

文章编号: 1007-046X(2008)04-0038-03

应用技术

大体积粉煤灰混凝土水化热及温度应力的有限元分析

Limited Element Analysis of Hydration Heat and Temperature Stress of Mass Fly Ash Concrete

牛丽坤¹, 任双宏² (1. 中铁一局集团有限公司技术研发中心, 西安 710054; 2. 西安市市政设计研究院, 西安 710054)

摘要: 结合工程实际, 使用MIDAS/CIVIL软件对大体积粉煤灰混凝土桥墩进行水化热及温度应力分析。结果表明: 大体积粉煤灰混凝土在拌合物及环境温度较高时, 容易出现混凝土内外最大温差超过规范允许值, 故仍有必要对混凝土进行降温处理以克服温度应力裂缝; 由于粉煤灰掺量大, 混凝土早期强度较低, 选用合适的外加剂品种、适当推迟拆模时间, 有利于防止混凝土出现温度应力缝。对大体积混凝土的温度场和应力场进行模拟仿真分析, 可为大体积混凝土施工的有效温控措施制定提供理论依据。

关键词: 桥墩; MIDAS; 大体积混凝土; 粉煤灰

中图分类号: TU528.36 文献标识码: B

0 前言

混凝土结构的大型化及施工速度的加快, 使水泥水化热引起的温度变化和温度应力成为结构物产生裂缝的重要原因, 也是降低结构物耐久性和稳定性的重要因素。随着我国交通事业的迅速发展, 大跨度桥梁大量出现, 在桥梁中大体积混凝土承台、锚锭、墩身等亦随之大量出现。桥梁中所使用的大体积混凝土水泥用量大、强度高、结构形式更为复杂, 这样水泥水化热产生的影响也相对比较复杂。MIDAS/CIVIL软件为大体积混凝土水化热计算提供了一种很直观、准确的计算方法。

1 工程背景

该桥墩位于武广高速铁路岳阳段, 为薄壁箱型桥墩。所用水泥为湖北华新水泥集团堡垒牌P.042.5, 混凝土的强度等级为C30, 实测28d强度为43.2MPa。混凝土的配合比为水泥: II 粉煤灰: 砂: 石: 聚羧酸高效减水剂: 水=281: 109: 765: 1101: 164: 3.9。该桥墩分三个阶段施工, 每层浇筑完养护7d后再浇筑下一层。

2 数值模拟

2.1 有限元模型的建立

根据实际的承台和桥墩尺寸建立有限元模型, 承台尺寸为11.7m×5.4m×2.0m, 桥墩的尺寸为8m×3m×15.5m, 分别为下部7m实体段, 中部6m中空箱型段, 上部2.5m的实体段。Midas/Civil中的桥墩模型及其内部结构如图1所示。接下来定义混凝土材料特性, 包括混凝土的性能参数、导热系数、密度和比热。

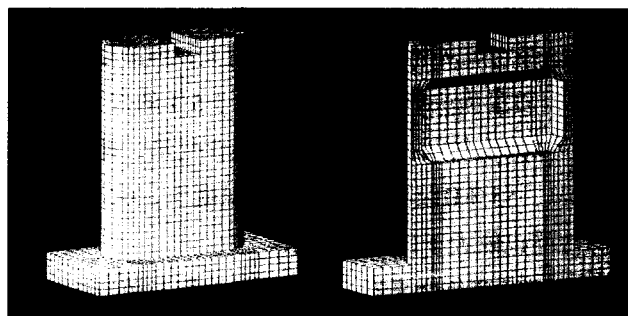


图1 Midas/Civil中的桥墩模型及内部构造

2.2 输入水化热分析数据

为了进行施工阶段分析, 首先要定义各施工阶段内激活和钝化的单元群和边界群。在此共定义了四个结构组: 承台、桥墩下部(0~7m)、桥墩中部(7~13m)、桥墩上部(13~15.5m)。三种类型的边界组: 约束条件、固定温度条件、对流条件。其中, 承台与土接触部分的约束条件为一般支撑, 限制x、y、z三个方向的位移和转动, 且定义固定温度条件为20℃。大气温度为30℃, 根据施工时的浇筑温度确定模型的初始温度为30℃。边界上存在空气和混凝土的热对流, 因为各施工阶段与大气接触的混凝土表面发生变化, 所以根据需要在模型中共设立了6个对流条件, 针对不同的施工阶段分别激活和钝化相应的单元群和边界群。

为了考虑徐变、收缩以及混凝土强度、弹性模量的变化, 需要定义时间依存材料特性, 对于桥墩大体积混凝土而言, 需要定义混凝土抗压强度和弹性模量与时间依存关系, 并且与相对应的结构群进行连接。

放热函数是描述混凝土水化过程的放热状态, 本

模型使用的是普通硅酸盐水泥,并参加28%的粉煤灰,最大绝热温升和系数 m 采用了理论值。最大绝热温升 $\theta_0=33^{\circ}\text{C}$,常数 $m=0.58$ 。将放热函数赋予混凝土。

2.3 定义施工阶段并求解

根据实际的浇筑过程共分为3个施工阶段,桥墩下部0~7m为CS1、桥墩中部7~13m为CS2、桥墩上部13~15.5m为CS3。其中CS1的水化热分析时间为10~170h,CS2的分析时间为180~340h,CS3为350~1270h。最后运行分析。

2.4 计算结果及分析

(1) 温度场模拟

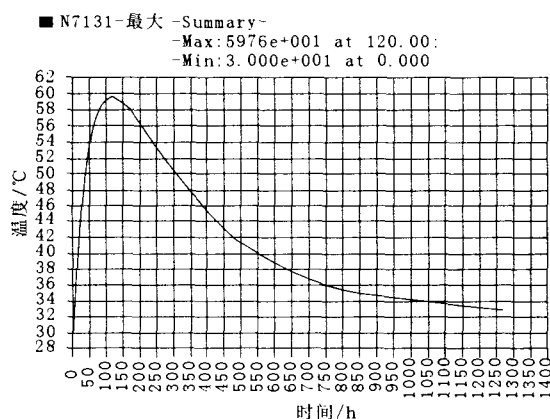


图2 CS1中心温度变化曲线

CS1段中心温度与时间的关系如图2所示。从图中可以看出,混凝土拌合物的初始温度为 30°C ,随着水泥的水化温度不断上升,在120h左右,温度达到最高为 60°C ,混凝土温升为 30°C 。可见,即使水泥用量较小,粉煤灰的掺量较大,由于混凝土的初始温度、环境温度比较高,混凝土的内外温差也有可能超出规范允许值。根据混凝土养护及拆模期间温度规定,混凝土养护期间,混凝土内部最高温度不宜超过 65°C ,混凝土内部温度与表面温度之差、表面温度与环境温度之差不宜超过 20°C (墩台、梁体混凝土不宜超过 15°C),故仍应对混凝土采取降温措施,降低内外温差。

(2) 温度应力模拟

查看该模型CS3段浇筑3d($t=420\text{h}$)时的应力结果,如下图3-a所示,桥墩上部深色处为该模型桥墩沿长度方向拉力最大的区域,是该桥墩中最容易出现裂缝的部位。

根据该桥墩的结构特点,选取最容易出现裂缝的部位如图3-b所示各节点,进行时程分析,结果见图4、图5。

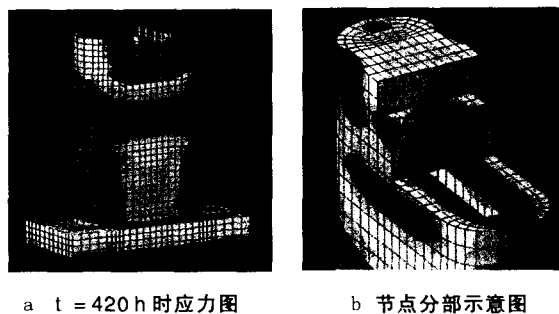


图3 CS3段浇筑3d时的应力结果

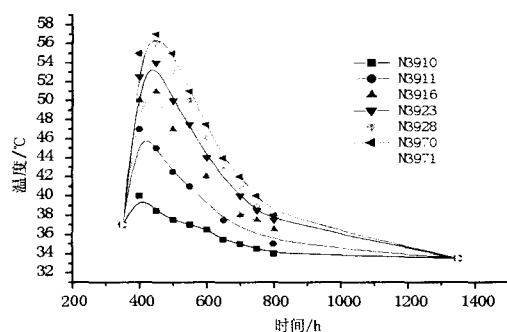


图4 节点3910~3970的温度与时间的关系

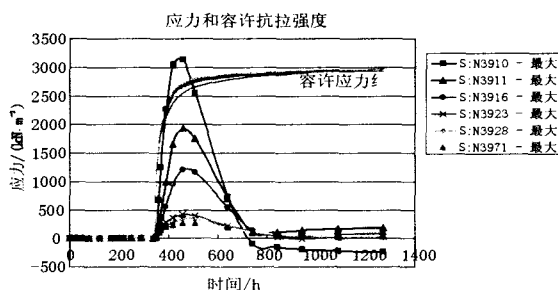


图5 节点3910~3970的应力和容许抗拉强度与时间的关系
(应力受拉为正,受压为负)

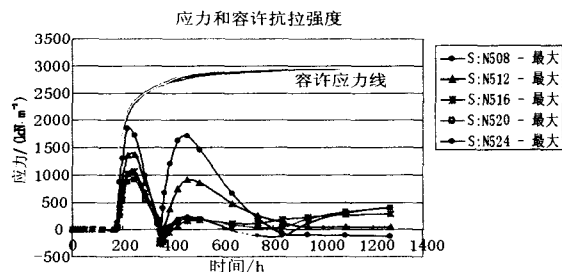


图6 节点508~524的应力和容许抗拉强度与时间的关系

从图4、图5看出,节点3910~3970的最大温差为 20°C ,出现在 $t=450\text{h}$ (浇筑4d)时,且在该时间段各节点的主应力均出现了最大值,其中的3910节点处的应力最大为 3.1MPa ,已经超过了其容许抗拉强度出现裂缝。从

(下转第42页)

水料比的大小是影响料浆调化和调化速度的一个重要因素。对自转翻转、分步切割工艺来讲,水料比不宜偏大,但也不宜过小,一般选择0.58为宜^[6],见表3。

表3 用水量对砌块性能的影响

石膏用量	过少	过多
对砌块性能的影响	水化产物量少,砌块强度低,抗冻性差。	1.不经济。 2.过多的游离石膏产生过多的硫酸钙,引起砌块体膨胀,产生的内应力导致砌块强度下降,抗冻性便差。

石灰用量直接关系到砌块的强度和耐久性,当有效氧化钙的含量占砌块胶凝材料总量的15%~25%时,砌块的性能就满足墙体材料的要求^[4],石灰用量对砌块性能的影响见表4。

表4 石灰用量对砌块性能的影响

石灰用量	过少	过多
对砌块性能的影响	1.生成水化物量少,砌块强度低。 2.砌块的抗冻性和碳化稳定性变差。	1.经济上不合理。 2.产生的过多热引发过大的热应力,导致砌块产生微细裂缝,降低砌块强度。

(上接第39页)

图6可知,节点508~524的应力最大为1.8MPa,均在其容许抗拉强度的范围内。

据此,在实际的混凝土浇筑的过程中应当注意控制好水化热的温升,注意养护,进行好混凝土保温和保湿,考虑到混凝土中的粉煤灰掺量比较高,为了防止混凝土开裂,应选用合适的外加剂品种并适量推迟拆模时间。

3 结语

结合工程实际,使用MIDAS/CIVIL软件对大体积粉煤灰混凝土桥墩进行施工阶段分析,根据实际工程施工对模型进行施工阶段划分,能够很方便地查看各施工阶段内任意时间的水化热参数,包括温度、拉压应力比、容许拉应力、位移、以及任意点的时程分析。

温度场分析结果表明:虽然大体积混凝土水泥用量低,粉煤灰掺量高,但当拌合物及环境温度较高时,仍然容易出现混凝土中心与外表面的最大温差超过25℃,

4 小结

该新型粉煤灰加气混凝土能刨、锯、钉、^[7]具有隔热、保温、隔声、防水、防火、抗震、建筑物平面利用系数高等优点^[8,9],最大的特点是其具有阻燃性,可广泛用于建筑材料的防火功能上,墙体不因干缩脱落、不膨胀、承重轻、质量标准 $500\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ~ $800\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,大大降低施工人员劳动强度,工程综合造价低等特点。该制品可大大提高建筑的防火性能,符合国家倡导的保护土地,为节约能源的理想建筑材料。

参考文献

- [1] 何水清. 粉煤灰加气混凝土块生产工艺及应用. 2003. 01.
- [2] 李伏林. 06级加气混凝土块的生产. 2002. 01.
- [3] 艾勇生. 蒸压加气砌块墙体伴裂缝的研究. 1998. 11.
- [4] 陈洁等. 粉煤灰综合利用. 1996. 10.
- [5] 梁炳恒. 免蒸压加气砌块生产工艺及应用. 2002. 03.
- [6] 郑晨. 蒸压加气砌块防裂技术的应用. 2003. 10.
- [7] 葛军. 加气砌块墙体裂缝控制. 1999. 05.
- [8] 余茂东. 加气砌块填充墙裂缝分析及防治措施. 2002. 09.
- [9] 唐生. 加气砌块墙体裂缝防治. 2006. 02.

故仍有必要对混凝土进行降温处理,以克服可能的温度应力裂缝;应力分析表明:大体积混凝土,由于水泥用量少,粉煤灰等掺合料用量大,混凝土早期强度可能较低,因此,正确选用外加剂品种、适当推迟拆模时间,有利于防止混凝土出现温度应力缝。

通过MIDAS/CIVIL软件对结构进行阶段分析的结果可以帮助我们对大体积结构工程的内部温度、应力进行预测,方便我们指定温控措施,减少裂缝的发生。

参考文献

- [1] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1997
- [2] 朱伯芳. 大体积混凝土的温度应力和温度控制[M]. 北京:中国电力出版社, 1998.
- [3] 郝超. 大跨度钢斜拉桥施工阶段非线性温度影响研究[J]. 公路交通科技, 2003 (2).
- [4] 刘兴法. 混凝土结构的温度应力分析[M]. 北京:人民交通出版社, 1991

作者简介:牛丽坤(1979-),女,毕业于中南大学土木建筑学院,工学硕士. 电子信箱:nlkun_2003@163.com.