

难处理地基的基础工程

水利出版社

难处理地基的基础工程

[墨]L.齐法特

陆焕生 黄秋培
颜颂凯 史佩栋

译

王正宏 校

水利出版社

内 容 提 要

本书作者以自己长期丰富的实践经验为基础,介绍了在各种难处理地基情况下修筑基础工程的方法。本书主要内容有:各种难处理的地基和典型的基础类型,土的力学性质,土的固相和液相,基底反力,地面沉降,浅基础和补偿式基础,桩和墩的极限承载力,补偿式摩擦桩基础的设计,端承桩基础和墩基础的设计,基础深开挖的稳定性,建筑物的抗震设计等。

本书可供水利水电、交通、铁道、建筑等方面的工程技术人员使用,亦可供有关的科研人员和大专院校的师生参考。

* * *

本书部分译文曾参照了华南工学院建筑工程系地基组的译稿。天津大学边启光同志参加了本书的部分译校工作。

FOUNDATION ENGINEERING FOR DIFFICULT SUBSOIL CONDITIONS

L. ZEEVAERT

VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY 1973

难处理地基的基础工程

[墨] L. 齐法特 陆焕生 黄秋培 译 王正宏 校
颜颂凯 史佩栋

*
水利出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 26印张 589千字

1982年7月第一版 1982年7月北京第一次印刷

印数0001—7820册 定价 2.90元

书号 15047·4191

序 言

通过三十年来在墨西哥城地震区所遇到的难处理地基情况下的工程实践，作者有机会观察和设计了许多大型基础。写在这本书中的一些新的概念和实用假设，就是以这段经验为依据的，希望据此能奠定一个合理的基础，以作出较好的设计，取代过去那些导致建筑物基础运用情况不好的实用法则。在工程实践中，必须不断地研究土的性状和土体的物理规律，才能消除专凭经验推论进行猜测的情况。不过，统计学是探索现象的一般趋势的宝贵研究工具，而且在从已确立的统计规律中获悉其偏差并仔细加以观察时，它将有助于建立理论的和可资利用的假设。

关于土力学、基础学和工程地质学，已写出了一些好的著作，使基础工程师可以从中学到基础工程设计与施工的一般知识。本书的内容是为这类书籍补充一些基本技术原理，专门讨论在实践中可能遇到的难处理地基情况的基础问题。因此，作者假定读者已熟悉本课题常见的书籍。

基础工程并不是一门精确的科学。然而，要保证一项基础设计与施工的成功，却需要具有足够的精确度。当现场情况不出乎预料，并且又在所采用的安全系数范围以内时，就达到了这个目的，从而也就取得了满意的效果，而不造成经济损失。所谓难处理地基情况，是指伸展至很大深度的、具有中等至特高压缩性和中等至极低抗剪强度的沉积土中所遇到的情况，水力条件起重要作用的地基情况，以及在因地震而引起强烈地面运动地区内的沉积土中所遇到的情况。在这些环境条件下，基础工程师不得不拿出他从土力学与基础工程学和材料取样与试验中所获得的全部学识和经验。工程地质情况对于识别建造基础的地基的工程特性，具有头等重要意义。因为大家都知道，一个小的土样的性能是不足以代表所遇到的整个沉积层或地层的。基础工程师所打交道的沉积物都远不会是各向同性和均质的。因此，只有当从地质观点考虑了所能预料的各种真实情况之后，才能认为他对基土特性的理解是完整的。

一切工程设计都应当赋予裕量，其采用的安全系数要把理论和可资利用的假设可能发生的偏差、材料的力学性质和施工方法包括在内，施工方法也可能在一定程度上与设计考虑不一致。安全系数的选择应当以基础工程师从各种环境条件和其中所涉及到的力所获得的情况为基础，亦即从沉积土的地质与地文条件、水力学与力学性质以及需要设计基础的工程项目的功能要求所获得的情况为基础。应当使所有这些要素都与设计的经济性互相协调；因此，计算所要求的精确度，应是基础工程师能运用土力学与基础工程中已有定律、理论和可资利用的假设，以达到凭他的经验认为可信赖的程度的综合反映。本书特别侧重于介绍为作出合理而成功的设计所严格要求的这种方法。

为了避免在本书内通篇注明“近似方法”起见，作者愿意指出，在土木工程中实际上是不存在“精确方法或理论”这样的东西的，而在基础工程中尤其如此。本书所提出的各

86V94/06

种方法都具有一定程度的准确性，或者说，根据工程实用观点，其不准确性是可以被接受的。诚然，对于实践中所遇到的问题，可能有某些方法会比别的方法更可靠一些，这也是事实。某一种方法的不准确性是靠相应的安全系数来包容的，而如前所述，安全系数应包容的不仅是所谓理论，而且还有现场条件下可能出现的其它任何环境力的偏差。因此基础工程师需要具备有关现场情况的经验和从理论性设计计算中发现偏差的经验。再者，不能忘记，随着人们的经验与日俱增，对土木工程的设计理论与方法都需要作进一步的探索研究。因此，必须把理论建立在简化的假设上，力求用最好的方式来概括可预料的实际情况下的力学性能。往往由于所遇到条件的性质不一致，要想以不切实际的精度求一个问题的近似解，那是徒劳的，甚至是幻想。而决择将取决于基础工程师对于问题深思熟虑并作出正确估计的能力，以便能在设计中同时取得足够的精确度和经济效果。但必须记住，在施工时设计中的预想也多少可能会发生一些变化，因此应当把施工方法与理论设计一起考虑，并选择相应的安全系数。

编写第二章是为了评述难处理基土的力学性质，并着重对具有粒间粘滞性的细沉积物领域，提出一些探索性的概念。所叙述的一些方法已经过作者多年使用认为满意。这些方法从第一次发表以来已作了一些理论上的修改，以使它和现场观察到的情况更好地结合起来。

在变形问题中，土应作为两相材料来考虑。以骨架结构为代表的固相和以水为代表的液相应分别进行研究。这里包含着有关土料的应力-应变-时间特性、土体在荷载作用下的应力消散以及水压力状态和它们在施工过程中及其它环境条件下所引起的变化等方面的知识。编写第二、三两章就是为了评述上述概念，并在第三章中为从事实际工作的基础工程师提供了应力网图，以便于计算应力变化。还评述了绘制不同基础问题的流网图的理论根据；并阐述了用于降低基坑水位的井点系统。第三章最后讨论了稳定性与承载力问题。根据现行的理论方法给出了深基础的承载力因数，但其结果未超出另一篇根据作者经验写出的关于承载力的论文。

在第四、六、七各章中试图向基础工程师介绍基底反力的复杂领域。这些也许是基础工程师和结构工程师都要碰到的问题。作者根据自己的经验，深信土力学和基础工程学是与基础结构的设计分不开的，因为在土木工程的这两个分支之间必然存在着一致性。单位基础模量亦称“基底反力系数”，是荷载面积的几何尺寸、基底反力分布和基土在所施加应力水平时的力学性质的可变函数。当基础结构本身是超静定结构时，基础结构问题就变得十分复杂。按照实用的角度，解这类复杂问题的唯一方法是利用简化的可资利用的假设，把未知数减少到可以用现行方法进行处理的数目。本书所给出的方法可供有经验的基础工程师应用。但由于它们都只给出特解，故只能起到打开思路的指导作用。而最终的假设和计算方法仍需要解决该问题的基础工程师和结构工程师具有一定的技术水平和经验，才能确定最好而又最适用的方法。为了方便和加速计算工作，可编制计算机程序。

难处理地基情况下出现的地面下沉现象和这一现象在土木工程中的意义是不容忽视的，因为在大多数情况下，都可能会遇到棘手而复杂的问题。对于估算这些问题的可资利用的假设的说明和推导及其在基础工程中的影响，作者在第五章中用一个现场实例作了比较简明的解释。

摩擦桩的性状是基础工程学中一个重要的项目，主要是因为在这类问题中涉及到桩和墩的表面负摩擦力。第八章根据极限表面摩擦力理论，专门阐述了摩擦桩的力学理论和应用，并给出了计算方法。在第九章中研究了这些方法在摩擦桩补偿基础中的应用。在第十章中则研究了它们在端承桩和墩的负摩擦力中的应用。这些计算方法作者曾广泛应用，获得了满意的结果，在本书中第一次全面地予以发表。

开挖方法对于需要进行深开挖基础的未来性状是一个重要因素。由于深层抽水而引起的水流将会改变土体中的有效应力，影响开挖时的稳定性和变形。第十一章叙述了解决这些问题的途径，但读者必须先熟悉第三、七两章。

世界上有很多地方受破坏性地震的影响，而产生了难处理的地基情况，在这种地方必须研究基础的性状，才能作出合理而安全的设计。为此，基础工程师应该研究地基土体在强烈地面运动下的可能性状。编写第十二章的目的就是向基础工程师介绍抗震基础工程学。考虑到这一点，作者引用了墨西哥城的现场实例，因为这里有强烈地震的实况资料。第七章中第三、四、五、六各节的内容都是在本书中首次发表的。可以认为它们是研究本课题得出的进展和方向。

虽然基础工程师不得不对地基土的情况进行概括，以便形成切实可行的计算方法，但这种概括必须建立在坚实而合理的基础上，要运用他所掌握的土力学的全部知识，更要考虑到在自然界不存在各向同性的地基土这样的东西。土的力学性质比其它任何工程材料都更为复杂。因此，唯一的办法是采用与现场观察到的情况可能互相一致的、最接近实际、最具有代表性的理论和实用假设，从而建立最简单的满足静力学条件的相关关系。理论的发展必须建立可与现场实际情况进行对比的基础，并进而消除不一致之处，以得到更可靠和更专门的计算方法。

当今土力学的文献十分浩瀚，在进行基础理论研究的每一个国家里，都正在急剧发展。出版物的取得和对其内容的充分研究与选择，由于有语言上的障碍，正在变成超越个人能力范围的艰巨任务。因此，如果有与本书所讨论的课题有关的重要出版物而作者竟未能涉及，则作者愿表示歉意。在每一章末所选列的文献目录，仅是为了有助于对该章内容的理解。

本书的主要内容是作者在工作实践中的一些论著的辑录，其中主要的是土的粒间粘滞性，先期固结土的临界应力和硬化，计算桩的摩擦力的塑性理论，降低基坑水位以减少隆起，坑外注水以减少沉降，以及地震引起的强烈地面运动对地下结构物所产生的托浮力等等，这些内容已被这个领域中富有经验的同事们逐渐充实起来了，对此作者谨向他们深表感谢。作者要多谢他的侄儿阿多尔福·E·齐法特(土木工程师，科学硕士)，他在本书原稿准备期间，对书中所用图表的计算、对公式和示范实例的核对以及对附录的编写等，都曾给予很大的帮助和关注。作者还要向他的秘书迪安娜·A·德·巴尔西莎夫人表示谢意，她担任了打印原稿的艰巨任务；最后还要感谢编辑，由于他对本书的关心，设计出了超过作者预期的装帧和版式。

墨西哥国立土建大学工学院土力学与基础学教授、
顾问土木工程师、哲学博士利奥那多·齐法特

目 录

序 言

第一章 绪论	1
第一节 典型的基础类型	1
第二节 地基土沉积物	8
第三节 总沉降和不均匀沉降的容许值	10
第四节 小结	14
第二章 土的力学性质	17
第一节 引言	17
第二节 渗透性	18
第三节 应力-应变-时间关系	21
第四节 抗剪强度	77
第三章 土的固相和液相	97
第一节 基本概念	97
第二节 固相	97
第三节 水压力(液相)	115
第四节 土体的抗剪强度特性	133
第四章 基底反力	140
第一节 概述	140
第二节 地基模量	140
第三节 刚性基础	141
第四节 刚性基础的弯矩和剪力	148
第五节 推荐的 k 值	151
第六节 可变的地基模量	152
第五章 地面沉降	158
第一节 引言	158
第二节 地面沉降力学	158
第三节 墨西哥城的地面沉降	165
第六章 浅基础	182
第一节 引言	182
第二节 单独基础	182
第三节 连续基础	184
第四节 片筏基础	187

第七章 补偿式基础	189
第一节 基本概念	189
第二节 抗剪强度	191
第三节 压缩性和临界应力	192
第四节 塑性流动	194
第五节 弹性隆起和随后的沉降	195
第六节 侧向位移和坑外沉降	200
第七节 减小隆起的方法	203
第八节 倾覆力矩和基底剪力	205
第九节 基础的弯矩和剪力	209
第十节 实际问题	212
第八章 桩和墩的极限承载力	214
第一节 引言	214
第二节 桩端承载力	218
第三节 负摩擦力	226
第四节 桩上的正摩擦力	238
第五节 以力学模型为基础的桩基特性	243
第六节 现场桩载试验及其应用范围	253
第七节 选桩与打桩评述	259
第九章 补偿式摩擦桩基础设计	269
第一节 概述	269
第二节 摩擦桩筏基础	271
第三节 带摩擦桩的补偿式基础	275
第四节 倾覆力矩	280
第五节 弯矩和剪力	281
第十章 端承桩基础和墩基础的设计	282
第一节 概述	282
第二节 端承桩基础	283
第三节 墩基础	289
第四节 倾覆力矩和基底剪力	290
第五节 剪力和弯矩	292
第十一章 基础深开挖的稳定性	294
第一节 概述	294
第二节 板桩墙	297
第三节 板桩墙上的压力	299
第四节 降低基坑水位	301
第五节 基坑底部的稳定性	306

第十二章 建筑物基础的地震问题引论	310
第一节 综述	310
第二节 地震工程特点	311
第三节 地基土特性	321
第四节 弹性剪切模量	335
第五节 地震时建筑物基础的性状	343
第六节 地下结构在地震时的性状	351
附录 A 符号说明	364
附录 B 影响应力网及图表	368
附录 C 桩基表面摩擦问题的积分公式	374
附录 D 公制-英制换算表	376
附录 E 第四、七、八章中的算例	378
第四章例 1 半柔性基础的计算	378
第四章例 2 刚性箱形基础	382
第七章例 1 浮桥式条形基础	387
第七章例 2 一深埋超补偿式基础的基坑隆起过程	394
第八章例题 摩擦桩计算	397

第一章 绪 论

第一节 典型的基础类型

要为一项工程设计最优良而又最经济的基础，其关键主要在于基础工程师进行认真的研究。必须研究各种环境因素，使基土的工程性质与支承荷载的基础结构的类型相适应。因此，作为初步考虑，基础工程师必须了解工程拟建地点基土的定性指标和力学特性。这种初步知识使他可以判断基土在外荷作用下的工作性状，而在联系工程要求分析了各类基础结构系统所可能出现的情况后，他才有可能选定适当的基础类型。

本章目的在于具体地阐明怎样选择基础类型。要评述在所遇到的基土条件下，可以应用而又能满足总沉降和不均匀沉降要求的几种典型的基础结构。但必须记住，在基础设计中有两个重要的力学项目必须加以考虑：首先是基土对所施加荷载的承载能力；其次是总沉降和不均匀沉降是否能与所选的基础结构和上部结构的类型以及工程的建筑要求相适应。作为总沉降和不均匀沉降的一个实例，用于轻型柔性屋面的大间距基脚是可以允许出现较大的不均匀沉降的。但与此相反，象安装机器或设备之类的问题中，不均匀沉降量往往被限制得很小。因此，基础工程师必须研究在不同的建筑物设计问题中所能容许的不均匀沉降和不致损害相邻建筑物的总沉降量的大小。

对于每一个拟处理的基础问题，如何规定其总沉降量和不均匀沉降量，必须仔细地加以研究，因为容许沉降量是可以有很大变化的，并且取决于拟建工程项目在力学上的限制以及对相邻建筑物和公用设施的影响。换言之，我们可以说，对于某一特定建筑物，只要不引起损坏，而且某几个指定跨度的柱间的不均匀沉降不超过 $1/2$ 厘米，则把它的总沉降量定为30厘米也是可以容许的。这个规定似乎比较大胆，因为尽管并不发生损坏，但30厘米的总沉降量毕竟是太大了。如果总沉降量是可以预测的，而这座建筑物又处在远离其它建筑物的地区，不致于对任何产业造成损害，则就没有理由在设计中不容许有较大的沉降，只要公用设施进入建筑物的管线能得到适当的维护，而且基础设计使得建筑物的不均匀沉降不致对相邻建筑物产生损害。若果真如此，则这个项目的功能要求已得到满足，而基础也可以认为能在令人满意的情况下进行工作。

对土力学、工程地质学以及基础结构的性能和建筑设计具有一定经验的基础工程师，他是能够首先就看出应该为拟建工程选择什么样的基础的。当他选定了拟采用的最优基础类型后，他就可以对其性能进行定量研究。所选择的基础类型，应当是根据所遇到的基土条件能够被采用，而又能满足容许总沉降和不均匀沉降要求的、最经济的基础类型。

为了给基础工程师指明选择基础的初步途径，下面将讨论基础的几种主要类型，以及它们与不同基土沉积物之间的关系。根据这种关系，将可预测今后可能出现的工作性状。在进行这样的探讨时，作者假定基础工程师已经熟悉土工指标和土的一般力学性质以及各

类基础结构的一般性能。

一、独立基脚

我们知道基脚是由石料或混凝土的矩形刚性底板所组成，其尺寸是：宽度为 B ，长度为 L ，其中 L/B 之比不能超过1.5。这种基础结构可以支承柱荷载。可以估算出基脚的承载力，选定它的尺寸，然后作沉降预测。

为了说明基脚基础的情况，设某一建筑物有九根柱，分别支承在独立基脚上(图1-1)。在此情况下所有的基脚都是单独作用的。因此，要求基脚之间的不均匀沉降不得超过容许总沉降和不均匀沉降的限值。通过适当选择基脚面积和有时利用上部结构的刚度，将可以减少不均匀沉降。但是从结构观点来说，除非情况十分特殊，不允许由上部结构来担负由于基脚的不均匀沉降所引起的较大的次应力。独立基脚的基础，一般只用于低压缩性土，以及柱间不均匀沉降可由上部结构的柔性加以控制的建筑物，或者也可应用于能分别承担不均匀沉降和（或）转动的建筑节点或铰结的设计中，以使结构不致于受到损害。

二、连续基脚

当基脚所支承的柱之间的不均匀沉降必须控制在一定限值以内，并且当所遇地基沉积物属于中等或低压缩性时，建议采用连续基脚。这种基脚被定义为是用基础梁把柱互相连接起来的抗衡构件。

连续基脚的布置就是用梁连接两根或更多的柱。其竖向不均匀位移，可以借助于梁的

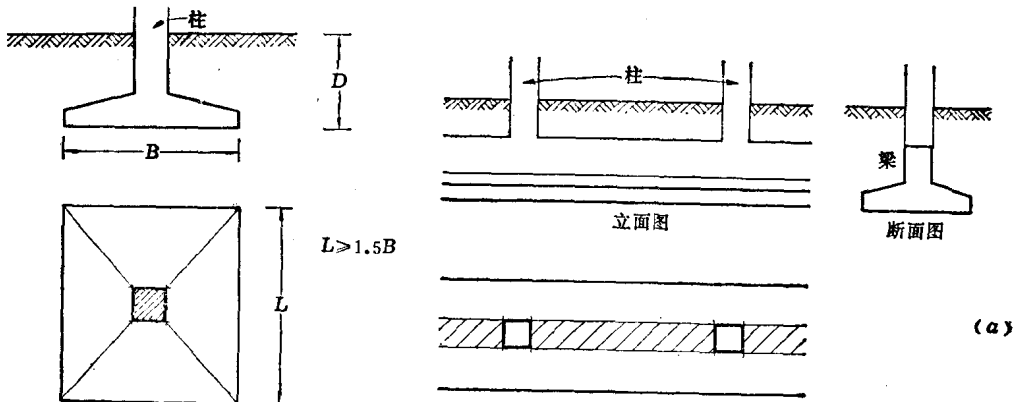


图 1-1 独立底脚

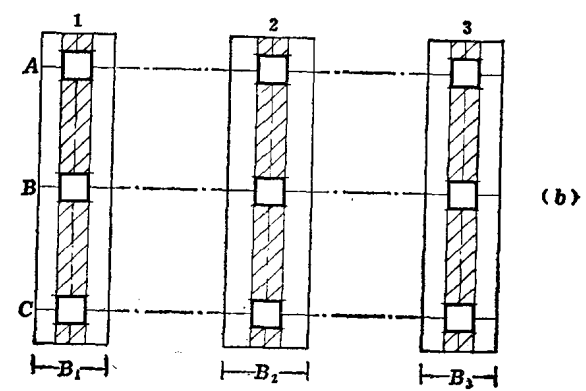


图 1-2 连续底脚

劲度来控制（图1-2）。基础梁可按柱列作纵向或横向的选择，这主要取决于这项工程的柱荷载的布置，以及结构和建筑设计中的其它功能要求。

当荷载较大而设计上要求具有双向（既沿柱列A, B, C, 又沿柱列1, 2, 3）的劲度时，可用双向的梁来加强基础的劲度（图1-3）。在这种情况下，可以看到基础底板实际上将覆盖整个基础。这种用连续基脚的基础类型，在中等压缩性土中比较有利，因为对于这类土需要控制柱间的不均匀沉降。基础梁必须设计成具有必要的劲度，以满足不均匀沉降的要求。

三、浮筏基础

当荷载大到如用连续底脚将会占据建筑物的投影面积约50%时，以采用如图1-4所示的覆盖全部面积的连续底板较为经济。在这种情况下，全部荷载可假定均匀分布于建筑物所覆盖的面积上。土的反力，根据安全承载力确定。总沉降和不均匀沉降，可通过考虑浮筏或基础底板的劲度来加以研究，使之与不均匀沉降容许值相适应，这是一个经济问题。

要得到经济效果，柔韧性具有重要意义。但是，若柱间竖向不均匀位移受到限制，就可能要求底板具有一定劲度，其方法是把底板加厚，或设置基础梁将柱列连系。梁可根据要求的劲度来设计，以减少不均匀位移。这类基础一般可用于中等压缩性的沉积土中，但在某些情况下，若容许有较大的总沉降，则地表浮筏基础也可用于高压缩性或特高压缩性的土。采用这类基础可有效地减少不均匀沉降。

四、补偿式基础

在中等、高或特高压缩性和低承载力的沉积土中，可采用补偿式基础。这类基础要求做一个整体的箱形

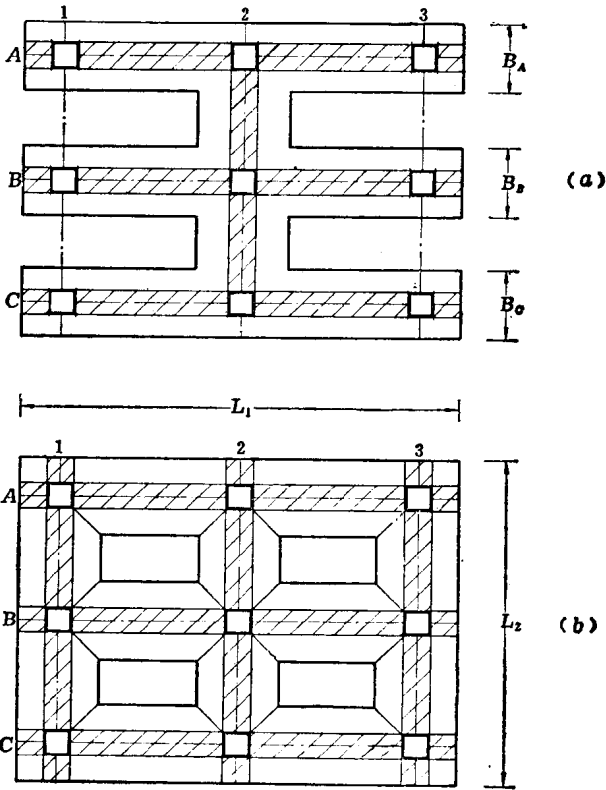


图 1-3 连续底脚

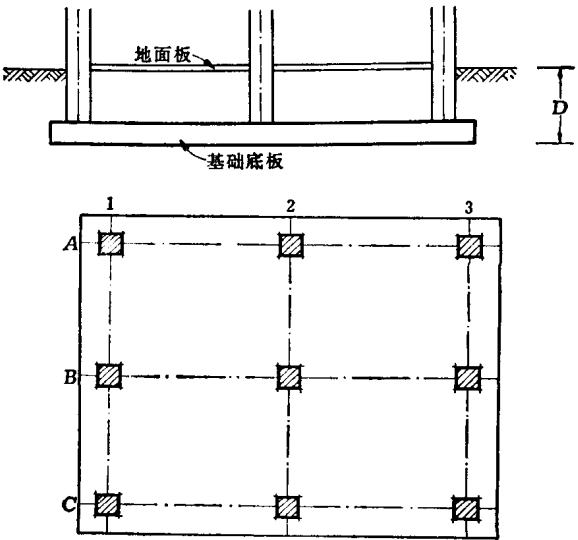


图 1-4 浮筏基础

基础，如图1-5所示。当地下水位接近地面时，必须采用防水措施，以便在基础设计中可以利用浮力的作用。在补偿式基础的设计中，必须记住应把土作为两相的材料来考虑，亦即固相和液相。因此，在补偿式基础中，其补偿是由下列两种作用相加而得：（1）固体的重量为其浮重所替换；（2）被排除的液体重量产生的浮力作用。要利用这两种作用一起来平衡建筑物的总重。构成基础结构和地下室的混凝土箱的容积将排除一定重量的液体，而根据阿基米德原理，这将有助于基础受浮托，从而可减轻施加于固相上的荷载。但固相所承担的荷载由于土体结构上有效应力的变化，将使地基土产生变形。这就应当象前面讨论其它几类基础的情况一样，从基土的承载力和总沉降及不均匀沉降的观点来加以研究。

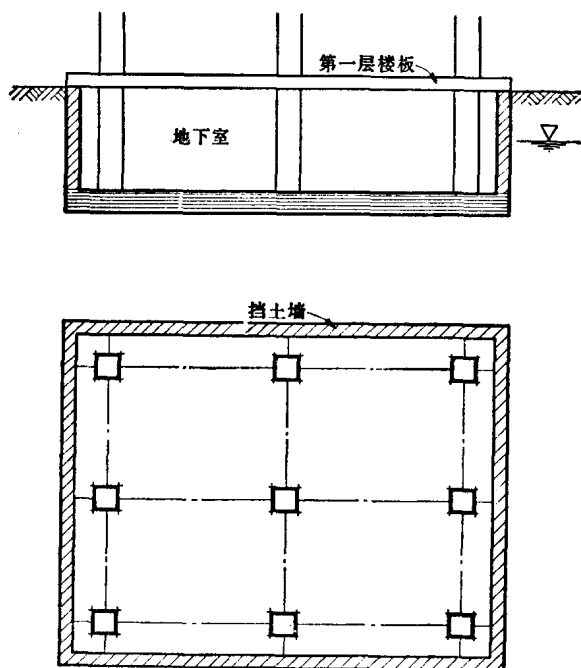


图 1-5 补偿式基础

图 1-5 所示的补偿式基础通常设计成刚性基础结构。因此，不均匀沉降是比较容易控制的。基础结构可设计成平板系统或板-梁系统，即在两个方向用梁把柱连接起来。由于基础拟建之处土的特性各不相同，因而这类基础意味着必须更准确地了解土料的应力-应变-时间特性，方能估算出由于固相中有效应力发生变化而引起的沉降。建筑物的荷载将利用挖方来补偿，其深度要足以获得必要的承载力，并能使竖向位移减少到令人满意的数值。

应当给基础结构以必要的劲度，借以控制不均匀沉降。由于地基中有效应力发生变化，故而基础的力学性

状是受固相控制的。这类基础沉降量的大小，主要取决于基础工程师在基坑开挖过程和以后土重新承受荷载的过程中，能使土保持预应力状态的能力。为了便于设计，了解基土中与流体动力学性质相关的地下水流的基本概念是具有重要意义的。应当以能保持原有有效应力的方法，来设计基坑开挖过程中的排水方式。因此，基础未来的性状将取决于挖土的方法和控制基土中水力状况的方法。

从理论上讲，若能够进行荷载代换而不使有效应力和水压力发生变化，则地表是不会发生竖向位移的。所以，这类基础的基本概念，就是要在挖土和基础结构施工过程中，力求使有效应力的变化达到最小。

五、摩擦桩补偿式基础

补偿式基础虽可设计得具有足够的劲度，以防止基础本身的有害不均匀沉降，但当上述基础不足以在保证容许总沉降量的前提下支承荷载时，还可于补偿的想法之外加用摩擦桩。这种情况可能出现于伸展至很大深度的高或特高压缩性的沉积土层中。这种桩可使压

缩性较高的上部土层得到加固。故这类基础适用于沉积土上部为特高压缩性、而其下为中等或低压缩性的基土（图1-6）。

这类基础的总沉降量在很大程度上取决于摩擦桩的打入方法、桩的间距与长度、基坑的开挖方法以及对基土的水力情况的控制程度。为了减少总沉降和不均匀沉降，应当永远遵守使有效应力变化最小的概念。挖土前先打桩得益最大，因为这样在挖土时可使桩在受拉状态下工作，从而使基土保持原来的侧限应力状态。

六、端承桩基础

当需支承的荷载大于摩擦桩补偿式基础所能承受的荷载时，就要求寻找一个具有低至特低压缩性和较高抗剪强度的深部硬层，以便打入端承柱。端承桩基础可以分为两种主要情况（图1-7和图1-8）。

第一种情况是指找到了相当厚度的硬层，而其下是中等压缩性土层。在这种情况下，桩应均匀分布，如图1-7所示。解决了硬层中的桩端支承问题后，还存在着要解决下面可压缩土层是否具有安全承载力的问题，以及总沉降和不均匀沉降是否在为该基础规定的容许值范围以内的问题。这类基础应设计得具有足够的劲度，以控制不均匀沉降。

第二种桩基础是指端承桩插入于伸展至很大深度的低压缩性坚硬沉积物中（图1-8）。在这种情况下，采用桩群以解决基础问题是比较经济的。桩将坐落在由桩群支承的独立基脚上。打入于坚硬土层中的桩所发挥的侧壁摩擦力，是总承载力的组成部分。桩的承载力将主要取决于桩所打的土层的抗剪强度的力学性质、桩的间距、桩插入于支承层中的长度、以及这个土层的密度和侧限状态。端承桩可以成群设置，也可均匀分布，视桩尖下土层的压缩性而定。如果能对桩的端部作特殊设计，而使桩所打入的土层的力学性质得到改进，则桩的端部支承能力还可能有所提高。

在端承桩的设计中，应当考虑表面负摩擦力的现象以及这种现象对于土层的侧限状态所产生的影响。负摩擦力的现象是十分重要的，它出现于可压缩土体相对于支承端承桩的硬层有向下的相对运动时，它将对桩产生拖曳力*。这种现象意味着部分土体的重量作为荷载传给了桩，其结果将使桩的支承层的竖向约束应力受到折减。这种向下的拖曳力有时

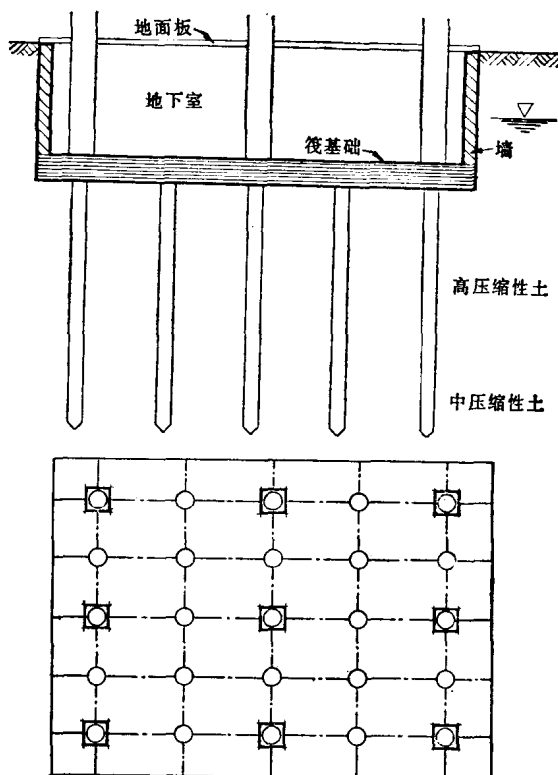


图 1-6 摩擦桩补偿式基础

* 原文为飘移力(drifting forces)，疑有误——译注。

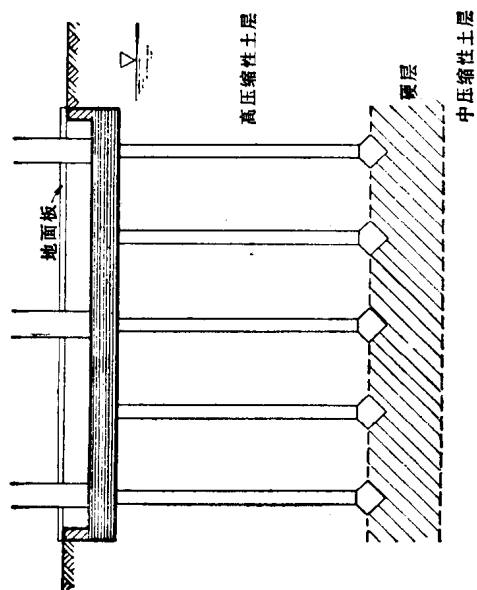


图 1-7 端承桩

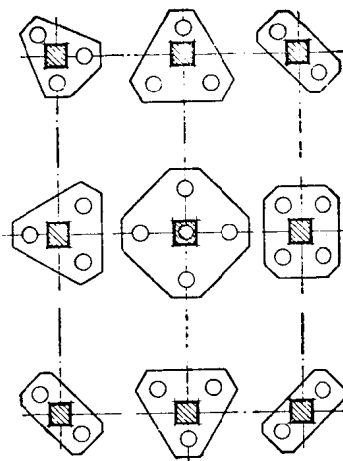
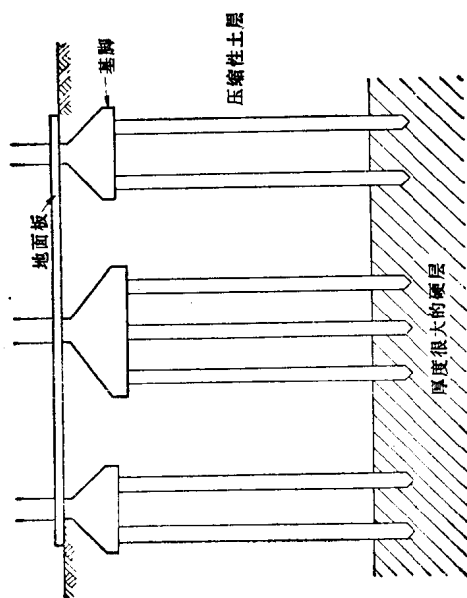
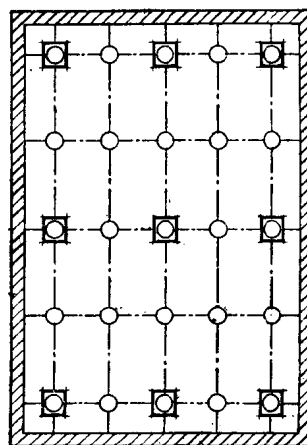


图 1-8 端承桩群

可能很大,它会迫使端承桩进一步贯入到支承层中去。因此,对所谓负摩擦力现象作适当考虑具有重要意义。这类基础的总沉降和不均匀沉降可通过计算桩尖下土层的压缩量来估计。

七、墩式基础

墩式基础适用于特低压缩性沉积土,以支承深埋的很大的荷载(图1-9)。它们的承载力是墩底以下土的力学性质和支承层的侧限应力的函数。实际上,这种构件的承载力是作为深埋的独立底脚来确定的。

墩在大多数情况下要求承担500吨以上的重级荷载,因此支承墩的沉积土的压缩性必须很低,这样才能推荐用墩。墩身直径可采用1米左右或更大。其承载力和基底大小也取决于基坑开挖的方法和控制水力条件的方法。在开挖过程中,如果发生向上的水流,则支承墩基础的土料的密度就会改变。如果土是细无粘性沉积物或粘性很小时,情况就特别严重,这时必须采用气压系统进行开挖,即需引入足够高压力的空气,以平衡流向坑底的水流,从而保持支承层的天然约束和密实状态。通常在设置这些构件时如能谨慎从事,则其沉降是很小的。而当墩底土层的应力-应变特性为已知时,沉降是可以估算的。这些构件的负摩擦力可能占很大的比例,故应加以估算。

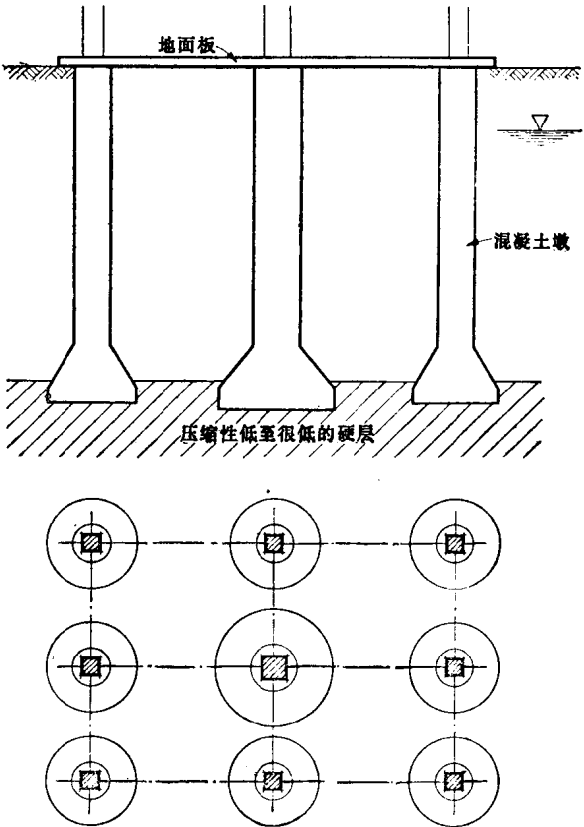


图 1-9 墩式基础

如在地震区应用这种刚性构件,穿过高或特高压缩性沉积土以支承荷载时,必须研究地震时土体水平运动的影响。由于土的位移对墩所产生的水平推力不容忽视。这种刚性构件曾经有因地震所产生的强烈水平运动而遭到破坏的情况。

八、砂墩基础

采用砂墩或砂桩的基础方案,如图1-10所示。这类基础是借助于降低基土的压缩性和增加其抗剪强度特性来提高其承载力的。这类桩可用于松散的或中等密度的砂土沉积物中。基土的改善程度视这些构件设置时所灌入的砂的体积而定。通常先在地基中打入一个孔,然后把砂灌入,并用重锤分层紧密压实。砂墩能承受荷载是由于基土给予侧向约束。这些构件的变形,可通过把墩当作受基土侧向约束的长的砂圆柱体,按所采用的砂的应力-应变特性进行估算。建议这类基础只用于水泥价格过高而浇捣混凝土的好骨料又比较

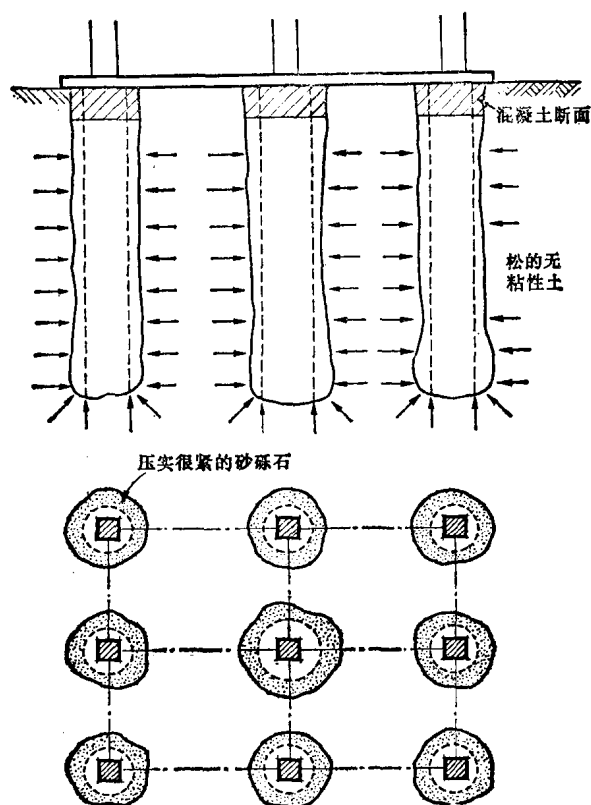


图 1-10 砂墩

难得的地方。

小结：上述各类基础，通常分别推荐应用于特定的典型地基条件下。当地基土的工程特性允许，而总沉降和不均匀沉降的容许值又能满足时，有时也可采用这些类型的混合体。基础类型和基础结构的选择有赖于基础工程师对自然界所遇到的地基土料的力学性质的认识能力。

第二节 地基土沉积物

对本章以上所阐述的基础类型，基础工程师只有在研究了下列资料后，才能作出选择：第一、所讨论的特定地基的土料的工程特征指标；第二、拟采用的基础结构类型的力学性能，所要承担的荷载，以及总沉降和不均匀沉降的容许值。此外，考虑建筑物的平面布置以及建筑上和结构上的功能要求，对基础工程师也有重要意义。在地震区必须研究地震力及其对地基土体的影响。

用以支承建筑物基础的未固结的沉积土，按实用观点可分为六大类，即残积土、风积土、冲积土、湖相沉积土、海相沉积土和坡积土。火山和冰川成因的沉积物，可归入上述六大类之中，其不同只是由于其性质分别属于火山岩或别种岩石的碎屑而已。其侵蚀和搬