

超高墩大跨连续刚构整幅双主墩计算长度系数的取值研究

毛远文^{1,2}, 任科², 王海龙²

(1.贵阳市城市建设投资集团有限公司, 贵州 贵阳 550023; 2.中铁二院贵阳勘察设计研究院有限责任公司, 贵州 贵阳 550081)

摘要: 计算长度是受压构件承载力计算的一个重要参数。但对于规范采用的简化设计方法, 构件是单独进行分析的, 脱离了原来整体结构环境的约束, 不能满足桥墩计算的实际需要。瓦厂特大桥主桥采用整幅双主墩, 通过设置横撑将左、右幅连成一体, 整体刚度较大, 通过建立空间有限元压杆模型得出构件临界荷载, 由欧拉公式反推桥墩计算长度系数, 从而得到更接近工程实际情况的数值, 对同类桥梁具有一定的指导意义。

关键词: 计算长度; 超高墩; 欧拉公式; 临界荷载; 约束

中图分类号: U442

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)02-0075-03

0 引言

桥墩的配筋设计过程中涉及计算长度系数的取值问题。计算长度是受压构件承载力计算的一个重要参数。结构中的构件是通过节点连接在一起工作的, 所以确定构件的计算长度系数必须考虑相邻构件之间的相互约束, 这种约束作用需由结构的整体分析确定。如果采用有限元方法进行分析, 则不需进行专门的处理, 因为构件本身在整体结构中。但对于规范采用的简化设计方法, 构件是单独进行分析的, 脱离了原来整体结构环境的约束, 所以需要进行专门的研究^[1]。

构件计算长度就是一个构件相邻弯矩零点之间的长度。构件端部约束条件不同, 反弯点的位置也不同, 构件计算长度取值也受影响。关于弹性独立构件的计算长度换算系数, 当构件两端固定时, μ 取 0.5; 当一端固定、一端为不移动的铰时, μ 取 0.7; 当两端均为不移动的铰时, μ 取 1.0; 当一端固定、一端自由时, μ 取 2.0^[2]。

实际的桥梁结构中, 构件的边界条件很难理想化固结、铰接或者自由等状态。以连续刚构为例, 桥墩与主梁连接而形成一个相互影响的体系, 但主梁对桥墩顶部的约束并非理想固结状况, 加上两幅桥墩通过设置横撑连接在一起, 很难按照规范计算桥

墩的计算长度系数, 工程上一般根据经验取值。如果系数取值与实际情况相差太大, 将造成结构的不安全或者不经济。因此, 如何选择合适的计算长度系数就成了控制桥墩设计的关键因素。

1 压杆稳定理论

以压杆稳定理论为基础, 可以反推出计算长度系数和构件屈曲临界荷载的数学关系。在轴心受压杆件的弹性屈曲分析中, 根据欧拉公式, 其临界公式为:

$$\rho_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2}$$

式中: μl 为压杆屈曲时屈曲绕曲线上两个弯矩零点(反弯点)之间的距离, 叫作自由长度, 也就是桥梁内力计算中的计算长度。这样很容易把稳定分析(主要指第一类稳定)和桥墩的计算长度联系起来。 μ 为压杆的计算长度系数。 E 为材料的弹性模量。 I 为屈曲方向的弯曲惯性矩。

由公式可知, 桥墩的材料、惯性矩、高度、桥梁的失稳系数和荷载直接影响着计算长度的大小。由于桥墩一般多采用混凝土材料, 弹性模量相差不大, 因此不再单独进行分析。另外, 墩顶所受轴力大小一般不随桥墩刚度等的改变而改变, 对计算长度的影响也不会很大。而桥墩的惯性矩和高度又直接影响着桥梁的失稳系数, 不能简单地根据公式来判断其对计算长度影响的大小^[3-4]。通过欧拉公式, 只要确定临界荷载 ρ_{cr} 就可以确定构件的计算长度或计算长度系数。采用有限元软件建立桥梁的空间有限元模型, 在桥墩处施

收稿日期: 2022-02-16

作者简介: 毛远文(1987—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事桥梁设计及研究工作。

加单位力,进行屈曲分析,可求得结构在单位力荷载作用下的失稳模态和安全系数。找到所求构件对应的失稳形式,求得临界荷载,最后根据欧拉公式反推出构件的计算长度^[5]。

2 工程实例

瓦厂特大桥是主跨左幅布置为(95+2×180+95)m、主跨右幅布置为(95+2×180+103)m的四跨预应力混凝土连续刚构,位于整体式路基,分左、右两幅,单幅宽度为12.55 m,单箱单室截面,跨中处梁高4.0 m,支点处箱梁中心梁高11.5 m。主桥主墩采用整幅双主墩,1号主墩墩高105 m,2号主墩墩高148 m,3号主墩墩高145 m,为典型的超高墩大跨连续刚构桥。1号主墩采用双肢等截面空心薄壁墩,其余主墩采用单肢等截面空心薄壁墩,桥型布置如图1所示。单肢等截面空心薄壁墩横桥向宽度6.55 m,顺桥向宽度11 m,壁厚0.8 m。为增加横向刚度,抵御风荷载,1号主墩(双肢薄壁墩)在横向设置一道横撑,2号和3号主墩(单肢空心墩)在横向均分设置三道横撑,主墩承台采用左右幅整体式承台,平面尺寸23.6 m×17.6 m,厚5.0 m。主墩构造尺寸如图2所示。

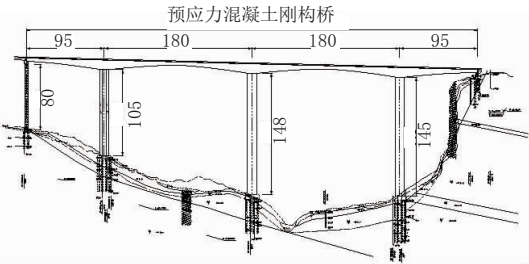


图1 桥型布置图(仅示左幅,单位:m)

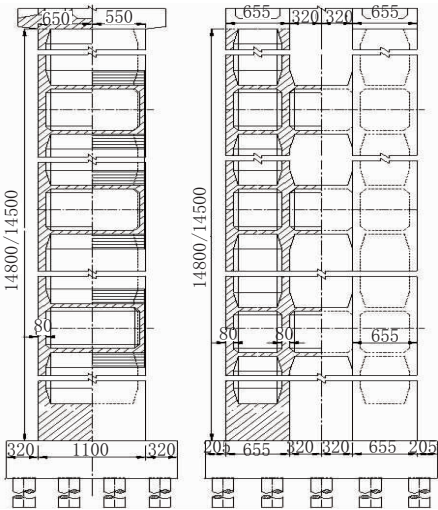


图2 主墩构造立面图(单位:cm)

3 纵、横向计算长度系数

采用 MIDAS 有限元软件建立空间压杆计算模

型,模拟整幅双主墩,整体式承台,其中主墩横向通过设置横撑梁单元将左、右幅连成一体(见图3)。在最大悬臂状态下的纵横计算长度系数见表1和表2,在成桥状态下的纵横计算长度系数见表3和表4。

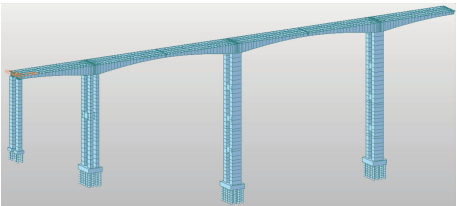


图3 瓦厂特大桥空间有限元模型

表1 最大悬臂施工状态下的横向计算长度系

主墩序号	失稳系数	可变荷载	临界荷载	计算长度系数
1	1 440	1 000	1 440 000	1.175
2	2 809	1 000	2 809 000	0.959
3	2 872	1 000	2 872 000	0.965

表2 最大悬臂施工状态下的纵向计算长度系数

主墩序号	失稳系数	可变荷载	临界荷载	计算长度系数
1	483.7	1 000	483 700	1.143
2	1 628	1 000	1 628 000	1.940
3	1 691	1 000	1 691 000	1.943

表3 成桥状态下的横向计算长度系数

主墩序号	失稳系数	可变荷载	临界荷载	计算长度系数
1	2 786	1 000	2 786 000	0.845
2	4 172	1 000	4 172 000	0.785
3	6 861	1 000	6 861 000	0.624

表4 成桥状态下的纵向计算长度系数

主墩序号	失稳系数	可变荷载	临界荷载	计算长度系数
1	2 270	1 000	2 270 000	0.528
2	13 880	1 000	13 880 000	0.664
3	15 830	1 000	15 830 000	0.635

由表1~表4可知,由于两幅桥墩之间设置了横撑,桥梁横向的计算长度系数大大减小。在最大双悬臂状态下,单肢空心墩的纵向计算长度系数取值近似于一端固定、一端自由。为了在悬浇阶段提供足够安全的抵抗纵向不平衡弯矩的作用,需要较大的纵向尺寸。故靠经验取值是无法准确确定计算长度的。如果取值与实际情况相差太大,将造成桥梁设计的不安全或者过于保守。

4 横撑道数对纵横向计算长度系数的影响

超高墩既要满足稳定性要求,又要抵抗对设计起控制作用的强大风荷载,必须具有一定的横向刚度,抵抗横桥向风荷载,减小偏载引起的侧向位移,提高行车舒适性。通过两幅桥墩之间设置横撑,增大

桥梁的横向刚度,但设置的横撑道数越多,施工越复杂,施工进度同样受到制约。设计时应综合考虑墩高、施工的便利、刚度、强度、经济性等因素,合理设置横撑道数。由于篇幅有限,只列出本桥 2 号主墩在最大悬臂施工状态和成桥状态下的纵横向计算长度(见表 5~表 8)。

表 5 最大悬臂施工状态下的横向计算长度系数

横撑道数	失稳系数	可变荷载	临界荷载	计算长度系数
2	2 495	1 000	2 495 000	1.015
3	2 809	1 000	2 809 000	0.959
4	3 404	1 000	3 404 000	0.868

表 6 最大悬臂施工状态下的纵向计算长度系数

横撑道数	失稳系数	可变荷载	临界荷载	计算长度系数
2	1 628	1 000	1 628 000	1.940
3	1 628	1 000	1 628 000	1.940
4	1 628	1 000	1 628 000	1.940

表 7 成桥状态下的横向计算长度系数

横撑道数	失稳系数	可变荷载	临界荷载	计算长度系数
2	3 856	1 000	3 856 000	0.816
3	4 172	1 000	4 172 000	0.785
4	4 798	1 000	4 798 000	0.732

表 8 成桥状态下的纵向计算长度系数

横撑道数	失稳系数	可变荷载	临界荷载	计算长度系数
2	13 880	1 000	13 880 000	0.664
3	13 880	1 000	13 880 000	0.664
4	13 880	1 000	13 880 000	0.664

由表 5~表 8 可知,随着横撑道数的增加,桥墩的纵向计算长度系数取值不变,横向计算长度取值

逐渐变小。结合主墩的高度、施工便利、刚度、强度、经济性等因素,综合确定本桥 2 号主墩在横向设置三道横撑。

5 结 论

(1)从结构整体稳定出发,得到构件的失稳临界荷载,再按欧拉公式反推得到相应的计算长度系数,这种方法可行,而且也很实用。

(2)由于两幅桥墩之间设置了横撑,横向的计算长度系数大大减小,在最大双悬臂状态下,单肢空心墩的纵向计算长度系数取值近似于一端固定、一端自由。估靠经验取值是无法准确确定计算长度的,如果取值与实际情况相差太大,将造成结构的不安全或者过于保守。

(3)随着横撑道数的增加,纵向计算长度系数不变,横向计算长度变小。设计时应综合考虑墩高、施工便利、刚度、强度、经济性等因素,合理设置横撑数量。

参考文献:

[1] 中交公路规划设计院.《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》应用指南[M].北京:人民交通出版社,2018.
[2] JTG 3362—2018, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
[3] 杨昀,周列茅,周勇军.弯桥与高墩[M].北京:人民交通出版社,2011.
[4] 曾照亮.高墩计算长度探讨[J].中外公路,2008,28(5):160-162.
[5] 牟晓光,曲春生.连续刚构桥墩计算长度系数的确定方法[J].公路,2013(8):104-106.

《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