# 4 项目结构设计分析

由于本文的建筑模型进行了隔震处理，在设计时，确定了了两种模拟方案：

方案1：将上部隔震层简化为对下层的力，具体受力图如下图所示

方案2：利用Etabs摩擦摆隔震支座对建筑模型做隔振处理。

我们分别对方案1和方案2进行讨论分析

### 4.1 方案1分析

在建模分析时，我们采用国建筑科学研究院建筑工程软件研究所研发的工程管理软件PKPM建模，由于PKPM是分层建模，所以采用PKPM建模可以大大增加建模速度，PKPM模型图如下图4-1所示。在计算分析时我们使用PKPM中的SATWE模块，SATWE是专门为高层结构分析与设计而开发出来的基于壳元理论的三维组合结构有限元分析软件。未来保证分析的正确性，我们在SATWE计算完成以后，继续采用由美国CSI公司开发研制的房屋建筑[结构分析](https://baike.baidu.com/item/%E7%BB%93%E6%9E%84%E5%88%86%E6%9E%90" \t "https://baike.baidu.com/item/_blank)与设计软件ETABS,再次进行模型的有限元分析，ETABS已经有30余年的发展历史，也是国内外认可度较高的结构计算程序，在工程有限元分析领域，应用特别广泛。ETABS模型如下图4-2所示。

##### 4.2.1 无桁架建筑模型模拟结果：

为了确定两种软件模型的一致性，我们需要对两种模型做对比，我们主要通过对比两种软件的质量，周期，层间剪力，主要通过振型分解反应谱法的结果对比。为了确保准确性，我们要求，两种软件模拟结果在模型周期和质量上的误差在5%之内，层间剪力和位移误差在10%之内。

误差计算表达式为：

 (1)

上式中， ETABS：ETABS软件计算出的结果

SATWE：SATWE软件计算出的结果

d:表示误差值

两种模型质量对对比结果：

表4-0 结构质量计算结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SATWE | | ETABS | | d(%) |
| 层号 | 质量(t) | 层号 | 质量(t) |
| 5 | 4475.0 | 5 | 4446.1 | 0.64 |
| 4 | 4920.4 | 4 | 4649.9 | 5.49 |
| 3 | 4227.0 | 3 | 4194.3 | 0.77 |
| 2 | 5451.4 | 2 | 5213.0 | 4.37 |
| 1 | 27549.7 | 1 | 28290.6 | 2.68 |
| 总质量 | 46623.543 | 总质量 | 46792.020 | 0.3 |

两种模型的数值模拟之后，其周期的对比：

表4-3 结构周期和振型计算结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SATWE | | | | ETABS | | | |
| 振型号 | 周期(s) | 振型号 | 周期(s) | 振型号 | 周期(s) | 振型号 | 周期(s) |
| 1 | 0.4143 | 12 | 0.1209 | 1 | 0.383 | 12 | 0.13 |
| 2 | 0.3781 | 13 | 0.1199 | 2 | 0.344 | 13 | 0.127 |
| 3 | 0.3529 | 14 | 0.1160 | 3 | 0.319 | 14 | 0.124 |
| 4 | 0.2483 | 15 | 0.1128 | 4 | 0.253 | 15 | 0.121 |
| 5 | 0.2053 | 16 | 0.1104 | 5 | 0.226 | 16 | 0.117 |
| 6 | 0.1648 | 17 | 0.1082 | 6 | 0.179 | 17 | 0.115 |
| 7 | 0.1545 | 18 | 0.1061 | 7 | 0.163 | 18 | 0.109 |
| 8 | 0.1435 | 19 | 0.1003 | 8 | 0.159 | 19 | 0.106 |
| 9 | 0.1357 | 20 | 0.0985 | 9 | 0.14 | 20 | 0.103 |
| 10 | 0.1276 | 21 | 0.0972 | 10 | 0.137 | 21 | 0.101 |
| 11 | 0.1243 |  |  | 11 | 0.132 |  |  |

根据《高规》5.1.13条,各振型的参与质量之和不应小于总质量的90%。

SATWE中：

第 1 地震方向 EX 的有效质量系数为 94.46%,参与振型足够

第 2 地震方向 EY 的有效质量系数为 91.10%,参与振型足够

ETABS中：

第 1 地震方向 EX 的有效质量系数为 97.37%,参与振型足够

第 2 地震方向 EY 的有效质量系数为 98.72%,参与振型足够

表4-2 结构前三振型周期计算结果对比

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SATWE | | ETABS | | d(%) |
| 振型号 | 周期 | 振型号 | 周期 |
| 1 | 0.4143 | 1 | 0.383 | 7.5 |
| 2 | 0.3781 | 2 | 0.343 | 9.2 |
| 3 | 0.3529 | 3 | 0.318 | 9.8 |

两种模型在数值模拟计算以后，其剪力的对比，具体见下表：

表4-3 Ex工况下作用下结构各层的剪重比

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 层号 | SATWE | | ETABS | | d(%) |
| 剪力 | 剪重比 | 剪力 | 剪重比 |
| 5 | 5635.1 | 10.77% | 4767.0 | 10.67% | 0.92 |
| 4 | 8856.0 | 9.43% | 8122.5 | 8.78% | 6.89 |
| 3 | 11398.5 | 8.37% | 10499.0 | 7.86% | 6.09 |
| 2 | 13640.2 | 7.15% | 12339.3 | 6.60% | 7.69 |
| 1 | 17909.6 | 3.84% | 15634.8 | 3.41% | 11.19 |

表4-3 Ey工况下作用下结构各层的剪重比

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 层号 | SATWE | | ETABS | | d(%) |
| 剪力 | 剪重比 | 剪力 | 剪重比 |
| 5 | 5719.4 | 11.84% | 5200.5 | 11.63% | 1.77 |
| 4 | 10090.8 | 10.74% | 9042.6 | 9.77% | 9.03 |
| 3 | 12946.4 | 9.50% | 11612.1 | 8.69% | 8.52 |
| 2 | 15294.0 | 8.02% | 13549.3 | 7.25% | 9.60 |
| 1 | 22263.8 | 4.78% | 18440.9 | 4.02% | 15.89 |

根据《抗规》5.2.5条规定，7度(0.10g)设防地区，水平地震影响系数最大值为0.08，X、Y向楼层剪重比不应小于1.60%。

由下表可见， X、Y向地震剪重比符合要求

上表中，第5层由于在SATWE的计算结果中用4个塔楼表示，所以在取该层的剪重比的时候，我们取该层中剪重比最小的一个塔楼的剪重比作为该层的剪重比。而在ETABS中，剪重比计算结果是第5层整层的剪重比，并没有细分为4个塔楼，所以，在第5层的剪重比误差计算可能与其他层的误差值有些差距。

剪重比最大误差：

两种模型在数值模拟以后其位移变化的对比：

表4-4 X向地震工况的位移

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 层号 | SATWE | | ETABS | |
| 最大位移 | 最大层间位移角 | 最大位移 | 最大层间位移角 |
| 5 | 5.86 | 1/2240 | 3.96 | 1/2523 |
| 4 | 4.63 | 1/3280 | 2.82 | 1/3514 |
| 3 | 3.52 | 1/3154 | 2.82 | 1/3551 |
| 2 | 2.33 | 1/3328 | 2.76 | 1/3617 |
| 1 | 0.47 | 1/9895 | 0.083 | 1/12026 |

表4-6 Y向地震工况的位移

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 层号 | SATWE | | ETABS | |
| 最大位移 | 最大层间位移角 | 最大位移 | 最大层间位移角 |
| 5 | 5.68 | 1/2371 | 4.05 | 1/2471 |
| 4 | 4.46 | 1/2818 | 3.1 | 1/3226 |
| 3 | 3.07 | 1/3279 | 2.73 | 1/3657 |
| 2 | 1.93 | 1/4454 | 2.0 | 1/5003 |
| 1 | 0.61 | 1/7582 | 1.08 | 1/9292 |

根据《高规》3.7.3条规定：对于高度不大于150m的框剪结构，按弹性方法计算的风荷载或多遇地震标准值作用下的楼层层间最大水平位移与层高之比△u／h不宜大于1/800，对于高度不小于250m的高层建筑，其楼层层间最大位移与层高之比△u／h不宜大于1/500，结构设定的限值为1/800，结构所有工况下最大层间位移角均满足规范要求。

由下上面表可知， X,Y向地震位移符合基本要求

小结：经过SATWE和ETABS的计算模拟，我们对两种软件的模拟结果进行对比分析。有如下发现：

1. SATWE和ETABS的模拟，都满足《抗规》关于第一水准的设计要求