

住宅楼基坑土钉墙支护^{*}

李子鸿¹, 黄赓彪²

(1. 东莞市环宇建筑设计院, 广东 东莞 523900;

2. 中山大学力学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 根据中华人民共和国行业标准《建筑基坑支护技术规程》及某住宅楼场地的基坑周边环境, 以土钉墙作为基坑支护, 计算了土钉的受拉及抗拉荷载, 设计了土钉的尺寸, 验算了基坑侧壁的整体稳定性。

关键词: 基坑支护; 土钉墙; 整体稳定性

中图分类号: U412 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) S1-0269-03

深基坑支护设计与施工既是大城市建筑工程中的重要关键问题, 又是岩土力学学科中比较复杂和困难的问题。其所以重要, 是由于现代大城市高层建筑的地下部分和城市地下交通均需要充分利用地下空间, 基坑开挖深度已从十几米发展到二三十米。基建工程中, 由于深基坑支护失误, 造成重大经济损失、延误建设 I 期的事故屡见发生。如何保证深基坑支护工程既安全可靠又经济合理, 是当前城市建设中的一项重要课题。本文根据中华人民共和国行业标准《建筑基坑支护技术规程》^[1] (简称规程) 及某住宅楼周边环境, 设计了基坑支护的土钉墙。目前该楼盘的基础建设已完成, 基坑支护方案被证明安全可靠且较经济合理。其设计如下。

1 地质情况

地面表层为杂填土, 厚约 2~3.5 m, 内摩擦角 $\varphi_1=18^\circ$, 粘聚力 $C_1=17$ kPa;

细制砂及重粉质粘土, 厚度约为 3~4.5 m, 内摩擦角 $\varphi_2=30^\circ$, 粘聚力 $C_2=50$ kPa

卵石圆砾及粉质和重粉质粘土, 厚度 ≥ 4.8 m, 平均内摩擦角 $\varphi_3=34^\circ$, 平均粘聚力 $C_3=50$ kPa。

土的平均重度取为 $\gamma=20$ kN/m³。

2 基坑及土钉墙构造

基坑尺寸: 长 $\times$ 宽 $\times$ 深=63 m $\times$ 40 m $\times$ 9.2 m, 基坑侧壁坡度为 1:0.12, 坡角约为 $\beta=83.16^\circ$ 。

土钉布置方案: 由地面往下 1 m 处开始, 竖向布置 6 排土钉, 水平及铅垂钉距 $s_x=s_y=1.5$ m, 钢筋网选用 I 级钢筋 $\phi 6@200$ mm $\times$ 200 mm, 喷射混凝土强度为 C_{20} , 土钉墙厚度取为 100 mm, 坡顶

宽度 $\beta=6.5$ m。土钉与水平面夹角 $\alpha_i=10^\circ$, ($i=1, 2, \dots, 6$), 土钉钢筋选用 II 级螺纹钢 $\phi 20$ mm, 钻孔直径为 $D=100$ mm。

3 土钉受拉荷载、土钉尺寸及土钉的抗拉承载力

根据《规程》, 各土钉受拉荷载标准值计算如下:

$$T_{jk} = \zeta_k e_{qjk} S_{yj} / \cos \alpha_j;$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, 6, k = 1, 2, 3 \quad (1)$$

其中, ζ_k 是荷载折减系数, e_{qjk} 是第 j 个土钉位置处的基坑水平荷载标准值, $s_{yj} = s_{zj} = 1.5$ m ($j = 1, 2, \dots, 6, k = 1, 2, 3$), α_j 是第 j 个土钉与水平面的夹角, $\alpha_j = 10^\circ$ ($j = 1, 2, \dots, 6$), ζ_k 是由下式计算

$$\zeta_k = \frac{\tan \frac{\beta - \psi_k}{2} \left[\frac{1}{\tan[(\beta + \psi_k)/2]} - \frac{1}{\tan \beta} \right]}{\tan^2(45^\circ - \psi_k/2)} \quad (2)$$

这里, $\beta = 83.16^\circ$ 是土钉墙坡面与水平面的夹角, ψ_k ($k = 1, 2, 3$) 是第 k 土层的内摩擦角, 于是可得:

$$\zeta_1 = 0.8582, \zeta_2 = 0.8104, \zeta_3 = 0.8024$$

式 (1) 中, e_{qjk} 按朗金主动土压力计算, 即

$$e_{qjk} = (q_0 + \gamma H_j) k_{ak} - 2c_k \sqrt{k_{ak}} \quad (3)$$

其中, q_0 为坡面超载, 为 20 kN/m², $\gamma = 20$ kN/m³, H_j 是第 j 个土钉所处的深底, $k_{ak} = \tan^2(45^\circ - \psi_k/2)$ 。于是有

$$T_{11} = 1.0060 \text{ kN}, T_{22} = 35.6661 \text{ kN},$$

$$T_{32} = 66.3811 \text{ kN}, T_{42} = 48.1531 \text{ kN},$$

$$T_{53} = 82.9223 \text{ kN}, T_{63} = 98.4705 \text{ kN}。$$

* 收稿日期: 2004-03-28

作者简介: 李子鸿 (1969 年生) 男, 助理工程师; 通讯联系人: 黄赓彪; E-mail: hmlzh@21cn.com

为了计算土钉的长度,须确定基坑侧壁可能滑裂的滑裂面,由于地基土非均匀(约为3类土层),滑裂面经3类土层的形状不尽一样,以3类土层与滑裂面交界点为界,将滑动体分为3个土条,各土条的滑裂面大致与水平面成 55° ,故将滑动土体近似看作三角楔块,于是可近似算得各土钉在滑裂面以内的长度分别为:

$L_{a1} = 5.2\text{ m}, L_{a2} = 4.25\text{ m}, L_{a3} = 3.30\text{ m},$

$L_{a4} = 2.35\text{ m}, L_{a5} = 1.39\text{ m}, L_{a6} = 0.44\text{ m}$

至于土钉进入滑裂面以外的长度,可由《规程》规定的单根土钉抗拉承载力 T_{uj} 须满足

$1.25\gamma_0 T_{jk} \leq T_{uj} \tag{4}$

确定,式(4)中, γ_0 是基坑侧壁重要性系数,这里取 $\gamma_0 = 1$, T_{jk} 见式(1)。 T_{uj} 由下式计算

$T_{uj} = \frac{1}{\gamma_s} \pi d_{nj} \sum_{k=1}^m q_{sjk} L_k \tag{5}$

式(5)中, $\gamma_s = 1.3$ 是土钉抗拉分项系数, d_{nj} 是第 j 根土钉锚固体的直径,本工程以 $d_{nj} = 0.1\text{ m}(j = 1, 2, \cdots, 6)$, $\sum_{k=1}^m q_{sjk} L_k$ 表示第 j 个土钉进入基坑侧壁滑裂面以外各土层的抗拉能力,为了利用式(4)确定土钉进入滑裂面以外的长度 L_{bj} ,计算中,取各土层的粘聚力的平均值 $\overline{q_j}$,即式(5)近似表示为

$T_{uj} = \frac{1}{\gamma_s} \pi d_{nj} \overline{q_j} L_k \tag{6}$

由式(4)、(5),得

$L_{bj} \geq \frac{1.25\gamma_0 \gamma_s T_{jk}}{\pi d_{nj} \overline{q_j}} = 5.1752 \frac{T_{jk}}{\overline{q_j}}$
 $j = 1, 2, \cdots, 6; k = 1, 2, 3 \tag{7}$

其中, $\overline{q_1} = 18\text{ kPa}, \overline{q_2} = 30\text{ kPa}, \overline{q_3} = \overline{q_4} = 50\text{ kPa}, \overline{q_5} = \overline{q_6} = 130\text{ kPa}。$

于是,可取

$L_{b1} = 1\text{ m}, L_{b2} = 6.5\text{ m}, L_{b3} = 6.87\text{ m},$

$L_{b4} = 4.98\text{ m}, L_{b5} = 3.58\text{ m}, L_{b6} = 3.91\text{ m},$

各土钉总长度 $L_j = L_a + L_{bj}(j = 1, 2, \cdots, 6)$,得

$L_1 = 7.2\text{ m}, L_2 = 10.5\text{ m}, L_3 = 10.2\text{ m},$

$L_4 = 7.4\text{ m}, L_5 = 5\text{ m}, L_6 = 4.5\text{ m}$

各土钉抗拉极限承载力分别为

$T_{u1} = 11.304\text{ kN}; T_{u2} = 57.933\text{ kN},$

$T_{u3} = 107.859\text{ kN}, T_{u4} = 78.186\text{ kN},$

$T_{u5} = 146.1356\text{ kN}, T_{u6} = 159.606\text{ kN}$

4 土钉墙的整体稳定性验算

根据《规程》,土钉墙的整体稳定性须满足

$$s \sum_{i=1}^n c_{ik} L_i + s \sum_{i=1}^n (w_i + q_0 b_i) \cos \theta_i \tan \psi_k + \sum_{i=1}^m T_{nj} [\cos (\alpha_j + \theta_j) + 0.5 \sin (\alpha_j + \theta_j) \tan \psi_k] - s \gamma_k \gamma_0 \sum_{i=1}^n (w_i + q_0 b_i) \sin \theta_i \geq 0 \tag{8}$$

式中, $n = 3$ 是滑动土条数, $m = 6$ 是土钉数, γ_k 是整体滑动分项系数,取 $\gamma_k = 1.3$, $\gamma_0 = 1$ 是基坑侧壁重要性系数, w_i, b_i 分别是第 i 土条重量和宽度。 c_k, ψ_k 分别是第 i 土条滑裂面处土体固结不排水(快)剪切粘聚力和内摩擦角标准值, θ_i 是第 i 土条滑裂面处中点切线与水平面夹角, α_j 是第 j 根土钉与水平面的夹角, $\alpha_j = 10^{\circ}(j = 1, 2, \cdots, 6)$, s 是计算滑动体单元厚度,这里, $s = 1.5\text{ m}$, T_{nj} 是第 j 根土钉在圆弧滑裂面外锚固体与土体的极限抗拉力,式(8)中的各项计算如下:

$s \sum_{i=1}^n c_{ik} L_i = 175.95\text{ kN}$

$s \sum_{i=1}^n (w_i + q_0 b_i) \cos \theta_i \tan \psi_k = 381.6833\text{ kN}$

$\sum_{i=1}^m T_{nj} [\cos (\alpha_j + \theta_j) +$

$0.5 \sin (\alpha_j + \theta_j) \tan \psi_k] = 549.1789\text{ kN}$

$s \gamma_k \gamma_0 \sum_{i=1}^n (w_i + q_0 b_i) \sin \theta_i = 669.6460\text{ kN}$

于是,式(8)左边 $= 437.166 > 0$,满足整体稳定性要求。

5 结 语

目前,该工程的基础构筑已完成,基坑支护使命也已完成。工程施工过程表明,本基坑土钉墙支护设计安全可靠,经济合理指标也符合《规程》要求。

参考文献:

[1] 中国建筑科学研究院. 建筑基坑支护技术规程[S]. 1999.
[2] 陈希哲. 土力学地基基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.

**Retaining and Protecting for Foundation Excavation
with Soil Nailing Wall of Some Building**

LI Zi hong¹, HUANG Cheng biao²

(1. Huanyu Building Designing Institute of Dongguan City, Dongguan 523900, Guangdong China;
2. Department of Mechanics, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: According to the “Technical Specification for Retaining and Protection of Building Foundation Excavation” of the trade standard of China, and the surroundings around foundation pit, the retaining and protecting for foundation excavation with soil nailing wall is designed. The tension and the resistance tension are computed. And the sizes of the soil nailing are designed. And the entirety stability of the side of foundation pit is checked.

Key words: retaining and protecting for foundation excavation; soil nailing wall; entirety stability