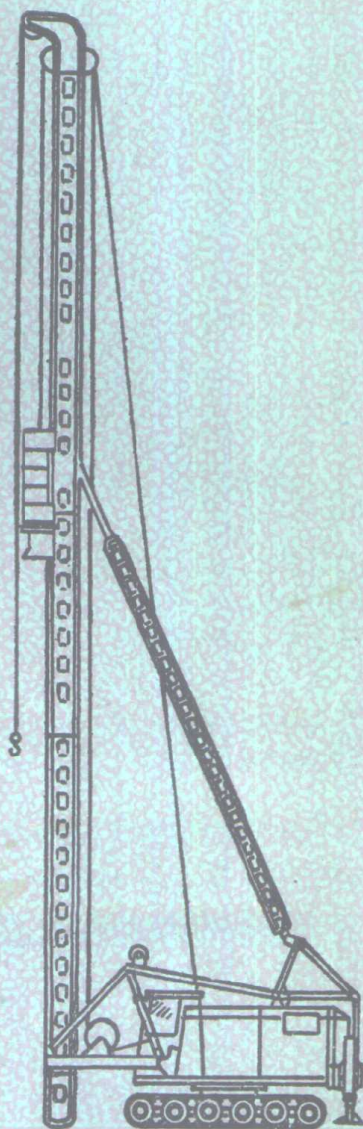


桩的设计和施工

[英] M. J. 汤姆林森 著
朱世杰 译



人民交通出版社

86.1174

桩的设计和施工

〔英〕M.J.汤姆林森 著

朱 世 杰 译

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书译自英国 M.J. Tomlinson 所著 *Pile Design and Construction Practice* 1977 年版。

书中搜集了七十年代以来世界各地有关桩基工程的设计、施工和科学研究方面的资料，是一本论述桩的设计和施工方面的专门著作。

全书共分十一章，包括桩的类型、设桩设备、单桩和群桩的计算和桩基的设计方法、海中建筑物及特殊情况下的设桩工程，以及现场勘察、桩基工程合同和桩的荷载试验等。题材新颖，内容丰富，数据与插图较多。计算方法用实例加以说明，简明易懂。

可供公路、桥梁、建筑及港工等专业的科技人员和有关专业的大专院校、中专师生参考。

桩 的 设 计 和 施 工

[英] M.J. 汤姆林森 著

朱 世 杰 译

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：23.5 字数：562千

1984年1月 第1版

1984年1月 第1版 第1次印刷

印数：0001—7,300册 定价：3.60元

译者的话

本书是一本论述桩的设计和施工的专门著作。

本书着重现场观察、试验和理论结合实际。对于桩特性的分析，考虑了地基地质条件、荷载形式、施工方法以及周围环境等方面的影响因素。书中还引用了桩基工程科学研究方面的新成果，尤其是关于桩在侧向荷载下的课题，在第六章中作了较为详细的介绍。在质量控制方面，引用了欧美各主要国家的有关技术规范要求。此外，在应用方面，本书还包括了世界各地区的桩基工程经验。全书内容丰富，有插图、数据表、简明公式以及实例等。深入浅出，易于掌握，有实用价值。可供公路、桥梁、建筑及港工等部门从事设计、施工、科研及教学等人员参考。

在此，感谢华北水利水电学院北京研究生部王正宏副教授对译者的鼓励和支持，以及在疑难问题上的指导。感谢铁道部科学研究院木材研究室郭惠平同志对木材等译名方面的帮助。并特别感谢铁道部高级工程师倪成禄同志对本书译稿所作的全面审阅与修改。

限于水平，难免有错误不当之处，希望读者批评指正。

前 言

设桩工程既是工艺，又是科学。工艺在于根据场地条件及荷载形式选择最合适的桩型和设桩方法。科学在于能使工程师在桩一经设在地基内并承受荷载后，即可预计到桩的特性。这一特性深受设桩方法的影响，因此，不能仅仅根据桩和未扰动土壤的物理特性来预估。掌握现有桩工类型和修建桩基础的方法，对全盘了解桩特性的科学是重要的。为此，在讨论桩上容许荷载和变形特性计算的章节之前，作者先安排一些章节，来叙述专利的及非专利的各种桩型和设桩所使用的设备。

近年来，在预测受侧向荷载作用桩的特性的方法方面，已取得重要的进展。这对于深水油船码头和输油管托架基础的设计，以及为天然气和石油生产用的近海平台的基础设计，都是相当重要的。因此，关于桩在侧向荷载作用下的课题，本书作了详细的叙述。

作者荣幸地能够引用乔治·威帕有限公司 (George Wimpey and Company Limited) 关于世界范围内的经验；该公司雇员们在桩基础的设计和施工方面已具有近30年的历史。作者感谢威帕实验研究有限公司 (Wimpey Laboratories Ltd.) 及其母公司管理处的惠允，使本书得以搜集到他们在工作中的许多实例。作者特别感谢结构工程学会会员 P.F. 温费尔德，他对计算、复核原稿与算例等方面都给予了热忱的帮助。

许多桩工承包专家和设桩设备的制造厂商，惠赠了不少技术资料和施工流程及产品说明。本书在引用这些资料时，均提到了出处。此外，对本书提供照片和其它有关说明的下列单位（略），表示谢意。

摘自 CP112 及 CP2004 的资料，是得到英国标准学会的同意复制的。完整的复制件可向该会索取。

M.J. 汤姆林森 (M.J. Tomlinson)

1977年于斯塔塞—伯顿

目 录

译者的话

前 言

第一章 一般原理及应用	1
1-1 桩的作用	1
1-2 桩的发展史	1
1-3 承载力计算	2
1-4 动力打桩公式	4
1-5 技术规范的要求	4
1-6 工程师及承包人员的责任	5
第二章 桩的类型	8
2-1 桩的分类	8
2-2 打入的挤压桩	11
2-2-1 木桩	11
2-2-2 预制混凝土桩	16
2-2-3 有接头的预制混凝土桩	25
2-2-4 钢桩	27
2-2-5 钢桩的桩靴	36
2-2-6 钢桩的工作应力	37
2-3 打入式就地灌注的挤压桩	38
2-3-1 概述	38
2-3-2 可抽出设桩管的桩型	38
2-3-3 壳型桩	44
2-3-4 打入式就地灌注桩上的工作应力	47
2-4 螺旋挤压桩	48
2-5 非挤压桩	49
2-5-1 概述	49
2-5-2 钻孔式就地灌注桩	50
2-5-3 钻入式管形桩	53
2-6 混合桩	54
2-7 控制选择桩型的因素	55
第三章 设桩设备和方法	57
3-1 打桩设备	57
3-1-1 桩架	57
3-1-2 起重机支撑(悬吊)导杆	59

3-1-3	导向支架	61
3-1-4	桩锤	62
3-1-5	振动打桩机	70
3-1-6	桩锤类型的选择	70
3-1-7	打桩时的噪声控制	73
3-1-8	桩盔及打桩帽	74
3-1-9	射水沉桩	75
3-2	设置打入式就地灌筑桩的设备	76
3-3	设置钻孔式就地灌筑桩的设备	76
3-3-1	动力螺旋钻	76
3-3-2	带套管振荡器的抓斗钻孔机	78
3-3-3	振动钻孔机	79
3-3-4	逆循环钻孔机	80
3-3-5	三角架式钻孔机	81
3-3-6	用膨润土泥浆钻进成桩	81
3-4	设桩步骤	83
3-4-1	打入木桩	83
3-4-2	打入预制(包括预应力的)混凝土桩	83
3-4-3	打入钢桩	84
3-4-4	打入钢壳灌筑混凝土桩	85
3-4-5	可抽出管的打入式就地灌筑桩的设置	85
3-4-6	用动力螺钻机械设置钻孔式就地灌筑桩	86
3-4-7	在水下灌筑混凝土桩身	88
3-4-8	用抓斗、振动及逆循环设备设置的钻孔式就地灌筑桩	90
3-4-9	用三角架式钻孔机设置的钻孔式就地灌筑桩	90
3-4-10	斜桩的设置	90
3-4-11	桩位的容许偏差	91
3-5	群桩的施工	92
第四章	承压桩的抗力计算	93
4-1	一般原理	93
4-1-1	计算桩抗力的基本方法	93
4-1-2	荷载作用下的桩的特性	94
4-1-3	破坏荷载的定义	95
4-1-4	桩的容许荷载	95
4-2	在粘聚性土壤中的桩	96
4-2-1	打入的挤压桩	96
4-2-2	打入式就地灌筑的挤压桩	103
4-2-3	钻孔式就地灌筑的非挤压桩	104
4-2-4	粘土中桩抗力的时间效应	106
4-3	无粘聚性土中的桩	107

4-3-1	概述	107
4-3-2	在无粘聚性土中的打入桩	108
4-3-3	在无粘聚性土中的打入式就地灌注桩	115
4-3-4	在无粘聚性土中的钻孔式就地灌注桩	115
4-3-5	在无粘聚性土中, 用现场试验方法推算桩的极限抗力	117
4-3-6	桩在无粘聚性土中的时间效应	120
4-4	介于砂及粘土之间的中间性土壤中的桩	121
4-5	在粘聚性及无粘聚性成层土壤中的桩	121
4-6	粘聚性和无粘聚性土壤中的桩, 在工作荷载下关于沉降和安全系数的选择 关系	123
4-7	支承在岩石上的桩	125
4-7-1	打入桩	125
4-7-2	打入式就地灌注桩	128
4-7-3	钻孔式就地灌注桩	129
4-8	位于填方中的桩——负表面摩擦力	130
4-8-1	负表面摩擦力的估算	130
4-8-2	关于负表面摩擦力的安全系数	134
4-8-3	减小负表面摩擦力的方法	134
4-9	实例	135
第五章	受压荷载下的群桩	147
5-1	桩基础的群桩作用	147
5-2	粘聚性土中的群桩	148
5-2-1	极限承载力	148
5-2-2	沉降	150
5-3	无粘聚性土壤中的群桩	156
5-4	终端在岩石上的群桩	160
5-5	填方中的群桩	161
5-6	设桩方法对群桩的影响	162
5-7	预防群桩中的隆起作用	165
5-8	地下室下面的群桩	166
5-9	实例	169
第六章	抵抗上托及侧向荷载的桩基础设计	181
6-1	上托及侧向荷载的发生	181
6-2	桩的上托阻力	182
6-2-1	概述	182
6-2-2	摩擦桩的上托阻力	183
6-2-3	桩底扩大的桩	184
6-2-4	岩石上的锚固桩	186
6-2-5	在岩石中进行钻孔锚固时的上托阻力	187
6-3	受侧向荷载的垂直单桩	192

6-3-1	计算桩在侧向荷载下的极限抗力	194
6-3-2	部分埋置的垂直单桩的弯矩和变形	202
6-3-3	垂直桩受侧向荷载时的挠度	203
6-3-4	垂直桩受侧向荷载时的弹性分析	205
6-3-5	$p-\gamma$ 曲线的应用	211
6-3-6	侧向荷载及弯矩作用在桩头时, 设桩方法对土壤特性的影响	217
6-4	侧向荷载作用在斜桩上	217
6-5	侧向荷载作用在群桩上	218
6-6	邻近超荷载对群桩的影响	220
6-7	实例	222
第七章	桩和群桩的结构设计	238
7-1	一般设计要求	238
7-2	为使制成后能提吊用的钢筋混凝土桩的设计	238
7-3	能够抵抗打入应力的桩的设计	242
7-4	桩在地面以下的弯曲效应	244
7-5	轴向荷载的柱式桩设计	245
7-6	桩的接长	246
7-7	桩与桩帽及地梁的粘结	247
7-8	桩帽设计	248
7-9	桩的帽梁和联结地梁的设计	252
7-10	实例	255
第八章	海中建筑物的桩	268
8-1	停泊结构及栈桥码头	268
8-1-1	由于停泊冲击力而作用在桩上的荷载	269
8-1-2	作用在桩上的缆索力	274
8-1-3	作用在桩上的波浪力	275
8-1-4	作用在桩上的水流力	278
8-1-5	作用在桩上的风力	279
8-1-6	浮冰作用在桩上的力	280
8-1-7	栈桥码头及系船柱桩的材料	281
8-2	固定式近海平台	281
8-2-1	一般设计原理	281
8-2-2	船只停泊力及系缆力	282
8-2-3	波浪力	282
8-2-4	水流力	284
8-2-5	风力	284
8-2-6	浮冰力及覆冰力	284
8-2-7	地震力	285
8-2-8	套管式结构的桩设计	285
8-3	实例	290

第九章 其它的桩工程	302
9-1 机器基础用桩	302
9-1-1 一般原理	302
9-1-2 对机器静荷载的桩设计	303
9-1-3 对机器动力荷载的桩设计	303
9-2 托换基础的打桩工程	305
9-2-1 托换基础的必要性	305
9-2-2 托换基础工程中的设桩方法	305
9-3 矿坑沉陷区的设桩工程	310
9-4 在冰冻地区的设桩工程	313
9-4-1 一般效应	313
9-4-2 对桩基础的冻结效应	314
9-4-3 永冻地区的设桩工程	315
第十章 桩基础的耐久性	316
10-1 概述	316
10-2 木桩的耐久性和防护	317
10-2-1 陆地建筑物中的木桩	317
10-2-2 河中及海中建筑物中的木桩	318
10-3 混凝土桩的耐久性和防护	320
10-3-1 陆地建筑物中的混凝土桩	320
10-3-2 海中建筑物中的混凝土桩	325
10-4 钢桩的耐久性和防护	326
10-4-1 陆地建筑物中的钢桩	326
10-4-2 河中及海中建筑物中的钢桩	327
第十一章 现场勘探和设桩工程的承包合同及试桩	329
11-1 现场勘探	329
11-1-1 勘探计划	329
11-1-2 在土壤中钻探	331
11-1-3 在岩石中钻探	331
11-1-4 在土壤及岩石中作现场试验	332
11-2 设桩工程的承包合同及技术要求	334
11-2-1 订立合同	334
11-2-2 打桩工程的技术要求	336
11-3 桩的施工控制	338
11-3-1 打入桩	338
11-3-2 打入式就地灌注桩	340
11-3-3 钻孔式就地灌注桩	340
11-4 桩的荷载试验	342
11-4-1 压力试验	342
11-4-2 压桩试验资料的分析	346

11-4-3 上托力试验.....348

11-4-4 侧向荷载试验.....350

11-5 桩的结构完整性试验.....351

附录 A 设桩工程的英国标准及技术规范.....353

附录 B 材料的特性.....355

附录 C 本书所用的主要符号及其意义.....356

第一章 一般原理及应用

1-1 桩的作用

桩是基础中的柱形构件，它的作用在于穿过弱的压缩性土层或水，把来自上部结构的荷载，传递到更硬或更密实且压缩性较小的土壤或岩石上。桩在支承高的建筑物时，在风或波浪的倾覆力的作用下，桩就可能要承担上托荷载。对于用作海中建筑物的桩，还要承受来自停泊船只的碰撞或来自波浪的侧向荷载。桩在支承挡土墙、桥墩和桥台以及机器基础时，还会承受垂直的和水平的组合荷载。

1-2 桩的发展史

支持结构的打入式承载桩是土木工程科学与工艺的最早实例之一。在英国，由罗马人修建的桥梁工程及河滨住宅中就有许多木桩的例证。中世纪，在东安格利亚 (East Anglia) 沼泽地区修建的大修道院基础中，用过橡木和赤杨木桩。在中国，汉朝(公元前200年到公元200年)的桥梁建设者使用过木桩。木桩的承载能力受到天然木料大小的限制，同时也要经受被锤击打入时，不致因劈裂而破损的材料性能的限制。于是，在打桩工程的最初时期，就总要拟定一些简单的规则，桩上的容许荷载则根据它抵抗打入时，已知锤重及已知落距的能力而定。关于各类树种木桩的耐久性知识，如把木材烧黑以防止腐朽的措施，或者在水位以下把桩头切除而在其上修建圪工筏形基础，这些资料都积累起来了。

木材由于它的强度高并具有材质轻、耐久以及容易切割和操作等特性，因此，直到最近时期它仍然是桩的最适当的材料。由于混凝土及钢材这些新兴的材料能够用来制成部件，而且和同样尺寸的木桩相比较，混凝土桩或钢桩的抗压、抗挠和抗拉能力要远比木桩高得多，因此，木材被混凝土及钢材所代替。特别是混凝土，适合于现场施工，在必须避免噪声、振动和地面隆起的地点，它有利于在钻孔中设置基础桩。

钢筋混凝土是在十九世纪末和二十世纪初才发展成为结构材料的，它大量取代了在陆地上作业具有高承载力的木桩。它能够预制成各种结构形式，以适应施加的荷载条件与场地条件，而其耐久性又能适应于很多种的土壤和浸没条件。一部分打入式预制混凝土桩，被各种形式的就地灌注式桩所代替，主要是由于研制出了高效率的机械，因而能在广大范围的土壤和岩石条件下，钻成大孔径和很深的桩孔，并不是因为预制混凝土构件在特性上有任何缺陷。在1970年，荷兰和瑞典用的打入式预制混凝土桩仍然分别占全部打入桩的85%及65%。

由于钢材容易制造和操作，并能承受强烈的打击力量，因此在设桩工程中增加了钢材的应用范围。海中结构的钢材锈蚀问题，由于引入了耐久性涂层和阴极保护法而得到解决。

1-3 承载力计算

尽管制桩的材料能够确切地规定，同时对于桩的制造和设置，又能控制到符合于严格的规定和技术规范的要求；可是，承载能力的计算仍然是复杂的。目前，关于承载力的计算，虽然一部分是以土壤力学和岩石力学所导出的理论概念为根据；但是在主要方面，它仍旧依据来自经验的实验方法。根据土壤力学原理来计算桩的极限承载力，在实际上，和把这些原理用于浅的扩大基础上的情况相比较，两者之间有很大的区别。在后者的情况下，对于支承基础的土壤，它的全部面积是外露的，而且这些土壤既能够被观察到，又能取样做试验，因此，可以保证它的承载特性和钻孔研究及土壤试验所取得的结果相符合。至于扩大基础，如果使用正确的施工技术，那么对于土壤的扰动仅限于开挖面以下几厘米深度内。实质上，影响承载力的全部土体仍保持未受扰动，并且不受施工操作的影响（图1-1a）。从具有一定可靠程度（这种可靠程度仅取决于土层的复杂性）的未扰动土壤物理特性的了解上，即可估计到扩大基础在抵抗总剪切破坏时的安全系数，并可估计到扩大基础在设计工作荷载下的沉降。

控制桩基础承载力的条件则完全不同。无论设立桩的方法是用锤击打入法、喷射法、振动法、顶压法、螺旋法或是钻孔法，与桩面相接触的土壤都全被扰动；而且正是从这种和桩面相接触的土壤中，桩才取得侧向荷载的抵抗力，以及通过桩对土壤的表面摩擦才取得支承力。同样，在桩趾下的土壤或岩石被压缩（有时被弄松）到某种程度后，这也会显著影响桩的底端承载抗力（图1-1b）。当时间过了几天、几个月或几年后，桩与土壤结合面的条件会发生变化，从而大大影响桩的表面摩擦阻力。这些变化可能是由于这样一些因素所引起，即设桩时所产生的超孔隙水压力的消散；由于摩擦力和粘聚力的相应影响，而这两个力又依存于桩对土壤的相对移动；以及由于化学或电化化学的影响，这种影响或因混凝土的硬化而引起，或由于钢材与土壤接触中的锈蚀所致。在安设群桩以支承重型基础的荷载时，当以打入法或钻孔法设置邻桩的操作中，这会对已经设置好的群桩的承载力及荷载—沉降关系特性引起变化。

就目前的知识水平看，不同设桩方法对承载力及变形特性的影响，尚不能严密应用土壤力学或岩石力学理论来加以计算。能做到的最好方法，是把简单的经验系数应用于未扰动的土壤或岩石的抗剪强度或压缩特性上。能够利用的各种系数乃取决于设桩的特定方法，并且

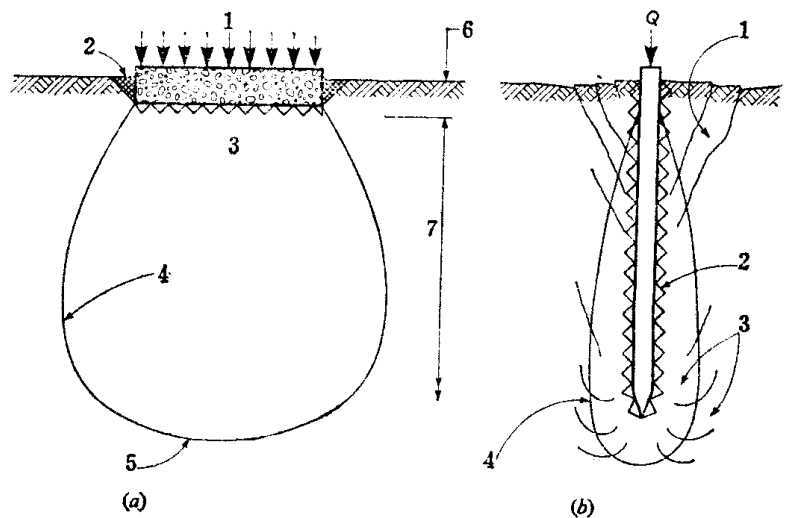


图1-1 扩大基础和桩基础下面的压力分布及土壤扰动的比较

(a) 扩大基础

1-外施的压力 q ；2-回填土；3-方形基础；4-土壤上的垂直应力 $= q/10$ ；5-压力泡；6-扰动土的范围；7-未扰动土的范围

(b) 单桩

1-由于桩的设置而被挤动的土壤；2-靠近桩的土壤的被剪切范围；3-破裂土壤的范围；4-摩擦桩的压力泡

这些系数是根据经验及现场荷载试验的结果得来的。由于不可能使模型桩上的设桩效应重现，因此在试验室研究桩的特性的努力方面，没有得出任何有价值的设计规则。这样的研究，充其量对桩把荷载传给土壤，以及群桩效应的基本情况作深入的了解而已。

对于计算桩的承载力的“土壤力学方法”，它的基本原理是：桩对下压荷载的总抗力等于表面摩擦力和底端抗力两个分量

之和。表面摩擦力起主导作用的桩叫做摩擦桩（图1-2a），而支承在岩石上或其它一些坚硬不被压缩土壤上的桩叫做底端承载桩（图1-2b）。

即使能可靠地估算桩的总抗力，然而，用经验或半经验的计算法来估计包含设桩到需要深度的问题上，也会发生进一步的困难。计算混凝土预制桩应该打入的深度，譬如

是20米才能安全承担一定的工作荷载，这是问题的一个方面；但是，如何选定所需桩锤的能量，才能把

桩打入到这一深度，又完全是另外一个问题；而且当把桩打入到所需要的深度时，要决定桩是否会被震裂。如果是打入式就地灌注桩的情况，对于打入桩管到所要求的深度，然后，在打桩设备的拖拉能力以内，把桩管拔出，对这一点要正确地估计到。至于在极限承载力的计算时，对于设桩要求的估算和设桩时桩的特性，都是根据实验上的简单经验规则来作成的。

当计算桩在粘土中的抗力时，时间效应是很重要的，对此曾引起了毕杰隆（Bjerrum）的注意。时间效应不但包括在桩上加荷载的速度，还包括设桩与试验桩之间的时间间隔。在粘土中的桩，如果加荷载是很缓慢的，那么桩上的表面摩擦阻力，可能仅仅是桩在荷载试验正常加载速度下所测量到的表面摩擦阻力的一半。所以，只有缓慢的加载速度，才可能和建筑物施工时受荷情况相当；然而，桩承载荷载的能力，仅仅根据设桩几天之后，并且在相当快的加载试验情况之下，作出判断的。桩在砂中的承载能力也可能随时间而减少；但是，无论在粘聚性土中，还是在无粘聚性土中，都不管时间效应的重要性；在确定桩基础承载力的实用方法上，仍然采用在孤立的单桩上，按短时间试验所得结果的设计计算法，然后，在安全系数上，允许对承载力随时间的增长作一些折减。至于群桩效应则如第五章所述，可以把群桩当成整体基础的作用来考虑。

由于经验起主导作用和理论上又有一定局限性这两方面的原因，使得设桩工程的实施乃是技术而非科学；但是，随着当前设桩工程的迅速发展，工程师们企图从他们的经验中，采取外推的办法来解决现在知识还远不能解决的问题。在深海位置的石油生产平台基础所需的打桩工程中，这一点已得到很好的验证。当前，正在被设置的单桩，它能承受1000吨或更多的工作荷载。这样的桩由具有70吨质量的桩锤打入；然而，在二十世纪五十年代，当时所提供的锤重才10吨。这一工作，对于桩的打入阻力及极限承载力理论的圆满发展，起了积极的促进作用，以致于从已知经验进行推断时，可靠度更大了。至于现在知识的局限性，将在第四章至第六章中讨论。

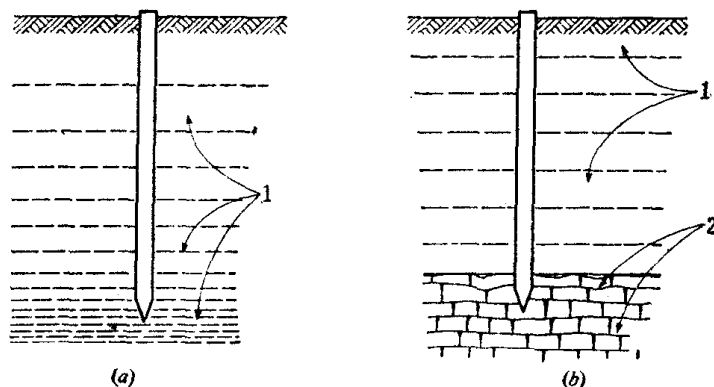


图1-2 承载桩的类型

(a)摩擦桩

1-土壤的硬度或相对密度随深度的增加而逐渐增加

(b)底端承载桩

1-软的高压缩性土壤；2-岩石或坚硬而比较不可压缩的土壤

1-4 动力打桩公式

计算桩上容许工作荷载的土壤力学方法，在于确定试验荷载阶段或结构使用期间所加静荷载时的抗力。根据正在打基桩时测量所遇到的抗力，来作为桩的计算方法，在过去的记载中已被简要地提及过。直到较近时期，设置所有桩的方式都是采用简单落锤或桩锤把它们打入的。由于桩在已给能量打击下的向下移动，和桩对静荷载的极限抗力之间存在着一定关系，当全部的桩都被落锤打入时，得到大量的经验，从而形成了简单的经验公式，并且从经验公式中，根据桩在最后打入阶段被每锤击入的“沉入度”，就可以计算桩的极限抗力。然而，在使用近代打桩设备时，如果仍然应用这些公式，那就有许多缺点，而且在作为一种方法来估计桩对抵抗静荷载的抗力时，目前这些公式也是极不可靠的。

作者坚持这样的意见，即关于计算桩的极限抗力的这种“动力”公式是没有地位的；如果用这样的公式来计算桩在工作荷载下的变形，那是不可思议的。在“静力”公式的研究方面，已获得稳步的进展。依靠研究，对公式的应用积累了经验。土壤力学的方法能用于所有场地条件下的一切打桩形式。其实，即使可靠的动力公式能够建立起来，公式的应用也将是仅限于打入桩方面。此外，用静力公式来精确估计荷载—变形特性的预期目标将最终达到。不过，桩在打入过程中，当要估计桩的破裂危险性时，对组成桩的材料的应力如要进行估计，则动力打桩公式仍有其用途；对于这样的问题，它们之间的关系，将在第七章中讨论。

1-5 技术规范的要求

在包含有设桩工程的各种技术规范中，从适用于设计者的部分资料反映出，估计桩上的容许荷载或极限荷载的方法是不确定的。英国标准技术规范 CP2004（基础），把桩的极限承载力规定为“土壤的抗力被充分调动时的荷载”；一般即按引起桩头沉降的深度为桩宽或桩的直径的 10% 时的荷载作为极限承载力。CP2004 并没有对上托荷载或侧向荷载下的极限荷载给予定义。特殊的设计资料局限于规定出桩材工作应力及钢筋保护层的要求，同时也指出了位置上的容许偏差和垂直度。关于土壤或岩石中的表面摩擦力或底端承载力值的定量资料，则没有给出；不过，从第二章中将会看到：许多国家定出了这些数值的极限值或桩上的最大荷载，以便保证桩不至于在剧烈的情况下被打入，以便避免盲目追求能被桩身横截面积上的容许应力所相应允许的最大工作荷载。

在英国的实地应用中，包括基础下部结构按 CP110 要求设计，而结构的基础则按 CP2004 的要求设计。这两种设计方法是不同的。因为在前一个文件中采用部分安全系数，而把特定的静载和外施荷载，提高到等于极限荷载的数量上，计算结构的极限抗力，是根据该结构施工时所用材料的特定强度进行的，而且把该结构的荷载仍再乘以部分安全系数，以便把所用材料的强度低于设计特定强度的可能性考虑进去。那么，如果结构上的极限荷载并不超过结构本身对荷载的极限抗力，则其结构不至于达到临界极限状态或破裂极限状态，因而结构是安全的。此外，也计算结构的变形，以保证这些变形不致超过结构或使用者所能允许的最大值，从而保证了不至于到达使用极限状态。

当按照 CP2004 进行基础设计时，则计算最大工作荷载。这和 CP110 中所规定的特定荷载，亦即最大静载与外施荷载之和不相上下。计算场地土对这一荷载所提供的抗力，要根据

土壤或岩石的典型抗剪强度参数而定。这些参数未必是最小值或平均值,这由工程师考虑如下一些情况,利用他自己的经验和判断所选择的一些参数;即考虑地质条件的变化;试验结果的可用数目;为试验取样及选样的注意点;其它现场勘探的经验以及当地既有结构的特点。由下部结构施加在场地上的最大荷载,在乘以适当安全系数后的积,不应超过场地土的计算抗力。后者考虑了超过结构的总沉降及差异沉降的危险性,并且考虑了设计方法以及关于抗剪强度参数选择值等的不确切性。

当计算基础的沉降量时,对于这些计算所采用的荷载,则不必和用以求得最大工作荷载的荷载相同。在通常的实施中,取实际的静载和外施荷载的全部,或者取静载和外施荷载的一部分;如何取,这要根据外施荷载的类型而定;即是,如谷仓之类的结构,则取全部外施荷载;但是,如外施荷载为风荷载,则在计算长期沉降时,可不予考虑。

当设计结构及其基础时,如不采用同时测量两种参数的方法是没有道理的;但是结构设计者应对场地土所支承的荷载条件给予明确的说明。如果结构设计者把带系数的极限荷载提交给基础工程师,然后基础工程师对这个荷载采用安全系数(譬如说是2.5或3)以后,再去计算场地土的抗剪强度,则最后设计会过于保守。同样地,如果用这样的极限荷载来计算沉降,则计算所得数值会大得失真。基础工程师应知道上部结构及下部结构的实际静荷载有多大,而且对外施荷载的类型和延续的时间要有充分了解。在基础及挡土墙结构设计中,应考虑在CP110中所规定的临界极限状态及使用极限状态时所涉及的一些问题,这点曾由埃斯提尔(Astill)讨论过。

1-6 工程师及承包人员的责任

在英国及许多别的国家,设桩工程被作为一种特殊作业,而这一工作,在投标价格的方法上会引起一些责任上的不合理的划分现象,这些责任又会导致一些不希望有的作法。习惯上,把非专利型的打入式木桩、预制混凝土桩或预应力混凝土桩、以及钢管桩或H形桩的设计及其细节规定,都看作是工程师的责任。从而由工程师根据场地资料来规定桩的类型、宽度和总长。对混凝土桩还要作出详细设计,其中包括钢筋配置、混凝土配合比、保护层以及立方体试件受压破坏强度等规定。对于钢桩,要规定桩的标准断面,钢的等级及焊接要求。工程师还要从打入过程中的现场观测,来检验最初计算的结果,用以决定每根桩的贯入深度。他将对承包人员付出任何费用负责;其中包括桩的缩短或增长;或当场地土条件和所观测的情况不同,或者桩在荷载试验时失效,或者桩在设计长度下根据动力公式达不到“沉入度”规定时,桩的数目要另外增加。

对于打入式就地灌注的专利型桩,则采取完全不同的方式。在此,工程师将为打桩承包人提供任何可以利用的场地土资料,他将说明单桩上所需要的工作荷载,或者简单地提供标明了柱荷载或者承重墙的每延米荷载的建筑平面图。在后者的情况,承包人员将对所需要的打桩布置的决定负责。在所有情况下,承包人员将决定桩所需要的直径和长度;但是,如果实际的场地土条件和投标时所供应的资料不相符合,他将仔细提出增加桩长所需的价格。承包人员的投标附有财务上的条款,用以保证设计上的正确实施和安全。

工程师未必总是规定桩身上的容许工作应力、立方体试件最小受压破坏强度、或者混凝土配合比中的最小水泥用量。他可以认为这些数值的确定是设桩承包人的正常职责,因为这些数值可由使用的特定设桩工艺来控制。在一切情况下,无论是试验桩,或者是工作桩,或

者两种桩都有的情况下工程师都必须作这样的规定：即规定在工作荷载及工作荷载乘以简单系数为 1.5 或 2 时的最大容许沉降量。这样的规定是很主要的，因为这是工程师用来检查承包人的设计假定，以及检查所设的桩是否达到了起支承结构作用的最合适方法。因为只有工程师才知道关于结构所容许的总沉降量及差异沉降量，所以也只有他，才能够解释在工作荷载下沉降量的要求。常常会遇到所规定的最大沉降量小到不切合实际的程度，以致于桩身必然发生的弹性压缩量都比规定的沉降量大，而且这里所指的弹性压缩量还与支承桩的土壤或岩石的弹性压缩或屈服变形无关。设置各种专利桩的一些公司，他们在某种程度上，对这种状况负责。这些公司曾发行过一些小册子，表明他们的桩曾经承载过巨大的废钢或混凝土块的重量，同时，还在小册子上附有这样的资料，即试验荷载时及其最后时刻的沉降量，以及在当时黑板上用粉笔登记的记录，其目的在于显示他们系统的优越性。用这种形式发表的资料，曾使得一些工程师相信这样小的沉降量在一切条件下都会得到。然而，规定的容许沉降量也不应太大，以免危及安全系数（见第 4-1-4 节），同时还要记着：群桩的沉降量与群桩内单桩的沉降量相关（见第 5-1 节及第 5-3 节）。由于侧向荷载下桩的最大位移仅能由现场试验来确定，所以要规定最大位移量是不切合实际的。

上述方法是关于由承包人设计的设桩工程问题，它所具有的优点是：在打桩工程中，当预制混凝土桩是主要的类型时，促进了高效率就地灌注混凝土桩方式的发展，发展的结果和当时占优势的预制桩相比较，就地灌注桩相当可观地降低了设桩工程的成本。然而，就地灌注桩有其不利的一面，如象当工程师检查承包人的设计，并决定是否要批准比投标价值所根据的桩更长的桩长申请时，这就把工程师置于困难地位。对于专利方式，承包人不愿放弃贸易上的秘密而去叙述他的计算桩的容许荷载的方法；同时，如果工程师拒绝审定额外的桩长，承包人将收回他的执行保证。可是，工程师如果有能力，他就有责任为他的雇主或当事人检查承包人的特别设计（关于这方面的指导在第四章提出），以便保证桩在正确的方式下设置，同时这些桩也符合试验荷载的要求。如果工程师认为承包人在估计条件时过于小心，为了当事人的利益，他不应承认额外的桩长。可是，当工程师在没有类似土壤条件下的试桩观察或设桩的经验时，他就不应作出这样的决定。

承包人的保证通常限制在单桩的荷载—沉降特性及其工艺的完善上；但是关于设桩影响方面的责任则扩大到整个结构，并扩大到邻近已有的房屋建筑或设施。例如房屋建筑物因群桩下沉而遭到破坏，并且沉降又是由于因桩的打入而使扰动带以下的软弱可压缩土层的固结作用所引起（图 1-3），则承包人便有理由辩论这样的沉降不是他的责任。因此，工程师在他的总设计中应考虑到这一点，而且应该把这种压缩层考虑进去，以便规定一个最小的桩长。另一方面，当打入群桩时，由于振动或地面隆起，或者当钻孔式就地灌注的群桩进行钻孔时，地面有任何下沉，从而引起周围结构的任何破坏，则被认为是承包人的责任。

如果是钻孔式就地灌注桩，在英国，承包人的设计和工程师的设计之间的责任划分问题，是与桩的直径有关的。专利型或半专利型的小直径桩，通常由负责决定桩的长度及直径的承包人进行设计。工作荷载下的沉降量乃是大直径钻孔桩在经济设计中的关键因素，而且，工程师精明地承担着决定这种桩的长度和直径的责任，以便确保沉降量被保持在上部结构所能容许的数量范围内。工程师从试验荷载的观测中，来决定这些要求。这里指的试验荷载，或者是在全尺寸桩上进行，或者是在桩的钻孔底面所设置的荷载板上进行。

由于设置效果对桩的特性具有重大的意义，所以本书首先在第二章及第三章中讨论各种通用桩的类别及其设置方法，然后才在第四章至第六章中，对单桩及群桩的容许荷载的各种