

成都某深基坑支护方案设计

贺伟

四川省交通勘察设计研究院有限公司

摘要：本文结合成都市某深基坑支护工程的支护方案，为保证支护满足设计要求且对周边建筑物影响较小，拟对该基坑采用单排锚杆或者双排锚杆进行比选，确定何种方式满足规范要求。

关键词：设计；深基坑；支护；锚杆

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.20.140

一、前言

深基坑工程问题在我国随着城市建设的迅猛发展而出现，并且曾造成人们困惑的一个技术热点和难点。

城市中深基坑工程常处于密集的既有建筑物、道路桥梁、地下管线、地铁隧道或人防工程的近旁，虽属临时性工程，但其技术复杂性却远甚于永久性的基础结构或上部结构，稍有不慎，不仅将危及基坑本身安全，而且会殃及临近的建构筑物、道路桥梁和各种地下设施，造成巨大损失。从另一方面讲，深基坑工程设计需以开挖施工时的诸多技术参数为依据，但开挖施工过程中往往会引起支护结构内力和位移以及基坑内外土体变形发生种种意外变化，传统的设计方法难以事先设定或事后处理。有鉴于此，人们不断总结实践经验，针对深基坑工程，萌发了信息化设计和动态设计的新思想，结合施工监测、信息反馈、临界报警、应变（或应急）措施设计等一系列理论和技术，制定相应的设计标准、安全等级、计算图式、计算方法等。本次方案设计就从基坑稳定性及对周边建筑物影响出发，确定最终的基坑支护方案。

二、工程概况

根据某岩土勘查单位《岩土工程勘察资料》（以下简称“地质资料”），选取较软弱的2#钻孔作为计算地质模型。根据众多深基坑的实践成果，成都地区的基坑支护可按基坑开挖范围内土层的厚度加权值来确定计算参数。本场地是成都地区典型的“二元”土质结构，即：0~3.0m为土层，以下为卵石层。“地质资料”中提供的卵石层抗剪强度指标为天然状态指标，且主要用于地基承载力的计算。基坑施工及使用期间的降水，会使卵石层的抗剪切强度比天然状态下有所提高，在基坑设计中如果不考虑此因素，将会使设计结果太保守。根据本地区众多深基坑工程的成功实践并结合本场地的岩土条件，本次设计采用以下土层参数：

0.0~3.2m：素填土， $\gamma=16.5\text{kN/m}^3$ ， $c=9.0\text{kPa}$ ， $\Phi=15^\circ$ ， $m=10\text{MN/m}^4$ ；

3.2~13.5m：卵石层， $\gamma=21.0\text{kN/m}^3$ ， $c=6.0\text{kPa}$ ， $\Phi=35.0^\circ$ $m=80\text{MN/m}^4$ ；

13.5m以下：中密卵石， $\gamma=22.0\text{kN/m}^3$ ， $c=6.0\text{kPa}$ ， $\Phi=38^\circ$ $m=120\text{MN/m}^4$ ；

考虑基坑超载 20.0kN/m^2 。

三、基坑支护方案设计

根据工程概况，结合该工程地质条件特点并考虑经济实用性，确定采用何种基坑支护形式，以满足基坑稳定安全。本次设计结合该地区已经比较成熟的基坑支护形式，就单排锚杆支护和双排锚杆支护方案进行比选。

（一）单排锚杆支护

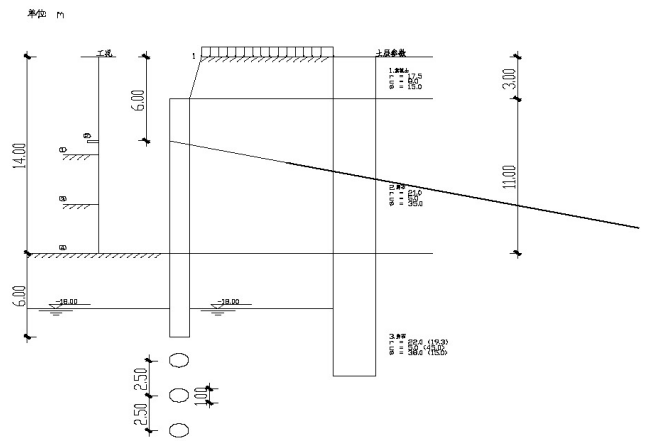
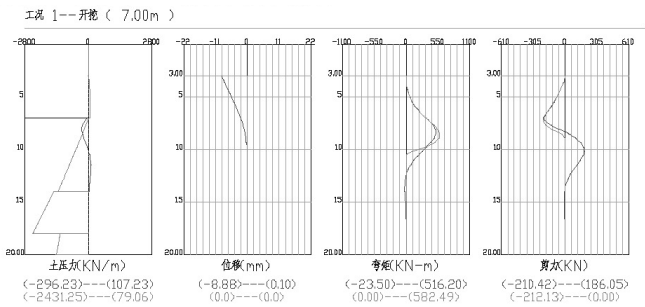


图1 单排锚杆计算简图

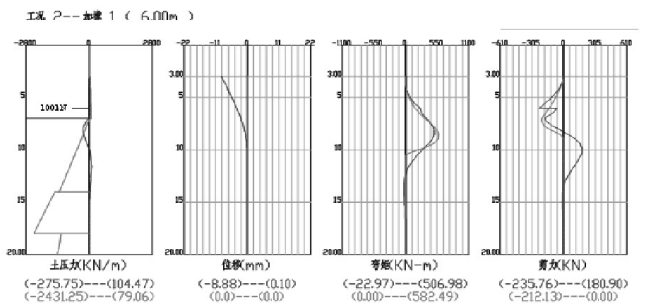
采用以下4种工况进行计算：

- (1) 开挖至-7.0m；
- (2) 加第一道锚杆；
- (3) 开挖至-10.0m；
- (4) 开挖至-14.0m；

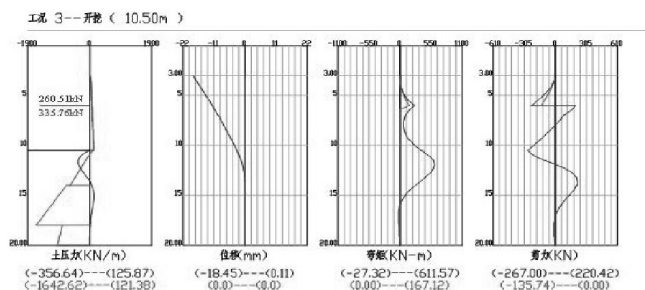
计算结果如下图，下列土压力、位移、弯距、剪力图均未m法计算结果。



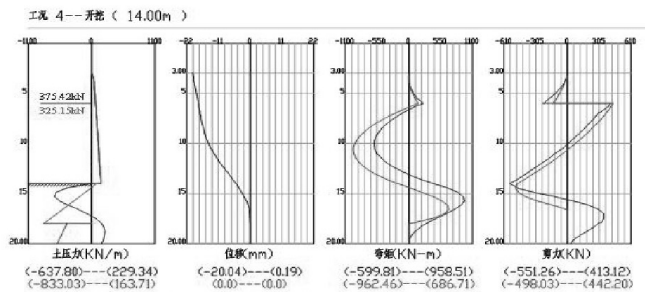
工况一土压力、位移、弯距、剪力图



工况二土压力、位移、弯距、剪力图



工况三 土压力、位移、弯矩、剪力图



工况四土压力、位移、弯矩、剪力图

图2 土压力、位移、弯矩、剪力图
 基坑开挖(工况4)对周边环境的影响如下图:

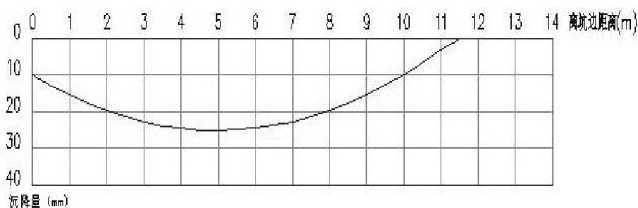


图3 距基坑边缘不同距离位移变形图

计算结果分析:

(1) 桩顶的水平位移最大值出现在第四工况, 最大位移为20.04mm, 不满足招标文件20.00mm的要求;

(2) 基坑开挖造成周边建筑物附加沉降, 按照成都地区常用的抛物线法预测, 周边最大沉降为25mm, 发生在离基坑5m左右的位置;

(3) 支护桩的最大弯矩为958.51kN.m, 位于-11.0处。

(4) 锚杆内力设计值取350kN。

桩身配筋计算:

按截面面积相等的原则, 将圆截面桩简化为方形桩, 其方桩边长 $d=0.886 \times 1000=886\text{mm}$

桩靠开挖面一侧:

弯矩设计值 $M=1.25 \times 1.1 \times 958.51 \times 0.75=988.46\text{kN.m}$, 设计取1000kN.m。

计算所需钢筋 $A_s=4302.227\text{mm}^2$, 取6Φ20+5Φ25, $A_s=4340.0\text{mm}^2$

桩靠土一侧:

弯矩设计值 $M=1.25 \times 1.1 \times 599.81 \times 0.85=701.03\text{kN.m}$, 设计取750kN.m。

计算所需钢筋 $A_s=3160.408\text{mm}^2$, 取6Φ20+3Φ25, $A_s=3358.0\text{mm}^2$

从弯矩包络图上可以看出, 弯矩的最大值及正负符号变化都集中在-5.0~-16.5的范围, 因此采用三段配筋:

(1) -3.0~-5.0m; 按构造配(最小配筋率0.2%), 每一侧6Φ20, 可以抵抗最大弯矩457.36kN.m; 而该段的最大弯矩设计值为114.95kN.m, 满足要求;

(2) -5.0~-16.5m; 按计算配筋;

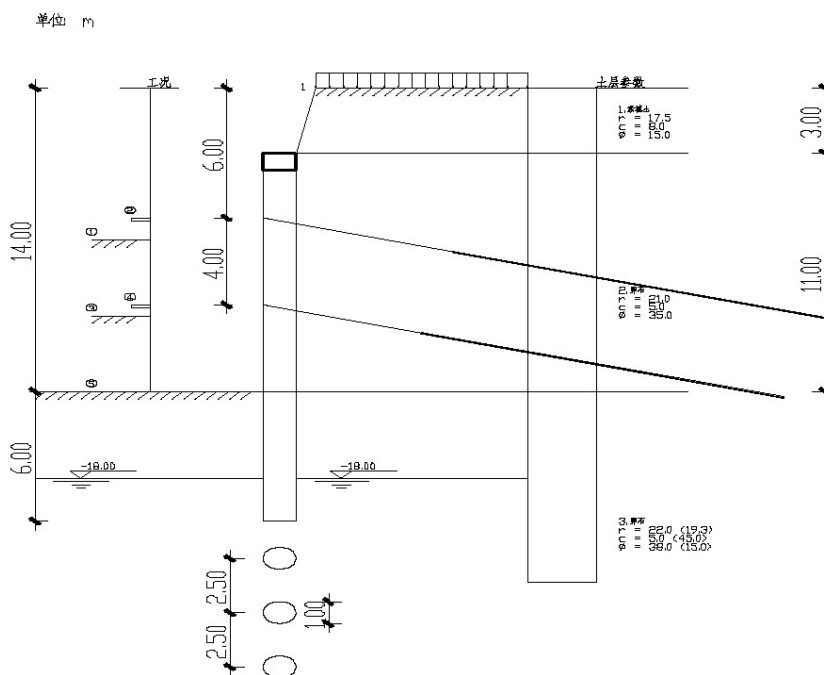


图4 双排锚杆计算简图

(3) -16.5~-20.0m; 按构造配, 每一侧6Φ20, 可以抵抗最大弯矩457.36kN.m; 而该段的最大弯矩设计值为426.10kN.m, 满足要求;

(二) 双排锚杆支护

通过上面计算, 发现采用单排锚杆, 桩顶的水平位移最大值为20.04mm, 满足不了附近宿舍楼的变形要求(按照招标文件要求, 此处水平位移要求为20mm), 此时可采用增加桩长、桩径、减少桩间距、增加锚杆排数等方面来满足要求, 根据多个工程的设计施工经验, 采用增加一排锚杆的方法最经济、适用。目前, 采用双排锚杆, 可采用m法或有限元法来计算分析, 此设计采用m法进行。

计算结果:

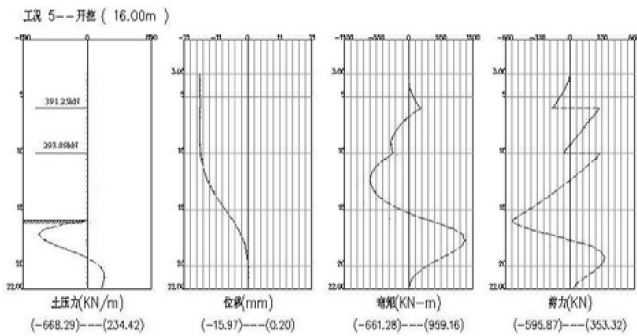


图5 土压力、位移、弯距、剪力图

基坑开挖(工况五)对周边环境的影响如下图:

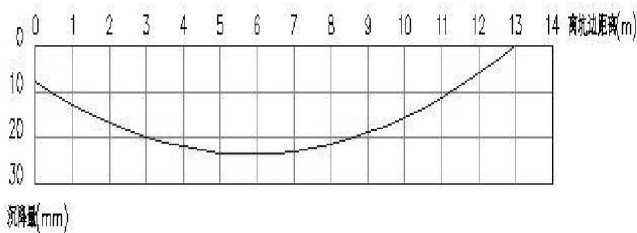


图6 距基坑边缘不同距离位移变形图

计算结论:

(1) 桩顶的水平位移最大值出现在第五工况, 最大位移为15.97mm, 满足招标文件20.00mm的要求, 同时采用双排锚杆可以减少排桩的嵌入长度;

(2) 基坑开挖造成周边建筑物附加沉降, 按照成都地区常用的抛物线法预测, 周边最大沉降为23mm, 发

生在离基坑6m左右的位置;

(3) 实际上此处基坑开挖并没有达到16.0m, 而是由于塔楼基础开挖导致桩内侧的覆土有效厚度不够, 所以按16.0m基坑来计算。采用对称配筋, 弯矩设计值取900kN.m(比理论分析略小)。计算需要配筋 $A_s=3764.942\text{mm}^2$, 取6Φ20+5Φ25, $A_s=4340\text{mm}^2$ 。

(4) 第一排锚杆内力设计值取350kN, 第二排锚杆内力设计值取300kN。

锚杆长度计算:

根据以上的计算成果, 第一排锚杆的设计内力为300~350kN, 考虑到附近宿舍一侧基坑变形要求严格, 锚杆的实际受力比较复杂, 本次计算全部采用350kN进行考虑。第二排锚杆全部采用300kN进行分析。

$$l_f = l_i \cdot \sin(45 - \frac{1}{2}\phi_k) / \sin(45 + \frac{\phi_k}{2} + \theta)$$

按照上式计算, 第一排锚杆的自由长度为3.9m, 第二排为2.3m。

根据基坑规范(4.4.3)式计算锚固段所需要的长度, 第一排为11.1m, 第二排为9.7m。

因此第一排锚杆长度为3.9+11.2=15.0m, 第二排为2.3+9.7=12.0m。16m深的基坑是由于塔楼基础开挖导致桩内侧的覆土有效厚度不够, 锚杆实际受力状态与上面的计算变化不大, 仍采用以上的计算成果。

四、结论

通过计算分析, 采用双排锚杆支护可以减少桩底嵌入深度, 同时桩顶位移满足设计要求。相比采用单排锚杆支护, 桩顶位移以及周边建筑物的位移变形均较小且基坑安全度高。因此本次基坑支护形式采用双排锚杆支护。

参考文献

[1] JGJ120-2012 建筑基坑支护技术规程[s].
 [2] JGJ79-2012 建筑地基处理技术规范[s].
 [3] 杨光华. 深基坑支护的使用计算方法及其应用[M]. 地质出版社, 2004.
 [4] 曾宪明. 土钉支护设计与施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
 [5] 尉希城. 支挡结构设计手册[M]. 中国建筑工业出版社, 1995.