



CECS 88 : 97

中国工程建设标准化协会标准

钢筋混凝土承台设计规程

Specification for design of reinforced
concrete pile caps



1997 年 北京

中国工程建设标准化协会标准

钢筋混凝土承台设计规程

CECS 88 : 97

主 编 单 位: 同济大学

批 准 单 位: 中国工程建设标准化协会

批 准 日 期: 1997 年 2 月 21 日

1997 北 京

前 言

现批准《钢筋混凝土承台设计规程》，编号为 **CECS88 : 97**，并推荐给各工程建设设计、施工单位使用。在使用过程中，请将意见及有关资料寄交同济大学（上海市四平路 **1239** 号，邮政编码 **200092**），以便今后修订。

本规程主编单位：同济大学

参 编 单 位：中国轻工业北京设计院

冶金部北京钢铁设计研究总院

北京铁路局北京勘测设计院

深圳市工程质量监督检验总站。

主 要 起 草 人：蒋大骅 周克荣 李子新 陈 健

沙志国 顾怡荪 赵慰生 丁祖堪

最 后 审 校：张宏声 白云格娃

中国工程建设标准化协会

1997 年 2 月 21 日

目 次

1	总则	(2)
2	符号	(3)
2.1	材料性能	(3)
2.2	作用与作用效应	(3)
2.3	几何参数	(3)
2.4	计算系数	(4)
3	基本规定	(5)
3.1	基本资料	(5)
3.2	设计原则	(5)
3.3	承台选型和桩位布置	(7)
3.4	单桩竖向力的计算	(9)
3.5	材料等级	(10)
4	承载力极限状态计算	(11)
4.1	正截面受弯承载力计算	(11)
4.2	受冲切承载力计算	(15)
4.3	斜截面受剪承载力计算	(24)
4.4	局部受压承载力计算	(30)
5	构造规定	(34)
5.1	承台尺寸	(34)
5.2	配筋构造	(36)
5.3	柱与承台的连接	(40)
5.4	桩与承台的连接	(41)
5.5	承台与承台的连接	(41)
附录 A	本规程用词说明	(42)
附加说明		(43)

1 总 则

1.0.1 为在钢筋混凝土承台结构设计中做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业与民用建筑及构筑物中钢筋混凝土承台结构的设计。

1.0.3 本规程系根据国家标准《建筑结构设计统一标准》**GBJ68** 的基本原则制定,符号、计量单位和基本术语系按照国家标准《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》**GBJ83** 的规定采用。

1.0.4 按本规程设计承台时,荷载和地震作用效应的计算应符合国家标准《建筑结构荷载规范》**GBJ9** 和《建筑抗震设计规范》**GBJ11** 的规定;材料强度指标和截面配筋计算应按国家标准《混凝土结构设计规范》**GBJ10** 的规定执行;桩数及其承载力应根据行业标准《建筑桩基技术规范》**JGJ94** 计算确定;本规程未作规定的其它内容,尚应符合现行的有关标准、规范的规定。

2 符 号

2.1 材料性能

- f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；
 f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；
 f_y ——纵向钢筋或弯起钢筋的抗拉强度设计值；
 f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值。

2.2 作用与作用效应

- F ——作用于承台顶面的竖向力设计值；
 F_1 ——局部荷载设计值、作用于冲切破坏锥体上的冲切力设计值；
 M_x 、 M_y ——作用于承台底面以上的外荷载对通过桩群形心的 X 轴和 Y 轴的力矩设计值、垂直于 Y 轴和 X 轴方向计算截面处的弯矩设计值；
 N_i ——第 i 根桩的单桩竖向力设计值、在计算截面一侧的单桩竖向力设计值；
 S ——承台的荷载效应基本组合的内力设计值；
 S_E ——承台的地震作用效应和其它荷载效应基本组合的内力设计值；

2.3 几何参数

- A_b ——局部受压时的计算底面积；
 A_1 ——混凝土局部受压面积；

- A_s ——计算宽度范围内的纵向受拉钢筋截面面积；
 A_{sb} ——配置在同一弯起平面内弯起钢筋的截面面积；
 A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积；
 a ——剪跨、冲跨；
 x_i, y_i ——第 i 根桩至通过桩群形心的 Y 轴和 X 轴的距离、垂直于 Y 轴和 X 轴方向自桩中心至橡胶应计算截面的距离；
 α_s ——弯起钢筋的中心线与其在水平面上投影的夹角。

2.4 计算系数

- α ——冲切承载力系数；
 β ——局部受压时的强度提高系数、剪切承载力系数；
 γ_0 ——建筑桩基重要性系数；
 γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；
 λ ——剪跨比、冲跨比。

3 基本规定

3.1 基本资料

3.1.1 承台设计应具备以下资料:

- (1)上部结构的类型,结构平面图及剖面图;
- (2)传至承台顶面的荷载形式、大小和作用位置;
- (3)桩的类型、截面尺寸和单桩竖向承载力设计值;
- (4)岩土工程勘察报告;
- (5)附近地下管线的埋设情况和地下构筑物的设置情况;
- (6)上部结构的安全等级;
- (7)抗震设防烈度、结构的抗震等级;
- (8)施工机械进出场和运行条件。

3.2 设计原则

3.2.1 本规程采用以概率理论为基础的极限状态设计法,以可靠指标度量承台的可靠度,采用以分项系数表达的极限状态设计表达式进行计算。

3.2.2 钢筋混凝土承台的非抗震设计,应按下列公式进行承载能力极限状态计算:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.2.2)$$

式中 γ_0 ——建筑桩基重要性系数,根据建筑桩基的安全等级,按表 3.2.2 采用;对于柱下为单桩的承台,应对表中系数增加 0.1;

S ——承台的荷载效应基本组合的内力设计值;

R ——承台的承载力设计值。

表 3.2.2 建筑桩基安全等级和重要性系数 γ_0

安全等级	破坏后果	建 筑 物 类 型	γ_0
一级	很严重	重要的工业与民用建筑物;对桩基变形有特殊要求的工业建筑物	1.1
二级	严重	一般的工业与民用建筑物	1.0
三级	不严重	次要的建筑物	0.9

3.2.3 抗震设计时,应按《建筑抗震设计规范》GBJ11 的规定对承台进行截面抗震验算,应采用下列设计表达式:

$$S_E \leq \frac{R}{\gamma_{RE}} \quad 83.2.3)$$

式中 γ_{RE} ——承载力抗震调整系数,应按表 3.2.3 采用;当仅考虑竖向地震作用时,均可采用 1.0。

S_E ——承台的地震作用效应和其它荷载效应基本组合的内力设计值,按《建筑抗震设计规范》GBJ11 的规定进行计算。

注:本规程仅按非抗震设计给出承载能力极限状态设计表达式;对于抗震设计,应符合本条的规定。

表 3.2.3 承台承载力抗震调整系数 γ_{RE}

弯 曲	冲切、剪切	局部受压
0.75	0.85	1.0

3.2.4 承台的正常使用极限状态可不验算;当有特殊要求时,可按有关规范执行。

3.2.5 沉桩完毕后,如实际的桩位与设计要求偏差较大时,应根据实际情况对承台的承载力重新计算。

3.3 承台选型和桩位布置

3.3.1 承台的埋置深度,应按下列条件综合确定:

- (1)建筑物的用途,有无地下室、设备基础和地下设施;
- (2)承台的厚度;
- (3)工程地质和水文地质条件;
- (4)相邻建筑物的基础埋深;
- (5)地基土冻胀的影响。

在满足各种要求的前提下,承台宜浅埋,承台埋深不应小于 600mm;承台顶面低于室外地面不应小于 100mm。

在季节性冻土及膨胀土地区的承台埋深及处理措施应符合国家标准《建筑地基基础设计规范》GBJ7 和《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ112 的规定。

3.3.2 高层建筑承台的埋置深度必须满足地基变形和稳定的要求,以减少建筑的整体倾斜,防止倾覆及滑移。埋置深度应根据建筑场地类别、抗震设防烈度、地基土质等因素确定,可取建筑物高度的 1/15~1/18,桩的长度不计在埋置深度内,抗震设防烈度为 6 度或非抗震设计的房屋,埋深可适当减小。

注:承台埋置深度一般从室外地面算起,如果地下室周围无可靠侧限时,应从具有侧限的地面算起。

3.3.3 承台的型式可根据上部结构类型、荷载形式、大小和单桩竖向承载力设计值进行选择:

3.3.3.1 独立承台:

独立承台宜采用等厚板,也可采用变厚度锥形或台阶形板;其平面形式可为方形、矩形、等腰三角形、圆形和正多边形等。对大直径桩,可采用一柱一桩布置,按连接柱、连系梁的构造要求将连系梁高度范围内桩的圆形截面改变成方形截面即可。

3.3.3.2 条形和交叉条形承台。

3.3.3.3 筏形和箱形承台：

筏形承台可分为平板式和梁板式两种，当地下室使用要求大开间时，可选用筏形承台。

3.3.4 桩的布置应符合下列要求：

3.3.4.1 桩的最小中心距应符合《建筑桩基技术规范》JGJ94的规定。

3.3.4.2 承台边缘至桩中心的最小距离 $S_{c,min}$ 和桩边缘承台挑出部分的最小尺寸 $S_{e,min}$ (图 3.3.4)应符合表 3.3.4 的规定。

表 3.3.4 承台与桩的关系尺寸

承 台 类 型		$S_{c,min}$	$S_{e,min}$
条 形 承 台		$0.5d_p + 75mm$	$75mm$
其它承台	$d_p \leq 300mm$	$0.5d_p + 150mm$	$150mm$
	$300mm < d_p \leq 600mm$	d_p	$0.5d_p$
	$d_p > 600mm$	$0.5d_p + 300mm$	$300mm$

注： d_p 为桩的直径或边长。

3.3.4.3 布桩时，宜使桩群承载力合力点与长期荷载重心重合，并使桩基在受水平力和力矩较大方向有较大的截面模量。

3.3.4.4 对柱下条形承台及交叉条形承台，桩宜布置在柱附近；墙下条形承台及交叉条形承台，桩宜沿承台轴线均匀布置，且建筑物四角、墙体转角处、纵横墙相交处、沉降缝的两边均宜布桩，在首层门窗洞下不宜布桩。

3.3.4.5 箱形承台及筏形承台，当桩数较少时，宜按下列方式布桩：

- (1)对箱形承台或墙下筏形承台，宜将桩布置在墙下；
- (2)对柱下筏形承台，宜将桩布置在柱下或附近；梁板式筏形

承台,宜将桩布置在梁下。

3.3.4.6 箱形承台及筏形承台,当需要布置的桩数较多,又不能采用承载力更高的桩时,可采用满堂布桩。

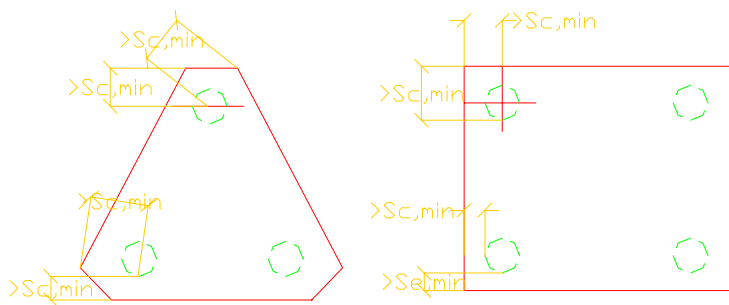


图 3.3.4 承台边缘至桩中心的最小距离和
桩边缘承台挑出部分的最小尺寸

3.4 单桩竖向力的计算

3.4.1 承台下各桩的竖向力设计值应根据承台的型式、桩端持力层的土质、上部结构的类型以及传至承台顶面的荷载形式和大小,采用合理的计算方法确定。

3.4.2 柱下独立承台的单桩竖向力设计值可按下列公式计算(图 3.4.2):

$$N_i = \frac{F+G}{n} \pm \frac{M_x y_i}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_y x_i}{\sum x_i^2} \quad (3.4.2)$$

式中 N_i ——第 i 根桩的单桩竖向力设计值;
 n ——承台下总桩数;
 F ——作用于承台顶面的竖向力设计值;

G ——承台自重和承台上土自重设计值；

M_x 、 M_y ——作用于承台底面以上的外荷载对通过桩群形心的
 X 和 Y 轴的力矩设计值；

x_i 、 y_i ——第 i 根桩至通过桩群形心的 Y 轴和 X 轴的距离。

注：①当 M_x 或 M_y 在第 i 根桩中引起的竖向力为压力时，在式(3.4.2)中的相应项前用“+”号；反之则用“-”号。

②对承台在边桩和角桩上的受冲切承载力计算和两桩承台的受剪承载力计算，应将按式(3.4.2)算得的相应桩的竖向力设计值乘以系数 1.1。

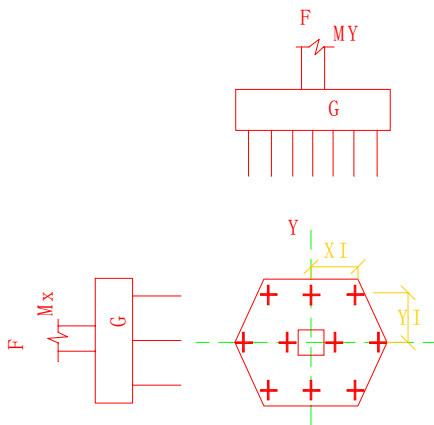


图 3.4.2 柱下独立承台的单桩竖向力计算

3.5 材料等级

3.5.1 当承台纵向受力钢筋采用 I 级钢筋时，混凝土强度等级不得低于 C15；当承台纵向受力钢筋采用 II、III 级钢筋时，混凝土强度等级不应低于 C20。

3.5.2 承台垫层混凝土强度等级不应低于 C7.5。

4 承载能力极限状态计算

4.1 正截面受弯承载力计算

4.1.1 承台正截面受弯承载力应按下列公式计算：

$$\gamma_0 M \leq 0.9 f_y A_s h_0 \quad (4.1.1)$$

式中 M ——计算截面处的弯矩设计值，可按第 4.1.2 条至第 4.1.5 条的规定计算；

f_y ——纵向钢筋的抗拉强度设计值；

A_s ——计算宽度范围内的纵向受拉钢筋截面面积；

h_0 ——计算截面处承台的有效高度。

4.1.2 柱下独立承台应按下列规定选取计算截面，并计算相应的弯矩设计值：

4.1.2.1 多桩矩形承台(图 4.1.2—1)弯矩计算截面取在柱边和承台变阶处；在计算截面处的弯矩设计值应按下列公式计算：

$$M_x = \sum N_i y_i \quad (4.1.2-1)$$

$$M_y = \sum N_i x_i \quad (4.1.2-2)$$

式中 M_x 、 M_y ——垂直于 Y 轴和 X 轴方向计算截面处的弯矩设计值；

x_i 、 y_i ——垂直于 Y 轴和 X 轴方向自桩中心至相应计算截面的距离；

N_i ——在计算截面一侧的单桩竖向力设计值。

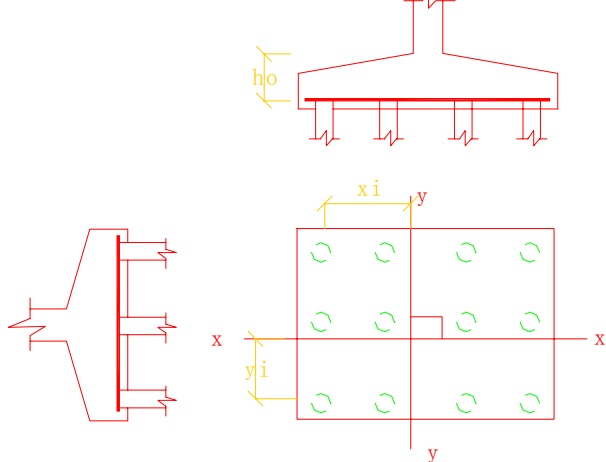


图 4.1.2-1 矩形承台弯矩计算截面

4.1.2.2 三桩三角形承台弯矩计算截面取在柱边(图 4.1.2-2),其弯矩设计值应按式(4.1.2-1)、(4.1.2-2)计算。

当按三向板带布筋时(图 4.1.2-3),应根据主筋方向角对钢筋截面面积作如下的换算:

$$A_{sxo} = \frac{A_{sx}}{\sin \alpha} \quad (4.1.2-3)$$

$$A_{syo} = A_{sy} - \frac{A_{sx}}{2 \tan \alpha} \quad (4.1.2-4)$$

式中 A_{sx} 、 A_{sy} ——按第 4.1.1 条规定算得的垂直于 X 轴和 Y 轴的计算纵向受拉钢筋截面面积;

A_{sxo} ——平行于承台两腰布置的纵向受拉钢筋截面面积;

A_{syo} ——平行于承台底边布置的纵向受拉钢筋截面面积;

α ——承台平面腰与底边的夹角。

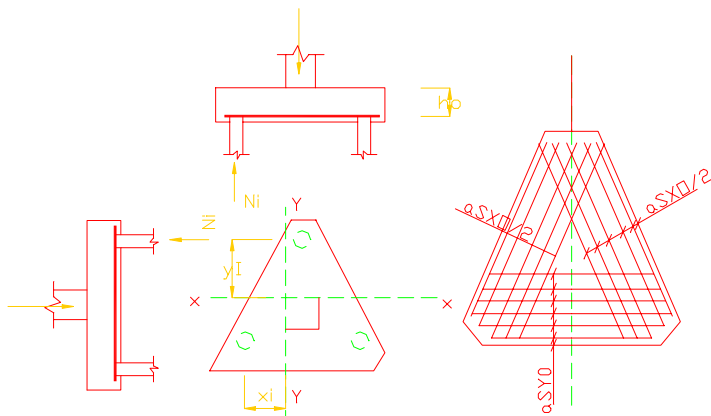


图 4.1.2—2 三桩三角形承台弯矩计算截面 图 4.1.2—3 三向板带布筋

4.1.2.3 对桩沿圆周均匀布置的圆形或正多边形柱下独立承台(4.1.2—4),当采用正交均匀配置的钢筋网片时,径向计算截面上的弯矩设计值可按下式计算:

$$M = N_{\max} \left(\frac{s}{4 \sin^2 \frac{\pi}{n}} - \frac{d_c}{8 \sin \frac{\pi}{n}} \right) \quad (4.1.2-5)$$

式中 M ——通过两相邻桩中间的径向截面在从承台中心至承台边缘的范围内的弯矩设计值;

$N_{\max}$ ——承台周边各根桩中的最大单桩竖向力设计值;

n ——沿圆周上布置的桩数($n \geq 5$);

s ——圆周上桩与桩的中心距离;

d_c ——圆柱的直径或方柱的边长。

纵向受拉钢筋的直径和间距可按式(4.1.1)的计算结果确定,正交钢筋网片中钢筋的直径和间距均按此配。

4.1.3 柱下条形承台的弯矩设计值,一般情况下应按弹性地基梁分析计算,地基计算模型应根据地基土层特性选取;当有可靠依据

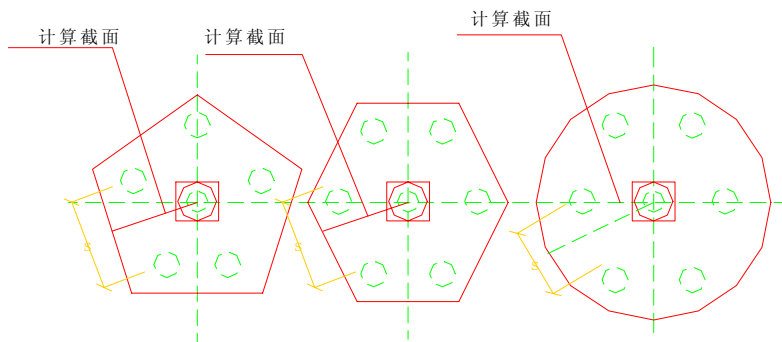


图 4.1.2—4 桩沿圆周均匀布置时承台的弯矩计算截面

时可按连续梁计算。

4.1.4 墙下条形承台可按《建筑桩基技术规范》JGJ94 中的倒置弹性地基梁法计算弯矩与剪力,并应验算桩顶以上部分砌体的局部承压强度。

4.1.5 箱形承台与筏形承台的弯矩设计值应按下列规定计算:

4.1.5.1 箱形承台与筏形承台的弯矩宜考虑地基土层性质、桩基的几何特征、承台和上部结构的型式与刚度,按地基——桩——承台——上部结构共同作用的原理分析计算。

4.1.5.2 对箱形承台,当桩端持力层为基岩、密实的碎石类土、砂土,且较均匀时,或当上部结构为剪力墙、12 层以上的框架、框架——剪力墙体系且承台的整体刚度较大时,箱形承台顶、底板的计算可仅考虑局部弯曲作用。

4.1.5.3 对筏形承台,当桩端持力层坚硬均匀、上部结构刚度较好,且柱荷载及柱间距的变化不超过 20% 时,可仅考虑局部弯曲作用按倒楼盖法计算;当桩端以下有中、高压缩性土、非均匀土层、上部结构刚度较差或柱荷载及柱间距变化较大时,应按弹性地基梁板进行计算。

4.2 受冲切承载力计算

4.2.1 柱下独立承台受柱冲切的承载力计算,应符合下列要求:

4.2.1.1 承台的冲切破坏锥体可按下列规定采用:

(1)冲切破坏锥体应采用自柱边至相应桩顶边缘连线构成的四棱截锥体,截锥体侧面坡角应不小于 45° ,当坡角小于 45° 时取 45° (图 4.2.1—1)。

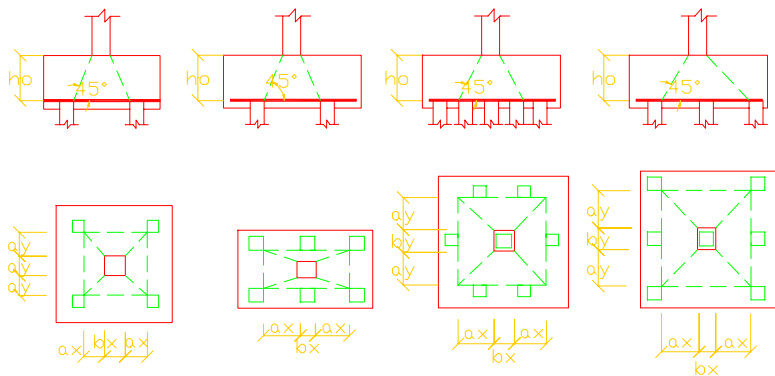


图 4.2.1—1 柱下冲切破坏锥体

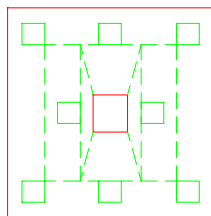
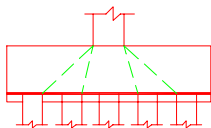
(2)当按本款(1)中规定可作出多个冲切破坏锥体时(图 4.2.1—2(a)),对每种情况均应进行受冲切承载力计算。

(3)对锥形承台(图 4.2.1—2(b)),冲切破坏锥体的取法与等厚度的承台相同。

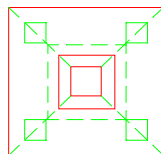
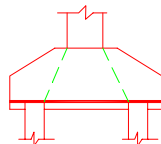
对台阶形承台(图 4.2.1—2(c)),尚应考虑承台变阶处至相应桩顶边缘连线所构成的冲切破坏锥体。

对双肢柱下的承台(图 4.2.1—2(d)),当有两个柱脚时,除应考虑在每个柱脚下的冲切破坏锥体外,尚应考虑在两个柱脚的公

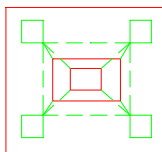
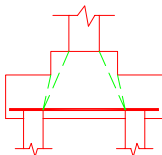
共周边下的冲切破坏情况。



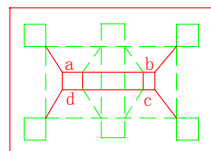
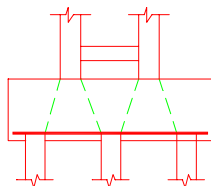
(a) 柱下可能的多个冲切破坏锥体



(b) 锥形承台冲切破坏锥体



(c) 台阶形承台冲切破坏锥体



图中 **abcd** 为两个柱脚的公共周边

(d) 双柱下承台的冲切破坏锥体

图 4.2.1—2 几种柱下冲切破坏锥体

4.2.1.2 对于桩数不少于 4 根的承台,可按下列公式计算承台

受冲切承载力:

$$\gamma_0 F_1 \leq 2[\alpha_x(b_y + a_y) + a_y(b_x + a_x)]f_t h_0 \quad (4.2.1-1)$$

式中 F_1 ——作用于冲切破坏锥体上的冲切力设计值;

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值;

h_0 ——承台冲切破坏锥体的有效高度;

b_x, b_y ——矩形截面柱或局部荷载作用面积的边长;

a_x, a_y ——冲跨, 冲切破坏锥体侧面顶边与底边间的水平距离;

α_x, α_y ——分别与冲跨比 λ_x, λ_y 对应的冲切承载力系数, 可按第 4.2.7.2 款的规定计算。

4.2.1.3 对三桩三角形承台(图 4.2.1-3), 可按下列公式计算受冲切承载力:

$$\gamma_0 F_1 \leq [\alpha_x 82b_y + a_{y1} + a_{y2}) + (a_{y1} + a_{y2})(b_x + a_x)]f_t h_0 \quad (4.2.1-2)$$

式中 a_x, a_{y1}, a_{y2} ——冲跨, 冲切破坏锥体侧面顶边与底边间的水平距离;

$\alpha_x, \alpha_{y1}, \alpha_{y2}$ ——分别与冲跨比 $\lambda_x, \lambda_{y1}, \lambda_{y2}$ 对应的冲切承载力系数, 可按第 4.2.7.2 款的规定计算。

注: 如冲切破坏锥体超出承台的边界, 计算方法不变。

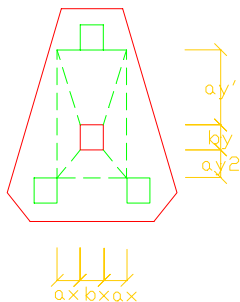


图 4.2.1-3 三桩三角形承台的柱下冲切破坏锥体

4.2.2 承台受墙冲切的承载力计算应符合下列规定：

4.2.2.1 冲切破坏锥体应采用自墙边和承台变阶处至相应桩顶边缘连线所构成的截锥体，截锥体侧面坡角应不小于 45° ，当坡角小于 45° 时取 45° (图 4.2.2)。

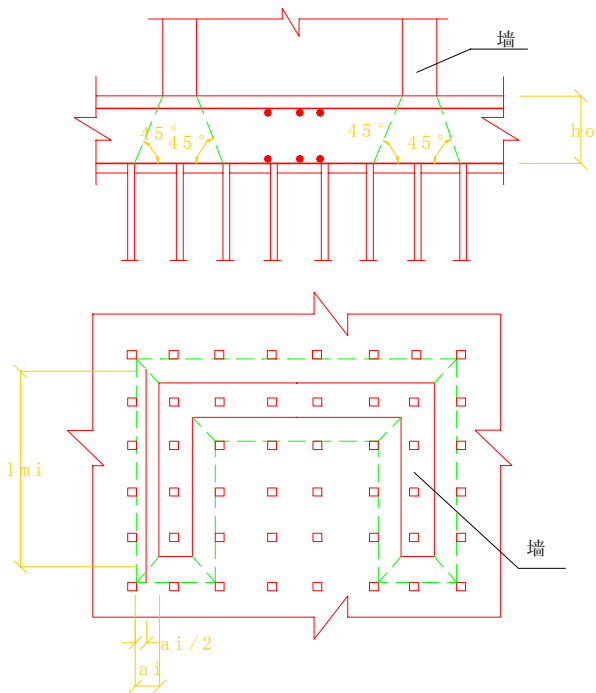


图 4.2.2 墙下承台的冲切破坏锥体

4.2.2.2 受冲切承载力可按下列公式计算：

$$\gamma_0 F_1 \leq \left(\sum_{i=1}^n a_i l_{mi} \right) f_t h_o \quad (4.2.2)$$

式中 l_{mi} ——冲切破坏锥体第 i 个侧面一半有效高度处的长度；

a_i ——冲跨,冲切破坏锥体第 i 个侧面顶边与底边间的水平距离;

α_i ——与冲跨比 λ_i 对应的冲切承载力系数,可按第 4.2.7.2 款的规定计算;

n ——截锥体的侧面数。

4.2.3 对筒体下的筏形承台,可将整个筒体视为柱,其冲切破坏锥体的取法与第 4.2.1.1 款同,并按式(4.2.1-1)计算承台受筒体冲切的承载力(图 4.2.3)

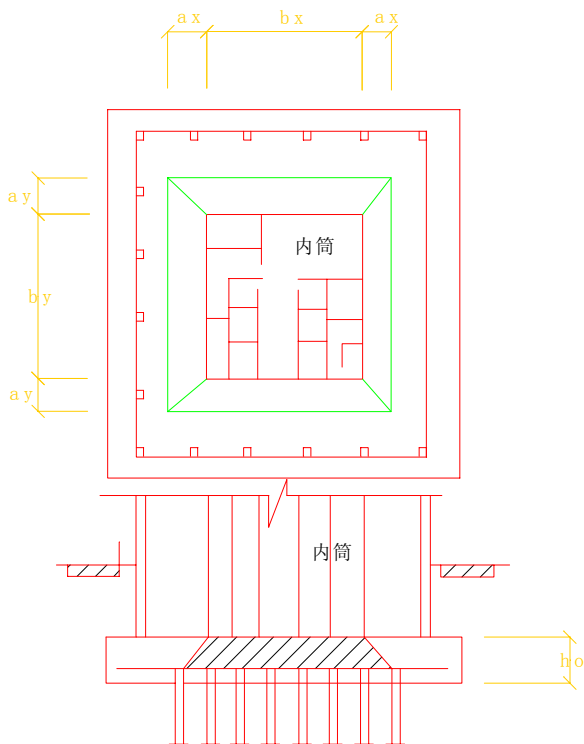


图 4.2.3 内筒下承台的冲切破坏锥体

4.2.4 对柱下平板式筏形承台,其冲切破坏锥体的取法与第 4.2.1.1 款对柱下独立承台的取法相同;承台受柱冲切的承载力可根据布桩情况分别按式(4.2.1-1)、(4.2.1-2)计算。

4.2.5 对位于柱(墙)冲切破坏锥体以外的桩,可按下列规定计算承台受桩冲切的承载力:

4.2.5.1 矩形承台受角桩冲切的承载力可按下列公式计算(图 4.2.5-1):

$$\gamma_0 N \leq [\alpha_x (b_y + \frac{a_y}{2}) + \alpha_y (b_x + \frac{a_x}{2})] f_t x_0 \quad (4.2.5-1)$$

式中 N ——单桩竖向力设计值;

h_0 ——承台外边缘的有效高度;

b_x 、 b_y ——承台边缘至桩内边缘的水平距离;

a_x 、 a_y ——冲跨,为桩边至相应柱边或承台变阶处的水平距离,当大于 h_0 时,取为 h_0 ;

α_x 、 α_y ——分别与冲跨 λ_x 、 λ_y 对应的冲切承载力系数,可按第 4.2.7.1 款的规定计算。

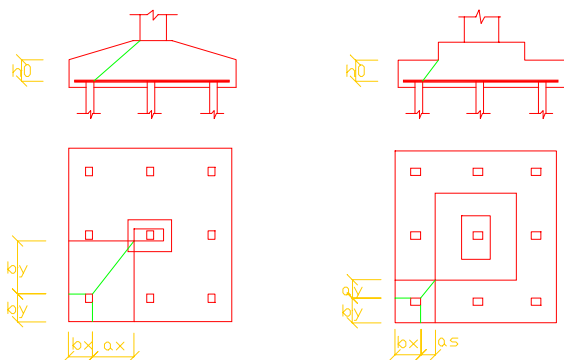


图 4.2.5-1 矩形承台在角桩上的冲切破坏锥体

4.2.5.2 非矩形承台受角桩冲切破坏(图 4.2.5—2),冲切破坏锥体侧面的交线始于桩顶边缘止于柱边或承台变阶处,其投影为承台平面两边夹角的平分线,受冲切承载力可按下列公式计算:

$$\gamma_0 N \leqslant \alpha(2c+a)tg \frac{\theta}{2} f_t h_0 \quad (4.2.5-2)$$

式中 θ ——承台平面两边的夹角;

x_0 ——承台外边缘的有效高度;

c ——承台平面两边交点至冲切破坏锥体侧面底边的水平距离;

α ——冲跨,冲切破坏锥体侧面顶边与底边间的水平距离,当大于 h_0 时,取为 h_0 ;

a ——对应于冲跨比 λ 的冲切承载力系数,可按第 4.2.7.1 款的规定计算。

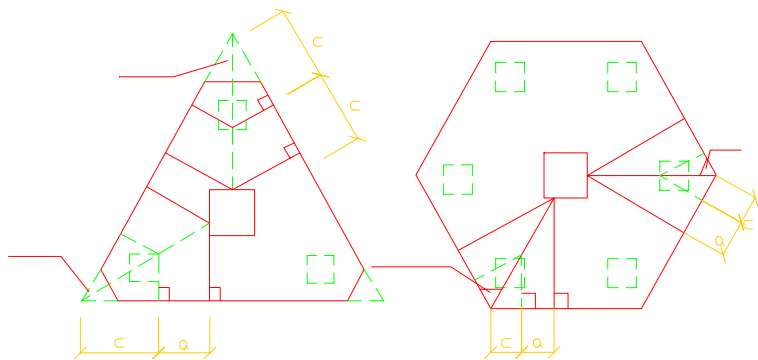


图 4.2.5—2 非矩形承台在角桩上的冲切破坏锥体

4.2.5.3 对边桩上的承台(图 4.2.5—3),当 $b_p + 2x_0 \leqslant b$ 时,可按式(4.2.5—3)计算受冲切承载力:

$$\gamma_0 N \leqslant [\alpha_x (b_p + h_0) + 0.4(2b_x + a_x)] f_t h_0 \quad (4.2.5-3)$$

式中 b_x ——承台边缘至桩内边缘的水平距离；
 b_p ——方桩的边长；
 h_o ——承台外边缘的有效高度；
 a_x ——冲跨，为桩边至相应柱边或承台变阶处的水平距离，当大于 h_o 时，取 x_o ；
 α_x ——对应于冲跨比 λ_x 的冲切承载力系数，可按第 4.2.7.1 款的规定计算。

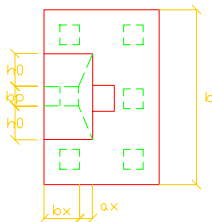


图 4.2.5-3 承台在边桩上的冲切破坏锥体

4.2.6 对于箱形与筏形承台，承台受内部桩冲切的承载力计算应符合下列要求(图 4.2.6)：

4.2.6.1 承台受单一桩冲切的承载力可按下列公式计算：

$$\gamma_o N \leq 2.4(b_p + x_o)f_t h_o \quad (4.2.6-1)$$

式中 x_o ——承台冲切破坏锥体的有效高度。

4.2.6.2 承台受桩群冲切的承载力可按下列公式计算：

$$\gamma_o \sum N_i \leq 2[\alpha_x(b_y + a_y) + a_y(b_x + a_x)]f_t h_o \quad (4.2.6-2)$$

式中 $\sum N_i$ —— $abcd$ 冲切破坏锥体范围内各桩竖向力设计值之和(可扣除上部承台及土自重)；

a_x, a_y ——冲跨，冲切破坏锥体侧面顶边和底边间的水平距离，截锥体侧面坡角应不小于 45° ，当坡角小于 45° 时，取 h_o ；

α_x, α_y ——分别对应于冲跨比 λ_x, λ_y 的冲切承载力系数, 按第 4.2.7.2 款的规定计算。

图 4.2.6 承台在单一桩和桩群上的冲切破坏锥体

4.2.7 当按 4.2.1 条至 4.2.6 条的规定计算承台的受冲切承载力时, 冲切承载力系数应按下列规定确定:

4.2.7.1 对承台在角桩和边桩上的受冲切承载力计算, 冲切承载力系数应按下列公式计算:

$$\alpha = \frac{0.48}{\lambda + 0.2} \quad (4.2.7-1)$$

式中 λ ——冲跨比, $\lambda = a/h$, 当小于 0.2, 取为 0.2;

a ——冲跨；

α ——冲切承载力系数。

4.2.7.2 除第 4.2.7.1 款中已规定的情况外,冲切承载力系数应按下列公式计算:

$$\alpha = \frac{0.72}{\lambda + 0.2} \quad (4.2.7-2)$$

4.2.8 计算承台受冲切及斜截面受剪承载力时,对圆形截面的桩或柱,应换算为方形截面,换算截面的边长取圆形截面直径的 0.8 倍。

4.3 斜截面受剪承载力计算

4.3.1 不配置箍筋及弯起钢筋的承台,其受剪承载力应符合下列要求:

$$\gamma_0 V \leq \beta f_c b h_0 \quad (4.3.1-1)$$

$$\text{当 } 1.4 \leq \lambda \leq 3.0 \text{ 时, } \beta = \frac{0.2}{\lambda + 1.5} \quad (4.3.1-2)$$

$$\text{当 } 0.3 \leq \lambda < 1.4 \text{ 时, } \beta = \frac{0.12}{\lambda + 0.3} \quad (4.3.1-3)$$

式中 V ——斜截面上的剪力设计值;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值;

b ——承台计算截面处的计算宽度,对等厚且等宽的承台,为承台的实际宽度;对其它承台,应按第 4.3.2 条的规定确定;

β ——剪切承载力系数;

λ ——剪跨比, $\lambda = a/x_0$; 当 $\lambda < 0.3$ 时,取为 0.3; 当 $\lambda > 3.0$ 时,取为 3.0;

a ——剪跨,剪切破坏面顶边与底边间的水平距离;

h_0 ——承台计算截面处的有效高度。

4.3.2 承台斜截面受剪承载力计算时,剪切破坏面可按下列规定

确定:

4.3.2.1 对两桩承台,剪切破坏面为通过柱边和桩边的斜截面(图 4.3.2—1)。

图 4.3.2—1 两桩承台的剪切破坏面

4.3.2.2 对多于两桩的矩形承台,应对两个方向均进行斜截面受剪承载力计算,剪切破坏面为通过柱边和相应桩边连线的斜截面(图 4.3.2—2)。

图 4.3.2—2 矩形承台的剪切破坏面

4.3.2.3 当根据第 4.3.2.1 款和第 4.3.2.2 款的规定,可在承台的同一方向作出多个剪切破坏面时,应分别对每个斜截面进行受剪承载力计算(图 4.3.2—3)。

图 4.3.2—3 柱外有多排桩时的剪切破坏面

4.3.2.4 对台阶形承台的受剪承载力计算,除应计算通过柱边和桩边连线的剪切破坏面外,尚应计算通过承台变阶处和桩边连线的剪切破坏面(图 4.3.2—4)。

对通过柱边的斜截面,其计算宽度可取为:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} b_i h_i + b_n h_{n0}}{h_0} \quad (4.3.2-1)$$

式中 n ——承台的总台阶数;
 b_i ——第 i 个台阶的宽度;

b_n ——最下面一个台阶的宽度；

h_i ——第 i 个台阶的高度；

h_{no} ——最下面一个台阶的有效高度；

h_o ——承台在柱边外的有效高度。

图 4.3.2—4 台阶形承台的剪切破坏面

4.3.2.5 计算锥形承台的受剪承载力时(图 4.3.2—5), 计算宽度可取为:

$$b = \frac{0.5(b_1 + b_2)h_1 + b_2h_{20}}{h_o} \quad (4.3.2-2)$$

式中 b_1 、 b_2 ——承台在顶边和底边处的宽度；

x_1 ——锥形承台斜锥面的高度；

h_{20} ——承台在边缘处的有效高度；

x_o ——承台在柱边处的有效高度。

图 4.3.2—5 锥形承台的剪切破坏面

4.3.3 当桩不沿一条直线排列时,可将承台沿宽度方向划分为若干板条(图 4.3.3),受剪承载力可按下列公式计算:

$$\gamma_0 V \leq \sum_{i=1}^n \beta_i f_c b_i h_0 \quad (4.3.3)$$

式中 V ——斜截面上的剪力设计值,取各板条斜截面同一侧各桩竖向力设计值之和;

a_i ——第 i 个板条的剪跨,为承台柱边至第 i 个板条相应桩边的水平距离;

b_i ——第 i 个板条的宽度;

β_i ——与第 i 个板条的剪跨比 $\lambda_i (\lambda_i = a_i / h_0)$ 相对应的剪切承载力系数,可按第 4.3.1 条的规定计算;

n ——沿宽度方向划分的板条数。

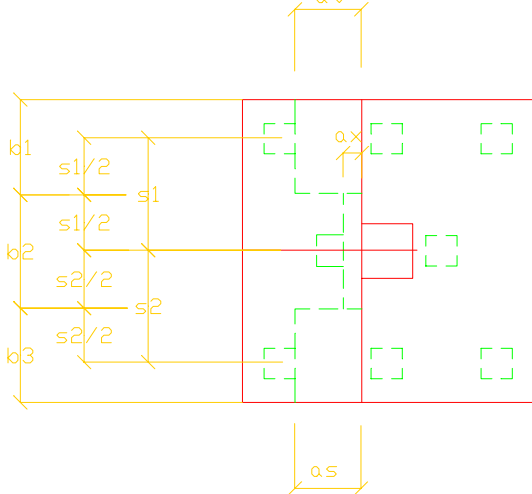


图 4.3.3 桩不沿一条直线排列时的承台剪切计算

4.3.4 平板式筏形承台应计算通过柱边缘处斜截面的受剪承载力,可根据承台中桩的布置情况,按第 4.3.2 条至第 4.3.3 条的规定确定剪切破坏面,并计算受剪承载力。

4.3.5 条形承台、梁板式筏形承台中梁肋的受剪截面应符合下列条件:

$$\gamma_0 V \leq 0.25 f_c b h_0 \quad (4.3.5)$$

式中 V ——剪力设计值;

b ——梁截面的宽度;

h_0 ——梁截面的有效高度。

4.3.6 当承台梁由集中荷载对支座截面或节点边缘产生的剪力值不大于总剪力设计值的 75% 时,其斜截面受剪承载力计算可按《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定执行;否则可按 4.3.7 条的规定计算。

4.3.7 当承台梁由集中荷载对支座截面或节点边缘产生的剪力值大于总剪力设计值的 75% 时,其斜截面受剪承载力可按下列规

定计算:

4.3.7.1 承台梁仅配有箍筋时:

$$\gamma_0 V \leq \beta f_c b x_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} \eta h_0 \quad (4.3.7-1)$$

$$\eta = \lambda - 0.4 \quad (4.3.7-2)$$

式中 η ——与剪跨比 λ 有关的系数, $\lambda = a/h_0$; 当 $\lambda < 0.4$, 取 $\eta = 0$; 当 $\lambda > 1.4$, 取 $\eta = 1.0$;

a ——剪跨, 计算截面(取桩边处)至支座截面或节点边缘的距离;

V ——承台梁斜截面上的最大剪力设计值;

f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值;

A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积;

s ——沿承台梁长度方向箍筋的间距;

β ——剪切承载力系数, 根据剪跨比 λ 由式 84.3.1-2) 或 (4.3.1-3) 求得。

4.3.7.2 承台梁同时配有箍筋和弯起钢筋时:

$$\gamma_0 V \leq \beta f_c b h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} \eta h_0 + 0.8 f_y A_{sb} \sin \alpha_s \quad (4.3.7-3)$$

式中 V ——在配置弯起钢筋处的剪力设计值, 按《混凝土结构设计规范》GBJ10 第 4.2.5 条规定采用;

f_y ——弯起钢筋的抗拉强度设计值;

A_{sb} ——配置在同一弯起平面内弯起钢筋的截面面积;

α_s ——弯起钢筋的中心线与其在水平面上投影的夹角。当 $\alpha < h_0$ 时, 不应考虑弯起钢筋对受剪承载力的贡献。

4.4 局部受压承载力计算

4.4.1 当柱或桩的混凝土强度等级高于承台的混凝土强度等级

5N/mm² 以上时,应验算承台在柱下或桩上的局部受压承载力。

4.4.2 承台的局部受压承载力应按下列公式计算:

$$\gamma_0 F_1 \leq 0.95 \beta f_c A_1 \quad (4.4.2-1)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{A_b}{A_1}} \quad (4.4.2-2)$$

式中 F_1 ——局部荷载设计值;

β ——局部受压时的强度提高系数;

A_1 ——混凝土局部受压面积;

A_b ——局部受压时的计算底面积,可按 4.4.3 条至 4.4.5 条的规定确定。

4.4.3 承台在柱下局部受压时的计算底面积(图 4.4.3)可按下列公式计算:

$$A_b = (b_x + 2c)(b_y + 2c) \quad (4.4.3)$$

式中 b_x, b_y ——局部受压面积的边长;

c ——局部受压面积的边至相应的计算底面积的边的距离,其值不应大于各柱的边至承台边的最小距离,且不大于局部受压面积的边长。

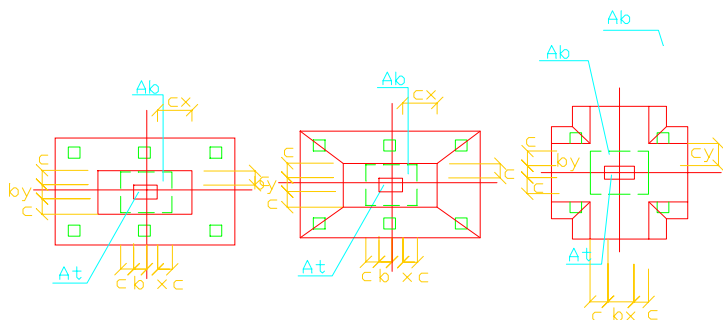


图 4.4.3 柱下承台局部受压计算底面积

4.4.4 承台在边桩上局部受压时的计算底面积(图 4.4.4)可按下式计算:

$$A_b = 2b_p(b_p + 2c) \quad (4.4.4)$$

式中 c ——桩的外边至承台边缘的距离;当 $c > b_p$ 时,取为 b_p 。

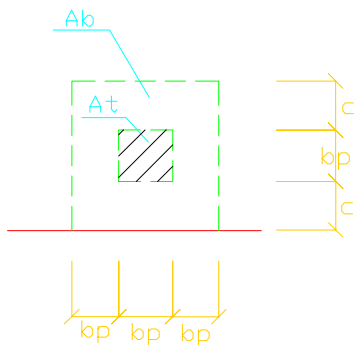


图 4.4.4 边桩上承台局部受压的计算底面积

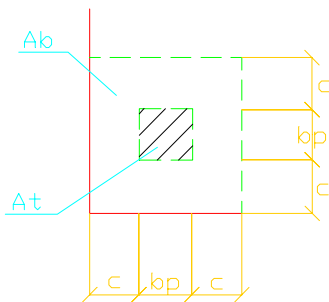


图 4.4.5-1 角桩上矩形承台局部受压的计算底面积

4.4.5 承台在角桩上局部受压时的计算底面积可按下列规定计算:

4.4.5.1 对矩形承台(图 4.4.5-1):

$$A_b = (b_p + 2c)^2 \quad (4.4.5-1)$$

4.4.5.2 对非矩形承台(图 4.4.5-2);

$$A_b = 2b_p s_c \quad (4.4.5-2)$$

式中 s_c ——承台边缘至桩中心的距离,当大于 $1.5b_p$ 时,取为 $1.5b_p$ 。

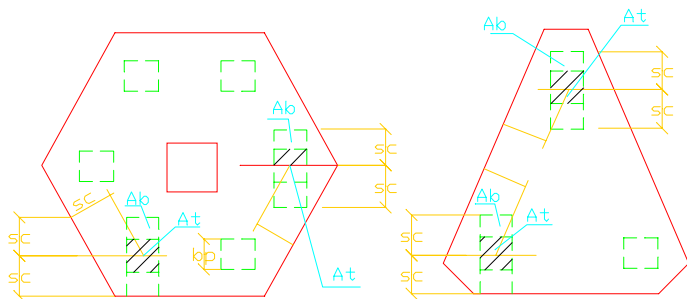


图 4.4.5—2 角桩上非矩形承台局部受压的计算底面积

4.4.6 对截面为圆形的柱或桩，应换算为截面积相等的方形截面，再按 4.4.2 条至 4.4.5 条的规定进行局部受压承载力计算。

5 构造规定

5.1 承台尺寸

5.1.1 承台的尺寸除应满足承载力计算、上部结构和桩位布置的需要外,尚应符合本章的规定。

5.1.2 承台的最小宽度不应小于 500mm 。

5.1.3 条形、交叉条形和柱下独立承台的厚度不应小于 300mm ;台阶形或锥形承台的边缘厚度不宜小于 300mm ;台阶形承台的每阶高度宜为 $300\sim 500\text{mm}$ 。

筏形、箱形承台板的厚度应满足整体刚度、施工条件及防水要求。对于桩布置于墙下或梁下的情况,承台板厚度不宜小于 250mm ,且板厚与计算区段最小跨度之比不宜小于 $1/20$ 。

5.1.4 锥形的独立承台、条形、交叉条形承台侧面的坡度不宜大于 $1:3$ 。当柱为现浇时,承台顶面柱边至承台边的距离不宜小于 50mm (图 5.1.4)。

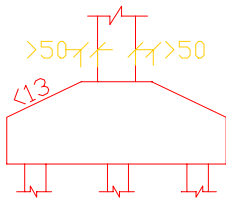


图 5.1.4 承台侧面的坡度

5.1.5 当预制柱的截面为矩形及工字形时,承台应采用单杯口形

式;当为双肢柱时,承台可采用双杯口或单杯口形式。杯形承台的尺寸应符合图 5.1.5 及以下各款的要求。

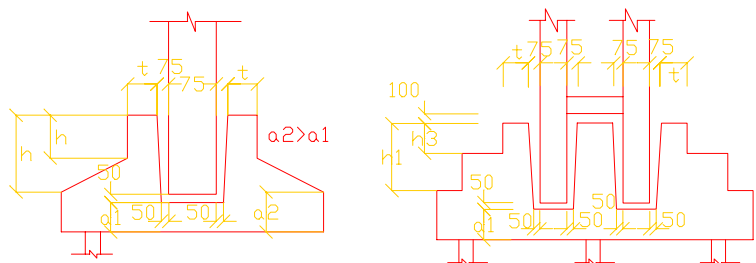


图 5.1.5 杯形承台的尺寸要求

5.1.5.1 杯口深度取为预制柱插入杯口的深度 h_1 加 50mm 。 h_1 除应满足表 5.1.5—1 的要求外,尚不应小于吊装时柱长的 0.05 倍,并应符合第 5.3.2、5.3.3 条关于柱纵向受力钢筋在承台内的最小锚固长度要求。

表 5.1.5—1 预制柱插入杯口的深度 $h_1(\text{mm})$

矩 形 柱 或 工 字 形 柱				双 肢 柱
$h_c < 500$	$500 \leq h_c < 800$	$800 \leq h_c \leq 1000$	$h_c > 1000$	
$(1 \sim 1.2)h_c$	h_c	$0.9h_c$ 且 ≥ 800	$0.8h_c$ 且 ≥ 1000	$(1/3 \sim 2/3)h_a$ 或 $(1.5 \sim 1.8)h_b$

注:① h_c ——柱截面长边尺寸(mm); h_a ——双肢柱整个截面的长边尺寸;
 h_b ——双肢柱整个截面的短边尺寸。

- ②柱为轴心受压或小偏心受压时, h_1 可适当减小;偏心距大于 $2h_c$ 时, h_1 应适当增大。
- ③对双肢柱, $h_1 = (1/3 \sim 2/3)h_a$ 中,当柱安装采用缆绳固定时取下限值,否则取上限值。

5.1.5.2 杯底厚度 a_1 和杯口壁厚 t 可按表 5.1.5—2 采用。

表 5.1.5—2 承台杯口的杯底厚度 a_1 及杯口壁厚 $t(mm)$

柱截面长边尺寸 h_c	杯底厚度 a_1	杯口壁厚 t
$h_c < 500$	$\geq 150 + a$	150~200
$500 \leq h_c < 800$	$\geq 200 + a$	≥ 200
$800 \leq h_c < 1000$	$\geq 200 + a$	≥ 300
$1000 \leq h_c < 1500$	$\geq 250 + a$	≥ 350
$1500 \leq h_c < 2000$	$\geq 300 + a$	≥ 400

注：① a ——桩顶嵌入承台内的长度。

② 双肢柱的杯底厚度可适当加大。

③ 当有基础梁时，基础梁下的杯口壁厚，应满足其支承宽度的要求。

④ 柱插入杯口部分的表面应凿毛，柱与杯口之间的空隙应采用比承台混凝土强度等级高一级的细石混凝土充填密实，当达到材料设计强度的 70% 以上时，方可进行上部吊装。

5.1.6 承台混凝土垫层厚度不宜小于 100mm，每边伸出承台边缘的尺寸宜取 100mm。

5.2 配筋构造

5.2.1 柱下独立承台的受力钢筋应通长配置。钢筋直径不宜小于 10mm，间距不应大于 200mm，也不应小于 100mm。

5.2.2 对不同平面形式的独立承台，受力钢筋可按下列方式配置：

5.2.2.1 对矩形、多边形、圆形承台，可按双向正交均匀布置（图 5.2.2—1）。

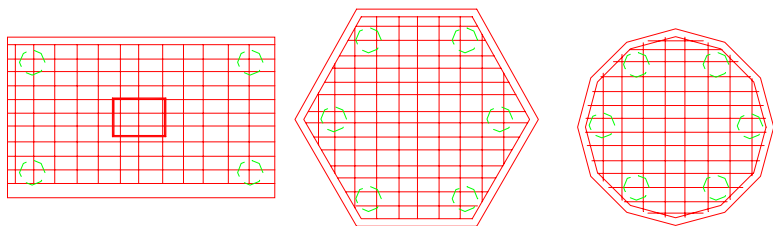


图 5.2.2—1 受力钢筋双向正交均匀布置

5.2.2.2 对三桩三角形承台,应按三向板带均匀布置,最里面三根钢筋相交围成的三角形应位于柱截面范围以内(图 5.2.2—2)。

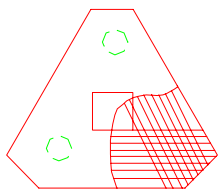


图 5.2.2—2 三桩三角形承台
三向板带布筋

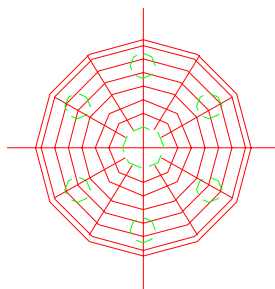


图 5.2.2—3 圆形承台径向和
环向布筋

5.2.2.3 对圆形或环形承台也可按径向和环向布置钢筋,径向钢筋宜布置在环向钢筋之上,最里面的环向钢筋应位于柱截面范围以内(图 5.2.2—3)。

5.2.3 承台梁的纵向受力钢筋直径不宜小于 12mm ,架立钢筋直径不宜小于 10mm ,箍筋直径不宜小于 8mm ,当梁宽 $b \leq 350\text{mm}$ 时,可采用两肢箍筋; $350\text{mm} < b \leq 800\text{mm}$ 时,可采用四肢箍筋; $b > 800\text{mm}$ 时,可采用六肢箍筋。箍筋间距不应大于 $15d$ (d 为梁纵

向受力钢筋的最小直径),也不应大于 500mm 。

当梁高大于 700mm 时,应在梁高中部两侧沿梁高每 $300\sim 400\text{mm}$ 配置不小于 $\phi 14$ 的纵向构造钢筋。

5.2.4 当条形承台沿纵向布置的桩多于一排时,承台的翼板内必需配置横向钢筋,除应满足受弯承载力的要求外,其直径尚不应小于 10mm ,间距不应大于 200mm ;纵向分布钢筋的直径可采用 $8\sim 12\text{mm}$,间距不应大于 250mm 。

5.2.5 筏形承台板当仅考虑局部弯曲作用按倒楼盖法计算内力时,考虑到整体弯曲的影响,在纵横两个方向的支座钢筋尚应有 $1/2\sim 1/3$ 且配筋率不小于 0.15% ,贯通全跨配置;跨中钢筋应按计算配筋率全部连通。

对梁板式筏形承台,板的分布构造钢筋直径不宜小于 $\phi 10$,间距可采用 $150\sim 200\text{mm}$ 。

5.2.6 对有抗震要求的平板式筏形承台,柱下板带在柱宽及其两侧各 0.5 倍板厚的有效宽度范围内的配筋不宜少于柱下板带配筋的一半。

5.2.7 箱形承台顶、底板的配筋,应综合考虑承受整体弯曲钢筋的配置部位,以充分发挥各截面钢筋的作用;当仅按局部弯曲作用计算内力时,考虑到整体弯曲的影响,钢筋配置量除符合局部弯曲计算要求外,纵横两方向支座钢筋尚应有 $1/2\sim 1/3$ 且配筋率分别不小于 0.15% 、 0.10% 贯通全跨配置,跨中钢筋应按实际配筋率全部连通。

5.2.8 杯形承台中的杯口配筋应符合下列规定:

5.2.8.1 当柱为轴心受压或小偏心受压且 $t/x_2 \geq 0.75$,或大偏心受压且 $t/h_2 \geq 0.65$ 时,杯壁可不配筋。当柱为轴心受压或小偏心受压,且 $0.5 \leq t/h_2 < 0.65$ 时,杯壁可按表 5.2.8 和图 5.2.8—1 的要求构造配筋;其它情况下,应按计算配筋。

表 5.2.8 杯口顶层钢筋网配筋

柱截面长边尺寸 $h_c(mm)$	$h_c < 1000$	$1000 \leq h_c < 1500$	$1500 \leq h_c \leq 2000$
钢筋 直径 (mm)	8~10	10~12	12~16

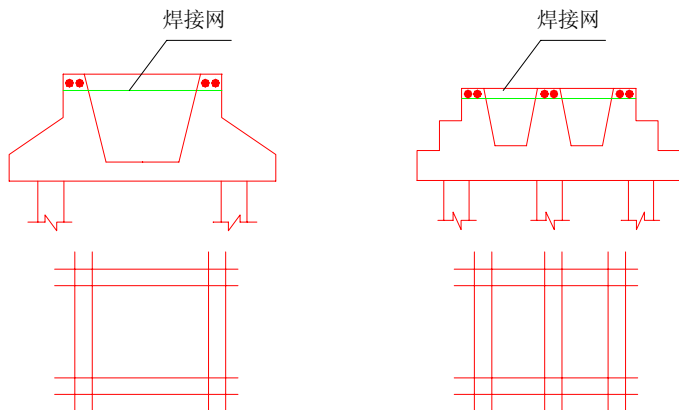


图 5.2.8—1 杯口顶层钢筋网配置

5.2.8.2 对双杯口承台,当两个杯口之间的宽度小于 $400mm$ 时,该处宜按图 5.2.8—2 的要求配筋。

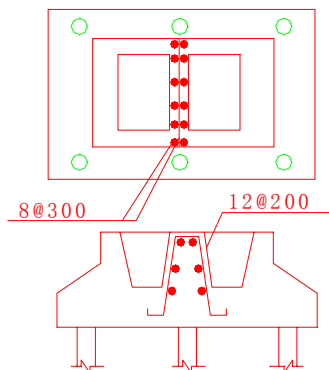


图 5.2.8—2 两个杯口之间的杯壁内配筋

5.2.9 承台中纵向受力钢筋、箍筋的配置应符合《混凝土结构设计规范》GBJ10 中最大配筋率、最小配筋率的规定。

5.2.10 承台中纵向受力钢筋宜采用变形钢筋。

5.2.11 承台中纵向受力钢筋的保护层厚度不宜小于 $35mm$ 。

5.2.12 纵向受力钢筋伸出边桩中心或中心连线的支座锚固长度 l_{as} 应符合下列要求：对变形钢筋， $l_{as} \geq 12d$ ；对光面钢筋， $l_{as} \geq 15d$ (d 为纵向受力钢筋直径)。

5.3 柱与承台的连接

5.3.1 当柱纵向受力钢筋在承台内的保护层厚度小于 5 倍纵向受力钢筋的最大直径时，基最小锚固长度 L_a 或 L_{aE} 应按《混凝土结构设计规范》GBJ10 的规定取值。

5.3.2 当柱纵向受力钢筋在承台内的保护层厚度不小于 5 倍纵向受力钢筋的最大直径时，其最小锚固长度应符合下列规定：

5.3.2.1 无抗震要求的柱，其纵向受力钢筋在承台内的最小锚固长度 l_{af} 可取 $0.7l_a$ 。

5.3.2.2 考虑抗震要求的柱，其纵向受力钢筋在承台内的最小锚固长度 l_{aE} 应按下列公式计算：

$$l_{aE} = l_{af} + \Delta l_a \quad (5.3.2)$$

式中 Δl_a ——附加锚固长度：一、二级抗震等级取 $5d$ (d 为纵向受力钢筋直径)；三、四级抗震等级可不考虑。

5.3.2.3 根据混凝土强度等级确定钢筋锚固长度时，对现浇柱，取承台的混凝土强度等级；对插入杯口内的预制柱，可取柱的混凝土强度等级。

5.3.3 一、二级抗震等级的柱，纵向受力钢筋锚入承台内的锚固长度除符合第 5.3.1 条和第 5.3.2 条的规定外，其竖直段长度尚不应小于 $20d$ ；其他情况，尚不应小于 $15d$ 。

5.4 桩与承台的连接

5.4.1 桩顶嵌入承台内的长度,对 $250\text{mm} < d_p < 800\text{mm}$ 的桩,不宜小于 50mm ;对 $d_p \geq 800\text{mm}$ 的桩,不宜小于 100mm ;且桩不得从承台底部受力钢筋网片内穿过。

5.4.2 混凝土桩的桩顶主筋应伸入承台内,其锚固长度不宜小于 30 倍主筋直径,对于抗拔桩基不应小于 40 倍主筋直径。预应力混凝土桩可采用钢筋与桩头钢板焊接的连接方法。钢桩可在桩头加焊锅型钢板或钢板的连接方法。

5.5 承台与承台的连接

5.5.1 柱下单桩承台宜在桩顶两个互相垂直的方向上设置连系梁。当桩与柱的截面面积之比大于 2,且柱底剪力和弯矩较小时可不设连系梁。

5.5.2 两桩承台宜在其短向设置连系梁,单排桩的条形承台宜在其短向按一定的间距设置连系梁;当短向的柱底剪力较小时可不设连系梁。

5.5.3 有抗震要求的柱下独立承台,纵横方向宜设置连系梁。

5.5.4 连系梁顶面宜与承台顶位于同一标高。连系梁宽度不宜小于 200mm ,其高度可取承台中心距的 $1/10 \sim 1/15$ 。

5.5.5 连系梁配筋应根据计算确定,且不宜小于 $4\phi 12$ 。

附录 A 本规程用词说明

A.0.1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。
- 2 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。
- 3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”或“可”;反面词采用“不宜”。

A.0.2 条文中指明必须按其它标准、规范执行的写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

附加说明

本规程主编单位、参加单位 和主要起草人名单

主编单位：同济大学

参编单位：中国轻工业北京设计院

冶金部北京钢铁设计研究总院

北京铁路局北京勘测设计院

深圳市工程质量监督检验总站

主要起草人：蒋大骅 周克荣 李子新 陈 健 沙志国

顾怡荪 赵慰生 丁祖堪