

# 浅谈建筑结构抗浮设计方法

## Discussion on the Design Method of Building Structure

李贞祥

Zhenxiang Li

中国建筑科学研究院有限公司深圳分公司 中国·广东 深圳 518000

Shenzhen Branch of China Building Research Institute Limited, Shenzhen, Guangdong, 518000, China

**摘要:** 论文结合某工程案例,阐述了抗浮设计的基本方案,重点比较了有抗浮锚杆和无抗浮锚杆的方案对底板影响,可结合实际情况,选择较优的方法,供类似工程参考。

**Abstract:** This paper combined with an engineering case, elaborated the basic scheme of anti-floating design, focus on the comparison of anti-floating anchor rod and no anti-floating anchor rod scheme on the bottom plate, can be combined with the actual situation, choose a better method, for similar engineering reference.

**关键词:** 抗浮设计; 抗拔锚杆; 底板验算; 整体抗浮

**Keywords:** anti-float design; anti-pull bolt; bottom plate check; overall anti-float

**DOI:** 10.12346/etr.v4i9.7072

## 1 引言

随着城市建设的飞速发展,地下室需求也越来越得到青睐。在地下室结构设计过程中,不可避免地会涉及抗浮设计的问题,尤其是埋深较大的地下室结构。南方地区,抗浮水位一般为室外地坪标高,高水浮力会对地下结构和上部结构产生破坏,近些年也发生不少,由于抗浮设计不到位,导致底板开裂,梁柱节点处开裂等现象。因此,地下室结构的抗浮设计是不容忽视的。

地下室抗浮设计分为三种情况:

①地下室施工完毕后便停止,这时即地上结构层数较多,但因上部结构还没施工,地下室的自重无法抵抗地下水的浮力。这种情况应对地下室进行施工阶段的抗浮验算,并采取相关的抗浮措施。

②地下水位较高,且地下室埋深较大、地上结构层数较少。这种情况下,结构的自重无法抵抗地下水的浮力,需对整体结构进行抗浮验算。

③本身的自重可以抵抗地下水的浮力,但是地下室底板也需进行抗浮设计。

我们在实际工程应用中常用抗浮措施有:增加结构配重,基础板底下释放水浮力,设置抗拔桩、抗浮锚杆等,下述重点介绍通过有无抗浮锚杆设置情况对比分析底板验算情况。

## 2 抗浮项目案例分析

**工程概况:**本工程位于广东省地区,地上为五层厂房,地下一层停车库,结构体系为框架结构,地下一层层高为5 m,地上一到四层层高均为5 m,五层层高为4 m,总高度为24 m。

**荷载条件:**二层至屋面板厚为110 mm,附加恒载为 $2.0 \text{ kN/m}^2$ (屋面附加恒载为 $3.5 \text{ kN/m}^2$ ),主要活载为 $5.0$ (活荷载为 $2.0 \text{ kN/m}^2$ ),地下室顶板板厚为180 mm,塔楼以外覆土1 m厚,主要活载为 $5.0 \text{ kN/m}^2$ 。

**结构布置:**采用井字梁板布置,塔楼主梁截面为 $300 \times 800$ ,次梁截面为 $250 \times 500$ ,地下室区域主梁截面为 $400 \times 900$ ,次梁截面为 $300 \times 700$ 。

**水位情况:**底板标高 $-5.0 \text{ m}$ ,抗浮水位标高为室外地坪标高( $-0.4 \text{ m}$ );

**基础布置:**根据地质条件,初步采用以下两种方案进行比较:

①方案一:采用桩承台+防水板方案。

②方案二:采用桩承台+抗拔锚杆+防水板方案。

### 2.1 基础布置方案一:采用桩承台+防水板方案

中柱下采用两桩和三桩承台,边跨柱采用单桩承台,地下室底板厚度 $400 \text{ mm}$ 厚,重点针对整体抗浮、局部抗浮及

底板承载力配筋进行验算：

方案一基础布置结构整体抗浮验算情况：

$$G=452324 \text{ kN}, N_w=334046 \text{ kN}$$

经验算整体抗浮系数：

$$K = (G + \sum R_t) / N_w = 1.46 > 1.05$$

满足整体抗浮要求。

方案一基础布置局部抗浮验算情况：

经验算结果可知，外侧两排柱下，局部抗浮系数  $K$  均小于 1.05，最不利抗浮系数值为 0.8，不满足局部抗浮设计要求。

方案一基础布置底板计算配筋情况如图 1、图 2 所示。

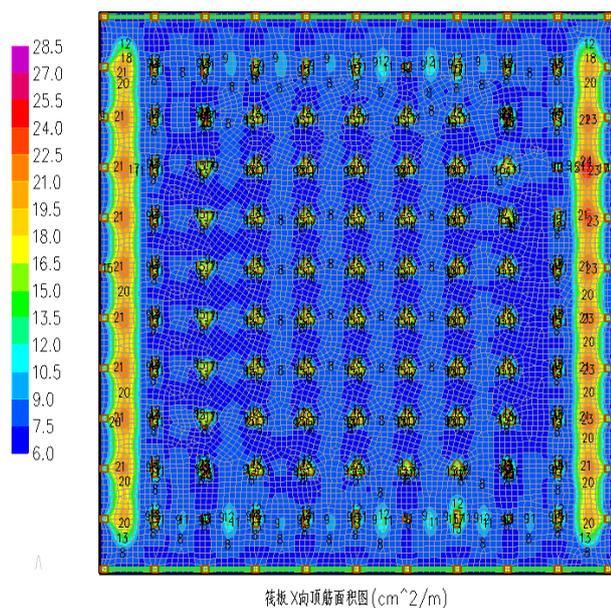


图 1 底板 X 向顶部钢筋验算结果

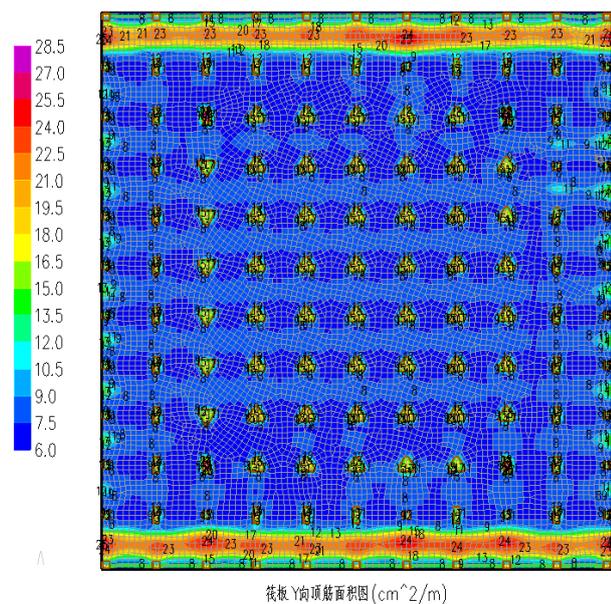


图 2 底板 Y 向顶部钢筋验算结果

根据验算结果知，考虑抗浮水位工况组合，不考虑抗浮锚杆情况下，结构整体抗浮验算满足要求，抗浮系数大于 1.05，但最外侧两排柱出现局部抗浮验算不满足要求。

承载力验算方面，底板顶部计算配筋，X 向边跨最大配筋为 2400 mm<sup>2</sup>/m，中跨配筋为 600 mm<sup>2</sup>/m；Y 向左边跨最大配筋为 2100 mm<sup>2</sup>/m，右边跨最大配筋为 2400 mm<sup>2</sup>/m，中跨配筋为 600 mm<sup>2</sup>/m。底板底部计算配筋均为 600 mm<sup>2</sup>/m。

## 2.2 方案二：采用桩承台 + 抗拔锚杆 + 防水板方案

中柱下采用两桩和三桩承台，边跨柱采用单桩承台，地下室底板厚度 400 mm 厚，另针对方案一致，主要外跨局部抗浮不满足要求及板底顶部配筋较大，可在外跨区域加设抗浮锚杆，仍重点针对整体抗浮、局部抗浮及底板承载力配筋进行验算。锚杆估算如下：

### 2.2.1 基本信息

地下室抗浮底板厚度均为 400 mm，板面标高 -5.0 m，地下室抗浮水位高程为 -0.4 m，水头高度 6.1 m。

### 2.2.2 荷载计算

400 厚防水底板自重：0.4 × 25 = 10 kN/m<sup>2</sup>。

180 厚梁板楼盖自重(顶板)：0.18 × 25 + 25 × (0.4 × 0.72 × 8.5 × 2 + 0.3 × 0.52 × 8.5 × 4) / 8.5 / 8.5 = 8.0 kN/m<sup>2</sup>。

1.0 m 覆土自重：1.0 × 18 = 18 kN/m<sup>2</sup>。

合计  $G_k = 10 + 8.0 + 18 = 36 \text{ kN/m}^2$ 。

水浮力  $N_{w,k} = 5 \times 9.8 = 49 \text{ kN/m}^2$ 。

设抗浮力  $F_f$ ，则  $(G_k + F_f) / N_{w,k} = 1.05$ 。

$F_f = 15.45 \text{ kN/m}^2$ 。

### 2.2.3 锚杆设计

拟采用抗浮锚杆直径为 150 mm，每根锚杆采用 3 根 18 (HRB400 级钢筋)， $A_s = 762 \text{ mm}^2$ 。

第一，确定单根锚杆承载力特征值。

根据 CECS22: 2005 7.4.1 条：

$$N \leq f_{yk} \times A_s / K_t = 400 \times 762 / 2 = 285 \times 10^3 \text{ N} = 152.4 \text{ kN}。$$

取单根锚杆承载力特征值  $R_t = 152.4 / 1.35 = 112.8 \text{ kN}$ ，取 110 kN。

第二，计算锚固长度。

根据 CECS22: 2005 7.5.1 条：

$$\textcircled{1} L_a > K \times N_t / (\pi \times D \times f_{ms} \times \psi) = 2.2 \times 152.4 \times 1000 / (3.14 \times 150 \times 1.5 \times 1.3) = 0.37 \text{ m}。$$

$$L_a > K \times N_t / (n \times \pi \times d \times \xi \times f_{ms} \times \psi) = 2.2 \times 152.4 \times 1000 / (3 \times 3.14 \times 18 \times 0.6 \times 2 \times 1.0 \times 1.3) = 1.27 \text{ m}。$$

根据 GB5007—2011 8.6.3 条：

$$L_a \geq R_t / (0.8 \times \pi \times d_t \times f) = 110 \times 1000 / (0.8 \times 3.14 \times 150 \times 0.4) = 0.73 \text{ m}。$$

根据技术措施 7.3.1 条第 6 款，取  $L_a = 3.0 \text{ m}$  来设计。

第三，锚杆间距计算。

单根锚杆承载力特征值  $N_R = 210 \text{ kN}$ ， $a \leq (110 / 15.45)^{0.5} = 2.67 \text{ m}$ ，取  $a = 2.6 \text{ m}$ 。

第四，抗冲切验算。

根据 GB50010—2010 6.5.1 条：

$F_t \leq 0.7 \beta_{ht} \eta \mu m h_0$ ，按外接圆考虑，取直径  $D=65 \text{ mm}$ ，

C30 混凝土， $f_t=1.43 \text{ N/mm}^2$ 。

$\mu_m=3.14 \times (65+h_0)=3.14 \times (65+350)=1303 \text{ mm}$ 。

$\beta_{ht}=1.0$ ， $\beta_s=2.0$ ， $\alpha_s=40$ 。

$\eta_1=0.4+1.2/\beta_s=1.0$ 。

$\eta_2=0.5+\alpha_s \times h_0/(4 \times \mu_m)=3.18$ 。

$\eta=(\eta_1, \eta_2) \min=1.0$ 。

$0.7 \beta_{ht} \eta \mu m h_0=0.7 \times 1.0 \times 1.43 \times 1.0 \times 1303 \times 350=456 \text{ kN}$ 。

此值大于  $F_t=110 \text{ kN}$ ，抗冲切验算满足。

经上述计算分析，在外跨区域，锚杆布置间距采用  $2.6 \text{ m} \times 2.6 \text{ m}$  间距考虑。

方案二结构整体抗浮验算结果：

$G=452324 \text{ kN}$ ， $N_w=334046 \text{ kN}$ ， $\sum R_t=348800 \text{ kN}$

经验算整体抗浮系数： $K=(G+\sum R_t)/N_w=2.28 > 1.0$ ，

满足整体抗浮要求。

方案二结构局部抗浮验算结果：边跨区域增设抗浮锚杆之后，基础布置局部抗浮系数  $K$  均大于 1.05，满足局部抗浮设计要求。

方案二基础布置底板计算配筋情况如图 3、图 4 所示。

根据验算结果知，考虑抗浮水位工况组合，考虑抗拔锚杆作用情况下，结构整体抗浮验算和构件的局部抗浮均满足要求。

承载力验算方面，底板顶部计算配筋，X 向边跨最大配筋为  $1700 \text{ mm}^2/\text{m}$ ，中跨配筋为  $600 \text{ mm}^2/\text{m}$ ；Y 向边跨最大配筋为  $1200 \text{ mm}^2/\text{m}$ ，中跨配筋为  $600 \text{ mm}^2/\text{m}$ 。底板底部计算配筋均为  $600 \text{ mm}^2/\text{m}$ 。

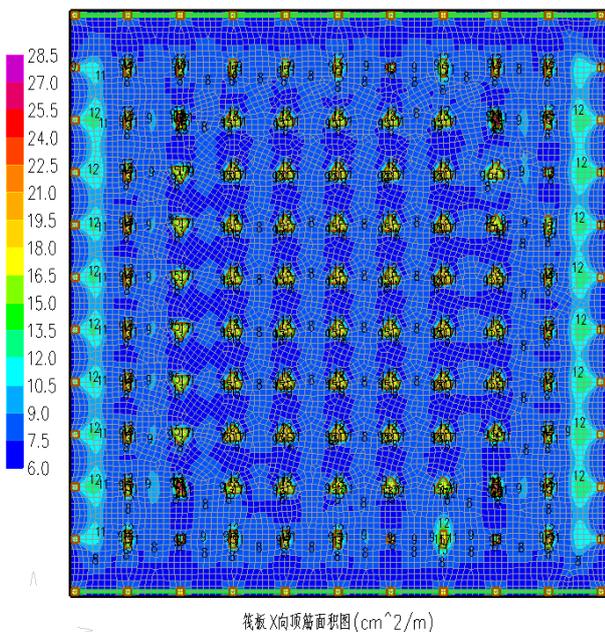


图 3 底板 X 向顶部钢筋验算结果

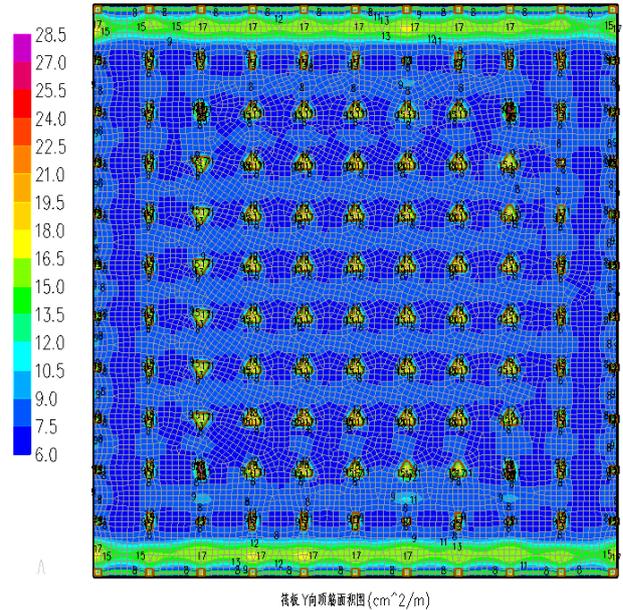


图 4 底板 Y 向顶部钢筋验算结果

方案二增设抗浮锚杆，在采用岩石抗浮锚杆施工工艺要求如下：

①锚杆宜在地下室结构底板混凝土垫层完成后进行施工。

②在裂隙发育及富含地下水的岩层中进行锚杆施工时，应对钻孔周边孔壁进行渗水试验。锚固段钻孔周边渗水率大于  $0.01 \text{ m}^3/\text{min}$  时，应采用固结注浆法等进行填充处理。

③抗浮锚杆的钻孔与清孔应符合下列规定：

A. 钻机就位前应对锚杆位置进行复核，钻机定位应准确、水平、垂直、稳固。

B. 钻孔垂直度允许偏差宜小于 1%，孔位允许偏差应为  $\pm 50 \text{ mm}$ 。

C. 不稳定地层中施工宜采用套管护壁钻进。

D. 筋体入孔后、注浆前应清除孔内碎屑，对塌孔、孔壁变形应进行处理。

④抗浮锚杆筋体的制作、存储及安放应符合下列规定：

A. 应按设计要求制备筋体、托板、螺母等部件，筋体上应附有居中构造。

B. 筋体组装、存储、搬运过程中应防止锈蚀、损伤、泥土或油渍附着和过大变形。

C. 注浆管随筋体一同放入钻孔，筋体伸出基坑底面不应少于设计锚杆长度的 1.2 倍。

D. 筋体在孔口处应固定，在注浆体达到设计强度的 70% 前不得晃动、牵拉或碰撞。

⑤锚杆浆液制备和注浆应符合下列规定：

A. 岩浆用砂径不应大于  $2 \text{ mm}$ ，搅拌时间不得低于  $1 \text{ min}$ ，并应随搅随用。

B. 注浆泵使用前应进行试运转，管道接头应连接牢固和密封。

