

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.10.025

装配式预制箱涵通道设计

甘水飞, 王雪峰

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010)

摘要: 基于实际工程案例,对预制装配式箱涵通道的总体设计的通道结构、箱涵结构、施工工法进行了方案比选,对箱涵结构的主体结构、材料、接头、防排水、起吊、拼装、标准以及配筋等设计进行了简要介绍,并通过 Midas Civil 2019 有限元计算软件计算分析,得到该箱涵弯矩、剪力、裂缝、局部承压、抗浮地基承载力等计算均满足规范要求。设计成果对同类型工程具有一定的参考价值。

关键词: 装配式预制箱涵;通道;有限元

中图分类号: U449.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)10-0099-04

0 引言

传统的箱涵通道施工主要采用现浇方式,但受工点分散、施工水平等因素,施工质量往往难以控制。此外,受天气、材料周转、混凝土养护等影响,严重影响施工进度^[1]。

近年来,我国大力倡导绿色建筑,使其成为一个建筑新理念。而采用标准化的设计、生产、安装,可确保工程质量,控制施工工期,减少施工场地占用和环境污染^[2]。

1 项目背景

金山立交于 2009 年建成通车,是一座连接惠州市江北、东平、河南岸、水口及金山湖片区的五路交叉 3 层全互通立交,交通组织较为复杂。现状立交缺少独立的非机动车道,随着城市的快速发展,现状机动车和电动车与日俱增,且车速较快。目前电动车利用最外侧硬路肩通行,若需要前往其他方向时,必须横穿机动车道,这与来往的机动车易发生冲撞,目前已造成多起交通伤亡事故。

为解决现状问题,由于土地受限,本工程只能沿金山立交匝道最外侧新建 3.5 m 净宽慢行道或慢行桥,通过新建 5 座 6 m 净宽下穿通道与内侧环形新建 6 m 净宽慢行道或慢行桥相连,形成全互通立体交叉慢行系统网络,真正实现人车分流,保障非机动车驾驶人员生命安全。通道布置平面效果见图 1。

收稿日期: 2022-12-10

作者简介: 甘水飞(1990—),男,硕士,工程师,从事路桥设计工作。



图 1 通道布置平面效果图

2 地质条件

由于项目场地位于现有金山立交位置上,原金山立交施工时,已进行大量土方回填,回填时间已过 16 a,已基本完成自固结作用。根据地勘报告显示,通道位置下 10 m 范围内均为由砂砾石风化土回填土,稍密状态,地下水位于回填土顶面以下约 8 m 位置。因此,本项目地质条件较好,不存在地下水对通道的抗浮影响。项目地质剖面见图 2。

地层编号	地层名称	时代成因	层底高程/m	层底深度/m	分层厚度/m	柱状图 1: :8	地层描述
①	素填土	Q ₄ ^{pl}	10.02	10.10	10.10		素填土:紫红色,稍密,主要砂岩风化土回填而成,夹少量风化碎块,土质均匀,回填时间约为16年

图 2 项目地质剖面图

3 总体设计

(1)通道结构方案比选

通道主要采用箱涵、桥梁两种结构形式(方案比选见表1)。

表1 通道结构形式方案比选

序号	项目	方案一	方案二
1	结构形式	箱涵	桥梁
2	施工工法	明挖法分幅	盖挖法分幅
3	施工工期	工期较短	工期较长
4	经济性	较低	较高

- a. 箱涵结构:顶板、底板与侧壁形成框架结构。
- b. 桥梁结构:上部采用板式结构、下部采用盖梁接灌注桩,通道内路面采用道路路面结构。

根据物探调查,道路两侧存在多种管线,施工过程中涉及到雨水、电力、通信管线的迁改,因此,推荐采用箱涵结构。

(2)箱涵结构方案比选

目前,箱涵结构通常采用整体现浇箱涵、装配式箱涵、叠合箱涵三种样式(方案比选见表2)。

表2 箱涵结构方案比选

序号	项目	现浇箱涵	装配式箱涵	叠合箱涵
1	施工方法	模板现浇	预制吊装	部分预制、部分现浇
2	复杂程度	简单	稍繁琐	较繁琐
3	工期	较长	较短	适中
4	造价	较低	较高	适中

- a. 整体现浇箱涵:现场开挖、绑扎钢筋、浇筑箱涵主体,箱涵间隔一定距离在纵向设置变形缝。
- b. 装配式箱涵:由若干预制箱节组成,在预制厂制成成品后,运至施工现场进行拼接。预制箱节之间通过特殊的拼缝接头构造,将箱涵拼成整体^[3]。
- c. 叠合箱涵:将箱涵结构拆分为顶板和部分侧壁预制拼装,底板和部分侧壁现浇。预制拼装工艺与装配式箱涵类似。

本工程工期为首要考虑因素,为尽量缩短工期,推荐装配式箱涵结构。

(3)施工工法方案比选

箱涵穿越城市道路的施工工法主要有明挖法,顶管法两种方式(方案比选见表3)。

a. 明挖法:从上至下,分段、分层依次开挖,直至设计要求,然后施工主体结构和防排水设施,最后回填材料恢复至现状地面后通车。

b. 顶管法:借助顶进设备产生的顶力,克服箱涵

表3 施工工法方案比选

序号	项目	明挖法	顶管法
1	施工方法	现场放坡或支护开挖	采用顶管设备顶进
2	复杂程度	简单	简单
3	作业空间	较少	较大
4	工期	较短	较长
5	造价	较低	较高

与周围土壤的摩阻力,将箱涵按设计要求,边挖土、边顶进、边运土。一节箱涵完成顶入土层之后,再下第二节箱涵继续顶进。

由于本项目受作业空间影响,无法提供足够的空间用于顶管施工,考虑工期和经济性主要因素,推荐明挖法施工。

(4)基坑开挖

基坑开挖采用1:1放坡开挖,为满足抗渗要求、节省工期以及两侧不设搭板,两侧回填材料采用C15素混凝土进行浇筑回填,基坑开挖坡面采用挂网喷护,见图3。

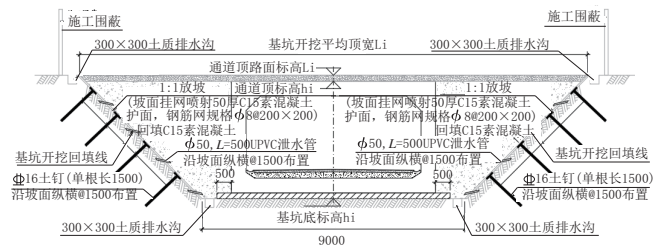


图3 基坑开挖示意图(单位:mm)

4 箱涵结构设计

(1)主体结构设计

为便于吊装、防水处理和缩短施工工期,通道主体采用单箱单室钢筋混凝土框架箱涵结构,箱涵净高2.8m,净宽6m。侧壁与顶板、底板厚均为50cm,顶板腋角为50cm×50cm,底板腋角为30cm×20cm。结构总宽7m,总高3.8m,预制箱节为2m一节,见图4。

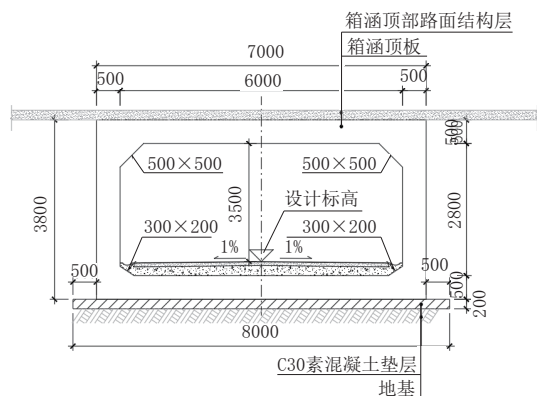


图4 箱涵横断面图(单位:mm)

(2)主要材料设计

a. 混凝土

通道主体:采用 C50 混凝土,抗渗等级为 P8;预应力孔道压浆采用 M50 无收缩压浆料;

通道内铺装面层采用 5 mm 厚丙烯酸树脂类 MMA 彩色防滑粘合物 + 80 mm 厚 AC-20 中粒式沥青混凝土面层,调平层采用 185~215 mm 厚 C30 防水混凝土调平层。

通道垫层:C30 素混凝土。

b. 预应力钢绞线及锚具

钢绞线:每孔采用 1 × 7-17.8 高强度低松弛预应力钢绞线,标准强度 $f_{pk} = 1\ 860\ \text{MPa}$,弹性模量 $E_p = 1.95 \times 10^5\ \text{MPa}$ 。

c. 普通钢筋:采用 HRB400 钢筋。

(3)接头设计

采用 80 mm 深的承插式接头,并在箱室接头部位采用双胶圈的橡胶密封胶条进行防水设计^[4],见图 5、图 6。

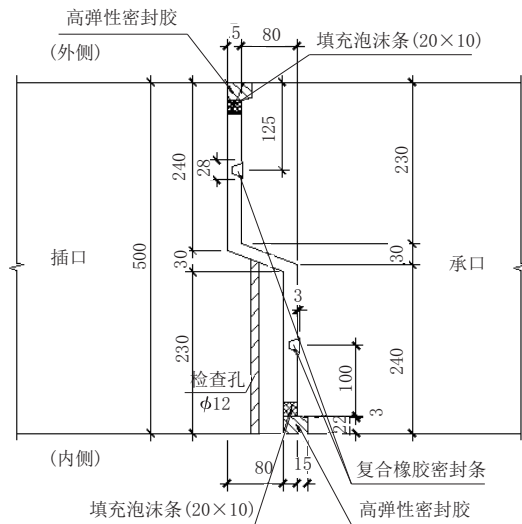


图 5 管节间顶板和侧壁接口(单位:mm)

(4)防排水设计

a. 防水设计:根据规范^[5],通道防水等级为一级。

以结构自防水为根本,顶板、底板和侧壁均采用中埋式钢边橡胶止水带和两道三元乙丙复合橡胶环形封条,外侧采用高弹性密封胶和填充泡沫条进行封堵,外表面包裹一层 3.0 mm 厚改性沥青聚酯胎防水卷材加强层。顶板防水卷材上浇筑 50 mm 厚 C50 细石混凝土,侧壁防水卷材外侧外贴 70 mm 厚聚乙烯泡沫板保护层。

b. 结构排水设计:通道外雨水、清洗路面污水通过截水沟收集汇入通道外部雨水边沟排出,通道内设置跌水沟,用来汇集通道内部的清洗路面污水,并

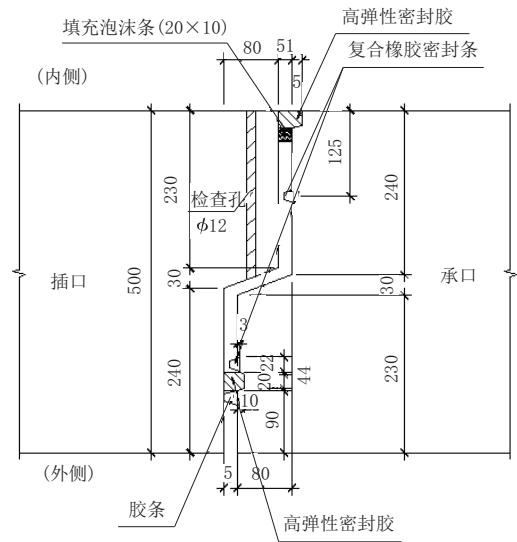


图 6 管节间底板接口(单位:mm)

排入通道口的截水沟。

(5)箱节起吊和拼装设计

起吊设计:箱节顶板顶部均衡设置 10 个 10 t 的吊钉,其中 8 个用于吊装,2 个用于拆模翻转。箱节强度达到混凝土设计强度的 75% 方可起吊。本箱涵重 52.57 t,吊装时用 8 个吊装孔, $52.57/8 = 6.57\ \text{t}$,安全系数 $F_s = 10/6.57 = 1.52 > 1.3$,满足规范要求。

拼装设计:先将 1 号箱涵放在已浇筑完的基础垫层的起始端,然后按顺序将 1、2、3、4……号箱涵依次与之对接,对接后的缝隙为 5 mm。所有箱涵在腋角处均带有手孔,每两节箱涵对接后,须用预应力筋进行张拉,施加预应力的位置在手孔处。箱节拼装顺序示意图 7。

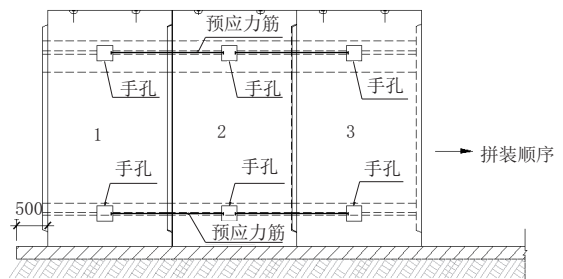


图 7 箱节拼装顺序示意图

(6)主要设计标准与参数

工程结构安全等级:一级;结构重要性系数:1.1;设计基准期:100 a;通道覆土厚度:0.1 m;通道顶部汽车荷载:城 -A 级;通道内人群荷载:5 kPa;通道内净空:不小于 2.5 m;地基承载力:不小于 95 kPa;环境类别:I 类;地震动峰值加速度 0.1g,抗震基本烈度 6 度,抗震设防措施 7 度;环境类别:I 类。

(7)主体结构配筋设计

箱涵骨架钢筋采用直径 25 mm,纵向间距 125 mm。

其余钢筋采用直径 12 mm, 横断面处间距 200 mm, 纵向梅花型布置在骨架钢筋上。

5 箱涵计算

(1)模型的建立:

为确保箱涵结构尺寸和配筋设计的合理性, 本文通过 Midas Civil 2019 有限元软件进行受力分析, 计算出各部位内力值。计算时假使箱涵底部土压力均匀分布, 采用土弹簧进行模拟, 侧面土压力均匀变化。箱涵顶板覆土厚度仅为 0.1 m (沥青混凝土面层), 计算车辆荷载时, 按集中荷载进行计算。箱涵计算模型见图 8。

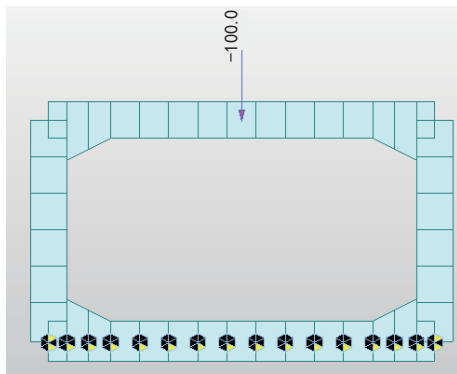


图 8 箱涵计算模型图

(2)计算结果

a. 整体验算: 根据有限元软件计算, 得出箱涵各位置计算结果, 见表 5。

表 5 箱涵特征断面计算表

位置	弯矩 / (kN·m)		剪力 / kN		裂缝 / mm	
	$r_0 M_d$	M_R	$r_0 V_d$	V_R	W_d	W_r
顶板跨中	406.2	550.6	58.3	591.4	0.17	0.2
底板跨中	404.6	550.6	80.6	591.4	0.16	0.2
侧墙跨中	255.8	550.6	29.2	591.4	0.16	0.2
顶板节点处	298.2	550.6	355.3	591.4	0.14	0.2
底板节点处	315.5	550.6	344.6	591.4	0.14	0.2

依据表 5 可知:

承载能力极限状态下的弯矩和剪力均满足规范要求;

正常使用极限状态下的裂缝也满足规范要求。

b. 局部承压验算: 由于箱涵顶板顶部仅为 10 cm 沥青混凝土, 箱涵顶板受 100 kN 的车轮局部承压作用, 根据规范^[6]5.7 节, $\gamma_0 F_{ld} = 110 \text{ kN} \leq 3 \times 225.6 \text{ kN}$, 满足设计要求。

c. 抗浮验算: 根据地质条件, 本项目地下水在箱涵底板以下, 无需进行抗浮验算。

d. 地基承载力验算: 基底反力在底板两侧为最大值, 为 86.6 kPa, 小于设计要求的 95 kPa。

6 结 语

随着建筑产业升级的影响, 装配式预制箱涵将逐步取代传统的现浇箱涵, 市场竞争也将越来越激烈。为了更好的相应国家倡导的绿色建筑, 我们设计人员应当与时俱进, 加强学习最新的设计理念, 来提高我们的设计水平, 以便更好的适应新时代下的建筑新理念。本文通过实际工程案例, 将装配式预制箱涵通道的主要设计内容进行了简要介绍, 为同类型的工程具有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 周伟明. 两构件装配式钢筋混凝土涵洞施工技术[J]. 铁道建筑, 2015(2): 36-38.
 [2] 柯代琳. 装配式预制箱涵通道设计施工技术研究[J]. 交通科技, 2016(5): 114-117.
 [3] 郭敏. 综合管廊预制结构的接口形式与防水分析[J]. 中外建筑, 2018(5): 269-271.
 [4] 郭少昱, 孙丽, 常松. 预制混凝土箱涵装配式综合管廊设计[J]. 城市道桥与防洪, 2018(2): 177-178.
 [5] GB 50108—2008, 地下工程防水技术规范[S].
 [6] JTG 3362—2018, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴, 为您提供平台, 携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱: cdq@smedi.com 电话: 021-55008850 联系网站: <http://www.csdqyfh.com>