

基于 SAP2000 的复杂筏板基础分析与设计

陈学伟 林生逸

(华南理工大学高层建筑结构研究所, 广州 510640)

0 引言

PKPM具有建模快捷方便、分析功能齐全等优点, 目前是国内应用最多的结构设计软件。SAP2000是世界范围内广泛应用的通用有限元软件之一, 可以模拟线性、非线性结构分析, 其对结构的线弹性分析结果有较好的可靠性, 且计算效率较高, 但其在建模方面有一定的局限性。为了实现快速建模, SAP2000做了与其他程序(如AutoCAD等)的接口, 并能借助Excel等进行交互式数据编辑。

利用PKPM程序导出的STRU.SAT模型记录文件, 编制程序并借助Excel的批量处理功能生成SAP2000的s2k模型记录文件, 再导入到SAP2000中实现复杂筏板模型的建模。并编制程序提取PKPM分析的底层内力文件WNL1.OUT中的内力组合用于SAP2000中进行结构分析。

1 某工程筏板基础概述

某工程筏板基础底板面标高-7.5m, 筏板基础混凝土强度等级和抗渗等级分别为 C35, 0.8MPa, 基础受力钢筋等级为 HRB400。筏板基础下设置厚度为 0.1m 的混凝土垫层。底板基础保护层厚度取 40mm。塔楼筏板厚度为 1600mm, 塔楼外筏板厚度有 400, 700mm 两种, 墙柱平面布置如图 1 所示。SAP2000 分析中计算沉降采用荷载的准永久组合 ($D+0.5L$), 用于配筋计算时采用荷载基本组合。

2 SAP2000建模与分析

s2k 文件是 SAP2000 生成的以文本格式保存模型的数据记录文件, 用户可以用写字板、记事本等文本编辑工具对其进行编辑, 然后再用程序导入, 从而实现对模型的修改。STRU.SAT 是 PKPM 综合 PMCAD 的第 1~3 项菜单命令生成的几何数据文件, 是用于转化成空间组合结构有限元分析所需的数据格式。可在 PKPM 的工作目录中获得。

工程上对于壳的厚度 h 与其支承宽度 L 之比(厚宽比)

$h/L < 1/10$ 的壳称为薄壳, 壳的厚宽比在 $1/10 < h/L < 1/5$ 之间的壳称为中厚壳。薄壳中横向剪应力对变形的影响较小, 而中厚壳中横向剪应力对变形的影响较大。筏板厚度为 1.6m, 可采用 Mindlin/Reissner 理论的厚壳单元。其基本假定为: 1) 与壳的厚度相比, 位移是微小的; 2) 垂直于中面的应力忽略不计; 3) 变形前垂直于中面的直线, 变形后仍然保持为直线, 但不一定再垂直于中面; 4) 挠度和法线转角为各自独立的插值函数。

在 SAP2000 中对地下室底板和侧壁施加非线性面弹簧模拟地基土的约束作用, 弹簧的本构根据地基土原位试验回归得到二折线的关系曲线(图 2)。

因为上部结构传给地下室底板的力可以通过提取 PKPM 的底层内力标准值输出文件 WNL1.OUT 获得, 再施加到 SAP2000 的模型中, 所以将整栋楼的模型都导入 SAP2000 中是不必要的。且在 PKPM 中提取内力计算结果, 可以提取各种荷载工况的标准值进行荷载组合, 分别用于沉降和内力分析。

为了考虑上部结构底下几层以及地下室梁柱布置对筏板内力分布的影响, 在 SAP2000 模型中一共建了六层(包括地下两层)模型, 并将提取出的内力施加于层 4 处。图 3 为 SAP2000 分析示意图。整个分析的流程图如图 4 所示。本文编制程序以提取墙、柱、核心筒的标准值, 程序界面见图 5, 6。SAP2000 中的模型和分析得到的沉降、内力云图分别如图 7~9 所示。

3 SAP2000 截面切割计算配筋

截面切割是 SAP2000 中的一种力(应力)输出方式, 用于显示结构中某些位置的合力和应力。一般有两种方法, 分别为定义截面切割组法和绘制法。文中采用绘制法来定义截面切割, 是直接结构的内力图上沿某个方向绘制一个切割

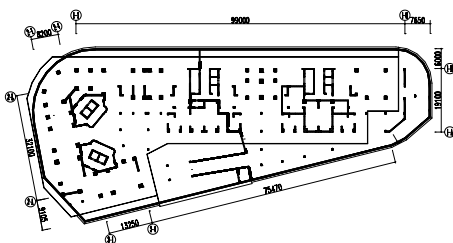


图 1 墙柱平面布置图

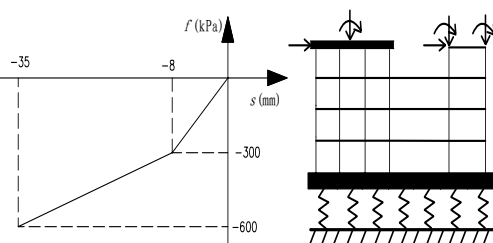


图 2 地基土本构关系曲线

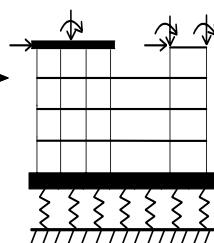


图 3 SAP2000 分析示意图

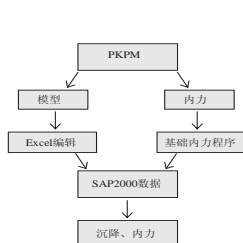


图 4 SAP2000 建模分析流程图

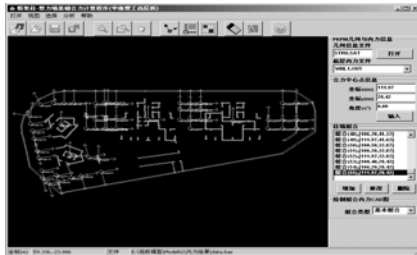


图5 框架柱-剪力墙基础合力计算程序界面

工况号	工况名称	轴力N	剪力V	弯矩M	剪力V	弯矩M
1	左方风荷载作用下的标准内力	112.2	89.7	799.2	1009.8	2194.4
2	右方风荷载作用下的标准内力	279.3	119.6	744.5	1079.8	1897.3
3	左方风荷载作用下的标准内力	292.5	98.2	489.7	490.1	18936.4
4	右方风荷载作用下的标准内力	18.8	106.2	744.4	1009.8	1897.3
5	左方风荷载作用下的标准内力	18.8	106.2	106.8	1486.8	1612.4
6	右方风荷载作用下的标准内力	74.3	338.1	32.4	1632.3	414.9
7	左方风荷载作用下的标准内力	307.4	119.6	1486.8	461.7	2037.5
8	右方风荷载作用下的标准内力	91.6	381.9	136.8	1692.4	414.4
9	恒载作用下的标准内力	146.7	283.6	11887.8	1188.8	16186.5
10	活载作用下的标准内力	3.6	36.4	4489.2	2391.9	3938.8

图6 工况内力及组合结果

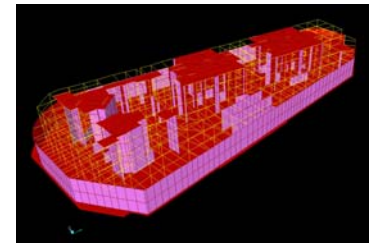


图7 SAP2000 中的三维模型图

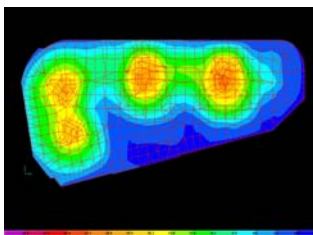


图8 筏板基础沉降云图

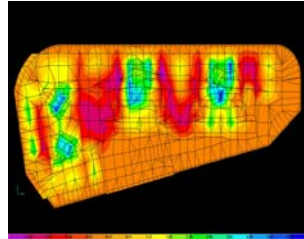


图9 底板内力云图(X向)

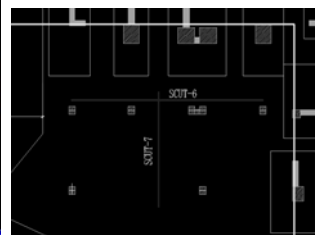


图10 截面切割示意图



图11 截面切割6 结果

面，来显示该切割面上的应力、内力分布以及合力。

从SAP2000的内力云图中可以直观了解内力分布，从而对配筋形式有宏观的认识。但具体的配筋要通过其截面切割功能以得到各位置的弯矩，从而确认具体的配筋设计。针对底板内力云图的分布特点，对底板内力较大处进行截面切割得到内力值进行配筋计算。共选取了13个截面进行计算，限于篇幅，仅以截面SCUT-6(图10, 11)为例说明配筋计算过程。

根据截面切割的结果，提取弯矩进行配筋计算，利用Morgain结构设计软件进行配筋计算。其中，混凝土抗压和抗拉强度设计值分别为16.72, 1.57N/mm²，钢筋强度设计值为360N/mm²，弹性模量为2×10⁵N/mm²，绕截面切割线的弯矩设计值M为9791.38kN·m。根据计算结果，筏板截面尺寸取为14.35m×1.6m，计算得纵向受拉钢筋面积为17594mm²，考虑到需满足最小配筋率的要求，则每m要求

配筋面积为：45939/14.35=3201mm²，取配筋为面筋Φ25@150双向，底筋Φ25@200双向，附加底部钢筋Φ25@200双向。顶部受拉纵筋面积为3272mm²，满足要求。

4 结论

利用编制程序并借助Excel，通过处理SAP2000和PKPM的模型记录文件转换实现了SAP2000中复杂模型的快速建模，并提取PKPM的荷载计算结果以用于SAP2000的分析工况。用SAP2000得出沉降云图及内力云图，并根据截面切割的结果对筏板基础的底板进行配筋。对比了SAP2000中混凝土设计中的配筋结果和根据截面切割，截面设计所得的配筋结果。认为目前SAP2000中的分析结果可以直接运用于筏板基础工程设计之中，具有较高的可靠性。

作者简介：陈学伟，华南理工大学博士研究生，

Email: dinochen1983@yahoo.com.cn.

(上接29页)

图5为采用隔震设计的多摩美术大学图书馆。通过采用隔震设计，不但实现了建筑设计的美观要求，同时也能防止在地震时书架的倒塌，充分考虑了结构的使用性能要求。



图5 多摩美术大学图书馆

基础采用桩基础。大震验算时塔顶的最大地震反应加速度为接近1200gal，而悬吊结构的2层的最大加速度为160gal。

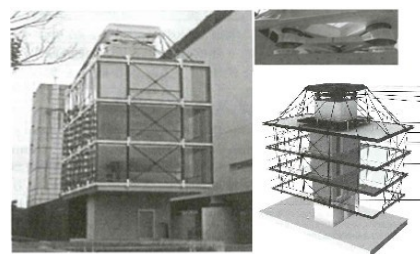


图6 塔顶隔震

(5) 塔顶隔震：2006年12月竣工的清水建设技术研究所的安全安震馆采用了塔顶隔震设计(图6)。该建筑主要用途是计算机室，地上4层，地下1层，地表上总高度为18.75m。

参考文献

- [1] 日本免震构造协会. MENSIN 2008.
- [2] 村上勝英. 免震構造現状と課題.