

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2024.11.031

隐盖梁预制小箱梁桥方案设计

蒋文浩,周 涛

(上海市政交通设计研究院有限公司,上海市 200030)

摘 要:在城市高架建设中,预制小箱梁应用较为广泛,盖梁形式多以矩形或倒 T 型为主,结构整体高度较高。为了满足匝道交织段的长度及桥下净空的需求,降低结构整体高度,衍生出隐盖梁预制小箱梁。结合具体工程项目实例,系统阐述隐盖梁预制小箱梁桥的创新方案设计方法、施工工艺流程和技术实施细节,并深入探讨其结构计算的核心要点和关键技术,为隐盖梁预制小箱梁桥的设计提供切实可行的参考依据和实践指导。

关键词: 隐形盖梁;预制小箱梁;施工;计算

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)11-0132-04

0 引言

郑州市农业路(西四环—西三环)快速化工程,位于郑州市中心城区西部,全线采用“高架双向 6 车道 + 地面双向 6 车道”的快速路形式^[1]。

为了增加匝道交织段的长度及桥下净空的需求,同时降低造价,高架桥采用隐盖梁预制小箱梁桥,如图 1 所示。



图 1 桥梁效果图

1 主要技术标准

- (1)道路等级:城市快速路。
- (2)设计车速:设计车速为 60 km/h。
- (3)荷载等级:城—A 级。
- (4)桥梁宽度:25.5 m。
- (5)设计安全等级:一级。
- (6)桥梁结构设计使用年限:100 a。
- (7)设计基准期:100 a。

收稿日期: 2024-01-05

作者简介: 蒋文浩(1990—),男,工学硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

(8)抗震设计:地震基本烈度为 7 度,地震动峰加速度值为 0.15g。

2 桥梁设计

2.1 桥型设计

近年来,以“标准化设计、工厂化生产、装配化施工”等目标的预制装配式桥梁越来越多地被应用到城市高架建设中。预制小箱梁是典型的预制装配式桥梁,且应用较为广泛。

传统的小箱梁是将数片小箱梁搁置在盖梁上,纵梁与盖梁之间放置支座,盖梁形式多以矩形或倒 T 型为主,这种传统结构占用的桥下空间是主梁、支座和盖梁的高度,如图 2 所示。为了增加桥下净空的高度,通常需要增加桥梁整体高度,从而会增加桥梁长度,同时减短匝道交织段的长度或者也可采用钢箱梁或组合梁等结构进行代替,但是会造成工程造价的增加。因此,为了满足增加匝道交织段的长度及桥下净空的需求,同时降低造价,衍生出隐盖梁预制小箱梁,如图 3 所示,通过现浇混凝土实心横隔梁与预制小箱梁连成一体,使之成为上部结构的一部分^[2]。

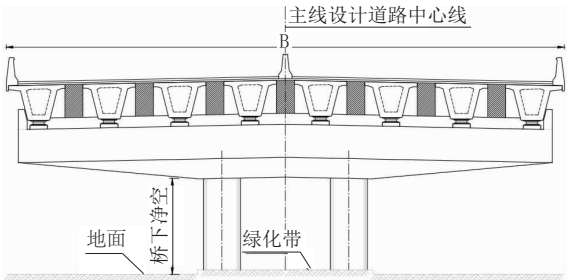


图 2 传统小箱梁纵梁与盖梁的连接结构示意图

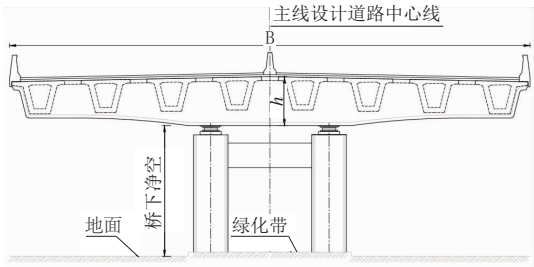


图 3 隐盖梁小箱梁纵梁与盖梁的连接结构示意图

2.2 主梁设计

2.2.1 构造布置

(1)主线高架上部结构采用预制简支转连续预应力混凝土小箱梁,现浇隐盖梁横梁。主线标准桥宽 25.5 m 横断面采用 8 片小箱梁,纵向 3 跨一联。小箱梁采用 C50 混凝土,梁高为 1.6 m,标准跨径为 29 m,中梁宽度为 2.4 m,边梁宽度为 2.68 m (含栏杆滴水),梁间距为 3.22 m,湿接缝宽度为 0.82 mm。

(2)现浇隐盖梁横梁梁高跨中位置为 2.4 m,端部位置为 1.8 m,如图 4 所示;中横梁顺桥向宽度 A 为 2.2 m,如图 5(a)所示;端横梁顺桥向宽度 B 为 1.2 m,如图 5(b)所示,横桥向支座间距均为 5.8 m。

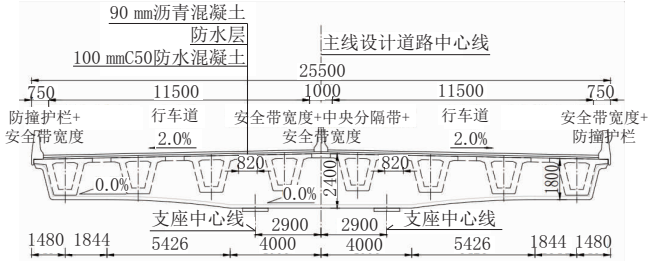


图 4 隐盖梁横梁支点断面(单位:mm)

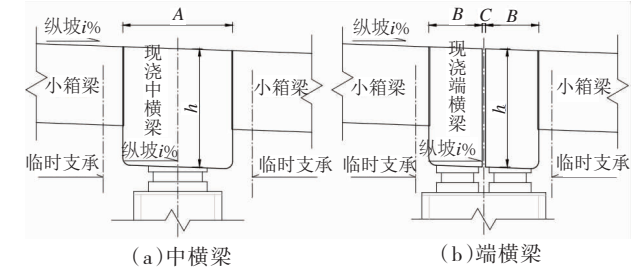


图 5 隐盖梁横梁局部立面图

图 5 中, A 为中横梁宽度; B 为端横梁宽度; C 为伸缩缝宽度; i 为道路中心线纵坡; h 为横梁梁高。

2.2.2 小箱梁与横梁连接方式

隐盖梁预制小箱梁桥纵横向构件的连接是设计中的关键点,为保证其连接安全、可靠、耐久等,使小箱梁通过现浇大横梁进行连接。

为确保箱梁与现浇大横梁之间可靠连结,小箱梁伸入横梁 20 mm,小箱梁端部设置预留套筒,如图 6 所示,纵向钢筋通过套筒连接伸入横梁内部,小箱梁顶板顶部和底板底部的纵向钢筋通长布置,其余位置的纵

向钢筋伸入横梁长度满足锚固长度即可,如图 7 所示。

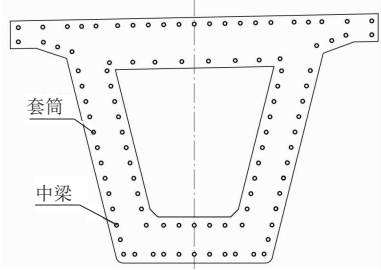


图 6 小箱梁端部套筒局部示意图

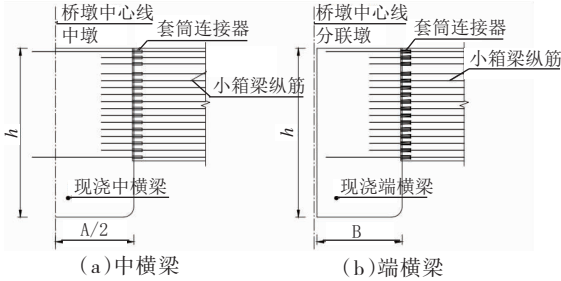


图 7 纵横向构件钢筋连接示意图

中墩位置的小箱梁采用通长纵筋进行焊接连接。

2.2.3 现浇横梁设计

横梁采用 C50 补偿收缩混凝土,按部分预应力 A 类构件进行计算设计。预应力钢束立面布置如图 8 所示,中横梁设置 6 组钢束,如图 9(a)所示,端横梁设置 3 组钢束,如图 9(b)所示,采用预应力钢绞线 $1 \times 7-1.20-1860-GB/T 5224-2014$ (*N1/N1 采用 $15-\phi_s 15.2$; *N2/N2/*N3/N3 采用 $12-\phi_s 15.2$)。

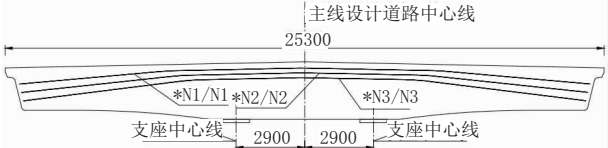


图 8 横梁钢束立面图(单位:mm)

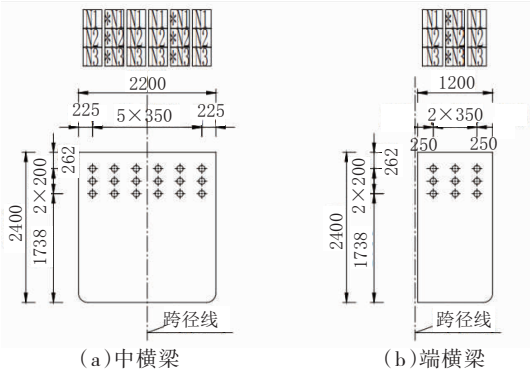


图 9 横梁跨中位置钢束断面图(单位:mm)

横梁钢束应分批张拉,张拉次序同纵向负弯矩束交替进行,首先,张拉第一批横梁钢束(带 * 钢束约占 1/3);其次,逐墩张拉纵向负弯矩束;最后,待一联所有负弯矩束张拉完成后,张拉剩余横梁钢束。预应力束张拉按先长束后短束,上下左右平衡对称张拉的原则进行。

3 推荐施工方法

3.1 施工步骤

(1)桩基、承台、墩柱现场施工,同时预制厂预制小箱梁。

(2)搭设小箱梁临时支撑,将其架至临时支撑上,吊装横梁钢筋,并连接小箱梁纵向钢筋,安装钢束后浇筑桥面板湿接缝和横梁。

(3)分批次交替张拉横梁钢束和负弯矩钢束。

(4)拆除临时支撑,完成体系转换,施工附属设施等。

3.2 简支转连续小箱梁施工详细步骤

(1)预制厂预制小箱梁,现场地基处理后搭设墩旁临时支撑,安装横梁模板等。

(2)设置临时支座并安装好永久支座,架设安装一联所有预制主梁,置于临时支座上,呈简支状态。

(3)安装一联所有横梁的钢筋笼,及时连接纵向钢筋和翼板间的横向钢筋,连接负弯矩波纹管,安装负弯矩钢束、横梁钢束及其锚具等。

(4)现浇一联所有横梁和翼板湿接缝混凝土,均采用补偿收缩混凝土。

(5)横向和纵向交错张拉预应力钢束。

(6)拆除临时支座,一联纵向横向均由两边向中间对称拆,再拆除墩旁临时支撑,完成体系转换。

(7)进行桥面系施工。

简支转连续施工流程如图 10 所示。

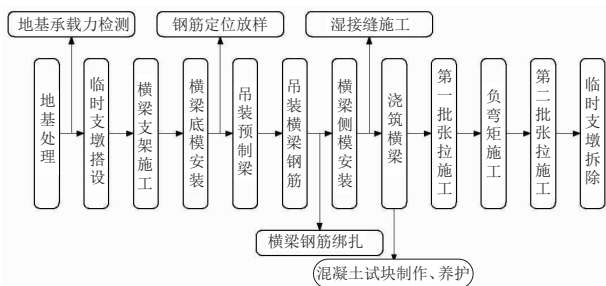


图 10 简支转连续施工流程图

4 结构计算分析

主桥总体结构静力计算^[3]采用桥梁博士建立空间梁格有限元模型进行分析,分析单元采用梁单元模拟,模拟需准确反应现浇横梁受力过程中小箱梁的荷载传递。有限元计算模型如图 11 所示。

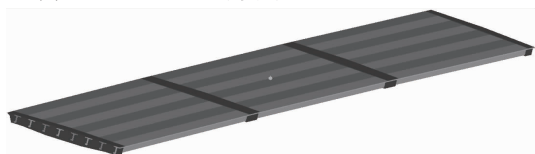


图 11 主桥有限元模型

4.1 纵向小箱梁计算

承载能力极限状态下,主梁荷载的基本组合值均小于其承载力设计值。正常使用极限状态下,频遇组合的顶底缘拉应力均小于 1.855 MPa,如图 12、图 13 所示,且准永久组合下主梁的顶底缘均未出现拉应力。持久状况下,顶底缘最大压应力在标准组合下均小于规范允许值 16.20 MPa,如图 14、图 15 所示。

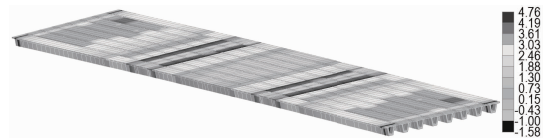


图 12 频遇组合截面顶缘拉应力图(单位:MPa)

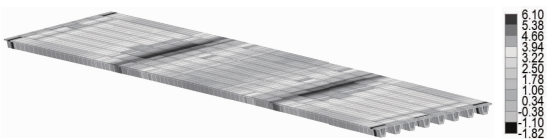


图 13 频遇组合截面底缘拉应力图(单位:MPa)

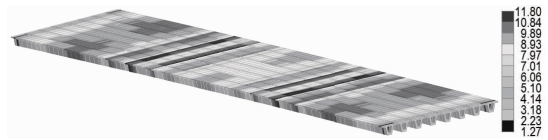


图 14 标准组合下截面顶缘压应力图(单位:MPa)

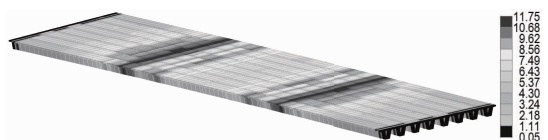


图 15 标准组合下截面底缘压应力图(单位:MPa)

4.2 隐盖梁横梁计算

横梁计算选取梁格整体模型中的中墩结果进行示意。经过验算,其基本组合下抗力满足要求。正常使用极限状态验算显示,频遇组合和准永久组合下均未出现拉应力,如图 16、图 17 所示。持久状况下应力验算截面的最大压应力为 14.86 MPa,如图 18 所示,满足规范要求。

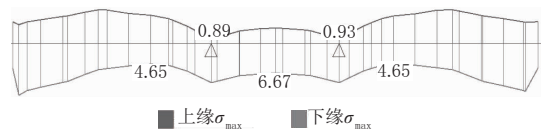


图 16 频遇组合截面顶、底缘拉应力图(单位:MPa)

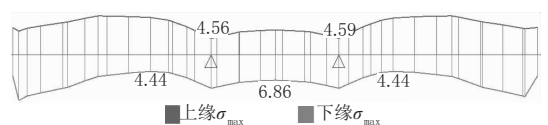


图 17 准永久组合(直接作用)截面顶、底缘拉应力图(单位:MPa)

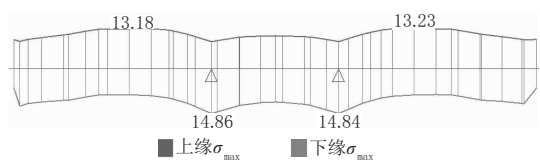


图 18 标准组合下截面顶、底缘压应力图(单位:MPa)

当采用单梁模型进行横梁计算时,一期恒载按照各片单梁在自重作用下的支反力,按集中荷载加载到每片单梁的中心线位置;二期恒载按照各片单梁在二期荷载作用下的支反力,也按照集中荷载加载到每片单梁的中心线位置。移动荷载根据车道位置进行横向布置。

4.3 倾覆计算

采用矩形或者倒 T 型盖梁的小箱梁,无需进行抗倾覆验算。对于本工程隐盖梁预制小箱梁的整体式截面连续梁应进行抗倾覆稳定验算。《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)规定,横桥向抗倾覆稳定性系数不小于 2.5,本工程稳定性系数为 6.4,满足规范要求。

5 工程主要特色

(1)在相同的跨径条件下,隐盖梁预制小箱梁结构相比传统的矩形盖梁小箱梁和倒 T 型盖梁小箱梁具有较低的结构高度,优化了桥下净空的利用效率。

(2)由于减少了盖梁对桥下净空高度的占用,采用隐盖梁预制小箱梁设计的道路纵断面能够有效缩减桥梁主线所需的长度,从而在一定程度上节约了工程造价。

(3)相较于传统设计的小箱梁,隐盖梁预制小箱梁采用了现浇中横梁和端横梁方案,其刚度显著增强,因此取消了跨中横隔板的设计。其不仅确保了桥下空间轻盈通透、流线造型美观,更提升了整体的景观效果。

(4)相对于传统的小箱梁桥结构,隐盖梁预制小箱梁通过创新设计取消了独立的盖梁构造,将盖梁与横隔梁现浇阶段巧妙地合为一体,极大地简化了施工流程并缩短了总体工期。

(5)隐盖梁预制小箱梁与横梁现浇连接成一个整体结构,在后期养护时,相比于传统小箱梁桥更换支座的工作量明显减小,提高了养护效率和便捷性。

6 结 语

隐盖梁预制小箱梁桥能够有利于减小结构整体高度,更加有效地利用桥下净空,且桥梁景观效果好,后期养护便捷,同时还能有效缩减桥梁长度,是一种较为新型的桥梁结构形式,但现浇横梁处负弯矩较常规小箱梁桥设计显著增大,桥梁的跨度受到了一定的限制,且每平米单价较常规小箱梁桥更高。

本文以郑州市农业路(西四环—西三环)快速化工程为实际应用案例,深入探讨了隐盖梁预制小箱梁的优化设计方案、施工技术措施以及结构计算分析等内容,旨在为同类隐盖梁预制小箱梁桥的设计提供切实可行的参考依据和实践指导。

参考文献:

[1] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司.郑州市农业路(西四环—西三环)快速化工程(第一标段)施工图设计[R].上海:上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,2022.
[2] 史贤豪,谢波,肖海波.预制小箱梁中隐盖梁设计关键技术研究[J].城市道桥与防洪,2020(10):81-83.
[3] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

(上接第 121 页)

参考文献:

[1] 韩振勇.城市桥梁设计创新与实践[M].上海:上海科学技术出版社,2019.
[2] 吴冲.现代钢桥[M].北京:人民交通出版社,2006.

[3] 井润胜,汤洪雁,周凤先,等.天津海河奉化桥设计构思及结构特点[C]//第十八届全国桥梁学术会议论文集,天津:天津城建设计院有限公司,2008(5):317-322.
[4] 张滔,潘常建.非对称无推力拱桥设计关键技术研究[J].城市道桥与防洪,2016(12):47-49.