

基于 ANSYS 混凝土箱梁水化热温度场仿真分析

宋 晓

(华南理工大学,广州 510640)

摘 要 基于三维非稳定温度场的理论,应用有限元软件 ANSYS,采用瞬态热分析方法对箱梁 2#块水化热温度场进行仿真分析,计算各个时段箱梁各布置点的温度场分布,研究其温度的变化规律,结合实测进行对比分析。

关键词 瞬态热分析 箱梁 水化热

中图法分类号 U448.213; **文献标志码** A

太平特大桥位于东莞虎门镇太平水道上,主桥全长 421 m,跨径为 113 + 195 + 113 m 的预应力砼连续刚构。箱梁采用 C60 砼,半幅桥面宽 19.85 m,单箱双室断面,其中箱梁底板宽 12.85 m,两侧悬臂翼缘板宽;箱梁根部梁体中心线梁高 12 m,跨中及端头梁体中心线梁高 4.2 m,箱梁梁高采用 1.8 次抛物线变化。

1 测试截面及测点

2#块混凝土体积较大且为一次性浇筑,故选取 2#中部(图 1)截面作为测试截面,截面布置 28 个(图 2)温度测点,另外布置两个环境测点,分别测试大气温度和箱内的温度。混凝土内部的温度量测采用镍铬镍硅 K 型热电偶,配套的读数仪是 data taker。

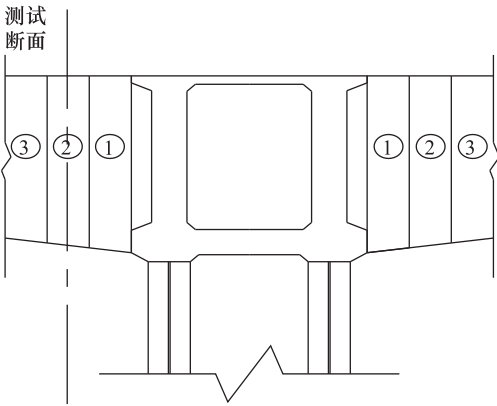


图 1 测点纵向断面示意图

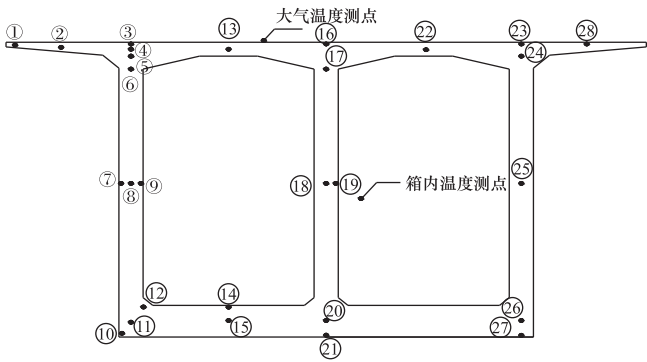


图 2 温箱梁测点布置

2 箱梁水化热温度场理论分析

2.1 瞬态热分析理论

混凝土内部温度场计算的实质是热传导方程

2011 年 6 月 23 日收到,6 月 29 日修改
作者简介:宋 晓(1986—),山东烟台人,硕士研究生,研究方向:温度效应。

在特定边界条件和初始条件下的求解,整个传热过程为瞬态传热。三维瞬态温度场的热传导方程为:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{\partial \theta}{\partial t}。$$

式中λ为导热系数,单位为kJ/(m·h·℃);c为比热,单位为kJ/(kg·℃);t为时间,单位为h;ρ为密度,单位为kg/m³;θ为混凝土的绝热温升,单位为kJ/kg。

2.2 实体模型的建立与网格划分

混凝土箱梁的水化热引起的温度场效应是一种随时间变化的非稳态传热的过程,采用三维实体模型模拟更符合工程实际。由于1#块水化热对纵向影响较小,同时传热主要在本节段内部进行,仅选取1#块进行分析;箱梁混凝土采用实体单元 solid70(八节点六面体温度单元)模拟,从几何形状上来讲,单箱双室满足轴对称条件,同时两室的混凝土收到相同的水化热温度荷载和边界条件,即载荷和边界条件也是对称的,因此取1/2的箱梁模型(图3)进行分析求解。

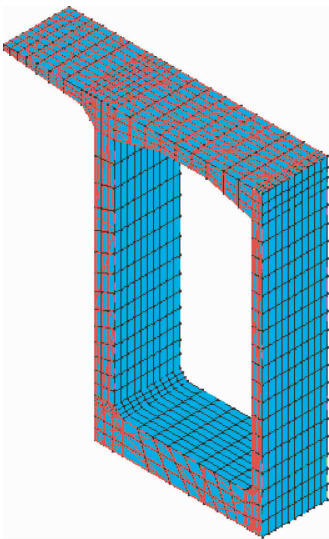


图3 1#块节段实体模型

2.3 温度荷载的施加与求解

荷载主要为水泥水化热生热荷载,朱伯芳^[1]提出用复合指数式表示水泥水化热和混凝土的绝热

温升,其表达式为: $Q(\tau) = Q_0(1 - e^{-a\tau^b})$ 。
式中Q(τ)为在龄期τ时累积的水化热;Q₀为τ趋近于无穷时的最终水化热;a,b为系数,查表1求得。

表1 水化热公式参数

水泥品种	$Q\tau/(KJ \cdot kg^{-1})$	a	b
普通硅酸盐水泥 425#	330	0.69	0.56
普通硅酸盐水泥 525#	350	0.36	0.74

在 ANSYS 中,通过热生成率 HGEN 来定义绝热温升, $HGEN = \frac{dQ(t)}{dt} (W + kF)$ 。

式中:W为每m³混凝土胶凝材料用量,kg/m³;
F为单位体积混凝土混合材用量,kg/m³;
K为折减系数,对于粉煤灰取为0.25。

根据实际情况设定相应参数,将热生成率作为体荷载^[2],按龄期增长情况循环施加于箱梁节段上。混凝土箱梁表面存在空气和混凝土的热对流,属于热分析中的第三类边界条件。由于养护期间内模和外模采用钢模板,导热性能良好,只考虑箱梁顶板和端头面与大气热对流效应。计算时间为7×24 h,对流边界条件采用7 d内的平均气温,以面荷载施加于箱梁顶板。

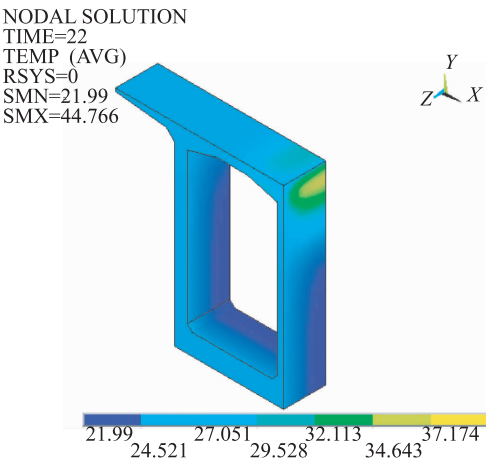


图4 水化热温度最高阶段温度场分布云图

3 计算结果及与实际结果对比

对截面节段各个时段混凝土箱梁水化热温度

场进行计算,ANSYS 求解出的截面节段水化热温度最高阶段温度场分布云图(图 4)和测点 17 的时程曲线(图 5)。

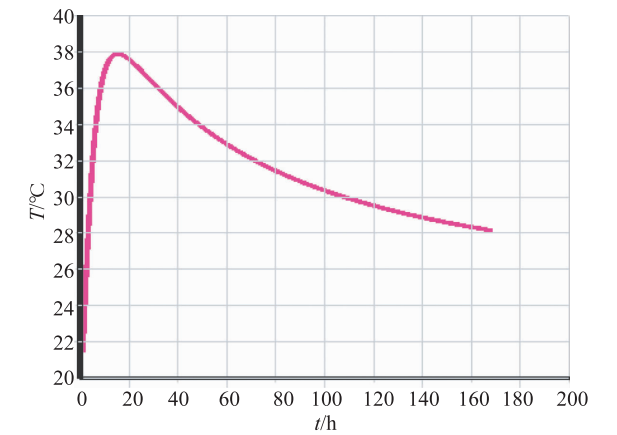


图 5 ANSYS 中提取的测点 17 的时程曲线

根据有限元计算结果和实测数据列出部分关键测点的理论值和实测表格,如表 2。

表 2 节段关键点实测值与理论值比较				
测点		7	17	18
最高温度	实测(℃)	27.3	40.6	27.5
	理论(℃)	24.9	38	25.8
	误差(%)	-8.79	-6.4	-12.54

温度测试值与模型理论值的误差可能来源于以下方面:

- (1) 计算时所用的水化热参数是一种实验理论数据,与实际有偏差。
- (2) 理论计算时没有考虑到太阳辐射的影响,由于太阳辐射会引起温度竖向的梯度分布,故实测的部分结构偏大。
- (3) 建模误差,理论计算是混凝土假设为匀质弹性材料,而实际混凝土为由砂、石、水泥等组成的非匀质多相混合材料。

4 结语

通过对太平特大桥箱梁混凝土温度的测试与理论分析,可以得出以下结论^[3]:

- 1) 混凝土养护期间,箱梁中部的点和外侧的点温差很大,容易产生温度裂缝。
- 2) 降低水泥用量、适当添加外加剂、降低混凝土入模温度、加强养护等措施,可以降低水化热,防止箱梁早期开裂。

参 考 文 献

1 朱伯芳. 大体积混凝土温度应力与温度控制. 北京:中国电力出版社,1999

2 阮 静,叶见曙,谢发祥,等. 高强度混凝土水化热的研究. 东南大学学报:自然科学版,2001;31(3):53—56

3 杨孟刚. 混凝土箱梁的水化热温度监测及裂缝控制. 长沙铁道学院学报, 200;1(3):

Simulation and Analysis for Hydration Heat Temperature Field Based on ANSYS

SONG Xiao

(South China University of Technology,Guangzhou 510640,P. R. China)

[Abstract] Based on the three-dimensional unsteady temperature field theory and the finite element software AN-SYS is introduced, through the transient thermal analysis of hydration temperature field simulation of 2# box girder, the box girder temperature distribution during different time are calculated. The temperature variation is studied combined with the measured data.

[Key words] transient thermal analysis box girder hydration heat