

压 桩

交通部第三航务工程局编

人 民 交 通 出 版 社

7655
768

压 桩

交通部第三航务工程局编

人 民 交 通 出 版 社

1 9 7 4 年 · 北 京

内 容 简 介

压桩是用静压力将预制桩压入土中的一种新的沉桩方法，1965年以来，在国内沿海某些软基地区，开始较为普遍地应用。

本书介绍了压桩的特点、压桩阻力和压桩设备。探讨了压桩阻力的主要影响因素，并提出了估计它的方法。

为了进一步推广使用压桩，书中还总结了压桩的适用条件与桩的设计、施工要点，并以工程实例的方式对压桩施工方法作了典型介绍。

书末附录了两个内容：“打桩振动对地基和土体的影响”以及“压桩船液体自动平衡的原理及水泵的选择。”

本书供有关港工、水利、土建工程人员参考。

压 桩

交通部第三航务工程局编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

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：4.25 插页：1 字数：91千

1974年9月第1版

1974年9月第1版第1次印刷

印数：0001—8,100册 定价(科三)：0.40元

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们的方针要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。

前 言

压桩，是在毛主席革命路线指引下产生的一种桩基施工新工艺。1964年年底，我局科研人员走出试验室，深入到工程现场，与工人和领导干部一起组成了三结合的科研队伍。在现场钻探压入取土的启示下，通过多次试验，终于成功地提出了压入法沉桩工艺，从而填补了我国无振动沉桩技术上的一项空白，为我国桩基工程进一步发展创出了一条新路。

1965年，结合当时的工程实践，在有关单位的大力协助下，我局自力更生，因陋就简地利用原有的设备，设计、改装成功150吨陆上压桩机，并且用它首先胜利完成了某高桩板梁式码头修复工程中的无振动沉桩任务。使几年前在锤击沉桩过程中，岸坡发生严重开裂的现象没有重现，避免了施工可能导致的老结构物的破坏，缩短了工期，并节省了投资。

几年来，压桩已相继在码头、船坞、滑道，特别是在工业与民用建筑基础工程中被广泛地采用，有些单位自制了各种不同型式、不同规格的压桩机，我局还专门建造了性能较好的压桩船。实践证明：压桩是软基上一种多快好省的沉桩方法。

毛主席教导说：“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”我们编写本书的目的是将已获得的实践经验加以总结，把有限的资料加以介绍，使压桩这一新的施工工艺能得到进一步推广应用，为祖国的社会主义建设事业作出更大的贡献。

目前在桩基工程中，一般是采用锤击法沉桩（打桩）施工，这是较为普遍和成熟的施工方法，压桩还只是在初步的实践阶段。随着生产的发展，压桩施工实践中，一定会提出更多的新课题，需要我们进一步共同研究，使之不断得到完善和提高。

本书在编写过程中，得到了上海市基础公司、交通部第一航务工程局、上海市规划建筑设计院、工业建筑设计院、同济大学、南京水利科学研究所等单位的大力支持，在此我们深表感谢。

由于水平的限制，书中定有许多不足与错误之处，请批评指正。

交通部第三航务工程局

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 桩基施工工艺类别	1
第二节 压桩在工程中的意义	2
第二章 压桩阻力	4
第一节 压桩阻力的特性	4
第二节 压桩力与极限承载力	8
第三节 压桩阻力的估计	9
第四节 减小压桩阻力的途径	13
第三章 压桩设备	14
第一节 桩架与底盘	14
第二节 压桩力传动设备	15
第三节 压桩反力平衡设备	20
第四节 压桩力的量测	21
第五节 辅助设备	24
第四章 压桩适用条件与桩的设计、施工要点	28
第一节 压桩使用现况	28
第二节 压桩适用条件	28
第三节 压入桩的设计要点	29
第四节 压桩施工程序与注意事项	31
第五章 工程实例	33
第一节 陆上压桩实例	33
实例一 码头补桩工程——钢筋混凝土长桩压入	33
实例二 工厂扩建工程——分段空心长桩压入	40
第二节 水上压桩实例	45
实例一 某码头扩建工程——利用压桩船施工	45
实例二 某码头填档工程——无导向架吊载压桩	48
实例三 护岸加固工程——小型组合驳简易压桩	50
实例四 深水低桩台桩基工程——采用长送桩压桩	52
附录一：打桩振动对地基和土体的影响	54
附录二：压桩船的液体自动平衡原理与水泵的选择	58

第一章 概 述

第一节 桩基施工工艺类别

桩基是深基工程中最常用的一种，作用于上部建筑物的各种外力，可以通过它传到较深的土层中，从而使结构物能够安全、正常地使用。

目前国内外桩基施工工艺的类别及其施工方法有数十种之多，在此，仅介绍近年来国内常用的几种，并简要说明其各自的特点：

1. 锤击（或震动）沉桩 利用打桩锤的冲击动能（或震动力），使预制的桩沉入土中，此法俗称为“打桩”。

桩锤的类型很多，有自落锤、蒸汽锤、震动锤以及柴油锤等，其中管式柴油锤近来较为广泛地被采用。

锤击沉桩是古老而使用最广的沉桩方法。它对各种施工条件具有较强的适应能力，施工速度较快，机械化程度较高，锤击法沉入的桩也有较大的承载能力。但是在沉桩过程中有较大的锤击应力出现，同时也引起地基振动，这对桩体本身和邻近建筑物会产生非常不利的影响。

2. 就地灌注混凝土桩 按成孔的方法不同，一般有三种施工方法：

一种是用打桩锤打入带活瓣桩尖的钢套筒，在筒内插入少量的钢筋，然后灌注混凝土，并逐步拔出钢套筒，使成为就地灌注的混凝土桩。

此法在拔出钢套筒时，多采取“拔”和“复打”相结合的办法，一方面借以提高基桩的承载能力，一方面也可克服细颈现象。这种桩的用钢量少，但其施工工艺较复杂。

另一种是近期在施工中特别是在公路桥基础工程中，被广泛采用的“钻孔灌注混凝土桩”。该桩的施工程序，是先用简易的钻孔机械（机动或人工）钻孔弃土后，插入少量的钢筋，再采用“竖管法”进行水下灌注混凝土。在钻孔弃土时，为防止孔壁坍塌，钻孔内可注入泥浆水，并保持一定的水头，以此护壁。钻孔灌注混凝土桩用钢量少，能够适应各种施工条件，在无动力设备时能“土法上马”，但是它也有承载能力较低和沉降量较大等缺点。

第三种是近几年发展起来的，并在工业厂房基础中较多地得到应用的爆破短桩。它先用简易的麻花钻机在地基上钻出细而长的小孔，孔内安放适量炸药，利用爆炸的力量挤土成孔，然后插入少量钢筋，浇灌混凝土。爆破成孔的方法简便，节省劳力，承载能力也较大，但目前尚难进行长桩的施工。

3. 压入法沉桩（简称为压桩） 同打桩工艺较相近，所不同的只是这里不用冲击性压力，而用静压力将预制的桩压入土中，这是在沿海软基上逐渐发展起来的一种新型沉桩工艺，即本书所要探讨的内容。

上述三种桩基施工工艺各有其特点，但仅从施工过程有无振动和有无挤土来分析，则：打桩属于有振动、有挤土的沉桩工艺；用钢套筒打入法或爆破成孔的就地灌注桩，基本上同于打桩；钻孔就地灌注桩属于无振动、无挤土的沉桩工艺；压桩属于无振动、有挤土的沉桩工艺。

第二节 压桩在工程中的意义

压桩在工程中具有重要意义，主要表现于以下三个方面：

1. 节省原材料、降低成本

打桩，在桩体内要产生很大的锤击应力。锤击应力包括压应力和拉应力两种，根据一些实测表明：锤击压应力可达几百公斤/厘米²，锤击拉应力大者有一百多公斤/厘米²，一般也有几十公斤/厘米²，故目前在设计用锤击法施工的钢筋混凝土桩时，为了满足施工期锤击应力的暂时性需要，不得不将混凝土的标号提高到300~400号，抗裂性能在预应力桩中要提高到必须满足打桩拉应力50~60公斤/厘米²的要求。在使用期，实际上根本无须这样高的指标。从结构的安全、正常使用角度出发，锤击法沉入的非支承桩的材料是不能充分发挥作用的。

压桩由于避免了锤击应力，桩的混凝土强度及其配筋，只要满足施工期的吊桩弯矩和使用期的受力要求就行。因此，桩的断面可以减薄，主钢筋和局部加强筋都可以节省，混凝土强度可降低至200~250号。据某压桩工程统计，如与用锤击法施工的同样设计相比，压桩约可节省混凝土26%，钢筋47%，降低造价达26%。

此外，锤击法沉桩必不可少地需要在桩顶、替打与锤之间安放纸垫、替打木等缓冲材料。这些材料耗费量相当大，而且替打木又是一种昂贵的硬木，目前大都还要依赖进口。据某工程局统计，每年耗费在这一方面的费用就达二万余元。

压桩不需要耗费替打木、纸垫等缓冲材料，桩顶不会碎裂。从而节省了材料和工程开支。由此可见，压桩在经济方面的意义是显著的。

2. 提高施工质量

桩基的施工采用压桩工艺，相对于锤击法沉桩，在保证质量方面较为有利。压入桩一般十分完好，桩身很少裂缝，桩顶也完整无缺。

打入桩却不然，前面已经提到，为了“满足”打桩拉应力的需要，将预应力桩的抗裂性能提高到50~60公斤/厘米²，实际的打桩拉应力仍常有高出这一数据的情况出现，因此，打入桩有时仍无法避免开裂，其桩顶被锤击碎的情况更是常有之事。

压桩施工质量提高还集中体现于对地基和土体的影响方面，下面较详细地来阐述这个问题。

无论打桩还是压桩，它们都对地基和土体有影响，但前者影响是在“振动”和“挤土”的共同作用下产生的，而后者影响是在单一的“挤土”作用下产生的，两者有相当大的差别，主要表现于桩周土体发生隆起和水平挤动的程度不一样以及岸坡稳定安全系数一度降低的程度不一样两个方面。

(1) 隆起和水平挤动情况

表1-1列出的是在条件相同的情况下，打桩、压桩使周围土体产生隆起和水平挤动的实测值。

表1-1 打桩和压桩对周围地表面挤动情况

沉桩方法	竖向隆起 (厘米)		水平挤动 (厘米)	
	最大	平均	最大	平均
打 桩	58	40	20	8~10
压 桩	12	6.3	8	2~3

由表可以看出：打桩或者压桩均产生桩周土体隆起和水平挤动现象，不过打桩比压桩要严重得多。

桩周土体的隆起和水平挤动，间接地表明地基土体结构的破坏程度和破坏范围，在平地打入群桩时，土表面隆起的现象尤为严重，它可使打桩架发生倾斜，造成桩位质量降低；它会使已入土的桩产生位移；它会使附近土面或者地坪发生开裂，并常引起附近建筑物裂缝。

压桩施工的质量，根据实际观测统计：压入桩的偏位、倾斜度均较打桩小，这将给上部结构的施工提供便利。

(2)对岸坡稳定安全系数的影响

压桩施工对岸坡稳定性的影响远较打桩小，这是因为它“无振动”的缘故(参见附录一)。

在斜坡上打桩，由于振动力的影响，岸坡稳定安全系数一度会明显降低，特别当滑动面倾斜角较小时，容易发生土坡表层土沿平滑的斜面流动，同时，也就使斜坡上已打好的桩桩位普遍发生移动。上海六个码头泊位的基桩，在施工中都曾由此原因发生了不小的位移，见表1-2。

表1-2 上海六个码头泊位在打桩过程中桩的最大位移量

甲 港 (厘米)			乙 港 (厘米)		
A 泊位	B 泊位	C 泊位	D 泊位	E 泊位	F 泊位
5.0	15.0	29.0	124.7	20~40	33

在斜坡上如果采用压桩施工，去除了振动引起岸坡稳定安全系数降低的因素，能减轻岸坡倒塌和浅层流动，减少桩的位移，给桩位质量带来可靠保证。

当然，采用压桩施工，岸坡稳定问题并不见得全部都能解决，由于挤土作用，造成土结构破坏和地基内孔隙水压力突增，土的抗剪强度降低，岸坡稳定安全系数一度也会有某种程度的下降，所以不能一概忽视。

综上所述，压桩引起的土面隆起和水平挤动小，沉桩的精确度高，对岸坡稳定的不良影响也小。它的施工质量是比较好的。

3.满足某些特殊要求

如前所述，压桩工艺产生初期主要就是为满足某些特殊要求而提出来的，在这一点上目前仍不失其意义。

压桩时“无噪音”，它特别适合于医院病房和重要机关附近的桩基施工，不干扰病人和居民的休息。

压桩时“无振动”，对附近精密设备仪器的干扰小，特别适合精密工厂车间的扩建工程，可以不影响生产。例如某厂扩建工程在离原基础只六米的地区内压桩廿四根，对置于原基础上的精密仪表一无影响，其上的电热丝亦无损害。

某些地下管道密布的地区，或者由于科研的需要要在桩上埋设仪器，为避免沉桩时震坏，采用压桩也是较为理想的方法。

在修补工程中，当需在老基础上加桩时，如果打桩，施工时可能会引起老结构的破坏，上海某码头出于这类问题的考虑，结果采用了压桩，效果良好。

近年来，随着生产的发展，地下工程和深水水下工程也逐渐增多。在深水水下工程中如果需要进行低桩台的桩基施工，则压桩将较打桩行之有效。

第二章 压桩阻力

压桩是以很小的静压力沉入桩，而获得较大承载力桩基的一种施工方法。在未认识这种施工方法以前，往往会有疑问，桩设计极限承载力上百吨，现在只用几十吨的力，能压得下去吗？实践证明可以压得下去，人们不禁又问：这样沉入的桩，其承载力到底如何？能否满足设计要求？

为要回答这样的问题，我们先讨论压桩阻力的特性，然后再说明压桩力与极限承载力的差别。

第一节 压桩阻力的特性

压桩力将桩压入土中时，必须克服若干阻力，包括起动的惯性力、土体对桩的阻力以及其他的阻力（如板桩槽口阻力）等。其中土体对桩的阻力是最主要的阻力，俗称为“压桩阻力”。

压桩阻力可以分成两部分，一个是桩侧摩阻力，一个是桩尖阻力，通常以下式表示之：

$$P = U \sum h_i f_i + q_i A_p$$

式中： P ——压桩阻力（吨）；

U ——桩周长（米）；

A_p ——桩尖面积（平方米）；

h_i ——各土层的厚度（米）；

f_i ——各层的桩身侧面单位面积上的摩阻力（吨/平方米，简称为桩侧阻力系数）；

q_i ——桩尖单位面积上的阻力（吨/平方米，简称为桩尖阻力系数）。

1. 桩侧摩阻力的特性

压桩过程中，桩侧单位面积上的摩阻力，对于较软的土而言，由于剪切面一般发生在邻近于桩侧表面的土内，因此可以取土的抗剪强度代替之；对较硬的土而言，剪切面可能发生在桩侧表面上，这时，桩侧单位面积上的摩阻力的数值要略小于土的抗剪强度。为了说明问题起见，我们笼统地把压桩过程中桩侧单位面积上的摩阻力近似地都取成土的抗剪强度，有效应力法中，土的抗剪强度以下式表示：

$$\tau = (P - u) \operatorname{tg} \varphi' + C'$$

式中： τ ——土的抗剪强度；

φ' ——有效内摩擦角；

C' ——有效凝聚力；

P ——作用在上面的总应力；

u ——作用在上面的孔隙水压力；

$P - u$ ——作用在上面的有效应力。

压桩过程由于挤土的作用，桩周一定范围里的土体要起激烈的变化，除了其粘结力等指标要大幅度地降低以外，还主要表现于土中孔隙水压力发生突增，如图2-1所示。

从抗剪强度表达式可知，孔隙水压力突增以后，有效应力 $P-u$ 就要大大降低，从而土的抗剪强度就一度大大降低，故桩侧摩阻力很小。

必须指出：沉桩挤土引起土抗剪强度下降是暂时的，随着时间的推移，土的结构逐步得到恢复，一部分孔隙水压力随应力缓和或其它原因而散失；另一部分在消散中起固结压密的作用，使土的强度也逐步恢复和提高。

图 2-2 是有关的一例实测资料。它是从压入粘土中的两根试验桩侧面上测得的垂直于桩侧面的总压力和孔隙水压力的分布与变化情况。

试验桩的尺寸为 $\phi 30 \times 555$ 厘米。

从压桩后立即测得的数据来看，桩侧面垂直压力与孔隙水压力几乎相等，有效应力接近于零，显然，这时土的抗剪强度很低。也就是说桩侧摩阻力非常

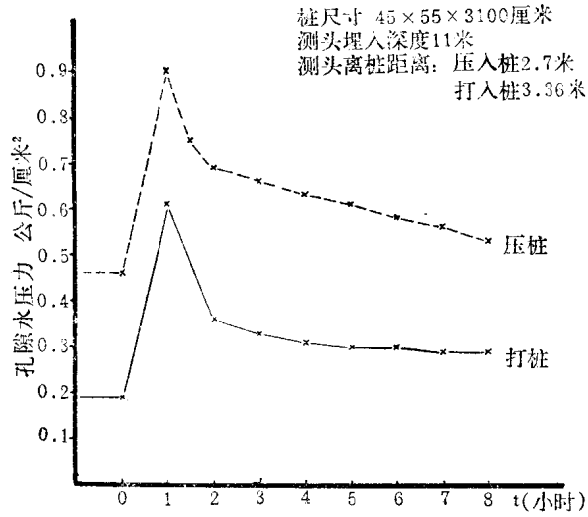


图 2-1 压桩、打桩引起土中孔隙水压力的升高及其消散情况

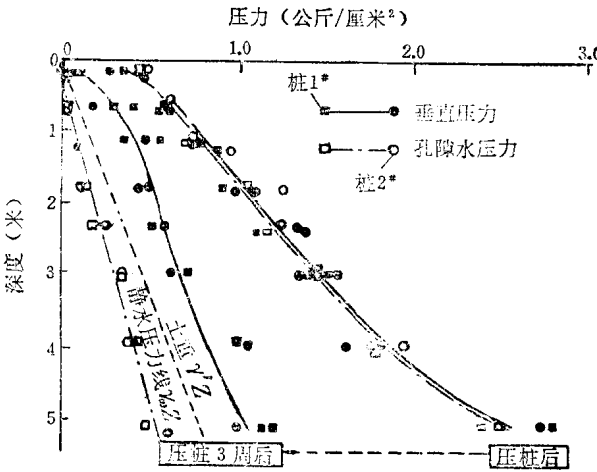


图 2-2 压桩后及间歇 21 天后试验桩 (1#, 2#) 侧面上的垂直压力和孔隙水压力的分布

小，以至接近于零。

但是，从压桩后间歇三周而测得的数据看，它与压桩后立即测得的大不一样：孔隙水压力已经消散至静水压力，有效应力大大增加，土也逐渐被压密，因此，土的抗剪强度已恢复和提高很多，这时，桩侧摩阻力随之加大很多。

由此可知，桩侧摩阻力的特性是：压桩时，桩侧摩阻力很小，但这是暂时的现象，随着时间的推移，桩侧摩阻力迅速提高。换句话说，桩侧摩阻力对间歇时间很敏感。表 2-1 表示在工程中测得的压桩阻力随间歇时间增长情况。

2. 桩尖阻力的特性

首先说明一下，讨论桩尖阻力的特性我们是通过对压桩阻力曲线的分析来进行的。这是因为：如前所述，压桩时，桩侧摩阻力下降到很小的程度，因此可以说，压桩阻力曲线上反映的主要就是桩尖阻力的变化规律，这样我们就来分析压桩时的阻力曲线。

图 2-3 是一组普通的压桩阻力曲线，基本上可以看出两个现象：一是压桩阻力并不随桩的入土深度增加而简单地增加，在桩尖标高相差不多，而穿入的土层不同时，压桩阻力曲线会发生明显的变化；二是当桩尖即使在同一层均质土层中穿过，但有时压桩阻力也变化很大，这要看该土层的厚度和上、下层土质的软硬情况而定。例如某工程中：表土有 6 米厚度粉砂层，下层是较厚的淤泥质软粘土，当桩压入表土 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 时，压桩阻力上升到最大，

表2-1 间歇压桩起动阻力的变化

顺次	桩号	桩尺寸(厘米)	入土深度 (米)	间歇时间 (时、分)	间歇前后起动阻力(吨)		
					间歇前	间歇后	间歇前后比值
1	配 26#	40×40×2000	26.0	0 14	41.35	67.70	1.64
2	板桩5—4#	40×50×2800	24.5	0 21	47.0	60.5	1.29
3	板桩5—2#	40×50×2800	24.5	1 02	85.0	117.0	1.38
4	板桩5—1#	40×50×2800	24.5	1 50	56.25	77.0	1.37
5	配 8#	40×40×2600	3.0	15 0	17.65	21.75	1.23
6	配 57#	40×40×2600	8.5	42 0	26.60	46.60	1.75
7	板桩5—4#	40×50×2800	27.5	40 0	59.75	>80.0	>1.34
8	板桩5—1#	40×50×2800	28.5	40 0	69.75	>94.0	>1.35
9	张7—31—1	45×55×3100	18.0	72 0	44.6	>173	>3.87
10	张4—2—3	40×60×3700	16.0	455 0	41.24	156.0	3.78
11	张3—13—5	40×60×3700	22.1	480 0	85.0	320	3.76

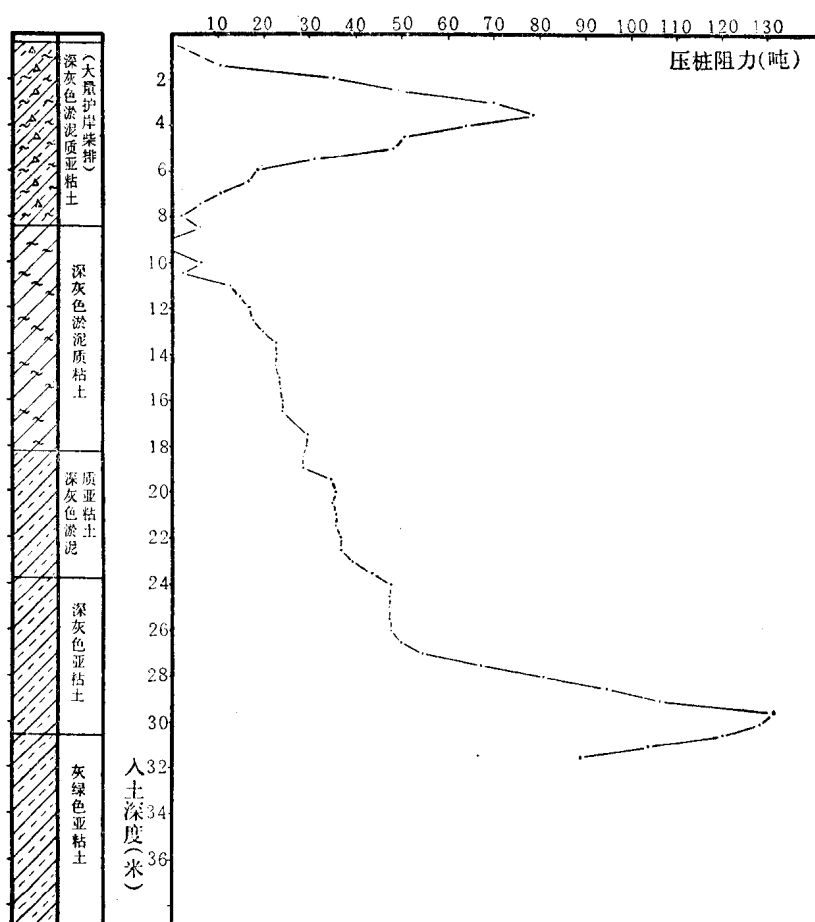


图2-3 压桩阻力曲线

继续往下压时，阻力非但不增加，反而逐渐减小。

上述两个现象表明：桩尖阻力的大小，对桩尖所穿入的土层的软硬程度、土层厚度及其边界条件很敏感，这就是桩尖阻力的特性。

上面所述的桩侧摩阻力对间歇时间的敏感性和桩尖阻力对土层、土质及边界条件的敏感性，这些都是压桩阻力中最主要的特性。其次，桩尖阻力与时间间歇也有一定关系，实测资料表明：间歇后，桩尖阻力起动值有所增加。

试验用 $10.8 \times 10.8 \times 3600$ 厘米的细长钢桩，桩尖是活动的，见图 2-4。

压桩时和间歇 40 小时后，桩尖阻力起动值由 2.4 吨增加至 3.0 吨；桩身摩阻力起动值由 9.67 吨增加至 23.9 吨，增长率各为 25% 和 147%。

总起来说，压桩阻力的两个敏感性对于压桩工艺关系重大，工程中必须密切注意。选择压桩工艺时，必须对土层、土质情况详细地探摸清楚，心中有数。施工前应充分作好各种准备，不要使压桩中途中断，以免发生间歇后压不下去的人为事故。

另外，有两个土质指标，过去往往人们不甚注意，一个是土的灵敏度系数指标，一个是土的标准锤击贯入击数指标。在压桩中，这两个指标应给予足够的重视。实践证明，这两个指标与压桩阻力的大小及变化存在着非常密切的关系：

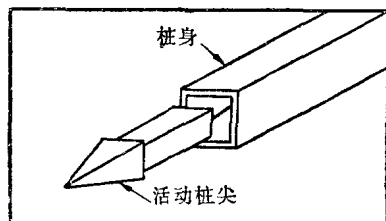
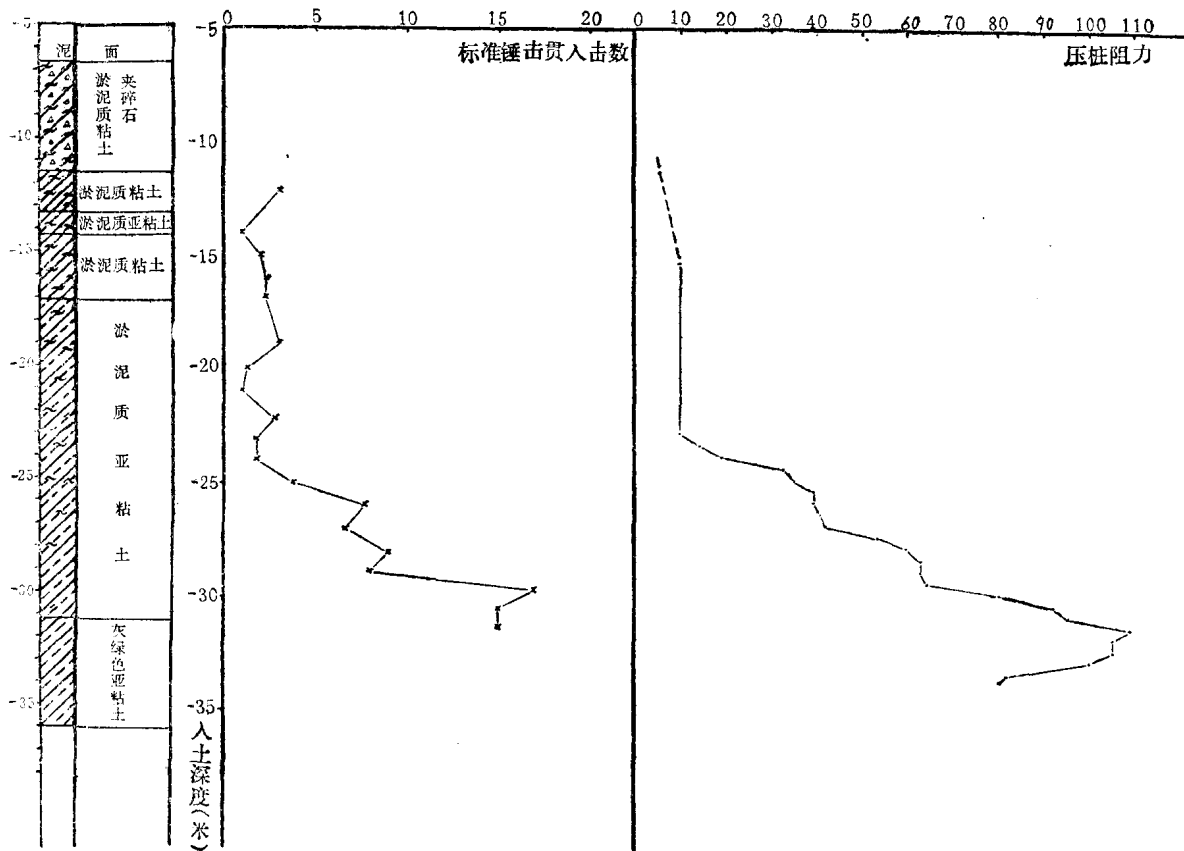


图 2-4 活动桩尖



a)

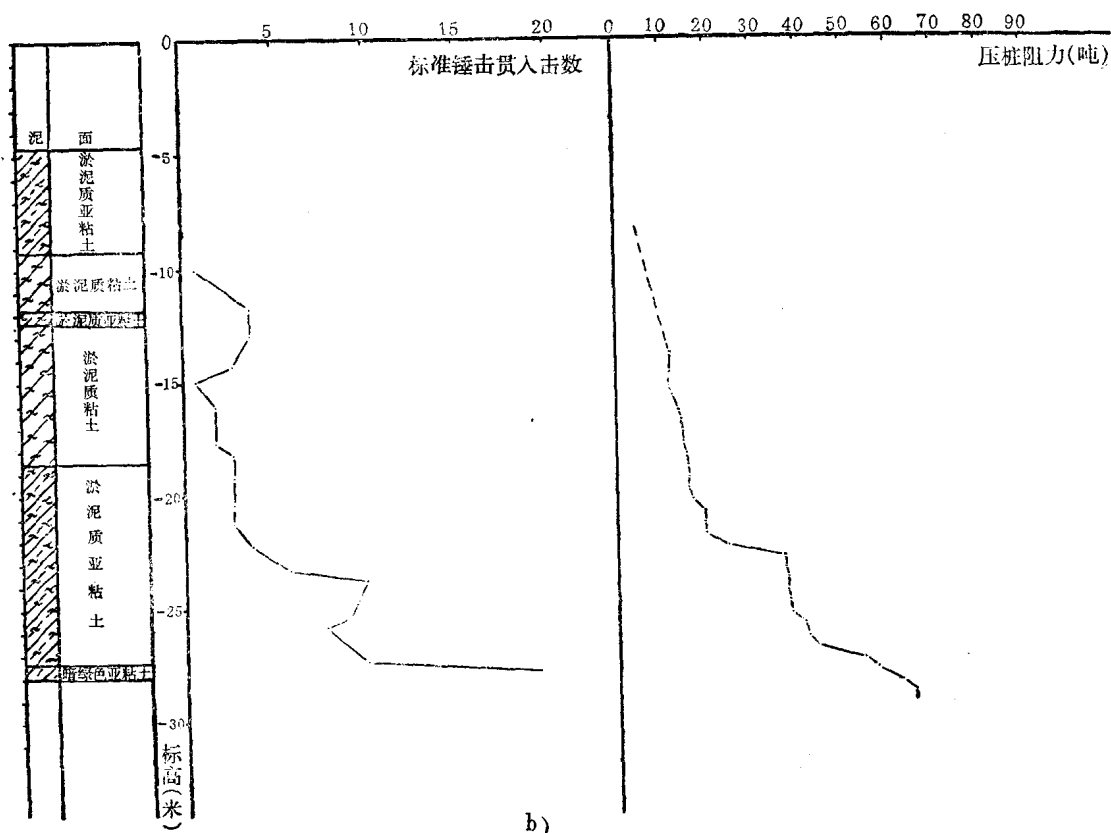


图2-5 压桩阻力曲线和标准锤击贯入击数曲线

灵敏度系数对桩身摩阻力影响较大。粘性土灵敏度系数越高，则压桩时桩侧摩阻力下降的幅度就越大，但是，它对间歇时间的敏感性也越大，即随着间歇时间的增长，桩侧摩阻力能够迅速增长。

标准锤击贯入击数对桩尖阻力的影响较大，见图 2-5，图示两条曲线，一条是压桩阻力曲线（主要反映的是桩尖阻力变化），一条是标准锤击贯入击数曲线，两条曲线形状基本吻合一致。这就说明，标准锤击贯入击数可能是很能反映桩尖阻力大小的一项土质指标，借助于它来估计压桩阻力，是较为简便的。不过，目前对它的研究还不够，因此它们之间的定量关系尚待进一步探讨。

第二节 压桩力与极限承载力

通过压桩阻力特性的分析以后，就可以帮助理解压入法沉桩为什么可以用很小的压桩力获得较大承载力桩基的基本道理，这里的关键在于桩侧摩阻力有一个时间效应问题。

压桩力是沉桩施工时，施于桩上的压力，极限承载力是结构使用期桩能够承受的最大垂直压力，它们虽然都以该桩桩侧摩阻力与桩尖阻力的总和来平衡，但其量值却是不相同的，因为在压桩施工时，桩侧摩阻力很小，几乎只有桩尖阻力在与压桩力抗衡；而在结构使用期，由于间歇若干时间的效应，桩侧摩阻力已增长到一定的数值，并逐渐趋于稳定，在桩侧、桩尖两种阻力的共同支持下，基桩因此获得较大的承载能力。尤其对于以桩侧摩阻力占主导地位

的摩擦桩，其压桩力与极限承载力的差别将更显著。到此我们就能解答：“桩是否压得下去？”和“桩的承载能力如何？”的问题。

从实践来看，非支承桩的压桩力和极限承载力确实存在相当大的差别，表 2-2 是上海软基摩擦桩上测得的压桩力与极限承载力的比较。

表 2-2 沉桩时压桩力与使用期极限承载力

编 号	桩的尺寸(厘米)	压 桩 力 (吨)	间歇时间(天)	极限承载力(吨)	压 桩 力 极限承载力
1	45×60×3700	60	20	292	0.205
2	40×40×2600	47.5	20	145	0.305
3	40×40×2600	56.3	89	160	0.352

由表 2-2 可见，压桩力远比其极限承载力小，压桩力大约仅相当于极限承载力的 20～30%。这是否就能用来说明压桩阻力和极限承载力的关系呢？还是不完全的，压桩阻力与极限承载力之间确实存在着一定的关系，但是其比值随着桩外形尺寸的不同、各土层的分布及其土质的不同而变化。

根据某地有关试验资料分析，初步得出如下关系：

(1) 在压桩时各土层的桩尖阻力系数值与承载力试验结果基本相近。前者较后者仅小 10% 左右。

(2) 在压桩时各土层的桩侧摩阻力系数值均小于承载力试验所得的系数值，其比值根据不同的土质而变化，大体上看：对于灵敏度系数为 5 左右的淤泥质软粘土或亚粘土约为 1 : 5～5.8；对于中实和较坚实的粘土或亚粘土约为 1 : 2.5～3.3；对于粉砂或亚砂土约为 1 : 2。

最后说明一下压入桩的极限承载能力与打入桩的极限承载能力有无差别的问题，我们可作如下的分析：打入桩在施工时，同时有两个效应：“挤土”和“振动”。一方面它们使地基中孔隙水压力升高，产生向上或向四周逸出和消散的趋势；另一方面，土颗粒上附加振动力以后，颗粒活动的约束力大大减小，使浅层区内的孔隙水可得以急速逸出排泄，随之，桩周土体容易被拱起，这就是打桩产生严重“隆起”现象的主要原因之一。这种急速消散在浅层区内不能带来正常压密，而起松动破坏作用。压入桩“隆起”现象比打入桩小很多，这样，它的挤土压密作用在浅层区里较正常。但对于较深的砂性夹层来说，我们也应看到打入桩会有一定的振实效应。

因此，总的权衡起来，压入桩与打入桩极限承载能力可认为不相上下。

第三节 压桩阻力的估计

压桩阻力是压桩的核心问题。如果将压桩阻力估计过大，则在选择沉桩工艺时就不敢采用压桩，或者在设计压桩机时导致能力过剩太多，从而机具过于笨重；对设备的要求也会提得过高，不是难以达到，就是造成浪费。如果将压桩阻力估计过小，则压桩能力达不到实际的需要，将造成桩沉不到设计标高，影响工程质量。

估计压桩阻力的途径很多，但是目前比较成熟的却还很少。下面介绍几种方法：

1. 有的地区已有压桩的实践, 随着实践中资料的积累, 对于压桩阻力的大小可以获得一定的经验数据, 在这一基础上, 再结合施工区具体的地质条件, 通过一定的比较和分析, 从而估计和提出压桩阻力值来。但如果遇到土层较复杂的情况, 这种方法就不易掌握。

2. 在一般情况下, 建议采用推算的方法, 即按照压桩阻力计算公式进行计算:

$$P = U \sum f_i h_i + q_i A_p \quad (\text{式中符号同前})$$

如果该地区可提供较可靠的各土层压桩阻力系数值 (包括桩侧摩阻力系数 f_i 和桩尖阻力系数 q_i), 那么算得的压桩阻力必定较能反映实际情况。因此, 关键在于如何较可靠地定出各种土质的压桩阻力系数值的问题。

压桩阻力系数的确定, 可以有多种方法。采用静力触探试验是其中较为迅速而简便的方法:

(1) 静力触探是一项野外土工试验, 它类似于压桩。触探仪的构造如图2-6所示。

试验时将活动探头和探管以静压力压入各土层中, 分别测出探头的阻力和探管的摩阻力, 根据尺寸便可计算出各土层的桩侧摩阻力系数和桩尖阻力系数来。

静力触探试验的结果, 从一些资料看来, 比较接近于实际情况。不过这种利用小断面杆件来推定较大截面桩的阻力的方法到底误差多大, 尚待进一步研究。

(2) 进行现场压桩试验也是确定压桩阻力系数的一种方法。

通过压入带活动桩尖的试验桩 (试验桩的断面一般取 20×20 厘米左右), 分别测出各土层桩侧摩阻力与桩尖阻力的数值, 计算各阻力系数。这实际上是原体触探试验。

(3) 还有一种解联立方程的办法:

基本公式仍是

$$P = U \sum h_i f_i + q_i A_p$$

利用两根或两根以上不同断面尺寸的桩, 在同一区域内, 压入至同一土层、同一标高, 分别测出各自的压桩力, 然后便可建立并解二元一次联立方程组, 解得该区域、该土层的阻力系数 f_i 和 q_i 。

表 2-3 是上海某区各土层的压桩阻力系数值, 它就是通过现场试验用解联立方程的方法得到的。为了供参考, 这里将各层的名称和土质指标也列在表里, 可以比较选取。上海地区的一些实践表明, 按此表选取的阻力系数与实际情况甚相符合。

必须说明: 目前已开始推广使用压桩工艺的地区还仅限于上海等地, 有一些软基地区尚处于探索阶段, 因此, 从现有的资料, 还不能提出较完整的适合于各种土层、土质条件下的压桩阻力系数值。

3. 通过某些土质指标直接估计压桩力

如本章第一节所述, 灵敏度系数和标准锤击贯入击数这两个指标与压桩阻力的大小及变化存在着密切的关系, 因此利用这两个系数来估计压桩力是可行的, 当然目前其定量关系还未明确, 待以后进一步研究总结后, 将能够更有把握。

估计压桩阻力的方法除上述外, 有时也用粗略的估算方法, 或者将这些方法作为验证:

例如, 当地有地区性桩的极限承载力估算参数时, 则参照本章第二节极限承载力与压桩阻力的关系, 可以反推压桩阻力。

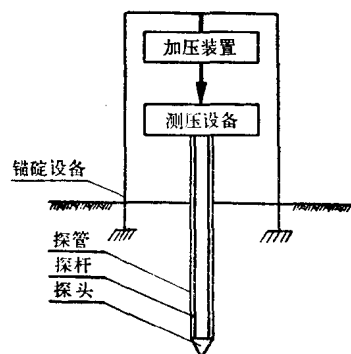


图2-6 静力触探示意图

表2-3 各土层的压桩阻力系数值

土 层	土 称	土 质 指 标					分 层 厚 度			压桩阻力系数	
层次	层 厚 (泥面下深度)	容重吨/米 ³	含 水 率 (%)	孔 隙 比	稠 度	粘 结 力 吨/米 ²	内摩擦角 (度)	灵敏 系数	标准锤击 贯入击数 (次)	桩 身	桩 尖
1	5.8 (1.2~7.0)		24~27							1.43	277
2	2.9 (7.0~9.0)	1.85	25.8	0.82	0.91					1.43	434
3	3.0 (9.0~12.0)	1.75~1.80	39.2~43.0	1.15~1.22	B>1	0.5~0.8	15.0~18.7	5.92	0~3	1.43	343
4	11.0 (12.0~23.0)	1.72	48.3~49.1	1.38	B>1	1.1~1.4	8.5~9.5	4.56	0~3	0.274	117
5	4.7 (18.6~23.3)	1.77~1.80	38.0~40.0	1.10~1.17	B>1	1.5	8.9~9.4	5.12	<5	0.32	117
6	5.0 (23.0~28.0)	1.80	33.3~33.6	1.03	0.90~0.98	0.4~0.6	22.7~23.3		6~17	2.00	150
7	3.5 (28.0~31.5)	1.98~1.99	23.3~24.0	0.64~0.70	0.45~0.47	1.9~2.9	15.8~19.6		10~20	2.80	315
										2.00	150
										4.46	240

注：1.表中内摩擦角用固快指标。

2.表中所示的桩尖阻力系数值不仅与该土层的土质指标有关，而且与埋置深度、层厚以及相邻上下层的土质情况等有关。