

Comparative Analysis of Steel Truss Suspended Canopy Supports in a Certain Stand

Licheng Zhang

China Academy of Building Research, Beijing, 100013, China

Abstract

This project is a steel truss cantilever canopy for a concrete grandstand of a certain sports stadium. According to the requirements of the *Space Grid Technical Regulations*, the displacement and force analysis of the overall structure is carried out using the universal finite element analysis software Midas. Based on the characteristics of the mixed structure, precautions such as the application method of steel truss load, the value of damping ratio, and the selection of calculation method are given in the modeling. By establishing three models with different boundary constraint conditions, a comparative analysis is conducted on the steel structure support. Through the comparison and analysis of the periodic results, displacement results, and member stress results, the influence of three different boundary types on the overall calculation is obtained. Suggestions are made for the reasonable setting of boundary conditions, providing reference for the structural design of similar cases in the future.

Keywords

steel truss; large-span cantilevered canopy; mixed structure; finite element analysis; steel structure support analysis

某看台钢桁架悬挑雨棚支座对比分析

张立成

中国建筑科学研究院有限公司, 中国 · 北京 100013

摘 要

本工程为某体育场混凝土看台的钢桁架悬挑雨棚, 根据《空间网格技术规程》的要求, 本工程采用通用有限元分析软件 Midas 进行整体结构的位移及受力分析, 针对混合结构的特点, 给出了建模中钢桁架荷载的施加方式、阻尼比的取值、计算方法的选择等注意事项, 通过建立三个不同边界约束条件的模型, 对钢结构支座进行对比分析, 通过对周期结果、位移结果及杆件应力结果的对比分析, 得出三种不同边界类型对整体计算的影响, 并对合理设置边界条件提出了建议, 为后续类似案例的结构设计提供参考。

关键词

钢桁架; 大跨度悬挑雨棚; 混合结构; 有限元分析; 钢结构支座分析

1 工程概况

某体育场混凝土看台, 为满足遮蔽要求, 设置大悬挑雨棚。其中混凝土看台长度 39.5m, 站台宽度 16.15m, 高度 17m; 雨棚采用钢结构管桁架, 悬挑长度为 19m, 钢桁架采用变高度形式, 其悬挑根部最大处高度为 3m。结构模型如图 1 所示。

工程地震设防烈度为 7 度 (0.1g), 设计分组为第一组, 场地类别为 III 类, 混凝土看台部分恒载 2.5kN/m², 活荷载 3.5kN/m², 风荷载 0.35kN/m², 雪荷载 0.35kN/m², 均采用节点荷载方式输入。

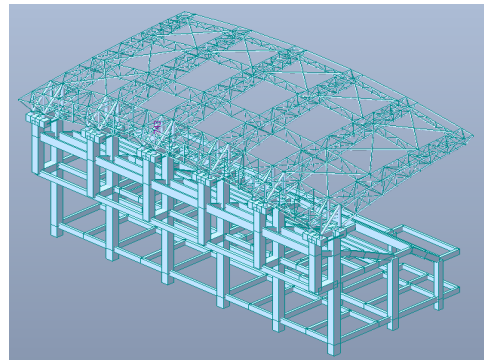


图 1 结构模型

2 钢雨棚结构分析

JGJ 7—2010《空间网格结构技术规程》4.1.6 条规定, 空间网格结构分析时, 应考虑上部空间网格结构与下部支承结构的相互影响。目前, 上部为钢结构, 下部为混凝土结构

【作者简介】张立成 (1985—), 男, 中国北京人, 硕士, 工程师, 从事建筑结构设计研究。

的模型，通常采用间隙节点建模对支座进行模拟，常用的为三种形式：第一种（模型 1）是通过弹性连接的一般支座，通过设置三个平动方向的约束刚度对钢结构进行约束；第二种（模型 2）是通过弹性连接的刚性连接的形式，模拟支座；第三种（模型 3）是通过刚性连接中主从节点连接的形式，模拟支座。采用何种形式模拟更为真实，是影响结构安全的重要保证，论文应用 Midas 软件，通过改变间隙节点的属性，对钢雨棚进行了分析比较，为后续的结构设计提供参考。

上部钢结构雨棚采用的是钢桁架形式，垂直悬挑方向设置桁架侧向支撑，并在上弦位置沿外周设置交叉支撑，保证桁架稳定性。下部混凝土看台，对支撑钢雨棚的框架柱采用型钢混凝土柱加强，其余采用普通混凝土柱，悬挑桁架末端采用设置混凝土吊柱的方式，平衡桁架悬挑内力，在减小支座拉力的同时也降低悬挑段的挠度。

计算时考虑的工况有恒荷载、雪荷载、风荷载、温度荷载及地震荷载。其中风荷载考虑风压及风吸作用，风压作用于桁架下弦，风吸作用于桁架上弦。钢结构部分风荷载通过面风压施加在桁架梁单元上，雪载通过在屋面设置板单元，采用压力荷载方式施加在桁架上弦。混凝土部分荷载采用楼面荷载方式施加。为保证质量参与系数满足规范要求，特征值分析时选用多重 Ritz 向量法计算，计算结果的阵型质量参与系数大于 90%，满足规范要求，计算结果真实。试算结果表明，如采用 Lanczos 方式计算，阵型数量需增加数倍，方能满足大于 90% 的要求。其主要原因是，钢结构与混凝土结构自身刚度相差较大，地震工况下会产生较多微阵型，而多重 Ritz 向量法收敛快，计算效率更高。计算时还应注意钢结构阻尼比需按 0.02 取值，混凝土结构则需按 0.05 取值，可通过组阻尼的方式实现。

3 计算结果分析

3.1 周期结果分析

结构模型的自振周期和阵型可有效反映结构自身的固有刚度，是后续分析的关键。三种建模方式的周期计算结果见表 1。

表 1 三种建模方式的周期计算结果

模态号	模型 1	模型 2	模型 3
1	0.7055	0.7020	0.7042
2	0.6046	0.6049	0.6037
3	0.5669	0.5671	0.5655

结果显示，三个模型计算结果较为接近，通过查看阵型动画，各模型低阶振动形式相近，表明三个模型计算结果较为接近。

3.2 位移结果分析

通过计算表格结果查询，在正常使用包络计算结果下远

端第 720 号节点位移最大，三个模型的位移计算结果见表 2。

表 2 三个模型的位移计算结果

节点号	模型 1	模型 2	模型 3
720	-192.801	-171.643	-177.037

计算结果显示，模型 1 的竖向位移最大，较模型二计算结果大 12.33%，模型 2 与模型 3 计算结果接近。模型 1 间隙节点输入了刚度值，对整体刚度有所降低，故竖向位移较大，而模型 2、模型 3 间隙节点可等同固定支座，故位移较小。支座刚度值反映了钢结构与混凝土的连接构造特点，对于大跨结构采用固定及滑动支座时，可通过设置间隙节点刚度值，反映支座各向刚度值，本例中支座与混凝土采用固定铰形式，可近似认为刚接。模型 1 对本工程计算结果相对偏保守。

其变形云图如图 1 所示。

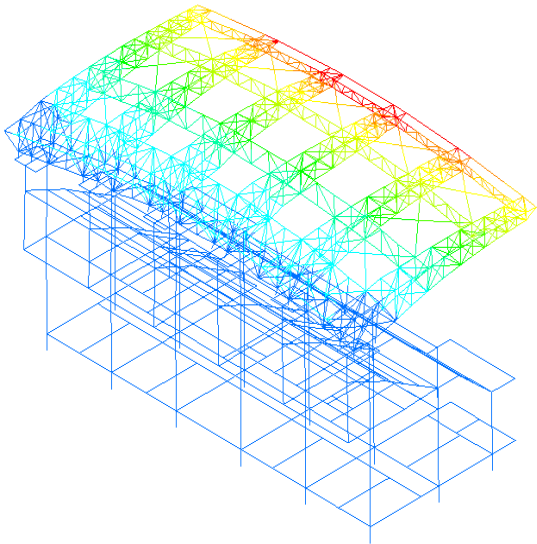


图 1 变形云图

3.3 应力计算结果

通过计算表格结果查询，在承载能力包络计算结果下，三个模型最大、最小应力基本一致，最大拉应力发生在桁架悬挑根部上弦杆件，最大压应力发生在桁架悬挑根部下弦杆件，结果表明支座连接形式对内力影响不大，其应力计算结果如表 3 所示，应力云图如图 2 所示。

表 3 应力计算结果

	单元号	模型 1	模型 2	模型 3
最大轴向拉应力	1573	181	180	181
最大轴向压应力	782	-203	-202	-203

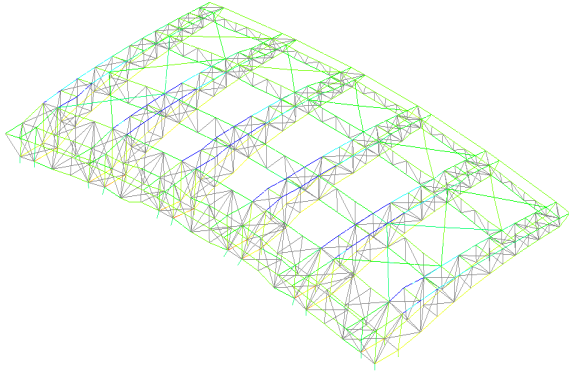


图2 应力云图

4 结论及建议

通过 MIDAS 有限元软件,对看台的钢结构悬挑桁架雨

棚进行受力分析研究,得到如下结论:

三种模型方案(前述)对比发现,对悬挑雨棚铰接支座而言,其连接形式的改变,只影响桁架竖向位移,不影响杆件应力大小,也不影响结构周期。实际设计中,应根据支座类型采取合理支座连接形式,对支座刚度的大小应根据具体工程合理设置,从而确保悬挑结构的安全性、经济性和合理性。

对混合结构而言,上部钢结构应与混凝土结构采用整体建模,确保支座刚度接近实际情况,单独建模的方式无法对支座刚度进行真实模拟,偏于不安全。

参考文献

- [1] GB 50017—2017 钢结构设计标准[S].
- [2] JGJ 7—2010 空间网格结构技术规程[S].
- [3] 北京迈达斯技术有限公司.MIDAS/Gen软件常见问题与解答[Z].