

CONCEPT DESIGN FOR BUILDING PILE
FOUNDATION AND ENGINEERING CASES ANALYSIS

建筑桩基概念设计与工程案例解析

俞有炜
编著

中国建筑工业出版社

建筑桩基概念设计与工程 案例解析

俞有炜 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑桩基概念设计与工程案例解析/俞有炜编著. —北
京: 中国建筑工业出版社, 2010
ISBN 978-7-112-11860-1

I. 建… II. 俞… III. ①桩基础-设计②桩基础-
工程施工 IV. TU473.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 032198 号

责任编辑: 杨 允 王 梅

责任设计: 赵明霞

责任校对: 兰曼利 刘 钰

建筑桩基概念设计与工程案例解析

俞有炜 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 9¼ 字数: 230 千字

2010 年 5 月第一版 2010 年 5 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 22.00 元

ISBN 978-7-112-11860-1

(19122)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书以概念设计为主线，旨在尝试将桩基设计从一般设计提高到概念设计阶段，即在设计中既有清楚的概念指导，又有相应的工程实例可以参照比较，在理论指导下进一步联系实际。全书共分5章，前3章介绍桩基设计的一般设计和概念设计的主要内容，第4章总结了上海地区桩基设计经验，第5章对典型的桩基工程案例进行详细解析，使读者对于桩基概念设计全过程有一个全面的了解。

本书既可作为岩土和结构专业人员了解桩基概念设计的入门书，又可为从事建筑基础设计人员进行桩基设计提供参考和借鉴。

The purpose of the book is to use the concept design as the guide line bring the general design of the building pile foundation up to a concept phase, that is to let the conception direct the design while provide real cases as reference.

There are 5 chapters in the book. Chapters 1 through 3 introduced the fundamentals of the general design and concept design for the building pile foundation. Chapter 4 summarized the building pile foundation design experiences in Shanghai area. Chapter 5 provided detailed analysis on typical engineering cases which will help readers to better understand the full processes of the building pile foundation concept design.

The book can be used by professionals in the Geotechnical Engineering and structure fields and as an entry to the building pile foundation concept design. It can also be used as a reference book for the professionals in the field of building pile foundation designs.

前 言

本书旨在尝试将桩基设计提高到概念设计阶段，即在设计中既有清楚的概念指导，又有相应的工程实例可以参照比较，在理论指导下进一步联系实际。桩基关系到整个建筑的生命安全，马虎不得。

书中着重介绍建筑结构基础设计的概念、经验，以期引导进入悟性和创造性的层面。通过设计方案比较，从基本概念出发，力求理论联系实际和因地制宜地合理选用建筑结构的基础类型、桩型、成桩工艺以及优化布桩。概念设计的目的是节约原材料、减少消耗资源、保护环境，从而达到安全可靠、实用经济的全面保障。

为此，在《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)及上海市《地基基础设计规范》(DGJ 08-11-1999)修订的时期，结合2007年9月11~14日于上海召开《第八届全国桩基工程学术年会》有关内容，决定重新把历年的桩基设计实例进行回顾整理，从实用性、可操作性出发，介绍经过实施的设计方案，再推荐一些有可行性的方案，进行综合比较，供广大设计工作者举一反三，达到抛砖引玉之目的。

书中着重介绍理论如何结合实际工程并附有一些数据和图表，对于理论知识作了简要说明，通过对不同类型工程的基础实例进行解剖和技术经济综合比较后做出正确设计方案。设计方法主要根据概念简单手算，这样能具有更强的整体性和方向性。为了精确计算所采用的电算程序由于有较多的人为假定因素而不含在本书内，但用电算取得数据是一种分析与判断的手段，在实际工程中可将手算与电算二者结合起来。

本书共分5部分，主要内容为第5部分中对于非常规设计的工程实例，重点介绍了如何选择设计方案。一方面尽量全面地介绍设计思路，另一方面利用近代理论研究成果及各种施工新技术、新工艺(包括得到国家知识产权局推荐的实用新型专利)，做可行性方案比较和优化设计。对于工程实例介绍，尽可能的把有关的资料、数据、插图有选择地进行了说明，方便大家参考。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 岩土工程概念设计	1
第 2 章 建筑桩基设计基本概念	2
2.1 桩基一般设计基本概念	2
2.1.1 桩基类型	2
2.1.2 桩基布置	2
2.1.3 桩基构造	3
2.2 其他相关概念	3
2.2.1 力学概念	3
2.2.2 土力学概念	4
2.3 桩基概念设计基本思想	5
第 3 章 桩基概念设计步骤	6
3.1 方案设计	6
3.1.1 了解基本设计规定	6
3.1.2 了解功能要求	6
3.1.3 熟悉基本资料	6
3.2 初步设计	7
3.2.1 桩顶作用效应计算	7
3.2.2 桩基竖向承载力计算	8
3.2.3 单桩竖向承载力计算	8
3.2.4 沉降计算	9
3.2.5 桩基承台计算	10
3.3 设计优化	10
3.3.1 优化设计的步骤	10
3.3.2 典型的设计优化方法	11
3.4 施工检验	12
3.4.1 桩基工程施工检验	12
3.4.2 桩基工程监测	13
第 4 章 上海地区的桩基础设计实践	14
4.1 概述	14
4.2 上海地区软土的工程性质	15

4.3 什么情况打桩? 用什么桩?	15
第5章 桩基概念设计案例解析	20
5.1 长短复合桩基的应用	20
5.1.1 上海浦东北蔡实业总公司综合办公楼 (1998 年)	20
5.1.2 上海浦东地区海富一期工程 (2007 年)	25
5.1.3 南京工业大学图书馆 (长短桩塑性支承成功案例) (2004 年)	43
5.1.4 江苏昆山国际商务中心区展示展销中心工程 (2003 年)	45
5.1.5 上海松江地区明方乐都大厦工程 (2006 年)	48
5.1.6 上海海运学校信息图书综合大楼 (2008 年)	52
5.1.7 上海绿地卢湾滨江项目新建工程 (2008 年)	57
5.1.8 云南玉溪华庭房地产开发项目工程 (2006 年)	66
5.2 混凝土预制方桩的应用	69
5.2.1 金陵东路外滩上海客运总站售票楼 (1981 年)	69
5.2.2 上海青浦地区小别墅 (2005 年)	80
5.3 预应力管桩加扩大头的应用	85
5.3.1 浙江临海工程——伟星·靖江花城 (2003 年)	85
5.3.2 浙江绍兴国际财富中心 (2004 年)	92
5.3.3 浙江桐乡春天花园一期工程 (2004 年)	95
5.4 后压浆钻孔灌注桩的应用	99
5.4.1 上海虹口区北外滩新外滩花苑工程 (1998 年)	99
5.4.2 上海浦东川沙地区工程 (2001 年)	108
5.4.3 上海天山路威宁路工程 (2003 年)	110
5.4.4 上海陆家浜路商住楼工程 (2006 年)	114
5.5 60m 预应力空心方桩	117
5.5.1 虹桥宾馆 (1983 年) 与银河宾馆 (1985 年)	117
5.5.2 陆家宅办公楼 (1986 年)	126
5.6 信息化施工	127
5.6.1 上海农展馆 (1994 年)	127
5.6.2 观海园工程 (2001 年)	129
5.6.3 上海浦东北蔡镇政府办公楼 (1998 年)	129
5.6.4 上海实业大厦 (1993 年)	131
5.6.5 上海鼓风机厂扩建工程 (1974 年)	132
5.7 建筑物修缮与基础加固	133
5.7.1 盘谷银行 (1995 年)	134
5.7.2 AIA 友邦大厦 (1996 年)	135
5.7.3 上海绍兴路文艺出版社 (2000 年)	136
5.7.4 小结	138
参考文献	140
后记	141

第1章 绪论

1.1 概述

桩基础是我国应用最广泛的基础形式之一。当承载力较高的土层埋藏较深,其上部软土层的承载力不能满足上部荷载时,或经过比较采用其他形式基础不经济、施工技术上比较困难、效果比较差时,往往选用桩基础。随着我国现代化建设的发展,桩基工程的地质条件、荷载特征、使用功能、施工环境等日益复杂,给广大工程设计工作者带来许多创新的机遇。为了在桩基设计与施工的过程中更好地贯彻国家的技术经济政策,做到安全实用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境,有必要在加强基本功的基础上,提出注重概念设计。

1.2 岩土工程概念设计

概念设计是由分析到生成方案的一系列有序的、可组织的、有目标的设计活动。岩土工程越来越重视概念设计,狭义的概念设计可以理解为框架设计,从总体上勾划出设计框架,以备进一步细化。广义的概念设计可以理解为一种设计思想。

工程设计领域包括人类在解决各种问题时对方案的构思和规划的一切活动。构思的目的是建立或产生解决问题的各种方案,而规划是对所有可用方案进行优选。从系统论的角度,岩土工程优化设计应分为两个阶段:一是符号推理性的工作,主要是方案设计工作;二是结构本身参数的优化,主要是数值计算工作,包括大量的计算、分析和参数的调整等。在设计方法学中,前者称之为概念设计,后者称之为细节设计或结构设计。

目前,对岩土工程概念设计有不同的理解。可初步认为在充分了解功能要求和掌握必要资料的基础上,通过设计条件的概化,首先根据方案的适宜性和有效性,施工的可操作性和质量的可控制性,环境限制和可能产生的负面影响、经济性等方面,先定性分析,从概念上选定一个或几个方案,然后进行必要的验算定量分析,再经过施工检验和监测,逐步完善设计。可见,概念设计要从事物的总体上和本质上把握设计,对设计的最终效果有一个直观的了解。

概念设计,必须对原理有深刻的理解,有丰富的经验总结,有灵活的运作能力,总揽全局,掌握影响工程成败的关键,对设计的实施效果要有基本正确的估计。

概念设计,必须注意符合科学原理,不能犯概念性的错误。概念不清,往往只看现象,不见本质,凭局部经验处理问题。概念错了,可能犯原则性的错误。概念清楚的人能透过现象,看到本质,举一反三,能自觉地运用理论和经验。合格的岩土工程师不应盲目地照搬照抄规范,而应将其作为一种指南、参考,在实际设计中作出正确的选择。

第2章 建筑桩基设计基本概念

地基中有“桩”的基础都可称为桩基础。由于高、大建筑物以及重型构筑物的大量兴建,桩基础得到了广泛采用。“桩”在地基中所起的作用主要有两方面:一是解决地基土承载力不足的问题;二是限制地基“土”的压缩变形。根据具体工程的性质和地质条件,使基础的设计达到既安全又经济合理是当前普遍关注的问题。

合理和可行的基础设计方法,需要对共同作用的问题全面了解,以及对工程实践的正确评价,重视基本概念、基础知识的积累和运用。

2.1 桩基一般设计基本概念

2.1.1 桩基类型

按承载力性能分 有摩擦桩、端承桩、摩擦端承桩、端承摩擦桩;单桩承载力由桩侧摩阻力和桩端阻力组成,其不同仅表现在侧阻力和端阻力在桩的总承载力中所占比例之多少;

按施工方法分 有锤击桩、静压桩、钻孔灌注桩(包括扩底桩、后压浆钻孔灌注桩)、干作业成孔灌注桩、水泥搅拌桩、树根桩等;

按入土性状分 有混凝土预制桩(桩的体积使土挤密)、非挤土桩(钻孔灌注桩)、部分挤土桩(预钻孔取土预制桩)、低排土桩(开口钢管桩)等;

按材料分 钢筋混凝土桩、钢桩、木桩;

按直径大小分 小直径桩($d \leq 250\text{mm}$)、中等直径桩($250\text{mm} < d < 800\text{mm}$)、大直径桩($d \geq 800\text{mm}$)。

2.1.2 桩基布置

独立桩基 在框架柱下布桩;

条形桩基 在承重墙下布桩;

群桩布置 筏基,在底板下布桩,基本原则就是在柱下和墙下布桩的联合桩承台,一般用在当建筑物有地下室时。要求把上部结构永久荷载的重心与群桩合力作用点相重合,即使基础形心与荷载重心相重合,其目的为保证沉降均匀,一般规定允许偏心率 $\leq 5\%$,可根据建筑物、构筑物的高度及其重要性适当灵活掌握。

要求基桩能受水平荷载,布桩考虑弯矩较大的方向桩基础有较大的截面模量。

2.1.3 基桩构造

1. 灌注桩

桩身直径有 150~2000mm, 当直径小于 300mm 时, 通常称为树根桩或微形桩, 直径大于 800mm 时, 称大直径桩; 桩的正截面配筋率可取 0.2%~0.65% (小直径取高值, 大直径取低值), 对于荷载特别大的桩、抗拔桩及端承桩应根据计算确定配筋, 但不应小于上述规定值。

桩的长度和配筋长度均与地质条件、施工条件等有关; 一般摩擦型桩的桩身长度与桩的直径比 (长细比 L/d) 不宜大于 60~80, 桩配筋的长度不应小于 2/3 桩长。

混凝土强度等级一般为水下 C30, 当计算桩身结构强度与土的承载力相匹配时, 则可选用 C35 或 C25。

2. 混凝土预制桩

混凝土预制方桩的截面边长不应小于 200mm; 预应力混凝土管桩的最小直径为 300mm。

预制桩的长度, 一般限制其长细比在 100 以内。当设计摩擦型桩需要的持力层埋藏很深时, 只要施工技术有可靠保证, 则可以灵活处理。

锤击沉桩时, 预制桩的最小配筋率不宜小于 0.8%; 静压沉桩时, 最小配筋率不宜小于 0.6%。

预制桩的连接, 一般有焊接法和锚接法二种。电焊接桩时, 上下节桩底桩顶的预埋件进行电焊连接; 锚接法接桩时, 上节桩的锚筋插入下节桩的锚筋孔中, 用硫磺胶泥固结。

每根预制桩的接头数量不宜超过 3 个。

3. 钢桩

钢桩包括各种类型的桩, 如钢管、H 型钢、槽钢等都可以灵活应用, 其适应性较强。但是价格相对其他材料的桩要昂贵得多, 因此除非特殊需要时, 尽量少用或不用。

2.2 其他相关概念

2.2.1 力学概念

力学概念最主要的是关注建筑物整体力学性能、力的传递。一方面是建筑物上部结构对地基土的作用, 另一方面是地基土对上部结构的反作用。

正确计算上部结构传到地基土的荷载, 分清楚荷载作用的性质, 如垂直荷载 (静、活) 地下水浮力、各向水平荷载作用 (风、地震), 均布还是集中, 永久的还是临时的等等, 非常清楚其作用形式。凡是有可能产生的荷载作用, 正式设计前都应进行分析考虑, 不可漏掉; 认为不起控制作用或者可以忽略不计的, 只能在设计类似工程有实际经验后, 有充足的理由才可以简化掉, 就是要在正确判断的基础上有足够的把握才能进行简化计算。如何简化计算, 画出结构计算简图, 需要清楚的力学概念。

可以设想有一栋框架结构的房屋, 柱子的间距有大有小, 层高也不同, 为了表明力的分布情况就画出结构简图: 柱网平面图如图 2-1 所示, 中轴框架图如图 2-2 所示。

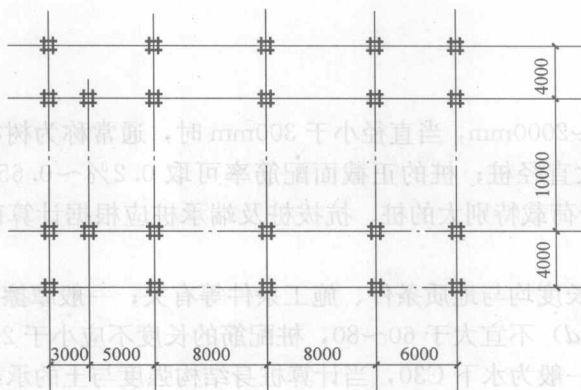


图 2-1 柱网平面图

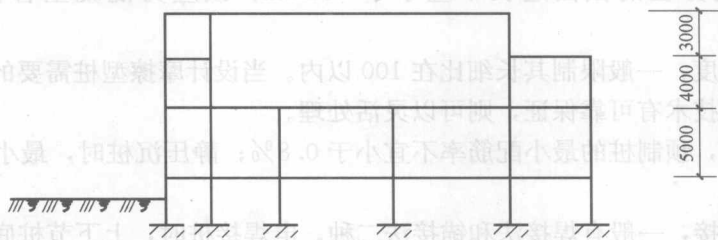


图 2-2 中轴框架简图

根据以上图示，可以按平面图的面荷载传递到柱子上，估算出最大及最小的柱荷载。如果不做地下室，应该采用什么基础形式才算经济合理，就需要用概念设计的方法来进行分析比较，然后与建筑师协调，调整后作出合理选择。

地基土对上部结构的反作用，应考虑土的特性。土有不均匀沉降的可能，不均匀沉降有可能使上部结构产生内力，有没有可能产生很大的附加应力，能不能忽略这种不利影响，或者采取措施使不利影响降到最低程度，都要具备基本的力学概念知识。

2.2.2 土力学概念

首先要正确理解和掌握地质报告中提供的资料，如果发现疑问要及时向地质勘探单位咨询，或要求进行补充钻探。

先从宏观方面看场地的整体外貌，如稳定性，山坡走向、河岸距离、地下水源等；环境条件，根据工程需要掌握地震活动情况，对不利和危险地带，可提出避开要求。

微观方面是建设场地土的工程特性，有关土的强度指标、压缩性指标、静力触探探头阻力、标准贯入试验锤击数等物理力学指标。

土层的均匀性，有无暗浜、墓穴等地下障碍物等，均需要全面清楚地掌握，根据土力学基础知识，概念性地做出初步基础设计方案，凡能适应建筑物传来承载力的方案都可以做为备选，但要在比较过程中选择最佳方案。

2.3 桩基概念设计基本思想

1. 纯桩基

按常规的设计方法, 桩基础中的基桩被采用的承载力为特征值(现行国家规范中的 R_a —单桩竖向承载力特征值), 往往利用不到实际极限承载力的一半; 采用纯桩基设计方法时, 地基土的原有承载力就不再利用, 用这样的概念很安全, 但不经济。

一般来说, 这种基础的承载力很大。如果达到破坏状态, 即发生结构荷载达到由桩与土组成的实心块体总承载力, 像实体深基础那样的破坏荷载, 实际的安全系数有可能达到10, 而我国规范只需要2。

2. 复合桩基

对于摩擦桩和桩端承载力作用较小的摩擦桩, 改变传统的纯桩基设计概念, 可以减少桩数, 利用基桩承载力的非线性段, 甚至接近或达到极限承载力, 让部分荷载由基础底部地基土承担, 这就形成了天然地基和纯桩基之间过渡型的复合桩基。

一般来说基础的承载力是桩和土联合完成的, 承载力与沉降是相互关联的, 承载力越大, 基础的安全系数也大, 相应的沉降就越小。如果允许产生一定的沉降量, 而承载力也能满足安全系数 ≥ 2 , 就产生了复合桩基的概念。

3. 变刚度调平设计

地基与桩基刚度分布的人为调整, 使差异沉降得到控制, 简单地理解为桩和基础下接触的土可以共同承担上部结构荷载。通过分析上部结构形式, 根据荷载分布特点和土层性质, 进行桩基方案比较, 选择适当的桩径、桩长、桩间距, 结合采用适当的施工措施, 使建筑物沉降趋于均匀, 基础内力得到降低的设计思想和方法, 就产生了全新的概念设计——变刚度调平设计。

变刚度调平设计, 首先要有结构的整体概念, 因为不均匀沉降会使结构内产生次应力, 这种次应力是很难计算的。因此, 我们要尽量避免由于不均匀沉降造成的危害, 所以有了变刚度调平设计的新思路。

以上提出的概念在《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)——新规范中已经有了, 如果学习后能融会贯通并灵活应用, 只要做到总承载力安全度和沉降均满足规范要求, 用于工程实践可以说不成问题。规范上有的方法, 用得多了就成为常规设计, 如果再进一步提升到理论概念高度的设计方法则可称之为概念设计。

第3章 桩基概念设计步骤

3.1 方案设计

3.1.1 了解基本设计规定

桩基础应按两类极限状态设计:

(1) 承载力极限状态: 桩基达到最大承载能力、整体失稳或发生不适于继续承载的变形;

(2) 正常使用极限状态: 桩基达到建筑物正常使用所规定的变形极限或达到耐久性要求的某项极限。

根据两类极限状态设计的规定, 就是要强度与变形双控制。集笔者数十年设计经验, 在软土地基上的建筑物基础设计的, 关键在于差异沉降值和最大沉降量是否能控制在允许范围内。不均匀沉降会导致建筑物产生裂缝, 不同类型和不同等级的建筑物、构筑物有不同的要求和规定, 一般基础中心计算沉降量允许在 100~400mm 以内。

3.1.2 了解功能要求

正确的基本概念与基础设计密切相关的内容有:

掌握建筑物的结构特性。建筑物材料的不同——砖、木、混凝土(现浇或预制装配)、钢、混合型结构等; 结构类型的不同——框架柱承重、抗震墙承重、框架-核芯筒承重等类型。对地基土沉降变形的敏感性不同。

根据建筑物规模和功能特征, 以及由于地基问题可能对建筑物造成破坏或影响正常使用的严重程度, 正确判断地基基础的设计等级, 一般按地基规范分甲、乙、丙三级。

掌握地区已有建筑物的特点, 了解可借鉴的成功经验, 有关房屋沉降变形情况, 利用当地的经验, 尽量采用地方材料。

3.1.3 熟悉基本资料

1. 岩土工程勘察文件

应对拟建场地的稳定性和适宜性作出评价, 查明地层结构、持力层和下卧层的工程特性、土的应力历史和地下水条件以及不良地质作用等; 提出地基基础设计、施工所需的岩土参数, 确定地基承载力, 预测地基变形性状; 进行地基的地震效应评价。

2. 建筑场地与环境条件的有关资料

建筑物场地现状, 包括交通设施、高压架空线、地下管线和地下构筑物的分布。

现场条件会影响施工工艺的选择, 因此设计时尽量摸清周边和现场环境条件, 与施工

单位取得联系,进行调查研究后提出推荐方案,这类前期工作最好由甲方组织协调(至少应由设计方面提出需要甲方参加);

3. 建筑物的有关资料

建筑物的总平面布置图,以及建筑物单体的建筑图;有关结构类型、荷载、使用条件对基础竖向及水平位移的要求。

4. 施工条件的有关资料

收集当地的施工经验,施工机械条件,施工工艺在当地的适用性;以及可供设计比较用的桩型资料,有关经济价格应同时进行考虑。

施工工艺对桩的承载力有影响,钻孔灌注桩的施工工艺对承载力的影响较大,如干法和湿法、后压浆桩和常规桩。对于预制桩,打桩还是静压桩等不同的施工工艺,都可能对承载力产生不同程度的影响。

根据时间进度的要求,争取把生产与理论学术研究结合起来,如布置一定的量测元件,采取信息化施工,把得到的资料归纳整理,使工作循序前进,为技术进步积累原始资料。

5. 供设计用的有关桩型和实施可行性的资料

了解有关设计项目的资金来源及社会环境因素,抓住主要矛盾进行有效深入的工作;如缺少资金,项目必须建设,这就要尽量减少结构自重,先解决实用问题,用最经济有效的办法进行设计。

3.2 初步设计

掌握粗略的估算方法,用简化结构计算模型,可以通过手算得到初步的计算数据,用以说明问题,提出有说服力的设计方案,吸收各协作单位的意见和建议,取得满意的结论。

3.2.1 桩顶作用效应计算

一般建筑物作用在地基基础上有竖向力和水平力(包括力矩与水平剪力)。

轴心竖向力作用下

$$N_k = \frac{F_k + G_k}{n} \quad (3-1)$$

偏心竖向力作用下

$$N_{ik} = \frac{F_k + G_k}{n} \pm \frac{M_{xk} y_i}{\sum y_j^2} \pm \frac{M_{yk} x_i}{\sum x_j^2} \quad (3-2)$$

水平力

$$H_{ik} = \frac{H_k}{n} \quad (3-3)$$

式中

F_k ——荷载效应标准组合下,作用于承台顶面的竖向力;

G_k ——桩基承台和承台上土自重标准值,对稳定的地下水位以下部分应扣除水的浮力;

- N_k ——荷载效应标准组合轴心竖向力作用下, 基桩或复合基桩的平均竖向力;
- N_{ik} ——荷载效应标准组合偏心竖向力作用下, 第 i 基桩或复合基桩的竖向力;
- M_{xk} 、 M_{yk} ——荷载效应组合下, 作用于承台底面, 绕通过形心的 x 、 y 主轴的力矩;
- x_i 、 x_j 、 y_i 、 y_j ——第 i 、 j 基桩或复合基桩至 y 、 x 轴的距离;
- H_k ——荷载效应标准组合下, 作用于桩基承台底面的水平力;
- H_{ik} ——荷载效应标准组合下, 作用于第 i 基桩或复合基桩的水平力;
- n ——桩基中的桩数。

3.2.2 桩基竖向承载力计算

1. 荷载效应标准组合轴心竖向力作用下:

$$N_k \leq R \quad (3-4)$$

偏心竖向力作用下, 除满足上式外, 尚应满足下式的要求:

$$N_{kmax} \leq 1.2R \quad (3-5)$$

2. 地震作用效应和荷载效应标准组合轴心竖向力作用下:

$$N_{Ek} \leq 1.25R \quad (3-6)$$

偏心竖向力作用下, 除满足上式外, 尚应满足下式的要求:

$$N_{Ekmax} \leq 1.5R \quad (3-7)$$

式中 N_k ——荷载效应标准组合轴心竖向力作用下, 基桩或复合基桩的平均竖向力;

N_{kmax} ——荷载效应标准组合偏心竖向力作用下, 桩顶最大竖向力;

N_{Ek} ——地震作用效应和荷载效应标准组合下, 基桩或复合基桩的平均竖向力;

N_{Ekmax} ——地震作用效应和荷载效应标准组合下, 基桩或复合基桩的最大竖向力;

R ——基桩或复合基桩竖向承载力特征值。

单桩竖向承载力特征值 R_a 应按下列式确定:

$$R_a = \frac{1}{K} Q_{uk} \quad (3-8)$$

式中 Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值;

K ——安全系数, 取 $K=2$ 。

3.2.3 单桩竖向承载力计算

一般当缺乏实际经验时, 偏向保守些用纯桩基方案设计是常规的, 自从有了关于复合桩基和调平复合桩基概念知识后, 许多事实证明合理应用新概念设计并不存在风险, 而且大有潜力可挖, 因此为创新提供了方向, 例如长、短桩设计方案。

长、短桩基础的承载力由三部分组成:

(1) 长桩的竖向承载力

长桩的作用既能很好的发挥其承载力作用,还能很好地起到减少沉降变形量的作用。

(2) 短桩承载力

一般短桩的持力层不如长桩的持力层好,可以利用短桩充分提供其承受荷载的潜力。

(3) 基础底与土体接触面处地基土的承载力

一般纯桩基础设计将土的承载力忽略不计,因为有的纯桩基础下确实仅仅只有桩支承,而基础底面与土体不接触。主要有两种情况可以忽略土的承载力,其一是支承摩擦桩,桩下土的压缩层比较坚硬,没有沉降,而打桩时孔隙水压力升高很快,随时间增长孔隙水压力降低,土体固结自重下沉,而桩下土不压缩,认为只能靠“桩”承担全部荷载(成为设计纯桩基的依据);另一种情况是桩过密,土体被扰动后先隆起后下沉,且超过桩的下沉。所以,要想利用地基土的承载力是有条件的。

以上三部分承载力如何理想地发挥,三者之间又如何分配,应该考虑地基土、桩型及上部结构的特性,从构造上创造协调变形的条件,按具体情况可以采用适当的措施。关于具体的设计计算方法,可按照地基规范,把以上三种承载力的极限值总和,除以安全系数,得到的总承载力应不小于上部结构传来的总荷载,或者用设计承载力计算亦可。应该说强度和变形都可以采用以上思路和方法估算,分析结果,进行合理调整,应用时适当留有余地。

3.2.4 沉降计算

建筑桩基沉降变形计算值不应大于桩基沉降变形允许值,沉降变形允许值应按有关规范中的规定采用。通常设计计算沉降量要求控制其最大沉降、沉降差、整体或局部倾斜。桩基沉降计算常用规范提供的公式计算,或利用电算程序估算。

桩基最终沉降量计算是非常复杂的课题,由于桩与土体之间作用机理的复杂性,以及土性参数不确定性,因此桩基沉降计算方法在实际应用中往往与实测结果相差较大。

基础沉降量一般有三部分组成:

- (1) 桩身压缩,根据材料力学可以计算,一般情况下可以忽略不计;
- (2) 桩端刺入土体的变形,根据桩端持力层的坚硬程度和桩的实际承载力,判断其可能产生的变形量,或者根据设计假定限制其刺入变形在允许情况下(如桩的承载力达到塑性状态或称为接近极限状态)。一般用常规设计方法时,桩的刺入变形根本不会发生,因此实际情况可以忽略不计的较多;

(3) 桩端平面以下土层的压缩变形,一般计算方法是按分层总和法的计算,计算桩端标高以下土层在压缩厚度范围内的压缩变形,通常就是根据电算出来的结果。

由于桩基础沉降的实际测量数据,往往与计算结果出入较多,因此结合地区条件,规范中有经验系数作修正,所以根据计算来设计还存在较多不确定因素。

结合已有的经验或采取其他辅助手段,如争取产、学、研相结合搞课题研究,通过实测数据的积累,一方面验证理论计算结果的准确性,另一方面统计归纳出地区经验,提出经验系数,进一步为生产服务。

软土地基上的建筑物,当设计计算天然地基浅基础时,持力层地基承载力基本能够满足要求,但是最终沉降可能较大。为了减小沉降,可以疏布摩擦型桩,由桩和桩间土共同承担荷载,满足承载力和变形要求,从而使桩身强度和地基承载力得到最大限度的利用。

3.2.5 桩基承台计算

桩基承台的构造要求,主要是满足将上部结构荷载传递给基桩的可靠保证。因此除配合一般建筑设计的要求外,尚应验算抗冲切、抗剪切,计算抗弯承载力,进行配筋设计。

柱下独立桩承台的基础,需要在承台与承台之间合理布置联系梁,特别当出现单桩或二桩承台时,必须在两方向或至少一个方向设置连梁。布置连梁的目的是为了加强基础的整体刚度,起到减少不均匀沉降的作用。

承重墙下的条形桩承台,单排桩承台梁的截面可按构造要求制定,承台梁的配筋计算可按混凝土结构设计规范中的最小配筋率进行设计,钢筋按构造要求布置。桩的布置与选择应考虑尽可能直接放在荷载作用点下,桩的间距只要满足最小间距即可,这样做的目的是为了设计最节约的承台。

筏形承台板或箱形承台板在计算中应考虑局部弯矩作用,还有整体弯矩的影响,在纵横两个方向的钢筋配筋率均不小于最小配筋率0.15%。设计筏板厚度一般不采取最小配筋率控制,应按照计算需要配置钢筋。可以选择含钢率不太高的筏板厚度,含钢率宜控制在0.4%左右,因为考虑到基础的防水要求,还有验算冲切需要的厚度,底板过厚不经济,过薄则刚度差,因此通常需要经过反复试算,然后选择出相对合理的承台厚度。承台顶面钢筋应按计算结果的配筋量连通。

桩基承台是建筑结构的组成部分,根据不同形式,可按混凝土结构设计规范进行计算配筋。如抗弯计算、冲切计算、剪切计算、局部承压计算、抗震验算;根据计算结果配筋。

由于承台设计不同于结构构件,通常为满足构造要求,承台体积和断面很大。如大块式基础,要不要配筋,配多少钢筋,需按具体情况具体分析;又如墙下条形承台、独立承台连梁等;如何配置钢筋,都需要设计人员考虑其合理性,避免在没有充分理由的情况下消耗过多钢材,也没必要用价格贵的高强钢材。

3.3 设计优化

3.3.1 优化设计的步骤

一般传统设计常常是按照规范进行计算,通过计算机算出的结果满足规范限值的要求,就算设计成功。而运用概念设计可进一步优化设计,带来经济效益。

进行优化设计的步骤大致如下:

1. 寻找建筑基础设计的内在潜力,如:总荷载计算是否合理,是否因为局部性的考虑,哪里不够就马上给以加强,造成层层加码(只要求保险不重视整体性)。根据总荷载对照总桩数,检查有无超过实际承载力,安全系数用得过高的现象;
2. 了解原设计的思路,判断其正确、合理性,是否局限于照搬规范和依赖计算机程序做习惯性的一体化设计,单纯依赖地质报告推荐方案做设计,没有经过综合技术经济分析的设计方案;