

金陵御景园花管土钉支护方案

设计计算书

一、设计依据

- 1、甲方提供的①建筑平面图（1份）
②规划红线图（1份）
③岩土工程勘察报告（南京市测绘勘察研究院）
- 2、有关设计计算规范及规程：
①《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120—99）
②《建筑地基基础设计规范》（GBJ7—89）
③《基坑土钉支护技术规程》（CECS 96: 97）
④《钢结构设计规范》（GBJ 17—88）
⑤《南京地区地基基础设计规范》
⑥《建筑基坑支护技术规程应用手册》

二、工程概况

该工程由南京**房地产开发有限公司建设，地点位于太平南路。工程由三栋10~18层写字楼、住宅楼及综合楼组成，均为框架结构，并设有一层地下室。

基坑开挖深度分别为6.2米、6.0米和5.0米，根据《建筑基坑支护技术规程》的规定和周围环境的特点，本基坑工程属二级基坑工程，相应基坑工程安全等级的重要性系数 $\gamma_0 = 1.0$ 。

三、工程地质情况

该场地属古河道漫滩地貌，地势较平坦。

场区的地下水层属浅层潜水，主要赋存于上部①-1、①-2杂填土层和②-1粉土粉砂层，其中②-1粉土—粉砂层含地下水量丰富且透水性好，为主含水层，地下水位在地面下1.2—1.5m之间。

主要计算土层的物理力学指标见表1。

表1 土层物理力学指标表

层 次	土 层 描 述	层 厚 (m)	渗 透 系 数		评 语
			$K_v \times 10^{-3}$ (cm/s)	$K_H \times 10^{-3}$ (cm/s)	
①-1	杂填土，房渣土	0.6—3.0	100	100	中等含地下水层
①-2	淤泥质填土，灰黑色	1.4—5.2	100	100	中等含地下水层
②-1	粉土—粉砂，灰黄—灰色	3.2—8.1	50	100	富含地下水层，透水性好
②-2	淤泥质粉质粘土—粉质粘土，灰色流塑状态	5.4—12.7	1.05	4.09	弱透水层（隔水层）

四、基坑围护方案

综合分析场地地理位置、土质条件、基坑开挖深度及周围环境等多种因素，并

根据专家两次对基坑围护方案的审定意见，在“安全可靠、技术先进、经济合理、方便施工”的原则下，在确保基础和地下室施工安全、及基坑周边环境安全的前提下，经分析和比较，基坑采用水泥搅拌桩复合花管土钉支护结构，并对基坑被动区局部土体采用水泥搅拌桩进行加固（墩式）。土钉的布置详见图纸。

五、花管土钉结构设计计算

计算参数如表 2。

表 2 土层计算参数表

土层	c (kPa)	φ (°)	γ (KN/m ³)	H(层厚) (m)	主动土压力系数 K_a	$\sqrt{K_a}$	被动土压力系数 K_p	$\sqrt{K_p}$
①-1	5	20	17.5	0.8	0.490	0.700	2.040	1.428
①-2	5	12	17	3.5	0.656	0.809	1.525	1.235
②-1	5	30	19.2	6.8	0.333	0.577	3.000	1.732
②-2	10	20	17.8	15	0.490	0.700	2.040	1.428

(一) 挖深 6.2 (6.0) m 区段 (HIABC 段) 土钉结构设计计算

1、土压力计算

超载 $q = 20 \text{ KPa}$ (地下水-1.0m)

$$e_{ajk} = \sigma_{ajk} k_{aj} - 2c_{ik} \sqrt{k_{ai}} \quad (\text{JGJ120-99 规程 3.4.1-1})$$

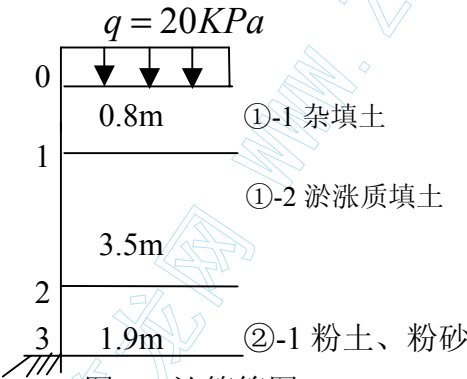


图 1 计算简图

$$\begin{aligned}
 e_{ao} &= qk_a - 2c\sqrt{k_a} \\
 &= 20 \times 0.490 - 2 \times 5 \times 0.7 = 2.8 \text{ KPa} \\
 e_{a1} &= (0.8 \times 17.5 + 20) \times 0.49 - 2 \times 5 \times 0.7 \\
 &= 9.66 \text{ KPa} \\
 e'_{a1} &= (0.8 \times 17.5 + 20) \times 0.656 - 2 \times 5 \times 0.809 \\
 &= 14.21 \text{ KPa} \\
 e_{ajk} &= \sigma_{ajk} k_{aj} - 2c_{ik} \sqrt{k_{ai}} + [(Z_j - h_{wa}) - (m_j - h_{wa}) n_{wa} k_{ai}] \gamma_w \quad (\text{JGJ120-99 规程 3.4.1-2}) \\
 \left\{ \begin{aligned} e_{a2} &= (0.8 \times 17.5 + 3.5 \times 17 + 20) \times 0.656 - 2 \times 5 \times 0.809 \\ &\quad + 10 \times (4.3 - 1.0)(1 - 0.656) \\ &= 64.59 \text{ KPa} \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

$$e'_{a2} = 93.5 \times 0.333 - 2 \times 5 \times 0.557 + 10 \times (4.3 - 1.0)(1 - 0.333) = 47.57 \text{ KPa}$$

$$e_{a3} = (93.5 + 1.9 \times 19.2) \times 0.333 - 2 \times 5 \times 0.557 + 10 \times (6.2 - 1.0) \times (1 - 0.333) = 72.19 \text{ KPa}$$

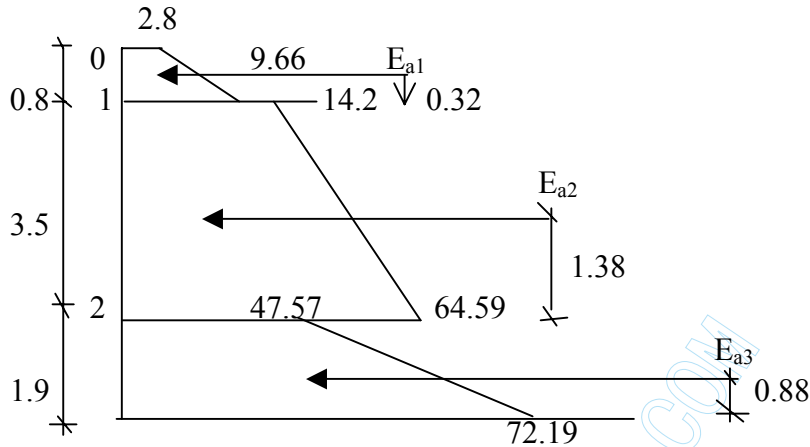


图 2 土压力分布图

2、土压力合力及作用点计算

$$\begin{cases} E_{a1} = \frac{1}{2} (2.8 + 9.66) \times 0.8 = 4.98 \text{ KN/m} \\ h_{a1} = \frac{0.8}{3} \left(\frac{2 \times 2.8 + 9.66}{2.8 + 9.66} \right) = 0.32 \text{ m} \\ E_{a2} = \frac{1}{2} (14.21 + 64.59) \times 3.5 = 137.9 \text{ KN/m} \\ h_{a2} = \frac{3.5}{3} \left(\frac{2 \times 14.21 + 64.59}{14.21 + 64.59} \right) = 1.38 \text{ m} \\ E_{a3} = \frac{1}{2} (47.57 + 72.19) \times 1.9 = 113.8 \text{ KN/m} \\ h_{a3} = \frac{1.9}{3} \times \frac{2 \times 47.57 + 72.19}{47.57 + 72.19} = 0.88 \text{ m} \end{cases}$$

3、土钉长度设计

取 $d_{nj} = 140 \text{ mm}$ ，土钉水平倾角 $\alpha = 15^\circ$ ， $s_x = s_y = 1.0 \text{ m}$

$$\xi = \frac{\tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)}{\tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)} \cdot \frac{1}{\tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)} = 1$$

(1) 第一排土钉计算

$$T_{j1} = \xi e_{aj} s_x \cdot s_y / \cos \alpha \quad (\text{JGJ120-99 规程 6.1.2})$$

取 $Z_j = 0.8 \text{ m}$

$$T_{j1} = 1 \times e'_{a1} \times 1 \times 1 / \cos 15^\circ = \frac{14.21}{\cos 15^\circ} = 14.71 \text{ KN}$$

$$T_{uj} = \frac{1}{\gamma_s} \pi d_{nj} \sum q_{sik} l \quad (\text{JGJ120-99 规程 6.1.4})$$

取 $q_{sik}=10\text{KPa}$

$$T_{uj} = \frac{1}{1.3} \times 3.14 \times 0.14 \times 10 \times l_i$$

$$1.25\gamma_o T_{jk} \leq T_{uj}$$

$$\frac{1}{1.3} \times 3.14 \times 0.14 \times 10 \times l_i \geq 1.25 \times 1 \times 14.71$$

$$l_i = \frac{1.25 \times 1.3 \times 1 \times 14.71}{3.14 \times 0.14 \times 10} = 5.44(m)$$

$$l_f = m_i(h - Z_i) \quad (\text{手册 14.2.9})$$

$$= 0.61(6.2 - 0.8) = 3.29m$$

查表得 ($m_i=0.61$)

$$L_1 = l_f + l_i = 5.44 + 3.29 = 8.73m$$

(2) 第二排土钉计算

$$Z_2 = 1.8m \quad q_{sk} = 18\text{KPa}$$

计算 T_{j2}

$$e_{1.8} = 14.21 + \frac{64.59 - 14.21}{3.5}$$

$$= 28.60\text{KPa}$$

$$T_{jk} = 28.60 \times 1 \times 1 / \cos 15^\circ = 29.61 \text{ KN}$$

$$l_2 = \frac{1.25 \times 1.3 \times 29.61}{3.14 \times 0.14 \times 18} = 6.07m$$

$$l_{f2} = 0.69 \times (6.2 - 1.8) = 3.04m$$

$$L_2 = l_{f2} + l_2 = 6.07 + 3.04 = 9.12$$

(3) 第三排土钉计算

$$Z_3 = 2.8m \quad q_{sk} = 18\text{KPa}$$

$$e_{2.8} = 14.21 + \frac{(64.59 - 14.21) \times 2}{3.5} = 42.9 \text{ KPa}$$

$$T_{2.8} = 42.9 \times 1 \times 1 / \cos 15^\circ = 44.5 \text{ KN}$$

$$l_3 = \frac{1.25 \times 1.3 \times 44.5}{3.14 \times 0.14 \times 18} = 9.13(m)$$

$$l_f = 0.69 \times (6.2 - 2.8) = 2.346(m)$$

$$L_3 = l_f + l_3 = 2.3 + 9.13 = 11.4(m)$$

(4) 第四排土钉计算 (土钉进入粉砂)

$$Z_4 = 3.8m \quad q_{sk} = 40\text{KPa}$$

$$e_{3.8} = 14.21 + \frac{(64.59 - 14.21) \times 3}{3.5} = 57.39 \text{ KPa}$$

$$T_{3.8} = 57.39 \times 1 \times 1 / \cos 15^\circ = 59.4 \text{ KN}$$

$$l_4 = \frac{1.25 \times 1.3 \times 59.4}{3.14 \times 0.14 \times 40} = 5.49(m)$$

$$l_{f4} = 0.69 \times (6.2 - 3.8) = 1.66(m)$$

$$L_4 = 1.66 + 5.49 = 7.15(m)$$

(5) 第五排土钉计算

$$Z_5 = 4.8m \quad q_{sk} = 40KPa$$

$$e_{4.8} = 64.59 \quad KPa$$

$$T_{4.8} = 64.59 / \cos 15^\circ = 66.9 \quad KN$$

$$l_5 = \frac{1.25 \times 1.3 \times 66.9}{3.14 \times 0.14 \times 40} = 6.18(m)$$

$$l_{f5} = 0.52 \times (6.2 - 4.8) = 0.728(m)$$

$$L_5 = 6.18 + 0.728 = 6.9(m)$$

(6) 第六排土钉计算

$$Z_6 = 5.8m \quad q_{sk} = 40KPa$$

$$e_{5.8} = 72.19 \quad KPa$$

$$T_{5.8} = 72.19 / \cos 15^\circ = 74.7 \quad KN$$

$$l_6 = \frac{1.25 \times 1.3 \times 74.7}{3.14 \times 0.14 \times 40} = 6.9(m)$$

$$l_{f6} = 0.52(6.2 - 5.8) = 0.208(m)$$

$$L_6 = 6.9 + 0.208 = 7.11(m)$$

$L_1=8.73m$ 实际取值 12m, $L_2=9.12m$ 实际取值 12m,
 $L_3=11.4m$ 实际取值 12m, $L_4=7.15m$ 实际取值 12m,
 $L_5=6.9m$ 实际取值 12m, $L_6=7.1m$ 实际取值 12m。

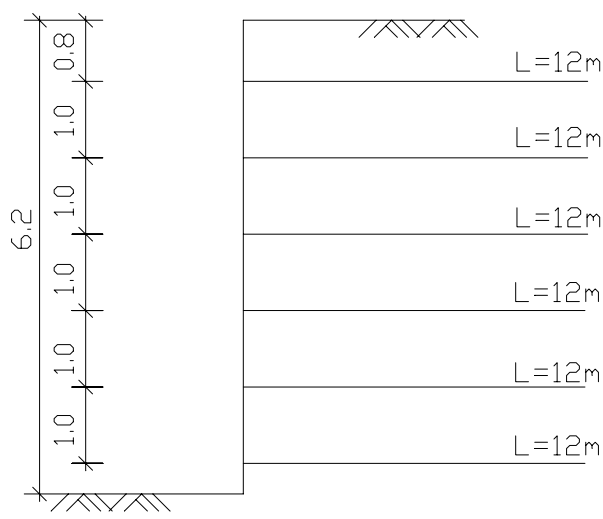


图3 土钉分布简图

4、抗滑移验算（以重力式挡土墙形式验算）

$$B = L_6 \cos 15^\circ = 12 \cos 15^\circ$$

$$= 11.59 \text{ m}$$

$$h_b = l_6 \sin 15^\circ = 3.12 \text{ m}$$

第 6 层锚杆末端部, 距离坑底部深

$$3.12 - 0.4 = 2.7 \text{ m}$$

$$r_{\text{加权}} = 17.7 \text{ KN/m}^3$$

$$e_{a\text{底}} = (93.5 + 1.9 \times 19.2 + 2.7 \times 19.2)$$

$$\times 0.333 - 2 \times 5 \times 0.577 + 10[(6.2 + 2.7)$$

$$- 1.0] \times (1 - 0.333) = 107.5 \text{ kPa}$$

$$E_a = \frac{1}{2} (72.9 + 107.5) \times 2.7 = 243.54 \text{ KN/m}$$

$$h_{a\text{底}} = \frac{2.7}{3} \left(\frac{2 \times 72.9 + 107.5}{72.9 + 107.5} \right) = 1.26 \text{ m}$$

$$W = 11.59 \times 17.7 \times (6.2 + 2.7) = 1825.8 \text{ KN}$$

图 4 抗滑移抗倾覆计算简图

$$\sum E_{ai} = 4.98 + 137.9 + 113.8 + 243.54 = 500.2 \text{ KN/m}$$

被动土压力

$$e_{pjk} = \sigma k_p + 2c\sqrt{kp} + (z_j - h_{wp})(1 - kp)\gamma_w$$

$$e_{p1} = 2c\sqrt{kp} = 2 \times 5 \times 1.732 = 17.32 \text{ KPa}$$

$$e_{p2} = 19.2 \times 2.7 \times 3 + 2 \times 5 \times 1.732 + (2.7 - 0.5)(1 - 3) \times 10 = 128.84 \text{ kPa}$$

$$E_p = \frac{1}{2} (17.32 + 128.84) \times 2.7 = 197.32 \text{ KN/m}$$

$$h_p = \frac{2.7}{3} \left(\frac{2 \times 17.32 + 128.84}{17.32 + 128.84} \right) = 1.01 \text{ m}$$

抗滑动稳定性验算

$$K_n = \frac{wu + E_p}{E_a} = \frac{1825.8 \times 0.3 + 197.32}{500.2} = 1.49 > 1.3$$

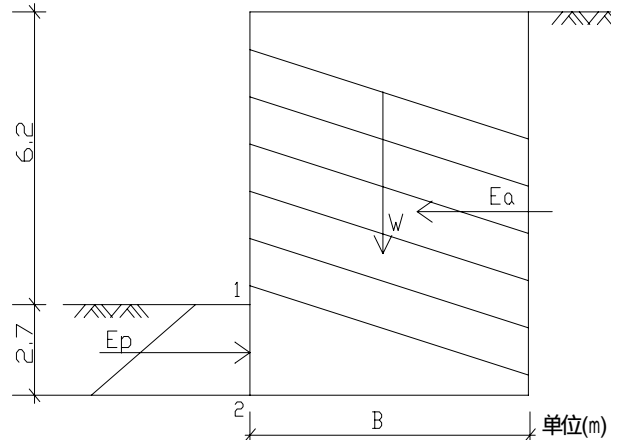
5、抗倾覆验算

$$W \cdot \frac{B}{2} + E_p h_p = 1825.8 \times 5.79 + 197.32 \times 1.01 = 10779.8 \text{ KN} \cdot \text{m/m}$$

$$\sum E_a h = 4.98(0.32 + 3.5 + 1.9 + 2.7) + 137.9(1.38 + 1.9 + 2.7) + 113.8(0.88 + 2.7) + 243.54 \times 1.26 = 1580.8$$

$$kq = \frac{W \cdot \frac{B}{2} + E_p h_p}{\sum E_a h_a} = \frac{10779.8}{1580.8} = 6.82 > 1.5$$

6、抗隆起验算



$$N_q = tg^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) e^{\pi tg \varphi} = tg^2 \left(45^\circ + \frac{20}{2} \right) e^{\pi tg 20} = 6.53$$

$$N_c = (N_q - 1) / tg \varphi = 15.3$$

$$k_s = \frac{rDN_q + CN_c}{r(H_c + D) + q} = \frac{17.8 \times 6.2 \times 6.53 + 5 \times 15.03}{17.8 \times (6.2 + 6.2) + 20} = 3.31 > 2.0 \quad (\text{可以})$$

7、用条分法验算整体稳定性

计算结果详见电算表 1。

8、土钉抗拉强度验算

$$KT_{jk} \leq 1.1 \times \frac{\pi d^2}{4} \times f_{yk}$$

$$KT_{jk} = 1.4 \times 66.9 = 93.6 \quad KN$$

$$1.1 \times \frac{\pi d^2}{4} f_{yk} = 1.1 \times \frac{3.14 \times 18^2}{4} \times 335 = 93724.3 N = 93.7 \quad KN$$

故土钉选用 1 Φ 18 钢筋，以 Φ 48 × 3.5 钢管代替。

钢管截面积：

$$S_p = \frac{1}{4} \pi (48^2 - 41^2) = 489.05 mm^2$$

钢筋截面积

$$S_s = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi \times 18^2 = 254.34 mm^2$$

考虑花管钻孔 Φ 6mm

钢管折减面积 $6 \times 3.5 = 21 mm^2$

$$S'_p = 489.05 - 21 = 468.05 mm^2$$

$$S'_p f_{yp} = 468.05 \times 190 = 88929.5 N$$

$$S_s S_{ys} = 254.3 \times 310 = 78833 N$$

$$S'_p f_{yp} > S_s S_{ys} \quad \text{满足要求}$$

9、喷射混凝土面层设计计算

(1) 面层侧压力

取坑底部侧力近似平均值

$$P = e'_2 = 64.59 \quad KPa$$

$$m_H = M_v = \frac{1}{16} S_v \cdot S_n^2 P = \frac{1}{16} \times 1.0 \times 1.0^2 \times 64.59 = 4.04 KN.m$$

$$A_s = \frac{M_v}{0.9 \times h_o \times fg} = \frac{4.04 \times 10^6}{0.9 \times 85 \times 210} = 251.5 mm^2$$

选用 $\Phi 6.5@200 \Phi 12$ 水平向筋加强

$$A_m = A_{m1} + A_{m2} = 133.1 + 133.1 \times 1.47 = 299.3 \text{ mm}^2$$

$$A_s \leq A_m \text{ 符合要求}$$

(2) 土钉面层的连接计算

土钉与面层通过短钢筋连接，采用连接角焊形式

因 $t = 3.5 \text{ mm} < 4 \text{ mm}$

取 $h_f = t = 3.5 \text{ mm}$

故 $he = 2.45 \text{ mm}$ 又 $l_w = 100 \text{ mm}$

$$N_y = 66.9 \text{ KN} \quad f_w^f = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_f = \frac{66.9 \times 10^3}{2.45 \times 4 \times 100} = 68.3 \text{ N/mm}^2 < f_w^f$$

满足要求

10、抗管涌计算

取 $k = 2.0$

由
$$t = \frac{kh.r_w}{2\gamma'} - \frac{h}{2}$$

$$= \frac{2 \times 6.2 \times 10}{2 \times 7.8} - \frac{6.2}{2} = 4.9 \text{ m}$$

则 $H_z = 6.2 + 4.9 = 11.1 \text{ m}$

实取 $H_z = 12.4 \text{ m}$

(二) 挖深 5.0m 区段 (CDEFGH 段) 土钉结构设计计算

1、土压力计算

超载 $q = 20 \text{ KPa}$ (地下水 -1.0m)

$$e_{ajk} = \sigma_{ajk} k_{aj} - 2c_{ik} \sqrt{k_{ai}} \quad (\text{JGJ120-99 规程 3.4.1-1})$$

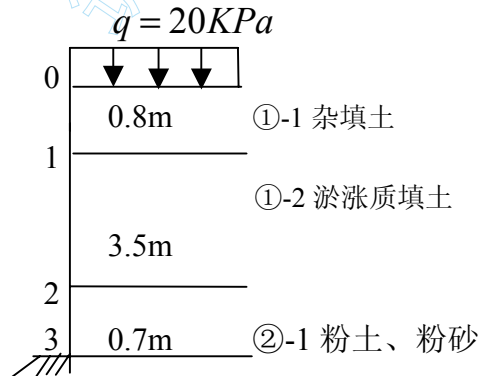


图 5 计算简图

$$e_{ao} = qk_a - 2c\sqrt{k_a}$$

$$= 20 \times 0.490 - 2 \times 5 \times 0.7 = 2.8 \text{ KPa}$$

$$\begin{cases}
 e_{a1} = (0.8 \times 17.5 + 20) \times 0.49 - 2 \times 5 \times 0.7 \\
 = 9.66 \text{ KPa} \\
 e'_{a1} = (0.8 \times 17.5 + 20) \times 0.656 - 2 \times 5 \times 0.809 \\
 = 14.21 \text{ KPa}
 \end{cases}$$

$$e_{ajk} = \sigma_{ajk} k_{aj} - 2c_{ik} \sqrt{k_{ai}} + [(Z_j - h_{wa}) - (m_j - h_{wa}) n_{wa} k_{ai}] \gamma_w \quad (\text{JGJ120-99 规程 3.4.1-2})$$

$$\begin{cases}
 e_{a2} = (0.8 \times 17.5 + 3.5 \times 17 + 20) \times 0.656 - 2 \times 5 \times 0.809 \\
 + 10 \times (4.3 - 1.0)(1 - 0.656) \\
 = 64.59 \text{ KPa} \\
 e'_{a2} = 93.5 \times 0.333 - 2 \times 5 \times 0.557 + 10 \times (4.3 - 1.0)(1 - 0.333) \\
 = 47.57 \text{ KPa}
 \end{cases}$$

$$e_{a3} = (93.5 + 0.7 \times 19.2) \times 0.333 - 2 \times 5 \times 0.557 + 10 \times (5 - 1.0) \times (1 - 0.333) = 56.72 \text{ kPa}$$

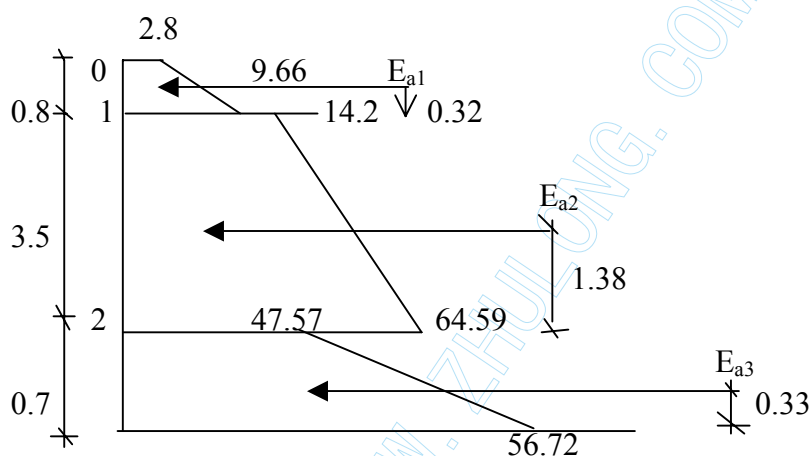


图 6 土压力分布图

2、土压力合力及作用点计算

$$\begin{cases}
 E_{a1} = \frac{1}{2} (2.8 + 9.66) \times 0.8 = 4.98 \text{ KN/m} \\
 h_{a1} = \frac{0.8}{3} \left(\frac{2 \times 2.8 + 9.66}{2.8 + 9.66} \right) = 0.32 \text{ m}
 \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 E_{a2} = \frac{1}{2} \times (14.21 + 64.59) \times 3.5 = 137.9 \text{ KN/m} \\
 h_{a2} = \frac{3.5}{3} \times \left(\frac{2 \times 14.21 + 64.59}{14.21 + 64.59} \right) = 1.38 \text{ m}
 \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 E_{a3} = \frac{1}{2} \times (47.57 + 56.72) \times 0.7 = 36.4 \text{ KN/m} \\
 h_{a3} = \frac{0.7}{3} \times \frac{2 \times 47.57 + 56.72}{47.57 + 56.72} = 0.33 \text{ m}
 \end{cases}$$

3、土钉长度设计

取 $d_{nj} = 140 \text{ mm}$ ，土钉水平倾角 $\alpha = 15^\circ$ ， $s_x = s_y = 1.0 \text{ m}$

$$\xi = \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) / \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \frac{1}{\tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)} = 1$$

(1) 第一排土钉计算

$$T_{j1} = \xi e_{aj} s_x \cdot s_y / \cos \alpha \quad (\text{JGJ120-99 规程 6.1.2})$$

取 $Z_j = 0.8\text{m}$

$$T_{j1} = 1 \times e'_{a1} \times 1 \times 1 / \cos 15^\circ = \frac{14.21}{\cos 15^\circ} = 14.71\text{KN}$$

$$T_{uj} = \frac{1}{\gamma_s} \pi d_{nj} \sum q_{sik} l \quad (\text{JGJ120-99 规程 6.1.4})$$

取 $q_{sik} = 10\text{KPa}$

$$T_{uj} = \frac{1}{1.3} \times 3.14 \times 0.14 \times 10 \times l_i$$

$$1.25 \gamma_o T_{jk} \leq T_{uj}$$

$$\frac{1}{1.3} \times 3.14 \times 0.14 \times 10 \times l_i \geq 1.25 \times 1 \times 14.71$$

$$l_i = \frac{1.25 \times 1.3 \times 1 \times 14.71}{3.14 \times 0.14 \times 10} = 5.44(\text{m})$$

$$l_f = m_i (h - Z_i) \quad (\text{手册 14.2.9})$$

$$= 0.61(5 - 0.8) = 2.56\text{m}$$

查表得 ($m_i = 0.61$)

$$L_1 = l_f + l_i = 5.44 + 2.56 = 5.12\text{m}$$

(2) 第二排土钉计算

$$Z_2 = 1.8\text{m} \quad q_{sk} = 18\text{KPa}$$

计算 T_{j2}

$$e_{1.8} = 14.21 + \frac{64.59 - 14.21}{3.5}$$

$$= 28.60\text{KPa}$$

$$T_{jk} = 28.60 \times 1 \times 1 / \cos 15^\circ = 29.61 \text{ KN}$$

$$l_2 = \frac{1.25 \times 1.3 \times 29.61}{3.14 \times 0.14 \times 18} = 6.07\text{m}$$

$$l_{f2} = 0.69 \times (5 - 1.8) = 2.2\text{m}$$

$$L_2 = l_{f2} + l_2 = 6.07 + 2.2 = 8.27$$

(3) 第三排土钉计算

$$Z_3 = 2.8\text{m} \quad q_{sk} = 18\text{KPa}$$

$$e_{2.8} = 14.21 + \frac{(64.59 - 14.21) \times 2}{3.5} = 42.9 \text{ KPa}$$

$$T_{2.8} = 42.9 \times 1 \times 1 / \cos 15^\circ = 44.5 \text{ KN}$$

$$l_3 = \frac{1.25 \times 1.3 \times 44.5}{3.14 \times 0.14 \times 18} = 9.13(m)$$

$$l_{f3} = 0.69 \times (5 - 2.8) = 1.52(m)$$

$$L_3 = l_f + l_3 = 1.52 + 9.13 = 10.65(m)$$

(4) 第四排土钉计算 (土钉进入粉砂)

$$Z_4 = 3.8m \quad q_{sk} = 40KPa$$

$$e_{3.8} = 14.21 + \frac{(64.59 - 14.21) \times 3}{3.5} = 57.39 \quad KPa$$

$$T_{3.8} = 57.39 \times 1 \times 1 / \cos 15^\circ = 59.4 \quad KN$$

$$l_4 = \frac{1.25 \times 1.3 \times 59.4}{3.14 \times 0.14 \times 40} = 5.49(m)$$

$$l_{f4} = 0.69 \times (5 - 3.8) = 0.828(m)$$

$$L_4 = 0.828 + 5.49 = 6.32(m)$$

(5) 第五排土钉计算

$$Z_5 = 4.8m \quad q_{sk} = 40KPa$$

$$e_{4.8} = 64.59 \quad KPa$$

$$T_{4.8} = 64.59 / \cos 15^\circ = 66.9 \quad KN$$

$$l_5 = \frac{1.25 \times 1.3 \times 66.9}{3.14 \times 0.14 \times 40} = 6.18(m)$$

$$l_{f5} = 0.52 \times (5 - 4.8) = 0.104(m)$$

$$L_5 = 6.18 + 0.104 = 6.28(m)$$

$L_1 = 5.12m$ 实际取值 12m, $L_2 = 8.27m$ 实际取值 12m,
 $L_3 = 10.65m$ 实际取值 12m, $L_4 = 6.32m$ 实际取值 12m,
 $L_5 = 6.28m$ 实际取值 12m,

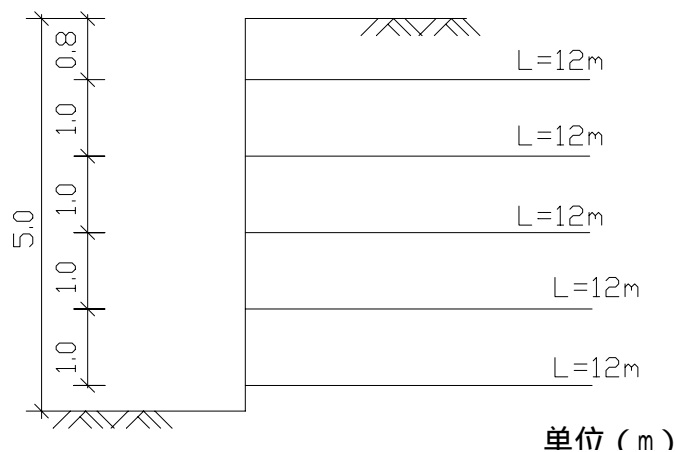


图 7 土钉分布简图

4、抗滑移验算 (以重力式挡土墙形式验算)

$$B = L_5 \cos 15^\circ = 12 \cos 15^\circ$$

$$= 11.59 \text{m}$$

$$h_b = l_5 \sin 15^\circ = 3.12 \text{m}$$

第 5 层锚杆末端部, 距离坑底部深

$$3.12 - 0.2 = 2.92 \text{m}$$

$$r_{\text{加权}} = 17.4 \text{KN/m}^3$$

$$e_{a\text{底}} = (93.5 + 0.7 \times 19.2 + 2.92 \times 19.2)$$

$$\times 0.333 - 2 \times 5 \times 0.577 + 10[(5 + 2.92)$$

$$- 1.0 \times (1 - 0.333)] = 94.66 \text{kPa}$$

$$E_a = \frac{1}{2} (56.72 + 94.66) \times 2.92 = 221.02 \text{KN/m}$$

$$h_{a\text{底}} = \frac{2.92}{3} \left(\frac{2 \times 56.72 + 94.66}{56.72 + 94.66} \right) = 1.34 \text{m}$$

$$W = 11.59 \times 17.4 \times (5 + 2.92) = 1597.2 \text{KN}$$

$$\sum E_{ai} = 4.98 + 137.9 + 36.4 + 221.02 = 400.3 \text{KN/m}$$

被动土压力

$$e_{pjk} = \sigma k_p + 2c\sqrt{kp} + (z_j - h_{wp})(1 - kp)\gamma_w$$

$$e_{p1} = 2c\sqrt{kp} = 2 \times 5 \times 1.732 = 17.32 \text{ KPa}$$

$$e_{p2} = 19.2 \times 2.7 \times 3 + 2 \times 5 \times 1.732 + (2.92 - 0.5)(1 - 3) \times 10 = 137.1 \text{kPa}$$

$$E_p = \frac{1}{2} (17.32 + 137.1) \times 2.92 = 225.5 \text{KN/m}$$

$$h_p = \frac{2.92}{3} \left(\frac{2 \times 17.32 + 137.1}{17.32 + 137.1} \right) = 1.08 \text{m}$$

抗滑动稳定性验算

$$K_n = \frac{wu + E_p}{E_a} = \frac{1597.2 \times 0.3 + 225.5}{400.3} = 1.76 > 1.3$$

5、抗倾覆验算

$$W \cdot \frac{B}{2} + E_p h_p = 1597.2 \times 5.79 + 225.5 \times 1.08 = 9491.3 \text{KN} \cdot \text{m}$$

$$\sum E_a h = 4.98(0.32 + 3.5 + 0.7 + 2.92) + 137.9(1.38 + 0.7 + 2.92) + 36.4 \times (0.33 + 2.92)$$

$$+ 221.02 \times 1.34 = 1136.6 \text{KN} \cdot \text{m}$$

$$kq = \frac{W \cdot \frac{B}{2} + E_p h_p}{\sum E_a h_a} = \frac{9491.3}{1136.6} = 8.35 > 1.5$$

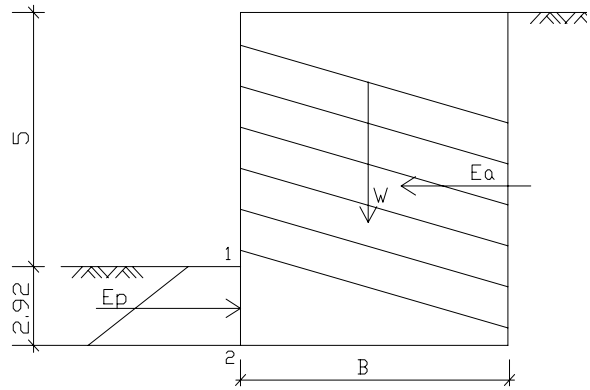


图 8 抗滑移抗倾覆计算简图

6、抗隆起验算

$$N_q = tg^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) e^{\pi tg \varphi} = tg^2 \left(45^\circ + \frac{20}{2} \right) e^{\pi tg 20} = 6.53$$

$$N_c = (N_q - 1) / tg \varphi = 15.3$$

$$k_s = \frac{rDN_q + CN_c}{r(H_c + D) + q} = \frac{17.4 \times 5 \times 6.53 + 5 \times 15.03}{17.4 \times (5 + 5) + 20} \quad (\text{可以})$$

$$= 3.32 > 2.0$$

7、用条分法验算整体稳定性

计算结果详见电算表 2

8、土钉抗拉强度验算

$$KT_{jk} \leq 1.1 \times \frac{\pi d^2}{4} \times f_{yk}$$

$$KT_{jk} = 1.4 \times 66.9 = 93.6 \quad KN$$

$$1.1 \times \frac{\pi d^2}{4} f_{yk} = 1.1 \times \frac{3.14 \times 18^2}{4} \times 335 = 93724.3 N = 93.7 \quad KN$$

故土钉选用 1 Φ 18 钢筋，以 Φ 48 × 3.5 钢管代替。

钢管截面积：

$$S_p = \frac{1}{4} \pi (48^2 - 41^2) = 489.05 mm^2$$

钢筋截面积

$$S_s = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi \times 18^2 = 254.34 mm^2$$

考虑花管钻孔 Φ 6mm

$$\text{钢管折减面积 } 6 \times 3.5 = 21 mm^2$$

$$S'_p = 489.05 - 21 = 468.05 mm^2$$

$$S'_p f_{yp} = 468.05 \times 190 = 88929.5 N$$

$$S_s S_{ys} = 254.3 \times 310 = 78833 N$$

$$S'_p f_{yp} > S_s S_{ys} \quad \text{满足要求}$$

9、喷射混凝土面层设计计算

(1) 面层侧压力

取坑底部侧力近似平均值

$$P = e'_2 = 64.59 \quad KPa$$

$$m_H = M_v = \frac{1}{16} S_v \cdot S_n^2 P = \frac{1}{16} \times 1.0 \times 1.0^2 \times 64.59 = 4.04 KN.m$$

$$A_s = \frac{M_v}{0.9 \times h_o \times f_g} = \frac{4.04 \times 10^6}{0.9 \times 85 \times 210} = 251.5 \text{ mm}^2$$

选用 $\Phi 6.5@200 \Phi 12$ 水平向筋加强

$$A_m = A_{m1} + A_{m2} = 133.1 + 133.1 \times 1.47 = 299.3 \text{ mm}^2$$

$A_s \leq A_m$ 符合要求

(2) 土钉面层的连接计算

土钉与面层通过短钢筋连接, 采用连接角焊形式

因 $t = 3.5 \text{ mm} < 4 \text{ mm}$

取 $h_f = t = 3.5 \text{ mm}$

故 $he = 2.45 \text{ mm}$ 又 $l_w = 100 \text{ mm}$

$$N_y = 66.9 \text{ KN} \quad f_w^f = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_f = \frac{66.9 \times 10^3}{2.45 \times 4 \times 100} = 68.3 \text{ N/mm}^2 < f_w^f$$

满足要求

10、抗管涌计算

取 $k = 2.0$

$$\begin{aligned} t &= \frac{kh.r_w}{2\gamma'} - \frac{h}{2} \\ \text{由} \quad &= \frac{2 \times 5 \times 10}{2 \times 7.8} - \frac{5}{2} = 3.9 \text{ m} \end{aligned}$$

则 $H_z = 5 + 3.9 = 8.9 \text{ m}$

实取 $H_z = 10 \text{ m}$

六、降水设计

基坑的涌水量估算在 1500 米³/日左右, 经过止水措施后, 通过日夜不停的连续抽水, 预计 10 天后单井出水量减弱到 1/3 左右, 因仍有少量深搅帷幕的渗水和基坑底垂直渗透水流入基坑内。

根据估算在基坑内的布置井二十四口, 主楼区布管井 14 口, 井深 14 米, 其中有 4 口管井布在主付楼交界区, 住宅楼区布管 10 口, 井深 12 米, 在基坑内布回灌井 (观察井) 7 口井深米, 西侧邻太平南路布回灌井 2 口, 南侧布回灌井 3 口, 东、北二侧布回灌井 2 口。

(1) 基坑涌水量估算 (大井法) 潜水井群基坑涌水量计算公式 (高层建筑施工

5-3-20)

$$Q = \frac{1.366K(H^2 - h_o^2)}{\lg(R + X_o) - \lg X_o}$$

式中 H——潜水含水层厚度①-1、①-2、②-1 层总厚 11 米
R——②-1 粉土粉砂层抽水影响半径 15 米（经验值）
h_o——基坑中心水头高度 4 米（11 米——7 米水位下降值）
K——1 米²/日

$$X_o \text{——大井引用半径} \quad X_o = \frac{120 + 80}{4} = 1.18 \times 50 = 59\text{m}$$

代入

$$Q_1 = \frac{1.336 \times (11^2 - 4^2)}{\lg(15 + 59) - \lg 59} = 1463\text{m}^3/\text{日}$$

(2) 单井涌水量估计 潜水

$$Q_{\text{单井}} = \frac{1.336K(H^2 - h_o^2)}{\lg R - \lg r}$$

式中 h_o——因井水位下降值超过 11 米，h_o 取 0 值

R——影响半径 15 米

r——钻孔半径 0.4 米

k——渗透系数 1 米/日

代入

$$Q = \frac{1.366 \times 1 \times 11^2}{\lg 15 - \lg 0.4} = 105 \text{ 米}^3/\text{日}$$

(3) 验算

基坑涌水量 Q=1463m³/日

单井涌水量 Q=105m³/日 单井总涌水量 105 × 24=2520m³/日

$$\text{安全系数} \frac{2520}{1463} = 1.7 > 1.5 \text{ 安全。}$$