

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.08.038

淮河特大桥外倾式主塔施工临时支撑方案研究

孙齐宝

(中铁四局集团市政工程有限公司,安徽 阜阳 236000)

摘要: 外倾式矮塔斜拉桥上塔柱施工时,在斜拉索未张拉前,上塔柱因自重在上塔柱根部产生较大弯矩,临时支撑设置是改善塔底弯矩的有效方式。以淮河特大桥作为背景工程,对斜塔施工临时支撑方案进行了介绍,并建立了有限元分析模型,对比分析了不同支撑方案下塔柱受力性能。结果表明:无支撑状态下,塔柱根部拉应力较大,通过设置双肢斜塔间的临时支撑,根部拉应力显著减小;通过对钢管支撑和对拉索两种不同方案的对比,对拉索方案可以通过调整索力主动控制塔柱应力,同时与主塔连接更为简单。因此,采取了对拉索方案。

关键词: 外倾;矮塔斜拉桥;临时支撑;钢管支撑;对拉索

中图分类号: U445.46

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)08-0163-03

0 引言

外倾式矮塔斜拉桥起源于 1998 年建造的瑞士 Sunniberg 桥。因该桥型兼具抗扭性能好和景观效果好的特点而后被广泛运用^[1]。国内最早修建的外倾式矮塔斜拉桥是重庆嘉悦大桥^[2]。之后还建造了重庆市南屏大桥^[3]、山西临汾丞相河特大桥^[4]等一批外倾式矮塔斜拉桥。

外倾式矮塔斜拉桥利用主塔外倾在上塔柱根部产生的弯矩抵抗斜拉索水平力产生的弯矩,成桥阶段受力十分合理,但施工期间,因斜拉索施工滞后于主塔施工,斜拉索未张拉前,主塔根部产生较大拉应力^[5]。施工过程中往往可通过设置双肢斜塔间的临时支撑来改善塔底受力,本文结合淮河特大桥工程,对临时支撑设置方法进行了介绍,为后续同类桥梁施工提供借鉴。

1 工程概况

S313(S306)头铺西至望淮岭段改线工程位于原五河淮河公路大桥上游约 5.1 km 处,跨淮河主桥采用(105+180+105)m 波形钢腹板-PC 组合箱梁矮塔斜拉桥,主桥长 390 m,桥梁整幅布置,宽 35.5 m。淮河特大桥主桥的总体布置如图 1 所示。

主梁采用波形钢腹板预应力混凝土组合箱梁。箱梁断面采用单箱五室斜腹板断面,顶板宽 35.5 m,

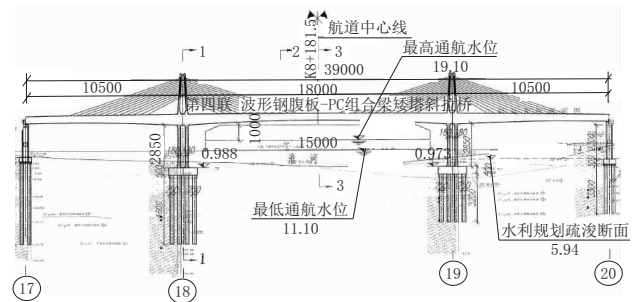


图 1 淮河特大桥总体布置(单位:cm)

箱梁根部梁高 7.0 m, 支架现浇段、跨中及边跨合龙段梁高 4.5 m。

桥塔采用外倾式分肢双塔柱,外倾角 15°,采用钢筋混凝土结构,桥面以上塔柱高 30 m,竖向塔柱采用纵向变宽的矩形断面,宽度从主塔根部的 6.5 m 按直线变化至塔顶的 3.5 m,横桥向等宽度 2.0 m,斜拉索在塔柱的锚固采用分丝管索鞍结构。

主墩采用矩形双肢薄壁墩,纵向双肢中心间距 5.0 m,壁厚 1.5 m。桥墩横向为 m 造型,单肢横向标准宽 6.0 m,门式洞高 23 m,顶部 5.5 m 为整体式,墩高均为 28.5 m。过渡墩为采用双柱式矩形墩,顺桥向长 3.9 m,横桥向宽 2.0 m,墩顶设置盖梁,墩下为承台接群桩基础。为平衡主、引桥恒载引桥的不平衡弯矩,过渡墩设置偏心。

2 外倾上塔柱施工方案

2.1 上塔柱施工

淮河特大桥上塔柱垂直高度 30 m(桥面以上),横桥向外倾 15°;塔柱截面为矩形,横桥向 2 m 不变,

收稿日期: 2023-05-26

作者简介: 孙齐宝(1989—),男,大专,工程师,主要从事公路桥梁安全管理工作。

纵桥向由 6.5 m 变化为 3 m; 拟采用液压爬模施工, 每节段 3.0 m, 共 10 节。

为保证塔柱钢筋定位准确, 在塔柱内设置劲性骨架。劲性骨架采取分榀分节段制作安装, 劲性骨架尺寸随塔柱的壁厚变化而变化。

2.2 临时支撑方案

为了改善上塔柱在斜拉索未张拉前的受力状态, 控制主塔横向外倾位移, 需设置一定数量的临时横向支撑。横向支撑的设置包括支撑的数量、位置、拉力, 以及拆除时机。本工程采用了对拉索方案, 共设置 3 道临时拉索, 分别距离桥面 7.5 m、13.5 m 和 19.5 m。具体对拉索布置如图 2 所示。

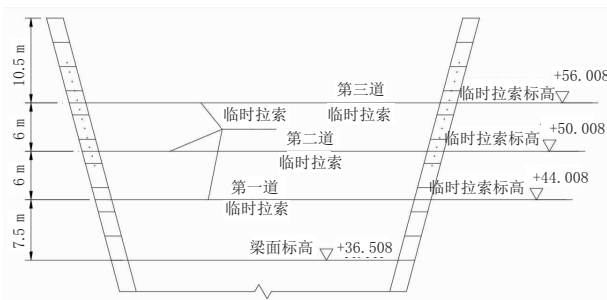


图 2 临时支撑布置

临时拉索采用钢绞线制作, 第一道临时拉索张拉力为 1 200 kN, 第二道临时拉索张拉力为 600 kN, 第三道临时拉索张拉力为 400 kN。4# 上塔柱节段施工完成后, 进行第一道临时拉索张拉施工。待 6# 块施工完成后, 进行第二道临时拉索张拉。待 8# 段施工完成后, 进行第三道临时拉索张拉。

临时索拆除时机: 主梁节段及拉索全部安装完成后, 分别进行中、边跨主梁合龙施工, 在主梁合龙完成后将临时对拉索一次性拆除。临时索拆除后, 在桥面铺装施工前通过斜拉索索力调整施工过程中误差, 使结构受力合理的同时, 桥梁线形也能达到理想状态。

对拉索方案现场布置如图 3 所示。

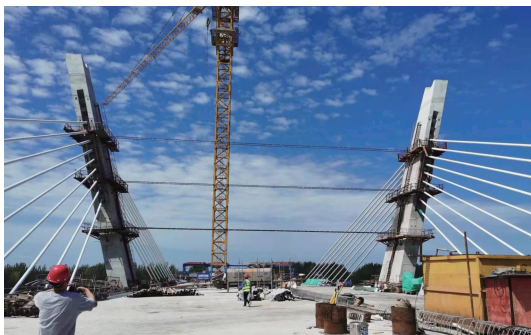


图 3 对拉索方案现场布置

3 不同支撑方案对比分析

本文首先对无支撑状态下外倾主塔的受力状态

进行了分析, 明确了对拉支撑设置的必要性; 其次对钢管支撑和对拉索支撑的效果进行了对比分析, 为本工程方案选择提供依据。

3.1 无支撑状态受力分析

为分析主塔施工全过程受力性能, 采用分析软件 MIDAS Civil 建立有限元模型, 考虑主塔分节段施工, 计算得到无支撑状态主塔施工完成时最大位移和最大拉应力分别如图 4 和图 5 所示。



图 4 无支撑状态主塔施工完成时最大位移

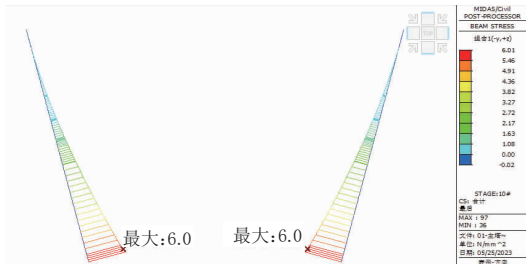


图 5 无支撑状态主塔施工完成时最大拉应力

上述计算结果表明, 无支撑状态主塔施工完成时, 主塔横向位移最大为 20.04 mm, 主塔根部拉应力最大, 为 6.01 MPa。因此, 需要采取必要的横向支撑措施, 避免主塔施工过程中混凝土开裂。

3.2 对拉索方案受力分析

对拉索采用桁架单元模拟, 通过初拉力实现索力施加。对拉索方案主塔施工完成时最大位移和最大拉应力分别如图 6 和图 7 所示。

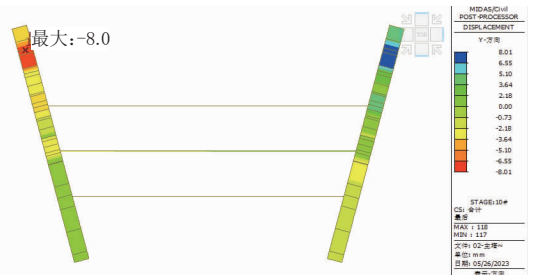


图 6 对拉索方案主塔施工完成时最大位移

上述计算结果表明, (1) 设置对拉索后, 主塔横向位移减小, 最大为 8.0 mm; (2) 主塔拉应力显著减小, 最大值仅为 0.74 MPa, 施工期间拉应力满足规范要求。

3.3 钢管支撑方案受力分析

为对比分析钢管支撑的效果, 将对拉索替换为

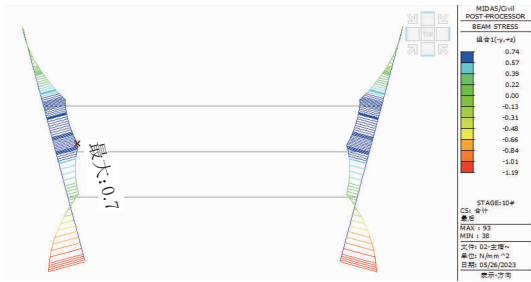


图7 对拉索方案主塔施工完成时最大拉应力

钢管,位置及数量与对拉索一致,钢管型号采用P630×8 mm。钢管支撑方案主塔施工完成时最大位移和最大拉应力分别如图8和图9所示。

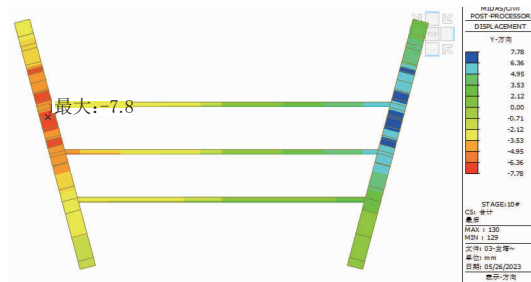


图8 对拉索方案主塔施工完成时最大位移

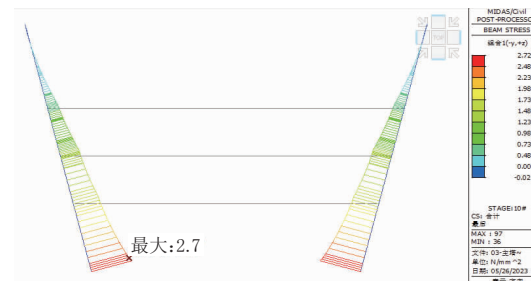


图9 对拉索方案主塔施工完成时最大拉应力

上述计算结果表明,采用钢管支撑后,主塔位移及应力均有所改善,采用P630×8 mm钢管时,主塔横向位移最大为7.78 mm,主塔拉应力最大值为2.72 MPa。

为进一步探讨钢管刚度对支撑效果的影响,针对不同钢管型号进行了分析,计算结果汇总于表1。随着钢管直径加大,支撑效果越好,主塔位移和主塔拉应力均逐渐减小,因此可根据控制目标选择合适的钢管直径。

3.4 支撑方案对比分析

从计算结果看,两种临时支撑方案均能有效控制外倾主塔横向位移,并改善主塔受力,都是可行的方案。两种方案主要改善横向位移,对主塔纵向位移基本不改变,对斜拉桥的成桥状态受力没有影响。

(1)钢管支撑。刚性支撑可控性好,施工过程中横向位移波动小,可靠性高;但本桥桥宽35.5 m,考虑到外倾,最上一道横向支撑宽44 m,如采用钢管支

表1 不同钢管型号的位移和拉应力

钢管型号	最大位移/mm	最大拉应力/MPa
P273×6	11.76	3.99
P426×8	9.11	3.16
P630×8	7.78	2.72
P800×10	6.38	2.24
P1020×12	5.29	1.85

撑,宜采用桁架结构而非单钢管,造价相对较高,且施工及连接较为复杂。

(2)对拉索方案。拉索刚度小,施工过程中横向位移波动大,拉索存在相互影响。为此,本工程采用了差异化初始索力消除该项影响,但是控制难度更大。相对钢管支撑,对拉索构造简单,施工更为便利,造价更为节省。最终本项目采用了对拉索方案,并委托专门的监控单位对施工全过程的位移和结构受力进行监控。

4 结语

本文依托淮河特大桥介绍了外倾式斜塔施工方法和临时支撑方案,并对对拉索方案和钢管支撑方案进行了对比分析,在此基础上分析了钢管直径对支撑效果的影响,得到如下结论。

(1)无临时支撑状态下,外倾式斜塔施工将在根部产生较大拉应力,主塔横向位移和拉应力均不能满足要求,设置横向支撑是必要的。

(2)采用对拉索后,主塔横向位移减小,主塔拉应力也显著减小,且可以通过进一步调整对拉索布置和张拉力,进一步优化主塔受力。

(3)采用钢管支撑后,主塔位移和应力均有所改善。改善效果取决于钢管刚度。随着钢管刚度增加,主塔位移和主塔拉应力均逐渐减小。

参考文献:

- [1] 温雅军.外倾式矮塔斜拉桥临时体外索施工阶段力学分析[D].西安:长安大学,2021.
- [2] 杨春,杜春林,邓宇.重庆嘉悦大桥总体设计[J].世界桥梁,2008(4):16-18.
- [3] 赖亚平,刘国祥,胡奇,等.合川区嘉陵江南屏大桥结构设计分析[C]//中国土木工程学会.第十九届全国桥梁学术会议论文集.北京:人民交通出版社,2010:313-321.
- [4] 关伟.浮山县丞相河特大桥总体设计[J].山西交通科技,2017(1):46-48.
- [5] 董阳阳.外倾式矮塔斜拉桥上塔柱施工技术[J].交通世界,2022(20):150-152.