

曲线连续梁桥支承布置形式对主梁结构扭矩的影响分析

谢 玮

(中机中联工程有限公司, 重庆市 400041)

摘 要: 曲线连续梁桥受力较为复杂,主梁的平面弯曲使得下部墩柱的受力支承点不在同一条直线上,从而产生较大的扭矩和扭转变形,构成了其独有的受力特点。如何控制主梁结构的扭矩,限制扭转变形对于桥梁结构安全至关重要。目前通常采用减小翼缘宽度和增大箱室,加大梁高和腹板厚度两项措施来改善主梁截面的抗扭性能。以工程实例为背景,通过改变曲线箱梁桥的支承布置,可以更加方便高效地改变主梁结构扭矩的分布,达到扭矩均衡的目的。

关键词: 曲线连续梁;支承布置形式;扭矩;影响

中图分类号: U441

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)02-0045-03

0 引 言

近年来随着中国城市立交建设的迅速发展,曲线梁桥结构得到了广泛应用。曲线连续梁桥主梁的平面弯曲造成了曲线梁桥的受力状态与直桥有着很大差别,构成了其独有的受力特点。城市立交中,大部分匝道桥都为小半径的曲线梁桥,个别桥梁平曲线最小半径小于30 m。在满足匝道宽度的前提下,上部结构截面的选取比直线梁桥多出结构抗扭这一项特殊要求,箱梁截面在这方面就体现了其优越性。

1 工程实例

以重庆黄沙溪立交E匝道桥作为工程实例,该匝道桥为四跨连续曲线梁桥,跨径(29.5+36.5+29.5+29.5)m,曲线半径46.5 m,断面形式采用单箱双室箱梁,梁高1.7 m,箱梁顶板宽10.7 m,底板宽6.7 m,翼缘宽2.0 m。桥梁平面图如图1所示。

2 曲线梁桥的主要支承形式

曲线梁桥的抗扭支承多由两个或两个以上的横桥向板式或盆式支座组成。不同的支承方式,其上部结构扭矩大小不同,根据其结构受力特点一般采用的支承方式如下:

(1)在曲线梁桥两端的桥台或分联处采用两点或多点支承的支座,即设置抗扭支座,这种支承方

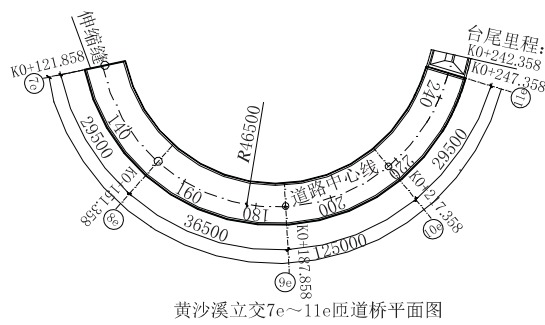


图1 E匝道结构平面图(单位:mm)

式可有效提高主梁的横向抗扭性能,保证其横向稳定性。

(2)在曲线梁桥的中墩支承处可采用的支承形式很多,应根据其平面曲率、跨径、墩柱截面和墩柱高度及预应力钢束作用力的不同来合理选用支承方式。

经常采用的支承方式如下:

(1)单柱式点铰支承。这种支座可根据其受力需要固定或放开某方向的水平约束,但是这种支座对主梁的扭转没有约束,这时主梁在横向和纵向可自由扭转。为了调整梁内扭矩沿桥纵向分布,可在中支墩的点铰支承处,给以一定的横向预偏心,从而人为地控制沿梁长方向梁内的扭矩峰值。而中墩点铰预偏心的方法只是起到内力重分配的效果,并不能起到抵消扭矩的作用。

(2)双柱中墩或设置双点支承。这种支承方式对主梁可提供较大的扭转约束。在主梁的自重作用下,扭矩值较单点支承时的值小得多,双点支承可有效减小主梁自重扭矩;但是双点支承时,预应力作用

收稿日期: 2020-06-23

作者简介: 谢玮(1982—),男,本科,高级工程师,从事桥隧结构设计和研究工作。

下,扭矩值较单点支承的值增大很多,而且扭矩分布规律也发生了变化,说明双点支承增大了主梁预应力所产生的扭矩。

(3)独柱墩顶与梁固结的方式,墩柱可承担一部分主梁扭矩,对主梁的扭转变形有一定约束。

3 不同支承形式对上主梁结构扭矩影响

采取不同的支承方式对曲线主梁结构的受力影响很大,主要影响主梁的扭矩值和扭矩沿梁纵向的分布规律,以及主梁的扭转变形。针对不同的桥梁结构应选用对结构受力有利的支承方式。

3.1 计算工况

针对重庆黄沙溪立交E匝道桥,为分析不同支承形式对主梁扭矩的影响,分别选取了四种支承形式进行计算分析。

工况一:中墩8e、9e、10e处均采用单个支座,支座位置在箱梁底中心,未设置预偏心。

工况二:中墩8e、9e、10e处均采用单个支座,设置预偏心250 mm。

工况三:中墩8e、9e处墩梁固结,且桥墩中心线相对于箱梁底中心位置外偏250 mm,10e处采用单个支座,设置预偏心250 mm。

工况四:中墩8e、9e、10e处设置抗扭支座。

3.2 有限元计算结果分析

本文计算采用桥梁博士V3.1.0计算软件进行分析,得出四种工况的扭矩包络图。

工况一:在8e、9e、10e设置单个支座的截面附近,上部箱梁的扭矩值较小,而大部分扭矩传递到左端盖梁和右端桥台处(见图2)。

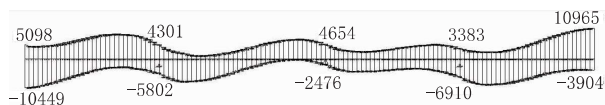


图2 工况一扭矩包络图(中墩设单支座,不偏心)

工况二:支座设置偏心后,扭矩包络图在中间支点处发生了错位移动,使得全桥的扭矩沿桥梁纵向重新分配,而且趋于均匀。左端盖梁分缝处及右端桥台处的扭矩峰值大大削减(见图3)。



图3 工况二扭矩包络图(中墩设单支座,预偏心250 mm)

工况三:该桥采用的支承形式。由于桥宽较窄,且曲线半径很小,在上部结构自重、汽车偏载,尤其在预应力钢束径向力的作用下,主梁横向扭矩和扭

转变形很大,因此采用独柱墩。较高的8e、9e轴处桥墩采用墩梁固结形式,用以抵抗部分上部结构的扭矩及扭转变形,增强整体横向稳定性。较低的10e轴墩处采用具有较弱抗扭能力的单点支承的方式,这样可有效降低墩柱的弯矩和减小主梁的横向扭转变形,这两种支承方式的横向位置均进行了偏心调整。此种支承方式扭矩沿桥纵向分配比较均匀,各控制截面的扭矩也相对比较接近。而且和单铰支承相比较,设置两个固结墩则能更有效地减小主梁的横向扭转变形(见图4)。



图4 工况三扭矩包络图(8e、9e墩固结, 10e设单支座,都偏心250 mm)

工况四:在中墩设置抗扭支承,可以有效抵抗上部传来的扭矩,结构主梁扭矩总和减小。抗扭支座的设置实际上是对上部箱梁的扭矩起到了很大的约束作用。箱梁扭矩重新分配后,各控制截面的扭矩亦比较均匀,而且控制扭矩相对较小。但是从桥梁美观角度上来说,该联匝道桥桥宽较窄,曲率也很小,如果在中墩处设置盖梁或者宽墩来放置双支座势必会影响桥梁的整体美感,降低桥下的通透性。而且从经济性考虑,与独墩固结形式相比,设计最终采用了独墩固结形式(见图5)。



图5 工况四扭矩包络图

4 主梁截面抗剪扭验算

根据扭矩内力包络图结果,按照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)对不利截面进行了截面抗剪扭验算,并与《混凝土结构设计规范(2015年版)》(GB 50010—2010)计算结果进行了比较。

4.1 通过《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)进行验算

(1)箱形截面受扭构件的截面受扭塑性抵抗矩。以8e左侧6.25 m处为控制截面验算剪扭,计算时应满足 $h \geq b$,否则 h 与 b 应互换:

$$W_t = \frac{b^2}{6} (3h - b) - \frac{(b - t_1 - t_1')^2}{6} [3 - (h - 2t_2) - (b - t_1 - t_1')] \quad (1)$$

(2)矩形和箱形截面承受弯、剪、扭的构件,其截面应符合下列公式要求:

$$\frac{\gamma_0 V_d}{bh_0} + \frac{\gamma_0 T_d}{W_t} \leq 0.51 \times 10^{-3} \sqrt{f_{cu,k}} \quad (\text{kN/mm}^2) \quad (2)$$

(3)矩形和箱形截面承受弯、剪、扭的构件,当截面符合下列条件时,可不进行构件的抗扭承载力计算,仅需配置构造钢筋:

$$\frac{\gamma_0 V_d}{bh_0} + \frac{\gamma_0 T_d}{W_t} \leq 0.50 \times 10^{-3} \alpha_2 f_{td} \quad (\text{kN/mm}^2) \quad (3)$$

(4)矩形和箱形截面剪扭构件,其抗剪扭承载力应按下列公式计算:

$$\gamma_0 V_d \leq \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \frac{(10-2\beta_1)}{20} b h_0 \sqrt{(2+0.6P) \sqrt{f_{cu,k}} \rho_{sv} f_{sv}} \quad (\text{N}) \quad (4)$$

4.2 通过《混凝土结构设计规范(2015年版)》(GB 50010—2010)进行验算

(1)箱形截面受扭构件的截面受扭塑性抵抗矩。以8e左侧6.25 m处为控制截面验算剪扭,计算时应满足 $h \geq b$,否则 h 与 b 应互换:

$$W_t = \frac{b^2}{6} (3h-b) - \frac{(b-t_1-t_1')^2}{6} [3(h-2t_2) - (b-t_1-t_1')] \quad (5)$$

(2)箱形截面承受剪、扭的构件,其截面应符合下列公式要求:

$$\frac{V_d}{bh_0} + \frac{T_d}{0.8W_t} \leq 0.25 \beta_c f_c \quad (\text{kN/mm}^2) \quad (6)$$

(3)箱形截面剪扭构件,其抗剪扭承载力应按下列公式计算:

$$V \leq 0.7(1.5-\beta_1) f_t b h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (7)$$

(4)剪扭构件抗剪承载力按下列公式计算:

$$T \leq 0.35 \alpha_h \beta_t f_t W_t + 1.2 \sqrt{\xi} \frac{f_{yv} A_{stl} A_{cor}}{s} \quad (8)$$

4.3 对比结果

通过以上《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)和《混凝土结构设计规范(2015年版)》(GB 50010—2010)的计算结果可以看出,前者对剪扭构件的抗剪扭截面要求比后者更趋于保守,而且对抗剪和抗扭强度验算也相

对于后者规范要求更加严格。

5 结 语

(1)采用双点支承时,在主梁的自重作用下,扭矩值较单点支承时的值小得多,双点支承可有效减小主梁自重扭矩;但是双点支承时,预应力作用下,扭矩值较单点支承的值增大很多,而且扭矩分布规律也发生了变化,说明双点支承增大了主梁预应力所产生的扭矩。而自重与预应力荷载的合成扭矩则因桥而异。

(2)在单柱式点铰支承的曲线连续梁桥中,上部结构传来的扭矩是不会通过这些点铰支承传到基础去的,而一般都是由桥的两端通过设置抗扭支承的桥台来传递扭矩的,所以中支点的作用只是起到减小弯曲长度的作用。为了调整梁内扭矩沿桥纵向的分布,可在中支墩的点铰支承处,给以一定的横向预偏心,从而人为地控制沿梁长方向梁内的扭矩峰值。而中墩点铰预偏心的方法只是起到内力重分配的效果,并不能起到抵消扭矩的作用。

(3)在中墩独柱墩梁固结的曲线连续梁桥中,虽然墩柱可承担一部分主梁扭矩,对主梁的扭转变形有一定约束,但是为了调整梁内扭矩沿桥纵向的分布、控制扭矩峰值,也应适当考虑将固结墩在桥梁横向设置一定的预偏心。但是预偏值要恰当,如果设置过大,反而会使扭矩沿箱梁纵向分布更不均匀,而导致适得其反。

另外,曲线连续箱梁桥下部支承形式的选取并不是一概而论的,设计人员应根据工程实际情况综合考虑结构的受力特点、结构安全性、桥梁美观性及经济性等,确定最合理的支承形式。

参考文献:

- [1] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].
- [2] CJJ 77—1998,城市桥梁设计荷载标准[S].
- [3] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [4] 徐岳.预应力混凝土连续梁桥设计[M].北京:人民交通出版社,2000.
- [5] 刘效尧,赵立成.公路桥涵设计手册:梁桥(下册)[M].北京:人民交通出版社,2000.