

梁格法在异型梁桥中的应用

杨立权 (广州市公路勘查设计有限公司)

摘要: 本文通过具体工程实例对梁格法原理进行了简述,从梁格单元的划分、各单元截面特性的计算等方面进行了分析。

关键词: 梁格法 箱梁 工字梁

1 引言

近年来随着国内高速公路的飞速发展,箱型梁桥因其良好的力学性能及经济优越性而得到广泛的应用,但是,当受地形限制,或是行车道宽度发生变化及分叉时,不得不把桥面设计成异型梁。对这些形状各异的异型梁,由于计算机技术及大型有限元软件的发展,建立完整的或精细的桥梁有限元模型已经变成可能,但过程复杂,工作量大,下面举例说明一种易于理解又较为简便的分析方法——梁格分析法,一般用于弯斜桥及宽桥的分析。

2 原理

梁格法是用计算机进行桥梁,特别是斜弯桥上部结构比较实用有效的空间分析方法,它是一种介于解析方

法和有限元方法之间的方法。

梁格法的主要思路是将上部结构用一个等效梁格来模拟,将分散在箱梁每一区段内的弯曲刚度和抗扭刚度集中于最临近的等效梁格内,实际结构的纵向刚度集中于纵向梁格构件内,而横向刚度则集中于横向梁格构件内。如此用一系列相互交叉的单元组成的平面网格结构来进行上部结构的受力分析,即梁格法。

梁格法成败的关键在于采用合理的梁格划分方式和正确地等效梁格的刚度,理想的刚度等效原则是:在相同荷载作用下,梁格模型和它所模拟的箱梁具有相同的变形,并且每个梁格单元的内力就是它所代表的那部分梁体应力的积分。由于实际结构和梁格体系在结构特性上的差异,这种等效只是近似的,但对一般的设计,梁格法的计算精度是足够的。

混凝土。基坑开挖使用挖掘机进行排水开挖,分层开挖后及时安装围圈和内支撑。

基坑开挖要分层分区连续施工,并对称进行。为减少土压力,基坑周围 14m 范围内严禁堆载。测量组在开挖过程中全程监控钢板桩的变形,如遇钢板桩变形超过警戒值时立即停止开挖,进行加固处理并经过技术评价安全后方可继续施工。

5 钢板桩施工中监测及施工后监测

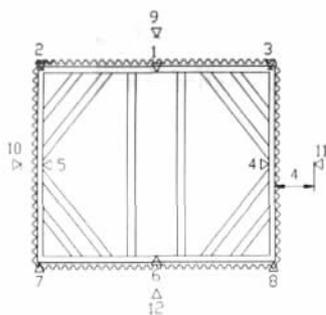


图 7 基坑位移观测点布置图

基坑开挖前在基坑周围设置位移观测点如图 7 所示。在基坑开挖过程及承台施工前,对 1~12 号点进行位移观测,观测次数视基坑周围观测点的位移速率而定。注意对观测数据的成果整理,得出基坑维护结构的位移速率和变化趋势,以此来保证基坑安全施工。

6 结语

本方案比照其他同类的开挖方案,钢材投入少,成本可控对于软土地区深基坑开挖很有参考意义,对于基坑周围环境对沉降要求较为严格时可根据实际情况适当增加支护结构的强度和刚度来限制基坑变形。●

【参考文献】

- [1]徐帮学.最新深基坑支护工程设计施工技术标准规范实施手册[M].北京:中国音像出版社,2003.
- [2]黄强.深基坑支护结构实用内力计算手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [3]杨文渊.桥梁施工工程师手册[M].北京:人民交通出版社,1995.

鉴于桥梁上部结构的复杂多样性,对于梁格的划分很难提出一个通用的一般法则,汉勃利等人对梁格的划分提出了一些基本的要点:

纵向构件中心与纵向腹板中心相重合,这样可使腹板剪力直接由横截面上同一点的梁格剪力来表示。将多室箱梁分割为梁格时,注意纵梁的中和轴位置应尽量一致。同时在悬臂端部设置虚拟的纵向构件。

横向梁格设置视结构的实际情况确定,间距过大,会使相邻纵向单元间的力产生很大的跳跃;间距太密,又会大大增加工作量。

箱梁在纵向弯曲时应符合平截面假定。

一般来说,斜、弯箱形梁桥支承附近,内力变化较大,因此应对支承附近梁格进行加密。

在梁格分析中,要使等效梁格正确地反映出原结构的真实受力状况,最为关键的问题是梁格刚度的取值问题,而单元刚度与单元的截面特性及几何尺寸有关,因而如何计算梁格单元的截面特性是至关重要的。箱型断面可以看成是几个顶底板相连的工字型断面的组合,对于这种薄板封闭多格式结构,采用剪力-柔性梁格分析最适宜,下面我们就根据汉勃利等人的研究进行截面特性的分析。

对于纵向截面抗弯特性,将箱梁顶底板分别根据腹板数等分,如图 1 所示,这样划分可保证各纵向单元顶底板截面的中性轴在同一水平面,并和原箱梁整体截面的中性轴在同一位置,则有纵向梁格构件的弯曲刚度为:

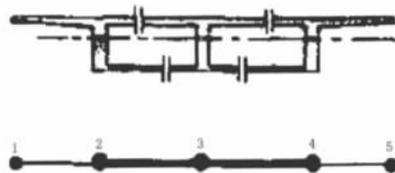


图 1

$EI_y = E' \cdot ($ 梁格构件所代表的截面对箱梁整体截面的中性轴 Y 的惯性矩) $)$ (式 1)

对于纵向梁格抗扭和抗剪截面特性,可采用将箱室中分的方法,如图 2 所示,一根纵向梁格构件的抗扭刚度等于构件所代表的顶板和底板刚度,即

$$J_x = 2h^2 d' d'' / (d' + d'') \quad (式 2)$$

对于抗剪截面特性,纵向梁格的剪切面积应等于腹板的横截面积。

对于虚拟的纵向构件,其截面特性为悬臂构件截面

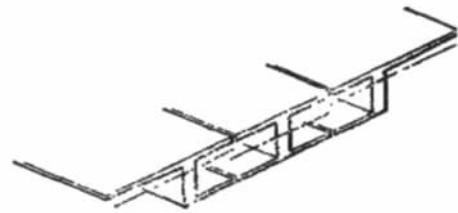


图 2

特性的一半。

对于横向截面特性,横向梁格每单位长度的惯性矩:

$$I_x = h^2 d' d'' / (d' + d'') \quad (式 3)$$

式中: d' 、 d'' 、 h' 、 h'' 为板的厚度和各板至它们的形心的距离。

每单位宽度内的扭转刚度为:

$$GJ_x = 2Gh^2 d' d'' / (d' + d'') \quad (式 4)$$

横向梁格构件单位宽度的等效剪切面积的表达式:

$$A_s = (d'^3 + d''^3) / [12 \cdot d_w^3 I / (d_w^3 I + (d'^3 + d''^3))] E/G \quad (式 5)$$

综上所述,将箱梁用梁格法离散和计算出截面特性后,即可建立桥梁的梁格模型,结构的内力分析就可以借助有关的计算机程序进行。下面通过一个具体的实例来说明。

3 工程概述

该工程为某城市立交工程,C 线 C3~C13 桥段采用单箱双室连续钢筋混凝土箱梁结构,C15~C17 桥跨段采用单箱单室连续钢筋混凝土箱梁结构,D 线桥跨段采用单箱单室连续钢筋混凝土箱梁结构,在 C3 处、C17 及 D1 外牛腿处设伸缩缝。钢筋采用 I 级和 II 级,混凝土:上部结构及桥面铺装采用现浇 35# 混凝土、防撞栏采用 30# 混凝土,下部结构均采用 25# 混凝土。

4 计算

根据前面所述计算纵向梁格和横向梁格的方法,将截面特性计算列表,见表 1,表中截面 1-1、1-2、1-3 分别指桥梁分叉前 C 线单箱双室箱梁所分梁格,截面 2-1、2-2 指分叉后 C、D 线单箱单室箱梁所分梁格。表 2 为三种不同形式的横梁。表 3 为悬臂端虚拟纵梁和横梁。有了梁格特性,即可将该立交用梁格离散,利用计算机建立计算模型,如图 3 所示。横向梁格间距约 1.5m,在行车道分叉的地方进行加密。

利用计算机建立模型后,即可进行运算,本文采用

表 1 纵向梁格截面特性

| 纵向梁格抗扭抗剪截面特性(平分箱梁室) | | | | | | | | | | | | | 纵向梁格截面特性(平分顶底板) | | |
|---------------------|-----|------|------|-----|------|------|------|-------|-------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--|
| 位置 | 梁高 | 顶板厚 | 底板厚 | 腹板厚 | 上缘宽 | 下缘宽 | 计算高度 | 抗扭常数 | 总面积 | 剪切面积 | | 抗扭常数 | 抗弯惯性矩 | | |
| | H | d' | d'' | F1 | L1 | L2 | h | c | A | Asy | Asz | Ixx | Iyy | Izz | |
| 截面 1-1 | 1.2 | 0.25 | 0.15 | 0.4 | 1.65 | 1.65 | 1.0 | 0.188 | 2.516 | 0.550 | 0.400 | 0.3094 | 0.2993 | 1.9089 | |
| 截面 1-2 | 1.2 | 0.25 | 0.15 | 0.4 | 3.3 | 3.3 | 1.0 | 0.188 | 2.312 | 1.1000 | 0.4000 | 0.6188 | 0.3053 | 1.5077 | |
| 截面 1-3 | 1.2 | 0.25 | 0.15 | 0.4 | 1.65 | 1.65 | 1.0 | 0.188 | 2.405 | 0.5500 | 0.4000 | 0.3094 | 0.2993 | 1.9089 | |
| 截面 2-1 | 1.2 | 0.25 | 0.15 | 0.4 | 1.55 | 1.55 | 1.0 | 0.188 | 2.490 | 0.5167 | 0.4000 | 0.2906 | 0.2612 | 1.7174 | |
| 截面 2-2 | 1.2 | 0.25 | 0.15 | 0.4 | 1.55 | 1.55 | 1.0 | 0.188 | 2.386 | 0.5167 | 0.4000 | 0.2906 | 0.2612 | 1.7174 | |

表 2 横向梁格截面特性

| 位置 | 梁高 | 顶板厚 | 底板厚 | 腹板厚 | 腹板间距 | 横梁间距 | 计算高度 | 转换宽度 | E/G | 总面积 | 剪切面积 | | 抗扭惯性矩 | 抗弯惯性矩 | |
|------|-----|------|------|-----|------|------|------|-------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | H | d' | d'' | F1 | L | L1 | h | B | | A | Asy | Asz | Ixx | Iyy | Izz |
| 横梁 1 | 1.2 | 0.25 | 0.15 | 0.4 | 3.3 | 2 | 1 | 0.667 | 2.4 | 0.8 | 0.667 | 0.008 | 0.375 | 0.188 | 0.267 |
| 横梁 2 | 1.2 | 0.25 | 0.15 | 0.4 | 3.25 | 2.8 | 1 | 0.933 | 2.4 | 1.12 | 0.933 | 0.011 | 0.525 | 0.263 | 0.732 |
| 横梁 3 | 1.2 | 0.25 | 0.15 | 0.4 | 3.1 | 2 | 1 | 0.667 | 2.4 | 0.8 | 0.667 | 0.009 | 0.375 | 0.188 | 0.267 |

表 3 虚拟悬臂构件截面特性

| 位置 | 梁高 | 悬臂根厚 | 悬臂端厚 | 悬臂宽 | 平均厚度 | 转换宽度 | 总面积 | 剪切面积 | | 抗扭惯性矩 | 抗弯惯性矩 | |
|-------|-----|------|------|-----|------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | H | d' | d'' | L | d | B | A | Asz | Asy | Ixx | Iyy | Izz |
| 虚拟边纵梁 | 1.2 | 0.35 | 0.15 | 2.5 | 0.25 | 1.250 | 0.3125 | 0.313 | 0.313 | 0.0033 | 0.0016 | 0.0407 |
| 虚拟边横梁 | 1.2 | 0.35 | 0.15 | 2.5 | 0.25 | 2.500 | 0.625 | 0.625 | 0.625 | 0.0065 | 0.3255 | 0.0033 |



图 3 C、D 线梁格图



图 4 某梁单元弯矩图(部分)

MIDAS 软件建立模型,运算结果简单如图 4 所示。

梁格模型内力的分析结果出现不连续、跳跃现象是因为横向单元扭矩的影响而使得其弯矩在同一点上出现两个不同的值,此时可取二者的平均值作为设计值。

5 结论

通过上面的计算过程,我们可以看出梁格法是用计算机进行桥梁,特别是斜弯桥上部结构比较实用有效的空间分析方法,它是一种介于解析方法和有限元方法之间的方法。它具有基本概念清晰、易于理解和使用等特

点,但是前期的截面特性计算量较大。本章介绍了采用空间剪力柔性梁格法对多格室箱形梁桥进行结构分析的基本原理及方法,重点论述梁格单元的划分、单元刚度的计算及对计算结果的处理,并用该方法计算一算例,梁格法给出结构偏于安全的估计,是合理的。

另外,我们在用梁格法建立桥梁模型时须注意几点:

将多室箱梁分割为梁格时,注意纵梁的中和轴位置应尽量一致,考虑纵梁抗弯截面特性时,划分梁格应按顶底板等分。考虑抗剪抗扭时,可将箱室中分。

每跨内的虚拟的横梁数量不应过少(划分为 1.5m 左右一个在精度上应能满足要求)。

虚拟的横梁和纵梁的重量应设为零。

考虑箱梁翼缘的有效宽度,可减少剪力滞的影响,使梁格法分析更趋于合理。

以上提到的箱型梁梁格分析法,对于广大桥梁工程师借助一般的计算机分析程序,解决实际的工程课题有一定的帮助。●

【参考文献】

- [1]王光林.箱型梁的梁格分析法.山西建筑,2005年2月.
- [2]E.C.Hambly.桥梁上部构造性能[M].郭文辉译.北京:人民交通出版社,1982.