

公路桥梁钻孔桩计算手册

吉林省交通科学研究所
交通部公路规划设计院



人民交通出版社

公路桥梁钻孔桩计算手册

吉林省交通科学研究所
交通部公路规划设计院

人 民 交 通 出 版 社

公路桥梁钻孔桩计算手册

吉林省交通科学研究所

交通部公路规划设计院

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 印张: 10.625 字数: 237 千

1981年4月第1版

1981年4月第1版第1次印刷

印数: 0001—5,800 册 定价: 1.70元

前 言

近十年来, 钻孔桩在公路桥梁基础中已普遍采用, 并遍及于铁路桥梁、水利、工业和民用建筑等工程中。在此期间, 各有关单位结合具体工程设计和科学研究的需要, 进行了大量的钻孔桩荷载试验, 积累了许多宝贵的资料。许多单位和个人相继写出不少文章, 编制了系统的参考资料和专门书籍, 桩的计算理论和计算方法有了很大的改进。本书是在参考各方面资料和近几年来桩基研究成果的基础上编写的。

编写本书的主要目的是在桩基设计中推广应用“ m 法”和“ c 法”。本书为设计人员提供一套完整的计算公式和相应的计算图表, 以及应用这些公式和图表的算例。对计算公式的由来, 仅在第三章中作一些简要的介绍。

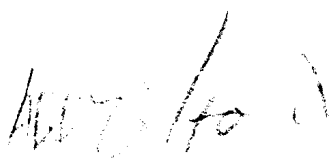
本书中没有沿用刚性桩和弹性桩这一习惯的分类法, 一律按桩的实际刚度计算; 对常用的两个对称面的垂直群桩基础和没有对称面的垂直群桩基础空间受力情况等都导出了变位和内力的直接计算公式。对承受土压力的群桩基础, 书中给出了计算表格, 简化了计算过程, 并提高了计算精度。

本书由吉林省交通科学研究所汪荣麒执笔编写。

由于编写者水平有限, 书中一定存在缺点和错漏之处, 敬请读者提出宝贵意见, 以便修改补充。

本书编写过程中, 吉林师范大学给予很多的帮助, 在此表示感谢。

一九七九年十月



内 容 提 要

本书是桥梁钻孔桩设计的工具书。

本书介绍了公路桥梁钻孔桩计算的一套完整的计算公式和相应的计算图表（‘m’法及‘c’法），以及计算实例。对于公式来源也作了简要的介绍。

本书中介绍的计算图表查用方便，可节约设计时间、加快钻孔桩设计速度。

本书可供桥梁设计人员及有关大专院校师生使用。

目 录

第一章 计算公式	(1)
第一节 计算的一般规定	(1)
一、公式的适用范围	(1)
二、地基系数和比例系数	(1)
三、桩的计算宽度 b_p	(3)
四、桩的变形系数 α	(7)
第二节 单桩横向承载力计算	(7)
一、单桩横向承载力计算公式表	(7)
二、计算公式表 1-7~1-12 的说明	(20)
第三节 群桩横向承载力计算	(22)
一、群桩横向承载力计算公式表	(22)
二、计算公式表 1-13~1-19 的说明	(39)
第四节 单桩轴向容许承载力计算	(42)
一、摩擦桩轴向受压容许承载力	(42)
二、摩擦桩轴向受拉容许承载力	(46)
三、柱桩轴向受压容许承载力	(46)
第五节 桩身强度及稳定性计算	(47)
一、桩的强度计算	(47)
二、桩的稳定性计算	(52)
三、桩身纵向挠曲计算长度 l_p 的确定	(53)
第六节 土的应力检算	(55)
一、桩侧土的稳定性检算	(55)
二、桩底土最大应力检算	(57)

第二章 算例..... (59)

第一节 单桩算例..... (59)

一、桩顶自由等截面土中桩 $\alpha h < 2.5$ —— c 法算例 (例一) (59)

二、桩顶自由等截面嵌岩桩 $\alpha h > 2.5$ —— m 法算例 (例二) (64)

三、桩顶嵌固等截面土中桩 $\alpha h > 2.5$ —— c 法算例 (例三) (66)

四、桩顶自由变截面嵌岩桩 $\alpha h > 2.5$ —— m 法算例 (例四) (68)

五、桩顶嵌固变截面嵌岩桩 $\alpha h < 2.5$ —— m 法算例 (例五) (72)

六、桩顶自由变截面土中桩承受土压力 $\alpha h > 2.5$ —— m 法算例 (例六) (75)

第二节 群桩算例..... (79)

一、两个对称面的直桩基础土中桩 $\alpha h > 2.5$ —— m 法算例 (例七) (79)

二、两个对称面的直桩基础嵌岩桩 $\alpha h < 2.5$ —— m 法算例 (例八) (83)

三、一个对称面 (外力作用在此面内) 的直桩基础嵌岩桩 $\alpha h > 2.5$ —— c 法算例 (例九) (88)

四、直斜桩组合基础土中桩 $\alpha h > 2.5$ —— m 法算例 (例十) (93)

五、承受土压力的群桩基础嵌岩桩 $\alpha h > 2.5$ —— m 法算例 (例十一) (101)

六、有一个对称面 (外力不作用在此面内) 的直桩基础土中桩 $\alpha h > 2.5$ —— m 法算例 (例十二) (107)

第三节	摩擦桩受压容许承载力算例(例十三).....	(116)
第四节	强度计算算例.....	(117)
一、	强度计算——求钢筋面积(例十四).....	(117)
二、	强度计算——检算钢筋和混凝土 的应力(例十五).....	(121)
第五节	土的应力检算算例(例十六).....	(122)
第三章	计算公式推导.....	(123)
第一节	单桩横向承载力计算公式.....	(123)
一、	微分方程的建立和解.....	(123)
二、	地面处桩的位移和转角 α_0 和 φ_0	(125)
三、	桩顶变位公式及系数.....	(130)
四、	地面(或局部冲刷线)以下桩身最大弯 矩.....	(131)
五、	桩侧土的应力.....	(134)
六、	桩顶嵌固弯矩.....	(135)
七、	变截面单桩桩顶变位系数.....	(136)
八、	短桩计算公式.....	(140)
九、	变截面桩承受土压力时桩顶变位公式.....	(154)
第二节	群桩横向承载力计算公式.....	(157)
一、	有两个对称面的直桩基础.....	(158)
二、	有一个对称面的直桩基础.....	(161)
三、	斜桩群桩基础.....	(167)
四、	承台底面在地面(或局部冲刷线)以下的群 桩基础.....	(170)
五、	承受土压力的群桩基础.....	(179)
六、	没有对称面的直桩基础空间受力计算.....	(184)
主要参考资料		(201)
附录一、	m 法土中桩计算表(附表 $m-1 \sim 15$).....	(203)

附录二、 m 法嵌岩桩计算表(附表 $m-1' \sim 15'$)	(231)
附录三、 c 法土中桩计算表(附表 $c-1 \sim 15$)	(259)
附录四、 c 法嵌岩桩计算表(附表 $c-1' \sim 15'$)	(287)
附录五、影响函数 A_i 、 B_i 、 C_i 、 D_i 值表 (附表 $m-16$ 、附表 $c-17$)	(315)
附录六、桩的变形系数 α 值计算表(附表18)	(323)
附录七、配筋图(附图 1、2、3)	(327)

第一章 计算公式

第一节 计算的一般规定

一、公式的适用范围

手册中所有公式适用于考虑土的弹性抗力计算的一切基础，如各类桩基础、沉井和沉箱等。沉井、沉箱基础，相对讲虽然刚度很大，但仍可按实有刚度计算，无需将其绝对化，避免人为的误差。

表 1-7~1-19 所列公式同时适用 m 法和 c 法。表内公式以换算桩长 $ah < 2.5$ 和 $ah > 2.5$ 为界限，前者为短桩，计算公式考虑了桩底条件（反力矩或转角），后者叫长桩或定长桩，计算公式没有考虑桩底条件。

二、地基系数和比例系数

m 法和 c 法的地基系数变化规律如图 1-1，一般表达式为：

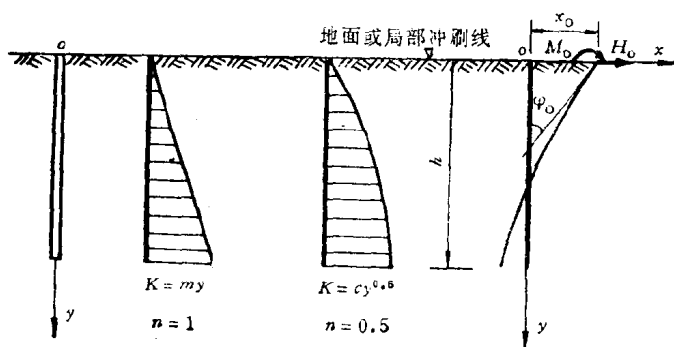


图 1-1

深度 y 处横向或水平向地基系数

$$K = K_0 y^n \quad (1-1)$$

埋深 h 时竖向地基系数

$$C_0 = K_0 h^n \quad (1-2)$$

式中:

m 法

c 法

$$K_0 = m \quad n = 1 \quad h \geq 10$$

$$K_0 = c \quad n = 0.5 \quad h \geq 10$$

深度 y 和 h 均自地面或局部冲刷线算起。

比例系数 m 、 c 按表 1-1 采用。

土的 K_0 (m 或 c) 值

表 1-1

序号	土 的 名 称	m (吨/米 ⁴)	c (吨/米 ^{3.5})
1	流塑粘性土 $I_L \geq 1.0$, 淤泥	300~500	400~800
2	软塑粘性土 $1 > I_L \geq 0.5$, 粉砂	500~1000	800~1500
3	硬塑粘性土 $0.5 > I_L > 0$, 细砂, 中砂	1000~2000	1500~3000
4	坚硬、半坚硬粘性土 $I_L < 0$, 粗砂	2000~3000	3000~5000
5	砾砂, 角砾砂, 圆砾砂, 碎石, 卵石	3000~8000	5000~8000
6	密实卵石夹粗砂, 密实漂卵石	8000~12000	8000~12000

注: 1. 本表可用结构在地面处位移最大值不超过 6 毫米, 位移较大时, 适当降低;

2. I_L ——液性指数;

3. 当基础侧面设有斜坡式台阶, 且其坡度或台阶总宽与深度之比超过 1:2 时, 表中 m 值应减少 50%;

当基础侧面为数种不同土层时 (图 1-2), 应将地面或局部冲刷线以下 $h_m = 2(d+1)$ 米深度内的各层土按下列公式换算成一个 K_0 (m 或 c) 值, 作为整个深度的 K_0 (m 或 c) 值。式中 d (米) 为桩直径, 当桩入土深度 $h < h_m$ 时, 取 h 深度内土层进行换算。

1. 当 h_m 深度内有两层不同土时,

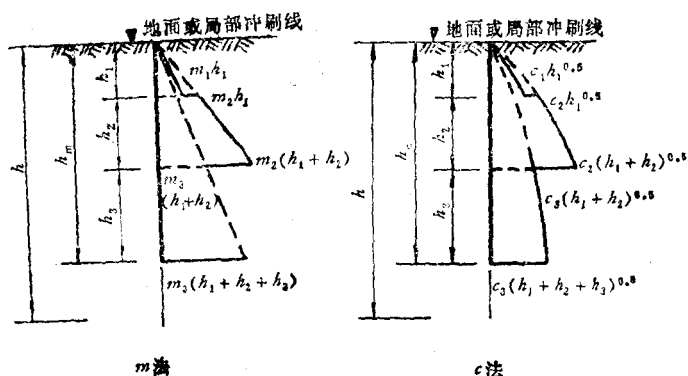


图 1-2

$$K_0 = \frac{K_1 h_1^{1+n} + K_2 [(h_1 + h_2)^{1+n} - h_1^{1+n}]}{h_m^{1+n}} \quad (1-3)$$

2. 当 h_m 深度内有三种不同土时:

$$K_0 = \frac{K_1 h_1^{1+n} + K_2 [(h_1 + h_2)^{1+n} - h_1^{1+n}] + K_3 [(h_1 + h_2 + h_3)^{1+n} - (h_1 + h_2)^{1+n}]}{h_m^{1+n}} \quad (1-4)$$

岩石地基的竖向地基系数 C 。由岩石的极限抗压强度 R_c 决定, 当 R_c 为中间值时, 采用内插法计算。

岩石的竖向地基系数 C 值

表 1-2

序 号	R_c (吨/米 ²)	m 法 C (吨/米 ³)	c 法 C (吨/米 ³)
1	100	30,000	31,000
2	$\geq 2,500$	1,500,000	1,050,000

三、桩的计算宽度 b_p

$$b_p = K \phi K_{\frac{1}{2}} b \quad (\text{米}) \quad (1-5)$$

式中: b_p ——基础(单桩)的计算宽度;

K_ξ ——考虑基础实际的空间工作条件不同于假设的平面工作条件的系数;

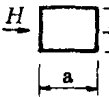
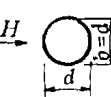
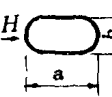
$$m \text{ 法 } K_\xi = 1 + \frac{1}{b}; \quad c \text{ 法 } K_\xi = 2$$

b ——基础(单桩)的实际宽度如表 1-3、1-4 所示, 圆形基础 $b = d$;

K_ϕ ——基础形状的换算系数, 见表 1-3、1-4; 圆形断面 $K_\phi = 0.9$ 。

1. 当基础为整体时, K_ϕ 、 b_p 按表 1-3 计算。

基础形状换算系数 K_ϕ 和计算宽度 b_p 表 1-3

名 称	符 号	基 础 形 状			
					
基础形状换算系数	K_ϕ	1.0	0.9	$(1 - 0.1 \frac{a}{b})$	0.9
m 法基础计算宽度	b_p	$b + 1$	$0.9(d + 1)$	$(1 - 0.1 \frac{a}{b})(b + 1)$	$0.9(b + 1)$
c 法基础计算宽度	b_p	$2b$	$1.8d$	$2(1 - 0.1 \frac{a}{b})d$	$1.8b$

2. 当基础在垂直于外力作用方向由几个桩柱组成时, K_ϕ 、 b_p 按表 1-4 计算。

3. 当基础在平行于外力作用方向由几个桩柱组成时, m 法还要考虑群桩间的相互影响, 其 K_ϕ 、 K_z 和 b_p 由表 1-5 计算。

表 1-5 中各桩柱间相互影响系数 K_z 按以下规定取用
当 $L_1 \geq 0.6h_1$ 时 $K_z = 1.0$

基础形状换算系数 K_ϕ 和计算宽度 b_p

表1-4

名 称	符 号	基 础 形 状			
基础形状换算系数	K_ϕ	1.0	0.9	$(1 - 0.1 \frac{a}{b})$	0.9
m 法 n_1 个桩柱计算宽度	$n_1 b_p$	$n_1(b+1)$	$0.9n_1(d+1)$	$n_1(1 - 0.1 \frac{a}{b})(b+1)$	$0.9n_1(b+1)$
c 法 n_1 个桩柱计算宽度	$n_1 b_p$	$2n_1 b$	$1.8n_1 d$	$2n_1 d(1 - 0.1 \frac{a}{b})$	$1.8n_1 d$

注: 1. n_1 为垂直于外力作用方向的桩柱数量;

2. 求得的 $n_1 b_p$ 值不得大于 $(B+1)$, 大于 $(B+1)$ 时采用 $(B+1)$ 计算。

基础形状换算系数 K_ϕ , 相互影响系数 K_z 和计算宽度 b_p 表1-5

名 称	符 号	基 础 形 状			
形状系数 K_ϕ 与系数 K_z 乘积	$K_\phi K_z$	K_z	$0.9K_z$	$(1 - 0.1 \frac{a}{b})K_z$	$0.9K_z$
m 法基础计算宽度	b_p	$K_z(b+1)$	$0.9K_z(d+1)$	$(1 - 0.1 \frac{a}{b})K_z(b+1)$	$0.9K_z(b+1)$

$$\text{当 } L_1 < 0.6h_1 \text{ 时 } K_z = b' + \frac{1-b'}{0.6} \cdot \frac{L_1}{h_1} \quad (1-6)$$

式中: L_1 ——与外力作用方向平行的一排桩柱之间净距 (见图 1-3);

h_1 ——地面或局部冲刷线以下桩柱的计算埋入深度可按下式计算。但 h_1 值不得大于桩柱入土的实

实际深度(h);

$$h_1 = 3(d+1) \quad (\text{米})$$

d ——桩柱直径(米);

b' ——根据外力作用方向平行的所验算的一排桩柱的数量 n_1 而定的系数按表 1-6 取用。

4. 当基础在垂直于及平行于外力作用方向均由几个桩柱组成时, 可取平行于外力作用方向的一行桩柱。

K_ϕ 、 K_z 和 b_p 见表 1-5。

当桩柱平面布置中, 与外力作用方向平行的各排桩

柱数量不等, 且相邻(任何方向)桩柱间的中心距等于或大于 $(d+1)$ 或 $(b+1)$ 时, 则对所验算的各桩柱可采用同一系数 K_z , 其值按桩柱数量最多的一排采用, 其中 b 为矩形桩柱的边长, d 为圆形桩柱的直径。

系数 b' 值

表 1-6

n_1	b'	n_1	b'
1	1.0	3	0.5
2	0.6	≥ 4	0.45

当桩柱平面布置成梅花形(图 1-4), 而相邻两排桩柱的中距又小于 $(b+1)$ 米 或 $(d+1)$ 米 时, K_z 值可按投影到平行于外力作用方向的各桩柱间的距离计算(图 1-4 所示实心桩)。

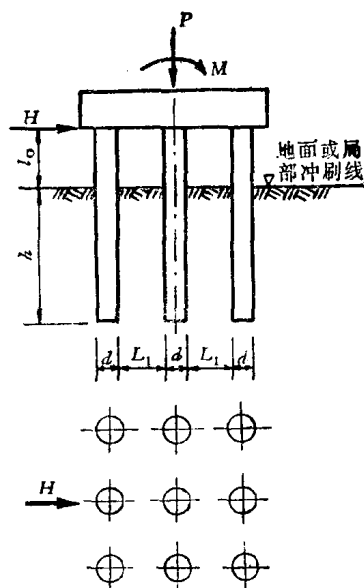


图 1-3

为了不致使计算宽度发生重叠现象, 要求 $b_p \leq 2b$ 。

当桩柱直径或宽度小于 1 米时, m 法单个桩柱的计算宽度 b_p : 对于矩形截面为 $1.5b + 0.5$; 对于圆形截面为 $0.9(1.5d + 0.5)$ 。在垂直于外力作用方向的几个桩柱

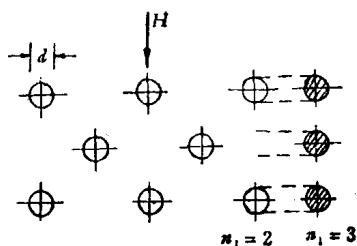


图 1-4

的计算总宽度, 不得大于 $B + 1$, 大于 $B + 1$ 时, 按 $B + 1$ 计算 (b, d 和 B 的符号意义见表 1-3、1-4)。相互影响系数可以不考虑, 采用 $K_z = 1$ 。

四、桩的变形系数 α

$$\alpha = \sqrt[4+n]{\frac{K_0 b_p}{EI}} \quad (1-7)$$

$$m \text{ 法 } \alpha = \sqrt[5]{\frac{m b_p}{EI}} \quad c \text{ 法 } \alpha = \sqrt[4.5]{\frac{c b_p}{EI}}$$

式中: EI ——桩的抗弯刚度 ($EI = \frac{E_b I}{1.5}$, 其中 E_b 为混凝土

土的受压弹性模量), E 为弹性模量, I 为

截面惯性矩;

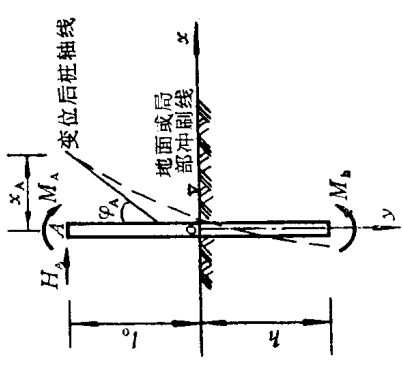
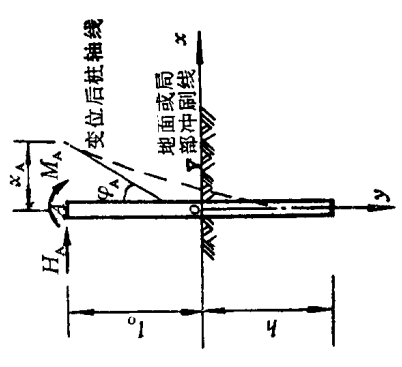
b_p ——桩的计算宽度, 见表 1-3、1-4、1-5;

m, c ——地基系数的比例系数, 按表 1-1 取用。

第二节 单桩横向承载力计算

一、单桩横向承载力计算公式表

表1-7

桩顶自由等截面桩		$\alpha h < 2.5$ 土中桩或嵌岩桩	$\alpha h > 2.5$ 土中桩或嵌岩桩
计 算 图 式			
1	桩顶外力	水平力	H_A
		弯 矩	M_A
2	地面或局部冲刷线处桩的内力	剪 力	$H_0 = H_A$
		弯 矩	$M_0 = M_A + H_A l_0$
8	地面或局部冲刷线处桩的变位	水平位移	$x_0 = \frac{1}{\alpha^2 EI} \left(\frac{H_0}{\alpha} \overline{y_{0h}} + M_0 \overline{y_{0m}} + M_h \overline{y_{0mh}} \right) \quad x_0 = \frac{1}{\alpha^2 EI} \left(\frac{H_0}{\alpha} \overline{y_{0h}} + M_0 \overline{y_{0m}} \right)$