

基于体育馆结构分析的案例设计研究

邬植树

身份证号码: 511011*****4155 中国成都 610001

摘要: 体育馆跨度一般较大, 想要实现大跨度结构设计, 屋顶结构使用较多的是钢结构, 而体育馆屋顶钢结构用的多为钢桁架、钢网架; 而下部结构一般有看台、设备用房等, 故下部用混凝土结构比较合适, 体育馆大部分结构形式为下部混凝土框架(框架-剪力墙)+上部钢桁架(钢网架)。而绝大部分结构设计师能熟练地运用 PKPM 结构设计软件进行框架、框架-剪力墙、剪力墙等常用结构设计, 但对“下部混凝土框架(框架-剪力墙)+上部钢桁架(钢网架)”结构, 大部分结构设计师不知如何更好开展设计, 本文将以此开展相应的案例研究。论文主要针对“下部混凝土框架(框架-剪力墙)+上部钢桁架(钢网架)”结构的结构设计进行了较为系统研究, 研究了如何准确模拟下部混凝土和上部钢结构连接、如何准确地设计下部混凝土结构、如何验算上部钢结构的强度和刚度、如何验算下部混凝土+上部钢结构整体的稳定性。研究内容及结论如下:

- (1) 下部混凝土和上部钢结构的连接模拟。研究表明, 可以通过 madis gen 中弹性连接来实现固定铰支座和滑动支座。
 - (2) 下部混凝土结构的设计。研究表明, 可以通过 PKPM PMSAP 软件实现下部混凝土结构内力分析, 配筋设计。
 - (3) 上部钢结构的强度和刚度验算。研究表明, 可以通过 madis gen 建立上部钢结构和下部混凝土结构的整体模型, 然后再进行钢结构的强度和刚度验算。
 - (4) 整体结构的稳定性验算。研究表明, 可以在 madis Gen 中建立整体模型, 接着用 madis Gen 进行结构线性屈曲分析和非线性屈曲分析。
- 关键词:** 体育馆; 钢桁架; 钢网架; 结构设计; 力学分析

1 前言

1.1 研究背景

随着国家整体实力快速提升, 人民生活水平不断提高, 人民更加关注体育锻炼以提高身体素质, 而且体育竞技也更加得到国家的支持; 体育强则中国强, 国运兴则体育兴。体育发展水平是一个国家综合国力和社会主义文明程度的重要体现, 集中反映了一个民族的健康素质和精神面貌, 体现一个国家、一个民族的文化理想和精神高度。而想要发展一个国家的体育, 必然要投资建设体育场馆, 故体育馆的基础设施建设在近十几年快速兴起, 作为国家投资的重要方向。

体育馆跨度一般很大, 跨度有 30 米、40 米、50 米, 甚至高达 100 米, 想要实现如此大跨度结构设计, 屋顶结构用的最多的就是钢结构, 而体育馆屋顶钢结构用的最多的形式为钢桁架、钢网架; 下部结构一般有看台、设备用房等等, 故下部用混凝土结构比较合适, 且混凝土结构对整个体育馆结构的刚度也有很大提高; 综上, 体育馆绝大部分结构形式为下部混凝土框架(框架-剪力墙)+上部钢桁架(钢网架)。而绝大部分结构设计师能熟练地运用 PKPM 结构设计软件进行框架、框架-剪力墙、剪力墙等常用结构设计, 但对于“下部混凝土框架(框架-剪力墙)+上部钢桁架(钢网架)”结构, 绝大部分结构设计师不知如何设计。

本文主要针对“下部混凝土框架(框架-剪力墙)+上部钢桁架(钢网架)”结构的结构设计进行研究, 研究如何准确模拟下部混凝土和上部钢结构连接、如何准确地设计下部混凝土结构、如何验算上部钢结构的强度和刚度、如何验算下部混凝土+上部钢结构整体的稳定性。

1.2 研究意义

本文主要针对“下部混凝土框架(框架-剪力墙)+上部钢桁架(钢网架)”结构的结构设计进行研究, 研究如何准确模拟下部混凝土和上部钢结构连接、如何准确地设计下部混凝土结构、如何精确地验算上部钢结构的强度和刚度、如何验算下部混凝土+上部钢结构整体的稳定性, 能给结构设计同行提供一定参考价值, 给没有做过此类结构形式的同行普及相关的设计知识, 提高整个结构设计圈技术水平, 为国家体育类建筑设计作出一定贡献。

2 下部混凝土和上部钢结构的连接模拟研究

2.1 连接支座类型

为了保证下部混凝土结构和上部钢结构的可靠连接, 现在大跨度钢结构设计的连接一般采用成品支座, 目前市场上广泛应用的成品支座类型主要有: 板式橡胶支座、盆式橡胶支座、铅芯橡胶支座、球型钢支座、抗震型球型钢支座、球型阻尼钢支座等。

而结构设计一般指定支座受力形态, 如成品固定支座、成品铰接支座、成品单向滑动支座和成品双向滑动支座, 并设定 XY 向刚度(kN/mm)、XY 向位移(mm)、限定轴向压力和拉力等。

2.2 连接支座模拟

经过对市场上主流分析软件的分析, 本人认为北京迈达斯技术有限公司研发的 madis Gen 可以很好地模拟连接:

1) 固定铰支座: 下部混凝土结构, 上部钢屋盖的大跨混合结构中, 上下部连接部位多做成固定铰支座, 这样可以释放转动弯矩和扭矩, 仅传递轴力和剪力, 减小了上部屋盖结构对下部主体结构的不利影响。想要实现固定铰支座, 可以通过弹性连接实现, 将 SDx、SDy、SDz 打勾即可。

2) 滑动支座: 在实际工程中, 如果钢结构屋盖和下部混凝土结构连接全部采用固定铰支座, 则上部钢结构屋盖因收到强约束, 在温度作用下, 温度力得不到释放, 从而强度验算往往不够, 此时, 可以通过释放一定数量的约束, 从而达到理想、经济的受力状态。如图 2-2 所示, 想要实现单向滑动支座, 可以通过弹性连接实现。想要模拟某支座在 Y 向可以自由滑动, 那就将 SDy 定义为 1, 其他分量可根据真实试验数据填写也可以定义较大数值模拟其他方向刚性连接。

3 下部混凝土结构的设计研究

3.1 现状分析

当前, 大部分设计均是将上部钢结构的支座力提取出来, 然后在北京构力科技有限公司研发的 PKPM 软件中输入上部钢结构支座力, 单独情况下计算设计下部混凝土结构, 此种设计方法存在明显的缺陷, 比如, 需要输入恒、活、风、温度作用下各个支座的力(还要区分方向), 十分繁琐。

3.2 研究过程

经研究发现, 可以将上部钢结构导入北京构力科技有限公司研发的 PKPM PMSAP 模块中进行整体结构计算, 可以准确地模拟实际受力状态, 保证下部结构设计更加贴合实际。实际操作步骤如下:

- 1) 将上部钢结构导出 mgt 文件。
- 2) 用 PKPM 软件数据转换接口导入上部钢结构的 mgt 文件, 形成模型。
- 3) 在 PKPM PMSAP 的空间标准层菜单里, 用导入子结构命令导入上部钢结构。

4 上部钢结构的强度和刚度验算研究

4.1 现状分析

当前, 大部分设计均是在北京迈达斯技术有限公司研发的 madis Gen 或上海同磊土木工程技术有限公司研发的 3D3S 软件中单独计算上部钢结构, 此种方法也存在设计缺点, 因没有考虑下部混凝土柱的刚度。

4.2 研究过程

经研究发现, 可以将下部混凝土结构导入 madis Gen 或 3D3S 软件中进行整体结构计算, 可以准确地模拟钢结构实际受力状态。

实际操作步骤如下:

1) 将下部混凝土结构用 PKPM 软件中的数据转换接口转换成 mgt 文件, 然后再将 mgt 文件用 madis Gen 软件转换成 mgb 文件。

在 madis Gen 软件中将下部混凝土结构的节点和单元重新编号, 编号的起始号需大于上部钢结构的节点和单元号。

2) 在上部钢结构模型中, 用菜单栏中的合并数据文件功能, 将下部混凝土结构导入上部钢结构模型中, 建立连接, 即可完成模型拼接。

5 整体结构的稳定性验算

经研究发现, 可以将下部混凝土结构导入 madis Gen 或 3D3S 软件中进行整体结构计算, 可以准确地模拟钢结构实际受力状态。实际操作步骤如下:

1) 删除特征值分析和反应谱分析。

主菜单选择>分析>分析控制>屈曲, 按照图定义屈曲分析控制数据。

2) 运行分析查看结果: 主菜单选择 结果>模态>振型>屈曲模态, 查看图形结果; 因特征值屈曲因为无法反映结构的后屈曲性能, 其值往往被高估, 因此有必要考虑结构的非线性效应。

3) 生成非线性模型。

4) 自动生成荷载组合: 主菜单选择 结果>组合>荷载组合。

生成非线性荷载工况: 主菜单选择 荷载>静力荷载>建立荷载工况>使用荷载组合, 建立荷载工况。

5) 查看在非线性价下弹性分析位移最大的点, 做非线性分析控制节点, 详图 5-1。

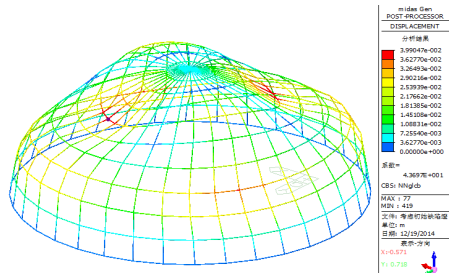


图 5-1 非线性分析控制节点分析

6) 设定非线性控制数据, 进行几何非线性分析 (需先删除屈曲分析控制, 还需要取消建筑主控数据里“层构件剪力比”结构控制数据)。

7) 查看荷载-位移曲线: 结果>时程>阶段/步骤时程图表, 详图 5-2。

《空间网格结构技术规程》4.3.4条
进行网壳结构全过程分析求得的第一临界点处的荷载值, 可作为网壳的稳定极限承载力。
网壳稳定容许承载力 (荷载取标准值) 应等于网壳稳定极限承载力除以安全系数K。
当按弹性全过程分析时, 安全系数K可取为2.0;
当按弹性全过程分析时, 且为单层球面网壳、柱面网壳和椭圆抛物面网壳时, 安全系数K可取为1.2

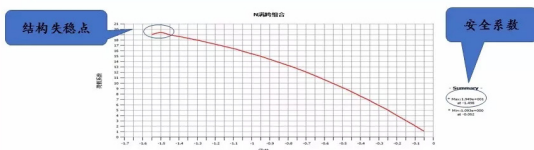


图 5-2

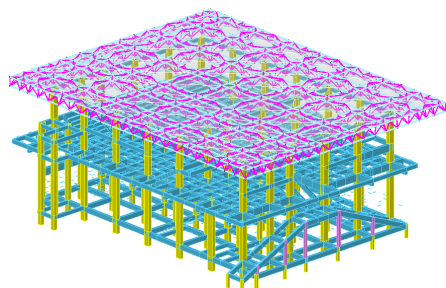


图 6-1

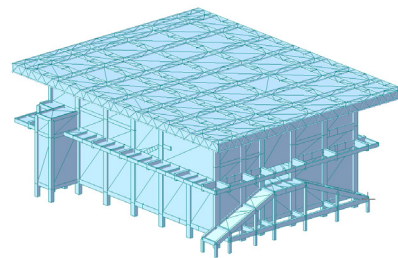


图 6-2

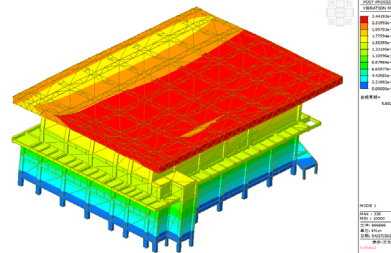


图 6-3 第一模态

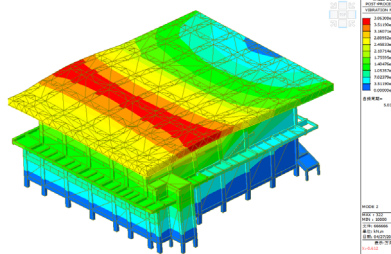


图 6-4 第二模态

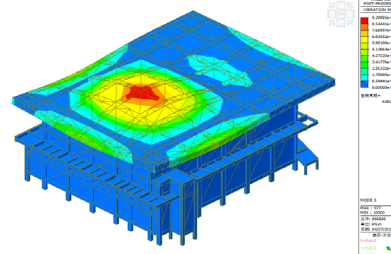


图 6-5 第三模态

6 实例展示

本文所选案例工程为阿里地区体育馆建设项目, 体育馆位于阿里地区噶尔县狮泉河镇, 图 6-1 为整体模型在 PKPM PMSAP 中的建立, 图 6-2 为整体模型在 madis Gen 中的建立。图 6-3、图 6-4 和图 6-5 为 madis Gen 计算的整体模型的前三振型。由此可见, 本文的研究可以更真实地反应结构的地震反应, 为设计提供更准确的计算依据。

7 研究结论

1) 下部混凝土和上部钢结构的连接模拟。本文主要研究了 madis Gen 中如何准确模拟固定铰支座、滑动支座, 更加贴合实际, 为结构计算准确性提供了重要保障。

2) 下部混凝土结构的设计。主要研究了如何在 PKPM PMSAP 中建立整体模型, 更能准确模拟实际地震反应, 更能准确进行梁柱板配筋设计。

3) 上部钢结构的强度和刚度验算。主要研究在 madis Gen 中建立整体模型, 更能准确模拟实际地震反应, 钢结构构件的强度和刚度验算更准确, 为设计提供重要的计算依据。

4) 整体结构的稳定性验算。主要研究在 madis Gen 中建立整体模型, 用 madis Gen 进行结构线性屈曲分析和非线性屈曲分析。

参考文献:

[1] GB50017-2017. 钢结构设计标准[S].
[2] JGJ7-2010. 空间网格结构技术规程[S].