

混凝土桩的设计及检测

首培杰 编

地震出版社

1990

混凝土桩的设计及检测

首培杰 编

地震出版社

1990

内 容 提 要

本书共分八章,叙述国内外桩基的使用及发展,桩的传力机理,桩的垂直和水平承载力的计算,单桩的沉陷分析,承受动荷载下桩的设计以及单桩混凝土质量和承载力的检测等。

本书可供土建类专业技术人员及大专院校师生参考。

混凝土桩的设计及检测

首培然 编

责任编辑:王 伟

责任校对:王花芝

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路9号

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

787×1092 1/32 6.875印张 154千字

1990年12月第一版 1990年12月第一次印刷

印数:0001—3500

ISBN 7-5028-0402-1/TU·25

(790) 定价:4.00元

目 录

第一章 概论	(1)
1-1 引言	(1)
1-2 桩的分类	(4)
1-3 桩的使用情况	(4)
第二章 桩的传力机理	(6)
2-1 引言	(6)
2-2 抗力的分配	(6)
2-3 桩的传力模型	(8)
2-4 桩轴表面负摩阻力	(10)
第三章 桩的设计要点	(13)
3-1 引言	(13)
3-2 单桩的极限承载力	(14)
3-3 例题	(27)
3-4 计算单桩承载力的简化法	(29)
3-5 桩的安置方式的影响	(33)
3-6 设计用安全系数	(35)
3-7 支承在岩石上的端承桩	(36)
3-8 土壤的现场试验及经验取值	(39)
3-9 端承桩负摩阻力的估算	(44)
3-10 群桩效率	(49)
第四章 单桩的沉陷分析	(56)
4-1 引言	(56)
4-2 单桩沉陷的理论分析	(56)

4-3	绘制荷载-沉陷曲线的简化方法	(68)
4-4	沉陷量计算例题	(70)
4-5	沉陷量的允许值	(72)
第五章	单桩的侧向极限抗力及变位的分析	(74)
5-1	引言	(74)
5-2	单桩的侧向极限抗力	(74)
5-3	单桩的侧向变位分析	(88)
第六章	承受动荷载的桩基	(122)
6-1	引言	(122)
6-2	桩基对竖向动力荷载的反应	(122)
6-3	桩对侧向动荷载的反应	(135)
第七章	单桩承载力的测定	(139)
7-1	引言	(139)
7-2	用静载试验确定单桩的承载力	(140)
7-3	静载试验中沉陷量测量的误差来源	(146)
7-4	用动力法测定单桩的承载力	(152)
第八章	简易动测法及混凝土质量检测	(182)
8-1	引言	(182)
8-2	单质点简化法	(183)
8-3	水电效应法	(190)
8-4	火箭筒爆破激振法	(191)
8-5	机械阻抗法	(193)
8-6	动测法中的注意事项	(195)
8-7	混凝土桩的质量检测	(195)

第一章 概 论

1-1 引 言

桩基础是一种很古老的基础形式。早先只见于软土地基，随着实践经验的不断积累，发现桩基对于不同的地质条件和荷载也都能够适应。于是，它在房屋建筑结构、道路桥梁、挡土结构、海洋平台及特种结构中的使用日益增多。特别是近二十多年来国际上建筑业的迅速发展及近几年来我国沿海经济开发区的开拓，桩基工程日见普及。

桩基础在基础分类上属于深基础。虽然它的造价比扩大基础高，甚至超出筏式基础，但是它在结构上的用途广泛，除跟普通浅基础一样可将结构的荷载传给土层外，还可满足一些特殊场合的要求，例如，高压缩土层的沉陷控制，松散砂土地基的密实处理，桥台或桥墩的抗冲刷，结构抗倾覆、抗上拔、抗滑坡，负荷较大的动力基础提高土层刚度以控制振动幅值，以及海洋平台穿过一段水深时，都可采用桩基。

为了显示桩基在控制沉陷量上的显著效能，用下面两个计算例子来加以说明。

一个是软粘土上的块式基础和三种不同型式摩擦桩（大直径单桩、块式和小直径单桩组合及由四根单桩组成的群桩）的比较（图 1.1）。软粘土的力学指标是： $C_u=25\text{kPa}$ ， $E_u=5000\text{kPa}$ ， $E'_u=4000\text{kPa}$ ， $\nu'_u=0.3$ 。

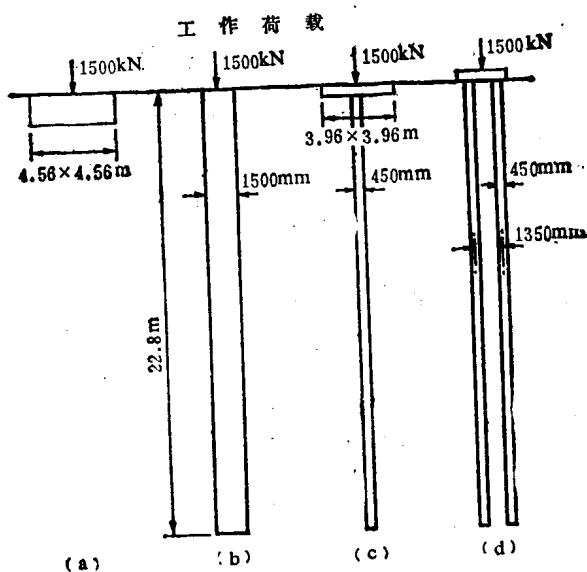


图 1.1 深层粘土上的基础
(a) 块式基础; (b) 单桩; (c) 单桩+块; (d) 四根群桩

由表 1.1 可见, 在相同的竖向容许荷载 1500kN 下, 三种不同型式桩基的沉陷量分别为块式基础的 19%, 50.7% 和 18.7%。

另一个例子是软粘土上的块式基础和支承在砾石层 ($E'_s = 5 \times 10^5 \text{ kPa}$, $\phi' = 40^\circ$) 上的端承桩的比较 (图 1.2)。单桩的性状由表 1.1 中括号内的数据表征, 单桩的沉陷量 (1.27cm) 仅为块式基础 (13.40cm) 的 9.5%。

表 1.1

软粘土上基础的性状

		块式基础	单 桩	块式+桩	群桩(4根)
占破坏 荷载的 %	块式	100	—	75	14
	桩轴	—	87(13)	26	83
	桩底	—	13(87)	1	3
占容许 荷载的 %	块式	100	—	45	5
	桩轴	—	92(33)	53	93
	桩底	—	8(67)	2	2
容许荷载 下的沉陷 (cm)	即刻	10.4	2.3(1.27)	5.8	2.0
	固结过程	3.0	0.24	1.0	0.50
	最后总和	13.4	2.54(1.27)	6.8	2.50

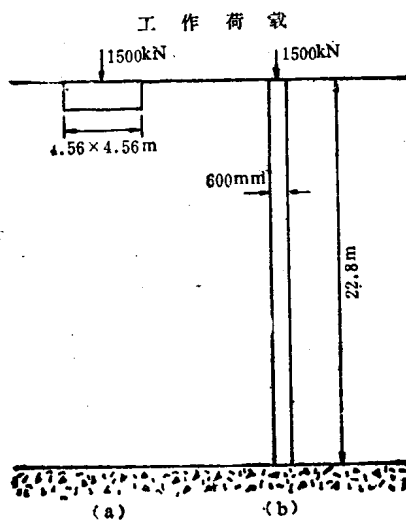


图 1.2 砾石层上的端承桩

(a) 块式基础; (b) 端承桩

1-2 桩 的 分 类

随着工程要求的变化，桩的型式和种类日渐多样化，可以将其从不同的角度进行分类。

(1) 按所用材料分类：木桩、钢桩、钢筋混凝土桩(简称混凝土桩)、预应力钢筋混凝土桩和型钢与混凝土组合式桩。

(2) 按支承情况分类：摩擦桩(亦称悬浮桩、位移桩)和端承桩(包括铰支和嵌固)。

(3) 按制造方法分类：预制桩和就地灌注桩。

(4) 按受力状态分类：承压桩、抗拔桩(亦称拉桩、锚桩)和斜桩。

(5) 按安置方式(或成桩方式)分类：打入桩、千斤顶压入桩、沉管桩(亦称振动沉管桩)、钻挖桩(亦称挖孔桩)和爆扩桩。

(6) 按桩的截面形式分类：圆形桩、管形桩(亦称圆环形桩)、锥形桩、阶梯锥形桩、H型钢桩、下扩底形桩、螺钉形桩、方形桩及矩形桩。

1-3 桩 的 使 用 情 况

近年来，出于材料和成本的考虑，除特殊工程采用钢桩外，一般广泛使用混凝土桩。木桩受使用年限的限制而日渐减少，多见于临时性工程。

预制桩和预应力混凝土桩是在工场内成批制造的。它的截面尺寸较小，多为方形或圆形。施工中用锤击打入或千斤

顶压入土体中，速度较快。这类桩适用于软弱土层，常用的桩长和承载能力如下：

最大桩长：预制的为 30m，预应力的为 60m

最佳桩长：预制的为 12—15m，预应力的为 18—30m

最大荷载：预制的为 900kN，预应力的为 8500kN

最佳荷载范围：350—3500kN

就地灌注桩的截面形式以圆形最普遍，桩的直径通常大于 400mm，最大可达 3 m。直径较大且桩长较短的通常称之为墩，多见于承载力很大的端承桩。这类桩适用于较硬的粘性土层或很难锤击打入的土层，常用的桩长及承载能力如下：

最大桩长：50m

最佳桩长：12—18m

最大荷载：10000 kN

最佳荷载：500—5000kN

第二章 桩的传力机理

2-1 引 言

桩的传力机理主要取决于土质特性、土层构造、桩本身构造（包括支承情况）以及置于土中的方式。桩土间的相互作用是个相当复杂的问题，至今仍未十分清楚。

桩的传力是通过桩土间的侧向摩阻力和桩底抗力来实现的，但起初两者并不是同时被调动起来的。桩土间侧向摩阻力的产生和发展来自于桩土间的相对滑移，有一个时间过程。

相对滑移即桩身的应变与荷载通过侧面阻力传到土层引起的应变之间的累计差数，它从桩头开始随荷载沿桩身逐渐向下发展，只有当上部的滑移量增大到足以发挥极限抗剪强度之后，部分荷载才又传回桩身，继而产生下一个较大的相对滑移而逐渐发展到更大的深度，依次向下延续直到整个桩身的侧向摩阻力达到极限值。尔后，继荷载的增大，桩底下的土体受力的作用形成一个极限强度状态，在桩底位移足够大时，桩底抗力和侧向摩阻力得以全部发挥，最终完成整个桩的传力过程。

2-2 抗力的分配

桩土间摩阻力与桩底抗力间的分配依从于桩的支承情况和桩周土的参数。

1. 摩擦桩

土质不同，分配情况迥然而异，即使是在同种粘土中亦视软硬有别。在软粘土中，侧向摩阻力始终占主导地位，如表 1.1 所给的具有代表性的数据表明，摩阻力在破坏荷载和容许荷载中所占的比例分别为 87% 和 92%。而在硬粘土中，摩阻力与桩底抗力同时提供支承力。

在砂土中的情况与粘土亦不相同，摩阻力与桩底抗力的比例主要视砂的相对密度而异。

桩底抗力与桩底冲剪破坏的模式密切相关。一些研究者假想的破坏模式示于图 2.1。

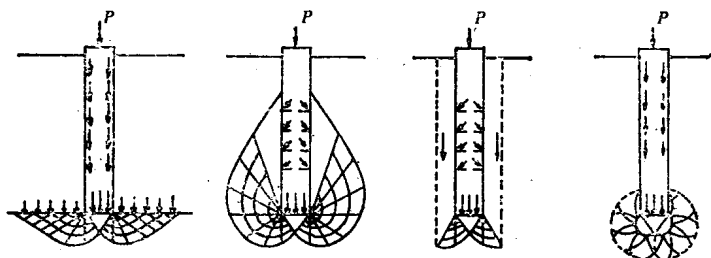


图 2.1 桩底下的几种假想破坏模式

此外，桩安置方式的影响亦不可忽视，打入桩会使桩周土产生重塑现象、超孔隙水压现象以及随后的时效现象，这些无疑都对抗力的分配起重要作用。

至于荷载沿桩身的传递，基于桩是通过侧向摩阻力将荷载传递给周围土壤的，故桩身受的荷载从桩顶向桩底逐渐减小。桩的上部承担了较大的荷载，弹性压缩亦较大。在粘性土中，荷载的传递曲线近似为抛物线并随深度减小(图 2.2)。在砂土中，荷载传递曲线近乎线性，形状与埋深有关。任意一点在桩顶荷载下承担的荷载多少，取决于桩周土、桩长、

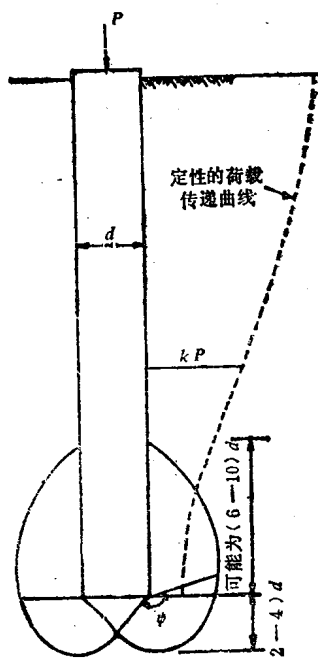


图 2.2 粘性土中桩的荷载传递形式

桩的刚度以及实际作用荷载。

2. 端承桩

通常是桩底抗力占主导地位。如表 1.1 所示，桩底抗力分别占破坏荷载和容许荷载的 87% 和 67%，并与桩的截面积和细长比有关。对于砂土中的大直径端承桩，承载力的 20%—30% 来自摩阻力，但一些设计者为偏于安全，往往不计摩阻力。

2-3 桩的传力模型

如果把桩视为弹性杆件，用桩土间的摩阻层（或称剪力层）来代替桩周土对于剪切荷载的竖向反应，那么桩土体系的理想模型可由图 2.3 来表示。再用图 2.4 a 所示的曲线代表摩阻层的滞变弹塑性特征，于是，沿桩身各点单位长度上的剪力（ τ ）可写成：

$$\tau = \begin{cases} KU & U \leq U_0 = \tau^0 / K \\ \tau^0 & U > U_0 \end{cases} \quad (2.1)$$

式中， K 为摩阻层的刚度（单位面积上的力）； τ 为沿摩阻

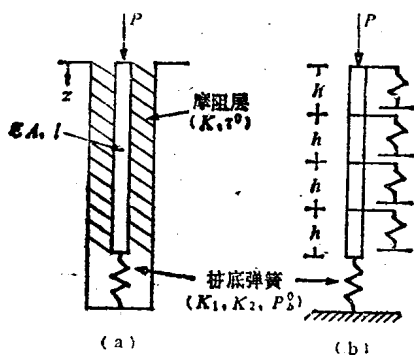


图 2.3 桩土体系模型
(a) 连续模型; (b) 离散单元模型

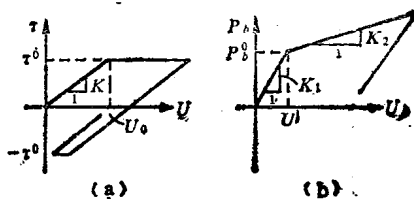


图 2.4 力与变位的关系
(a) 剪力层; (b) 桩底弹簧

层单位长度上的剪力; τ^0 为单位长度上的屈服剪力; U 为桩相对于土层的竖向变位; U_0 为对应于 τ^0 的变位。

桩底抗力由图 2.4 b 所示的滞变弹簧表征, K_1 表示初始刚度, K_2 表示残余刚度, P_b^0 表示桩底屈服抗力。桩底抗力 P_b 与变位 U_b 的关系是:

$$P_b = \begin{cases} K_1 U_b, & U_b \leq U_b^0 = P_b^0 / K_1 \\ P_b^0 + K_2 (U_b - U_b^0), & U_b > U_b^0 \end{cases} \quad (2.2)$$

模型的刚度常数可由下式估算：

$$K = \pi G_s / [2(1 - \nu)]$$

$$K_1 = 3 \pi G_s / [2(1 - \nu)]$$

$$K_2 \approx (10\% - 20\%) K_1$$

式中， G_s 和 ν 分别为土壤的剪切模量和泊桑比。

通过计算和实测得到的有关抗力分配的另一个例子示于图 2.5。由图可见，在荷载比较小时，侧向摩阻力直线上升，到达一定值后缓慢增加甚至下降，而桩底的抗力则开始缓慢增加，尔后迅速增加。

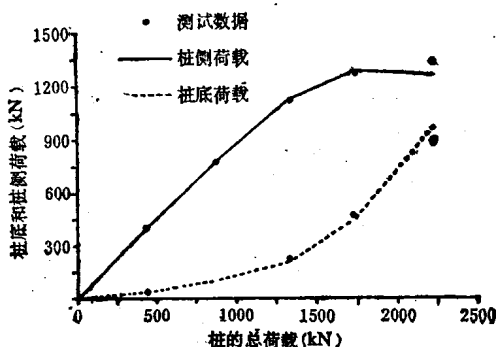


图 2.5 桩侧摩阻力和桩底抗力

2-4 桩轴表面负摩阻力

在桩基工程中，当桩身周围土层有固结作用时，表面负摩阻力是个值得注意的问题，它对桩起不利的影响，尤其是对端承桩，会增加桩内的轴向荷载（图 2.6 a），增加的数值可达轴向荷载的 10% 以上，甚至达到桩截面的容许荷载。

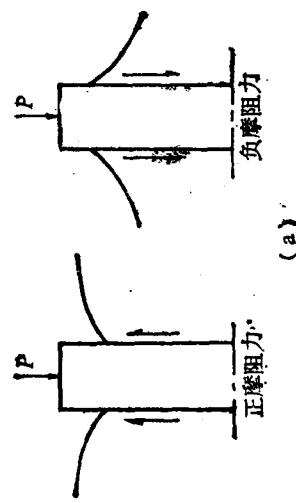
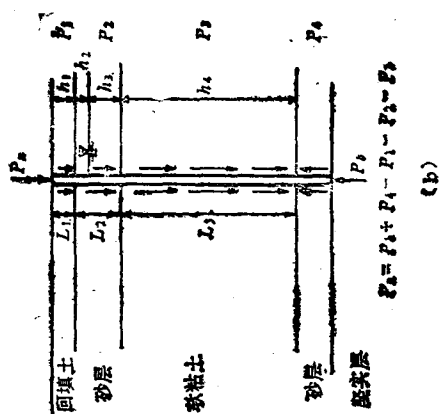


图 2.6 桩轴的表面负摩阻力

表面负摩阻力可以在下列 6 种情况下产生：

- (1) 在厚的堆积粘土层上回填土，粘土层密实（固结）过程中，置入到坚实持力层上的端承桩（图 2.6 b）；
- (2) 在厚的堆积粘土层上，桩灌注完（或打入）后，又进行回填土时；
- (3) 地下水位下降（例如大量抽用地下水）期间，在空隙水压减小而密实的地层中设置桩时；
- (4) 打桩作业过程中，由于卸荷桩身向上回弹而在桩上部引起负应力时；
- (5) 在受水浸湿发生大量沉陷的自重湿陷黄土中设置桩时；
- (6) 在发生大量沉陷的融化的冻土中设置桩时。

减小表面负摩阻力的方法有：

- (1) 打桩前，对土层进行超荷载压实；
- (2) 使用电渗法对土层进行处理；
- (3) 桩身涂沥青，增加可塑性；
- (4) 预钻孔，孔径大于桩径，一直延伸到持力层，然后置入涂有沥青的桩并用膨胀土充填。这种方法的效果最好。