

上海 S3 公路跨大治河桥设计

王瑞龙^{1,2}, 张培君¹

[1. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092; 2. 上海市市政工程设计有限公司, 上海市 200438]

摘要: 上海 S3 公路在大治河处采用“主线高速系统 + 地面系统”的敷设形式。为减少用地面积,降低工程投资,大治河桥设计采用一体化建设、一跨过河的双层简支桁架桥。该桥跨径 109 m,采用双层桥面布置,桥宽 33.7 m。上部结构横桥向设置 4 榀桁架,采用三角桁,上、下弦杆及腹杆均采用箱型截面,桁架间采用工字型钢横梁联系,上、下层桥面系采用正交异性钢板桥面板。下部结构采用 2 个分离式的双层门式框架,基础采用钻孔灌注桩;支承体系采用球型钢支座并联合层橡胶恢复力元件组成的新型组合型减隔震体系。桥面铺装采用浇筑式沥青混凝土,钢结构防腐涂装采用长效型配套体系。采用 Midas Civil 建立空间有限元模型进行计算分析,结果表明:该桥受力良好,安全可靠,满足规范要求。该桥每平方米桥面用钢指标控制在 0.469 t/m²,低于同类型桥梁。该桥的设计经验可为同类工程提供参考。

关键词: 双层桁架桥;桥梁设计;三角桁;新型组合型减隔震体系;结构分析;经济指标

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)12-0082-03

1 工程概况

S3 公路(周邓—G1503—两港立交)新建工程,北起周邓公路,顺接 S3 公路先期实施段,沿线穿越浦东新区和奉贤区,南接规划两港大道,是上海市公路网“一环十二射”的重要射线道路、临港新片区的重要对外通道、沿海大通道的重要组成部分。工程全长 26.64 km。

大治河现状河道河口宽 102 m,河底宽不小于 64 m,为Ⅲ级航道,河道两岸陆域控制范围为 15 m。大治河通航孔净宽 79 m,顶底同宽,净高 7 m,最高通航水位 3.3 m,规划河床底标高 -2.0 m。大治河北岸平行于驳岸 8.2 m 处埋设有青草沙给水管线,直径 1.6 m,埋置深度 7.2 m,桥梁跨径布置需进行避让。

S3 公路在大治河处采用“主线高速系统 + 地面系统”的敷设形式,受道路红线范围制约(道路红线宽度 60 m),线路的总体宽度不足,高架系统和地面系统无法在红线范围内并行过河。同时,为减少用地面积、降低工程投资,大治河桥设计采用一体化建设、一跨过河的双层桥面桁架桥。

2 主要技术标准

(1)道路等级:上层桥面为高速公路,设计车速为 100 km/h;下层桥面为城市主干路,设计车速为 50 km/h。

(2)设计车道:上层双向 6 车道,下层双向 4 车道 + 人非。

(3)汽车荷载等级:上层按公路 -I 级设计,城 -A 级复核;下层按城 -A 级设计。

(4)设计风速:桥位处 100 a 重现期 10 m 高度基本风速为 32.8 m/s。

(5)抗震设防:抗震设防烈度为 7 度,水平向设计基本地震动加速度峰值分区值为 0.1g,桥梁抗震设防措施按 8 度区执行,抗震设防类别为 B 类^[1]。

(6)设计基准期:100 a。

(7)净空:≥5 m。

(8)通航标准:航道等级Ⅲ级,通航净空 79 m × 7 m。

(9)环境类别:混凝土结构Ⅰ类;钢结构大气区腐蚀环境种类为 C4。

(10)原水管保护区:大治河北岸防汛通道下,平行于驳岸埋设有青草沙给水管线。青草沙现有直径 1 600 mm 的原水管一根,埋置深度约 7.2 m,管线距离河岸约 8.2 m,与河岸平行布置。此外,远期规划有一根直径 1 000 mm 的原水管,布置在现状原水管北侧约 3.5 m 处。根据《上海市原水引水管渠保护办法》,

收稿日期: 2022-03-07

基金项目: 上海市青年科技启明星计划(21QB1405000)

作者简介: 王瑞龙(1988—),男,博士,高级工程师,主要从事桥梁抗震和设计相关研究工作。

钢管及其他新型材质管道的保护范围为管道及其外缘两侧各5m内的区域,施工时不得侵入该区域范围。

3 总体设计

S3公路跨大治河桥采用双层简支钢桁架桥,跨径为109 m(见图1)。

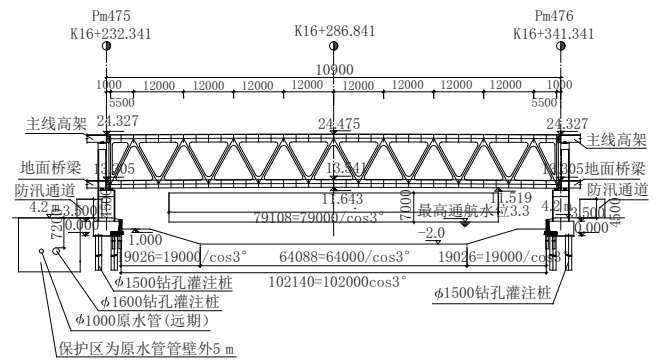


图1 大治河桥总体布置(单位:mm)

上层桥面布置为:0.85 m(桁架)+0.5 m(防撞栏)+15.0 m(车行道)+1.0 m(中央分隔带)+15.0 m(车行道)+0.5 m(防撞栏)+0.85 m(桁架)=33.7 m。下层桥面布置为:0.8 m(桁架)+2.2 m(人行道)+3.0 m(非机动车道)+0.5 m(防撞栏)+8.0 m(车行道)+0.5 m(防撞栏)+3.6 m(腹杆区)+0.5 m(防撞栏)+8.0 m(车行道)+0.5 m(防撞栏)+3.0 m(非机动车道)+2.2 m(人行道)+0.8 m(桁架)=33.6 m(见图2)。

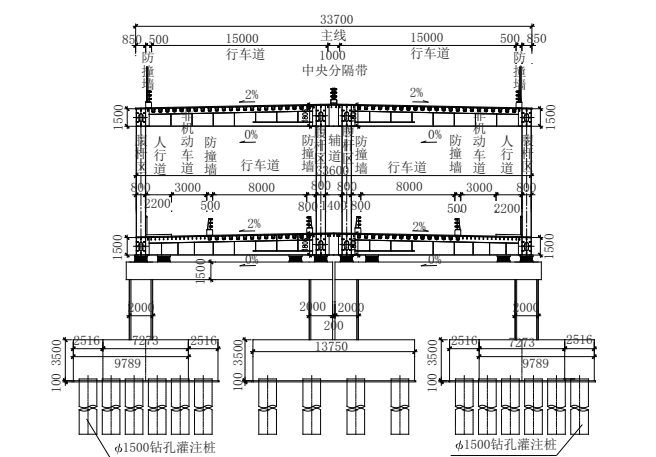


图2 大治河桥横断面布置(单位:mm)

4 桥梁结构设计

4.1 上部结构

主桁采用三角桁,由上、下弦杆及腹杆组成。为方便施工,横桥向设置4榀桁架,每榀桁架间距为15.3 m+2.2 m+15.3 m。

上、下弦杆及腹杆均采用箱型截面。上、下弦杆边桁采用1.5 m×0.8 m的箱型截面,中桁采用1.806 m×

0.8 m的箱型截面,板厚14~20 mm;腹杆采用0.8 m×0.8 m的箱型截面,板厚14~30 mm^[2]。

上、下层桥面系采用正交异性钢桥面板、横梁组成的横梁体系,横梁采用1.5 m高的工字型截面。

4.2 下部结构

主桥与引桥共用下部结构。为降低温度变化对下部结构的影响,采用2个间距0.2 m的双层门式框架。桥墩采用矩形截面,下层桥墩顺桥向尺寸4.0 m,横桥向尺寸2.0 m;上层桥墩顺桥向尺寸2.0 m,横桥向尺寸1.4~1.6 m。

为满足青草沙原水管保护区的要求,需缩小桥墩基础规模,桥墩基础采用3个分离式承台,D1.5 m的钻孔灌注桩。边承台顺桥向尺寸5.7 m,横桥向尺寸9.789 m,承台厚度3.5 m,下有6根采用梅花形布置的钻孔灌注桩;中承台顺桥向尺寸6.25 m,横桥向尺寸13.75 m,承台厚度3.5 m,下有8根采用矩形布置的钻孔灌注桩。桩基持力层为⑨层灰色粉细砂,桩长81 m。

4.3 支承体系

支承体系采用GQZ 12500球型钢支座并联JLZ 10800叠层橡胶恢复力元件组成的新型组合型减隔震体系^[3](见图3)。在使用荷载作用下,球型钢支座提供竖向支承,满足使用荷载作用下的性能。在地震作用下,球型钢支座剪切螺栓剪断,发生滑动提供摩擦耗能,叠层橡胶恢复力元件提供水平恢复力,控制梁体位移。该新型组合型减隔震体系受力明确、构造简单、经济可行、减震效果好。

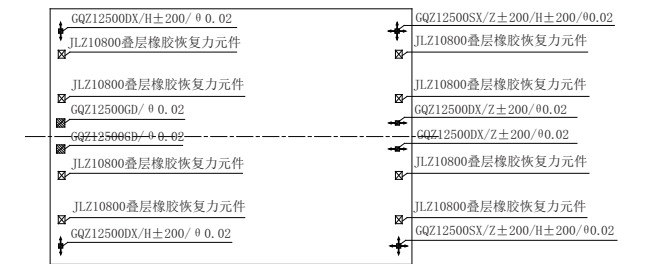


图3 大治河桥支承体系示意

4.4 附属设计

(1)桥面铺装。钢桥面铺装采用70 mm厚浇筑式沥青混凝土:浇筑式GA-10(35 mm)+高弹改性沥青SMA-10(35 mm)。

(2)钢结构防腐涂装。钢结构防腐涂装采用长效型,15~25 a;腐蚀环境类别为C4(中等盐度的工业区和沿海区)。钢结构外表面涂装配套体系为:环氧富锌底漆80 μm(2道)+环氧云铁中间漆140 μm(2道)+氟碳面漆80 μm(2道),总干膜厚度为300 μm。钢结

构内表面涂装配套体系为:环氧富锌底漆 80 μm(2 道)+耐磨环氧厚浆漆 120 μm(2 道),总干膜厚度为 200 μm。

5 结构分析

采用桥梁有限元分析软件 Midas Civil 建立空间有限元模型进行计算分析,桁架杆件及横梁采用梁单元模拟,正交异性钢桥面板采用板单元模拟(见图 4)。

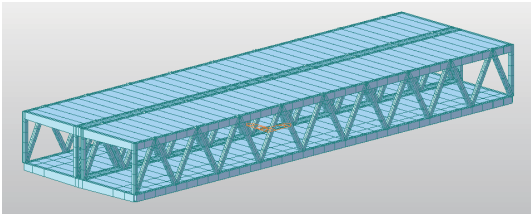


图 4 大治河桥空间有限元模型

5.1 刚度及预拱度设置

经有限元计算可知:活荷载作用下,最大下挠 32.8 mm,最大上挠 0.5 mm,桥梁竖向刚度为 1/3 273,满足规范小于 1/500 的要求。恒载作用下,最大下挠 106 mm,设计预拱度按二次抛物线设置(对应荷载工况为恒载+1/2 活载),为 123 mm。

5.2 应力

表 1 为荷载基本组合下各构件应力验算结果,

其中各构件应力限值考虑受压加劲板局部稳定的折减^[4]。从中可看出,各构件应力均满足应力限值的要求。

表 1 荷载基本组合下各构件应力验算结果 单位:MPa

构件	最大应力	最小应力	应力限值
上弦杆边桁	—	-230	-235
上弦杆中桁	—	-200	-219
下弦杆边桁	249	—	270
下弦杆中桁	238	—	270
壁厚 14 mm 腹杆	—	-162	-188
壁厚 16 mm 腹杆	—	-193	-205
壁厚 20 mm 腹杆	—	-219	-228
壁厚 25/30 mm 腹杆	—	-229	-235
上横梁	164	-164	± 270
下横梁	189	-170	± 270
上层钢桥面板	233	—	270
下层钢桥面板	192	—	270

注:正值为拉应力,负值为压应力。

6 经济指标

表 2 为大治河桥各构件的经济指标。设计上因地制宜地对桁架结构进行了大幅优化,充分利用钢结构桥梁的整体受力性能,严格控制结构的用钢量,本桥的每平方米桥面用钢指标控制在 0.469 t,其用钢指标低于同类型桥梁。

表 2 大治河桥经济指标

项目	主梁		盖梁		桥墩		承台		桩基	
	Q345	C50	钢筋	预应力	C40	钢筋	C40	钢筋	C35	钢筋
总工程量	3 442.7 t	638 m ³	82.6 t	28.7 t	611.6 m ³	222.4 t	1 439.2 m ³	141.4 t	5 734.8 m ³	277.3 t
指标	0.469 t/m ²	0.087 m ³ /m ²	0.130 t/m ³	0.004 t/m ²	0.083 m ³ /m ²	0.364 t/m ³	0.196 m ³ /m ²	0.098 t/m ³	0.782 m ³ /m ²	0.048 t/m ³

7 结 语

上海 S3 公路在大治河处采用“主线高速系统+地面系统”的敷设形式。为减少用地面积,降低工程投资,大治河桥设计采用一体化建设、一跨过河的双层桥面简支桁架桥。该桥的设计经验可为同类工程提供参考。

(1)该桥跨径 109 m,桥宽 33.7 m,横桥向设置 4 榀桁架,采用三角桁,桁架间采用工字型钢横梁联系,上、下层桥面系采用正交异性钢桥面板。为满足青草沙原水管保护区的要求,下部结构采用了精细化集约设计,有效地缩小了桥墩基础规模。采用的球型钢支座并联叠层橡胶恢复力元件组成的新型组合

型减隔震体系具有受力明确、构造简单、经济可行、减震效果好等特点。

(2)采用 Midas Civil 建立空间有限元模型进行计算分析,结果表明:该桥受力良好,安全可靠,满足规范要求。

(3)该桥每平方米桥面用钢指标控制在 0.469 t,低于同类型桥梁。

参考文献:

[1] JTG/T 2231-01—2020.公路桥梁抗震设计规范[S].
[2] 蒋彦征,常付平,岳贵平.丰溪路龙华港桥设计[J].城市道桥与防洪,2010(9):142-145.
[3] 王瑞龙.采用复合隔震体系的泖港大桥抗震性能研究[J].城市道桥与防洪,2018(2):158-161.
[4] JTG D64—2015.公路钢结构桥梁设计规范[S].