另外在安装横向钢管支撑时可利用它本身较大的刚度和强度用千斤顶对中塔柱内壁施力变被动支撑为主动支撑,克服中塔柱施工过程中因混凝土自重和施工时荷载而引起的附加应力的积累,因而采用横撑是较为简洁而又行之有效的方案。

中塔柱施工最终确定为悬臂裸塔爬模法施工加主动横撑的方法,即利用悬臂裸塔爬模施工浇筑至一定高度加设一道横撑主动施力,克服悬臂状态下的附加应力,在继续悬臂浇筑一定高度加第二道横撑,如此类推完成中塔柱施工,中横梁完成后拆除所有横撑。

5 施工中关键技术研究

在中塔柱施工过程中,最重要的是解决好横撑位置的选择。第一道横撑支撑位置确定的原则:根据中塔柱根部在悬臂浇筑中混凝土自重及施工荷载作用下不产生裂缝的最大悬臂高度。依据的公式为

$$\delta = M/W - N/A \leq KR \quad (1)$$

式中: δ ——中塔柱根部受拉区混凝土的计算拉应力, MPa;

M ——第一道横撑施加前中塔柱根部高度计算范围内的塔柱自重及施工荷载、横向风力在根部产生的弯矩, kN·m;

W ——中塔柱根部截面抵抗矩, kN·m;

N ——第一道横撑施加前中塔柱根部高度计算范围内的塔柱自重及施工荷载、横向风力在根部产生的轴力, kN;

A ——中塔柱根部截面面积, mm²;

R ——中塔柱浇筑到最大悬臂高度时根部混凝土的极限拉应力, MPa;

K ——安全系数。

根据公式确定塔柱混凝土浇注最大悬臂高度。经实际计算,在混凝土自重、横向风力和爬模等施工荷载作用下,在 16 m 高的悬臂状态下,中塔柱根部拉应力达到 1.6 MPa 即将开裂,考虑到一定的安全储备,我们将第一道支撑布置在 12 m 高的位置上。

第二道横撑确定位置的方法为:对第一道横撑位置中塔柱混凝土截面进行应力控制以确定第二道横撑的高度。依次类推,确定其它横撑的位置,直至中塔柱(含中横梁)浇筑完毕。按照这一原则,第二道横梁距下横梁顶 24 m,第三道 36 m,第四道 48 m,见图 1。

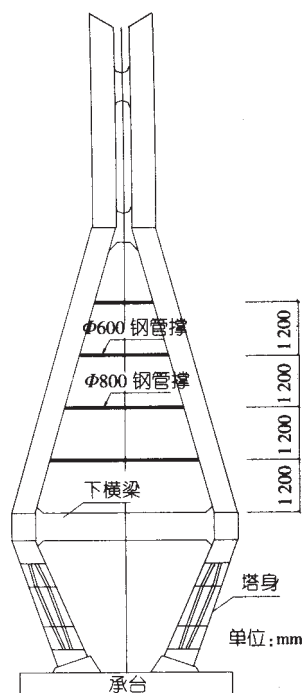


图1 中塔柱顶撑位置

6 施工控制方法

6.1 横撑主动力确定的原则

为了达到预期效果且不影响中塔柱整体线形,对变形和内力进行双控,在控制中塔柱各截面拉应力的同时保证塔柱整体线形。在将钢管位置、钢管刚度和施工荷载提供给设计后,计算出各施工阶段在各节点产生的水平位移,同时计算出中塔柱施工完成后撤除各横撑后在中塔柱各节点产生的水平位移,将上述水平位移总和作为中塔柱各阶段施工的水平位移调整值(预偏量),使中

塔柱线形符合设计要求。

经计算,第一道横撑顶力为 3 920 kN,第二道横撑为 2 910 kN,第三道横撑为 2 040 kN,第四道横撑为 2 840 kN。

因计算长度分别达 27 m 和 21 m,考虑到稳定要求,第一、二道横撑采用直径 800 mm 钢管,每道由对称两根钢管组成,端部设千斤顶,为便于施工,在设计同意的前提下,顶力一次顶压完成,顶力施加完成后,将钢管头部与塔柱预埋钢板焊接固定。

因计算长度的减少(计算长度分别为 15 m 和 9 m),第三、四道横撑采用直径 600 mm 钢管,每道由两根组成,安装方法同第一、二道一样。

为增强每道两根钢管的稳定性,两根钢管之间要用型钢连接组成平面桁架,增加顺桥向稳定。为了减少横撑自重挠度,中间要加设一个支撑点。

中塔柱施工过程中根部应力见图 2 和表 1。

表 1 中塔柱施工根部截面应力值

施工部位		浇筑 1~3 段混凝土	浇筑 4~6 段混凝土, 第一道横撑 3 920 kN	浇筑 7~9 段混凝土, 第二道横撑 2 910 kN	浇筑 10~12 段混凝土, 第三道横撑 2 040 kN	浇筑 13~15 段混凝土, 第四道横撑 2 840 kN
中塔柱根部	内侧	-1.48	-1.67	-0.721	-1.21	-1.108
	外侧	0.75	0.56	-0.639	-0.65	-0.741

注:拉应力为负,压应力为正

7 结论

通过在中塔柱根部预埋的钢弦计测得的数据表明,在整个塔柱施工过程中中塔柱根部应力始终未超过设计允许值。经实际检验,中塔柱根部和各段混凝土内、外侧均没发现横向裂缝。中塔柱正常施工进度达到1.4 m/d,居国内先进水平。索塔的轴线偏位和倾斜度也小于国家规范允许值,中横梁完成后,经实测,索塔轴线偏位小于±10 mm,倾斜度小于 H/ 7000,均符合国家规范要求。实践证明中塔柱施工采用爬模结合主动横撑对于既高又斜的塔柱是一种可行的施工方法。

参考文献:

[1] 宋达,盛红专.南京长江第二大桥南汊桥主塔中塔柱施工方案介绍[A].第十四届全国桥梁学术会议论文集[C].上海:同济大学出版社,2001,125~126.

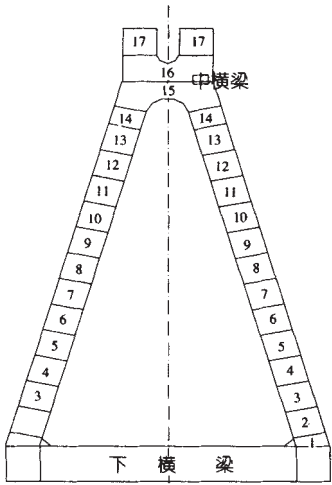


图 2 中塔柱混凝土分段

Concrete Construction Technique of the Middle Tower of the Main Tower in Binhai Cable-stayed Bridge

ZHENG Li HAN Zhen-yong
(Tianjin Urban Construction Group Co.Ltd,Tianjin 30050,China)

Abstract: The common problems of the middle tower construction is how to locate the active cross brace,the methods of ensuring the concrete against crack,the technologic and operation skills of the climbing form.

Keywords: cable-stayed bridge; additional stress; active cross brace; climbing form