

高层建筑复合桩基的整体性状分析

Numerical analysis of compound pile foundation under tall building

葛忻声^{1,2}, 龚晓南², 白晓红¹

(1. 太原理工大学 建筑工程学院, 山西 太原 030024; 2. 浙江大学 岩土工程研究所, 浙江 杭州 310027)

中图分类号: TU 473.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2003)06-0758-03

作者简介: 葛忻声(1966-), 男, 山西宁武人, 任职于山西省太原理工大学建筑工程学院, 工学博士, 一级注册结构工程师, 主要从事上部结构与地基的共同作用研究。

0 引言*

复合桩基是桩和桩周土共同承担上部荷载的桩体形式。由于高层建筑的广泛应用, 高层建筑的整体分析对充分挖掘地基土的潜力、利用地基土的承载力、降低建筑造价都是刻不容缓的事情。本文依据具体工程实例, 分析其随施工荷载的增加而引起的复合桩基的性状。

1 工程实例介绍及有限元模型的建立

浙江省某一高层建筑^[1], 地上21层, 地下1层, 建筑面积22600 m²的框架体系, 采用桩-筏复合桩基。按原勘察报告, 从天然地表填土层到强中风化安山玢岩, 其间夹有黏质粉土与粉质黏土, 共分为9层。基础底板厚2 m, 筏板落在厚度约为9 m、承载力较高的3[#]粉砂层上。钢筋混凝土桩为106 ϕ 600 mm, 桩长31.4 m, 桩端进入7[#]粉质黏土层内。

有限元模型建立时采取如下假定: (a) 上部结构的钢筋混凝土梁柱、钢筋混凝土桩基均为线弹性体; (b) 土体为连续的弹塑性体, 符合Drucker-Prager模型; (c) 桩与周围土体、筏板与下部土体自始至终是紧密接触的, 即在变形过程中, 它们之间没有相对滑动产生或发生脱离; (d) 为减少单元数目, 忽略上部结构中楼板的作用, 其上的荷载等效作用在周边的梁上。

有限元模型计算时为减少机时, 取对称体一半进行分析。有限元计算模型见图1, 深度取至强分化基岩处。据勘察资料, 按土体类别将土层简化为3层。各土层的有限元计算指标可据勘察报告中的指标进行加权计算并用实测沉降资料验证得到。土体材料的单元取为空间八节点协调单元、混凝土桩的单元取为圆柱形管单元、混凝土梁柱的单元均取为三维梁单元。

2 有限元位移场的分析

图2、3反映的是随施工荷载的增加, 基底处及B

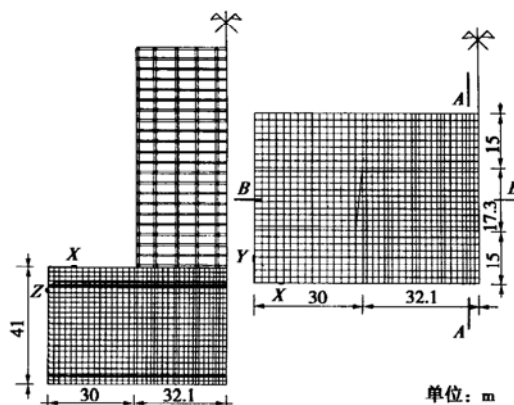


图1 有限元模型

Fig. 1 Model of finite element analysis

- B剖面的典型位移图形。在不同荷载时的规律也与此类似, 仅数值大小不同。图2中, 由于上部结构平面的不规则, 导致中部位移不在基础平面的中心位置。

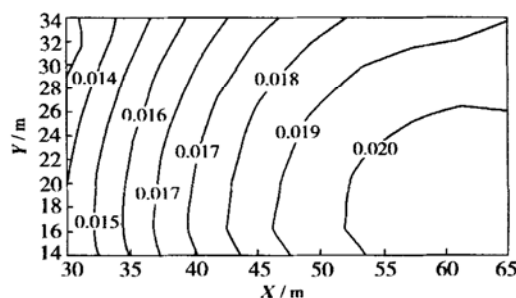


图2 22层荷载作用下基底处位移图

Fig. 2 Typical displacement isogram under the raft

图4反映的是随施工荷载增加, 桩土沉降差的规律。可看出: 在筏板附近, 沉降差很小, 而随深度增加, 沉降差越来越大。这说明筏板对浅层桩基是有限制作用的, 也说明群桩基础中桩与土各自的位移是不同的。

图5反映的是上部结构的刚度变化对基础变形的影响^[2]。随着施工荷载的增加, 即上部结构刚度的增加, 建筑物的平均沉降相应增加, 但单位荷载的平均沉

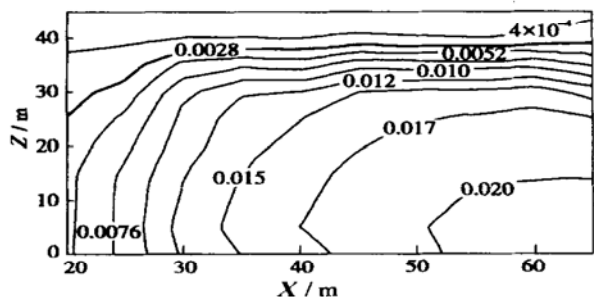


图3 22层荷载作用下B-B剖面位移等值线

Fig. 3 Typical displacement isogram of B-B

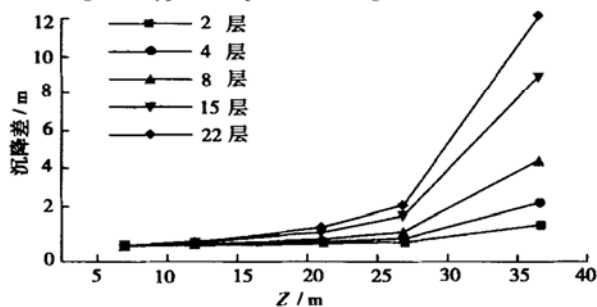


图4 桩土沉降差图

Fig. 4 Settlement difference between pile and soil

降 ΔS_1 基本不变。这说明刚度的变化对整体沉降没有影响。筏板的差异沉降随着楼层的增加而相应增加,但其单位荷载的差异沉降 ΔS_2 的变化则趋于定值。这说明上部结构的刚度对基础的影响是有限的。

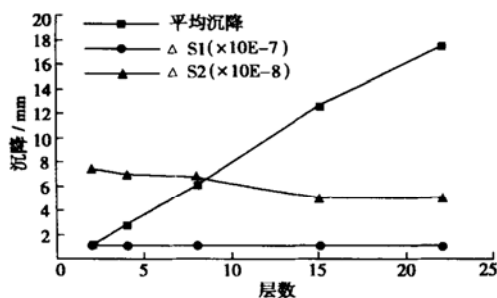
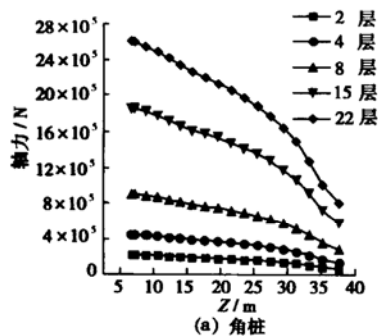
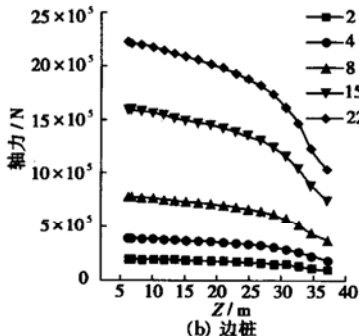


图5 上部结构的刚度变化对基础变形的影响

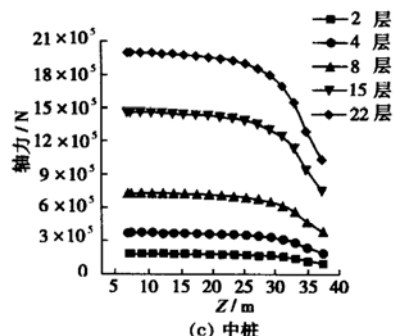
Fig. 5 Influence of rigidity of upper structure to the settlement of foundation



(a) 角桩



(b) 边桩



(c) 中桩

图7 角桩、边桩、中桩的桩身轴力

Fig. 7 Axial force in different piles

3 有限元应力场的分析

分析结果表明基底应力随荷载的增加,仍是马鞍型分布,即边缘应力大、中部应力小。

图6反映的是B-B剖面上的桩、土反力曲线。在层数较低时,反力形状较均匀;而层数较高时,特别是大于8层以后,反力形状变化,边缘反力大于中部的反力。靠近边缘内侧有反力减小区域,产生了一个跨越段;其土体的反力,由于桩的影响,在桩的附近土体的反力减小,但总趋势为边大中小。这样的结果是由于低层刚度小,而高层刚度大造成的。A-A剖面的结果与此类似。

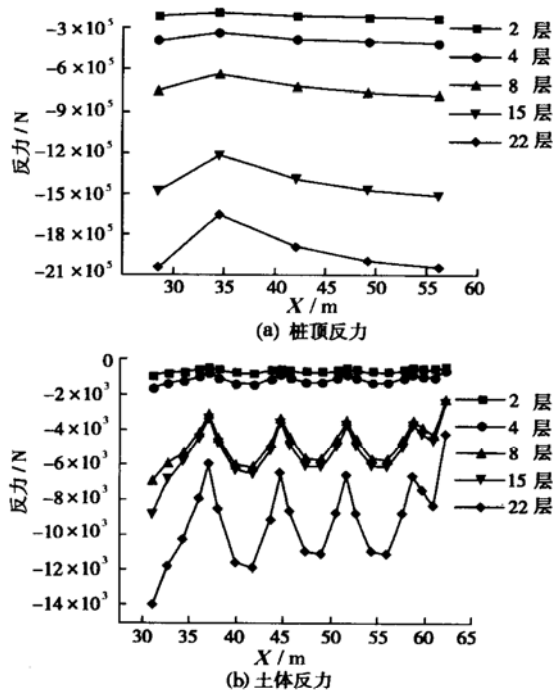


图6 B-B剖面桩顶反力、土体反力曲线

Fig. 6 Reactive force of B-B under the raft

图7反映的是角桩、边桩、中桩的桩身轴力曲线。在桩顶处,角桩轴力>边桩轴力>中桩轴力;而在桩端处,角桩轴力急剧下降,轴力值大小正好相反。

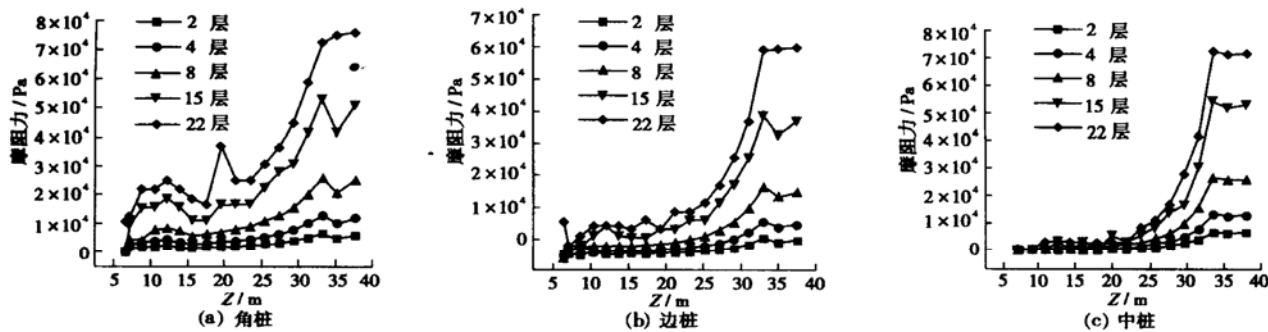


图 8 角桩、边桩、中桩的侧摩阻力

Fig. 8 Side friction in different piles

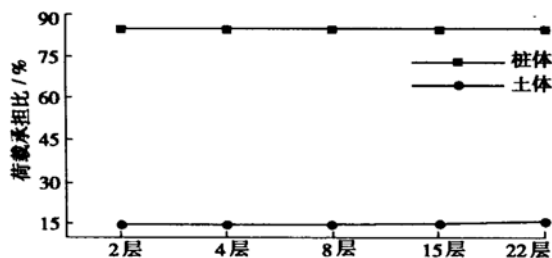


图 9 基底处桩土承担荷载比例图

Fig. 9 Load ratio of pile to soil

图 8 反映的是角桩、边桩、中桩的桩侧摩阻力曲线。可看出桩下部的摩阻力远远大于上部。这样的结果与上述位移场中沉降差的规律一致,即侧摩阻力的大小取决于桩土沉降差的大小。

图 9 看出,基底处的桩土荷载承担比,桩约占 85%、土约占 15%,且变化幅度较小。由此计算的桩土应力比约为 220。

4 结 语

本文结合具体工程,通过有限元分析,探讨了高层建筑复合桩基随施工荷载变化时,其应力场、位移场的一些特点,并得到了一些有益的规律。

参考文献:

- [1] 殷宗泽, 龚晓南. 地基处理工程实践[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000. 330-340.
- [2] 董建国, 赵锡宏. 高层建筑地基基础[M]. 上海: 同济大学出版社, 1997. 292-310.

博士简介扩大刊登范围启事

本刊开辟的博士简介栏目在广大读者支持下,自 1995 年以来,已连续 8 年报导我国岩土工程界博士学位获得者简况。今后仍将在每年第 6 期刊登博士简介,凡在海内外取得岩土工

程博士学位者,均属报导范围。简介文稿请在当年 10 月 30 日(截稿)前寄来南京本部。

(本刊编辑部)

致本刊编委及各位审稿人

为感谢审稿人的辛勤劳动,本刊向所有审稿人均按时寄送微酬。但由于种种原因,汇款单被退回的情况时有发生。本刊除向这些审稿人致谢、致歉外,希望尚未收到审稿费的各位,将您的准确地址通知本部,以便重新补寄审稿费。并按您的要求赠阅相应刊期。

(本刊编辑部)