

上部结构与地基基础协同计算的应用研究

刘冬生^{1,2}, 胡 恒²

(1. 清华大学 土木系, 北京 100084; 2. 中航勘察设计研究院, 北京 100086)

摘 要 介绍了上部结构与地基基础共同作用时协同计算的原理及特点。通过对某工程采用协同计算, 表明采用上部结构与地基基础协同作用计算方法, 设计合理, 设计方法趋于先进可靠, 大大降低工程造价, 并缩短了工期。

关键词 上部结构 地基基础 协同计算

中图分类号 :TU312 **文献标识码** :A **文章编号** :1672-7428(2005)S1-0057-03

Application Research on Associate Calculation of Upper Structure and Foundation/LIU Dong-sheng^{1,2}, HU Heng²

(1. Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Zhonghang Reconnaissance Design Institute, Beijing 100086, China)

Abstract : Principle and characteristics of associate calculation, while upper structure and ground foundation act together, were introduced. Associate calculation method of upper structure and ground foundation was designed reasonable. The calculation method is advanced, and reliable. It can reduce the project cost greatly and shorten time limit for projects. It proved in some projects.

Key words : upper structure; ground foundation; associate calculation

上部结构与地基基础协同计算指的是把高层建筑、基础与地基 3 者看成一个整体, 使之满足地基、基础和上部结构 3 者在接触部分的变形协调和力的平衡条件。2002 年颁布的一系列新的建筑规范中多处强调高层建筑结构设计计算必须考虑地基基础与上部结构的共同作用影响, 例如在《高层建筑混凝土结构技术规范》(JGJ 3-2002, J 186-2002) 的 12.1.3 中有“基础设计应根据上部结构和地质状况进行, 宜考虑地基、基础与上部结构相互作用的影响”, 在《建筑地基基础设计规范》(GB 5007-2002) 的 5.3.10 条作为黑体字的强制性条文: “在同一整体大面积基础上建有多栋高层和低层建筑, 应该按照上部结构、基础与地基的共同作用进行变形计算”。这些条文的出现, 表明了我国建筑结构设计在理论研究、设计思想、设计方法的进步。

1 上部结构与地基基础计算特点

考虑地基基础与上部结构的共同作用时的设计与常规设计方法是不同的。常规设计方法先把上部结构隔离出来, 并用固定支座来代替基础, 求得上部结构的内力和变形以及支座反力, 而在支座处是没有任何变形的, 接着把支座反力作用在基础上, 用材料力学方法求得地基反力, 并假定地基反力是线性分布来分析基础, 从而获得基础的内力和变形;

再把地基反力作用在地基或桩上来设计桩数或校核地基的强度和变形。这种常规设计方法人为地把基础和上部结构分开计算, 忽略基础的变形和位移, 计算结果与实测结果有明显的区别。

上部结构与地基基础协同计算的主要特点包括:

(1) 协同计算将底板作为具有三维空间体的置于地基基础上的板结构进行计算;

(2) 协同计算考虑或部分考虑了上部结构竖向刚度和弯曲刚度对基础的影响;

(3) 协同计算考虑了土体与基础相互作用的影响, 包括土、板交界面处变形协调;

(4) 协同计算精确的考虑了基础影响范围内土层的结构和性质, 尤其考虑土层的成层交互结构和每一层土体的物理力学性质、土层的起伏变化, 使得变形计算依据更加确定和客观。

(5) 协同计算有可能全面考虑基础构件与上部载荷对变形计算的客观影响, 其几何条件与载荷条件真实的反映了结构设计的原来模型。

2 工程概况

2.1 结构特点

本工程包括 4 座高塔住宅(12~17 层)、地下车库、和配电室等建筑物。上部结构主要为现浇剪力

收稿日期 2005-06-30

作者简介: 刘冬生(1977-) 男(汉族), 湖南衡阳人, 清华大学博士后, 土木工程专业, 从事协同计算研究工作, 北京市 2411 号信箱中航勘察设计研究院, liudsh005@sina.com。

墙结构,基础类型为箱型或筏板。基础埋深为 7.6 ~ 11.3 m(见表 1)。

表 1 场区主要建筑物特征

建筑物	地上层数	地上高度/m	地下室层数	结构类型	基础类型	基础埋深/m	基底压力/kPa
N 号楼	14 ~ 17	50	2	现浇剪力墙结构	箱型或筏板	7.6	330
地下车库	0	2	0	框架结构	筏板	11.3	112.5
配电室	1	0	0	砖混结构	条形	0	100

2.2 场地岩土工程条件

根据现场钻探与原位测试及室内土工试验,按地层岩性及工程特性划分为 5 层。

(1)人工堆积层:杂填土层,杂色,松散,干~稍湿,由粘性土、灰渣、碎石等组成,层顶标高 43.99 ~ 45.49 m,层厚 0.5 ~ 2.5 m;素填土层,黄褐色,稍湿,松~稍密,以粘性土为主,含砂、白灰石等,层顶标高 43.99 ~ 45.08 m,层厚 0.9 ~ 2.4 m。

(2)第四系沉积层:砂质粘土、粉质粘土层,标高 35.68 ~ 43.80 m,褐、黄褐、灰褐色,中密至密实,由粉质粘土、砂质粉土、粘土等组成。

(3)粘土、粉质粘土层:标高 28.78 ~ 36.85 m,褐、黄褐、灰褐色,中密~密实,以黄褐色粘土、粉质粘土、砂质粉土为主。

(4)粉质粘土、砂质粘土以及粉细砂、中粗砂层,标高 20.96 ~ 31.83 m,褐、黄褐、灰褐色,密实。以粉质粘土、砂质粘土以及粉细砂、中粗砂为主。

(5)粘土、粉质粘土、粉细砂、中粗砂层:标高 8.28 ~ 22.47 m,黄、灰黄色,密实、硬塑,以粘土、粉质粘土、粉细砂、中粗砂为主。

2.3 计算模型及过程说明

根据结构板平面图和岩土工程勘察报告进行前处理建模,由于结构的对称性,所以在对称轴 1/4 处进行计算,建立三维计算模型图(见图 1)。

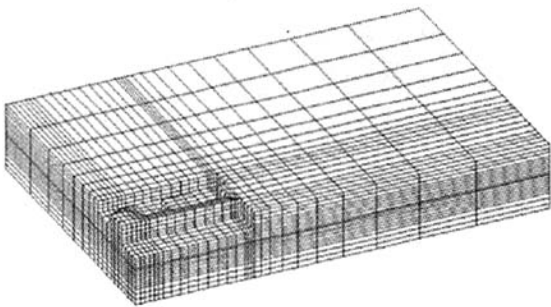


图 1 计算模型图

本次计算分 2 步进行,第一步对所建模型进行原始应力场计算,给出土体中的初始应力,这一步计算所得应力将与后面计算的应力场叠加形成最终应力场,而这一

步计算是在几何模型上施加结构设计要求的基底压力,在此基底压力和初始应力场作用下的基础土体位移场、应力场、应变场是本次计算的最终结果。

3 计算结果

3.1 沉降分析结果

基础土体整体位移如图 2 所示,基础底板土体垂直方向的位移见图 3。

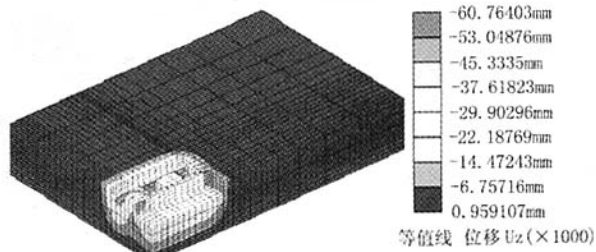


图 2 位移整体视图

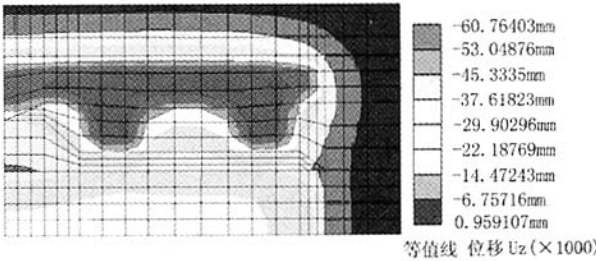


图 3 位移整体平面视图

最大沉降产生在基础底板处数据如下:
最大沉降为 60.76 mm,最小沉降为 22.18 mm;
差异沉降为 $\theta_x = 0.0011627$ $\theta_y = 0.0046$ 。
地下车库基础底板处数据如下:
最大沉降为 37.618 mm,最小沉降为 14.47 mm;
差异沉降为 $\theta_x = 0.00069$ $\theta_y = 0.00112$ 。

3.2 基础稳定性分析结果

为了研究由于主楼基底载荷下基础土体的稳定性,对其基础底板下和地下车库下土体典型剖面进行位移计算,其位移云图如图 4 所示,位移矢量图如图 5 所示,由位移矢量图可知,基础底板和地下车库下土体的位移矢量皆为向下发展,没有向地面发展

的趋势 ,所以主楼和地下车库下基础土体不会发生滑移失稳。

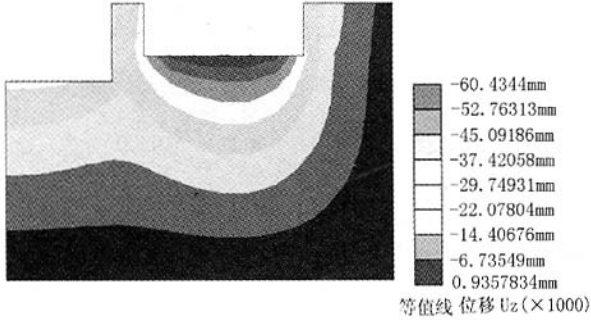


图 4 典型剖面的位移图

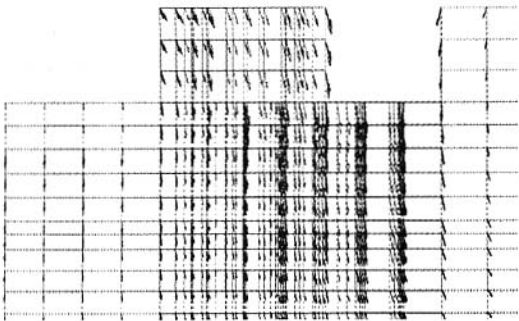


图 5 典型剖面位移矢量图

(上接第 56 页)

通常情况下 ,对于圆筒形地连墙来说 ,弹性地基梁法求得的最大弯矩比按空间结构计算的弯矩偏大些。

根据计算分析得知 ,采用不同的计算参数和方法得到的墙体内力和位移出入很大。应当根据以往的设计经验和已成工程的原型观测结果 ,选定适合于工程的设计内力和位移 ,为基坑和地连墙的设计提供依据。

6 结语

(1)根据有关资料 ,采用多种计算方法进行结构和渗流计算 ,综合进行技术经济比较 ,给出地连墙入土 (岩)深度 h_d 和墙底帷幕灌浆深度建议值 ,并由此计算和选定弯矩以及配置钢筋。

(2)地连墙墙底深度是保证基坑开挖期间的安全稳定的关键 ,也就是说地连墙在基坑坑底以下的

4 结论

(1)据基础底板沉降计算结果可知 ,差异沉降在《建筑地基基础设计规范》(GB50007 - 2002)规定范围内 ,在天然地基满足结构承载力要求的先决条件下 ,沉降也满足要求 ,所以可以使用天然地基方案。

(2)本次计算反映的位移为建筑物荷载施加后的弹性变形 ,并不反映土体后期由于逐渐固结和流变造成的变形 ,为保证建筑物安全使用 ,建议对建筑物施工期和一定阶段使用期进行沉降观测。

(3)主楼与车库地基基础位移矢量向地面下发展 ,该基础土体没有失稳滑移的趋势。

参考文献 :

[1] JGJ 3 - 2002 , J 186 - 2002 ,高层建筑混凝土结构技术规范 [S] .
[2] GB 5007 - 2002 ,建筑地基基础设计规范 [S] .
[3] 宰金珉 ,宰金璋 . 高层建筑基础分析与设计 [M] . 北京 : 中国建筑工业出版社 ,1993 .
[4] 赵锡宏 ,等 . 带裙房的高层建筑与地基基础共同作用设计理论与实践 [M] . 上海 : 同济大学出版社 ,1999 .

入岩 (土) 的深度 h_d 的大小应当由渗流稳定和结构强度稳定综合确定。

(3)这里应特别指出基坑是否稳定是由多种因素决定的。结合过去的工程实例 ,可知基坑破坏的主要原因并不是因钢筋配的太少 ,而是设计的入岩深度 h_d 不够深而造成管涌、突水等渗水破坏。通常认为基坑事故破坏 80% 以上与水有关。所以说 ,没有渗流计算的设计是不完整的设计。

(4)在保证基坑稳定的情况下 ,可通过渗流计算 ,得出最小的入岩深度 h_d 。

以上仅为我们在设计、施工工作中的一点体会 ,相信会对优化改进设计方案及施工中质量安全方面有所帮助 ,为其它工程提供参考。

参考文献

[1] 丛蓓森 . 地下连续墙的设计施工与应用 [M] . 北京 : 中国水利水电出版社 ,2001 .