

城市地下通道中异形结构箱涵的计算与分析

刘 斌, 杨 兵, 赵林强

(杭州市城建设计研究院有限公司, 浙江杭州 310001)

摘 要:通过对一块异形结构箱涵的计算, 比较了传统计算方法与实体有限元计算的差异; 分析了箱涵出入口断面与道路路线夹角在不同角度下的箱涵上部结构受力情况, 给出了相对合理的最小夹角值; 对出入口处有斜交的箱涵结构添加栅格梁进行计算, 分析了栅格梁对箱涵结构受力的影响和作用。

关键词:箱涵; 异形; 有限元法; 结构分析; 杭州市

中图分类号: U449.82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2005)02-0049-03

1 工程简介

本文以杭州市钱江新城两翼“城市阳台”工程为背景, 进行箱涵结构部分的分析计算与设计。钱江新城是杭州市发展进入钱塘江时代的象征, 是未来杭州的中央商务区, 而“城市阳台”又是钱江新城重要的组成部分, 集景观、餐饮、观光、停车等多项功能为一体。箱涵部分又是“城市阳台”最主要的结构物, 具有构造复杂, 技术难度高等特点。该箱涵内部为双向六车道, 部分区段加宽为七车道, 箱涵内净跨径最大达到 16.6 m。箱涵顶板厚为 1.0 m, 底板厚为 1.1 m, 两侧墙厚为 0.8 m, 中间墙厚为 0.8 m。

2 计算方法

对箱涵结构计算的常用方法通常是取一段单位

长度的标准断面, 用结构力学方法进行分析计算。但该方法仅适用于标准阶段的箱涵计算, 且不能得出结构细部的受力情况。本文利用有限单元法, 对箱涵的异形节段进行实体建模分析。

取箱涵标准段用结构力学方法和实体有限元方法分别进行计算, 比较两种计算所得的结果, 对实体有限元计算的结果进行效度检验。箱涵标准断面如图 1 所示, 图中单位为 cm。本文仅讨论上部结构的受力, 不考虑箱涵在天然地基础上的受力。

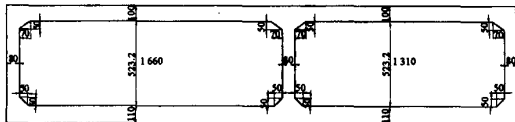


图 1 箱涵标准端面图

图 2 比较了用结构力学法和实体有限元法分别计算的箱涵顶板顶面正应力, 其中 X 坐标为以箱涵中墙中心为 0 点的距离值, 单位为 m; Y 坐标为箱涵顶板顶面正应力值, 单位为 MPa。

收稿日期: 2005-02-05

作者简介: 刘斌(1980-), 男, 宁夏固原人, 助理工程师, 从事市政桥梁设计工作。

弯板桥在计算与设计, 不再琐碎麻烦。有限元法程序在动载影响上得到了一定的解决, 如 Ansys、Midas/Civil 等大型综合程序, 这与以往采用 Sap-5 等程序采用静载的比例系数模拟动载有了很大的发展。

(2) 异型板桥在构造上十分机动灵活, 适应性强。上部板身可以适应弯、坡、斜以及许多不规则的道路平面; 下部墩柱更可以结合当地条件合理地布置, 以求得桥下最好的排水和行车净空等等, 是一个值得推广的桥型。

(3) 小半径曲线板桥的受力不能采用平面杆系结构来计算, 简单的平面分析不能解决空间结构力的分配

(4) 对于受力不明确的弯、坡、斜、小半径桥, 设计要考虑全面, 按最不利的组合来进行设计。该桥设计中引入的人行道面、沉降组荷载工况、包络工况就是在这方面的尝试, 当然这与该桥具体情况有关, 还很成熟, 希望起到抛砖引玉的作用。

(5) 应加强异型板桥的试验研究, 建立一套板桥的承载能力、冲剪计算、结构配筋等方面的规范。

参考文献

- [1] 中华人民共和国交通部标准 TJT004-89, 公路工程抗震设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
- [2] 沈中治. 点支承异型板桥设计技术规定 (BSY-GQ02-92) [S]. 北京市市政工程设计研究总院, 1992.
- [3] 王伯惠、张亚军. 无梁板桥[M]. 人民交通出版社, 1998.

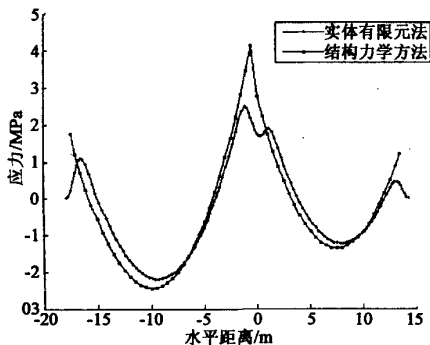


图2 箱涵顶板顶面正应力比较图

从图2中可以看出两种方法计算的箱涵顶板顶正应力分布在大多位置均相当，但在侧墙及中墙顶差异较大。引起此差异的主要原因如下：实体有限元方法是基于弹性力学变分原理的数值计算方法，可以较准确地模拟实际的受力状况，在侧墙及中墙顶受力与结构力学方法有较大的差异主要在于实体有限元法考虑了加腋角及墙壁厚度的影响，而结构力学方法基于初等梁理论，在这些位置仅通过一个节点形成刚性连接，以至于形成了内力及应力的峰值。但事实上这些位置并不会出现这样的峰值，而是与实体有限元方法计算所得的结果趋于一致。

由以上算例可知通过实体有限单元方法计算箱涵受力与传统的结构力学方法计算的结构基本上趋于一致，在一些节点处能够更真实地反映受力状况，更加适合于处理一些构造复杂的结构。

3 异形箱涵分析

该工程箱涵部分以异形结构为主，其异形结构主要是由于复杂的建筑设计所引起的。图3所示为一联（两个伸缩缝之间称为一联）较典型的异形结构顶板平面图，其主要特点为出入口断面与路线中线斜交，在开口附近设置一些栅格梁以配合建筑景观设计。由于箱涵顶面有覆土且要种植植物，以下讨论均将其换算为集度为 25 kN/m^2 的均布面力，图中单位为 cm 。

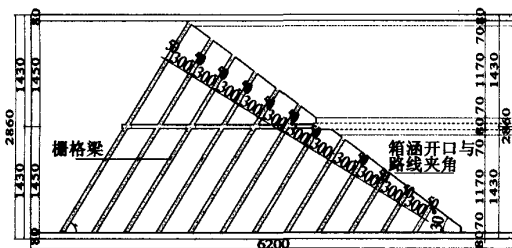


图3 异形箱涵顶板平面图

万方数据

本文首先讨论在不考虑栅格梁的情况下，随着箱涵顶开口切角的角度变化，箱涵顶板受力的变化情况，图4为某个切角时箱涵的有限元模型。

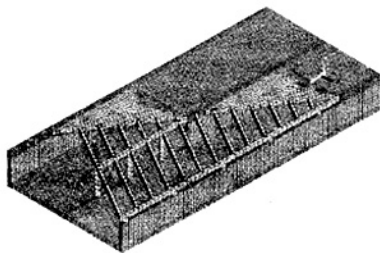


图4 箱涵有限元模型

图5所示为箱涵顶板顶层的主应力方向分布图，以下主要将讨论在箱涵顶板开口边缘随切角不同时沿斜边正应力的分布情况，不考虑混凝土在配筋后的应力状况。由图中可看出，在斜向切口的边缘，箱涵顶板的主应力方向在边缘附近主要沿着斜边的方向。

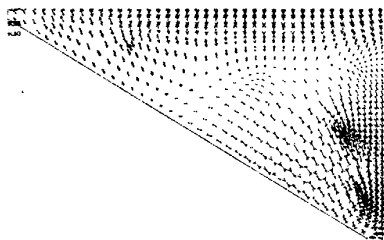


图5 箱涵顶板局部主应力矢量图

图6展示随着箱涵开口的切角不同，箱涵顶板受力的分布情况。图中主要列出对结构来说相对不利的开口边缘处沿斜边方向的正应力分布情况，且分为正交及 45° 、 30° 、 20° 四种情况。

为了使各图具有比较性，图6中横向距离均取正交横向距离，即在非正交开口时，横向距离为正投影距离。图中纵坐标表示各点沿第一主应力方向的正应力。

图6中所示应力为箱涵顶板顶层之值，由于本文计算均基于弹性理论，因而其顶板底层的应力分布与顶板顶层应力分布基本相同，仅应力的方向相反。所以文中只列出顶板顶层应力分布情况，其余可类推。从图中可以看出当箱涵的开口由正交变为 45° 斜交时，其正弯矩区和负弯矩区的正应力均增大，负弯矩区应力增大的幅度为 35% 左右，正弯矩区应力增大的幅度为 25% 左右，正弯矩区向钝角一侧偏移；当开口由 45° 斜交变为 30° 斜交时，正负弯矩区正应力进一步增大，负弯矩区应力增大的幅度

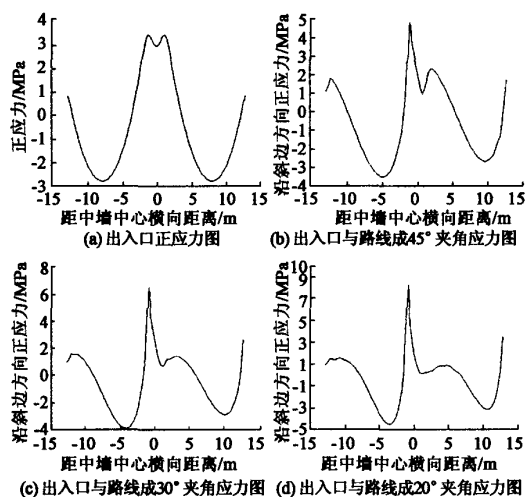


图 6 箱涵在不同开口角度下的沿主应力方向的正应力分布

20%左右,正弯矩区应力增大的幅值为 15%左右,正弯矩区进一步向钝角一侧偏移;而当开口由 30°斜交变为 20°斜交时,正负弯矩区正应力进一步增大,负弯矩区应力增大的幅度 10%左右,正弯矩区应力增大的幅值为 25%左右,正弯矩区继续向钝角一侧偏移。

综上,随着该箱涵开口斜交角的变小,正弯矩区向钝角一侧偏移,正负弯矩区正应力不断增大,当斜交角开口小于 30°时,若继续减小斜交角,则在负弯矩区的正应力将迅速变大,其值可达到 8 MPa 以上。按此应力值换算为弯矩进行配筋设计,将使配筋率较高,在此位置钢筋间距过小,给施工带来困难。因此实际工程中应尽量避免使用较小的斜交角度。

以上讨论了箱涵开口在不同斜交角度下箱涵顶板的受力情况。下面将讨论在斜交角较小的情况下添加一定数量的栅格梁后结构的受力情况。栅格梁截面为 50 cm(宽)×100 cm(高),具体设置如图 3 所示。图 7 为在出入口与线路斜交角为 30°的情况下没有栅格梁和有栅格梁时顶板的受力比较。

从图 7 中可以看出当在开口上设置了如图 3 中所示的栅格梁后,其沿斜边方向的正应力发生了较大的变化,正负应力峰值均减小了 50%左右,负弯矩区

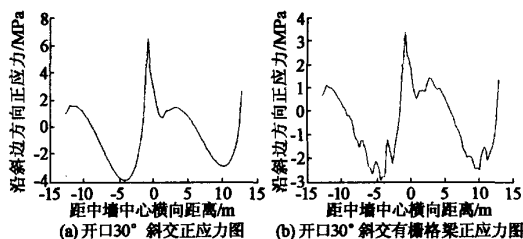


图 7 开口 30°时有无栅格梁沿开口斜边正应力比较

最大。由此可见栅格梁与箱涵顶板共同受力,而且承担了相当一部分内力,以至于在负弯矩区不产生较大的应力,负弯矩区产生的沿斜边的正应力仅为 4 MPa 左右,使得设计时在该位置易于配筋。另一方面从栅格梁本身来说,根据计算的结果,栅格梁中与箱涵顶板直接相连接的跨径较小的栅格梁内力较大,其中跨径最短的一根栅格梁弯矩达到 900 kN·m。

4 结论

通过以上对杭州市钱江新城两翼“城市阳台”工程中异形结构箱涵的详细计算和分析,主要得出以下一些结论和建议供其他设计和研究人员参考:在异形结构的箱涵设计中,箱涵入口处不宜做过斜的开口。本文建议斜开口与线路最小夹角不小于 30°;在有斜开口时可与建筑及景观设计相结合,让结构成为景观一部分,如本文中所采用的栅格梁方法,经过计算可知该方法大大改善了箱涵顶板的受力,使得结构更加安全可行;在复杂结构分析时利用实体有限单元法可以详尽地分析结构各处的受力状况,使结构设计更加合理安全。

参考文献

- [1]丁皓江,谢贻权,何福保,徐兴.弹性和塑性力学中的有限单元法(M).北京:机械工业出版社,1989.
- [2]王勖成,邵敏.有限单元法基本原理和数值方法(M).北京:清华大学出版社,1987.
- [3]郭乙木,陶伟明,庄茁.线性与非线性有限元及其应用(M).北京:机械工业出版社,2004.
- [4]过镇海,时旭东.钢筋混凝土原理和分析(M).北京:清华大学出版社,2003.

2005 年我国投资 6 亿元新建 30 部天气雷达

今年我国将投资 6 亿元,新建 30 部新一代普勒天气雷达,到 2008 年我国将形成一个由 158 部先进雷达组成的高密度气象监测网,在气象灾害临近预警中发挥主导作用。