

千米级斜拉桥主塔横梁先塔后梁施工技术

朱晓明, 王昌喜

(中交二公局 第一工程有限公司, 湖北 武汉 430056)

摘要: 嘉鱼长江大桥为主跨 920 m 混合梁斜拉桥, 采用钻石形桥塔, 桥塔下、中塔柱转折处设置一道下横梁, 采用先塔后梁的方法进行施工。为避免塔柱外倾造成塔肢根部应力过大, 在下横梁底部设置拉压体系。文中从模板施工、钢筋施工、砼分层浇筑和预应力筋施工等方面阐述了下横梁施工技术。

关键词: 桥梁; 斜拉桥; 桥塔; 下横梁; 拉压体系

中图分类号: U445.4

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)03-0144-04

1 项目概况

嘉鱼长江公路大桥为主桥主跨 920 m 非对称单侧混合梁、半漂浮体系斜拉桥(见图 1), 桥跨布置为 5×30 m 预应力砼连续小箱梁 + $[(70 + 85 + 72 + 73) + 920 + (330 + 100)]$ m 双塔非对称单侧混合梁斜拉桥 + $[8 \times (6 \times 50) + (5 \times 50) + (55 + 100 + 55)]$ m 预应力砼连续箱梁桥。11# 主塔(嘉鱼侧)

为钢筋砼结构, 外形为空间钻石形, 高 251.41 m。下横梁位于下、中塔柱转折处, 断面构造为正梯形, 顶宽 11.593 m, 底宽 11.771 m, 高 8.0 m, 砼设计强度等级为 C50, 共 $1\,660\text{ m}^3$ (见图 2、图 3)。

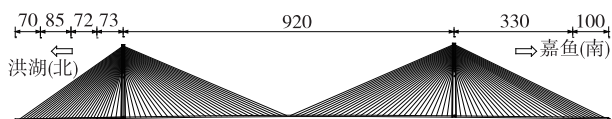


图 1 嘉鱼长江公路大桥主桥桥型布置(单位:m)

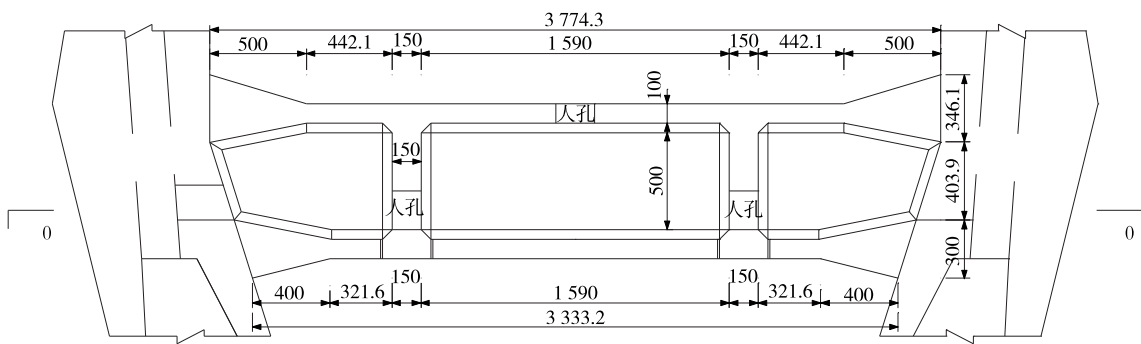


图 2 主塔下横梁立面图(单位:cm)

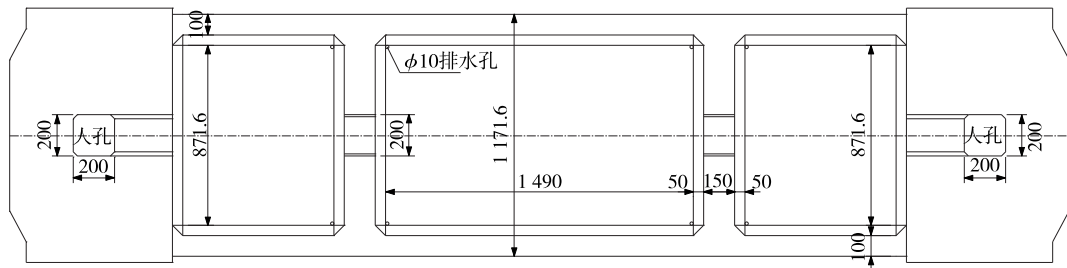


图 3 主塔下横梁平面图(0—0 截面, 单位:cm)

2 下横梁施工流程

斜拉桥主塔下横梁主要有塔梁同步、先梁后塔、

先塔后梁 3 种施工方法, 需根据主塔结构设计、施工工期与环境等选择最优施工方法, 以有效控制主塔施工应力, 提高施工质量, 节约成本和工期。通过方

案比选,该桥主塔下横梁采用塔梁异步施工、先塔后梁、不设湿接缝的施工方法。先将主塔左右两塔肢施工到标高 57.535 m 位置(见图 4),再搭设下横梁施工支架,按照 6 m+2 m 高度分 2 层浇筑施工下横梁。为避免塔柱外倾造成塔肢根部应力过大,在下横梁底部设置拉压体系。下横梁施工流程:

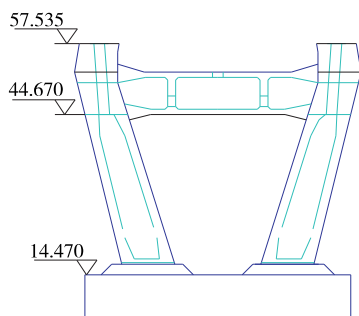


图 4 下横梁标高(单位:m)

(1) 索塔砼浇筑到标高 57.535 m 时,同步搭设下横梁施工支架,张拉下横梁底板临时预应力束,在索塔标高 39 m 附近安装拉压杆钢管,钢管与下塔柱两肢形成刚性连接后卸载下横梁底板临时预应力束(见图 5)。

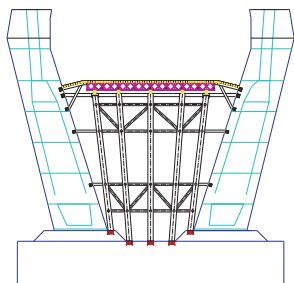


图 5 下横梁施工步骤一

(2) 绑扎下横梁底板、腹板及隔板钢筋,安装模板,浇筑下横梁第一节 6 m 高度砼(见图 6)。

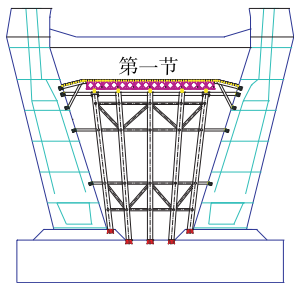


图 6 下横梁施工步骤二

(3) 在下横梁内腔安装顶板支架、顶板底膜,绑扎下横梁顶板钢筋,浇筑下横梁第二节 2 m 高度砼(见图 7)。

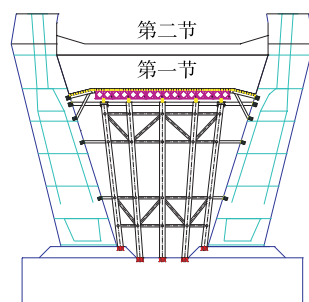


图 7 下横梁施工步骤三

(4) 张拉下横梁第一批预应力钢束并压浆,在中塔柱施工至第 17 节段时,先解除下塔柱临时拉杆,再解除下横梁支架与下横梁之间的约束,在中塔柱合龙后张拉第二批预应力钢束并压浆,完成下横梁施工。

3 下横梁临建设计及施工

3.1 支架设计与施工

下横梁支架由钢管支架和牛腿托架组成。在承台及塔座施工时,顶面预埋钢板作为钢管支架的基础;在左右两塔肢施工至 44.670 m 时,内侧预埋爬锥作为牛腿托架的附墙。钢管桩型号为 $\phi 100 \times 10$ mm 钢管,横桥向布置 5 排,纵桥向每排 3 根,为改善支架上部结构受力状况,支架部分钢管采用斜桩设计;在钢管桩顶面设 3 根 I56b 型钢作为桩顶主梁,在桩顶主梁上安装贝雷片,贝雷片上放置 I20 分配梁;在下横梁两端斜倒角处设置牛腿托架,托架采用 2 根 I45b 型钢制作(见图 8)。

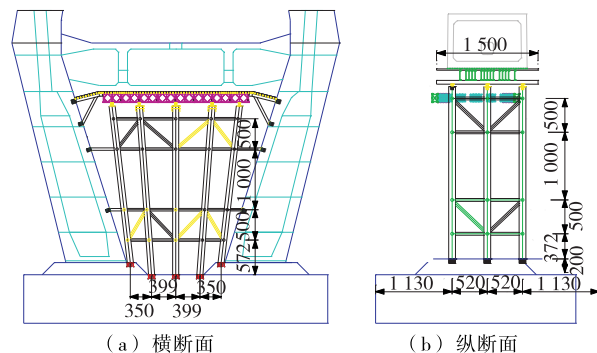


图 8 下横梁支架设计(单位:cm)

3.2 拉压体系设计与施工

为降低塔梁异步施工中下塔柱根部的拉应力,在两下塔柱之间设置临时拉杆,临时拉杆采用 4 根 $\phi 820 \times 16$ mm 钢管,其两端与塔柱之间刚性连接(见图 9)。

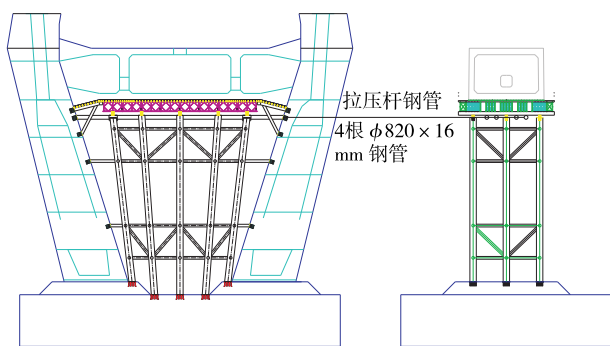


图9 下横梁拉压杆设计

在塔柱标高 57.535 m 段砼浇筑完成、下一节段砼浇筑前搭设下横梁支架,利用下横梁底模作为施工平台,施工并张拉下横梁底板 4 根 B1 预应力束(见图 10)。在环境温度 T 为 15°C 且分布均匀的条件下张拉控制力 F 为 450 t,若环境温度偏离 15°C ,则 F 按下式修正:

$$F = 78 \times (T - 15) + 450$$

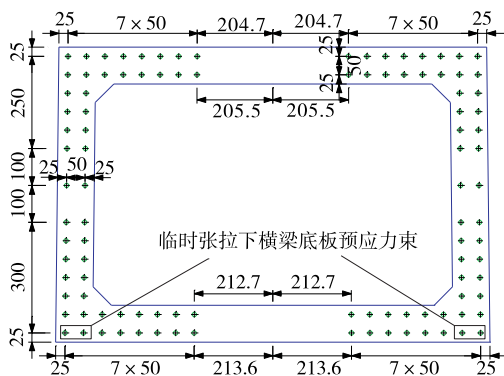


图10 下横梁预应力设计(单位:cm)

临时预应力张拉顺序为先横桥向左右对称张拉,再由外侧向内侧张拉。下横梁底板临时预应力张拉完成后,将下塔柱标高 44.670 m 处的 4 根水平临时拉杆与上下游塔柱进行刚性连接,随后卸载下横梁底板已张拉临时预应力束,将临时预应力束的张拉力转移至水平临时拉杆,形成拉压体系,以有效控制先塔后梁施工中下塔柱根部的拉应力。

3.3 模板设计与施工

下横梁底模采用 18 mm 厚竹胶板,竹胶板下部横桥向布置 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 木枋,支承于支架顺桥向 I20b 分配梁上,并在下横梁两腹板底部加密。底模竹胶板安装宽度为下横梁底宽,侧模以外包方式与底模组合。竹胶板安装时注意板与板间留置 1 mm 宽缝隙,避免温差影响导致模板拱起。根据支架计算结果,底模设置 15 mm 预抬值。

侧模采用大块钢模,内模采用木模,下横梁内腔设置满堂支架作为下横梁顶板承重体系,兼作施工操作平台。

4 砼施工

4.1 钢筋安装

下横梁主要有 $\phi 32$ 、 $\phi 25$ 、 $\phi 20$ 、 $\phi 16$ 和 $\phi 12\text{ mm}$ 5 种钢筋。其中下横梁主筋伸入左右塔肢内,根据先塔后梁施工步骤,在塔柱施工时提前预埋,采用直螺纹一级接头连接,塔肢模板拆除后找出套筒。为调整钢筋长度,预埋的连接套筒全部采用定制的加长型套筒。因下横梁高度达 8 m,为确保腹板钢筋施工安全和安装定位精度,采用型钢加工劲性骨架辅助施工。

钢筋绑扎顺序为底板钢筋→腹板竖向、水平钢筋→隔板钢筋→顶板钢筋。

4.2 砼浇筑

下横梁砼竖向分 2 层浇筑,浇筑高度为 $(6+2)\text{ m}$,采用汽车泵施工。为减小砼自由落体高度,悬挂串筒下料辅助砼浇筑。串筒单节长 1 m,根据浇筑高度,在浇筑过程中接长或缩短溜筒长度,保证砼自由落体高度不大于 2 m。

第一层砼浇筑时,先浇筑底板及倒角,为确保支架受力均匀,底板由中间向四周对称浇筑,最后对称浇筑腹板及隔墙。第二层砼浇筑时,先对称浇筑腹板及隔墙,最后浇筑顶板。

砼分层厚度为 30 cm,布料间距为 1 m,沿水平方向逐渐推进。采用插入式振捣器振捣,振捣砼时快插慢拔,严禁用振捣棒拖拽砼布料,且振捣棒移动间距严格控制在 75 cm 左右,确保砼振捣密实。底板及下倒角浇筑后同时设置 75 cm 宽压脚板,以防浇筑腹板时翻浆。

4.3 预应力张拉

下横梁预应力筋采用深埋锚工艺即锚垫板栓接一段套筒,共设置 104 束 $19\phi^{*}15.2\text{ mm}$ 预应力钢绞线,锚下张拉控制应力为 1 320.6 MPa。施工塔柱时先用胶带和泡沫塑料封堵波纹管及套筒,严禁施工时砼进入套筒内,浇筑下横梁前用 PE 塑料管穿进预应力管道以保证管道畅通。

下横梁预应力筋分 2 批次张拉,除顶板下层 14 根 T2、T3 和底板顶层 14 根 B2、B3 在中塔柱两塔肢合龙后张拉外,其余钢束均在下横梁砼强度合格并达到 7 d 龄期后张拉。采用 4 台千斤顶左右对称

同步张拉,张拉完成后进行真空压浆。

5 结语

嘉鱼长江大桥 11[#] 南主塔下横梁采用先塔后梁的施工方法,下横梁支架由钢管支架和牛腿托架组成,钢管支撑在承台顶面,托架支撑在下塔柱上。为避免塔柱外倾造成塔肢根部应力过大,在下横梁底部设置拉压体系。拉压体系设计新颖(结合主体结构预应力设计及支架牛腿布置方案),在整个施工过程中塔肢根部拉应力控制恰当,不但保证了下横梁施工质量,且节约了近 45 d 工期。

(上接第 108 页)

裂缝处治不适用;市场上的沥青路面裂缝处治密封胶的低温拉伸和弹性恢复指标较差,但其软化点、延伸率、针入度和粘韧性指标较高。根据南方湿热地区的湿热特性和目前材料现状,沥青路面裂缝处治密封胶未来的改善方向主要为抗硬物破坏、浸水低温拉伸、低温拉伸性三方面,使其能适应气候、地质及高速载重环境。

参考文献:

- [1] 宋健民,白鹏飞,管晓晴.半刚性基层沥青路面反射裂缝建模分析[J].公路工程,2017,42(3).
- [2] 丛林,于露,魏强.沥青路面防水抗裂功能层缓解反射裂缝的数值分析[J].公路工程,2014,39(4).
- [3] 李强,倪富健,王文达,等.沥青路面裂缝修补材料技术性能对比研究[J].公路工程,2013,38(6).

(上接第 136 页)

全站仪对塔架进行全过程监控,并根据观测数据不断调整吊运速度和方向。

参考文献:

- [1] 顾安邦.桥梁工程(下册)[M].北京:人民交通出版社,2000.
- [2] 向中富.桥梁施工控制技术[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [3] 邓志华.大跨度钢筋混凝土拱桥空间稳定性分析[J].四川建筑,2005,25(1).
- [4] 张奇志,毛生华.吊井岩大桥施工中扣索受力分析及拱肋安装[J].公路与汽运,2008(4).
- [5] 赵朝阳,杨文爽,李传习.缆索吊装主索系统的受力分

参考文献:

- [1] 欧阳晓勇,张建军,崔学涛.苏通大桥主 5 号墩索塔下横梁施工技术[A].第三届全国公路科技创新高层论坛论文集(下册)[C].2006.
- [2] 余定军,王吉英,刘勇,等.斜拉桥钻石形主塔下横梁与塔柱异步施工技术[J].公路,2010(11).
- [3] JTG/T F50—2011,公路桥涵施工技术规范[S].
- [4] 李盛泽.闽江大桥主塔下横梁施工方案优化与技术研究[J].公路交通科技:应用技术版,2011(4).

收稿日期:2018-03-04

- [4] 刘浩,黄开宇,邓蓉.考虑半刚性结构层横向贯通裂缝的沥青路面疲劳特性分析[J].公路工程,2012,37(2).
- [5] 马玉成.丘陵地区沥青路面裂缝原因分析及预防对策研究[J].湖南交通科技,2012,38(3).
- [6] 彭鹏.沥青路面反射裂缝的研究现状分析[J].湖南交通科技,2012,38(3).
- [7] 刘畔.高速公路沥青路面裂缝分析与处治措施研究[J].公路与汽运,2016(1).
- [8] 李茂山.沥青路面裂缝深层处治方法的研究与应用[J].公路与汽运,2011(4).
- [9] Ai-Qadi I L.Characterization of bituminous-sextants utilizing modified bending beam rheometer[A].Transportation Research Board 85th Annual Meeting [C].2006.
- [10] JT/T 740—2015,路面加热型密封胶[S].

收稿日期:2017-12-09

析算法与工作性能[J].广西大学学报:自然科学版,2010,35(4).

- [6] 王勃.大跨径拱桥缆索吊装施工系统仿真分析[D].西安:长安大学,2012.
- [7] 王国俊.大跨度钢管混凝土拱桥无支架缆索吊装过程中的仿真计算分析[D].长沙:长沙理工大学,2005.
- [8] 刘兴臣.大跨度箱形拱桥缆索吊装施工过程监控[D].成都:西南交通大学,2008.
- [9] 刘雪峰.钢筋砼拱桥钢拱架现浇施工控制关键技术[J].公路与汽运,2016(5).
- [10] 黄祖华.基于环境振动试验的钢筋砼拱桥有限元模型研究[J].公路与汽运,2015(1).

收稿日期:2017-12-28