

太原铁路局基建处勘测设计队

排架式及弹性 高桩墩台计算

PAI JIA SHI JI DAN XING
GAO ZHUANG DUN TAI JI SOAN

人 民 铁 道 出 版 社

排架式及弹性 高桩墩台计算

太原铁路局基建处勘测设计队

人 民 铁 道 出 版 社

1978年·北京

排架式及弹性高桩墩台计算

太原铁路局基建处勘测设计队

人民铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 8 字数: 175 千

1978年4月第1版 1978年4月第1次印刷

统一书号: 15043·6105 定价: 0.75 元

内 容 简 介

本书介绍了排架式及弹性高桩桥墩桥台的结构分析计算方法，并对每种结构编有算例；此外还介绍一种较为实用的桥台薄壁小耳墙的计算方法，也有算例。本书可供桥梁设计人员参考使用。

前 言

本书是太原铁路局基建处勘测设计队，根据铁路桥梁设计中的实践，并参考兄弟单位的工作经验，加以整理编写而成。全书共分二章。

第一章为排架式墩台。钢筋混凝土圆柱或管柱组成的排架式桥墩、桥台，结构简单，用料节省，施工方便，在铁路桥上已有较多使用。本章为这类最简单的墩台结构提供简单的计算公式，并有例题叙述了计算程序和公式的运用。在排架式桥台方面，还推荐了一种薄壁小耳墙，这种结构对于台身的纵向长度可以压缩到最小限度，极便于在排架式或框架式桥台中采用。

第二章为弹性高桩墩台。此种墩台，在外表上与柔性桥墩相似，但在结构性质方面，则两者有所不同。柔性墩是以墩架或墩版为主体构件，需要有刚性墩的辅助；弹性高桩墩台是以弹性基桩为主体构件，它可以承受较大的外力，不需要刚性墩的辅助，这是其结构上的一个特点。当地面或局部冲刷线以上变截面部分受有侧压力或在变截面处作用有偏心力矩时，本章对于变截面构件的位移和角变作了细致的分析。弹性高桩上部的单层框架或双层框架在各种荷载作用下的结点力矩，用角变位移法（即变形法）进行分析，推导出较为适用的公式，便于在实际工作中采用。

本书系由我队田玉珍、贺尧圃两同志总结整理的。由于我们思想水平低，实践经验少，认识的深度和广度还差的很多，错误的地方，欢迎批评指正。

太原铁路局基建处勘测设计队

目 录

第一章 排架式墩台	1
第一节 概述	1
第二节 排架式桥墩	2
一、单排排架	2
例题 (一)	9
例题 (二)	15
二、双排排架	23
例题 (三)	25
例题 (四)	28
第三节 排架式桥台	31
一、排架计算	31
二、薄壁小耳墙计算	33
例题 (五)	41
第二章 弹性高桩墩台	58
第一节 弹性高桩桥墩	58
一、结构形式	58
二、分析方法	59
三、变截面构件的角变和位移	61
四、弹性高桩在纵向 (平行线路) 方面的分析	76
五、弹性高桩在横向 (垂直线路) 方面的分析	80
六、弹性高桩上部框架的分析	84
例题 (一)	111
第二节 弹性高桩桥台	172
一、结构形式及分析方法	172

二、变截面构件的角变和位移	174
三、桥台弹性高桩的分析	177
四、弹性高桩上部框架的分析	182
例题（二）	187
附录 圆形及环形截面偏心受压数据表	244

第一章 排架式墩台

第一节 概 述

排架式墩台的结构形式是墩身或台身用一排或多排圆柱或管柱所组成。是轻型墩台中结构最简单的一种型式。这种轻型墩台可以利用预制构件——预制圆柱或预制管柱。用预制圆柱时，又可在工厂中预制柱壳，吊立就位后再浇灌筑实。这种轻型墩台设计简便，施工迅速，可以收到多快好省的效益。

在桥台方面，并于台后两侧采用一种薄壁小耳墙，它悬臂伸入桥头路堤，对于桥台台身的纵向长度可以压缩至最小限度，为排架式桥台或框架式桥台提供了一个轻型的桥台顶版结构。

排架式墩台的排架柱，除在柱顶作用有竖向力、水平力及力矩等荷载外力外，尚有：作用于桥台的梯形侧压（土压力与活载水平压力的合力），作用于桥墩的匀布侧压风力。当柱身受有此类侧压荷载时，应首先抉择柱上端、柱下端的连接状态。一般来说，柱下端的连接，由于承台底版的刚度很大（可以认为是无穷大），故可假定其为刚接状态。至于柱上端的连接，则须根据其上端受到约束的具体情形，经过具体分析而定：在桥台方面，台帽顶版的刚度很大，同样可以认为是无穷大，可以假定柱上端为刚接状态。在桥墩方面，如桥跨结构为钢梁，竖向恒载较轻，约束力较弱，可以认为柱上端为铰接状态，如桥跨结构为钢筋混凝土梁，竖向恒载较大，在水平平面内，对于墩帽有一定的约束力，同时

钢筋混凝土梁本身又是在纵向方面对于墩帽的约束，据此，就可以认为墩帽的刚度为无穷大而柱上端为刚接状态（因为在这样巨大的竖向恒载强有力的约束下，柱身所受匀布风压作用相对很小，在柱上端绝不能产生象在无约束条件下铰接端所能产生的位移和角变）。

但是，有时为了分析计算简化起见，柱上端的连接状态可以采用近似的假定。这是由于，当柱身受有侧压荷载时，在柱下端产生的约束力矩，虽然因柱上端是铰接或是刚接而有出入，但其值相差不大。例如：当柱身受有匀布侧压时，令 q 为匀布荷载， h 为柱高，如上端为铰接，则下端的约束力矩为 $\frac{1}{8}qh^2$ ，如上端为刚接，则下端的约束力矩为 $\frac{1}{12}qh^2$ ，两者相差仅有 $\frac{1}{24}qh^2$ ，影响较小。因此，在本章内，无论是桥台排架或桥墩排架，当排架的柱身受有侧压荷载时，其上端都近似地假定为铰接状态。在这样假定下，柱下端的约束力矩的数值可能稍为偏大，这是偏于安全的。

第二节 排架式桥墩

一、单排排架

单排排架柱的两端连接，是假定柱顶与顶帽承台为铰接，柱底与基础承台为刚接。

加于柱的外力有作用在柱顶的竖向力，水平力和力矩以及作用在柱身的匀布侧压。作用在柱顶的竖向力是

$$N = G + \frac{1}{n} R \quad (1-1)$$

式中 G ——每一柱分担的恒载；

R ——单孔活载支点反力；

n ——排架柱的数目。

作用在柱顶的水平力是：单孔活载制动力 T 和集中风力 W 。作用在柱顶的力矩是单孔活载的偏心力矩，它等于 R_s ，式中的 s 为偏心距。作用在柱身的匀布侧压是风压 w 。

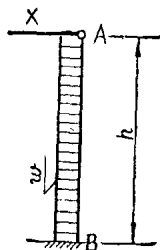


图 1-1

参看图 1-1，为了平衡柱身的匀布风压 w ，在柱顶加一侧力 X ，它可以从下面的侧移关系中求出。

$$\text{由于柱顶侧移} \quad \Delta = \frac{Xh^3}{3EI} = \frac{wh^4}{8EI}$$

$$\text{所以} \quad X = \frac{3}{8}wh$$

这样，在柱底刚接端的总力矩是

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{n} \left[(T+W)h + R_s \right] + \frac{1}{2}wh^2 - \frac{3}{8}wh^2 \\ &= \frac{1}{n} \left[(T+W)h + R_s \right] + \frac{1}{8}wh^2 \quad (1-2) \end{aligned}$$

从以上 (1-1) 和 (1-2) 两式得出柱底截面合力的偏心 $e = M/N$ ，然后可以求算截面应力。

如排架是用圆柱，它的半径是 R 时，先算出 e/R 的比值，并假定受压截圆的半中心角 α ，用下式进行试算：

$$\frac{e}{R} = \frac{W + 24\pi n p \left(\frac{r}{R} \right)^2}{16[V - 3\pi n p \cos \alpha]} \quad (1-3)$$

式中 r ——配筋圆周的半径；

n ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量之比；

p ——钢筋截面积与混凝土截面积之比,

$$W = 12\alpha - 3\sin 4\alpha - 32\sin^3 \alpha \cos \alpha,$$

$$V = 2\sin^3 \alpha + 3\cos \alpha (\sin \alpha \cos \alpha - \alpha).$$

试算一直进行到求算之值与 e/R 比值接近吻合为止。

混凝土应力与钢筋应力分别用下两式计算:

$$\sigma_c = \frac{96kM}{R^3 \left[W + 24\pi n p \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]} \quad (1-4)$$

$$\sigma_s = n\sigma_c \frac{d - 2kR}{2kR} \quad (1-5)$$

式中 σ_c ——混凝土应力, σ_s ——钢筋应力,

$$k = \frac{1}{2} (1 - \cos \alpha), \quad d = R + r.$$

剪应力计算:

当受力情形是截面部分受拉时, 如图 1-2 所示: $X-X$ 是中性轴, $X'-X'$ 是有效等值 (换算) 截面积的重心轴。此时, 剪应力用下式计算:

$$\tau = \frac{QS'}{I'b}$$

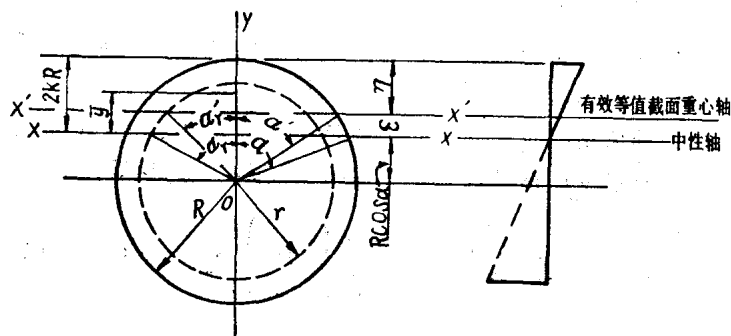


图 1-2

式中 τ ——剪应力,

Q ——荷载剪力,

S' ——受拉区的钢筋截面积对于 $X'-X'$ 轴的静力矩,

I' ——受压截圆面积与全圆周钢筋的等值 (换算) 截面积对于 $X'-X'$ 轴的惯矩,

b —— $X'-X'$ 轴处的截面宽度。

在求 S' 与 I' 之前, 由于要确定 $X'-X'$ 轴的位置, 须先求受压截圆面积的重心到 $X-X$ 轴的距离

$$\begin{aligned}\bar{y} &= \frac{S_c}{A_c} = \frac{\frac{1}{3}R^3(2\sin\alpha + \sin\alpha\cos^2\alpha - 3\alpha\cos\alpha)}{R^2(\alpha - \sin\alpha\cos\alpha)} \\ &= \frac{R(2\sin\alpha + \sin\alpha\cos^2\alpha - 3\alpha\cos\alpha)}{3(\alpha - \sin\alpha\cos\alpha)} \quad (1-6)\end{aligned}$$

式中 A_c ——受压截圆面积,

S_c —— A_c 对 $X-X$ 轴的静力矩。

受压边缘到 $X'-X'$ 轴的距离

$$\eta = \frac{A_c(2kR - \bar{y}) + \pi n p R^3}{A_c + \pi n p R^2} \quad (1-7)$$

$X-X$ 与 $X'-X'$ 两轴间的距离为

$$\varepsilon = 2kR - \eta \quad (1-8)$$

于是

$$S' = n p R^2 r \left[\sin\alpha'_r + (\pi - \alpha'_r) \cos\alpha'_r \right] \quad (1-9)$$

式中 $\alpha'_r = \arccos \left(\frac{R\cos\alpha + \varepsilon}{r} \right)$

$$I' = I'_c + I'_r \quad (1-10)$$

式中 $I'_c = I_c + A_c(\varepsilon^2 - 2\bar{y}\varepsilon)$

$$\text{其中 } I_c = R^4 \left(\frac{1}{4} \alpha + \alpha \cos^2 \alpha - \frac{5}{4} \sin \alpha \cos^3 \alpha - \frac{13}{12} \sin^3 \alpha \cos \alpha \right),$$

$$I'_c = \frac{1}{2} \pi n p R^2 r^2 (1 + 2 \cos^2 \alpha')$$

$X'-X'$ 轴处的宽度

$$b = 2R \sin \alpha' \quad (1-11)$$

$$\text{式中 } \alpha' = \arccos \left(\frac{R \cos \alpha + e}{R} \right).$$

如排架是用管柱，它的外径是 R ，内径是 R_1 以及配筋圆周的半径是 r 时，先算出 e/r 的比值，并假定受压截环的半中心角 α ，用下式进行试算：

$$\frac{e}{r} = \frac{Y + 2\pi n p}{4(Z - \pi n p \cos \alpha)} \quad (1-12)$$

$$\text{式中 } Y = 2\alpha - \sin 2\alpha, \quad Z = \sin \alpha - \alpha \cos \alpha.$$

试算一直进行到求算之值与 e/r 比值接近吻合为止。混凝土应力和钢筋应力分别用以下各式计算：

$$\sigma_m = \frac{kN}{rt(Z - \pi n p \cos \alpha)} \quad (1-13)$$

式中 σ_m ——圆环壁中间的混凝土应力，

t ——圆环壁厚，

$$k = \frac{1}{2} (1 - \cos \alpha).$$

$$\sigma_c = \frac{R}{r} \sigma_m \quad (1-14)$$

$$\sigma_s = n \sigma_m \operatorname{ctg}^2 \frac{\alpha}{2} \quad (1-15)$$

剪应力计算：

当受力情形是截面部分受拉时，如图 1—3 所示， $X-$

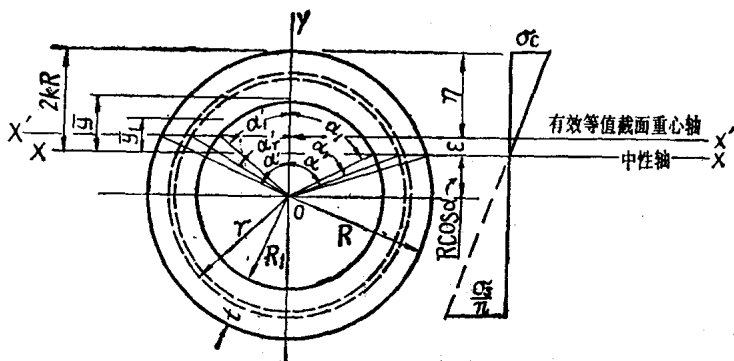


图 1-3

X 是中性轴, $X'-X'$ 是有效等值 (换算) 截面积的重心轴。此时, 剪应力仍用与圆形截面一样的公式求算, 即,

$$\tau = \frac{QS'}{I'b}$$

式中 I' ——受压截环面积与全圆周钢筋的等值 (换算) 截面积对于 $X'-X'$ 轴的惯矩;

其他符号意义与圆形截面的剪应力的相同。

在求 S' 与 I' 之前, 由于要确定 $X'-X'$ 轴的位置, 须先分别求受压外截圆面积和受压内截圆面积的重心到 $X-X$ 的距离:

$$\begin{aligned} \bar{y} = \frac{S_c}{A_c} &= \frac{\frac{1}{3} R^3 (2 \sin \alpha + \sin \alpha \cos^2 \alpha - 3 \alpha \cos \alpha)}{R^2 (\alpha - \sin \alpha \cos \alpha)} \\ &= \frac{R (2 \sin \alpha + \sin \alpha \cos^2 \alpha - 3 \alpha \cos \alpha)}{3 (\alpha - \sin \alpha \cos \alpha)} \end{aligned}$$

$$\bar{y}_1 = \frac{S_{c_1}}{A_{c_1}} = \frac{\frac{1}{3} R_1^3 (2 \sin \alpha_1 + \sin \alpha_1 \cos^2 \alpha_1 - 3 \alpha_1 \cos \alpha_1)}{R_1^2 (\alpha_1 - \sin \alpha_1 \cos \alpha_1)}$$

$$= \frac{R_1(2\sin\alpha_1 + \sin\alpha_1\cos^2\alpha - 3\alpha_1\cos\alpha_1)}{3(\alpha_1 - \sin\alpha_1\cos\alpha_1)} \quad (1-16)$$

式中 A_c, A_{c_1} ——分别是受压外截圆面积和受压内截圆面积;

S_o, S_{c_1} ——分别是 A_c 和 A_{c_1} 对 $X-X$ 轴的静力矩;

$$\alpha \text{——} \arccos\left(\frac{r\cos\alpha_r}{R}\right),$$

$$\alpha_1 \text{——} \arccos\left(\frac{r\cos\alpha_r}{R_1}\right)$$

其中 α_r 是用 (1-12) 式试算所得的角度 α , 加一注脚变为 α_r , 以便与 (1-16) 式中的上一式的 α 有所区别。

受压边缘到 $X'-X'$ 的距离:

$$\eta = \frac{A_c(2kR - \bar{y}) - A_{c_1}(2kR - \bar{y}_1) + 2\pi nPr t R}{A_c - A_{c_1} + 2\pi nPr t} \quad (1-17)$$

$X-X$ 与 $X'-X'$ 两轴间的距离与 (1-8) 式相同, 即:

$$e = 2kR - \eta$$

于是

$$S' = 2nPr^2t[\sin\alpha'_r + (\pi - \alpha'_r)\cos\alpha'_r] \quad (1-18)$$

式中 $\alpha'_r = \arccos\left(\frac{R\cos\alpha + e}{r}\right)$ 。

$$I' = I'_c - I'_{c_1} + I'_s \quad (1-19)$$

式中 $I'_c = I_c + A_c(e^2 - 2\bar{y}e)$

其中 $I_c = R^4\left(\frac{1}{4}\alpha + \alpha\cos^2\alpha - \frac{5}{4}\sin\alpha\cos^3\alpha\right)$

$$-\frac{13}{12}\sin^3\alpha\cos\alpha),$$

$$I'_{c_1} = I_{c_1} + A_{c_1}(\varepsilon^2 - 2\bar{y}_1\varepsilon)$$

其中
$$I_{c_1} = R_1^4 \left(\frac{1}{4}\alpha_1 + \alpha_1\cos^2\alpha_1 - \frac{5}{4}\sin\alpha_1\cos^3\alpha_1 - \frac{13}{12}\sin^3\alpha_1\cos\alpha_1 \right),$$

$$I'_t = \pi n p r^3 t (1 + 2\cos^2\alpha'_t)$$

$X'-X'$ 轴处的宽度

$$b = 2R\sin\alpha' - 2R_1\sin\alpha'_1 \quad (1-20)$$

式中
$$\alpha' = \arccos\left(\frac{R\cos\alpha + \varepsilon}{R}\right),$$

$$\alpha'_1 = \arccos\left(\frac{R\cos\alpha + \varepsilon}{R_1}\right).$$

例题(一)。图1-4, 单排圆柱排架墩。跨度为10.518米的多跨钢工字梁桥, 在直线上。桥墩从支承垫石面到基础顶高4.212米。墩帽高0.762米, 宽1.8米, 长4.0米。排架是两根直径为0.9米的圆柱, 两柱中心距离2.20米。

(1) 外力计算

恒载

$$G_1 (\text{钢梁和桥面}) = 14.4 \times \frac{1}{2} = 7.20\text{t}$$

$$G_2 (\text{墩帽}) = 4 \times 1.8 \times 0.762 \times 2.5 \times \frac{1}{2} = 6.86\text{t}$$

$$G_3 (\text{柱身}) = \pi \times 0.45^2 \times 3.45 \times 2.5 = 5.49\text{t}$$

$$G = G_1 + G_2 + G_3 = 19.55\text{t}$$

活载

$$R (\text{单孔轻载支点反力}) = 57.00\text{t}$$

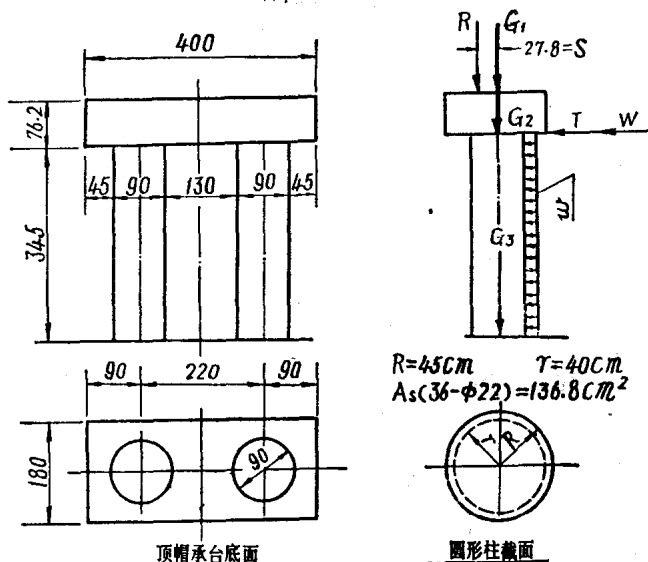


图 1-4 单排圆柱排架墩

1 —— 尺寸以厘米计, 2 —— 钢筋以毫米计。

$$M_R = R_s = 57.00 \times 0.278 = 15.85\text{t-m}$$

$$T \text{ (单孔活载制动力)} = 14.26\text{t}$$

风力

$$W \text{ (墩帽上)} = 4 \times 0.762 \times 0.125 = 0.38\text{t}$$

$$w \text{ (柱身上)} = 0.9 \times 0.125 = 0.11\text{t/m}$$

(2) 截面检算

由 (1-2) 式

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{1}{n} [(T+W)h + R_s] + \frac{1}{8} wh^2 \\
 &= \frac{1}{2} [(14.26 + 0.38)3.45 + 15.85] \\
 &\quad + \frac{1}{8} \times 0.11 \times 3.45^2 = 33.171\text{t-m}
 \end{aligned}$$