

DADIPAN DUOTALOU JIEGOU

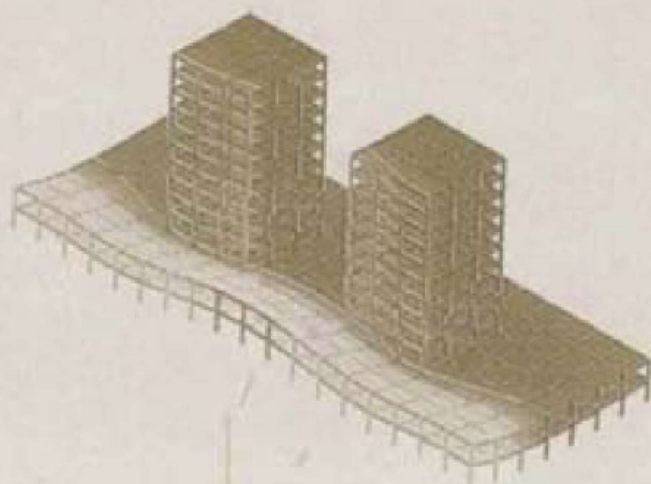
ZHUANGJI YU JICHU YOUHUA

SHEJI YANJIU

孙海忠 张治国 栗新 / 著

大底盘多塔楼结构

桩基  基础优化
设计研究



上海科学技术出版社

内 容 提 要

大底盘多塔楼结构是目前商务楼宇建设中较为热门的建筑物结构形式之一,桩筏基础也是高层建筑常用的基础结构形式。本书主要涉及大底盘多塔楼结构桩基与基础变形及优化设计的基本理论及方法。全书共六章,内容主要包括:基坑开挖对邻近浅基础框架结构的影响分析、基坑开挖对邻近大底盘多塔楼结构影响分析、竖向荷载作用下大底盘多塔楼结构桩筏基础优化设计研究,以及工程实例等。

本书可作为高等院校土建类、岩土工程专业和结构工程专业建筑桩基与基础优化设计课程的教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大底盘多塔楼结构桩基与基础优化设计研究 / 孙海忠, 张治国, 栗新著. —上海: 上海科学技术出版社, 2019.2

ISBN 978 - 7 - 5478 - 4266 - 9

I. ①大… II. ①孙… ②张… ③栗… III. ①高层建筑—桩基础—建筑设计—研究 IV. ①TU473.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 268946 号

大底盘多塔楼结构桩基与基础优化设计研究
孙海忠 张治国 栗新 著

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社
(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235 www.sstp.cn)
苏州望电印刷有限公司印刷
开本 787×1092 1/16 印张 9.75
字数 180 千字
2019 年 2 月第 1 版 2019 年 2 月第 1 次印刷
ISBN 978 - 7 - 5478 - 4266 - 9/TU · 272
定价: 48.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题, 请向工厂联系调换

大底盘多塔楼结构是目前商务楼宇建设中较为热门的建筑结构形式之一,桩筏基础也是高层建筑常用的基础结构形式。鉴于桩基相关技术规范已将变刚度调平方法写入,故非常有必要针对大底盘多塔楼结构桩基、桩筏基础优化进行更详细的研究。

实际上,随着我国城市建设走向集约化、立体化发展道路,带多塔楼的统一、大面积地下室建筑工程越来越多,成为城市建设设计的新趋势。目前,带裙房的超高层上部结构与地基基础共同作用的研究较多,同时开展的大量现场试验和变形、应力测试也取得了很多研究成果。但是,针对多塔楼、大面积底板的桩基优化研究项目不多,现场实测和理论计算分析也相对薄弱。因此,对于大面积、统底盘、多塔楼建筑结构形式的桩基受力性质研究及基础底板的刚度研究尚待深入,以对桩基及基础进行优化设计,提高基础设计水平,获得较大经济效益。

本书首先研究了基坑开挖对邻近建筑的变形影响,重点针对梁、柱及浅基础结构受力和变形进行了研究;其次,以变刚度大底盘多塔楼结构桩筏基础为研究对象,以变刚度调平原则为指导,对桩筏基础进行一系列优化设计研究,其中变刚度的实现途径主要有变桩长、变桩径、变桩距等。最后,着重研究了改变桩长及筏板厚度后桩筏基础的变形规律和内力分布,以及不同桩筏基础下上部结构内力的变化特点,并通过工程实例,验证变刚度调平运用在桩筏基础上的优化效果,考虑基坑开挖对大底盘多塔楼结构的变形影响。

本书在编写中力求保持内容的完整性和系统性,其主要内容具体如下:

(1) 基坑开挖对邻近不同角度建筑物变形的影响分析。包括当填充式框架建筑物与基坑成不同距离且任意角度时,邻近建筑受基坑开挖影响的变形规律将呈现差异;当二者相对角度不同时,邻近建筑物将会从单一的弯曲与剪切变形,逐步转变为弯曲、剪切变形与扭转变形共同作用的复合变形。

(2) 基坑开挖对受损建筑结构的影响分析。包括通过对建筑物梁、柱受损刚度的调整,进而实现减小对历史建筑物刚度损伤的影响,研究了不同刚度填充框架建筑物的变形特征;基于既有历史建筑结构受基坑开挖影响,提出一定的加固措施。

(3) 建筑结构-基础-地基共同作用分析。包括建筑物的基础和上部结构与其所作用的地基组成相互作用统一整体,三者存在着相互协调、约束的关系;针对条形浅基础框架结构,在竖向力作用下,框架相邻柱的变形特征和受力特点。

(4) 变刚度调平原则。包括基于变刚度调平原则的理念,将调平方法运用于具体桩筏

基础优化设计中;在不同调平方案下,研究桩筏基础受力、变形的差异性,选取工程设计上的最优方案;针对桩筏基础在不同优化设计方案下,上部结构的内力分布特点及变化规律。

(5) 建立大底盘多塔楼结构及其桩筏基础数值分析。包括基于 Mohr-Coulomb 理想弹塑性模型,采用 Midas/GTS 有限元软件,建立大底盘多塔楼结构及其桩筏基础的三维有限元数值模型;在上部结构为双塔及两层地下室时,模拟不同优化设计方案下桩基与筏板变形特点及受荷规律。

(6) 工程实例对比验证分析。包括针对上海南桥新城项目,通过建立整体三维有限元数值模型与实际工程设计进行对比,分析桩筏基础变形规律并对其设计的合理性进行验证;基于工程实例分析,提出在大底盘多塔楼结构下桩筏基础设计的重点和难点。

(7) 基坑开挖对大底盘多塔楼结构的影响分析。包括针对大底盘多塔楼结构,研究在其周围开挖基坑时,多塔楼、地下室及其桩筏基础变形影响;针对开挖基坑对邻近建筑可能产生的不利影响,提出变形预警分析及相应的安全防护措施。

本书的出版,可明确大底盘多塔楼结构桩基与基础的受力特征和优化设计,提高相关设计施工研究人员对多塔楼、大底板综合体桩基、基础设计水平及设计施工研究人员的业务水平,同时对我国土建相关专业的市场竞争力和科技竞争力都有促进作用。

本书参编单位为上海理工大学和上海市建工设计研究院有限公司,作者为上海市建工设计研究院有限公司孙海忠、上海理工大学张治国、上海市建工设计研究院有限公司栗新,由上海理工大学张治国设计大纲并主持编写。上海理工大学研究生张瑞、贾延臣等进行了相关文稿编辑和图表制作处理工作。本书部分研究成果来自作者所主持的科研项目,本书作者与合作者在大底盘多塔楼结构桩基与基础优化设计领域进行了合作研究,在此对他们的帮助表示由衷感谢!在本书的编写过程中,也参阅了国内外相关学者论著与资料,还得到了来自上海市建工设计研究院有限公司的各位专家及上海理工大学各位老师的指导帮助,在此一并表示衷心的感谢!

大底盘多塔楼结构桩基与基础优化设计方法和理论技术在我国仍处在积累和高速发展的阶段,且属于经典的交叉学科范围。由于时间仓促和作者认识上的局限性,本书存在疏漏和不当之处在所难免,恳请广大读者不吝赐教、批评指正。

作 者

2018 年 10 月

第1章 绪论	001
1.1 大底盘多塔楼结构及桩基础应用现状	002
1.1.1 大底盘多塔楼结构的工程应用	002
1.1.2 桩基础应用状况	005
1.1.3 桩基础优化理念	009
1.2 现有研究成果	011
第2章 基坑开挖对邻近浅基础框架建筑影响分析	021
2.1 Mohr-Coulomb 模型简介	022
2.2 三维模型的建立	024
2.2.1 历史建筑物计算参数选取	024
2.2.2 土体及施工参数选取	025
2.2.3 基坑施工参数选取	026
2.3 基坑开挖对邻近任意角度建筑物的变形影响分析	027
2.3.1 模拟方案	027
2.3.2 建筑物横、纵墙倾斜和水平位移变化规律	028
2.3.3 建筑物纵墙相对挠曲变形规律	030
2.3.4 建筑物扭转变形规律	031
2.3.5 建筑物纵墙主拉应变分布规律	035
2.4 梁、柱受损条件下建筑受基坑开挖影响分析	039
2.4.1 模拟方案	039
2.4.2 纵墙沉降变形规律	040
2.4.3 纵墙相对挠曲变化规律	041
2.4.4 建筑物纵墙主拉应变分布规律	043
2.4.5 梁、柱刚度分别受损条件下建筑变形规律	046

2.4.5.1	纵墙相对挠曲变形规律	046
2.4.5.2	建筑纵墙主拉应变变化规律	048
2.5	任意角度建筑物和梁、柱受损工况下安全评价	049
2.5.1	变形控制标准	049
2.5.2	建筑物结构安全评价	050
2.6	不同结构形式建筑受基坑开挖影响变形	051
2.6.1	模拟方案	051
2.6.2	基础沉降变形规律	053
2.6.3	基础相对挠曲变形规律	054
2.6.4	建筑纵墙主拉应变变化规律	055
2.6.5	建筑倾斜、转动、角变形分析	057
2.6.6	不同开洞比建筑物变形性状	061
第3章	基坑开挖对邻近大底盘多塔楼结构影响分析	069
3.1	模型概况	070
3.2	模型工程地质条件	072
3.3	模型基本信息	072
3.4	模型数值模拟结果分析	076
3.4.1	建筑-土体整体位移	076
3.4.2	桩的水平侧移	080
3.4.3	桩的竖向沉降	082
3.4.4	筏板的变形	084
3.4.5	上部结构的变形	085
第4章	竖向荷载作用下大底盘多塔楼结构桩筏基础优化设计研究	087
4.1	大底盘多塔楼结构模型概况	088

4.1.1	大底盘多塔楼概况	088
4.1.2	地质土层参数信息	089
4.2	有限元数值模型的建立	089
4.3	数值模拟结果分析	091
4.3.1	竖向沉降分析	091
4.3.2	桩基内力分析	099
第5章 工程实例		105
.....		
5.1	项目概况	106
5.1.1	结构设计方案	106
5.1.2	结构体系及抗震等级	108
5.1.3	材料选用	109
5.1.4	其他说明	109
5.2	岩土工程初步勘察报告	109
5.2.1	工程概况	109
5.2.2	勘察目的	110
5.2.3	执行的规范、规程	111
5.2.4	勘察工作量布置	111
5.2.5	取土方法和原位测试方法	112
5.2.6	地形地貌	112
5.2.7	场地周边环境	113
5.2.8	地基土的构成及特征	113
5.2.9	地基土物理力学性指标	114
5.2.10	地基土分析	114
5.2.11	天然地基	115
5.2.12	桩基	116
5.2.13	基坑工程	119

5.2.14	基坑开挖注意事项	120
5.2.15	结论与建议	122
5.3	数值模拟	126
5.3.1	模型介绍	126
5.4	数值模拟结果分析	127
5.4.1	Z 向沉降分析	127
5.4.2	建筑扭转位移图	129
5.4.3	桩基与筏板沉降图	129
5.4.4	桩基扭转图	131
5.4.5	桩基内力及应力云图	131
5.4.6	上部结构内力云图	133

第 6 章 结论与展望 139

6.1	结论	140
6.1.1	基坑开挖对邻近浅基础框架建筑的影响	140
6.1.2	基坑开挖卸荷作用下大底盘多塔楼变形的影响	140
6.1.3	竖向荷载作用下大底盘多塔楼结构桩筏基础优化设计	141
6.1.4	工程实例项目对比	141
6.2	展望	142

参考文献 143

第 1 章

绪 论

1.1 大底盘多塔楼结构及桩基础应用现状

1.1.1 大底盘多塔楼结构的工程应用

高层建筑可以使城市人口更加集中,也可以通过结构内部交错的通道缩短各个部门的距离,从而提高人们的工作效率。此外,高层建筑也可以在一定程度上缩短建筑工期并减少市政投资,更重要的是使大面积的建筑用地减少。而随着对高层建筑设计技术的丰富发展,高层建筑结构体系中的种类逐渐增多,如框架结构、剪力墙结构、框剪结构、筒体结构等。但在城市用地日益紧张的现实条件下,商住两用的大底盘多塔楼结构逐渐在高层及超高层建筑领域中广泛应用,该结构形式独特且其下部底盘结构空间大,适合商业使用;同时,上部塔楼结构紧凑,也可以用于住宅。所以,大底盘多塔楼结构是集商业休闲、办公和家用住宅于一体的多功能建筑,在国内应用广泛。

南京世茂 G11 项目(图 1-1)位于南京市建邺区集庆门大街南侧、江东中路东侧、云锦路西侧,是南京世茂新领航置业有限公司投资兴建的集商业、酒店、办公和公寓于一体的超高层综合体。



图 1-1 南京世茂 G11 项目

上海钢铁交易中心大厦(图 1-2)是第一钢铁市场的全球核心总部,地处中环路高架与逸仙路高架的交汇处,建筑分为 A、B 两座及裙房,总层数 17 层,地上 15 层,地下 2 层,建筑总高度 63.4 m。



图 1-2 上海钢铁交易中心大厦

上海雅居乐国际广场(图 1-3)是一幢集商场、酒店于一体的综合性超高层建筑,建筑高度 137.8 m,总建筑面积为 114 358 m²;塔楼共 37 层,其中包括地下室 3 层,裙房 9 层。项目整体分为酒店和商场两部分,裙楼主要是商场、宴会厅,塔楼为酒店及其配套措施。



图 1-3 上海雅居乐国际广场

唐山新华文化广场(图 1-4)位于唐山市路北区新华道与文化路交叉口东北地块,总占地面积 25 989 m^2 ,规划用地面积 22 614 m^2 ,总建筑面积 25.45 万 m^2 ,地上 18.09 万 m^2 ,地下 7.36 万 m^2 。其中高档住宅 5.1 万 m^2 、高档写字楼 3 万 m^2 、中心商场 8 万 m^2 ,属于高层建筑集群组成的大型高档和精品综合商业地标建筑。



图 1-4 唐山新华文化广场

当代 MOMA 城(图 1-5)位于北京东城区香河园路 1 号,地下 2 层连为一体,地上包括 9 个塔楼和 1 个影剧院,塔楼主要为住宅。此工程的结构设计极为复杂,包括纯地下室抗浮



图 1-5 唐山新华文化广场

设计、地下结构的超长及不均匀沉降协调设计、主体结构悬挑和收进超限、高位多塔楼连体和大跨度连廊的舒适度等多个问题。

1.1.2 桩基础应用状况

桩基础是一种最古老、最基本、最常见的基础形式,使人类将建筑物建造在软弱地基上成为可能。在城市建设、交通旅游、市政规划的大发展中,作为一种有效的基础形式,桩基础在土木工程领域(如高层建筑、路桥、钻井平台、港口码头等)的工程建设中发挥着重要的作用。当地基土层无法承受上部建筑的荷载时,桩基础就可以将建筑上部全部或部分荷载经软弱土层传递到较坚硬的、压缩性小的深部土层或是坚硬岩层中去。简单地说,桩是一种具有一定刚度和抗弯能力的结构,虽然它属于结构力学中较为简单的一种结构形式,但是当受到不同的荷载作用或桩的几何形状及材料性质不同时,这些因素也决定了桩具有不同的工作特性。正是因为桩基础具有承载能力高、稳定性能好、抗震能力强、沉降变形小、适合机械化施工等优点,才使各种复杂的地质条件应用桩基础作为地基基础解决了许多工程难题。桩基础除了主要用于承受竖向荷载以外,还能承受侧向风力、土压力、地震力等水平力。

桩基础利用其自身多种独特的特点,在不同的工程中,桩基础可以发挥不同的作用:由于桩身与土的密切接触,上部结构荷载可以通过桩土接触面传递到桩周土中,也可以将荷载传递给更深层的较坚硬的土层或岩层,这样可以穿过软弱土层,提高基础的承载能力用以支撑大型、重型的建筑;对于某些对沉降要求很高的建筑,可以利用桩基础自身具有的较大竖向刚度的特点来获得较小、较均匀的沉降量来达到建筑的安全要求和使用需要;对于建造在液化土层上的建筑物,为了在地震中保持自身的安全性,可以使用桩基础来穿过液化土层,将上部荷载传递给稳定的不液化土层;在易发台风、地震地区或是在软弱地基上承受巨大水平荷载的建筑中,多采用水平受荷桩和抗拔桩来抵制外界产生的巨大水平力、上拔力,这正是利用了桩基础具有很大的侧向刚度和抗拔力的特点,确保高层建筑物和构筑物的安全;在施工水位或地下水位较高的地质环境中,若采用其他深基础,会造成施工不便或经济上不合理时,桩基可以通过桩体将荷载穿过水体传递到地基上,避免或减少在水下作业,可以达到节约建造成本、易施工、缩短工期的目的。

由于桩基础是将若干根单桩的顶部和承台联结成整体来共同承受上部荷载,并将上部荷载传递到地基较深处承载力较好的土层中的一种深基础,所以桩基础承台的结构形式和桩的布设取决于上部建筑的结构特点、工程地质条件和施工环境。当上部结构为剪力墙结构时,可以在墙下布设排桩,在一般情况下,剪力墙的厚度小于桩径,可以通过设置构造性的过渡梁来解决桩径大于剪力墙的问题;当建筑的地下室是具有底板、顶板、外墙和若干

纵、横内隔墙构成的箱形基础时,可满堂布桩或按柱网轴线布桩;当在桥梁墩台下或框架结构的柱下时,通常需要在承台下布设若干根桩,构成独立的桩基础;当上部荷载较大时,在框架柱列之间常设置基础梁,沿梁的轴线方向设置排桩,构成梁式承台桩基;当承台采用筏板时,可按柱网轴线布桩,使得筏板不承受桩的冲剪作用,只承受水的浮力和有限的土反力;当上部荷载比较大,需要布桩较多时,沿轴线布置桩可能有困难,则可以在筏板下满堂布桩。

考虑高层和超高层建筑上部结构荷载相对较大的条件下,对地基沉降变形和承载性能的要求相对较高,天然浅基础已经远远不能满足要求,因此长大桩基作为一种深基础形式,正广泛地应用于高层和超高层建筑基础中(图 1-6)。

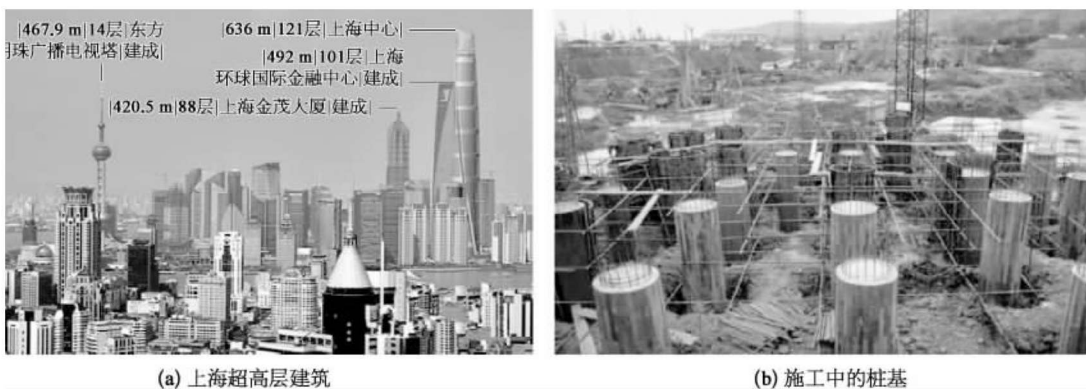


图 1-6 桩基础运用于超高层建筑

其中,桩基础的工作原理为:上部结构荷载由承台传递分配到各桩,同时各桩将荷载以桩侧摩阻力的形式传递给桩侧土层,以桩端阻力的形式传递给桩端相对坚硬的土层。因此,桩基础相对其他浅基础类型,具有较高的承载力和较强的控制沉降变形能力。目前,高层和超高层建筑最常用的桩基础形式有桩筏基础和桩箱基础,筏板(或箱)和桩各自发挥自身优势,协同工作共同承担上部结构荷载,能大大增加基础承载力和控制沉降变形能力。

不同类型的桩基础,在施工时对环境具有不同的影响,其承载性能也不同,适用于不同的地质环境。桩可按桩身材料、截面形状尺寸、承载机理、对土层作用效应和施工方法等进行分类。

1) 按承台状况分类

- (1) 低承台桩:指桩身全部埋于土中,承台底面与土体接触,承台本身承担部分荷载。
- (2) 高承台桩:指承台底面高出地面,桩身暴露在地面以上的环境中。

2) 按材料分类

由木材、混凝土、钢筋、钢管等材料做成相应的桩型,即木桩、混凝土桩、钢筋混凝土桩、

钢管(型钢)桩和复合桩。其中,钢筋混凝土又可分为普通混凝土、预应力混凝土、高强混凝土。

3) 按形状分类

(1) 按桩身纵断面:微型桩、树根桩、螺旋桩、楔形桩、多节(分叉)桩、扩底桩、支盘桩。

(2) 按桩身横断面:圆形、八边形、十字桩、X形桩。

4) 按尺寸分类

(1) 小直径桩:即直径 $d \leq 250$ mm 的桩。

(2) 中直径桩:即直径范围为 $250 \text{ mm} < d < 800$ mm 的桩。

(3) 大直径桩:直径 $d \geq 800$ mm 的桩。

5) 按桩对土层作用效应分类

(1) 挤土桩:指随着桩在沉桩或沉入钢套管的过程中,桩身占据原土层的空间,桩周土被挤密或挤开,严重扰动周围土层,超孔隙水压力增长较大,土层结构发生破坏。此类桩有锤击或静压打入土中的预制桩、封底钢管桩和沉管灌注桩。

(2) 少量挤土桩:指在沉桩过程中,桩周土被挤密或被挤开的程度较小,即桩周土层受轻微扰动,土的结构和工程性质的破坏不明显。此类桩有打入式敞口桩、预钻孔打入式预制桩、沉管灌注桩。

(3) 非挤土桩:指在成孔或沉桩的过程中,周围的桩间土没有受到非挤土桩的挤压作用,土的结构和工程性质不受影响,同时不会引起土中超孔隙水压力的增长。此类桩有干作业法钻孔灌注桩、泥浆护壁法、套管护壁法钻(冲)孔。

6) 按承载性状分类

(1) 端承桩:指桩端坐落于较坚硬的土层,主要由桩端承受上部建筑的荷载,桩长一般不会太长。

(2) 摩擦桩:指主要由桩侧摩阻力来承受上部建筑的荷载,桩长一般较长。

7) 按桩的施工方法分类

(1) 预制桩:指在工厂或施工现场制作各种材料的桩身(如木桩、混凝土桩、预应力混凝土管桩、钢桩等),用锤击、振动或静压的方法将桩打入或压入设计的标高。

(2) 灌注桩:指在设计好的施工现场相应桩位上用钻、冲或挖等方法挖成截面为圆形的桩孔,再将加工好的钢筋笼放入圆孔中,然后现场将混凝土浇筑在放有钢筋笼的圆孔中。

8) 按使用功能分类

(1) 竖向抗压桩:指桩身轴向受压,主要由桩端阻力和桩侧摩阻力承受上部建筑传来的竖向荷载,其中两种阻力并不是同时发挥作用,工作时的桩身强度要验算轴心抗压强度。

(2) 竖向抗拔桩:指当验算抗浮力可能不满足要求时,需要设置承受上拔力的桩来抵

抗上拔力。

(3) 水平受荷桩: 指桩基础主要承受水平荷载,或是用于防止土体、岩体滑动的抗滑桩。

(4) 复合受荷桩: 指当上部结构传递给桩的水平荷载和竖向荷载都较大时,需要同时验算竖向和水平两个方向的承载力而设置的桩。

传统桩筏基础设计中,上部结构内力分析以假定基础为绝对刚体为前提,并将上部结构内力分析结果直接作为外荷载作用于基础上,假定荷载全部由各桩承担,其计算方法只考虑静力平衡条件,平均分配到各桩,且大多采取均匀布桩(等桩长、等桩径、等桩距)的方式,往往忽略上部结构、承台、桩土的共同作用,而事实上群桩效应会使得各桩竖向支承刚度由外向内逐渐减小。均匀布桩情况在均布荷载作用下由于群桩效应必然会出现“碟形”分布的差异沉降,即中桩部分沉降明显大于边桩部分,而对于荷载分布为内大外小的框剪、框筒、筒中筒结构的高层和超高层建筑,其“碟形”差异沉降就会更加明显。在这样的条件下,一方面使得差异沉降会大大增加,同时承台弯矩也会明显增加,进而会使承台配筋量增加,不利于节省成本;另一方面,差异沉降过大会使得上部结构产生较大的次应力,超出一定额度后会使建筑物产生裂缝、倾斜甚至发生破坏,从而会大大减少建筑物正常使用寿命。

一些设计者为减小桩筏基础差异沉降,盲目地增加桩数、桩长、桩径和承台厚度等,结果必然会大大增加基础设计成本,造成不必要的浪费,且违背了“节能减材”的绿色设计理念;同时也会加剧筏板反力和桩顶反力的不均匀性以及基础底板的内力,因此桩基优化设计已经成为当前群桩基础设计中不可避免的重要问题。另外,高层和超高层建筑体积、质量、刚度一般都较大,结构体系也较为复杂,若仍假定基础为绝对刚体,不考虑共同作用,其计算设计结果与实际情况必然会有较大差距,因此其桩基优化设计应在考虑上部结构-地基-基础共同作用的基础上进行,共同作用在连接点处需同时满足静力平衡与变形协调条件。

同时,为解决城市空间拥堵等问题,地下空间的利用成为工程热点。地铁、地下商业街等地下工程均须进行深基坑开挖。深基坑工程大多数为临时性工程,由于预算紧张,加之影响其质量的因素众多(主要包括外力、变形、土性的不确定性及偶然因素引起的不确定性)目前深基坑工程发生事故的概率较高,而且表现出典型的地区性、突发性和社会性。如南京地铁2号线深基坑事故频发,主要是基坑塌方、涌水,基坑周边道路开裂,邻近建筑物开裂与倒塌等。从本质上来说,基坑工程事故主要涉及土体的变形、稳定及渗流破坏问题,导致事故的原因可归纳为勘察因素、设计方案因素(计算模型与方法、参数等)、施工质量问题、基坑中地下水及其他水患、基坑管理不善、综合因素影响等。在深基坑工程中,国内主要采用连续墙支护结构(适合软土地层,如上海、广州)、排桩支护(传统方法,适用广泛)、

SMW 工法(应用较少)等;关于深基坑的研究,主要采用经验公式法、模型试验法、现场实测法、数值计算法等,这些方法各有优缺点,更多场合则是将这些手段结合应用,这些方法在研究深基坑施工产生的环境效应的方面取得了很多有价值的研究成果,但是还存在一些问题。近年来,考虑到深基坑工程的特殊性,我国在深基坑的科研方面加大了力度,学者的研究精力更多放在与设计施工相结合的反演、预测、试验等科研工作上来,包括挡土结构、支撑体系、计算方法、施工方法与措施、现场监测等,特别重视深基坑的信息化施工技术,通过现场施工全过程的实时监控,采用反分析方法,提供基坑设计的有效参数。在一些全国性的会议上也有基坑工程的专题或以基坑工程为主题,出版了不少专著,学术讨论热烈,成果不断涌现,形成了一门前沿学科。

1.1.3 桩基础优化理念

针对等刚度均匀布桩差异沉降较大,有时可能会造成相当严重的后果,我国最新修订的《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2008)在总结十多年来桩基础设计施工及最新科研成果的基础上,增加了变刚度调平设计的概念以及相应的实施措施,首次将变刚度群桩基础设计写入规范,突破传统等刚度均匀布桩模式,通过变桩长、变桩径、变桩距等途径来实现。变刚度调平设计纳入规范在很大程度上为设计人员在桩基础设计时提供了指导。在变刚度调平设计理论的指导下,目前已有不少工程案例,如上海中心大厦、威海海悦大厦、北京银泰中心等,在满足地基承载力与变形的基础上采用此种设计方法,在一定程度上控制差异沉降,保证其正常使用功能,取得相当大的经济效益,展示出其广泛的应用前景与发展空间。因此对于变刚度桩筏基础工作性能的研究在高层和超高层建筑地基基础设计中占据着重要地位。变刚度调平设计的基本目标是尽可能减小建筑物差异沉降,以降低承台内力和避免上部结构产生较大的次应力,减小承台或筏板厚度和配筋,改善其使用功能,节约投资成本,获得较大的经济效益。

然而对于变刚度桩基础的设计规范并没有给出具体的规定,高层和超高层建筑采用群桩基础,特别是桩筏基础时,采用不同的桩筏组合方式(筏板的厚度不同,基桩的平面布置不同,桩数、桩径、桩长、桩距不同)均能实现桩土共同承担上部结构荷载,以满足地基承载力与沉降变形要求,但是不同的布桩方式可能会导致用桩量和地基承载力的发挥相差较大,后果当然是造成工程造价相差悬殊,对于桩基础的优化存在很大的空间。因此,需要正确认识桩筏基础的工作性状,研究如何在满足上部结构荷载要求的前提下,合理地选择布桩方式,以使桩间土承载力也能得到充分发挥,最大程度地减小上部结构产生的次应力和用桩量,这将对实际桩筏基础工程提供重要的参考理论与实践价值。

桩筏基础优化设计应该包含两个层次:桩型优选和细部优化设计。桩型优选是从桩筏