



滁州市农贸市场超长预应力楼盖的设计分析

□ 胡学元

摘 要 滁州市农贸市场超长预应力楼盖温度应力有限元分析及设计原则。

[Abstract] In the article, the FME analysis of the temperature stress and some design principles of overlong prestressing force superstructure of agriculture trade market in ChuZhou City are introduced.

关键词 预应力 超长 温度应力

[Key words] Prestressing force ; Overlong ; Temperature stress.

1. 工程概况

本工程总建筑面积为 $3 \times 10^4 \text{m}^2$, 地下为 1 层停车场, 地上为 3 层商业, 局部 4 层。建筑平面尺寸 $120\text{m} \times 60\text{m}$, 地下停车场周围均采用厚 300mm 混凝土地下连续墙, 楼盖采用有粘结预应力混凝土框架梁和无粘结预应力楼板, 板厚 180mm。

农贸市场的结构特点:

1.1 柱网布置非常规整, 均为 $8.0\text{m} \times 7.5\text{m}$, 考虑梁板共同作用。

1.2 为了降低结构层高, 增加楼面刚度, 在轴线上采用 $600\text{mm} \times 400\text{mm}$ 预应力扁梁方案。

1.3 通过增加钢筋混凝土边框梁截面尺寸 ($300\text{mm} \times 700\text{mm}$) 增加框架的抗侧刚度。

1.4 长、短向刚度差别大, 温度应力差别大。

结构示意如图 1 所示:

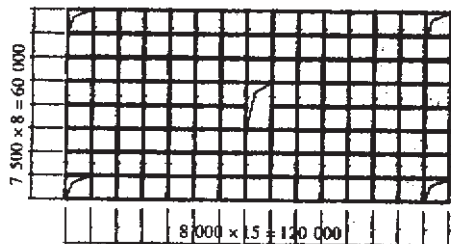


图 1 结构平面示意图

2. 对于是否设置温度缝的分析

由于建筑造型的需要和使用功能的要求, 建筑师要求避免设置温度缝; 因此, 进行楼盖设计时, 需要考虑超长结构在混凝土收缩和温度变化作用下的开裂问题。目前, 英、美、法、日等国的混凝土结构设计规范对伸缩缝间距无严格规定, 只要求超过一定长度后计算温度引起的应力并采取必要的措

施。我国现行规范规定伸缩缝最大间距不超过 55m (GB50010-2002 第 9.1.1 条), 同时第 9.1.3 条对该条文补充说明, 采取以下措施时伸缩缝的间距可以增大:

- ①混凝土浇筑采用后浇带分段施工。
- ②用专门的预应力措施。
- ③采用能减小混凝土温度变化或收缩的措施。

因此, 随着计算分析手段的日益提高以及材料科学的不断进步, 结构工程师有可能在一定限度内设计出远超过现行规范所规定的伸缩缝间距的超长混凝土结构(我国现阶段已经有长度超过 200m 的不设缝的钢筋混凝土结构工程)。对于超长混凝土结构解决收缩应力和温度应力问题常采用的方法是使用膨胀剂以及施加预应力。膨胀剂可以在整个楼盖内掺入, 也可以每隔一定的间距适当布置若干条“加强带”, 在“加强带”内浇筑膨胀混凝土, 加强带的宽度一般不小于 2m。但是膨胀剂仅能提供约 0.2~0.7MPa 的预应力, 而且建立的预应力与养护条件及掺量有很大关系。但温差引起的拉应力可能会远远超过 0.7MPa, 同时混凝土施工质量不易保证, 混凝土的抗拉强度离散性大, 以及钢筋对混凝土收缩的约束, 梁、柱、剪力墙等构件对混凝土收缩的约束, 使得混凝土中产生很大的拉应力。现代工程实践表明对长度超过 100m 的混凝土结构宜采用预应力技术施加预应力以在混凝土中建立有效的预压应力。

3. 计算模型及结果分析

本工程采用美国 Ansys 公司出品的大型有限元分析软件 Ansys5.7 系统对结构进行仿真计算, 有限元网格的划分见图 2 (图示中间层有限元模型), 梁、柱采用 Ansys 的 BEAM189 单元, 板采用 Ansys 的 SHELL63 单元。采用分层法对 3 层楼板分别建模, 上、下柱端采用固端约束, 温差按 -30°C 计算, 并考虑混凝土徐变的影响。

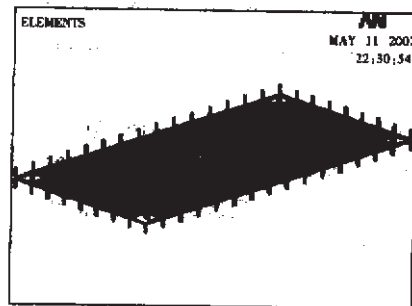


图 2 温度作用下有限元模型



计算结果：

①地下室楼板沿 X 轴（长度方向）最大层间位移约 4.361mm，沿 Z 轴（宽度方向）最大层间位移约 2.824mm。板的温度应力最大值约为 30.340MPa，中部应力约为 13.651MPa ~ 13.858MPa。

②中间层楼板沿 X 轴最大层间位移约 13.320mm，沿 Z 轴最大层间位移约 8.861mm。板的温度应力最大值约为 15.873MPa，中部应力约为 4.392MPa ~ 5.104MPa。

③顶层楼板沿 X 轴最大层间位移约 15.682mm，沿 Z 轴最大层间位移约 9.179mm。板的温度应力最大值约为 21.018MPa，中部应力约为 3.441MPa ~ 4.589MPa。

由计算结果可以看出板的温度应力由端部向中部逐渐增大，图 3 为楼盖中间板带温度应力的变化曲线图。

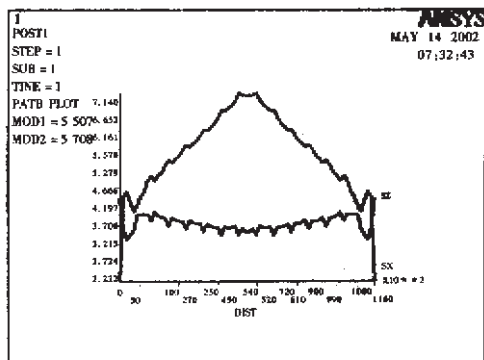


图 3 板温度应力的变化曲线图

SX - 沿长度方向板的温度应力变化曲线图

SZ - 沿宽度方向板的温度应力变化曲线图

4. 设计原则

4.1 计算理论

采用混合配筋的部分预应力混凝土结构设计方法，按照弹性设计估算预应力筋，按极限设计确定非预应力筋，从而明确表达出在正常使用极限状态下施加预应力的程度，同时满足承载力极限状态的安全度，并能够改善结构性能，增强结构延性和抗震能力，分散和减小裂缝宽度。按部分预应力设计关键是预应力度 λ 的确定。

预应力度 λ 的表达式 $\lambda = \sigma_{pe} / \sigma_{sc}$ ， $\lambda = 0$ ，普通钢筋混凝土； $0 < \lambda < 1$ ($0 < \alpha_{ct} \leq 3$)，部分预应力混凝土； $\lambda \geq 1$ ($\alpha_{ct} \leq 0$)，部分预应力混凝土。

裂缝控制表达式 $\sigma_{sc} - \sigma_{pe} \leq \alpha_{ct} f_{tk}$ ， $\alpha_{ct} \leq 0$ ，严格要求不出现裂缝的构件； $0 < \alpha_{ct} \leq 1$ ，一般要求不出现裂缝的构件，限制拉应力； $1 < \alpha_{ct} \leq 3$ ，允许出现裂缝的构件，限制裂缝宽度 $w \leq 0.2\text{mm}$ 。

4.2 有效预压应力的确定

根据以上的分析结果，可以看出混凝土温度应力大，对于

产生温度应力的温差应考虑多种因素的综合，如水化热温差、季节温差、日昼温差。一般认为对于混凝土结构温差取 25°C 是适宜的。另外，结合对混凝土徐变影响的分析，在上述 30°C 温差计算结果基础上折减 $25\% \sim 35\%$ ，建立混凝土有效预压应力。

4.3 预应力筋设计原则

预应力筋的配置应考虑荷载平衡及抗力，针对不同部位用量不同，长向平衡自重 100% ，短向平衡部分自重（约 $60\% \sim 70\%$ ）；预应力筋布置，采用连续的多波曲线布置，其外形尽量与外荷载弯矩相适应，从而最有效发挥预应力筋的综合效应；多波曲线是由多段正反向相邻的曲线段（包括局部直线段）所组成，本工程曲线为二次抛物线方程。另外，考虑翼缘部分对梁体刚度起增大作用。

4.4 后浇带设置

本工程一层楼板与混凝土墙体间后浇带采用了非预应力配筋，在接缝处作了加强钢筋，楼板间后浇带预应力筋应保持连续，而垂直于后浇带与张拉变形方向相同的非预应力筋应当以搭接（或者张拉后待大部分收缩徐变发生后再焊接）的方式分开，以免结构变形产生过大的初应力，妨碍有效预应力的建立。同时，为了防止后浇带新老混凝土衔接处的开裂，后浇带混凝土强度等级提高一级，并掺入 15% 的优质膨胀剂，混凝土浇筑后对后浇带范围内进行蓄水养护，以保证其膨胀效果。

5. 结束语

农贸市场工程实践表明，采用现代预应力技术解决超长、大跨结构的抗裂问题是一种行之有效的方法，同时设计时必须考虑施工过程中可能出现的问题，如楼盖混凝土浇筑时的温度应力对混凝土结构的影响主要是温度下降引起的混凝土开裂。在预应力度选择上，既要满足不同环境下构件的抗裂要求，又要达到经济合理的目的。

参考文献

1. GB50010-2002 混凝土结构设计规范
2. 冯健 吕志涛等 超长混凝土结构的研究与应用 建筑结构学报 2001.12
3. 吕志涛 孟少平著 现代预应力设计 中国建筑工业出版社出版 1998.12
4. 陈惠玲 主编 高效预应力结构设计施工实例 中国建筑工业出版社出版 1998.6
5. 徐金声 薛立红著 现代预应力混凝土楼盖结构 中国建筑工业出版社出版 1998.6

作者单位 滁州市城乡建设规划设计院