

文章编号: 1005-0523(2005)04-0014-03

连续弯梁桥计算模型分析

林力成¹, 林晓芳²

(1. 长安大学 公路学院, 西安 710064; 2. 江西省交通设计院, 南昌 330002)

摘要: 高等级公路和立交桥上, 大量修建弯梁桥. 弯桥受力复杂, 设计难度大, 精确计算理论还有待进一步研究. 本文通过一个算例, 利用有限元建模计算, 并对结果进行了分析和探讨, 提出了一些供参考的建议.

关 键 词: 弯梁桥; 有限元; 计算模型

中图分类号: 0241.82

文献标识码: A

随着高等级公路及城市高架桥的发展, 当弯道半径较小或桥梁跨径较大时, 为了保证桥梁与路线一致, 通常采用弯梁桥的形式. 弯梁桥具有很好的适应线路走向的能力, 不用因为跨越一处障碍而改变线路, 节省了大量的人力物力. 而且在城市道路网中, 为了增添城市景观和提高交通枢纽的使用功能, 曲线桥的应用日趋广泛.

1 弯梁桥受力特点

符拉索夫微分方程:

$$\frac{EI_{\omega}}{R} \omega^{IV} - \frac{EI_x + GI_d}{R} \omega'' + EI_{\omega} \varphi^{IV} - GI_d \varphi'' + \frac{EI_x}{R^2} \varphi = m_z$$
$$(EI_x + \frac{EI_x}{R^2}) \omega^{IV} - \frac{GI_d}{R^2} \omega'' + \frac{EI_{\omega}}{R} \omega^{IV} - (\frac{EI_x + GI_d}{R}) \varphi'' =$$
$$q_y + \frac{\partial m_x}{\partial z}$$
$$EI_y (\psi' + \frac{2}{R^2} \psi''' + \frac{1}{R^4} \psi') = \frac{\partial q_x}{\partial z} - \frac{q_z}{R} - \frac{\partial^2 m_y}{\partial z^2} - \frac{m_y}{R^2}$$

由微分方程可以看出, 必须联立同时求解竖直位移 ω 和扭转角 φ 两个未知量, 这就是“弯——扭”耦合作用. 即外荷载作用下, 梁截面产生弯矩的同时, 必然伴随产生耦合扭矩.

结构的弯扭刚度比对结构的受力和变形状态有直接的关系. 应尽可能的减小 EI 增大 GI_d 值. 所以, 曲线桥宜选用低高度和抗扭大的箱形截面. 由于存在旋转扭矩, 常使外梁超载, 内梁卸载, 外边缘弯曲应力大于内边缘, 外边缘挠度大于内边缘.

2 计算理论

确定合适的计算方法是进行各方面验算的基本前提. 国内外众多专家学者针对不同结构形式, 相继提出了各种各样的计算理论和分析方法, 大致分为解析法, 半解析法, 数值法三类. 具体有: 梁系理论, 这种理论把弯梁桥当作集中在桥梁轴线中心处的单梁来计算, 不能得到内力沿桥宽方向的分布情况. 梁格理论, 是将上部结构用一个等效梁格来代替, 利用点挠度合扭角求出节点力, 此法便于使用, 应用广泛, 可直接将结果用于配筋计算, 而且比较精确. 比拟正交异性板理论, 将弯梁转换成极坐标下的正交异性板, 用平板理论求解板的挠曲微分方程. 有限单元法, 根据以上理论, 建立不同的模型, 将模型离散成微小的有限单元, 利用有限元方法得出数值解. 此外, 还有板梁组合系理论, 折板理论, 多角形曲线桥理论, 有限条法等. 解析法或半解

收稿日期: 2004-12-18

作者简介: 林力成(1982-), 男, 江西南昌人, 硕士, 研究方向为桥梁结构与理论分析.

中国知网 <https://www.cnki.net>

析法得出内力函数,但求解极其复杂,而基于有限元的程序计算却能极大地提高效率,虽然只得出节点数值,已满足工程要求,这也是本文阐述的重点.以下就有限元建模进行一些讨论.

3 计算分析

对曲率半径较小的弯梁桥进行分析计算,目前主要有两种方法:(1)选取曲梁单元,将它简化成轴线处一根曲梁,由于梁式桥支座截面都设有较强的横隔梁,假定:竖向支承刚性,抗扭支承的抗扭刚度无穷大,梁轴线中心到支座中心处采用刚臂连接用以模拟支座偏心和抗扭双支座.荷载利用横向分布系数进行分配,用桥梁设计专用程序计算.缺点在于不能反映应力挠度沿桥宽方向的分布情况;(2)选取板壳单元,直接对截面建立节点,对整体建立空间模型,用大型通用有限元程序计算.支座支承将直接设定在所处位置,计算精确,能反映空间结构各点的应力和挠度结果.缺点在于建模复杂.

下面以某大型立交桥的匝道(6跨20m连续弯箱梁)恒载作用下内力计算为例,分别给出这两种方法用大型通用程序 ANSYS 进行分析

1) 单元选取

选用完备协调元,满足收敛条件(网格细分,计算结果将收敛于真实解)但为了更精确的计算弯曲,必需在单元插值函数内加入附加位移项,即形成非协调元.计算时完全积分可能造成剪切锁死(由于剪切变形高阶,计算时夸大剪切能,得出弯曲为零)减缩积分可能带来零能模式(应变能为零,但位移不同于刚体运动).所以采用减缩积分的高阶元比较合适.严格来说,计算曲线梁桥应采用三维块单元,但计算复杂,机时长,本着尽量用自由度低的单元去获得预期效果,这里采用三维梁单元和三维板壳元.

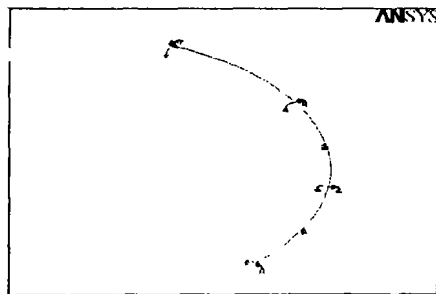
三维弹性变截面梁单元 beam44:具有拉压,扭转,弯曲特性,也适用应力强大及大变形效应,允许变截面,节点具有三轴方向位移及旋转共计6个自由度.

三维弹性板壳元 shell63:考虑平板弯曲和薄膜张力,平面及法线方向均可负载,也适用应力强大及大变形效应,每个节点三轴方向位移及旋转共计6个自由度.

2) 单根曲梁模型

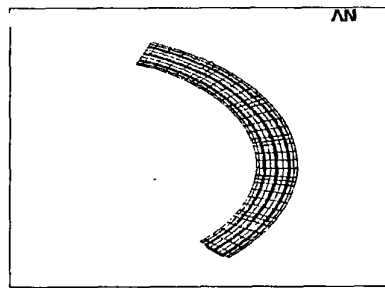
传统上对连续弯梁桥进行分析计算是采用如

下计算图示,沿着梁长截面变化处各设一个节点,各控制截面各设一个节点.全桥共划分了92个单元.可直接得出弯矩扭矩.



曲梁单元模型图

将顶板底板翼板均用壳单元模拟,形成空间模型.沿着梁长截面变化处各设一个节点,各控制截面各设一个节点.全桥共划分了2940个单元,计算出各节点数据,对结果后处理将应力磨平.为方便与曲梁模型比较,换算成内力弯矩.



板单元模型图

4 结果分析

由结果可以看出,支座处截面为最不利截面,弯矩剪力均较跨中处为大.另外,用梁单元计算出来的各截面最大值均大于按板单元计算值.但对于设计而言,由于支点处处于“弯—剪—扭”受力状况,而规范提供的仅仅为半经验半理论公式,对于之间的相互影响有多大,也未有明确说明.故采用梁单元计算不失为一个实用方法.

值得一提的是现代弯梁桥的结构形式已经突破传统模式,用过去的计算存在误差.大部分桥梁支座均采用橡胶支座,其竖向支承变形不宜忽略.实际抗扭支承容许主梁有一定转动,考虑支承的弹性变形,支承对主梁的约束减弱,竖向反力将分布均匀,同时扭矩峰值降低.

表 1 恒载下内力位移计算值

		梁单元模型			板壳单元模型		
		弯矩	扭矩	挠度	弯矩	扭矩	挠度
边跨	L/8	2940	365	0.0013	2943	343	0.0016
	2L/8	3315	253	0.0036	3209	278	0.0032
	3L/8	4772	185	0.0072	4403	173	0.0060
	4L/8	3606	64	0.0072	3391	58	0.0062
	5L/8	2483	−158	0.0068	2352	−166	0.0059
	6L/8	−120	−278	0.0029	−56	−256	0.0025
	7L/8	−3876	−358	0.0015	−3410	−321	0.0012
点铰式支座处	L	−6781	−99	0.0000	−6258	−101	0.0000

设计工作给出简便实用的方法, 还需进一步探讨.

5 结 论

1) 建立单根曲梁模型, 用刚臂模拟抗扭支座和预偏心支座, 建模简单, 受力明确, 得出弯矩扭矩, 可直接用于截面配筋计算, 用此计算结果进行设计是一种快捷而偏安全的方法, 值得推荐. 缺点在于不能得到内力挠度沿桥宽方向的分布. 用板壳单元建立空间模型, 建模复杂, 一旦单元选取不当, 网格划分失误, 将导致计算偏差. 但此法可以较精确的得到任意截面各点应力挠度变化, 方便用于施工控制和精确分析.

2) 采用传统模式对弯梁桥建模, 假定竖向支承刚性, 而工程中常使用橡胶支座, 且抗扭支承容许主梁有一定转动, 忽略了支承的弹性变形对主梁约束的减弱, 计算结果比实际值偏大, 这点值得注意.

3) 由于薄壁箱梁还涉及约束扭转畸变, 剪力滞效应等, 如何更加精确的计算弯箱梁的内力, 针对

参考文献:

[1] 邵容光, 夏 淦. 混凝土弯梁桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 1994.

[2] 姚玲森. 曲线梁[M]. 北京: 人民交通出版社, 1989.

[3] 张静珍, 徐 岳, 黄平明, 郝宪武. 宽弯桥变形及控制[J]. 长安大学学报, Vol. 23, 2003. 3.

[4] 张静珍, 陈偕民, 徐岳. 钢筋混凝土弯桥计算模型的研究[J]. 中外公路, 2002. (4).

[5] 许汉铮, 黄平明, 王宏博. 连续弯梁桥的统一计算模式[J]. 中国公路学报, 2002, (5).

[6] 刘 婷, 孔庆凯. 连续弯梁桥平面变形计算分析[J]. 四川建筑, 2003, (4).

[7] 占玉林, 赵人达. 连续弯梁桥特性分析[J]. 四川建筑. 2004, (1)

[8] Eduardo DeSantiago, Jamshid Mohammadi, Hamadallah M. O. Albaijat. Analysis of Horizontally Curved Bridges Using Simple Finite-Element Models. ASCE, 2005. 2.

Analysis on Calculation Model of Curved Bridge

LIN Li-cheng¹, LIN Xiao-fang²

(1. Department of highway, Chang'an University, Xi'an 710064; 2. Communications Design Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330002, China)

Abstract: Many curved bridges are established on high-type highway and overpass. Further research on exact calculation theory is needed because of complexity of stress and design. In this paper, based on a numerical example, the result that calculated by using finite element method is analyzed and discussed. Finally, the suggestion that referred to application is given.

Key words: curved bridge; finite element method; calculation model