

单箱多室宽箱梁桥腹板剪力分配分析

杨震轩¹, 张航², 毕伟³

(1.中交公路规划设计院有限公司,北京市 100088; 2.北京城建设计发展集团股份有限公司,北京市 100037;

3.邢台职业技术学院,河北 邢台 054000)

摘要: 工程项目设计中,单箱多室宽箱梁横向桥面宽度往往大于跨度,受力情况复杂,采用常规梁单元计算分析,无法有效精确模拟横桥向箱梁受力状态。其中横桥向不同腹板的剪力分配情况,为多腹板宽箱梁横向受力的重点。为研究单箱多室宽箱梁不同腹板剪力分配的差异,建立箱梁上部实体单元有限元模型及相关对比模型。经分析可知,支座布设情况对宽箱梁多腹板剪力分配,起到至关重要的作用。

关键词: 宽箱梁;腹板剪力分配;有限元;分析

中图分类号: U441+.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)09-0064-03

0 引言

改革开放以来,我国基础设施建设得到大力发展。预应力混凝土单箱多室宽箱梁,与空心板、T梁、小箱梁等预制结构相比,纵横桥向受力相对更加合理,由于减少了预制施工缝,结构整体性更好,更便于后期结构养护和保证桥梁耐久性^[1]。

在市政桥梁设计中,建设条件复杂多变,且受到占地、净空、辅道、管线交叉等多重因素制约,有时需要采用整幅式单箱多室宽箱梁结构。此类结构具有桥面宽、箱室宽、悬臂大、腹板个数多等特点,桥面宽度往往大于跨度。宽箱梁横桥向受力情况复杂,目前规范通常采用初等桥梁理论计算结构应力,不能真实反映宽箱梁的细部受力特征,采用常规梁单元模型计算分析很难得到精确的结果,无法准确地分析箱梁的弯曲、扭转、畸变、剪力滞等效应,易导致设计上的缺陷^[2]。其中,箱梁腹板剪力的分配情况,对分析箱梁横桥向受力起到了关键的作用^[3]。当腹板个数较多时,各腹板剪力的分配情况,如果仍然按照近似均匀分配考虑,是不够精确的。现以某项目30 m跨、39.7 m宽、单箱5室现浇箱为例,建立上部箱梁实体单元有限元模型,重点就腹板剪力分配的情况展开分析研究。

1 工程概况

该项目为穿越市区的高速公路,设计时速

80 km/h,设计车辆荷载公路一级,结构安全等级为一级,结构重要性系数为1.1。桥梁宽度为整幅39.7 m,设计基准期100 a。环境类别Ⅱ类,设计洪水频率300 a。地震烈度为Ⅷ度,地震动峰值加速度为0.315g。

该桥上部结构为3×30 m预应力混凝土整幅现浇连续箱梁,按照预应力混凝土A类构件控制设计。材料采用C50混凝土,HRB400带肋钢筋,预应力均采用高强度低松弛1860级钢绞线。桥面宽度39.7 m,箱梁高度2 m,悬臂长度3.95 m,腹板变厚段长度4 m,端横梁厚2.2 m,中横梁厚3 m。端、中横梁处横桥向一排设置两个支座,支座中心距离17.1 m。跨中截面顶板厚28 cm,底板厚25 cm,腹板厚50 cm。根部加厚截面顶板厚58 cm,底板厚55 cm,腹板厚80 cm。桥面板、纵向腹板、中横梁及端横梁均配置预应力。主要结构尺寸如图1所示。

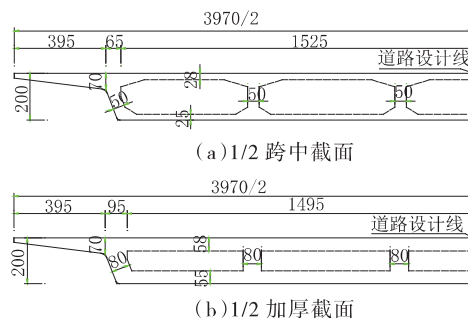


图1 箱梁标准横断面图

借助有限元分析软件建立全桥实体单元有限元模型,为保证计算精度,箱梁主要使用六面体单元模拟,其中节点共35 174个,单元共36 314个。在有限元软件中,梁底支座使用节点约束模拟,固定支座约

收稿日期: 2021-01-18

作者简介: 杨震轩(1989—),男,硕士,工程师,从事公路桥梁设计工作。

束 D_x 、 D_y 、 D_z 三个方向自由度,活动支座约束 D_y 、 D_z ,或 D_x 、 D_z 两个方向自由度。考虑自重荷载及二期恒载作用,自重荷载按照 26 kN/m^3 考虑,二期恒载分为护栏荷载、桥面铺装荷载,按照均布荷载施加于桥面之上。全桥有限元模型如图 2 所示。



图 2 全桥有限元模型

2 箱梁剪力分配分析

为研究箱梁各腹板不同位置剪力分配变化的规律,选取以下关键截面进行分析。选取截面间距约 2 m ,分别对截面各腹板进行积分,即可得出各腹板剪力。另外箱梁顺桥向关于跨中对称,故仅选取顺桥向单侧一半截面,各截面位置如图 3 所示。

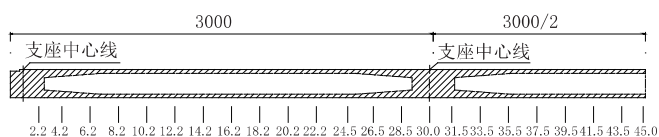


图 3 关键截面位置示意图

为研究不同腹板剪力分配情况,现将腹板自外向横桥向依次命名为:边腹板、中腹板边、中腹板中,具体位置如图 4 所示。对不同截面、各腹板位置依次进行积分后,即可求得各截面、各腹板剪力数值 F_z 。

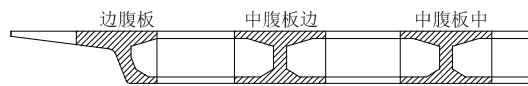


图 4 腹板位置示意图

分别统计各关键截面,横桥向三类腹板剪力数值,汇总整理如图 5 所示。

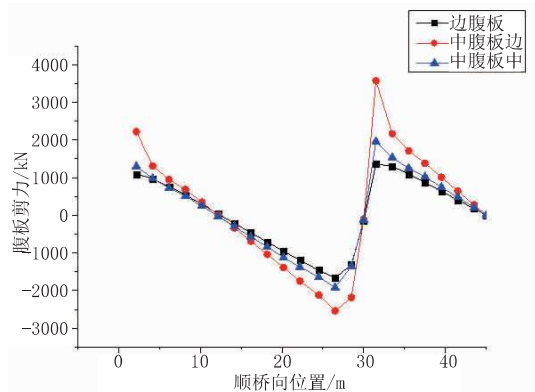


图 5 腹板剪力结果曲线图

由图 5 可知,箱梁剪力在支点处最大,之后沿着顺桥向逐渐减小,在跨中附近为零。同基本力学规律

吻合^[4-5]。

横桥向箱梁三类腹板中,剪力分配数值并不相同。其中中腹板边,所分配剪力最大,中腹板中,较边腹板稍大。

各腹板剪力分配差值,在支点附近最为明显。最大差值发生在中支点附近,约 $2\,200 \text{ kN}$,其他位置最大剪力差值均在 $1\,200 \text{ kN}$ 以下。腹板剪力差值沿跨中方向逐渐减小,最终为零。

3 支座设置影响分析

由上述分析结果可知,箱梁剪力值,各腹板分配情况均不同。模型中端、中横梁横桥向均设置双支座,支座间距为 17.1 m 。分析发现,最靠近支座位置的腹板—中腹板边,相比其他腹板,分配得到最大剪力。故考虑支座位置对箱梁腹板剪力的分配,起到不可忽视的作用。为进一步研究支座设置情况对腹板剪力分配的影响,现建立不同支座设置情况的对比模型,展开分析研究,对比模型如图 6 所示。

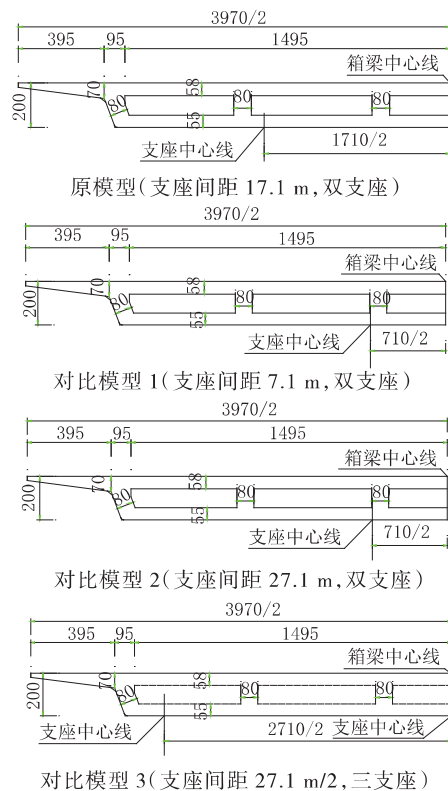


图 6 支座设置图

上述各对比模型中,保持箱梁尺寸、所受荷载不变,仅对支座位置、个数进行调整。其中,对比模型 1 支座位置靠近中腹板中,对比模型 2 支座位置靠近边腹板,为研究多支座的影响,对比模型 3 在对比模型 2 的基础上,于箱梁中心增加设置一个中支座。具体支座设置情况统计见表 1 所列。

表 1 支座设置情况表

名称	支座间距/m	支座个数
原模型	17.1	双支座
对比模型 1	7.1	双支座
对比模型 2	27.1	双支座
对比模型 3	27.1/2	三支座

分别统计各个对比模型,各关键截面,横桥向三类腹板剪力数值,以及三类腹板类型剪力最大差值,汇总整理如图 7~图 9 所示。

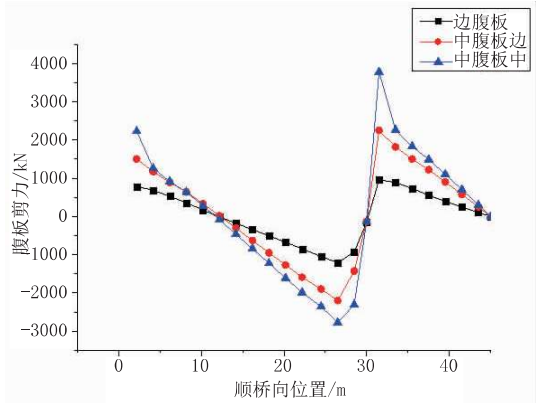


图 7 对比模型 1 腹板剪力结果曲线图

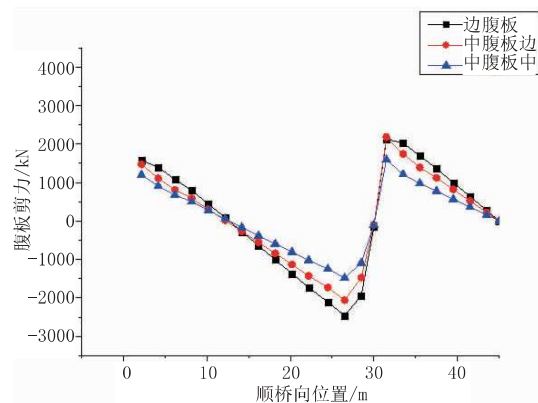


图 8 对比模型 2 腹板剪力结果曲线图

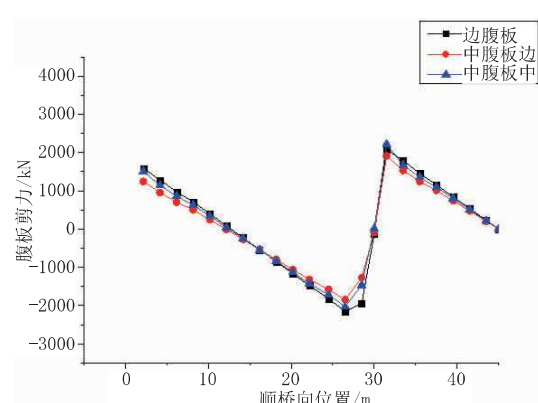


图 9 对比模型 3 腹板剪力结果曲线图

由图 7 可知,当设置双支座,间距为 7.1 m 时,此时支座位置紧邻中腹板中,在箱梁三类腹板中,中腹板

中分得最大剪力,约 4 000 kN;边腹板,分得最小剪力。腹板最大剪力差值约 2 500 kN,位于中支点附近。

由图 8 可知,当设置双支座,间距为 27.1 m 时,此时支座位置紧邻边腹板,在箱梁三类腹板中,边腹板,分得最大剪力,约 2 500 kN;中腹板中,分得最小剪力。腹板最大剪力差值约 1 200 kN,位于中支点附近。

由图 9 可知,当设置三支座,间距为 27.1/2 m 时,横桥向两个边支座紧邻边腹板,一个中支座位于箱梁中心。此时箱梁三类腹板,剪力分配情况较均匀,无明显差别。腹板最大剪力差值约 1 000 kN,位于中支点附近。

4 结 论

本文依托整幅宽箱梁,建立全桥实体有限元模型及相关对比模型,重点分析研究了横桥向不同腹板的剪力分配差异,得出结论如下:

(1)箱梁顺桥向方向,剪力在支点处最大,跨中附近为零,支点与跨中之间呈线性变化,同基本力学理论规律一致。

(2)箱梁横桥向方向,支座的设置情况,对箱梁腹板的剪力分配情况,起到了关键的作用。靠近支座处腹板,相比其他腹板,会分得较大剪力,受力更为不利。

(3)箱梁横桥向方向宽,且双支座间距大时,通过合理增加支座个数,可以有效减小腹板剪力分配差值,使剪力分配更加均匀,结构受力更为合理。

(4)当箱梁较宽,腹板个数多时,各腹板分配剪力并非均分。当使用梁单元剪力模型,按照剪力均分方式简化进行截面计算时,腹板剪力宜考虑一定的富余系数,以保证结构安全。

(5)在上部结构横向分析,如横梁计算分析时,根据上述规律,应使支座处腹板分得较大剪力,能够更加符合实际工程情况,计算结果也更为合理。

参考文献:

[1] 徐海军,冷金荣.城市高架桥异形宽箱梁空间结构分析[J].结构工程师,2010,026(2):70-75.
[2] 黄宏辉,黄筱琪,袁晟,等.预应力混凝土单箱多室宽箱梁桥空间受力性能研究[J].中外公路,2015,35(4):128-133.
[3] 蓝明祥.预应力砼单箱多室超宽梁桥空间受力性能分析[J].公路与汽运,2016,175(4):163-168.
[4] 孙训方.材料力学(4版)[M].北京:高等教育出版社,2002.
[5] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].