

文章编号: 1007-6492(1999)03-0095-03

高墩大跨 T 构桥桥墩的有限元分析

尹如君¹, 花付南¹, 吕西方¹, 赖永星²

(1. 河南省交通公路工程局, 河南 郑州 450052; 2. 郑州工业大学数理力学系, 河南 郑州 450002)

摘 要: 某高墩大跨 T 构桥, 上部结构为预应力混凝土箱形梁, 桥墩采用钢筋混凝土变截面空心墩。根据 T 构桥的结构特点, 利用空间块体单元对桥跨和桥墩进行有限元离散, 计算了该桥在 4 种工况下桥墩的强度与变形, 给出了桥墩 3 个典型截面的应力等值线图。计算结果表明: 桥梁在外荷载作用下, 墩顶位移满足桥梁规范要求; 桥梁在正常满荷载作用下, 桥墩墩顶内部出现局部拉应力, 但小于容许值; 温度对墩底的应力产生较大影响, 但范围较小, 距墩底 2 m 以上的温度应力影响可忽略不计。

关键词: T 构桥; 墩身; 有限元; 应力; 变形

中图分类号: U 441 **文献标识码:** B

某高墩大跨 T 构桥为一供水工程的管道桥, 桥上架设供水钢管一道, T 构桥上部结构为预应力混凝土箱形梁, 单箱单室, 悬臂长 22.6 m, 桥墩采用钢筋混凝土变截面空心墩, 墩高 44.8 m, 墩臂斜率为 80:1, 墩顶截面壁厚 50.0 cm, 墩底截面壁厚 100 cm, 基础为钻孔灌注桩, 桥梁横向宽 3 m。T 构桥两侧悬挂人行钢桁梁。由于该桥梁受力情况复杂, 桥梁高度大, 横向宽度小, 墩身变截面, 采用简化分析方法不可能准确反映墩身各部位的应力状态和变形情况, 因此对该桥墩进行详细的结构分析是非常必要的。

1 计算模型及有限元离散化

由于该桥形体复杂, 材料种类较多, 本文采用大型结构分析程序 Super-Sap 91 对桥梁结构进行分析计算。采用空间块体单元^[1,2]进行有限元网格剖分, 经过分析对比, 整个 T 构桥共剖分 1680 个空间块体单元, 其中桥墩 264 个, 上部结构 1416 个, 共计 3008 个节点。单元剖分立体图如图 1 所示。计算时采用右手坐标系, 坐标原点在墩底截面形心处, x 轴为桥梁纵向(顺桥跨方向), y 轴为桥梁横桥方向, z 轴为竖直向上。桥墩底部取为固定端^[3]。

桥墩采用 30 号混凝土, 悬臂箱梁采用 50 号混凝土, 混凝土材料参数见表 1。

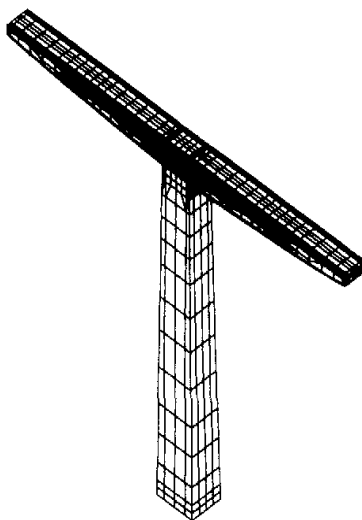


图 1 桥梁单元剖分立体图

表 1 材料参数表

材料	静弹模 /MPa	体积质量 /(kN/m ³)	泊松比 μ	膨胀系数
30 号混凝土	3.0×10^4	2.50	0.167	1.0×10^{-5}
50 号混凝土	3.5×10^4	2.60	0.167	1.0×10^{-5}

2 计算荷载及计算工况

2.1 计算荷载

T 构桥的计算荷载主要包括桥体自重、桥面

收稿日期: 1999-04-01; 修订日期: 1999-05-16

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目(954041800)

作者简介: 尹如君(1962-), 男, 河南省杞县人, 河南省交通公路工程局工程师, 主要从事桥梁工程的施工与桥梁结构分析工作。

铺装及栏杆荷载、挂梁自重、挂梁人群荷载、钢管自重、人群荷载、水荷载、支座摩阻力、风荷载、温度荷载。

2.2 计算工况

本文共计算了下列 4 种工况下桥墩结构的强度与变形。

工况 1 荷载组合:桥梁自重 + 桥面铺装及栏杆荷载 + 人群荷载 + 挂梁自重 + 挂梁人群 + 钢管自重 + 水荷载 + 支座摩阻力 + 风荷载。

工况 2 荷载组合:桥梁自重 + 桥面铺装及栏杆荷载 + 单侧人群荷载 + 挂梁自重 + 挂梁人群 + 钢管自重(纵向偏移 6 cm) + 水荷载(纵向偏移 6 cm) + 支座摩阻力 + 风荷载。

工况 3 荷载组合:桥梁自重 + 桥面铺装及栏杆荷载 + 人群荷载 + 挂梁自重 + 挂梁人群 + 钢管自重 + 水荷载 + 支座摩阻力 + 风荷载 + 均匀降温 20°荷载。

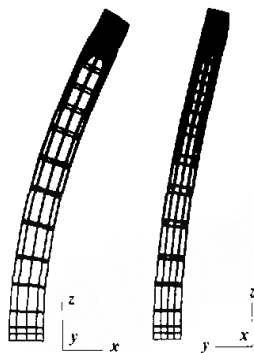
工况 4 荷载组合:桥梁自重 + 桥面铺装及栏杆荷载 + 人群荷载 + 挂梁自重 + 挂梁人群 + 钢管自重 + 水荷载 + 支座摩阻力 + 风荷载 + 均匀升温 20°荷载。

3 计算成果及分析

对于工况 1~工况 4,本文计算了每个节点处的应力、位移值以及部分截面的应力等值线图,限于篇幅,只给出墩底截面、1/2 墩高截面、墩顶截面处的应力等值线图。

3.1 位移计算成果

工况 1~工况 4 的墩顶 4 个角点位移计算结果如表 2 所列。工况 1、工况 2 的位移变形如图 2、图 3 所示。由位移计算结果及位移变形可见,桥梁在外荷载作用下,桥墩纵向和横向的墩顶位移不



a.纵向 b.横向
图 3 工况 2 桥墩位移变形图比例(1:2000)

		表 2 墩顶 4 个角点位移值			mm
工况	坐标	位移			
		x 方向	y 方向	z 方向	
1	-2, -1.5, 44.8	5.040	-3.522	-1.161	
	2, -1.5, 44.8	4.814	-3.522	-1.939	
	-2, 1.5, 44.8	5.037	-3.491	-0.776	
	2, 1.5, 44.8	4.818	-3.490	-1.554	
2	-2, -1.5, 44.8	6.147	-3.521	-1.021	
	2, -1.5, 44.8	5.927	-3.522	-2.055	
	-2, 1.5, 44.8	6.143	-3.492	-0.636	
	2, 1.5, 44.8	5.930	-3.490	-1.670	
3	-2, -1.5, 44.8	5.443	-3.219	-10.170	
	2, -1.5, 44.8	4.412	-3.220	-10.950	
	-2, 1.5, 44.8	5.439	-3.793	-9.789	
	2, 1.5, 44.8	4.415	-3.793	-10.570	
4	-2, -1.5, 44.8	4.638	-3.824	7.852	
	2, -1.5, 44.8	5.217	-3.825	-7.074	
	-2, 1.5, 44.8	4.634	-3.188	8.237	
	2, 1.5, 44.8	5.220	-3.188	7.459	

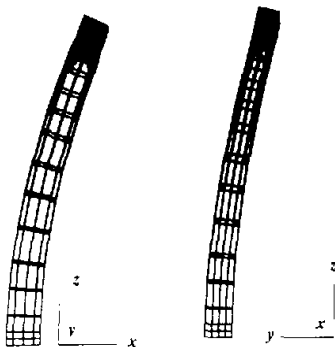
大,均能满足桥梁规范要求。

3.2 应力计算成果

桥梁在外荷载作用下,墩底截面、1/2 墩高截面、墩顶截面应力分布如表 3 所列,工况 1 的应力等值线图如图 4~图 6 所示。

		表 3 桥墩应力成果汇总表		MPa
工况	截面	σ_{zmin}	σ_{zmax}	
工况 1	墩底截面	-1.896	-0.4946	
	1/2 墩高截面	-1.543	-0.4301	
	墩顶截面	-2.187	0.0047	
工况 2	墩底截面	-1.9857	-0.4324	
	1/2 墩高截面	-1.6245	-0.3335	
	墩顶截面	-2.3743	0.0874	
工况 3	墩底截面	-4.6450	4.2340	
工况 4	墩底截面	-6.7739	2.8964	

计算结果表明:工况 1、工况 2 在满负荷作用



a.纵向 b.横向
图 2 工况 1 桥墩位移变形图比例(1:2000)

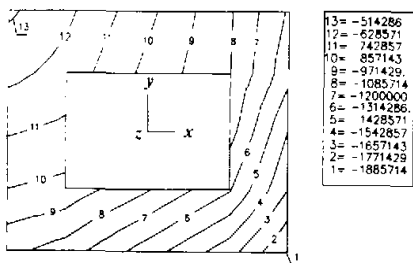


图4 工况1下墩底截面z方向应力等值线图

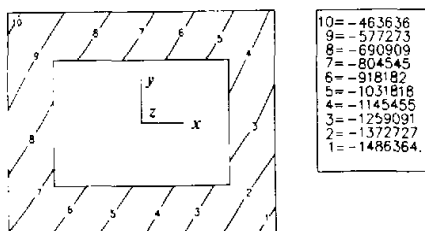


图5 工况1下1/2墩高截面z方向应力等值线图

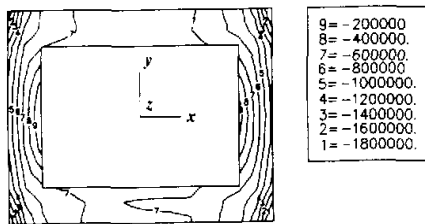


图6 工况1下墩顶截面z方向应力等值线图

下,桥墩大部分未出现轴向拉应力,只在墩顶桥墩内部很小的范围内产生很小的轴向拉应力,小于容许值.由应力等值线图和应力结果汇总表3可见,单侧人群荷载、钢管自重(支点纵向偏移6 cm)和水荷载(纵向偏移6 cm)使墩底最大压应力增

大,最小压应力减小,但变化范围不大.考虑了均匀温降和温升的工况3、工况4,对墩底应力产生较大影响.在墩底产生较大轴向拉应力和压应力.工况3的计算值为 $\sigma_{zmax} = 4.234 \text{ MPa}$, $\sigma_{zmin} = -4.645 \text{ MPa}$,工况4的应力计算值为 $\sigma_{zmax} = 2.896 \text{ MPa}$, $\sigma_{zmin} = -6.774 \text{ MPa}$,但范围较小,距墩底2 m以上应力分布及大小与工况1非常接近.这主要是由于墩底受到约束不能自由变形所致.

4 主要结论

(1) 对高墩大跨度变截面桥梁结构,应采用有限元法作精细分析,才能得出符合实际情况的结论.

(2) 桥梁在外荷载作用下,墩顶位移满足规范要求.

(3) 桥梁在工况1、工况2正常满负荷作用下,桥墩大部分未出现轴向拉应力,只在墩顶桥墩内部很小的范围内产生很小的局部轴向拉应力,该应力值小于容许值.

(4) 桥梁在考虑温度均匀变化的工况3、工况4,温度变化对墩底应力产生了较大影响,在墩底产生了较大轴向拉应力和压应力,但范围较小,距墩底2 m以上的温度应力影响可以忽略不计.

参考文献:

- [1] 王勖成,邵敏.有限单元法基本原理与数值方法[M].北京:清华大学出版社,1988.
- [2] 李润方,王建军.结构分析程序SAP 5原理及其应用[M].重庆:重庆大学出版社,1992.
- [3] 范立础.桥梁工程(上册).第2版[M].北京:人民交通出版社,1988.

Finite Element Analysis of the High Pier of Long Span T-type Rigid Bridge

YIN Ru-jun¹, HUA Fu-nan¹, LU Xi-fang¹, LAI Yong-xing²

(1. Traffic & Highway Engineering Bureau of Henan Province, Zhengzhou 450052, China; 2. Department of Mathematics, Physics & Mechanics, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The bridge is a prestressed concrete long span T-type cantilever girder bridge with high pier. The cross section is a prestressed concrete single box girder. The reinforced concrete pier is a hollow box pier of varying cross section. Space solid element is used to divide the bridge, in consideration of four different schemes, the stress and displacement analysis is presented in this paper. The equally strong stress figures of three sections are calculated. Some useful conclusions are given, which may be used as the basis of design.

Key words: T-type rigid bridge; pier shaft; finite element method; stress; distortion