

武汉市沙湖大道大挑臂钢箱梁受力分析

卫超, 郭俊峰, 万送

(武汉市政工程设计研究院有限责任公司, 湖北 武汉 430015)

摘要:以武汉市沙湖大道大挑臂钢箱梁桥为研究对象,采用有限元方法分析钢箱梁在施工阶段及成桥运营阶段的受力情况,研究表明该桥梁各项受力均满足规范要求。计算结果已为该桥梁的设计提供依据,分析方法可为同类结构提供参考。

关键词:钢箱梁;大挑臂;第二体系应力;局部应力;有限元

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)05-0078-03

0 引言

近年来,随着国内经济水平的提高,人们对生活的舒适性、交通的便捷性要求越来越高。作为市政工程建设设计领域的从业者,我们深感责任重大。近年,国内的众多造型新颖、功能丰富的桥梁,如雨后春笋般呈现出来,为丰富城市界面、提升城市形象提供了多元化元素,也极大的方便了市民的生活。武汉市沙湖大道跨徐东大街工程就是这类工程的一个较为突出的例子。

沙湖大道跨徐东大街主桥采用67 m+96 m+67 m=230 m连续钢箱梁结构。其中67 m边跨桥宽16.5 m,挑臂3.4 m;96 m主跨桥需要和慢行桥合建,桥梁宽度20.5 m,挑臂7.5 m,属于特大挑臂结构。目前国内钢结构采用如此大挑臂结构十分少见,结构构造处理和结构安全控制经验较少,本工程可以为类似慢行桥和车行桥合建型的市政桥梁提供设计及安全控制上的借鉴意义。

1 工程概况

徐东大街和沙湖大道均为武汉市武昌区的重要道路,主干路标准,两条主干路为平交路口,目前已经不能满足交通的通行需求,亟需对平面交叉口进行升级改造。根据规划,沙湖大道跨徐东大街以“主线跨线桥(单侧帮宽慢行桥)+地面辅道”的方式建设,工程全长约1.13 km。桥梁建设需要考虑地下市政管线,尽量减少对现有管线的迁改。同时,沿徐东大道地面道路下布置有武汉市轨道交通8号线,已

经通车运营。桥梁设计和施工均需考虑尽量减少对轨道交通的影响。为保证徐东大街两岸的行人过街,在沙湖大道和徐东大街交汇处,布置慢行桥,供行人和非机动车通行。桥梁夜景效果如图1。

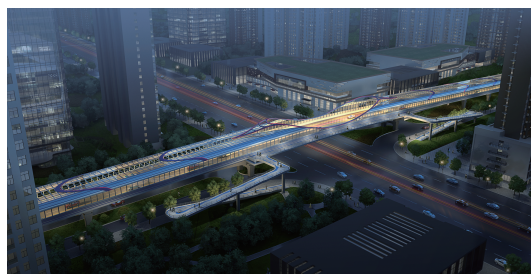


图1 沙湖大道桥梁夜景

2 桥梁结构简述

根据上述制约因素,跨越徐东大街处采用大跨变截面钢箱梁结构。为便于设置慢行交通,避免重复建设基础,优化城市界面,慢行桥采用和主桥局部合建、两侧分离建设的方式实施。上跨徐东大街的桥梁采用67 m+96 m+67 m=230 m跨径的变截面连续钢箱梁,其中两侧67 m边跨为单体车行桥,96 m主跨采用人行桥与车行桥合建。

连续钢箱梁上部结构采用单箱双室箱形截面,中支点处梁高4.5 m,边支点处梁高2.3 m,梁底线形按圆曲线变化。边跨桥面宽度为16.3 m,中跨桥面宽度为20.4 m(其中人行道宽度4 m),为保持主桥主受力体系的明确,保证腹板构造连续,桥面宽度变化通过箱梁挑臂加宽实现。主跨挑臂7.5 m。

钢箱梁构造尺寸主要由结构受力确定,边跨尺寸的确定受主跨尺寸影响,为保持整体外观的一致性和美观,钢箱梁局部构造尺寸,特别是挑臂端部的构造,边跨和主跨保持一致。钢箱梁主要构造尺寸为:钢箱梁顶板标准厚度20 mm,局部加厚至30 mm和40 mm;

收稿日期: 2021-09-16

作者简介: 卫超(1981—),男,学士,高级工程师,从事桥梁工程设计工作。

底板标准厚度 20 mm,局部加厚至 30 mm 和 40 mm;两边跨腹板及 96 m 主跨的右侧边腹板和中腹板标准厚度 16 mm,局部加厚至 30 mm;96 m 主跨左侧边腹板标准厚度 20 mm,局部加厚至 32 mm。常规 3.4 m 挑臂端部高度 300 mm(和主跨保持一致),挑臂根部高度 750 mm。主跨 7.5 m 挑臂端部尺寸 300 mm,挑臂根部高度 1 500 mm。

边跨桥梁典型横断面如下图 2,中跨桥梁典型横断面如下图 3(图中尺寸桥宽未包含 10 cm 外包护栏宽度)。

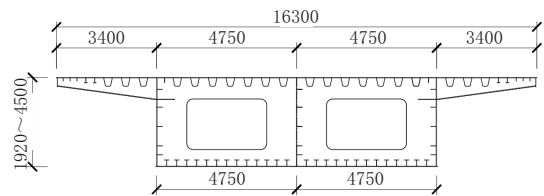


图 2 边跨主梁横断面图(单位:mm)

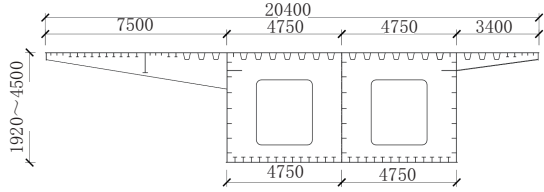


图 3 中跨主梁横断面图(单位:mm)

3 钢箱梁结构计算

3.1 钢箱梁计算模型

采用桥梁结构空间计算程序 Midas civil2019 计算,根据实际施工步骤确定计算工况。其中中跨 4 m 人行道加宽范围,计算偏安全考虑,按照偏心荷载施加于主梁上后,分别按照考虑其截面范围的纵向刚度贡献和不考虑其刚度贡献两种计算模型进行分析,综合取最不利包络结果。

钢箱梁的截面有效分布宽度根据《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64—2015) 中相关规定进行计算。结构离散示意图如下图 4 所示。

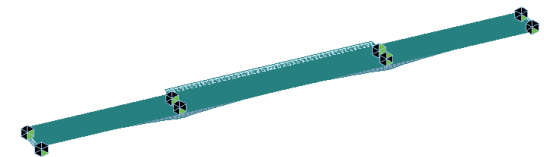


图 4 整体有限元模型结构离散图

3.2 钢箱梁施工阶段计算

本桥梁设计采用转体施工方案,转体最大悬臂为 71.5+64 m,两侧通过配重进行施工阶段的整体平衡。考虑最不利情况,施工阶段仅计算最大悬臂状态,结果如下:

(1)施工阶段最大悬臂状态下,钢箱梁最大拉应力

为 134 MPa,最大压应力为 195 MPa,均小于 270 MPa,满足规范安全要求。

(2)最大悬臂状态,主梁在恒载作用下边跨端点最大位移 795 mm,中跨端点最大位移 737 mm。转体完成后,需采取顶升措施,将悬臂梁端顶升至设计位置后再进行梁段合拢。

(3)最大悬臂状态下主梁稳定性

考虑转体施工过程中,临时 T 构的两侧悬臂荷载的不平衡可能会引起临时固结系统的受力不均匀,按照实际配重为设计配重的 85%估算考虑。

由施工配重偏差(15%)不平衡引起的临时锚固最大拉力为 1 971 kN;本项目采用 PSB1080Φ50 mm 精轧螺纹钢临时墩梁固结,考虑 3 倍的安全系数,精轧螺纹钢最大抗拉强度为 4×588=2 352 kN>1 971 kN,满足要求。

由施工配重偏差(15%)不平衡引起的临时锚固支座最大压力为 9 348 kN;本项目采用两对 800×800 mm 临时支座系统,混凝土最大压应力为 7.3 MPa,满足要求。

3.3 钢箱梁运营阶段计算

本桥钢箱梁顶板及底板主梁的弯曲应力极值为:顶板最大拉应力为 194.4 MPa,最大压应力为 -158.9 Pa,底板最大拉应力为 254.1 MPa,最大压应力为 -196 Pa;均满足相应材质的强度设计要求。具体计算结果如表 1。

表 1 计算应力计算结果表			
位置	边跨跨中	中支点	中跨跨中
顶板计算应力 /MPa	-138	129	-135
结构重要性系数	1.1	1.1	1.1
有效宽度放大系数	1.02	1.37	1.07
应力 /MPa	-154.8	194.4	-158.9
钢材 / 设计强度 /MPa	Q345 钢 /270	Q420 钢 /320	Q345 钢 /270
是否满足	满足	满足	满足
底板计算应力 /MPa	187	-151	231
结构重要性系数	1.1	1.1	1.1
有效宽度放大系数	1	1.18	1
应力 /MPa	205.7	-196.0	254.1
钢材 / 设计强度 /MPa	Q345 钢 /270	Q420 钢 /320	Q420 钢 /320
是否满足	满足	满足	满足

3.4 钢桥面板局部受力分析

钢桥面板局部受力,主要计算第二体系应力,及钢箱梁悬臂应力计算。

(1)有限元模型

使用有限元软件建模分析,横隔板及 U 形加劲肋采用板壳单元模拟,为了避免边界条件对局部分

析的影响,纵桥向取三跨 9 m 进行计算,本模型计算参数均取自该钢箱梁桥设计图标准梁段。

(2) 计算假设及作用荷载

计算时假设钢板和铺装层完全连续,铺装材料为线弹性材料,且计铺装、护栏声屏障等结构自重的影响。模型的约束条件如下:端部横隔板及底板完全约束。根据规范,车轮与铺装接触面积为 600 mm(横桥向)×200 mm(顺桥向),同时考虑 170 mm 铺装层的对轮载扩散作用,扩散角度按照 45°考虑,车辆的后轴重 140 kN,如此作用在钢桥面板上的压力为 0.216 MPa,乘以冲击系数 1.3,得到作用在铺装层上的压力为 0.285 MPa。几何模型见图 5,有限元模型见图 6。

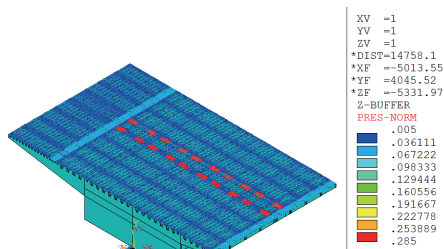


图 5 几何模型

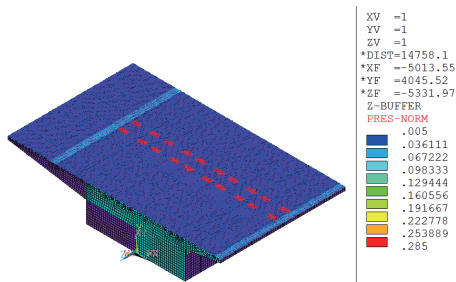


图 6 有限元模型

(3) 桥面板局部计算结果

计算考虑车轮实际加载情况,计算多种工况,U肋和挑臂最不利计算,如图 7~图 10 所示。

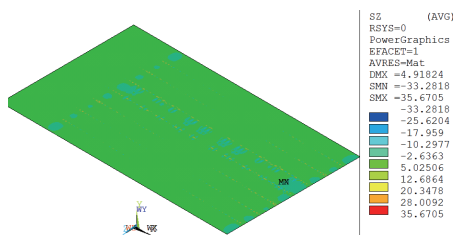


图 7 顶板顺桥向应力云图(单位:MPa)

由局部分析模型计算结果可知:

a. 顶板顺桥向最大压应力 -33.3 MPa,最大拉应力 35.7 MPa;横桥向最大压应力 -39.8 MPa,最大拉应力 59.7 MPa;最大等效应力为 52.5 MPa。

b. U 形加劲肋顺桥向最大压应力 -28.4 MPa,最大拉应力 32.4 MPa;最大等效应力为 51.6 MPa。

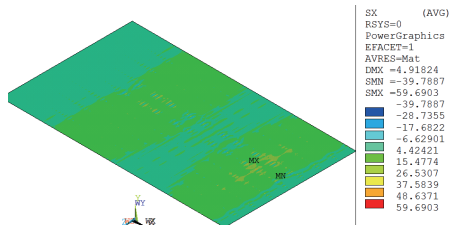


图 8 顶板横桥向应力云图(单位:MPa)

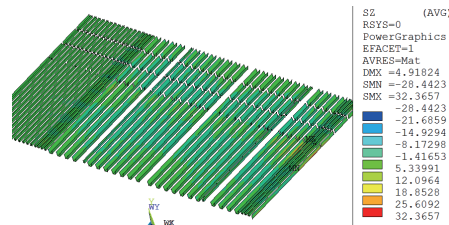


图 9 U 形加劲肋顺桥向应力云图(单位:MPa)

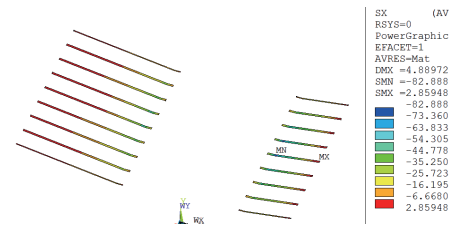


图 10 横梁挑臂板等效应力云图(单位:MPa)

c. 横梁悬臂根部下缘板最大横桥向应力 -82.9 MPa。

d. 活载下挑臂边缘最大竖向挠度为 4.9 mm < 7 500/300=25 mm,满足要求。

3.5 结论

(1)经计算分析可知,该桥在施工阶段受力及稳定性均满足要求。

(2)钢箱梁弯曲应力:综合该钢箱梁桥第一体系(整体计算)和第二体系(局部计算)结果:顶板最大拉应力为 194.4+35.7=230.1 MPa,最大压应力为 158.9+33.3=192.2 Pa;底板最大拉应力为 254.1 MPa,最大压应力为 -196 Pa;均满足相应材质的设计强度要求。(Q345qD 钢材设计强度 270 MPa,Q420qD 钢材设计强度 320 MPa)^[1]。

(3)钢箱梁横桥向局部分析结果:横梁悬臂根部下缘最大应力 82.9 MPa < 270 MPa,挑臂边缘最大挠度 4.9 mm < 25 mm,应力及刚度均满足规范要求。

4 结 语

通过计算,大悬臂钢箱梁结构受力满足规范要求。目前沙湖大道跨徐东大街桥梁工程正如火如荼的进行中,桥梁将于 2021 年底建成通车。城市高架桥中,人行天桥和城市桥梁合建将会越来越多,此桥梁的建设经验,将为类似桥梁建设提供借鉴。

参考文献:

[1] JTG D64—2015,公路钢结构桥梁设计规范[S].