

不可忽视的基础顶面配筋（矩形独立基础）

马岩锋

华光环保能源（西安）设计研究院有限公司 陕西 西安 710032

摘要：纵观《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011、《建筑抗震设计规范》GB50011-2010（2016年版）第4.2节：天然地基和基础、《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003-2021，规范未对独立基础顶面配筋做出清晰明确的规定。在实际工作中也发现不少设计人员在某些特定条件下亦不在独立基础顶面配置纵向受拉钢筋，不符合结构原理，产生了安全隐患。本文对独立基础在特定条件下配置顶面钢筋的原因及方法进行论述，并通过实际工程进行示例，最后提出结论意见。望能为同行提供参考，并接受批评指正。

关键词：矩形独立基础；特定条件；顶面配筋

1 概述

现行《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011、《建筑抗震设计规范》GB50011-2010（2016年版）第4.2节：天然地基和基础、《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003-2021均未对独立基础顶面配筋做出清晰明确的规定。（下文对上述三个规范简称《地基基础》、《抗规》、《地基通规》）

《地基基础》8.2.7-3条（或《地基通规》6.2.1-3）：“基础底板的配筋，应按抗弯计算确定”，这一条文是最有可能与独立基础顶面配筋相关的条文，然而《地基基础》再无明确条文可指导规范独立基础在特定条件下的顶面配筋问题，尤其：《地基基础》8.2.11条是针对基础底面抗弯弯矩的计算方法，8.2.13是讲独立基础底面纵筋的排布原则，图8.2.1-1、图8.2.3、图U.0.1、图U.0.2所示独立基础均只有基础底面钢筋。这样似乎给许多设计人员造成一个固有认识：即独立基础不需要在顶面配置抗弯钢筋。很显然这样的认识在一些特定条件下，诸如抗拔、承受较大弯矩、承受较大偏心荷载、地震或风荷载产生倾覆力矩使顶部受拉、外部设备或管道推力产生倾覆力矩使顶部受拉、抗震设计需要提高基础延性、复杂多变荷载可能导致顶面受弯等特定条件时不符合结构原理，这时在独立基础顶面不配置钢筋就形成了安全隐患。

本文对独立基础在特定条件下配置顶面钢筋的原因、必要性及配筋方法进行论述，并通过实际工程进行示例，最后提出结论意见。

2 独立基础顶面配筋的原因

当基础受到向上的拔力时，基础自重和基础上的土重发挥了作用，此时在基础顶面产生了弯矩，也就是基础顶面受拉，此时需要在基础顶面配置相应的受拉钢筋。

当基础受到较大的弯矩或较大的偏心荷载作用时，这时候基础可能会产生倾覆的趋势，使得某一侧的顶部受拉，这时候需要在基础顶面配置相应的受拉钢筋。

在高地震烈度区，为提高结构延性和整体性，在独立基础顶部配筋可增强抗弯能力，可防止基础脆性破坏。

当独立基础厚度较大时（如厚度大于1m），可能因收缩或温度变化产生裂缝，在基础顶面构造配筋可控制裂缝发展。

3 工程实例说明顶部配筋的必要性

3.1 实例一：某光伏柔性高支架的独立基础

（1）工程概况

某山地光伏发电项目采用柔性钢结构支架，支架钢立柱柱网间距为17.00m×5.00m，在5m跨方向上柱顶为连续钢梁，在17.00m跨方向上采用的是钢绞线柔性拉索。中柱基础采用了矩形独立基础，基础边长1200mm×1200mm，基础厚度300mm，基础埋深-1.200m，无地下水。

（2）独立基础短柱顶（钢柱底）荷载

采用SAP2000对柔性钢结构支架进行了建模分析，提取出中柱柱底（0.200m处）内力如下表所示，可见基础出现了上拔力。

柱位	荷载类别	柱底内力标准值（kN）
中立柱	抗压	79.86 ↓
	抗拔	44.29 ↑

注：柱底内力是受风荷载控制的组合。

（3）基础配筋示意

独立基础承受了向上的拔力，基础自重及覆土重发挥了抗拔作用，基础顶面由弯矩产生了拉力，因此在基础顶面配置了钢筋。（此独立基础上拔承载力参考了《架空输电线路基础设计规程》5.2.2条方法进行计算，并在现场做了抗拔试验。）

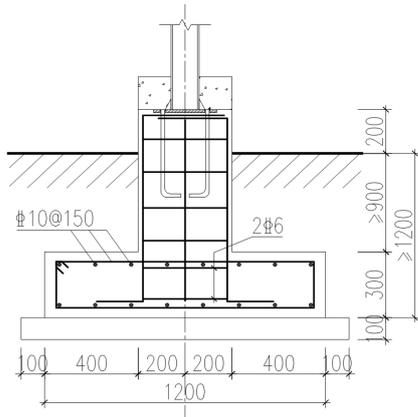


图1 柔性钢结构支架中柱独立基础配筋示意

3.2 实例二：某独立避雷针的独立基础

(1) 工程概况

某变电站高度30m钢管独立避雷针，采用矩形独立基础，基础边长2800mm×2800mm，基础厚度600mm，基础埋深-2.200m，无地下水，针杆钢管型号分别为：

针杆高度范围	针杆钢管型号
28.000m~30.000m	Φ60x4
26.000m~28.000m	Φ83x4
24.000m~26.000m	Φ152x4
18.000m~24.000m	Φ235/Φ160x6
12.000m~18.000m	Φ310/Φ235x8
6.000m~12.000m	Φ385/Φ310x10
0.000m~6.000m	Φ460/Φ385x12

(2) 独立基础短柱顶（针杆柱底）荷载

对针杆进行计算后，针杆柱底（0.300m处）荷载值如下表所示，可见基础出现了较大弯矩。

针杆重力标准值（kN）	19.0
“风”作用下截面水平荷载标准值 V_x （kN）	7.6
“风”作用下截面弯矩标准值 M_x （kN·m）	104.8

注：柱底内力是受风荷载控制的组合。

(3) 基础配筋示意

独立基础承受了较大倾覆力矩，基础自重及覆土重发挥了抗倾覆作用，基础顶面由弯矩产生了拉力，因此在基础顶面配置了钢筋。

3.3 实例三：某悬臂式防火墙的独立基础

(1) 工程概况

某变电站两台主变之间的防火墙，采用“悬臂单榀钢筋混凝土框架+填充墙”的结构型式，墙长10.400m，地面以上墙高7.500m，基本风压为0.45kN/m²。采用矩形独立基础，柱截面为350mm×750mm，基础边长2900mm×2900mm，基础厚度500mm，基础埋深-1.600m，无地下水。

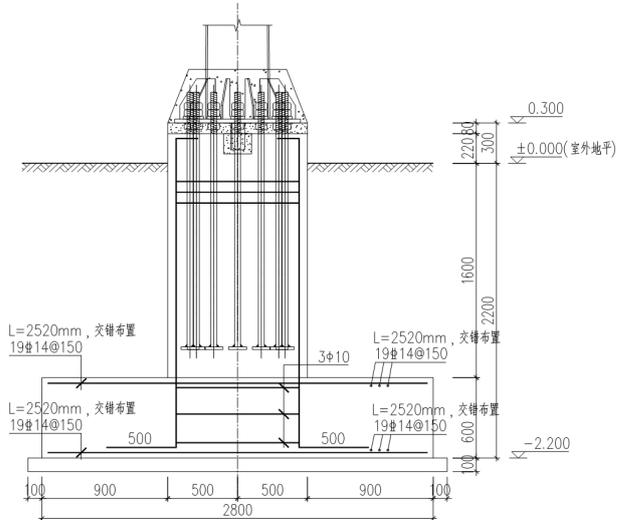


图2 30m独立避雷针独立基础配筋示意

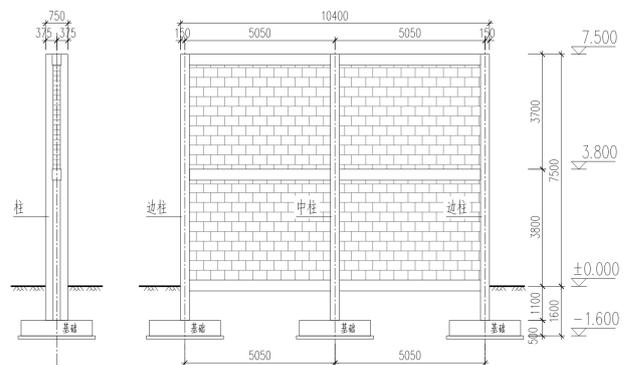


图3 防火墙立面图

(2) 防火墙悬臂柱底荷载

中柱所受风荷载最大，估选取中柱进行计算说明，柱底（±0.000m处）荷载如下：

墙体重力标准值（kN）	222.81
“风”作用下柱底水平荷载标准值 V_x （kN）	22.26
“风”作用下柱底弯矩标准值 M_x （kN·m）	83.1

(3) 基础配筋示意

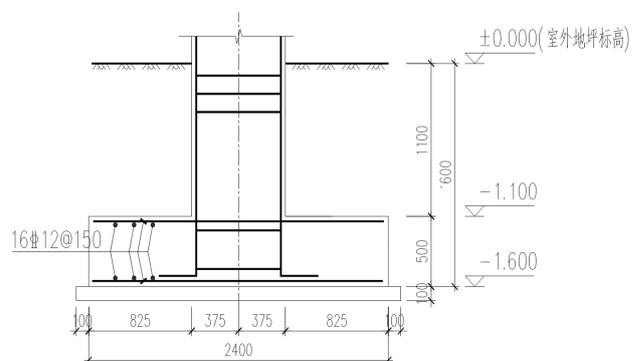


图4 防火墙独立基础配筋示意

独立基础承受了较大倾覆力矩，基础自重及覆土重

发挥了抗倾覆作用，基础顶面由弯矩产生了拉力，因此在基础顶面配置了钢筋。

4 独立基础顶面配筋的方法

4.1 基础顶面弯矩计算

(1) 我们希望降低工程成本，因此希望基础自重和基础上土重能够完全发挥作用，基于此设定假定条件：设计时基础自重和基础上土重完全发挥了作用。

(2) 单位面积上基础自重及基础上土重之和设计值（在此设为 P_d ）计算

基础自重及基础上土重均为永久荷载，参考《地基基础》3.0.6-4条，取分项系数1.35，因此：

$$P_d = 1.35(\sum \gamma_i h_i + \gamma h)$$

其中： P_d ——单位面积上基础自重及基础上土重之和设计值（ kN/m^2 ）；（注： P_d 未考虑基础投影范围以外土的作用。）

γ_i ——基础以上第*i*层土的重度（ kN/m^3 ），地下水位以下取浮重度；

h_i ——基础以上第*i*层土的厚度（m）；

γ ——基础的重度（ kN/m^3 ），地下水位以下取浮重度；

h ——基础的厚度或等效厚度（m）。

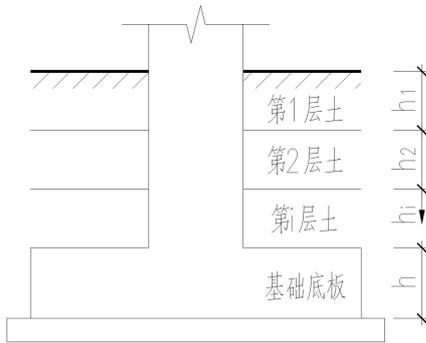


图5 基础顶面分层回填示意图

(3) 独立基础任意截面的底板顶面弯矩设计值公式推导

$$\begin{aligned} M_1 &= P_d a_1 b_1 \frac{a_1}{2} + 2 \times P_d \times \frac{1}{2} \times \frac{b-b_1}{2} a_1 \frac{2a_1}{3} \\ &= \frac{1}{2} P_d a_1^2 b_1 + \frac{1}{3} P_d a_1^2 (b-b_1) \\ &= \frac{1}{6} P_d a_1^2 [3b_1 + 2(b-b_1)] \\ &= \frac{1}{6} P_d a_1^2 (2b + b_1) \end{aligned}$$

其中： M_1 ——作用的基本组合时，任意截面I-I处的弯矩设计值（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）；

b ——基础的边长（m）；

a_1 ——任意截面I-I至基础顶边缘的距离（m）。

（注：公式原理是受荷面所受基础自重及基础上土重对计算截面取矩。此公式计算原理与《地基基础》式8.2.11-1相同。）

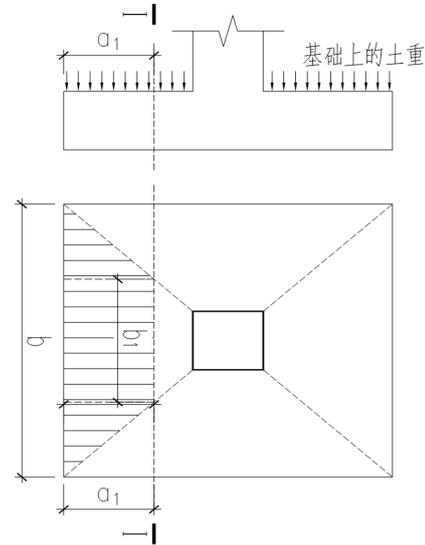


图6 矩形独立基础底板顶面的计算示意

4.2 基础顶面配筋计算

底板顶面钢筋面积 A_s 按照《地基基础》8.2.12条 $A_s = \frac{M}{0.9f_y h_0}$ 计算，同时满足扩展基础受力钢筋最小配筋率不应小于0.15%的要求。

4.3 算例

以3.2条实例二：某独立避雷针的独立基础为例进行计算说明。

$$P_d = 1.35 \times (18 \times 1.6 + 25 \times 0.6) = 59.13 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{柱根处 } M_1 = \frac{1}{6} \times 59.13 \times 0.9^2 \times (2 \times 2.8 + 1) = 52.68 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = \frac{M}{0.9f_y h_0} = \frac{52.68 \times 10^6}{0.9 \times 360 \times 500} = 325.2 \text{ mm}^2$$

构造要求： $0.15\%bh = 0.15\% \times 2800 \times 600 = 2520 \text{ mm}^2$

实际配筋：19C14@150： $A_s = 19 \times 153.9 = 2924.1 \text{ mm}^2$ ，

满足要求。

5 其他情况时基础顶面配筋

(1) 在高地震烈度区，重要的独立基础，当仅为了提高结构延性和整体性时，除了正常配置基础底部受力钢筋之外，建议在独立基础顶部按配筋率不应小于0.15%配置构造钢筋。

(2) 独立基础厚度较大时（如厚度大于1m），可能因收缩或温度变化产生裂缝，建议在基础顶部按配筋率不应小于0.15%配置构造钢筋控制裂缝发展。

6 结论

(1) 当基础自重和基础上的土重在基础稳定（抗拔

稳定和抗倾覆稳定)中发挥作用时,基础顶面会产生反向弯矩,这时基础顶面承受拉力,因此需要在基础顶面配置相应的受拉钢筋。

(2)建议高地震烈度区(如8度及以上)及大体积独立基础时,在基础顶面配置构造钢筋。

参考文献

- [1]《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011;
- [2]《建筑抗震设计规范》GB50011-2010(2016年版);
- [3]《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003-2021;
- [4]《架空输电线路基础设计规程》DL/T 5219-2023。