

轨道交通“桥建合一”高架车站大悬臂独柱墩结构设计研究

毛远文, 任 科, 刘志军

(中铁二院贵阳勘察设计院有限责任公司, 贵州 贵阳 550002)

摘 要: 贵阳市轨道交通1号线窦官高架车站为“桥建合一”结构体系, 桥墩采用大悬臂盖梁独柱墩。两种不同的受力体系组合在一起。“桥建合一”高架车站受力复杂, 对空间框架体系的收缩、徐变, 以及温度力的影响进行分析, 并对大悬臂预应力混凝土盖梁受力进行介绍。其设计方法和成果可为同类高架车站提供设计参考。

关键词: 高架车站; 大悬臂盖梁独柱墩; 收缩; 徐变; 温度

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)01-0104-03

1 工程概况

贵阳市轨道交通1号线西延线工程“桥建合一”窦官高架车站采用大悬臂盖梁独柱墩的高架结构。车站位于贵阳市观山湖区, 沿金朱西路呈东西向布置, 为地面三层侧式高架站, 车站全长120.0 m, 宽22.0 m, 南北两侧各设置1个出入口天桥。

该高架车站具有纵向墩间距大、站内设备重的显著特点, 空间框架体系受混凝土收缩、徐变及温度力影响明显。设计的技术关键是大悬臂盖梁独柱桥墩, 尤其是盖梁的最大悬臂长度超过11.6 m, 国内尚不多见。

2 主要技术标准

窦官高架车站结构采用如下技术标准进行设计。

(1) 区间高架结构应满足耐久性要求。桥梁主要承重结构设计满足正常使用要求100 a。

(2) 设计速度: 最大设计时速80 km/h。

(3) 正线数目: 双线。线间距5.0 m, 最小曲线半径: 350 m。该桥位于 $R=800$ m的缓和曲线及直线上。

(4) 轨距: 1 435 mm。

(5) 车型及轴重: 采用B型车, 单轴重140 kN。

(6) 牵引种类: 电力。

(7) 全线设计标准按一次铺设无缝线路。桥上无

缝线路设计按《铁路无缝线路设计规范》(TB 10015—2012)执行。

(8) 环境: 一般大气条件下无防护措施的地面结构, 环境类别为碳化环境, 作用等级为T2。

(9) 地震设计标准: 地震动峰值加速度为 $0.05g$, 地震动反应谱特征周期为0.35 s。高架站抗震设防类别为B类, 抗震设防措施等级为7级。

3 高架车站结构总体设计

该高架车站采用“桥建合一”结构体系, 桥梁跨度采用 8×15 m简支梁布置(见图1)。车站墩柱采用“干”字型桥墩, 顶层盖梁支撑轨道梁及站台板, 底层盖梁支撑站厅层, 并与站房纵梁现浇在一起, 主要承重结构为独柱墩双层盖梁框架体系(见图2)。结合该线高架梁型情况, 轨道梁选用预应力混凝土箱梁, 梁体支承于桥墩盖梁上。轨道梁都采用双线单箱单室预应力混凝土简支梁。箱梁采用斜腹板飞雁式, 箱梁翼缘根部及腹板、箱底交界处采用圆弧倒角处理, 保证梁体外观的线条流畅。该桥箱梁顶宽统一采用8.2 m, 梁高1.2 m。

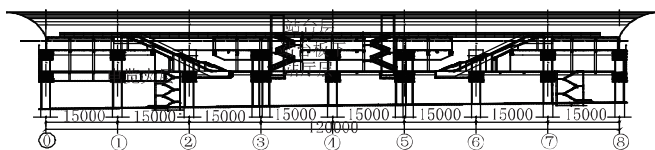


图1 窦官高架车站立面示意图(单位:mm)

盖梁、墩柱、基础为桥梁结构和房建结构共有, 桥梁横向框架通过房建结构纵向梁板整体刚结, 形成空间框架梁格体系。“干”字墩上、下层盖梁均采用全预应力混凝土结构, 下墩柱平均墩高为6.0 m,

收稿日期: 2020-05-23

作者简介: 毛远文(1987—), 男, 硕士, 工程师, 从事桥梁工程设计工作。

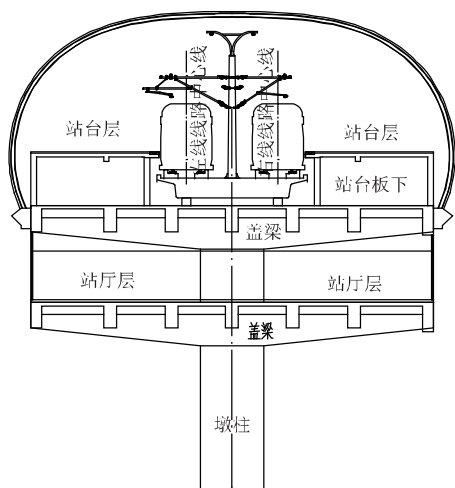


图2 窦官高架车站典型横断面图

上墩柱墩高为3.05 m。车站结构在3号和5号墩各设一道横向断缝,缝宽10 cm,将车站分成三联。

4 结构设计分析

4.1 收缩、徐变、温度力的影响

“桥建合一”高架车站中,一般都为多次超静定结构体系。混凝土的收缩、徐变,以及升降温对结构的影响非常明显。收缩、系统整体降温使车站两端墩柱底部产生巨大的弯矩,虽然混凝土徐变效应在一定程度上能对其产生一定的抵消作用,但三者的综合作用仍是墩柱设计的控制因素。再者,混凝土徐变及系统整体升温对墩底的效应是同向的,在含有以上两项的组合中,车站端头墩的反向弯矩比较大。加上车站受到以上作用力的同时,还可能受到风荷载、车辆制动力等纵向力的作用,车站的桥墩将是一个双向受力的构件。当车站结构设计不合理时,很容易导致靠近车站端头处的墩柱不能满足规范要求;同时,因为墩底外力的增加给车站基础设计带来较大的困难。因此,设计此类车站结构时,必须注意尽量减小收缩、徐变,以及温度力对车站结构的影响。

采用MIDAS有限元软件建立空间计算模型,对混凝土收缩、徐变,以及温度力对空间刚架的“桥建合一”高架车站的影响进行分析。车站结构按如下方式进行模拟:车站墩柱、桥梁盖梁、轨道梁、房建结构的纵横梁按空间梁单元模拟;车站的站厅楼板、站台楼板等采用6自由度的弹性板单元模拟(见图3)。

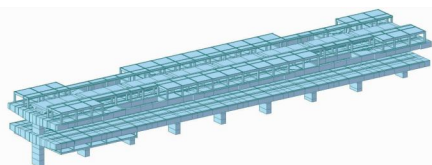


图3 窦官高架车站空间有限元模型

墩柱高度较小,刚度较大的且纵横梁固结的车站,温度力通常成为控制设计的主要因素。墩柱的截面大小对温度力有着非常明显的影响。加大墩柱的截面尺寸能够提高墩柱本身的承载能力,但同时墩柱刚度的增加,从而导致墩柱温度力的增加。图4为墩柱在不同截面尺寸、不设伸缩缝情况下,主力加附加力的墩底顺桥向最大弯矩图。

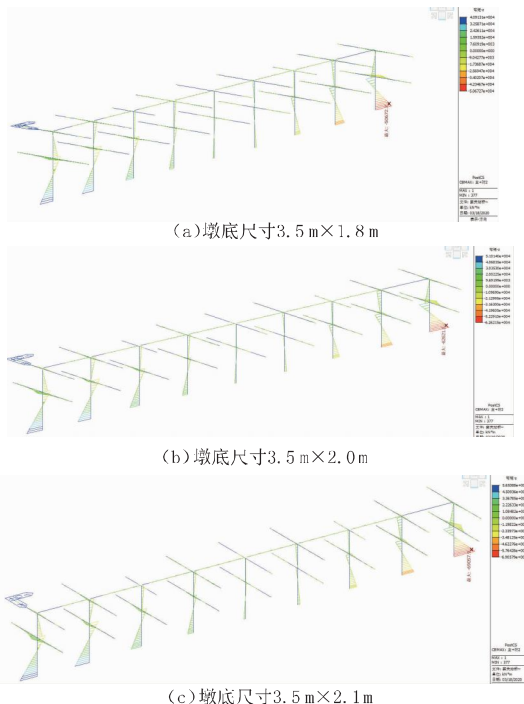


图4 墩底顺桥向弯矩图(主力+附加力)(单位:kN·m)

在车站3号墩和5号墩分别设置一处伸缩缝,将车站分成三联。图5为设置变形缝下的主力加附加工况下的墩底顺桥向最大弯矩图。

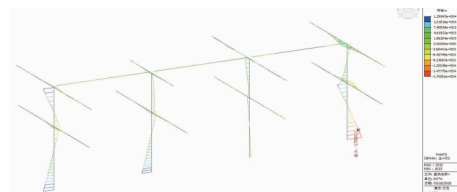


图5 墩底(3.5 m x 2.0 m)顺桥向弯矩图(主力+附加力)
(单位:kN·m)

通过分析可以发现,空间框架体系的车站,若不设置伸缩缝,则结构超静定联长太长,混凝土的收缩、徐变及温度荷载对车站两端墩柱底部产生较大的弯矩。通过设置伸缩缝后,墩底弯矩减小约65%,有效地减小了收缩、徐变及温度所产生的结构内力。

4.2 大悬臂盖梁预应力设计

作为高架车站独柱墩主要承载构件的盖梁,由于站台和站厅等建筑要求,一般悬臂较大,且荷载种类和分布状态较为复杂。盖梁分为上层盖梁和下层盖梁。上层盖梁承受站台层、轨道梁、屋架荷载、列车

荷载等;下层盖梁主要承受站厅层楼面荷载、设备、电缆夹层等。上层盖梁最大悬臂长度为 11.6 m,下层盖梁最大悬臂长度为 11.0 m。

为抵抗外荷载,钢束在盖梁根部靠近上缘布置,接近悬臂端逐渐下弯锚固。下缘钢束布置形式可采用 S 形布置和直线形布置(见图 6、图 7)。

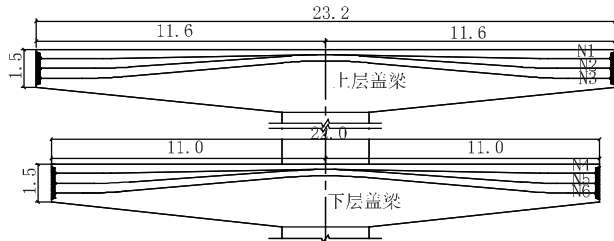


图 6 盖梁预应力 S 形线形布置图(单位:m)

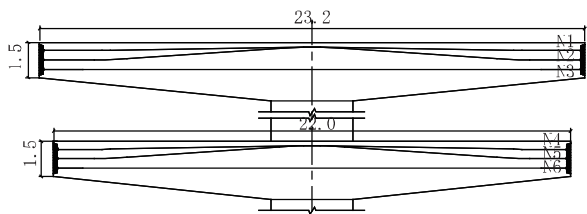


图 7 盖梁预应力直线线形布置图(单位:m)

第一种钢束线形布置,由于钢束较贴近上缘,盖梁下缘在施工阶段将产生较大的拉应力。第二种钢束线形布置,可较好地解决下缘拉应力的问题,但由于下排钢束放置位置较低,较第一种方式需要增加钢束的配置量。

采用 DRbridge 结构计算软件进行分析计算。车站的施工工艺为从下往上,先施工下墩柱和盖梁、站厅层梁板,待盖梁混凝土强度达到设计要求后,对称张拉下层盖梁钢束。站厅层搭设支架,施工上墩柱和盖梁、站台层梁、板、柱等,待盖梁混凝土强度达到设计要求后,对称张拉上层盖梁钢束,最后施工轨道梁。钢束张拉均按一次到位。图 8 为上层和下层盖梁端部锚固区布置图。

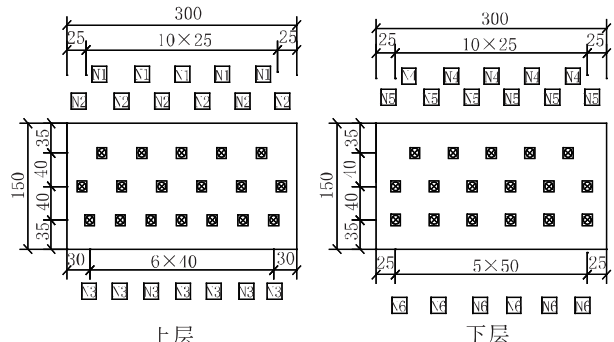


图 8 上层和下层盖梁端部锚固区布置图(单位:cm)

表 1 为施工阶段盖梁上下缘应力表,表 2 为最不利工况下盖梁应力及强度计算结果一览表。

从表 1 可知,采用 S 形钢束布置,一次张拉到位,盖梁下缘最小拉应力满足规范要求,方便了施

表 1 施工阶段盖梁上下缘应力表 单位:MPa

墩柱	上缘最大应力	上缘最小应力	下缘最大应力	下缘最小应力
0	11.18	-0.59	11.72	-1.27
3	11.48	-0.94	12.42	-1.87
4	11.81	-0.52	10.80	-1.64
7	11.94	-0.52	10.78	-1.62

表 2 最不利工况下盖梁应力及强度计算结果一览表

墩柱	位置	运营阶段混凝土正应力 /MPa		正截面强度最小安全系数
		上缘最小	下缘最大	
0	上层盖梁	1.5	8.8	2.37
	下层盖梁	3.6	6.9	3.19
3	上层盖梁	1.9	10.8	2.63
	下层盖梁	2.7	7.7	3.41
4	上层盖梁	3.2	9.2	2.77
	下层盖梁	4.5	7.5	3.25
7	上层盖梁	1.7	9.3	2.63
	下层盖梁	3.4	6.8	3.12

工,并避免钢束直线布置而导致钢束配置的浪费。表 2 表明在最不利工况下,上、下层盖梁正截面强度最小安全系数和应力均满足规范要求。

根据地铁设计规范^[1]，“桥—建”组合结构体系悬臂端计算挠度限值为 $L_0/600$; L_0 为悬臂构件的计算跨度,参照《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)中 L_0 为实际悬臂长度的 2 倍^[2]。

在恒荷载、列车活载、人群荷载、预应力效应及风荷载最不利荷载组合下,大悬臂盖梁最大挠度(见表 3)小于规范限值。

表 3 最不利工况下盖梁悬臂端部竖向最大挠度表 单位:mm

墩柱	位置	最大竖向挠度
0	上层盖梁	21
	下层盖梁	19
3	上层盖梁	6
	下层盖梁	5
4	上层盖梁	19
	下层盖梁	19
7	上层盖梁	8
	下层盖梁	11

5 结 论

目前我国高架车站的建设越来越多,但对其结构的研究尚未形成一个完整、成熟的体系,尤其对于受力和传力方式都较为复杂的“桥建合一”的车站结

(下转第 136 页)

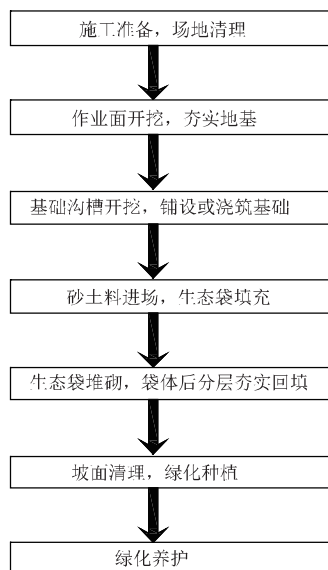


图6 生态袋护岸施工工序

工程条件选用科学合理的方式。以喷播绿化为例,喷射物要均匀,形成厚度一致的毯状物,喷播完后要加强养护。对于没有植被覆盖的裸露段及时进行修补。

问题三:生态袋也可布置于常水位以上,易受紫外线照射,个别袋体存在风化现象。

对策三:生态袋产品规格较多,质量差别大,价格参差不齐。合规的生态袋产品采用高分子有机聚合物,在抗潮湿、抗化学腐蚀、抗水体溶解、抗生物降解、抗高温低温、抗紫外线等方面均有较好的表现,其使用寿命可达50~100 a。因此在设计时选定严格的设计参数,在选材时注重产品的力学性能,在维护时及时更换破损的袋体,可以有效保证护岸的稳定和景观效果。

4 结 语

根据现场调研,并结合类似工程实践经验,生态

袋护岸作为一种柔性结构,抵抗沉降和变形的能力强,对于地形高差多变的地段尤为适用。袋体之间通过标准扣锁定,结构整体性和稳定性良好。袋体较高的孔隙率有利于植物扎根,满足绿化种植需求。填充料较好的透水透气性维持了水、土、生物之间形成的物质和能量循环系统^[11],为各类生物提供栖息地的同时提升和保持水体的自净能力。袋体重量小,运输便利,施工快捷。但生态袋护岸对于绿化施工的要求较高,保证绿化成活率才可形成较好的生态环境。因此生态袋护岸应在前期的结构及种植设计、中期的绿化养护和后期的维护管理中注意植物的搭配及定期的管养维护,以保证护岸良好的生态效果。

参考文献:

- [1] 董玉兰,石祥增.传统护岸向生态护岸的过渡[J].珠江水运,2015(20):66-67.
- [2] 陈军.市政道路边坡绿化中的生态袋护坡技术分析[J].四川建材,2019,45(10):148-149.
- [3] 岳建东,李志强,张显国,等.山区高速公路边坡生态袋防护绿化技术研究[J].河北林业科技,2015(6):9-11.
- [4] 宣立华.岩质路堑边坡绿色防护技术在京张高铁的应用研究[J].铁道勘察,2019,45(1):77-81.
- [5] 彭超,徐洲平.生态袋挡墙护坡技术在运河航道整治工程中的应用[J].水利规划与设计,2010(5):100-102.
- [6] 秦大伟,孙其超.生态袋护岸在崇明东滩河道整治中的应用与分析[J].城市住宅,2020,27(1):142-143.
- [7] 韩永升,王圣海,崔智浩,等.石佛寺水库水土保持的护坡形式[J].东北水利水电,2007(4):59-60.
- [8] 张琳琳,董文凯,沈小立,等.土工合成材料在上海市生态护岸应用的调研[J].城市道桥与防洪,2019(2):121-124.
- [9] 陈蕙诗.河道生态护坡技术的比选分析[J].低温建筑技术,2017,39(3):131-133.
- [10] 邢建龙,张慧兴.生态袋在边坡防护工程中的应用[J].四川建材,2012,38(4):87-88.
- [11] 范鹏飞.生态袋柔性护坡在临汾河道整治工程中的应用[J].山西水利科技,2013(3):78-79.

(上接第106页)

构,仍有较大的研究空间。本文对空间框架体系的甯官高架车站中的温度、徐变,以及温度力的影响进行了分析,并对大悬臂盖梁钢束的配置、应力、强度、变形等方面做了一定的计算和分析,得出以下结论:

(1)混凝土的收缩、徐变及温度荷载对空间框架体系的车站两端墩柱底部产生较大的弯矩。通过设置伸缩缝后,能有效地减小收缩、徐变及温度所产生的结构内力。

(2)甯官高架车站盖梁钢束采用S形布置,一次

张拉到位,盖梁下缘最小拉应力满足规范要求。若应力超标,可采用分批次张拉或直线形钢束布置。

(3)对于楼板结构亦可设置后浇带,通过采用后浇带的施工工艺,对车站进行分段浇注,让一部分收缩、徐变发生在结构合龙前,从而减小混凝土收缩、徐变所产生的结构内力。

参考文献:

- [1] GB 50157—2013,地铁设计规范[S].
- [2] GB 50010—2010,混凝土结构设计规范[S].