

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.08.016

大角度斜交桥设计

毛红涛

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海市200092]

摘要:在桥梁设计中,如何处理桥梁与河道交叉角度较大的情况,是广大设计人员面临的一个课题,根据具体设计案例,上部采用 52° 的装配式简支箱梁,并对桥梁的关键部位提供了设计方案,为了验证设计方法可行,采用梁格法建模,对桥梁在正常使用工况下抗弯、抗剪、抗扭进行验算,均能够满足相关规范要求。为了简化计算,同时采用单梁模型与梁格模型进行计算对比,恒载作用下单梁弯矩比梁格模型大 $11\% \sim 24\%$,正常使用工况下应力两者相差在 14% 以内,单梁模型可以简化计算,梁格模型受横隔板、横梁、桥面板的影响,扭矩要比单梁大很多,需要单独验算。

关键词:大角度斜交;简支、装配式小箱梁;扭矩;弯矩;梁格;单梁;设计

中图分类号: U448.41

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)08-0055-04

0 引言

在桥梁设计中,需要统筹考虑路线、规划、地形、河道、周边环境等多种因素,难免会遇到一些限制性因素导致桥梁位置及角度无法调整,这就造成了在实际工程中,会出现桥梁与河道交叉角度比较大的情况。如何设计大角度斜交桥梁是广大桥梁设计人员不得不面对的课题,交通部和部分省院分别颁布了空心板和装配式预制小箱梁通用图,通用图中最大的斜交角度为 45° ,对于超过 45° 以上的桥梁上部结构需要单独设计。

在设计中我们常用的处理大角度斜交桥的方法主要有三种:(1)多幅桥梁错跨布置,尽量减少每幅墩柱个数,每幅桥墩个数一样,让河道内各幅桥相对应的墩柱在一条直线上,减少河道内墩柱阻水面积,桥梁根据情况可以采用正交或者斜交。(2)加大桥梁主跨跨度,主跨能够一跨跨越河道或者被交路,最外侧墩柱尽量靠内侧布置,减小斜角桥角度^[1];(3)调整被交河道或者道路交叉角度,减少斜交角度。上述三种桥梁布置方法都可以解决大角度斜交的问题,但是都存在一些弊端,第一种布跨方式,多幅桥错跨布置,河道内桥墩比较凌乱,对河道也有一定的阻水影响;第二种布跨方式,增大了主跨跨径,相应的增加桥梁结构高度,桥梁规模和造价都相应的增加;第

三种布跨方式调整被交河道或者道路角度,需要调整规划,若河道调整角度,还需要增加防冲刷设施。

针对以上三种大角度斜交桥梁布跨方式,本文根据具体案例提供了一种利用简支上部结构的布跨思路。

1 设计背景

某市城市郊区的一条主干道跨越河道,道路全宽 58 m ,道路断面按照四幅路设置,具体划分为: 3 m 人行道+ 6 m 非机动车道+ 2.5 m 侧分带+ 16 m 机动车道+ 3 m 中分带+ 16 m 机动车道+ 2.5 m 侧分带+ 6 m 非机动车道+ 3 m 人行道= 58 m ;相交河道为城市一条重要防洪河道,河道开口宽度 90 m ,河道有明显的河槽与河滩,河槽宽 26 m ,河道不考虑通航。路线法线方向与河道交叉角度 52° ,道路在跨越河道位置处在直线段上。河道两侧用地已经开发,河道无向周边改移角度的空间。

2 桥梁布跨设计方案

根据设计任务要求,提出了四种大角度斜交桥布跨方案。方案一桥梁横向分四幅布置,横向沿桥梁中心线对称布置,左半幅桥宽分别为 9.5 m 、 17 m ,桥梁斜交角度 45° ,桥梁采用 40 m 的装配式预应力连续小箱梁,主跨一跨跨过主河槽,各幅桥梁纵向错孔布置,每幅桥墩设置两个墩柱,两个墩柱顺着河道方向分别与相邻桥幅对应墩柱形成一条直线,见图1。

方案二桥梁横向分四幅布置,横向沿桥梁中心线

收稿日期:2021-12-25

作者简介:毛红涛(1982—),男,本科,工程师,从事桥梁设计工作。

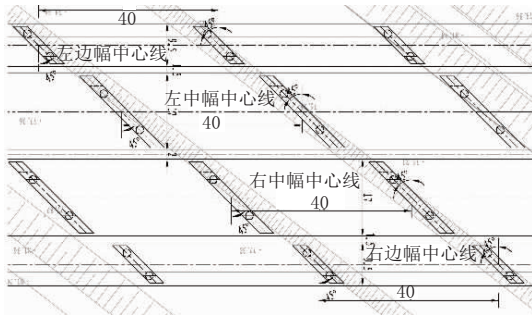


图1 方案一平面布置(单位:m)

对称布置,桥宽与方案一一致,桥梁采用正交,主跨一跨跨过主河槽,主跨采用48m的现浇连续梁,各幅桥梁纵向错孔布置,每幅桥墩设置两个墩柱,两个墩柱顺着河道方向分别与相邻桥幅对应墩柱形成一条直线,见图2。

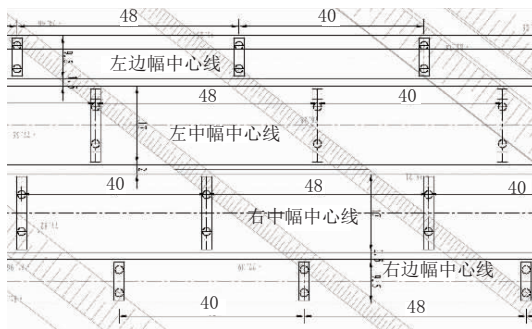


图2 方案二平面布置(单位:m)

方案三横向分两幅布置,两幅对称,半幅桥宽为28 m,桥梁下部斜交角 52° ,下部墩柱与河道水流方向一致,上部结构采用35 m装配式预应混凝土筒支箱梁,上部小箱梁斜交角度为 45° ,桥梁主跨一跨跨过主河槽,桥墩墩柱沿水流方向横向两幅在一条直线上。桥墩处梁端按照锯齿形布置,桥台背墙按照 52° 设计,边跨小箱梁预制完成后,单独预制边跨小箱梁梁端三角形桥面板,小箱梁安装之后,边跨梁端线与背墙线平行,见图3。

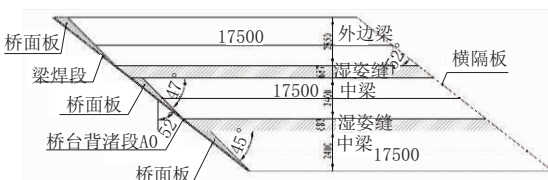


图3 桥面板示意图(单位:mm)

方案四由方案三衍生,横向分两幅布置,两幅对称,半幅桥宽为28 m,桥梁按照斜交角 52° 布置,墩柱与河道水流方向一致,上部结构采用跨径35 m,斜交角度 52° 的装配式预应混凝土筒支箱梁,桥梁主跨一跨跨过主河槽,见图4。

综合考虑四个方案的优劣,方案一采用装配式先简支后连续小箱梁,斜交 45° ,单个桥墩主河道内

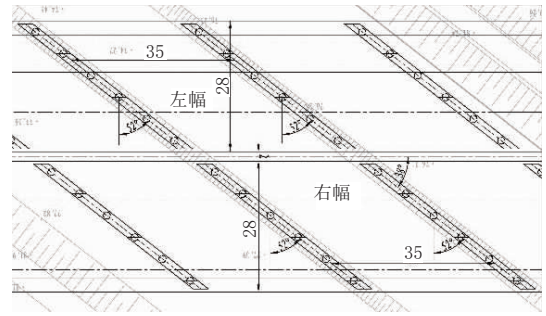


图4 方案四平面布置(单位:m)

有4排墩子,桥下墩子看着比较凌乱,河道内阻水相对比较大;方案二主跨一跨跨过主河槽,河道内阻水相对比较大,桥下墩子看着比较凌乱,上部结构采用现浇连续梁,造价相对比较高;方案三阻水比较小,上下部斜交角度不一致,导致构造比较复杂,并且上部结构虽然采用 45° ,但是为了避免墩台尺寸过大,横梁与支座需要采用 52° ,受力与 52° 相差不大;方案四与方案三相比上下部斜交角度一致,由于斜交角度比较大,受力比较复杂。通过综合比较,最终确定选用方案四。

3 主要结构设计

3.1 上部结构设计

由于桥梁斜交角度比较大,上部结构承受弯剪扭耦合作用,如采用简支变连续结构,中横梁抗扭刚度比较大,对结构抗扭不利,因此上部结构选用简支结构。上部小箱梁斜交角度 52° ,跨径35 m,小箱梁梁高1.8 m,边梁宽2.85 m,中梁宽度2.4 m,梁与梁之间设置桥面板湿接缝,湿接缝宽0.688 m,左右幅桥断面各由7块中梁和2块边梁组成,跨中设置一道 52° 的斜横隔板。中梁内设置五排钢束,每道腹板内设置一根,除了上面第一排采用 $5-\Phi^{*}15.2$,其余钢束均采用 $6-\Phi^{*}15.2$,边梁内钢束布置方式与中梁一致,钢束型号均采用 $6-\Phi^{*}15.2$ 。

3.2 下部结构设计

下部墩台斜交角度 52° ,根据7度区盖梁抗震尺寸要求,桥梁盖梁宽度取1.8 m,高1.8 m,墩柱直径1.4 m,桩基直径1.6 m。

桥台采用柱式台,桥台盖梁宽1.7 m,高1.4 m,桥台桩基直径采用1.5 m,在桥台背墙上设置一道120型伸缩缝。

3.3 其他构造注意事项

由于斜交角度比较大,需要在桥面钝角位置设置垂直于钝角角平分线底面加强钢筋。在桥墩分孔线位置设置桥面连续钢筋。

4 结构计算

4.1 计算建模概况

由于本桥斜交角度为 52° ,受力比较复杂,为了能够更好的模拟桥梁受力情况,根据桥梁的结构形式,建立上部小箱梁的梁格模型,将每一个小箱梁离散为一道纵梁,通过桥面梁格、横梁、横隔板连接,桥面梁格与每道梁正交,桥面梁格每1 m设置一道,桥面板只保留水平向惯性距,纵梁建模时截面增加了湿接缝宽度,修改模型中纵梁截面横向惯性矩与截面形心位置与预制截面保持一致^[2],横梁采用 52° 斜角,在内外侧纵梁外各设置一道虚拟纵梁,见图5。同时建立单梁模型,通过单梁模型与梁格模型对比,分析梁格与单梁的差别,确定单梁模型的适用范围。

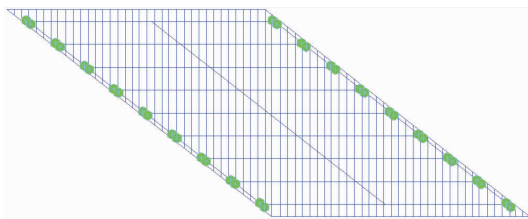


图5 梁格计算模型

单梁活载横向分布系数需要考虑斜交的影响,《公路桥涵设计手册—梁桥》给出了铰接斜板梁斜交角折减系数,斜交角度越大,折减系数越大。文中单梁横向分布系数计算方法是在梁格模型上布置车道,根据横向最不利汽车荷载布置,计算出跨中节点在活载作用下的挠度,同时计算单梁跨中节点在活载作用下的挠度,各片梁梁格模型中跨中挠度与单梁跨中挠度的比值即为斜桥单梁的横向分布系数^[3]。

施工过程模拟,按照实际施工工况,预制箱梁,

张拉钢束,吊装,现浇湿接缝,桥面铺装。

一期恒载:自重、钢束预应力;二期恒载:桥面铺装:4.76 kN/m²,内侧虚拟梁加载:防撞护栏 5 kN/m,外侧虚拟梁:人行道基座+人行道栏杆 11 kN/m。

汽车荷载:城-A,六车道;人群荷载 3.5 kN/m²。桥梁结构体系升温 30℃,体系降温 29℃,温度梯度按照规范取值。

4.2 梁格模型计算成果

(1) 施工阶段验算^[4]

施工阶段最大压应力不大于 $\delta_{ic} \leq 0.70 f_{ck} = 0.7 \times 26.8 = 18.76$ MPa,施工阶段最大压应力为 15.2 MPa,未出现拉应力,施工阶段满足要求。

(2) 正常使用状态计算。

正常使用状态频遇组合下,底板未出现拉应力,持久状况组合下顶板最大压应力为 10.4 MPa。均能满足规范要求。

(3) 截面弯剪扭承载能力计算

由于桥梁斜度比较大,每片梁扭矩不可忽略,单片梁同时承担弯矩、扭矩、剪力,根据规范要求需要对截面进行弯剪扭计算。根据计算结果,扭矩由跨中向钝角方向增大,在端部又减小的趋势,端部梁腹板加厚,箍筋间距 0.1 m,直径 16 mm,能够满足剪扭承载能力要求,跨中部分箍筋间距 0.15 m,直径 16 mm,同时需要在腹板外圈加一根直径 12 mm 的钢筋,与箍筋并排,与顶底板钢筋绑扎,增加截面抗扭承载能力。

4.3 梁格模型与单梁计算对比

通过对比模型在恒载、频遇组合、标准组合下的跨中截面弯矩与扭矩及应力(见表1、表2),分析产生差异的原因。

表1 跨中截面内力

荷载	内力	梁格模型/(kN·m)			单梁/(kN·m)		
		中梁	外边梁	内边梁	中梁	外边梁	内边梁
自重	弯矩	3 665.30	3 994.00	3 885.00	4 367.00	4 504.90	4 729.40
	扭矩	1 344.40	1 031.00	1 104.00	430.90	413.90	256.20
二期荷载	弯矩	1 290.90	2 165.20	1 269.80	1 697.00	2 696.80	1 578.70
	扭矩	526.00	606.80	359.20	167.10	157.10	75.80
预应力	弯矩	-8 622.00	-9 094.00	-9 019.00	-8 509.80	-9 117.50	-8 787.10

表2 跨中截面应力

组合	位置	梁格模型/MPa			单梁模型/MPa		
		中梁	外边梁	内边梁	中梁	外边梁	内边梁
频遇	顶	4.7	5.4	4.7	4.7	5.4	4.7
	底	8.4	6.7	8.8	8.6	7.2	9.6
标准	顶	6.4	8.5	7.8	5.8	8.1	7.4
	底	8.6	7	9.1	9.8	8.1	10.6

在自重与二期恒载作用下,跨中截面弯矩单梁比梁格大11%~24%,梁格中扭矩比单梁要大很多,每片梁弯矩与扭矩相加,单梁与梁格相差不大,预应力弯矩梁格与单梁相差不大。频遇组合与标准值组合下跨中顶底截面梁格与单梁应力差值在14%以内。

梁格模型由于设置了横梁、横隔板与桥面板,桥梁在单独受力的同时,又受其他梁的影响,每片梁的扭矩要比单梁大很多,弯矩相应比单梁小很多。通过对比,单梁模型可以作为简化截面正应力计算,但是单梁模型扭矩计算结果不能直接采用。相对于大角度斜交梁,单梁可以反映出来一部分受力特性,但是需要梁格模型进行检验。

通过调整支座刚度,弯矩和扭矩分配比例也相应调整,支座刚度也是影响箱梁弯矩与扭矩分配比例的一个重要因素,支座刚度越大,弯矩越小,扭矩越大。

5 结 语

(1)文中提出大角度斜交桥方案,采用装配式简

支结构,斜交梁的角度不能超出 45° 太多,否则结构处理比较复杂,受力特性变化也很大。

(2)支点位置设置双支座单梁斜桥,虽然是简支梁,也是超静定结构,在恒载作用下也会产生扭矩,扭矩的大小与支座刚度有关,刚度越大,扭矩越大,弯矩相应变小。

(3)桥跨最大弯矩值不在跨中,最大弯矩向钝角方向偏移。

(4)单梁模型可以反映出大部分大角度斜交梁的受力特性,截面正应力与梁格模型相差不大,但是扭矩与梁格模型相差比较大,需要进行梁格模型验证,对于大角度斜桥,需要提高结构抗扭承载能力。

参考文献:

- [1] 陈玉刚,周清学.大斜交角度简支梁桥设计新法[J].城市道桥与防洪,2005(3):114-115.
- [2] 蒋欣,蒋丽,董业伟.MIDAS/Civil分体式小箱梁湿接缝模拟方法[J].城市道桥与防洪,2012(7):133-134.
- [3] 吴晓凡,谢承君.多片梁横向分配系数采用梁格法计算的探讨[J].建筑工程技术与设计,2014(7):941.
- [4] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土设计规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com