

文章编号:1674-2869(2008)03-0044-03

大尺度楼盖温度效应分析

胡显燕¹, 陈 玮², 邓 娟³, 文银平⁴

(1. 湖北第二师范学院建材系, 湖北 武汉 430205; 2. 重庆交通科研设计院, 重庆 400067;
3. 中冶南方工程技术有限公司, 湖北 武汉 430223; 4. 华中科技大学土木工程与力学学院, 湖北 武汉 430074)

摘 要:介绍了采用 ANSYS 软件对大尺度现浇楼盖结构温度效应的有限元法计算分析方法, 对大尺度楼盖在正常使用期间不同温度作用下的受力及变形进行了计算分析, 总结了各种温度作用下大尺度现浇楼盖结构的内力分布规律和特点。

关键词:现浇楼盖; 大尺度; 温度效应; 有限元

中图分类号:TU 279 **文献标识码:**A

0 引 言

随着我国经济的飞速的发展, 工业与民用建筑的规模日趋扩大, 为满足使用功能和生产工艺需要, 许多工业和民用建筑中逐步开始使用超长混凝土结构, 进入 20 世纪 90 年代以后, 国内大量涌现出不同类型的超长大尺度现浇楼盖结构。由于温度效应(主要有温度应力和温度变形)而引起的裂缝并造成危害等现象在混凝土结构物中广泛存在。大尺度现浇楼盖结构出现裂缝的原因是多方面的, 诸如结构设计、混凝土配比、施工过程中温度变化和混凝土收缩等。一条裂缝的出现往往是多种原因综合作用的结果。在施工期, 裂缝主要由混凝土浇筑时的温度变形和收缩变形引起; 在正常使用期, 裂缝主要由季节温差和内外温差引起。研究这类大尺度混凝土结构温度效应应具有比较重要的理论意义及工程应用价值。

本文以某电子工业厂房为实例。主厂房平面尺寸约为 135 m×77.8 m, 1~12 轴部分单元采用人工挖孔桩独立柱柱基(C20), 13~18 轴部分单元采用天然地基基础; 桩身直径为 1 200~1 700 mm, 桩净长为 6~19 m 左右, 桩身进入强风化基岩不小于 3 500 mm, 单桩容许承载力为 2 500~6 290 kN。厂房结构为全框架结构, 共四层, 底层层高 5.5 m, 其余各层层高 4 m; 柱网大部分为 9 m×9 m, 基本均匀, 框架柱截面基本相同, 尺寸为 700 mm×650 mm, 连梁为 350 mm×1 050 mm, 现浇板厚 100 mm。负弯矩钢筋间距@130 mm, 上下层钢筋间距 47 mm。

在后来使用过程中, 发现四楼 PCB、SMT、AIS 车间的楼板及天面的板、梁体出现宽度不等, 长短不一, 走向各异的裂缝, 严重影响了建筑物的安全正常使用。首先进行结构计算, 符合承载力的要求。由于该厂房受温度影响较大, 而且平面尺寸较大, 因此试从温度效应进行分析。

本文结合该工程对大尺度楼盖结构的温度效应问题进行分析。

1 有限元计算

在有限元分析中, 对梁、板、柱结构, 由于构件的三维尺寸相差较大, 若按真实三维分析, 过于复杂, 因此在实际应用中采用梁单元和板壳单元计算。即认为在厚度方向温度值和应力值等参数相同。由于简化了计算模型, 将引起一定的误差, 但这在工程分析中这种方法是接受的。

有限元模型采用梁板单元。梁、柱采用 2 节点空间单元 Beam4, 板采用 4 节点壳单元 Shell63^[1], 从而可以满足梁、板、柱的协同工作。

2 温度作用及计算参数的选取

进入正常使用期以后, 施工阶段混凝土水化热的影响已经基本消失, 影响大面积现浇楼盖结构裂缝的主要原因是季节温差、内外温差。

2.1 季节温差

混凝土结构的季节温差是指由于年温差变化所引起的结构物温度变化, 这是一个长期的缓慢作用过程, 因此使结构物整体发生均匀的温度变化。季节温差一般取结构封闭时的温度与封闭后

收稿日期:2007-05-09

作者简介:胡显燕(1977-), 女, 四川达州人, 助教, 硕士, 研究方向:结构工程。

结构可能遇到的最大或最小温度的差值,可按式(1)计算^[2~3]:

$$T_p = T_{\max(\min)} - T_0 \quad (1)$$

式(1)中: T_p 为季节温差; $T_{\max(\min)}$ 为结构可能遇到的最高(或最低)温度; T_0 为结构封闭时的温度。

2.2 内外温差

由于空调的使用,使得建筑物内部常年处在一个基本恒温的状态下,而建筑物外表面却会遇到冷空气侵袭、昼夜温度变化或者夏季酷暑温度骤然升高等情况。

2.3 计算参数的选取

a. 刚度折减系数. 因为混凝土材料的弹塑性,实际混凝土结构在垂直、水平荷载作用下,应当考虑混凝土塑性及裂缝的影响,梁柱的抗弯刚度应乘以一个折减系数. 参考文献[4]、[5]可取 0.85。

b. 松弛系数. 对于季节温差,因为它是一个长期缓慢的作用过程,是与时间有关的变量,因此必须考虑徐变的影响,按弹性计算的温差应力乘以徐变应力松弛系数来修正应力计算值^[5~6],松弛系数 $H(T, \tau) = 0.3 \sim 0.5$,可取 0.4。

对于内外温差,因为它们是短时变化,因此不考虑徐变的效应。

3 季节温差的计算

在正常使用阶段,季节温差是影响大面积现浇楼盖结构的最主要因素,因为季节温差对结构的作用时间长,且作用范围是整个结构体系. 结构中的构件的温度都随着季节温差的变化而变化。

3.1 计算模型

计算实例采用一个四层超长框架结构,其大面积现浇楼盖平面尺寸为 $90 \text{ m} \times 45 \text{ m}$,共四层,底层层高 5.5 m ,其余各层层高 4 m ;柱网大部分为 $9 \text{ m} \times 9 \text{ m}$,基本均匀,框架柱截面基本相同,尺寸为 $700 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$,连梁为 $350 \text{ mm} \times 1050 \text{ mm}$,现浇板厚 100 mm . 采用 C25 混凝土,线膨胀系数 1.0×10^{-5} . 结构的框架平面如图 1 所示。

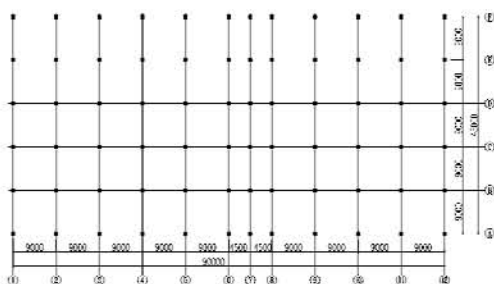


图1 框架平面图

Fig. 1 Plan view of frame

3.2 计算结果分析

a. 结构的变形. 由计算结果来看,上层楼板的水平位移比下层楼板要大,这是由于下层楼板的变形使上层柱对楼板的约束比底层柱对楼板的约束减小. 但无论是上层还是下层,柱、板的变形从两端向中间逐渐减小,板的竖向挠度也有相同的趋势,且板的最大变形位于四个板角部位,结构的变形如图 2 所示。

板边的水平位移由两端向中间随距离的减小而减小,中间跨的跨中位移为零。

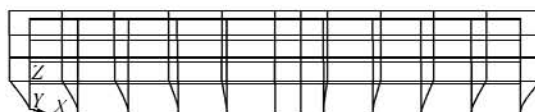


图2 变形后的正立面图

Fig. 2 Deformed elevation

b. 板的应力分析. 季节温度变化对板引起的最大内力区域在板的中部,板面中部产生较大且比较均匀的水平拉应力. 下层楼板中板的应力如图 3 所示. 在下层楼板中,应力分布从板的两端向中间随着距离的缩短而增大,沿板纵向和横向的最大拉应力 σ_1 、 σ_2 均位于板中央的大部分范围内. 在板的边缘,在柱附近的板区内会出现应力集中现象,且集中力往往超过楼板中部的最大应力,但发生应力集中的范围很小. 下层楼板纵向和横向都为拉应力,沿纵向的应力比横向应力大. 下层楼板平面内的剪应力分布如图 4 所示. 楼板中部剪应力几乎为零,柱子四周剪应力较大,最大剪应力位于板角处,且在 4 个板角处剪应力等值线与板边夹角大致成 45° 。



图3 一层楼板应力 σ_1 (MPa)

Fig. 3 σ_1 in the first floor

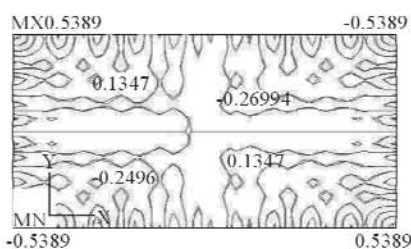


图4 一层楼板剪应力 τ_{xy} (MPa)

Fig. 4 τ_{xy} in the first floor

由于上层柱对楼板的约束刚度逐渐减小,使

得四层楼板的应力远远小于下层楼板的应力,这与上层楼盖的位移大于下层楼盖位移的规律是一致的。

4 内外温差的计算

4.1 温度取值

内外温差可分为两种工况:工况一为夏季,酷暑升温,建筑物外围构件温度高于室内构件的温度,外围构件外表面温度取夏季最高温度 50°C ,内表面温度取 20°C ,建筑物内部构件温度取 20°C ;工况二为突遇冷空气,建筑物外围构件的温度低于室内构件的温度。本文考虑第一种工况。

4.2 计算结果分析

a. 结构变形。夏季在酷暑升温的内外温差作用下,结构的变形如图 5。结构的最大变形在顶层,变形逐渐减小,底层最小。顶层屋面板因外部温度高而向上凸起,最大凸起变形在屋面的边缘,屋面中部有柱的牵拉作用使得变形比边缘要小。二层至四层柱子向外膨胀,底层柱子变形最小,每层柱子边柱的变形大于中间主柱的变形,边柱又以角柱的变形最大。



图 5 变形后的轴测图

Fig. 5 Deformed solid

b. 楼板的应力分析。四层楼板由于受到四周外围柱的膨胀牵拉,沿厚度方向整个截面受拉。板中部拉应力为 1.96 MPa ,最大拉应力仍集中在板角处,为 10.4 MPa 。四层楼板主应力 σ_1 分布如图 6 所示。

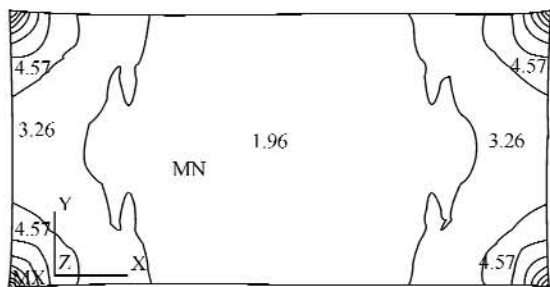


图 6 四层楼板主应力 σ_1 (MPa)

Fig. 6 σ_1 in the fourth floor

四层楼板剪应力分布情况如图 7 所示。板中剪应力沿对角线成对称分布。板中部的剪应力最小,越靠近板边缘剪应力越大,最大剪应力出现在横向板边缘处,约为 0.3202 MPa 。

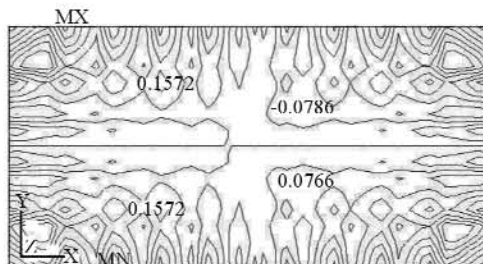


图 7 四层楼板剪应力 τ_{xy} (MPa)

Fig. 7 τ_{xy} in the fourth floor

一层楼板的主应力分布如图 8 所示。板面中部的拉应力为 0.2931 MPa ,较大的拉应力出现在板的边缘,并且板的纵向边缘的拉应力大于横向边缘的拉应力。

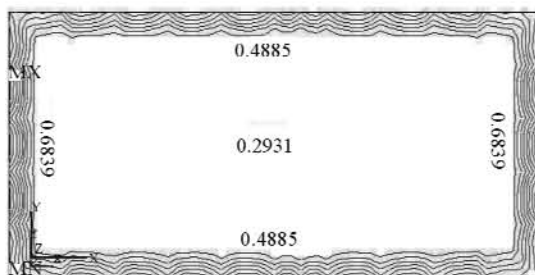


图 8 一层楼板主应力 σ_1 (MPa)

Fig. 8 σ_1 in the first floor

5 结 语

a. 季节温差作用对大面积现浇楼盖结构的影响与一般框架结构的规律大致相同。对结构内力的影响主要集中在下层楼盖结构中,对其它各层楼盖的内力影响很小。在板中,纵向温度作用效应明显大于横向的温度作用效应。

b. 在内外温差作用下,结构的变形主要发生在屋面板和建筑物外围的梁柱上,室内梁板及柱的变形很小。结构的内力受其影响最大的也是建筑物外围的构件,内部楼板的应力主要分布在楼板的四个边缘;内外温差作用导致的裂缝将主要分布在外围构件和顶层楼板上。

c. 用 ANSYS 软件进行分析的结果更精确,能较准确的显示大尺度楼盖在温度作用下的应力分布。

参考文献:

- [1] 郝文化. ANSYS 土木工程应用实例[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005:15-25.
- [2] 施卫星,符佳勇,李振刚. 钢筋混凝土超长板、排架结构温度作用非线性研究,结构工程师[J]. 2007,23(3):14-17.

(下转第 50 页)

- [3] 胡二邦. 环境风险评价实用技术与方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000: 158-162.
- [4] HJ/T169-2004, 建设项目环境风险评价技术导则 [S].
- [5] HJ/T2, 建设项目环境影响评价技术导则 (大气环境) [S].
- [6] 江泉观, 纪云晶, 常元勋. 环境化学毒物手册 [M]. 北京: 化学毒物手册出版社, 2004: 79-81.
- [7] TJ36-79, 居住区大气中有害物质的最高容许浓度 [S].
- [8] GB11656-89, 黄磷厂卫生防护距离标准 [S].

Effect of P_2O_5 pollution accident on Zhaojun hometown: Risk assessment study of yellow phosphorus dwulges on environment

GENG Li-na, LIU Da-yin, HE Hui-qin, LIU Xuan

(School of Environment and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: There is a Hubei provincial key of cultural relics protection; Zhaojun hometown located in the east at of Baishahe Chemical plant, Hubei Xingfa Chemical Industry Group. To predict the factory effect on this scenic area in the case of hypothesis yellow phosphorus dwulges accident to initiate the P_2O_5 air pollution is very important to protect that area. According to the source intensity on the maximal credible leak accident, dwulges 30 min, its density contribution value achieved 1.3766 mg/m^3 , which exceeds the allowed standard 8.2 times. This will cause pollution harmful to the scenic area. The result provide scientific basis for strengthening enterprise's risk management and drawing up accident emergency preplans.

Key words: phosphorus thermal phosphoric acid plant; the yellow phosphorus dwulges; P_2O_5 air pollution; Zhaojun hometown



(上接第 46 页)

- [3] 韦 宏, 周汉香. 广州国际会展中心混凝土楼盖应力计算与控制 [J]. 建筑结构, 2002, 32(12): 30-34.
- [4] Hong-Gyoo Sohn. Monitoring crack changes in concrete structures [J]. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2005, 20(1): 52-61.
- [5] 王铁梦. 建筑物的裂缝控制 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 36-48.
- [6] GB 50010-2002, 混凝土结构设计规范 [S].

Temperature response analysis for large-area slab

LIU Xian-yan¹, CHEN Wei², DENG Juan³, WEN Yin-ping⁴

(1. Department of Architecture and Materials, Hubei Institute of Education, Wuhan 430205, China;

2. Chongqing Communications Research & Design Institute, Chongqing, 400067;

3. WISDRI Engineering & Research Incorporation Limited Company, Wuhan 430223, China;

4. School of Civil Engineering and Mechanics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The theories of temperature stress and finite element are introduced briefly. ANSYS is used to analyze cast-in-place with large-area for finite element analysis. And stress field of cast-in-place slab with large area is calculated, and the stress rule and the stress characteristics of cast in place slab with large-area subjected to all kinds of temperature effects are summarized.

Key words: cast-in-place slab; large-area; temperature response; finite element

本文编辑: 萧 宁