

异型桥的空间梁格分析法

王 湛, 贾艳敏, 孙陆珍

(东北林业大学土木工程学院, 哈尔滨 150040)

【摘 要】 针对异型桥常用的闭口箱形断面,介绍了空间梁格分析法,指出此法的关键就是根据结构的具体情况,建立恰当的力学模型,并基于梁格法理论,采用计算机软件对吉林雾凇立交异型桥进行空间受力分析,提出了采用梁格法分析时应重点注意的几点问题。

【关键词】 异型桥;空间梁格法;箱型梁;截面

【中图分类号】 TU323.3

【文献标识码】 B

【文章编号】 1001-6864(2006)02-0072-02

SPACE BEAM GRILLAGE METHOD ANALYSIS ON IRREGULAR BRIDGE

WANG Zhan, JIA Yan-min, SUN Lu-zhen

(School of Civil Engineering, Northeast Forest University, Harbin 150040, China)

Abstract: The paper presents the grillage analytical method of box girder, specially the bridge of close cross-section, indicating the key is to set up proper formwork according to actual circs. The Wusong irregular bridge model built with structure analytic program by using space beam grillage method, and authors also bring forward the noticeable issues of research on grillage method.

Key words: irregular bridge; space beam grillage method; box girder; cross-section

近年来异型桥的建造日益增多且向连续发展。异型桥在竖向荷载作用下,产生弯、剪、扭耦合,使得这种结构的内力和变形计算趋于复杂。目前,对于这种结构的计算方法有:一根梁法、M/R法、刚性横梁法、刚性梁法、G-M修正法、梁格分析法、实体或板壳元模型分析法等多种方法。一根梁法和M/R法其适用范围较窄,一般适用宽跨比很小的曲桥计算或某些曲梁内力的初步估算。刚性横梁法是直桥刚性横梁法的推广,其假定桥梁的横向刚度无穷大,荷载作用于横向任何位置处,挠度沿横向呈直线规律变化。刚性梁法假定各立梁的翼缘板之间的联结是刚性的,在联结处切开,切口除了传递剪力,还要传递横向弯矩。刚性梁法以切口赘余力为基本未知数,用力法建立正则方程,求算各主梁在荷载作用下的横向分布,由于其计算远较刚性横梁法麻烦,因而较少采用。G-M修正法将曲桥看作正交构造异性曲板,通过弯桥与直桥的比拟,对直桥的变曲刚度系数和弯扭刚度系数进行修正,从而查图表求算各梁的荷载横向分布。对于实体、板壳元模型分析法,进行三维离散时,虽然可以充分计入翘曲、畸变、剪力滞等影响,计及泊松比的影响,但是此种计算模型也有其缺点:第一,计算机输出的是一组综合数据,设计者无法专门分析单项因素的影响,以便有目的采取结构措施减少其影响程度;第二,计算分析所需准备和处理的数据量极大,若分析程序无前处理模块和模型校验模块,很难保证分析结果的正确性;第三,输出结果为应力状态,其与现行桥规按内力进行配筋的方式不匹配,可行性不大。所以实体、板壳元模型多用于局部结构分析。当桥梁宽跨比较大,

以至于荷载使桥梁上部结构除沿其纵向产生弯曲和整体扭转外,还必须考虑整个截面的横向变形时,空间梁格模型恰恰符合上述要求,输出结果又与现行桥规相匹配,易于应用于实际工程设计,所以梁格法在工程中得到了广泛应用。

1 空间梁格法的基本原理及分析过程

用梁格法分析上部结构时,要将原型结构用一等效梁格代替。所谓等效,是指两种结构承受相同的荷载时,产生的结构变形是一样的,而且任一梁格内的内力等于该梁所代表的原型结构相应部分的截面应力的合力,也就是假定把上部结构中每一区域的抗弯和抗扭刚度集中到最临近的梁格内,即两种结构在位移和内力上相等效。但是,梁格与原型结构往往是两种有不同特征的结构,因此严格意义上的等效梁格是不可能的。这种不同特性,对箱梁来说,主要表现在:箱梁横向纵向均具有一定的连续性,其位移和应力分布也具有连续性,而纵向梁格却是一个不连续的网格,纵梁之间通过一些离散的横向杆件相联结,可使纵梁和横梁的内力和位移的连续性比较好一些;箱梁承受扭矩时,全由截面的剪应力来承担,而在梁格中,扭矩由纵梁中的扭矩和方向相反的剪力来共同承担;箱梁中的腹板可以产生拱式作用,而在梁格中不存在也不考虑这种作用。

1.1 选取等效梁格的基本原则

(1) 对箱梁来说,纵向杆件的位置应与箱梁的肋板重合,需要时为了加载方便可在箱梁的二翼缘端部增设虚拟杆件,但在肋板之间则不能插入虚拟杆件,当箱具有斜腹板时,纵梁的位置可通过试算决定。

(2) 横向杆件一般与纵向杆件互相垂直,只有在斜桥的端部或当斜桥的斜角较大时方可用斜交网格。

(3) 横向杆件如果太疏,则不能很好的模拟原型结构的受力性能,引起较大误差;而横向杆件太密,虽然增加了计算量,但也不能使梁格特性更接近原型结构。一般可遵循以下原则:最大间距不能超过相邻两个反弯点间距的 1/4,在支点的附近应适当加密。

(4) 梁格的划分最好使各部分截面的形心轴位置和整体的形心位置相同,但当悬臂较长或箱室较多时,则最好从二个腹板中间划分。

1.2 单元截面性质的计算

荷载根据加载的位置以及各个单元的相对刚度在各单元之间进行分配,而单元刚度与单元的截面及几何尺寸有关,因而如何计算梁格单元的截面特性至关重要,计算时必须考虑各单元的受力特性而分别予以考虑。

1.2.1 纵向杆件计算方法

- (1) 轴向抗拉压面积取该杆件所代表的上部面积;
- (2) 横向抗剪面积取相应的箱梁顶、底板面积;
- (3) 竖向抗剪面积取对应腹板面积;
- (4) 抗扭刚度等于杆件所代表的顶板和底板刚度;
- (5) 抗弯刚度(绕水平轴)等于 EI_y, I_y 为梁格所带表的截面对箱梁整体截面的中性轴的惯性矩;
- (6) 抗弯刚度(绕竖向轴)等于杆件所代表的部分绕其腹板中线的刚度。

1.2.2 横向杆件计算方法

- (1) 轴向抗拉压面积取为对应的箱梁顶、底板面积;
- (2) 横向抗剪面积也取为对应的箱梁顶、底板面积;
- (3) 竖向抗剪面积,对于矩形箱梁可用下式求出单位宽度的等效抗剪面积:

$$A_s = (d^3 + d^3) / l^2 \cdot \{ d_w^3 \cdot l / [d_w^3 \cdot l + (d^3 + d^3) \cdot h] \} \cdot E / G$$

式中: d, d —顶板和底板厚度;

h —顶板和底板之间高度;

h, h —顶板和底板到它们共同形心轴的距离。

- (4) 抗扭刚度每单位宽度的大小等于纵向杆件每单位宽度的抗扭刚度的大小;

(5) 抗弯刚度(绕水平轴)应按绕箱梁顶板、底板的共同形心来计算,每单位宽度的抗弯刚度大小为: $EI_x = E(h^2 \cdot d + h^2 \cdot d) = Ed \cdot d \cdot h^2 / (d + d)$,式中各符号同前;

- (6) 抗弯刚度为箱梁顶、底板的抗弯刚度之和。

1.3 加载过程

有了梁格模型,结构的内力分析就变成了一个纯结构力学问题,可以借助有关的计算机程序进行,但加载时应注意以下几点: 一期恒载只计算单元自重,尤其当恒载由程序自动计算时应作出特别指定;二期恒载应根据施工顺序及计算程序的特点考虑,可作为集中线荷载加在纵向单元上,也可作为面荷载加在整个梁格上; 活荷载加载时可以定义行车道,用移动载加载分析,但应尽量以纵向单元为主要考虑因素; 温度荷载分为两种,即季节性的温度效应及日照温差效应,如果原结构为静定结构,则季节性的温度效应可不予考虑;如原结构为超静定结构,则应对所有设在腹板位置的纵向单元考虑季节性的温度效应;对所有单元都应考虑

日照温差效应; 对于干缩徐变等荷载,可以参照季节性的温度效应做类似考虑。

1.4 分析结果

纵横向单元的相互影响以及单元划分的粗糙程度会使得梁格模型内力的分析结果不连续,出现跳跃现象,弯矩或剪力在同一点出现不同的值,此时可取两者的平均值作为设计值,也可取绝对值较大的值为设计值,但显得过于保守,影响设计的经济性。

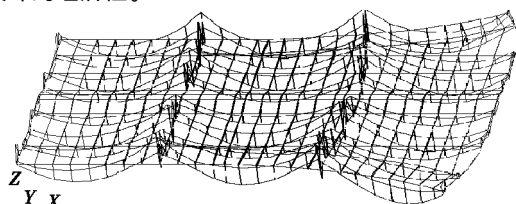


图1 承载能力极限状态组合I结构弯矩包络图

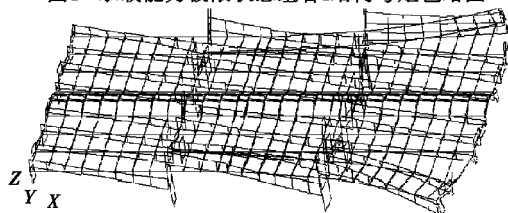


图2 承载能力极限状态组合I结构剪力包络图

2 实例分析

吉林雾凇异型桥采用为 20 + 16 + 20m 现浇预应力混凝土连续箱梁,双箱三室截面,桥宽 32m。

本桥以桥梁博士 3.0 为分析软件,按照 JTG D60 - 2004 《公路桥涵设计通用规范》,JTG D62 - 2004 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》规定,采用空间梁格法把箱梁离散成由代替腹板的纵梁和代替横隔板的横梁而形成的空间梁格结构,它的特点是传力路径明确,计算速度快,并按空间梁单元进行八车道动态加载分析。模型共有单元 618 个,节点 344 个。弯矩、剪力在极限组合 I 的包络图见图 1、图 2。由图可见,采用这种方法对异型结构分析,受力结果较为合理,适用于实际工程的各项分析。

3 结语

(1) 空间梁格法把平面几何形状复杂的宽、扁、平又是大曲率的多室箱梁桥的异型结构模拟成一个纵、横交叉梁系构成的空间受力体系,由此建立的结构分析模型是符合实际受力情况的。

(2) 异型桥建模分析时,既要具有足够的精度,又要能反映桥梁真实的结构行为,在把握结构特性的前提下,尽量使问题简单化。

参考文献

- [1] 戴公连,李德建. 桥梁结构空间分析设计方法与应用[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [2] 王光林. 箱形梁的梁格分析法[J]. 山西建筑,2005,(2).
- [3] 王凤元,李莹. 超常规异型连续钢箱梁设计实践[J]. 城市道路与防洪,2003,(1).

[收稿日期] 2005 - 12 - 09

[作者简介] 王 湛(1979 -),男,哈尔滨人,硕士研究生,从事桥梁专业。