

# 斜拉桥空间异形索塔上横梁施工支架受力分析

徐启明, 郑作为

(长沙理工大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410114)

**摘要:** 以某双塔双索面预应力砼梁斜拉桥为工程背景, 应用有限元分析软件 ANSYS 对上横梁支架进行精细化建模, 研究门形索塔上横梁施工过程中上横梁支架的力学特性, 分析空载和满载工况下支架主横梁、牛腿、纵向分配梁、扶墙杆、三角托架等主要构件的受力状态, 验证其在最不利荷载组合工况下的安全性能。计算结果表明, 上横梁支架主要构件的强度和变形均满足设计及规范要求。

**关键词:** 桥梁; 斜拉桥; 异形索塔; 上横梁; 施工支架

中图分类号: U448.27

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)04-0118-02

斜拉桥施工中, 由于特大桥梁主塔高度较大, 若采用落地钢管少支架施工, 施工工程措施量很大, 工程精度难以把控, 安全风险也较高, 上横梁越来越多地使用支架进行施工。某双塔双索面预应力砼梁斜拉桥采用支撑在主塔上的牛腿支架进行施工, 该文对该支架的受力性能进行分析。

## 1 工程概况

某双塔双索面预应力砼梁斜拉桥跨径布置为 150 m+328 m+150 m。采用门形索塔, 塔底底面高程 5 m, 塔顶高程 130 m, 索塔总高度 125 m。索塔共设置上、下两道横梁, 箱形截面, 采用 C50 砼。

下横梁宽 6 m, 根部梁高 8 m, 跨中梁高 5.5 m, 顶、底、腹板厚度均为 1 m, 竖向支座对应位置处设置 0.4 m 厚横隔板; 上横梁宽 6 m, 高 5 m, 顶、底、腹板厚度均为 0.8 m, 下方设置装饰块, 厚度为 0.5 m。

主塔上横梁采用支撑在主塔上的牛腿支架进行施工, 对主塔结构不造成影响, 且可大幅度节约工期, 消除施工安全隐患, 经济和社会效益良好。

## 2 上横梁支架结构布置

(1) 总体结构布置。上横梁施工支架由三角托架、牛腿、主横梁、拱架、钢立柱支撑架、扶墙、纵向横梁和横向分配梁等组成(见图 1)。

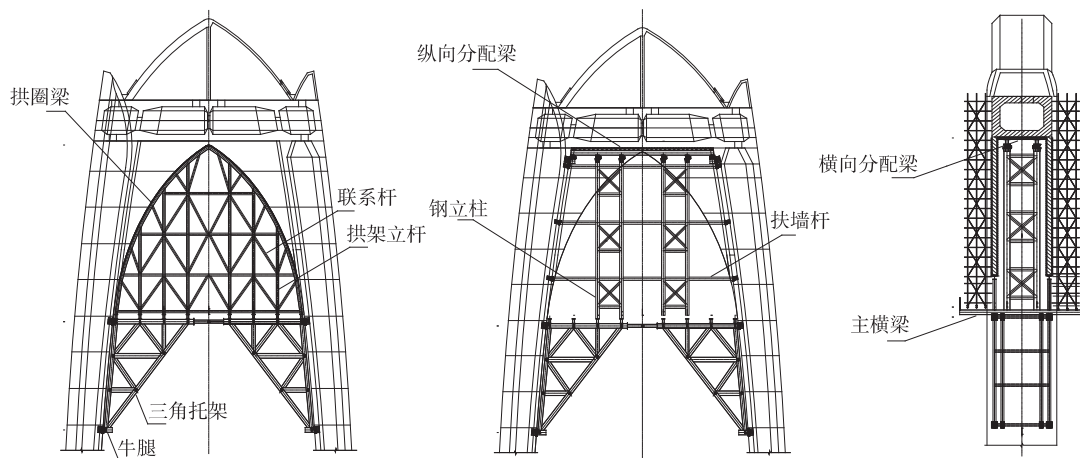


图 1 上横梁施工支架总体结构布置

(2) 上部结构布置。两侧装饰块下方布置拱架承受装饰块及其对应位置上横梁现浇载荷, 拱圈梁采用 400 mm×400 mm 工字形截面, 拱架立杆采用 HM390×300 mm, 平联和斜杆采用双槽钢 28a。中

部布置钢立柱支撑架承受上横梁中部现浇载荷, 自上而下主要为模板系、I20a 横向分配梁、2HM588×300 mm 型钢纵向分配梁、卸荷块, 钢立柱采用  $\phi 600 \times 10$  mm 钢管, 平联和扶墙杆采用  $\phi 400 \times 6$  mm, 斜

撑采用双槽钢 28a。所有材料均为 Q235B 钢材。

(3) 下部结构布置。上横梁施工支架沿桥中心线两侧对称布置四榀三角托架形成支撑平台,三角托架顺桥向间距为 0.8 m+3.9 m+0.8 m,托架所有杆件均采用 HM588×300 mm 型钢梁。三角托架下部采用牛腿作为支撑,上部与钢板预埋件焊接连接。两侧三角托架中间联系杆为  $\phi 400 \times 16$  mm,采用哈弗接头连接。三角托架横向设置多道双槽钢 28a 斜杆和剪刀撑。所有材料均为 Q235B 钢材。

### 3 上横梁施工支架受力分析

#### 3.1 分析工况

按最不利原则,考虑两种工况对索塔上横梁施工支架进行结构计算分析。

工况 1:空载状态。在施工阶段设计基本风速 (37.6 m/s) 条件下,支架模板安装到位,但不进行砼浇筑。该工况下支架承受水平荷载作用时处于最不利状态。

工况 2:浇筑砼状态。风速不超过 13.8 m/s 条件下进行砼浇筑。该工况下支架承受竖向荷载作用

时处于最不利状态。

#### 3.2 计算模型

采用有限元分析软件 ANSYS 构建上横梁施工支架整体计算模型,边界条件为牛腿、三角托架上预埋件位置和扶墙杆埋件位置固结,立柱顶、纵向分配梁、横向分配梁之间采用铰接(见图 2)。

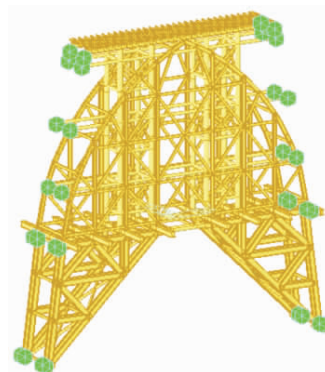


图 2 上横梁施工支架计算模型

#### 3.3 计算结果分析

两种工况下上横梁施工支架主要构件的受力见表 1,支点反力(标准值)见表 2。

表 1 两种工况下上横梁施工支架主要构件的受力

构件名称	几何参数/ mm	工况 1 下受力			工况 2 下受力		
		最大应力 组合/MPa	最大剪应力/ MPa	最大竖向 位移/mm	最大应力 组合/MPa	最大剪应力/ MPa	最大竖向 位移/mm
三角托架	HM588×300	161.1	50.3	-3.0	181.8	112.9	-6.2
牛腿	2HM588×300	68.9	50.4	-0.3	99.7	87.5	-0.5
主横梁	2HM588×300	44.1	23.4	-4.4	32.4	49.8	-6.3
拱圈梁	400×400	150.0	12.2	-3.0	163.0	40.3	-7.2
钢立柱	$\phi 600 \times 10$	64.9	11.9	-3.0	76.6	8.8	-8.4
拱架立杆	HM390×300	114.4	26.0	-3.0	110.6	64.1	-7.2
扶墙杆	$\phi 400 \times 6$	201.4	18.2	-2.9	82.9	6.6	-8.2
纵向分配梁	2HM588×300	59.0	4.0	-3.4	54.6	31.1	-11.3
联系杆	双槽钢 28a	131.2	23.2	-3.2	106.2	20.7	-8.2
横向分配梁	I20a	6.4	2.6	-4.1	109.0	34.8	-14.0

表 2 两工况下上横梁施工支架支点反力

工况	支点反力/kN		工况	支点反力/kN	
	左侧	右侧		左侧	右侧
工况 1	34.5	34.6	工况 2	285.1	284.9
	6.8	6.8		20.2	20.1
	4.8	4.8		10.3	10.3
	4.0	4.0		6.9	6.9
	474.2	466.3		1 106.5	1 088.8
	492.4	492.6	902.0	898.7	

由表 1 可知:工况 1 下上横梁施工支架主要构件的最大组合应力为 201.4 MPa < 205 MPa,位于最上一层扶墙杆根部;最大竖向位移为 4.4 mm,位于 2HM588×300 主横梁端部。工况 1 下上横梁施工支架主要构件的强度和变形均满足设计及规范要求。工况 2 下上横梁施工支架主要构件的最大组合应力为 181.8 MPa < 205 MPa,位于三角托架上

(下转第 124 页)

由图6可知:桥面结构具有一定的保温效果,积聚在桥面内部的热量不易全部散失,桥面在停止加热的较长一段时间内仍具有融雪化冰的作用,通过这种加热后效作用对桥面融雪化冰可节约电能。

由表7可知:加热过程中,桥面结构层内部温度呈下降趋势,这是因为持续下雪,而桥面融化冰雪需消耗大量热量,加上风速较大使桥面热量散失较快,导致桥面损失的热量比通过碳纤维发热线加热获取的热量多。因此,在气温低、大雪和大风情况下需提高碳纤维发热线铺装功率。试验段桥面5 cm布置间距的铺装功率为360 W/m<sup>2</sup>,10 cm布置间距的铺装功率为180 W/m<sup>2</sup>,根据现场气候条件,推荐铺装功率不低于500 W/m<sup>2</sup>。另外,通过提前预热方式可在恶劣气候环境下达到融雪化冰效果。

#### 4 结语

南昌市南外环高速公路桥梁试验段采用内置并联式碳纤维发热线对桥面铺装进行融雪除冰取得了较好的效果。与同类技术相比,该技术的施工方法简单、实用,碳纤维发热线存活率高,融雪化冰效果明显,能实现智能控温防止桥梁积雪结冰,节约能源和人工费,经济效益明显。且其施工过程对周围环境不会造成不良影响,社会效益好。

(上接第119页)

与预埋件连接位置;最大竖向位移为14.0 mm,位于横向分配梁端部。工况2下上横梁施工支架主要构件的强度和变形均满足设计及规范要求。

#### 4 结论

(1) 在空载和满载情况下,该桥上横梁施工支架主要构件的强度和变形均处于安全状态,满足设计及规范要求。

(2) 空载状态下最大应力出现在扶墙杆根部,最大竖向位移出现在主横梁端部;浇筑砼状态下最大应力出现在三角托架上部与预埋件连接位置,最大竖向位移出现在横向分配梁端部。施工中应加强相应部位与周边构件的联系,使支架整体结构受力更合理。

#### 参考文献:

[1] 胡雄伟.重庆寸滩长江大桥桥塔横梁支架设计与施工

#### 参考文献:

- [1] 彭余华,鲍梦捷,陈绍辉.内置碳纤维发热线融冰技术的现状与发展[J].筑路机械与施工机械化,2016,33(2).
- [2] 陈绍辉,彭余华,鲍梦捷.内置碳纤维发热线的融冰桥面设计与施工[J].筑路机械与施工机械化,2016,33(2).
- [3] 李新贺,朱启洋,朱岩.碳纤维发热线在桥面融冰化雪中的应用[J].华东公路,2016(5).
- [4] 罗新欣.内置碳纤维发热线的桥面融冰化雪技术研究[D].西安:长安大学,2015.
- [5] 徐庆军,郑弘.碳纤维发热线布设方案对桥面融冰化雪的影响研究[J].上海公路,2016(2).
- [6] 杨飞.碳纤维发热线用于道路除冰雪的技术研究[D].西安:长安大学,2014.
- [7] 陈鸿毅,梁增洁,陈绍辉,等.麻昭高速公路内置碳纤维发热线桥面融冰技术应用[J].公路交通科技:应用技术版,2015(4).
- [8] 杜宏伟,朱小青,张恺,等.碳纤维发热桥面融雪化冰性能预测模型[J].公路交通科技:应用技术版,2017(10).
- [9] 高明明.发热电缆布设方式对桥面融冰化雪的影响分析[J].现代交通技术,2018(2).

收稿日期:2018-09-27

[J].世界桥梁,2015,43(2).

- [2] 张德致,张敏,代皓,等.黄冈公铁两用长江大桥桥塔上横梁施工技术[J].桥梁建设,2013,41(3).
- [3] 易国良,余绍宾.天津海河大桥主塔施工关键技术研究[J].工业建筑,2012,42(增刊).
- [4] 龚美,陈广生,孙吉飏,等.乌江特大桥H型索塔施工过程力学特性与监控研究[J].沈阳建筑大学学报:自然科学版,2017,33(4).
- [5] 马慧华,李兴华.鼓山大桥主塔上横梁支架设计与施工[J].科技风,2013(8).
- [6] 李陆平.高塔上横梁牛腿支架设计与施工技术[J].价值工程,2016,35(16).
- [7] 杨玉凤,李荣华.主塔上横梁高空施工技术[J].黑龙江交通科技,2018(2).
- [8] 凌李华.索塔横梁支架施工优化研究[D].长沙:长沙理工大学,2016.
- [9] JTG D60-2015,公路桥涵设计通用规范[S].
- [10] GB 50017-2003,钢结构设计规范[S].

收稿日期:2018-09-03