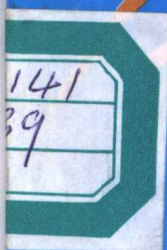


# 软土地基 测试指标的实际应用

何金辉 张立新 陈孝培 甘德福 编著



地质出版社

# 软土地基测试指标的实际应用

何金辉 张立新 陈孝培 甘德福 编著

地质出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

软土地基测试指标的实际应用/何金辉等编著. -北京:地质出版社, 1997. 9  
ISBN 7-116-02388-7

I. 软… II. 何… III. 软土地基-测试-指标-应用-文集 IV. TU471.8-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 12489 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑: 赵俊磊 刘承国

责任校对: 李玫 范义

\*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 10.625 字数: 251 千字

1997 年 9 月北京第一版·1997 年 9 月北京第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 30.00 元

ISBN 7-116-02388-7

T·31



# 序

软土地基从来是岩土工程界难以对付和特别重视的研究课题。在软土地基上从事工程建设，欲求经济合理地设计与施工，要求岩土工程师须具备丰富的实践经验和扎实的岩土工程理论基础。鉴于软土地基是弹塑性体，沉积环境复杂多变，给地基基础设计、沉降计算及施工方法的选择等带来困惑。主要原因在于，对软土地基测试指标的综合分析、合理选择及具体应用等方面难以把握。软土地基的设计和计算至今尚处于半经验半理论阶段。

随着城市建设大规模的开展，上海在软土地基的实践和研究方面，积累了丰富的实践经验，取得了丰硕的研究成果。越江隧道、地下铁道、地下变电站及 40 万 t/d 大型水厂的大面积软土地基加固；南浦、杨浦和奉浦大桥，东方明珠电视塔及 88 层金茂大厦等工程的圆满竣工，显示了上海在软土地基设计、计算和施工方面的水平和实力，体现了上海岩土工程界在分析、筛选和应用软土地基测试指标方面的实践经验和研究水平，受到国内外岩土工程界的重视。

在软土地基上从事工程建设，成功的实践经验来源于失败；成熟的研究成果来源于实践。归根到底，在于正确、合理地选用软土地基的测试指标，做到既知其然，又知其所以然。编著者从事软土地基施工实践和科学研究数十载，长期以来，对软土地基测试指标的实际应用研究情有独钟。日积月累，资料不断丰富。经过两年的整理筛选，编著成《软土地基测试指标的实际应用》一书。书中不谈测试指标的试验过程和来历，只谈拿到测试指标后怎样使用。凡是从事岩土工程设计、施工、管理、监理及质检等方面的科技人员，首先注意的是软土地基测试指标的正确性、选择性和实用性。建设单位的基建部门，面对岩土工程勘察报告提供的一系列测试指标，同样需要掌握这些指标的相关性和用途。大专院校相关的岩土工程专业的师生，对软土地基测试指标的实际应用，也是必须掌握的。编著者的用意是与大家共享这些研究资料，共同来充实和完善《软土地基测试指标的实际应用》。

**编著者**

1997 年元月

## 作者简介

本书编著者均为上海亚光岩土工程有限责任公司的科技人员。在长期从事工程勘察、地基加固、桩基工程、基坑围护、质量检测 and 工程监理等的施工实践和科学研究方面,积累了丰富的经验。

何金辉:男,34岁,工程师,上海亚光岩土工程有限责任公司总经理(法人代表)。

张立新:男,30岁,工程监理。

陈孝培:男,66岁,总工程师,岩土工程专家。

甘德福:男,60岁,教授级高级工程师,上海市注册咨询师,上海亚光岩土工程有限责任公司技术主管。

# 目 录

序

|      |                                  |     |
|------|----------------------------------|-----|
| 第一章  | 岩土工程技术的现状和发展方向 .....             | 1   |
| 第二章  | 工程场区布孔原则和实例分析 .....              | 6   |
| 第三章  | 土的物理性质指标的应用 .....                | 13  |
| 第四章  | 土的水理性质指标的应用 .....                | 31  |
| 第五章  | 土的压缩性指标的应用 .....                 | 34  |
| 第六章  | 土的强度指标的应用 .....                  | 43  |
| 第七章  | 动力触探试验指标的应用 .....                | 56  |
| 第八章  | 静力触探试验指标的应用 .....                | 67  |
| 第九章  | 十字板剪切试验指标的应用 .....               | 75  |
| 第十章  | 土的矿物成分指标的应用 .....                | 78  |
| 第十一章 | 固结原理及其指标在软土中的应用 .....            | 89  |
| 第十二章 | 软土地基承载力的计算 .....                 | 92  |
| 第十三章 | 软土地基的沉降计算 .....                  | 99  |
| 第十四章 | 上海高层建筑桩基常用参数 .....               | 107 |
| 第十五章 | 软土地基的深基坑开挖 .....                 | 111 |
| 第十六章 | 软土地基的安全监测设计 .....                | 114 |
| 第十七章 | 上海及其周边地区高耸建筑物的地震地质和卓越周期的评价 ..... | 116 |
| 第十八章 | 国际单位制在岩土工程中的应用 .....             | 125 |
| 第十九章 | 实用论文选编 .....                     | 135 |
| 一、   | 在上海软土地基上造房要不要打桩？短桩还是长桩？ .....    | 135 |
| 二、   | 论桩侧向压力的黄金分割 .....                | 138 |
| 三、   | 深层搅拌桩的浆液浓度和龄期对抗压强度影响的试验研究 .....  | 144 |
| 四、   | 上海地区浅层流沙土层的工程特性 .....            | 151 |
| 五、   | 上海地区淤泥质粘性土结构的初步研究 .....          | 154 |
| 六、   | 试论上海地质灾害的特点与对策 .....             | 158 |

# 第一章 岩土工程技术的现状和发展方向

## 一、前言

现代化工程建设和城市建设正向高、大、深、重的方向发展。单一性的打孔、取样、化验,提供地质剖面图和土的物理力学性质指标的工程地质工作,已不能适应现代建筑物和构筑物的设计和施工的要求。具有多功能服务的岩土工程技术,正在工程建设中发挥越来越大的作用。为适应工程建设对岩土工程技术的要求,修订后的《岩土工程勘察规范》和《地基基础设计规范》,都增加了“岩土工程勘察报告”的内容,强调对地基评价、基础方案选择、桩基计算、沉降验算、地基处理方案制订及施工步骤设计等的重要性。同时,对基础施工中可能碰到的问题及建筑物和构筑物竣工后的监测工作等,提出意见和建议。一句话,要为工程建设全过程服务。

## 二、岩土工程技术的含义

岩土工程技术,是近 30 多年来,在一些技术先进国家里发展起来的一门属于土木工程范畴的新的专业学科。所谓“岩土工程技术”,就是从事解决和处理在建设中出现的所有与土体或岩体有关的工程技术问题的专业学科。

岩土工程技术的创立,建筑在土力学和工程地质学获得很大发展的基础之上,将土木工程师和工程地质学家分别研究同一对象的不同部位有机地结合起来,达到取长补短,共同发展的目的。早在 1948 年,世界著名土力学权威和工程地质学家太沙基就提出:“这样的时刻一定会到来,到那个时候,我们就可以把土力学和工程地质学结合成为一个统一的单体,并赋名为‘岩土技术学’。”

岩土工程技术由太沙基首先提出,经过一个时期酝酿和发展,在最近 10~20 年里,在不少工业技术先进的国家里,逐渐建立起包括生产、科研、教学以及学术组织在内的,比较完善的岩土工程技术体制。尤以美国、加拿大、日本等国的岩土技术咨询公司和岩土工程学术团体的组织体制最为完善。英、法等国也相继建立了岩土工程公司和咨询、研究机构。它们在解决许多望而生畏的重大工程难题中做出了独特的贡献。

根据国外实践经验,岩土工程师的主要工作范围与职责,可归纳为如下六个方面。

1. 了解掌握拟建建筑物和构筑物的荷载、结构及功能要求等特点,结合已经了解到的场地地质情况,提出有针对性的岩土技术勘察(或研究)纲要,并在实施过程中做必要的修正。

2. 在勘察(或研究)过程中,负责对现在钻探、取样、记录、原位测试和室内试验工作的质量监督和检查。

3. 提出有针对性的岩土技术评价报告,在报告中要着重分析可能采取的各种基础设计方案,推荐其中最佳方案,并提出包括基础形式、埋深、容许承载力以及预期沉降等在内

的被称为设计基准的全部数据。同时，也要对基坑开挖和撑护、降（排）水、土方回填或填筑，以及对相邻建筑物的结构支护、地坪板的支承、道路的铺砌、混凝土的使用等提出要求和建议。当需要进行建筑物抗震设计时，还应提出地基土甚至包括与其相互作用时的上部结构的地震动力反应特性数据和资料。岩土工程师所提供的数据和应建议应承担法律责任。

4. 当需要对地基土进行人工改良（如沙井预压、冲振搅拌、压密加固地基土等）时，应按单独的委托书，提出地基改良方案的实施设计，并对其施工质量进行监理。

5. 在基础工程施工期间，岩土工程师的主要工作：一是检验开挖基槽、坑，将其与所提供的岩土技术评价报告核对，以进行必要的修正或补充。二是监督、检验基础部分的施工是否符合岩土技术评价报告中所提出的要求和应建议。基础工程施工中的全过程，岩土工程师均需进行现场检查，认可后方可开始其后的工序。

6. 根据工程需要，岩土工程师提出对基础和地基土的监测工作（制订监测项目和实施方法）。为掌握施工过程中和竣工后使用过程中基础和地基土内的应力、应变的发展变化，监测应做到仪表化，保证资料的连续性。必要时，应该及时提出预防补救措施。

### 三、岩土工程技术的范畴

岩土工程技术的工作范畴是对工程建设的全过程服务，并侧重于地基土和基础工程方面。以岩土工程技术发展得比较成熟的美国和加拿大为例，从其岩土工程技术报告的章目安排，便可见岩土工程技术的大致范畴。

（一）美国 1972 年版《建筑设计和施工手册》中关于岩土勘察报告必须提供的内容有：

- （1）勘察范围
- （2）拟建建筑物
- （3）地质背景
- （4）相邻的现有建筑物
- （5）现场勘探工作
- （6）试验室的研究（试验）
- （7）资料的分析
- （8）基础方案的研究（包括对不同的基础方案的研究比较和最佳方案的推荐）
- （9）建议采用的施工步骤和措施
- （10）结论和建议
- （11）本次勘察所受的制约和对本报告使用的限制

（二）加拿大 EBA 工程咨询公司在 1979 年 8 月为埃德蒙顿市的爱伦代尔中心提出的一份岩土技术评价报告中的详细章目是：

- （1）前言
- （2）现场勘察
- （3）场地条件、地表特征、地下岩土条件（概况）

（4）建议。包括基础方案、基础型式、尺寸及容许承载力等设计基准和对施工的要求；对建筑物沉降的考虑；对施工开挖的考虑（一般考虑，深基坑的撑护，相邻建筑物的托撑和结构支护）；对土压力的考虑（作用在基坑的撑护设施上的土压力，作用在地下室墙上的

土压力)；地坪板的支撑；回填工作和对夯(压)密的要求；施工基坑的降(排)水和建筑物使用期间的降(排)水；建筑物附近的铺砌区和道路的铺砌问题；对混凝土使用的要求。

(5) 结语

(三) 纵观世界各国岩土工程技术的工作范畴，大致可分为以下六个方面：

(1) 工程地质勘察方面。包括打孔、取样、化验，提供地基土的有关资料。

(2) 原位测试方面。包括静力触探、标准贯入、十字板及动力测量等，提供地基土现场测试数据。

(3) 基础工程施工方面。包括桩基施工(打桩、钻孔灌注桩等)、护壁工程施工(搅拌桩、地下连续墙等)、复合地基施工(碎石桩、沙桩、石灰桩、旋喷桩等)及加固工程施工(树根桩、化学灌浆、抽土孔等)。

(4) 地基加固方面。遇到不良地基、特种基础、工程事故及设备改造等，必须对地基进行加固时，岩土工程师必须设计地基加固方案，制订施工步骤，然后指导施工队伍的工作。

(5) 监测工作方面。在建筑物施工期间和竣工之后，对地基土的应力、应变发展过程，包括沉降、倾斜、挠曲等在内的建筑物表现性状进行监测工作。岩土工程师担负着监测方法的选择、监测点的布置、监测质量的监督及监测资料的分析评价等重任。

(6) 事故处理方面。因地基问题而引起的建筑物倾斜、开裂等工程事故时，岩土工程师须担负起事故的原因分析、处理方案设计，提出施工方法及组织队伍施工等任务。

#### 四、岩土工程技术现状

岩土工程技术在我国并非完全空白，无论是作为单独学科的土力学、岩石力学或工程地质学，还是作为工程实践专业或技术方法的基础工程、勘探测试技术或资料的分析评价方法等都达到了较高水平。早在1958年，同济大学勘察系就创立了“土力学地基与基础专业”(“文革”期间停办)，先后为国家培养了150名岩土工程技术专业人才，作者甘德福就是其中之一员。上海的软土地基研究成果，是具世界水平的。可是，从总的情况来看，我国的岩土工程技术没有得到集中的发展。至今没有形成一个统一的岩土技术学科，组织体制更不健全，基本上是按照原苏联50年代的模式，由勘察、设计、施工三个方面分担岩土工程的有关工作，采取“铁路警察各管一段”的做法。一个本应是统一的体制，人为地将它分割成三段，很多环节无人过问，制约了其作用的发挥和水平的提高；出了问题互相推卸责任，既不经济又不合理的工程建设项目层出不穷。

从勘察工作现状来说，存在着“只认识自然而不能改造自然”，“只提出问题而不去动手解决问题”，满足于提供地质资料，不对基础工程的效果和工程质量的好坏、成败负一定责任等现象。有时在勘察报告中也提出几条幅度很宽而不具体的建议，至于设计上是否采用，采用了的效果如何？从来是不去过问的。因而许多工程地质勘察人员没有提高岩土工程技术的紧迫感，结果是使勘察资料的水平、深度和质量长期停留在原有状况。

从设计方面来看，如果按岩土工程体制的要求，岩土工程师不但应该是基础设计基准的提供者，而且是基础工程方案的决策者。结构工程师通常都尊重岩土工程师在这方面的建议。而我国现有的做法是，不直接从事岩土勘察测试工作的结构工程师，却是基础方案的制定者和决策者。对复杂场区无直接认识的结构工程师，仅依靠勘察报告提供的资料进

行基础工程设计,实在难以设计出既经济又合理的方案。为了保险起见,设计人员往往采取加大安全系数的保守办法。有时因措施不当,虽多花了钱,仍然产生地基事故或给建筑物带来了隐患。在上海软土地基上造高楼,普遍采用桩基。因为岩土工程师不参加桩基设计,造成的投资浪费十分惊人,少则10%~20%,多则达60%~70%。

再从施工角度来看。因为勘察人员对开挖的基坑进行检验的工作没有明确责任,当然也不需要主动做些补充试验工作。至于基础工程和建筑物竣工后的表现性状监测,更不是勘察人员的事了。如此脱节现象,严重影响了基础工程施工技术的发展和提高。

造成我国岩土工程技术发展缓慢的主要原因有两条:一条是由于人才培养上的弊端,造成岩土工程技术人员奇缺;另一条是因体制上的弊端,把一个完整的工程体系硬是切割成三段,分别由勘察、设计和施工部门分别去完成。

近年来,随着城市建设的发展,勘察、设计和施工人员都深深感到建立统一的岩土工程组织体制的必要。特别是勘察人员更为积极,各地均出现了将“工程地质勘察公司”更名为“岩土工程公司”的现象。但因缺乏结构设计和施工设计的专业人员和专业知识,岩土工程公司的实质性工作还是停留在勘察方面。

## 五、岩土工程技术的发展方向

我国的岩土工程技术应该从两个方面发展:其一要建立和发展岩土技术这门专业学科;其二要积极推行具有中国特色的岩土工程体制。

现代科学技术的特点是相互渗透,从单一性学科向综合性学科发展。岩土技术充分体现了这样一个特点。它将土力学、岩石力学、工程地质及基础工程等单一性学科组合成一个有机的统一体,共同以土体和岩体作为科研和工程实践的对象,显然比各学科独立发展和应用要优越得多。

从改变不科学的管理状况出发,推行岩土工程体制的改革,使地基土的勘察评价、基础方案的制订、基础工程施工的技术管理统一在一起,共同研究和推广岩土工程技术。

国际上已确立岩土技术的专业地位,各国普遍推行岩土工程体制,岩土工程业务总承包为国际惯例。我国在岩土工程技术方面要走向世界,必须建立起自己的岩土工程体制。

建设的发展和现代化的要求,向我们提出大量新的、复杂的岩土技术课题,如高层、超高层建筑物的地基土评价和基础工程方案的确定,地基沉降的可靠性预测和控制,软土、边坡等不稳定岩土技术条件的改良和整治,地基抗震特性的评价和防止液化失稳的对策,以及新的快速、高效的地基土改良技术的应用和推广等。这些都是急需岩土工程技术专业人员,在统一的体制下研究解决的工程难题。

岩土工程技术在国内外有着广阔的市场,经济效益也是岩土技术在市场经济中的瞄准点。在美国,一般对服务于建设全过程的岩土技术咨询工作,其收费约占投资额的1%~2%;如果一个岩土咨询公司只能搞勘探、测试等具体工作,而不能担负起地基土处理和基础方案的论证设计等工作,那么这家岩土公司的收费只能是投资额的千分之五左右,经济效益相差十分惊人。随着改革开放的深入发展,我国承包工程业务走向世界已势在必行。为使我国的岩土技术欲在国际上立足,并获得较好的经济效益,必须尽快将工程地质勘察体制改变为岩土工程体制;与此同时,要积极培养岩土工程技术专业人才。当务之急是使长期从事工程地质勘察工作的工程师们增加一些土力学、土质学、地基与基础、基础工程、地

震、地质等方面的理论和实践专业知识。

岩土技术面对复杂而多变的岩土体和结构类型繁多的建筑物，涉及的许多理论问题和测试技术是目前难以解决的。例如地基承载力问题：①浅基础的地基承载力：目前，我们的规范仍沿用40年代的太沙基公式： $p = C \cdot N_c + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + \gamma h N_q$ ，式中 $N_c$ 、 $N_\gamma$ 、 $N_q$ 是内摩擦角的函数。可写为 $N_c \cdot N_\gamma \cdot N_q = f(\varphi)$ 。这个公式从50年代就被我国采用。在实际上和理论上，系数的差别很大，而且这三个系数并非常数，它们同基础宽度、埋深都有一定关系；即使在同一土体内，埋深、基础宽度不同，承载力也不同。因此，三个系数又和基础宽度、埋深紧密关联，可写成： $N_c \cdot N_\gamma \cdot N_q = f(\varphi \cdot B \cdot h)$ 。建筑物的基础宽度 $B$ 和埋置深度 $h$ 是个常数。但土的 $C$ 、 $\varphi$ 值都不是一个常数，它们与测定方法有关，即使是同一层土，在同一种方法测定所得的 $\varphi$ 值也不一样。这是由于试验条件和基础实际受力情况有差异，计算公式本身也有很多假设，使结果与实际情况产生很大差异。②深基础（以桩基为例）的地基承载力公式为 $p = \gamma h \cdot N_{\gamma q}$ 。一般讲，桩的承载力随深度增加而增大。但当桩增加到一定深度时，其承载力不再增加，这一点是经反复试验所证实了的；但其理论依据至今尚未解决。又例如常用的五种原位测试方法：①标准贯入（美国、日本普遍采用）；②静力触探（西欧国家采用较多）；③十字板（北欧及美国采用较多）；④旁压仪（法国采用较多）；⑤钻孔剪切（美国正在研究）。这五种原位测试方法各有特点，但都是间接测得土的性质，因而实际应用尚需进行修正。所有原位测试方法，都涉及一个孔隙水压力问题，其中的荷载率是一个重要影响因素。其奥妙，尚待岩土工程师们去研究解决。

岩土工程中的难题层出不穷，也经常火烧眉毛，急求岩土工程师去解决。岩土工程技术人员肩负着理论研究和解决实际问题的双重责任，既光荣，道路又艰险。为发展我国的岩土工程技术，让我们携手迎接挑战吧！

## 第二章 工程场区布孔原则和实例分析

岩土工程勘察的服务对象是建筑物和构筑物（烟囱、水塔、水池等），目的是提高经济效益、环境效益和社会效益。为确定建筑物和构筑物设计和施工的最佳岩土工程技术方案，必须进行岩土工程勘察。

### 一、岩土工程勘察的三个阶段

#### （一）初步勘察阶段

1. 初步勘察阶段应该对场地内建筑区段的稳定性作出岩土工程评价，为确定建筑总平面布置，选择主要建筑物地基基础设计方案和不良地质现象的防治对策进行论证。为此进行如下工作：

（1）搜集岩土工程可行性研究报告、建筑区范围的地形图、有关工程性质与规模的文件等。

（2）初步查明地层结构、岩土性质、水文地质条件及冻结深度，尤其是不良地质现象的成因、分布及其对场地稳定性的影响程度、发展趋势。当场地的岩土工程条件较复杂时，应进行工程地质测绘和调查。

（3）对抗震设防烈度等于或大于7度的地区，应判定场地和地基土的地震效应。

2. 初步勘察阶段的勘探线、勘探点的布置应符合下列要求：

（1）勘探线应垂直地貌单元边界线、地质构造线及地层界线。

（2）勘探点的布置，应考虑到每个主要地貌单元和地貌交接部位，在微地貌和地层变化较大的地段应给予加密。

（3）在地形平坦、地貌宽广、第四纪地层简单的地区，勘探点可按方格网布置。

（4）对一级建筑物，应按建筑物体形纵横两个方向布置勘探线。

（5）勘探线距和点距可按工程等级确定（表2—1）。

表 2—1 勘探线、点间距

| 工程等级 \ 间距/m | 线 距     | 点 距    |
|-------------|---------|--------|
| 一 级         | 50~100  | 30~50  |
| 二 级         | 75~150  | 40~100 |
| 三 级         | 150~300 | 75~200 |

（6）勘探孔深度按建筑物等级、场地条件和岩土条件确定（表2—2）。

3. 初步勘察阶段取样和原位测试工作应符合下列要求：

表 2—2 勘探孔深度

| 工程等级 | 勘探孔类别  | 一般性勘探孔 | 控制性勘探孔 |
|------|--------|--------|--------|
|      | 孔深 / m |        |        |
| 一 级  |        | >15    | >30    |
| 二 级  |        | 8~15   | 15~30  |

(1) 取样和原位测试孔、在平面上应大致均匀分布，其数量一般占勘探孔总数的  $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$ 。竖向间距由地层特点和土的均匀程度确定。

(2) 当地下水可能浸没或浸泡基础时，应对地下水进行腐蚀性分析。

## (二) 详细勘察阶段

1. 详细勘察阶段，应按不同建筑物或建筑群提出详细的岩土工程资料和设计所需的岩土技术参数，对建筑地基作出岩土工程分析评价，为基础设计、地基处理、不良地质现象的防治等具体方案作出论证、结论和建议。具体工作如下：

(1) 取得附有坐标及地形的建筑物总平面布置图，各建筑物的地面整平标高，建筑物的性质、规模，单位荷载或总荷载、结构特点，可能采取的基础形式、尺寸，预计埋置深度及对地基基础设计的特殊要求。

(2) 查明不良地质现象的成因、类型、性质、分布范围、发展趋势及危害程度，并提出评价与整治所需的岩土技术参数和整治方案。

(3) 查明建筑物范围内的地层结构，各岩土层的性质、产状，计算和评价地基的稳定性和承载力。

(4) 对一级建筑物和部分二级建筑物，提供地基变形计算参数，预测建筑物沉降、沉降差或整体倾斜度。

(5) 在抗震设防烈度等于或大于 7 度区，应划定场地土类别和场地类别，分析预测可能的地震效应，判定饱和沙土或饱和粉土的地震液化势。

(6) 查明地下水的埋藏条件，必要时还应查明水位变化幅度与规律，测定地层的渗透性能等。

(7) 判定环境水和土对建筑材料的腐蚀性。

(8) 判定地基土及地下水在建筑物施工和使用期间可能产生的变化和影响，并提出防治建议。

(9) 提供为深基坑开挖的边坡稳定计算和支护方案所需的岩土技术参数，论证和评价基坑开挖、降水等对邻近建筑物的影响。

(10) 为选择桩的类型、长度，确定单桩承载力，计算群桩的沉降以及选定施工方法提供岩土技术参数。

2. 详勘阶段的勘探点布置按岩土工程等级确定

(1) 对一、二级建筑物宜按主要柱列线或建筑物的周边线布孔；对三级建筑物可按建筑物或建筑群的范围布孔。

(2) 对重大设备基础应单独布孔。

(3) 对面积小而荷重大或重心高的独立构筑物 (如烟囱、水塔等), 勘探点不宜少于 2~3 个 (表 2-3)。

表 2-3 勘探点间距

| 岩土工程等级 | 间距/m  |
|--------|-------|
| 一 级    | 15~35 |
| 二 级    | 25~45 |
| 三 级    | 40~65 |

### 3. 详勘孔深确定原则

(1) 对计算承载力的地基, 勘探孔深度应以控制地基主要受力层为原则。当基础底面宽度  $b$  不大于 5m 时, 自基础底面算起的勘探孔深度, 一般对条形基础为三倍的宽度 ( $3b$ ), 对单独柱基为  $1.5b$ , 但不应小于 5m。

(2) 除按承载力计算外, 尚须进行变形验算的地基, 控制性勘探孔的深度应超过地基沉降计算深度, 并考虑相邻基础的影响。一般情况下, 控制性勘探孔深度如表 2-4 示。

表 2-4 控制性勘探孔深度

| 基础底面宽度<br>$b/m$  | 勘探孔深度/m         |                 |                   |
|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|                  | 软 土             | 一般粘性土、粉土及沙土     | 老堆积土、密实沙土<br>及碎石土 |
| $b \leq 5$       | $3.5b$          | $3.0 \sim 3.5b$ | $3.0b$            |
| $5 < b \leq 10$  | $2.5 \sim 3.5b$ | $2.0 \sim 3.0b$ | $1.5 \sim 3.0b$   |
| $10 < b \leq 20$ | $2.0 \sim 2.5b$ | $1.5 \sim 2.0b$ | $1.0 \sim 1.5b$   |
| $20 < b \leq 40$ | $1.5 \sim 2.0b$ | $1.2 \sim 1.5b$ | $0.8 \sim 1.0b$   |
| $40 < b \leq 60$ | $1.3 \sim 1.5b$ | $1.0 \sim 1.2b$ | $0.6 \sim 0.8b$   |
| $b > 60$         | $1.1 \sim 1.3b$ | $0.8 \sim 1.0b$ | $0.5 \sim 0.6b$   |

注: 勘探孔深度由基础底面算起; 圆形基础以直径  $r$  代替  $b$ 。

(3) 当场区有大面积地面堆载或软弱下卧层时, 应适当加深勘探孔深度。

### 4. 详勘阶段取样和测试工作要求

(1) 取样和原位测试孔、其数量按地基土的均匀性、代表性考虑确定, 宜占勘探孔总数的  $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ , 且每个场地或每幢重要建筑物不得少于 2~3 个。

(2) 取样和原位测试点竖向间距, 在地基主要受力层内为 1~2m, 同一种类的孔内测试点数据不应少于 6 组。

(3) 对厚度小于 1m 的夹层或透镜体, 或在地基土主要持力层内, 其厚度大于 50cm 的, 应取样或进行原位测试。

(4) 由于地层土质不均, 结构松散难以取样时, 应补做原位测试或载荷试验。

### (三) 施工阶段勘察

施工阶段勘察主要是配合设计和施工单位进行地基验槽, 桩基工程与地基处理质量、效果检验, 施工中的岩土工程监测和必要的补充勘察, 解决与施工有关的岩土工程问题, 并为施工阶段地基基础的设计变更提出相应的岩土工程资料。涉及情况有:

1. 重要建筑物的复杂地基, 当基槽开挖后发现岩土工程条件与原勘察资料不符时, 应进行施工验槽或补充勘察工作。
2. 在地基处理或深基础施工中, 宜进行岩土工程检验与监测工作。
3. 地基中溶洞、土洞较发育或在施工中出现边坡失稳迹象时, 宜进行监测和研究处理。

### (四) 高层建筑勘察孔布置要求

1. 高层建筑物勘探点布置应满足纵横两个方向地层结构和均匀性的评价要求, 间距一般为 15~35m。
2. 单幢高层建筑的勘探孔不应少于 4 个, 其中控制孔不应少于 2 个。
3. 勘探孔应按建筑物周边线布置, 并保证角点和中心点有勘探孔。当主体建筑在平面上为矩形时, 勘探点宜分别按两个长边方向布置, 并保证四角有勘探孔。
4. 对高层建筑群, 可共用勘探点或按网格布点; 但应保证每幢高层建筑物至少有一个控制孔。
5. 特殊“体型”的建筑物应按其“体型”变化布置勘探孔。

### (五) 高层建筑勘探孔深度的确定

1. 当采用箱形基础或筏板基础时, 控制性勘探孔的深度应超过压缩层的下限; 一般以控制主要受力层为原则。

孔深

$$z = d + m_c b$$

式中:  $z$ ——勘探孔深度 (m);

$d$ ——箱基或筏基的埋深 (m);

$b$ ——基础底面宽度 (m), 圆形或环形基础以最大直径  $R$  作为  $b$  值;

$m_c$ ——与压缩层深度有关的经验系数 (见表 2—5)。

表 2—5 经验系数  $m_c$  值

| $m_c$<br>值<br>孔类 | 土类      |         |         |              |     |
|------------------|---------|---------|---------|--------------|-----|
|                  | 碎石土     | 沙土      | 粉土      | 粘性土<br>(含黄土) | 软 土 |
| 控制孔              | 0.5~0.7 | 0.7~0.9 | 0.9~1.2 | 1.0~1.5      | 2.0 |
| 一般孔              | 0.3~0.4 | 0.4~0.5 | 0.5~0.7 | 0.6~0.9      | 1.0 |

注: 当土层时代老、密实或位于地下水位以上时取小值, 反之取大值。

2. 当采用桩基础或墩基础时, 勘探孔深度按控制性勘探孔深度确定 (表 2—3)。
3. 高层建筑地基基础设计, 应充分考虑地基土的变异性, 宜采用钻探、取样和多种原位测试方法进行综合评价, 对下列问题作出相应的分析评价或预测。

(1) 由于沉降量与沉降速率的差异, 可能出现的高层与低层、新建与原有建筑物之间的相互影响。

- (2) 地基土动力特性与可能的地震效应。
- (3) 地基土对风荷载、地震作用等的反应。
- (4) 根据地基基础与上部结构的协同工作原理，选择适宜的基础计算模型。

## 二、多层建筑的布孔原则和实例分析

多层建筑一般指 6 层以下的住宅房和工业厂房等。根据建筑物的多少，分为平幢建筑物和建筑群两大类。根据建筑物布局不同，建筑群又可分为点状、线状和面状三种。

多层建筑的布孔原则，除上述外，还应根据各地区《规范》控制勘察点间距。在实际布孔时又有许多技巧，下面分类叙述之。

### (一) 单幢多层建筑的布孔原则和实例分析

以长 45m、宽 12.5m 的一幢六层楼建筑为例，有两种布孔方案均符合《规范》要求（图 2—1）。就复杂地层而言，第一方案比第二方案合理。若在地层比较简单的第四纪沉积物地区，则第二方案显得经济合理。

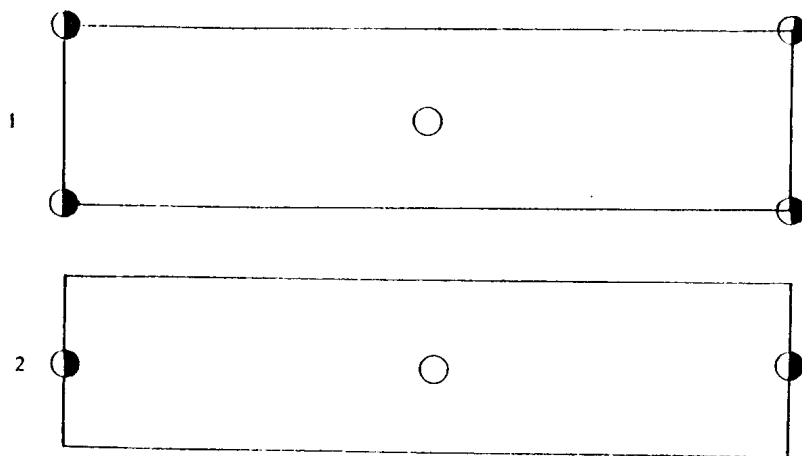


图 2—1 两种布孔方案

●—技术孔；○—鉴别孔

### (二) 多层建筑群布孔原则和实例分析

由 8 幢长 26m、宽 20m 的多层建筑组成的群体，房屋之间东西向间距为 12m，南北向间距为 18m，呈线状排列。这类建筑群的布孔方法：复杂地层结构区可取第一方案（图 2—2）；在简单地层地区，可采取线状布孔方法（第二方案）（图 2—3）。涉及更多房屋组成的群体，可采取网状或井字形布孔方法。

## 三、高层建筑布孔原则和实例分析

高层建筑一般分为 14 层以下（包括 14 层）的高层建筑和 14 层以上的超高层建筑。凡超高层建筑，绝大多数为单幢建筑，最多为二三幢组合建筑。而高层建筑有单幢建筑和建筑群两类。高层建筑群布孔方法，也不外于网状和井字形两种。高层建筑布孔，按《规范》要求，除考虑钻孔间距和孔深之外，还必须考虑取土孔、原位测试孔布局 and 数量的合理经济。现举两高层建筑实例如下（图 2—4）。

例一：为一幢长 53m、宽 20m 的高层建筑布孔实例：四角为四个取土孔，中间两个为

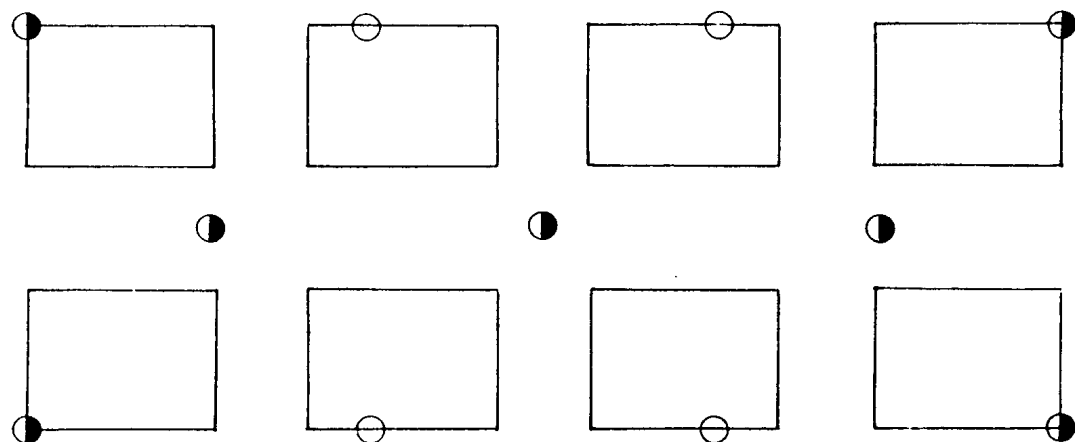


图 2-2 第一布孔方案

●—技术孔；○—鉴别孔

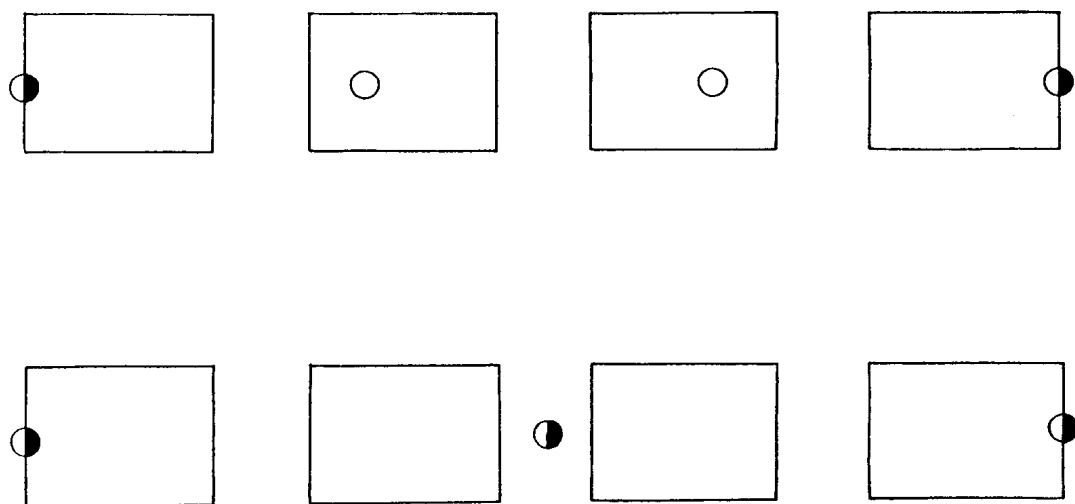
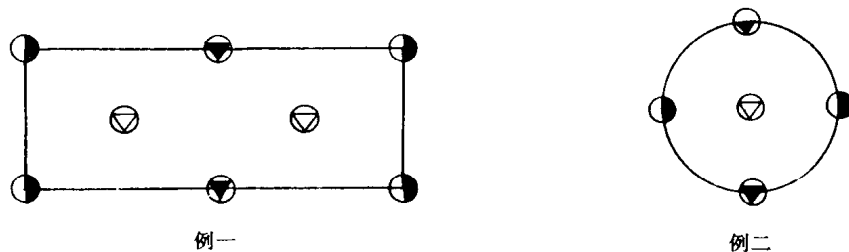


图 2-3 第二布孔方案

○—鉴别孔；●—技术孔



例一

例二

图 2-4

⊙—静探孔；●—标贯孔；◐—技术孔；⊙—鉴别孔兼标贯孔