

① 广州日升大厦深基坑支护方案优化设计

51-53

潘明鸿 杨 媛[✓] 丁仕辉 丘宏余

TU753

(广东省水利水电第二工程局 广州 511341)

摘要 介绍由广东省水利水电第二工程局基础一公司于 1995 年施工的广州日升大厦深基坑支护方案的优化设计。采用有限单元的数值解法,运用微机设计,最后采用非均匀配筋的人工挖孔桩加预应力锚杆支护方案。比按原双排人工挖孔桩设计方案节省投资 50%,且工期短、效果好。

关键词 深基坑支护 挡土桩 预应力锚杆 桩顶位移

优化设计, 商业住宅楼

广州日升大厦为广东太阳神集团投资兴建的 25 层综合商业住宅楼,且建两层地下室,基坑开挖至 -10.8 m 高程,周边长约 180 m。该建筑物位于广州青龙坊住宅区,基坑四周均为 5~8 层民房,民房离基坑边为 1.5~3.5 m。为了确保周边建筑物及地下构筑物安全,必须对基坑支护方案进行慎重设计,做到万无一失,否则后果不堪设想。在此之前,业主委托广东省某甲级设计院设计支护方案,该设计院提交了一份双排人工挖孔桩支护方案,为悬壁结构,且没复算桩顶位移对周边建筑物的影响。若按此方案施工,预算投资达 795 万元,工期为半年,并且桩顶位移偏大。因此,业主经过广泛的市场调查,委托广东省水利水电第二工程局基础一公司对支护方案进行优化设计,广东省水利水电第二工程局基础一公司提交了一份安全、可靠的方案,且负责施工,结算造价为 380 万元,工期为 3 个月,效果良好,受到广东岩土工程界的好评。

民生活用水。

表 1 土质分层情况

土层号	岩土层名	厚度 /m	容重 /kN·m ⁻³	凝聚力 /kPa	内摩擦角 (°)	弹性模量 /MPa
1	粉质粘土	1.0	19.60	14.72	15.0	8.0
2	粉质粘土	3.0	19.6	17.64	2.0	10.0
3	细砂	2.0	20.60	0.00	22.0	8.0
4	粉质粘土	1.8	19.62	14.72	15.0	8.0
5	粉质粘土	2.2	21.58	19.62	25.0	12.0
6	粉质粘土	6.0	21.58	24.53	30.0	20.0
7	微风化细砂岩		23.58	31.55	40.0	150.0

2 某建筑设计院提交的设计方案

广东省某甲级建筑设计院的设计方案中,其支护方案平面布置简图如图 1 所示。图中 A 型及 B 型均为桩芯 $\varnothing 1500$ 人工挖孔桩,护壁 175 mm 厚,桩芯混凝土标号为 C20,桩底标高为 -24.0 m(即入岩 8~11 m),A 型桩顶设联系梁。其挡土桩配筋情况如下:A 型及 B 型桩每根配 16 $\varnothing 22$ 主筋,通长均匀布置;另每根桩在迎土面圆心角为 150° 范围内配 16 $\varnothing 28$ 主筋,长度范围为标高 -3.01~21.0 m;箍筋为 $\varnothing 8@200$,加强箍为 $\varnothing 16@2000$ 。

整个工程需要挡土桩为 148 根,钢筋制安为 365 t,浇筑 C20 混凝土约 8900 m³,其中

1 场地工程地质及水文地质

场区为粉质粘土(中间夹细砂)及粉砂岩,具体土质情况见表 1。场区地下水位约在地表以下 2.0 m,主要为地表降水及周围居

第一作者简介:潘明鸿,男,工程师,从事岩土工程设计与施工,曾发表《土层锚杆回收的设计与施工技术》等论文。

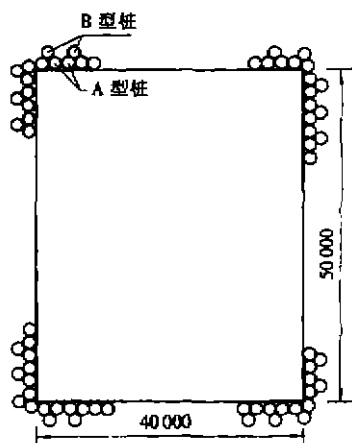


图1 日升大厦基坑支护平面简图

入岩混凝土约 2 500 m³。工程投资按二级企业计费为 720 万元,另加入岩增加费等,总价约 795 万元。工期约需半年,因入岩太深,需要爆破,大大影响了工期。

3 第二工程局提交的设计方案

3.1 支护方案设计思路

广东省水利水电第二工程局基础一公司设计方案中支护方案的设计思路如下:

a. 考虑基坑分期开挖,采用土桩共同作用计算;

b. 考虑结构周围土的应力-应变关系,采用修正剑桥模型,屈服函数为

$$p + \frac{q^2}{m^2(p + p_r)} = p_a \exp \frac{\varepsilon_0^p (1 + e_0)}{\lambda - K}$$

$$p_a = 98.1 \text{ kPa}$$

式中 p 为平均法向应力(球应力); q 为偏应力; $p_r = C \tan \varphi$; p_a 为初始应力,取大气压。

c. 锚杆与土界面,采用 Goodman 接触单元,切线刚度取双曲线模式:

$$K_s = [1 - R_f \tau / (C + \sigma_n \tan \delta)]^2 \cdot K_1 \gamma_w g (\sigma_a / p_a)^n$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

d. 锚杆采用杆单元,利用预应力的作用,计算出锚杆拉力;

e. 设计 $\varnothing 1200$ 挡土桩,计算出桩顶位移以及周边土的下沉量及桩的纵向弯矩。

上述计算采用有限单元数值解法,并运

用微机计算。

3.2 支护结构设计参数

支护结构设计参数选取见表 2 至表 5。

表 2 墙体尺寸及网格划分控制参数 单位:m

项 目	参数值
支护体厚度 PD	1.20
支护结构总高度 PL	14.30
水平向有限元控制边长 $ELMX$	2.00
铅直向有限元控制边长 $ELMZ$	1.50
水平向计算区域宽度 CWM	25.00
铅直向计算区域深度 CDM	26.70
支护结构顶部低于地面深度 DZP	1.50

表 3 锚杆有关参数数组

项 目	参数值	项 目	参数值
固定点深度/m	1.50	预应力/MPa	190.00
水平倾角($^\circ$)	30.00	屈服应力/MPa	400.00
自由段长度 L_0 /m	12.00	锚杆间距/m	1.50
总长度 L /m	25.00	弹性模量/MPa	2.00×10^5

表 4 锚杆与土界面参数数组

项 目	参数值	项 目	参数值
外摩擦角 ψ ($^\circ$)	36.00	K_1	3 100.00
凝聚力 C /kPa	16.00	n	0.00
破坏比 R_f	0.80	k_n/r_w	100 000.00

表 5 四边形单元材料参数数组

项 目	参数值	项 目	参数值
γ /kN·m ⁻³	20.20	λ	0
φ ($^\circ$)	49.70	K	100.00
C /kPa	17.00	/	
ν	0.38	$K_u/10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$	1.0×10^4
G /kPa	0.38	$K_v/10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$	1.0×10^4
O	0	K_0	0.60
e_0	0.30		

注:斜杠处可任填,此数值为第一层土的参数,输入完这一组数值后,同样需输入第二至第六层土的相应参数。

分级开挖参数如下:总历时 30d,开挖历时 10d,计算时间间隔为 5d。支护结构底部土的容许承载力 $RPB = 400 \text{ kPa}$ 。

3.3 方案简述

只设一排桩芯 $\varnothing 1200$ 的人工挖孔桩,护壁厚度 150mm,桩身混凝土标号为 C25,桩底标高为 -15.3 ~ -13.8 m,桩顶标高为 -2.5 m。在 -2.5 m 标高处设一道预应力锚杆,锚杆间距 1.5 m,单根锚杆长度为 23 ~ 25 m,与水平面夹角为 30°,每根锚杆锚筋为 $\varnothing 40$,设计荷载为 400 kN,施加 250 kN 预应力。西墙

剖面见图 2。

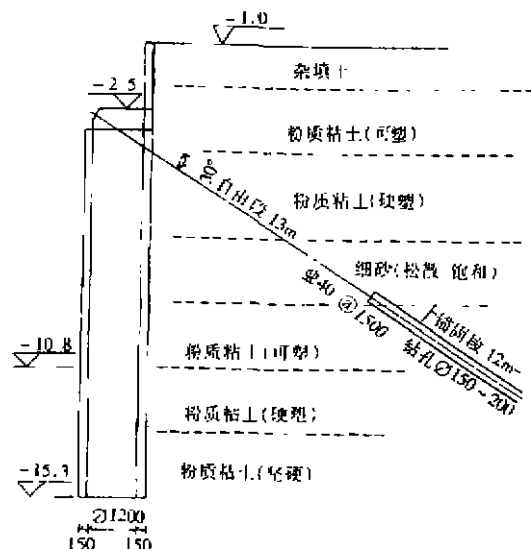


图 2 西墙剖面图

挡土桩配筋情况:在开挖侧圆心角为 90° 范围内配 7~11 $\varnothing 25$ 钢筋,通长布置;在迎土面圆心角为 270° 范围内均匀配置 9 $\varnothing 18$ 钢筋,通长布置;箍筋为 $\varnothing 8 @ 200$,加强箍为 $\varnothing 16 @ 2000$ 。在标高为 $-2.5 \sim -2.0\text{m}$ 范围内设联系梁,主筋为 8 $\varnothing 25$,箍筋为 $\varnothing 8 @ 250$ 。

经过计算,墙顶最大位移为 1.58 cm,基坑底最大位移为 3.31 cm,自上而下,各结点的最大位移值见表 6。

主要工程量及造价:挡土桩为 117 根,钢筋制安为 94t,浇筑 C_{25} 混凝土约 2000m^3 ,其中岩层混凝土约 80m^3 ,预应力锚杆 112 根,2900m,桩顶联系梁钢筋混凝土 90m^3 。工程结算价为 380 万元,工期为 3 个月,且施工简便。

表 6 各结点的最大位移值

深度/m	位移/cm	深度/m	位移/cm	深度/m	位移/cm
0.00	1.58	5.30	2.63	11.52	1.81
1.33	1.64	6.42	2.76	12.64	1.90
2.65	1.70	7.55	3.04	14.30	1.99
3.00	1.83	8.87	3.31		
4.00	2.52	10.20	2.73		

3.4 竣工验收效果

实际竣工后的墙顶位移为 1.6 cm,墙底最大位移为 3.0 cm,同设计计算结果相当接近,周边建筑物及地下构筑物完好无损,被评

为优良工程。

随着固结时间的增长,孔隙水压力减少,挡土结构所受总压力减少,有利于挡土结构的稳定。

4 结 语

某甲级设计院的设计方案采用传统极限土压力计算,在周边建筑物多且近的情况下用悬壁结构挡土(经广东省水电二局复算,桩顶位移可达 3.5 cm 以上),是一种欠成熟的设计,若按此种方案组织施工,会造成国家财富的巨大浪费,工期会延长,且欠安全。广东省水利水电第二工程局基础一公司通过近十年围护结构的经验,反复比较、验证,全面考虑结构与土的相互作用、土体非线性和位移对土压力的影响、固结对结构稳定性的影响等各因素,运用广东省水电第二工程局基础一公司同河海大学岩土工程研究所合作开发的设计软件,采用微机设计,成功地完成了日升大厦围护结构的设计及施工,为业主节省了大量资金,为整个工作争取了时间,并保证工程安全可靠。

深基坑支护是一门理论性和实践性都很强的技术,在不同地质条件、不同性质的建筑物中应具体对待,并应该经过技术、经济、工期的反复比较,采用最优方案。

袁宝本、高鹏飞、骆卫峰工程师在方案优化及施工过程中给予了大力支持,在此表示衷心感谢。

参考文献

- 1 赵维炳,施建勇,余志颖等.深基坑支护结构设计软件的开发.见:吴玉山主编.高层建筑基础工程技术.武汉:科学出版社,1995.72
- 2 钱家欢,殷宗泽.土工原理与计算.南京:河海大学出版社,1994
- 3 谢适安,丁仕辉,潘明鸿.土层锚杆在广东的应用.岩土力学与工程,1994(2):16
- 4 丁仕辉,潘明鸿.土层锚杆回收的设计与施工技术.水利水电科技进步,1995(5):52

(收稿日期:1996-04-30 编辑:张志琴)