

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.03.013

城市桥梁预制装配式下部结构选型及设计

姚凯¹, 张金康¹, 周青², 傅晨曦²

(1.南京市公路事业发展中心, 江苏南京 210000; 2.中设设计集团股份有限公司, 江苏南京 210014)

摘要:采用工业化模式可提高桥梁建造效率,具有经济性及环保性能优势,在我国取得长足发展。以G312(南京绕城高速—仙隐北路段)改扩建工程为背景,开展城市建造背景下的桥梁预制装配式下部结构的选型及设计方法研究。通过对性能需求及运输条件的考量,选取了以大挑臂倒T型半隐式盖梁为代表性的系列装配式下部结构,确定了高度、宽度及牛腿宽度参数的设计方法;考虑运输条件限制、施工便利性需求,提出超宽盖梁及大断面墩柱的划分方法;根据性能需求、施工误差分析以及技术成熟度,选型了盖梁块段之间、盖梁与墩柱之间、墩柱与承台之间的连接方式。

关键词:桥梁工程;下部结构;预制装配;倒T盖梁;接缝

中图分类号: U443.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)03-0040-03

1 概况

为提高生产效率、满足快速建造、环境保护等需求,提出在桥梁工程领域应用全预制装配技术^[1-3],初步给出了划分、连接等关键问题的解决方案。适应形势发展,国内也开展了广泛的设计工作,给出了不同的预制拼装方案,如适用于海洋环境的整体式墩身下部结构^[4],适用于市政工程的柱式墩身下部结构^[5]。连接方面则关注力学性能与抗震性能,提出新型连接型式^[6],采用试验方法对连接性能进行检验^[7]。

G312(南京绕城高速—仙隐北路段)改扩建工程西起南京市仙隐北路,东至栖霞互通,路线全长7.345 km,为典型的市政工程项目,见图1。通过对功能需求、运输限制条件、可施工性、质量保障等因素进行综合分析,选型大挑臂倒T型盖梁下部结构的型式及关键节点的连接构造。现以本工程为背景,介绍合理选型方法及要点,为类似工程提供参考借鉴。

2 市政桥梁装配式下部结构选型及设计

调研目前常见的下部结构类型,分别总结墩柱及盖梁的适用场景,研究选择合理型式。

2.1 选型

城市桥梁下部结构选型需要考虑上部结构型式、占地面积、传力与受力需求、经济性及抗撞要求



图1 线路图

等。少支座和多支座上部结构的下部结构差异较大,以下分别叙述。

对于少支座桥梁:大断面墩柱适用于抗撞要求较高的场景;采用无盖梁的柱式墩柱可实现最大的经济效益;减少墩柱间距或合并墩柱可以提高桥下空间利用率;为增加上部结构的抗倾覆稳定性,在合并墩柱的基础上,可以演变为花瓶式,或增设T型盖梁以增大支座间距。少支座上部结构适配的装配式下部结构见图2。

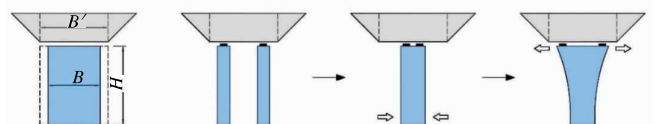


图2 少支座上部结构适配的装配式下部结构选型

对于多支座桥梁:采用柱式墩柱加整体式盖梁,可以获得较好的经济效益;立柱数量及位置受桥下河流或交通影响,通过调整盖梁的尺寸适应受力需求;对于桥下空间要求较高的工程,将盖梁受力部位隐藏在主梁中,减少外露尺寸,隐式盖梁的墩柱布置原则

收稿日期:2020-07-24

作者简介:姚凯(1979—),男,硕士,高级工程师,从事道路与桥梁建设管理方面的研究工作。

与常规盖梁相同,根据外露尺寸,可分为半隐式的倒T型盖梁与全隐式盖梁。多支座上部结构适配的装配式下部结构见图3。

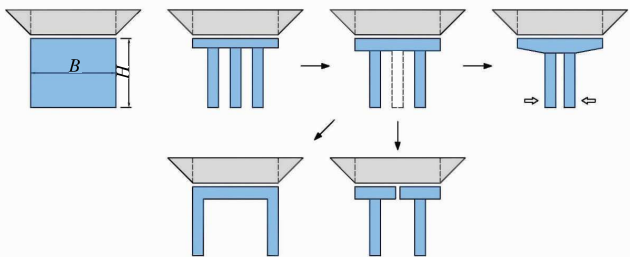


图3 多支座上部结构适配的装配式下部结构选型

背景工程项目位于南京市,建造难点有:对施工效率、环境保护都提出了较高的要求;附近道路、建筑等构筑物多,土地资源紧张;扩建起点与扩建终点与既有道路相接,桥梁建筑高度受限。

上部结构基本上采用30 m标准跨径,可用型式有小箱梁、节段连续梁等。连续小箱梁需要浇筑纵向湿接缝并张拉纵向预应力,节段梁需要采用特殊架桥设备对周围环境扰动大,故最终选用简支小箱梁。

同样为减少对土地的占用,采用双柱式盖梁,且双柱宜根据路面线形居中布置或布置于两侧,盖梁承受的弯矩效应大,盖梁也相对较高,为解决对桥下空间的占用问题,设计为倒T盖梁型式,下方设置矩形墩。为提高行车舒适性,采用桥面连续构造,每隔3孔设置伸缩缝。根据桥梁主线不同、桥宽不同、墩柱布置方式不同,共设置A~D共4类盖梁,其中A类盖梁下部结构见图4。

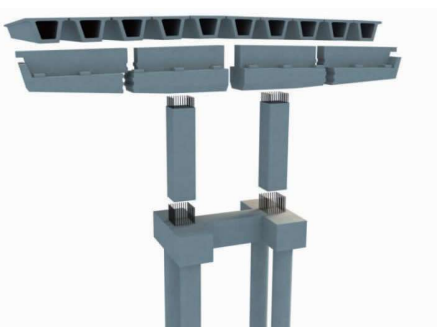


图4 盖梁型式

2.2 设计

倒T型盖梁牛腿的设计参数由抗震与抗冲切共同控制,根据规范,防落梁 $a \geq 70 + 0.5L$, L 为计算跨径,则本工程 $a \geq 85$ cm;综合抗冲切要求,选定 a 为95 cm, b 最小控制值为100 cm(见图5)。

确定牛腿参数后,对总体参数进行优化。以A类盖梁为例,倒T型盖梁的宽度 B 与高度 H 之间存在耦合关系。通过承载力分析对参数进行优化,计算荷

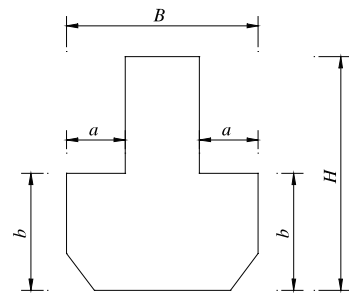


图5 牛腿参数

载组合最大负弯矩效应约为 $73\ 519\ \text{kN}\cdot\text{m}$ (盖梁自重按中位数考虑)。考虑相同配束数量,按受弯构件计算得到在相同承载力情况下的盖梁宽度、高度关系见图6。

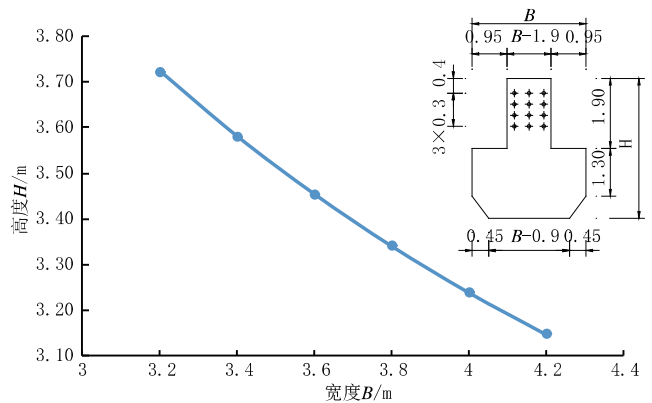


图6 盖梁尺寸优化

高宽与高度基本上呈线性关系,在对净空有进一步要求的情况下,可通过增加宽度的方式降低高度。但应当注意,高度降低0.57 m,宽度需增加1 m,材料用量增加显著,经济性欠佳。综合下部净空要求,选定宽度3.1 m、高度3.8 m的参数。

A类盖梁属于典型的悬臂受力结构,根据弯矩分布情况设置预应力束,共设置4排钢束,编号N1~N4,每排设置3束钢束,每束钢束由15根钢绞线组成,见图7。

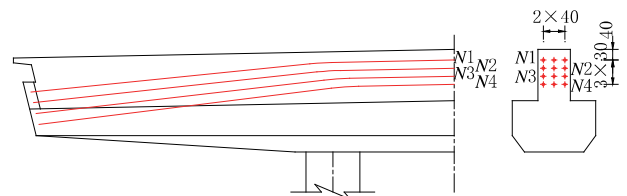


图7 预应力布置图(单位:cm)

3 划分及连接

3.1 划分

由于盖梁尺寸大、重量大,需切分运输,现场组装。初期方案考虑由稍远处的预制厂提供预制构件,需通过实证道路运输。后期更改方案,在现场建设临

时预制厂,运输条件改善。

(1)初期方案

首先,采用具有多轴同步转动的模块车进行运输,考虑转弯半径对尺寸的限制,市政道路所遇到最小转弯半径为15 m,对应转弯道路宽度7 m,根据式(1)计算最大运输长度限制为22.7 m。

$$L_{\max}=2\sqrt{2(R+B)(D-B)} \quad (1)$$

式中: R 为转弯半径; D 为车道宽度; B 为道路宽度。

其次,需要考虑沿线桥梁载重影响,以运输荷载的内力效应小于活载的内力效应为基准,对沿线桥梁的载能进行评估,得到单轴控制荷载为200 kN,除去空载轴重30 kN外,以中央最大截面计算的最大容许运输长度为7.5 m,按等重控制。

(2)后期方案

后期方案以最大吊装重量进行控制,控制重量266 t/块,考虑中央预留2 m湿接缝进行调差连接,见图8。

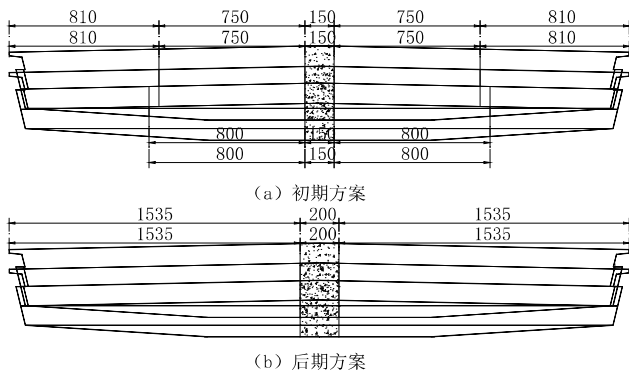


图8 划分示意图(单位:cm)

本方案在墩顶取消接缝的优势在于,可以将盖梁支立于桥墩之上,左右力矩能够相互抵消,对于下方的临时支撑要求降低,能够提高施工的安全性。

3.2 连接

连接型式以湿接缝及干拼缝为主,湿接缝连接较为可靠,但施工周期长,便利性差,应尽量减少设置。干拼缝应优先选择定型产品,以减少拼缝的质量控制风险。但定型产品容差小,造价高,部分次要部位可考虑采用替代产品。

经综合比较,在本项目采用的接缝型式主要有:

(1)盖梁挑臂区域接缝采用剪力键+胶拼缝,依靠钢束将块段连接为整体;墩柱间盖梁块段之间采用湿接缝连接,主要是为了增加墩柱间对施工误差的可调节性,并尽可能提高盖梁整体性;

(2)盖梁与墩柱之间采用灌浆波纹管,灌浆波纹管为 $\phi 85$ 型,可以起到调整部分连接容差的作用,同

时经济性较好;

(3)墩柱与承台的连接采用灌浆套筒连接型式,套筒型号为GTZQ4 40型,提高安装效率与安装质量,保障底部的连接性能。

灌浆套筒及灌浆波纹管的布置尺寸见图9。

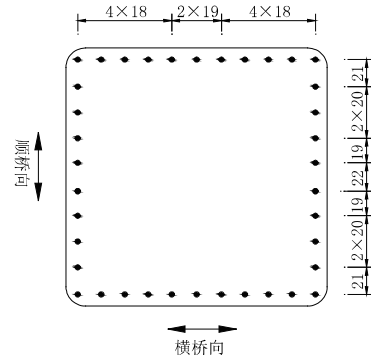


图9 灌浆套筒及灌浆波纹管的布置尺寸(单位:cm)

4 结论

以G312(南京绕城高速—仙隐北路段)改扩建工程为背景,分析研究城市桥梁预制装配式下部结构选型及设计方法,主要结论有:

(1)明确市政工程立体交通的复杂性,以减少占地面积、增加净空、提高美观性要求,选择少墩柱、大挑臂倒T型盖梁的合理方案型式;

(2)在相同承载力情况下,倒T型隐式盖梁的宽度 B 与高度 H 之间近似线性耦合关系,应平衡经济性与桥下净空的控制要求确定合理尺寸参数;

(3)根据道路运输能力及现场吊运条件进行构件的划分,提出不同运输条件的划分原则;

(4)根据可靠性、施工调差要求、施工效率要求,比选提出盖梁胶拼缝与湿接缝混合连接,盖梁与墩柱灌浆波纹管连接,墩柱与承台灌浆套筒连接的方案。

参考文献:

- [1] Culmo M P. Accelerated Bridge Construction - Experience in Design, Fabrication and Erection of Prefabricated Bridge Elements and Systems[J]. Bridge Members, 2011.
- [2] Kim M K, Megovern S, Belsky M, etc. A Suitability Analysis of Precast Components for Standardized Bridge Construction in the United Kingdom[J]. Procedia Engineering, 2016, 164:188-195.
- [3] Tomek, Radan. Advantages of Precast Concrete in Highway Infrastructure Construction[J]. Procedia Engineering, 2017, 196:176-180.
- [4] 瞿振华. 跨海大桥下部结构设计及施工技术研究[D]. 上海: 同济大学, 2007.
- [5] 刘波, 陈浩, 陈雁云. 某城市桥梁预制墩柱与承台拼装施工技术[J]. 施工技术, 2018, 47(24):78-81.
- [6] 孙志嵩, 徐海宁, 俞章宽, 等. 威海西曲阜大桥预制拼装桥墩连接构造比选研究[J]. 中国市政工程, 2019(2):80-83, 141-142.
- [7] 樊泽, 曾明辉, 胡志坚. 预制拼装桥墩连接构造抗震性能分析[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2019, 43(2):357-362.