

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.05.022

钢-混组合结构连续梁内力调整技术

张利平

(中交第一公路勘察设计研究院有限公司,上海市 200030)

摘要:为改善钢-混组合结构连续梁中支点负弯矩区受力,以山西省综改区潇河产业园太原起步区某桥梁工程为例,通过采用支座位移法来施加预应力,研究了不同支座位移量对钢-混组合结构连续梁桥受力变化的影响规律。针对U01联,通过采用支座位移法解决了边墩支点反力储备不足问题,相比于常规的支点压重等手段节省工程造价,可为今后类似项目提供参考。

关键词:钢-混组合连续梁;支点回落;内力调整

中图分类号:U443.3

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2024)05-0088-04

0 引言

钢-混组合结构桥梁是一种通过剪力连接件将钢与混凝土组合在一起,共同参与受力的桥型^[1]。充分发挥了钢材抗拉性能好、混凝土抗压性能好的特点,使两种不同结构材料组合后的整体工作性能明显优于二者性能的简单叠加。对于钢混组合连续梁,因为负弯矩区的存在,负弯矩区混凝土容易受拉开裂,从而影响桥梁的耐久性^[2-3]。

针对连续组合梁桥负弯矩区的特点,目前工程上的处理办法按是否施加预应力分为两大类^[4-5]:一类是不施加预应力,工程上主要通过强配筋法控制裂缝宽度,即允许桥面板开裂,用混凝土裂缝宽度限值代替混凝土拉应力限值的设计方法。另一类是施加预应力,按施加预应力的方式不同,又可分为配置预应力钢筋和不配置预应力钢筋。不配置预应力钢筋的施加预应力方法,目前工程上常用的主要有调整支点高度法、预加静荷载法、优化桥面板施工步骤法等。

由于配置预应力钢筋法施加的预应力常常会有相当部分预应力作用于钢梁上并产生不利影响。随着跨度的增加,钢梁的刚度比重在结构中越来越大,施加于桥面板上的预应力效率也越来越低^[6]。因此,当前大跨组合结构连续梁的负弯矩区一般采用允许桥面板开裂、限制裂缝宽度,并结合调整支点高度

法、预加静荷载法、优化桥面板施工步骤法等多种方法综合运用,以改善组合结构负弯矩区受力^[7]。

1 工程背景

以山西综改区潇河产业园太原起步区某桥梁工程为背景,该工程道路全线总长约8.5 km,标准段红线宽度60 m,设计车速60 km/h,为城市主干路。

该桥梁位于人民路上,北起人民路小牛线交叉口南侧,依次跨越潇河北路、潇河、潇河南路至人民路姚村规划路交叉口,全长约1.48 km,其中主线桥梁全长约1 030 m。

主线引桥采用分幅设计,等跨布置,两幅桥标准总宽31.5 m,主引桥之间设置一联变宽联过渡。除跨越潇河北路的U01联、跨越潇河南路的U07联采用大跨度钢混组合结构连续梁外,其余引桥联均采用标准跨径31 m左右的简支钢混组合梁,标准梁高1.8 m,过渡墩墩顶处采用桥面连续设计。总体布置见图1。

2 组合结构设计

2.1 U01联结构设计

引桥组合梁标准桥面总宽31.5 m,两幅桥之间设置2 cm结构缝,半幅桥桥宽15.74 m(含0.1 m防撞墙滴水后浇)。U01联为四跨变高连续组合梁,跨径布置为30 m+35 m+52 m+32 m,梁高1.8~2.5 m,桥面板厚240 mm,加腋处厚320 mm。其中30 m边跨梁高1.8 m,52 m中跨梁高2.5 m,35 m中跨及32 m边跨横梁范围外梁高均采用1.8~2.5 m线性变化。为了提高形成组合截面之前开口截面的钢箱梁抗扭刚

收稿日期:2023-06-07

基金项目:同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司科研项目(2019KY9)

作者简介:张利平(1990—),男,硕士,工程师,从事桥梁工程设计工作。

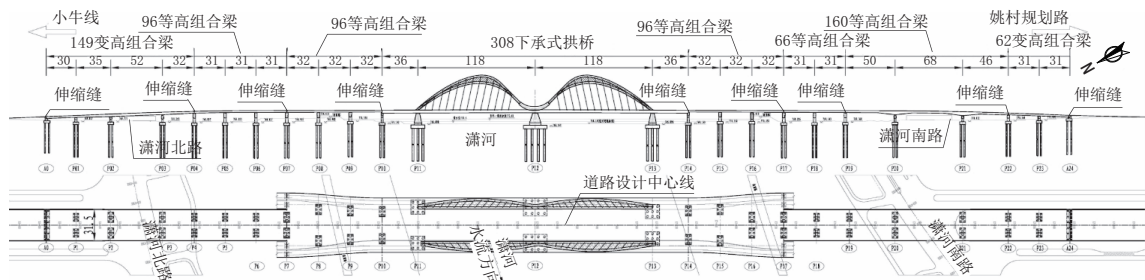


图 1 总体布置图(单位:m)

度,在钢箱梁内沿着顺桥向方向设置横隔板。箱内横隔板是由斜腹杆和平联组成的桁架式 K 撑隔板,间距为 5 m,采用 100 mm×100 mm×12 mm 角钢。箱外横梁采用工字型横梁,每 10 m 左右设置一道,腹板厚度取 12 mm。箱外横梁隔板工地连接采用高强螺栓连接。槽型钢梁顶板宽度 500~700 mm,板厚 20~32 mm;腹板板厚 12~16 mm;底板宽度 2 308~2 028 mm,底板板厚 16~24 mm。U01 联总体布置见图 2、图 3。

钢梁采用开口截面钢箱梁,每幅桥主梁横桥向设置 3 道槽型钢梁,槽型钢梁开口宽度 2.8 m,钢梁间距 2.62 m,桥面板悬臂 1 m,钢梁腹板斜率 1:5。标准断面见图 4。

支点横梁采用实腹式隔板,箱外横梁采用工字型断面。端横梁上翼缘与混凝土桥面板结合,中横梁上翼缘与混凝土桥面板不结合。箱外横梁靠近箱梁侧各设置两道千斤顶加劲,以便更换支座需要。每幅纵梁支点下设双支座,中横梁断面见图 5。

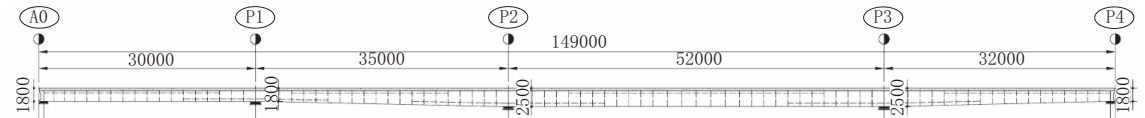


图 2 U01 联立面布置面(单位:mm)

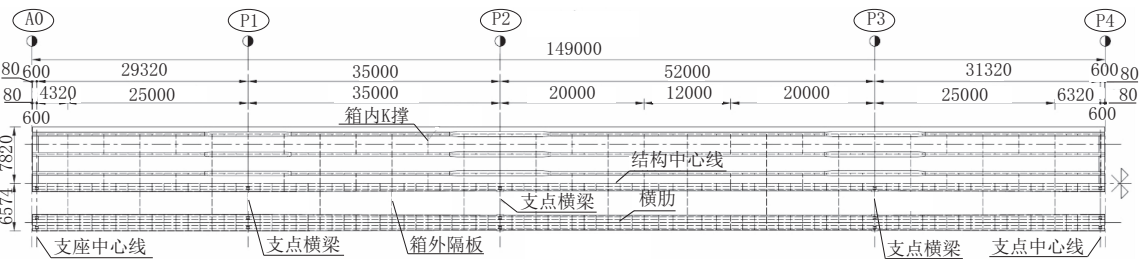


图 3 U01 联平面布置面(单位:mm)

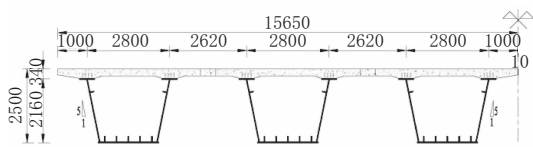


图 4 U01 联标准断面(单位:mm)

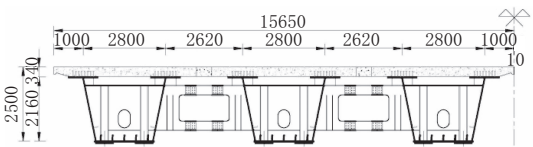


图 5 U01 联中支点断面(单位:mm)

2.2 调整支点高度法

调整支点高度法可分为支点顶升法和支点回落法。支点顶升法是指连续钢梁在吊装、拼装完成后,先顶升中支点,此时负弯矩完全由钢梁承担,然后浇筑混凝土桥面板,待混凝土达到设计强度后再将中支点下降至原设计位置,典型工程如上海长江大

桥主航道两侧高墩区非通航孔桥 90 m+5×105 m+85 m 组合梁^[8]。支点回落法是施工钢梁时先抬高中支点,形成连续钢梁后再浇筑混凝土桥面板,待混凝土硬化后使钢梁回落至设计位置,以此施加预应力效应,典型工程如杭申线跨大蒸港桥 2×75 m 组合梁^[9]。支点高度的调整位移量对结构的内力分布有很大影响,其调整的高度通常与梁跨度成正比^[10]。

本桥采用支点回落法对混凝土桥面板施加预压应力,避免了施工难度更大的顶升施工,降低了施工难度。

3 内力调整计算

3.1 有限元模型

本工程采用的支点回落法施工,在 MIDAS Civil 软件中可采用支座节点处施加“节点强迫位移”功能实现。

支点回落的数值越大,对于负弯矩区混凝土桥面板施加的预压应力也就越大。在结构安全的前提下,分析研究各中支点的最优回落值,以便推广使用。计算模型见图6。

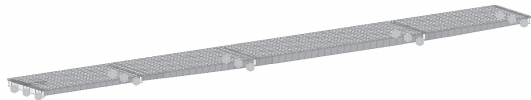


图6 U01联计算模型

3.2 主要施工步骤

组合梁施工过程如下:

- (1)下部结构施工,搭设临时支架;
- (2)钢厂进行钢结构加工制作,现场同步进行预制桥面板施工、存梁;
- (3)现场吊装架设钢梁,施工钢梁横向联系;
- (4)吊装跨中正弯矩区预制桥面板、浇筑湿接缝,养护至设计强度90%以上;
- (5)吊装中墩墩顶负弯矩区预制桥面板、浇筑湿接缝,养护至设计强度90%以上;
- (6)回落中墩支点钢梁,使钢梁落在永久支座上;
- (7)施工防撞栏杆、桥面系及附属,全桥竣工。

3.3 最优支点回落值计算

针对四跨钢混组合连续梁,为使回落后的52 m大跨中墩P2、P3支点负弯矩基本一致,支点回落值按跨径相对比例为式(1):

$$\Delta_{P1} : \Delta_{P2} : \Delta_{P3} = L_1 : (L_1 + L_2) : (L_1 + L_2) \quad (1)$$

式中: Δ_{P_i} 为*i*号墩支点回落值; L_i 为第*i*跨跨径。

本工程U01联跨径组合为30 m+35 m+52 m+32 m,故 $\Delta_{P1} : \Delta_{P2} : \Delta_{P3} = 0.46 : 1 : 1$ 。本文按50 mm为一级,分别计算了支点回落值组合为0/0/0、23/50/50、46/100/100、69/150/150、92/200/200、115/250/250 mm共6种工况。

由图7可以看出,支点回落值为0,即支点不回落时,52 m大跨中墩P2、P3支点弯矩值差异较大,且P3墩支点负弯矩较P2墩支点负弯矩大;随着支点回落值的增大,P2、P3墩支点负弯矩呈线性下降趋势,在支点回落值46/100/100左侧附近相交,表明此时P2、P3墩支点负弯矩趋于一致,该处支点回落值即为最优回落值。

随着支点回落值继续增大,P2、P3墩支点负弯矩差异越来越大,转为P2墩支点负弯矩较P3墩支点负弯矩大。对于P1次中墩,随着支点回落值的逐渐增大,P1次中墩支点负弯矩略有增大,增长趋势不明显。

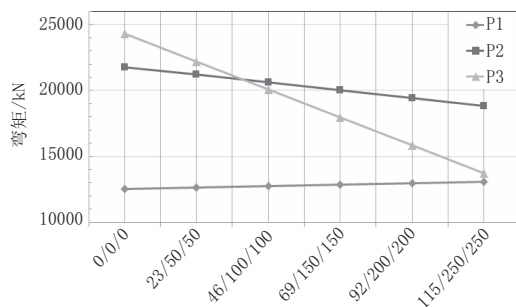


图7 P1~P3墩中支点组合梁截面频遇组合弯矩值

支点不回落时,P4墩端横梁两侧边箱支点标准组合(最小)支反力不足50 kN,支反力储备较小。由图8可见,随着支点回落值增大,P4墩端横梁两侧边箱支反力呈线性增大趋势。P1~P3支点回落值组合为46/100/100时,P4墩端横梁两侧边箱支点标准组合(最小)支反力达到170 kN以上,满足设计要求。

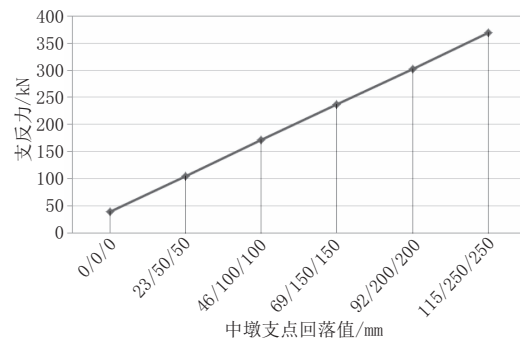


图8 P4墩边箱标准组合最小支反力

P1~P3墩槽钢支点上、下缘应力见图9、图10。

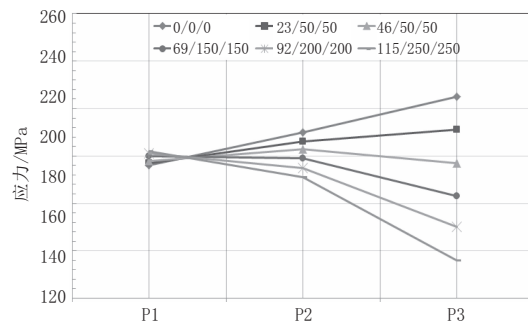


图9 P1~P3墩中支点钢梁上缘应力

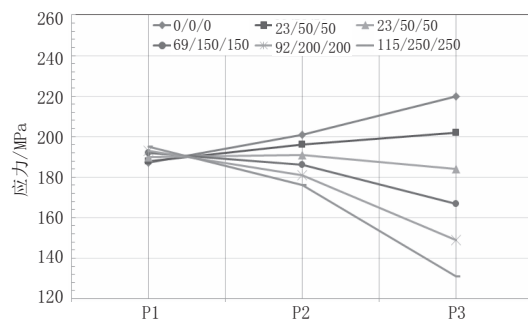


图10 P1~P3墩中支点钢梁下缘应力

由图9、图10可见,P1~P3墩中支点回落值组合为46/100/100 mm时,各中墩支点处槽型钢梁上下

缘应力较其他组合更为均衡,计算结果符合预期。

综上,选取支点回落值 46/100/100 mm 为最终支点回落值。

4 结 语

本文结合相关组合结构的研究成果,介绍了四跨连续钢混组合梁内力调整技术,提出了一种基于优化大跨中支点负弯矩为目标确定最优支点回落值的设计方法。

本文研究结果表明,通过确定合理支点回落值,既可优化中支点负弯矩、优化钢梁受力,又可调整支点反力,避免了常规的通过支点压重或设置抗拉支座解决支座反力储备不足的问题,降低了工程造价。

参考文献:

[1] 聂建国.钢-混凝土组合结构[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.

[2] 李聪,聂建国,周心怡,等.钢-混凝土连续组合梁桥负弯矩区抗裂设计[J].建筑结构学报,2022(3):172-178.
[3] 刘永健,高诣民,周绪红,等.中小跨径钢-混凝土组合梁桥技术经济性分析[J].中国公路学报,2017(3):1-13.
[4] 陈双全.连续结合梁中负弯矩区的处理方法[J].铁道标准设计,1998(3):16-20.
[5] 邵长宇.大跨度连续组合箱梁桥的发展与技术特点[C]//第十七届全国桥梁学术会议论文集.北京:人民交通出版社,2006.
[6] 邵长宇.大跨连续组合箱梁桥的概念设计[J].桥梁建设,2008(1):41-43.
[7] Reiner Saul.Bridges with Double Composite Action [J].Structural Engineering International, 1996 (1):32-36.
[8] 邵长宇,陈亮.近期国内三座组合桥梁之技术创新[J].城市道桥与防洪,2014(9):6-10.
[9] 邓青儿,于洋,汤岳飞.大跨径钢-混凝土组合梁在老桥改建中的应用[J].桥梁建设,2016,46(1):59-64.
[10] 刘书伟.钢-混凝土组合连续梁桥负弯矩区施工控制研究[J].城市道桥与防洪,2012(4):142-144.

(上接第 68 页)

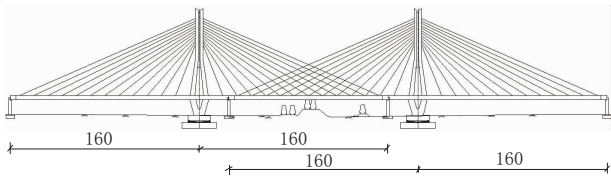


图 11 方案二:160 m+160 m 混合梁斜拉桥(单位:m)

小;缺点为:转体为不平衡转体。方案二的优点为:转体为平衡转体;缺点为:桥梁规模大,造价高,且部分桥梁进入曲线段,南侧边墩进入采空区。

综上分析,推荐采用 90 m+160 m 混合梁转体斜拉桥方案。

6 结 语

宝山路跨胶济客专节点作为淄博市一环快速路-

宝山路项目的重要瓶颈,其建成将大大缓解由于铁路分隔造成的交通拥堵,提高市民出行效率,促进当地道路沿线的用地开发和经济发展。

本文通过对宝山路跨胶济客专节点建设条件和交通需求分析,确定该节点线位选择、道路规模及总体布置,并对宝山路跨胶济客专主桥方案进行了比选分析,可以为快速通道和铁路相交节点提供设计经验和参考价值。

参考文献:

[1] 张帅帅,周华保,焦守法,等.淄博市湖田立交方案研究[J].城市道桥与防洪,2022,278(6):45-48.
[2] 周华保,焦守法,张帅帅,等.淄博市一环快速路总体方案研究[J].城市道桥与防洪,2022,274(2):24-28.