

S3 公路工程中 小箱梁的运用

李莉

(上海市政工程设计有限公司, 上海市 200438)

摘要: S3 公路(周邓公路—G1503 公路两港大道立交)新建工程中后张法预应力混凝土小箱梁的运用情况介绍, 比较了小箱梁与其他结构的优势。在工程中结构及断面的运用及优化情况。简单介绍小箱梁计算参数与应力控制, 简支变连续小箱梁在小半径立交范围内的运用, 小箱梁在施工过程中需要注意的问题。

关键词: 后张法预应力混凝土小箱梁; 简支变连续; 小半径立交; 施工注意事项

中图分类号: U448.21

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)09-0098-04

0 引言

后张法预应力混凝土小箱梁近年来以施工方便、跨径布置灵活、梁高低等优势在工程中得到广泛应用。本文主要介绍 S3 公路(周邓公路—G1503 公路两港大道立交)新建工程(上海市)中小箱梁的运用情况。

1 工程概况

S3 公路作为上海市高速公路网的重要组成部分,是上海市东南部结构性射线骨干道路,是市域东南片区出省的快速通道,也是中心城区通往浦东新区、临港新城、奉贤区及杭州湾北岸经济带的连接通道,如图 1 所示。



图 1 S3 公路地理位置图

S3 公路(周邓公路—G1503 公路两港大道立交)新建工程全长约 26.6 km。其中主线标准桥宽以

25.5 m、32.0 m 为主;匝道以 8.0 m、10.0 m、12.0 m 为主。整个工程高架规模大,节点复杂。选用经济合理,施工便捷适用性强的上部结构直接影响到整个工程的造价及工期。

2 小箱梁结构与其它结构型式比选

经过对各种上部结构的比选,依据安全、适用、经济、美观、环保、耐久、快速施工等设计原则,比选情况详见表 1。

表 1 高架桥梁基本结构型式综合比选表

编号	结构形式	预制小箱梁 / 预制 T 梁	节段预制梁	现浇大箱梁	钢-混凝土组合梁 / 钢箱梁
1	结构性能及耐久性	好	好	好	好
2	施工难易程度	容易	复杂	较易	较易
3	施工设备要求	一般	高	一般	一般
4	施工速度	快	较快	慢	快
5	施工对环境影响	小	小	大	小
6	行车条件	较好	好	好	好
7	景观效果	较好 / 一般	好	好	好
8	后期养护工作量	小	较小	小	较大
9	工程造价	低	较高	较高	高

考虑到该工程桥梁标准宽度、桥墩间距、桥梁高跨比、宽跨比等,采用 30 m 作为高架桥梁的基本跨径。先简支后连续体系,一般 3~4 跨一联。

3 小箱梁结构设计

3.1 断面布置

S3 工程中有 25.5 m、12 m、10 m 等断面宽度,其中主线高架 25.5 m 标准桥宽横断面由 6 片小箱梁组成,梁距 4.287 m,如图 2 所示;匝道 12 m 标准桥宽由 3 片小箱梁组成,梁距 3.968 m,如图 3 所示;匝道 10 m 标准桥宽由 3 片小箱梁组成,梁距 3.118 m,梁

收稿日期: 2021-02-23

作者简介: 李莉(1980—),女,本科,工程师,从事桥梁设计工作。

间通过 0.25 m 宽超高性能混凝土(UHPC)湿接缝横向连接,如图 4 所示。

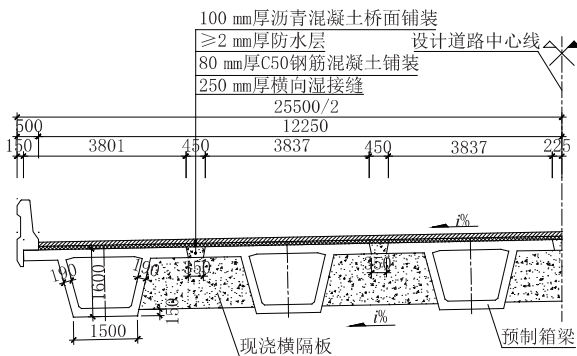


图 2 B=25.5 m 小箱梁断面(单位:mm)

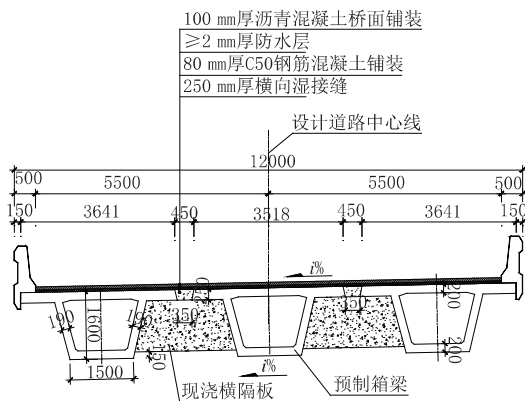


图 3 B=12 m 小箱梁断面(单位:mm)

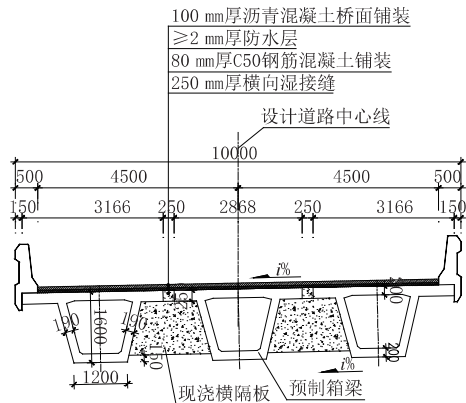


图 4 B=10 m 小箱梁断面(单位:mm)

3.2 结构设计

(1)依据断面需求,小箱梁分为两大类型,一种是底宽 1.2 m,另一种是底宽 1.5 m 小箱梁。底宽 1.2 m 小箱梁适用于桥宽 $B=10\text{ m}$ 及立交匝道变宽断面;其余断面均采用底宽 1.5 m 小箱梁,跨中断面如图 5 所示。

工程中小箱梁预制梁高统一采用 1.6 m,顶板厚 0.2 m,底板跨中厚 0.2 m,支点处加厚至 0.3 m;腹板跨中厚 0.19 m,支点处加厚至 0.32 m;挑臂厚 0.25 m。梁纵向设置 3 道横隔梁,分别位于跨中和梁端。

(2)顶板负弯矩钢束配置如图 6 所示,参数详见表 2。

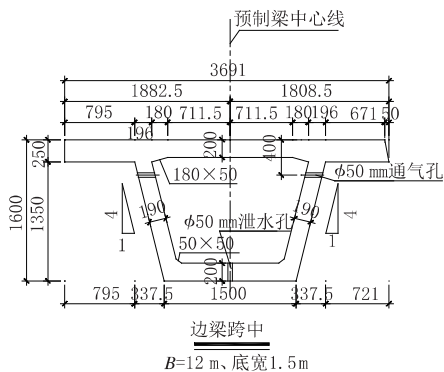
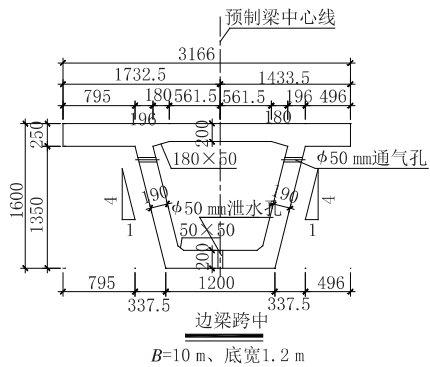


图 5 小箱梁断面(单位:mm)

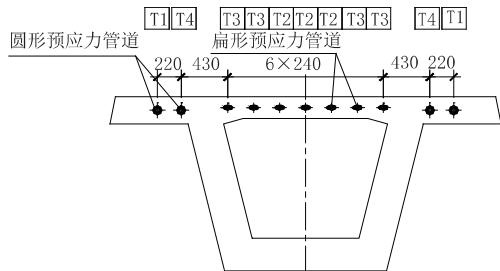


图 6 小箱梁墩顶负弯矩断面示意图(单位:mm)

表 2 顶板负弯矩钢束束表

位置	钢束型号	根数
顶板 T2、T3	15.20-3	7
挑臂 T1、T4	15.20-5	4

(3)纵向钢束配置如图 7 所示,仅示 31 m 跨配束,参数详见表 3。

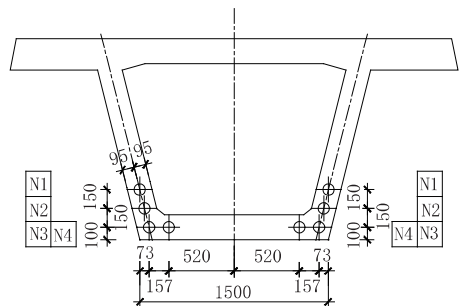


图 7 小箱梁纵向钢束跨中断面示意图(单位:mm)

(4)该工程中小箱梁不带横坡预制,以小箱梁中心点为基点,整体转动实现不同横坡的需求,方便

表 3 纵向钢束配束表

位置	腹板钢束			底板钢束
	上层 N1	中层 N2	下层 N3	N4
边跨边梁	15.20-7	15.20-7	15.20-7	15.20-6
边跨中梁	15.20-7	15.20-7	15.20-7	15.20-6
中跨边梁	15.20-7	15.20-7	15.20-7	15.20-6
中跨中梁	15.20-7	15.20-6	15.20-6	15.20-5

小箱梁的预制。梁底设置钢板实现双向水平,如图 8 所示。

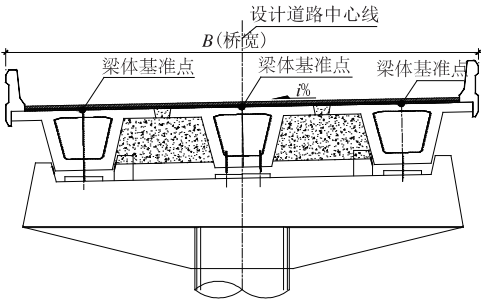


图 8 小箱梁安装示意图

(5)小箱梁跨中等高断面采用 2 m 模数,与模板的模数统一。为减小混凝土指标,顶板厚度为 0.2 m,顶板内钢束采用 15.20-3,满足锚垫板及锚固区混凝土抗压强度的要求。边梁挑臂等厚设置,更便于矢高预制。

(6)湿接缝采用两种形式,梁间 0.35 ~ 0.45 m 宽湿接缝采用 C60 无收缩混凝土横向连接;梁间 0.25 m 宽采用超高性能混凝土(UHPC)横向连接。梁间 0.35 ~ 0.45 m 宽湿接缝设置上宽下窄梯形缝,增加混凝土接触面,减少模板用量,便于施工。相邻小箱梁桥面钢筋错开布置,钢筋不需进行现场焊接,如图 9 所示。

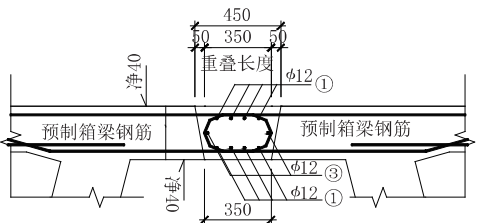


图 9 现浇湿接缝钢筋示意图(单位:mm)

4 计算分析

4.1 设计参数

(1)恒载

一期恒载:钢筋混凝土容重 $\gamma=26\text{ kN/m}^3$ 。

二期铺装:沥青混凝土 100 mm, $\gamma=24\text{ kN/m}^3$, 钢筋混凝土 80 mm, $\gamma=25\text{ kN/m}^3$ 。

防撞墙:边防撞墙 12 kN/m/侧,中防撞墙 8 kN/m。

(2)汽车荷载

公路 -I 级。

(3)预应力

预应力采用高强度低松弛钢绞线,金属波纹管。预应力控制张拉力:锚下控制应力 $\sigma_{\text{con}}=0.75 f_{\text{pk}}$ ($f_{\text{pk}}=1\ 860\text{ MPa}$);预应力钢筋与管道壁的摩擦系数 $\mu=0.23$,管道系数每米局部偏差对摩擦的影响系数 $k=0.001\ 5$ 。

(4)温度影响

体系升温 25℃;体系降温 20℃;基准温度 15℃;桥面板局部升降温按梯度温度效应计算。升温: $T1=14\text{℃}$, $T2=5.5\text{℃}$;降温: $T1=-7\text{℃}$, $T2=-2.75\text{℃}$ 。

(5)基础变位影响

纵横向隔墩不均匀沉降 $L/3\ 000$, L 为跨径,按最不利组合。如根据实际计算沉降量较小时,可按实际计算沉降量取值。

(6)施工工况

计算中考虑的具体施工工况见表 4。

表 4 施工工况表

阶段	施工工况
1	架设预制小箱梁(边防撞墙已预先在边梁上进行预制)
2	浇筑负弯矩钢束范围内的横向湿接缝,浇筑中横梁
3	张拉负弯矩钢束
4	现浇剩余横向湿接缝及其余现浇部分
5	桥面铺装、中横梁现浇范围内的边防撞墙施工
6	收缩徐变 10 a

由于防撞护栏直接预制在边梁上,因此边梁计算时考虑单侧全部防撞护栏的荷载。铺装按每片小箱梁承担各自桥面面积内的铺装重量计算。

4.2 横向分布系数计算

支点位置横向分布系数的计算采用杠杆法。跨中横向分布系数采用刚性横梁法计算^[2]。

4.3 应力控制

小箱梁以 A 类预应力混凝土构件进行设计^[1],详见表 5。

表 5 荷载组合下的应力控制

组合	应力控制要求
频遇组合	最大拉应力 $\leq 0.7 f_{\text{tk}}=1.855\text{ MPa}$;
标准组合	主拉应力 $\leq 0.7 f_{\text{tk}}=1.855\text{ MPa}$
准永久组合	不出现拉应力
主要截面	主要截面拉应力 $\leq 1.0\text{ MPa}$, 压应力 $\leq 0.5 f_{\text{ck}}=16.2\text{ MPa}$;
支点截面	支点截面拉应力 $\leq f_{\text{tk}}=2.65\text{ MPa}$, 压应力 $\leq 0.5 f_{\text{ck}}=16.2\text{ MPa}$;
主压应力	主压应力 $\leq 0.6 f_{\text{ck}}=19.44\text{ MPa}$

5 小箱梁在小半径立交范围内的运用

该工程中,共有三个立交节点,24 条匝道,匝道面积 15 万 m^2 。立交布置复杂,匝道中心线半径普遍

偏小,其中最小中心线半径只有 100 m。在立交范围内尽可能多的采用预制小箱梁结构,降低工程造价,缩短工期。

弯桥曲线半径较小,跨径较大时,一是外边梁的翼缘长度(矢高)可能超过标准梁设计的范围,桥面板需重新计算而不能完全利用标准图的桥面板钢筋;二是内边梁的翼缘长度被“吃掉”较多,甚至可能切入梁肋。因此采用梁体整体向曲线外侧平移的处理方式,可解决上述问题,如图 10 所示。

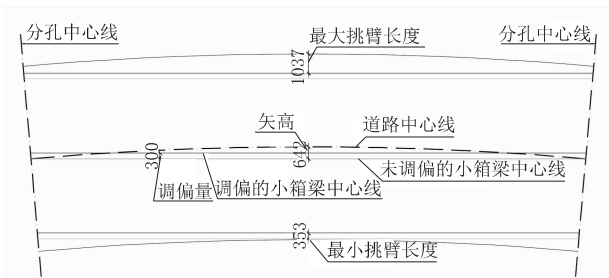


图 10 小箱梁平移图(单位:mm)

采用梁体整体平移一定距离的方式,将内、外边梁的跨中翼缘长度控制在合理范围内,以便充分利用标准梁的配筋且不触及梁肋本身,使小箱梁结构最大可能的适用于立交匝道范围内。梁体整体平移后边梁最小矢高控制在 500 mm 左右,最大矢高控制在 1 000 mm 左右。依据以上原则,同时尽量减少平移品种,最终确定了平移方案,平移原则详见表 6。

表 6 小箱梁平移原则

中心线矢高/mm	平移量 e/mm
<300	0
300~400	200
400~600	300
>600	不适用小箱梁

在此原则上,还需要总体考虑相邻连续墩处平移量一致,保证结构的连续性。梁体平移后,梁体中心线与桥面中心线必然存在差值 e ,此时下部结构应进行相应变化。可将下部结构整体往梁体平移的方向平移一样的值,使桥墩中心线与梁体中心线对齐,使盖梁挡块位置满足梁体安放的要求。这种处理办法,桥墩盖梁结构无需特殊设计,仅需注意桩位坐标放样及相关高程计算即可。

经过平移优化后,小箱梁可运用于中心线半径 ≥ 200 m 的立交匝道,最大跨径布置为 30 m,最终小箱梁结构在立交匝道上的使用面积达到 7.5 万 m^2 ,大大降低了立交范围的造价及施工工期。

6 小箱梁在施工过程中需要注意的问题

(1)为了防止预制梁上拱度过大,及预制梁与桥面现浇层由于龄期差别而产生过大收缩差,存梁期不超过 90 d。

(2)为方便小箱梁预制施工,该工程预制小箱梁顶面、底面均按平坡进行设置。施工安装时,按道路横坡进行安装,小箱梁桥面顶板中心平面位置同小箱梁平面布置图。同小箱梁一起预制的边防撞墙,预制时应考虑梁体安装时的旋转角度,在小箱梁按横坡放置后,应保持铅垂状态。防撞墙高度按竖曲线进行预制。

(3)为方便预制,小箱梁顶面不设预拱度,具体处理方法如下:道路竖曲线为凸曲线时,小箱梁预制梁高及沥青混凝土铺装层厚度保持不变;道路设计竖曲线在一跨内的上拱值 Δ 通过调整 C50 钢筋混凝土铺装厚度实现;C50 钢筋混凝土铺装层在桩号中心线处的厚度为 80 mm。当道路竖曲线为凹曲线时,小箱梁预制梁高不变;当竖曲线下凹值绝对值 $|\Delta| \leq 50$ mm 时,下凹值 Δ 通过调整沥青混凝土和钢筋混凝土铺装层厚度实现;当竖曲线下凹值绝对值 $|\Delta| > 50$ mm 时,下凹值 Δ 通过调整沥青混凝土和钢筋混凝土铺装层厚度、并将小箱梁梁体整体下压实现;沥青混凝土铺装层厚度不应小于 85 mm;C50 钢筋混凝土铺装层厚度不应小于 45 mm。

(4)小箱梁在预制、运输及安装阶段应采取可靠措施,防止发生倾覆;小箱梁吊装就位后应及时进行可靠的横向连接。

7 结 语

通过对上海市 S3 新建工程中小箱梁的设计理念和优化思路介绍,希望给设计人员一些参考和启发。如何让常规的预制构件更优化、施工更便捷,并能结合当地的施工技术,更好地发挥出传统构件优势。相信未来随着更多高性能材料的出现,传统桥梁结构能够优化的空间还很大,今后会出现更多结构新颖、造型优美、施工便捷的桥梁结构形式。

参考文献:

[1] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
[2] 范立础.桥梁工程(上)(土木工程专用)[M].北京:人民交通出版社. 2001.