

本科毕业设计（论文）任务书

____2007____ 届 ____建筑工程____ 学院

____土木工程____ 专业

学生姓名：_____

毕业设计（论文）题目

中文：高层大楼的桩基础和基坑支护设计

英文：The high building the pile foundation and
foundation pit supporting design

摘 要

本设计为某多层建筑的桩基础设计和某综合楼的基坑支护设计。本设计是根据国家现行建筑桩基技术规范、建筑基坑支护技术规程、建筑地基基础设计规范和混凝土结构设计规范,在给定地质勘察报告的前提下,进行桩基础设计和基坑支护设计,主要目的是掌握桩基础和基坑支护的设计方法。本设计采用了预制混凝土桩和灌注桩设计和土钉墙的基坑支护结构。在土压力计算过程中,运用了朗肯土压力理论;在配筋计算过程中,参照了混凝土结构设计规范;在降水处理设计时参照了建筑基坑支护技术规程;计算过程中除了以国家现行建筑基坑工程技术规程为依据外,还大量的把实际经验运用其中,加强理论与实践的结合。此次设计的主要指导原则是如何保证桩基和基坑的安全可靠、方便施工,并达到经济的效果。通过这篇论文,直观的说明了基坑支护设计所需的各种参数。

[关键词] 桩基础设计; 基坑支护设计; 土钉墙; 指导原则;

Abstract

For a multi-storey building design of pile foundation design and the design of foundation pit supporting a complex building. This design is based on the current national construction pile foundation technical specifications, building foundation pit supporting technical regulations, code for design of building foundation and concrete structure design codes, geological investigation report in a given under the condition of pile foundation design, and foundation pit supporting design, the main purpose is to master pile foundation and foundation pit bracing design method. This design USES a precast concrete piles and piles of soil nailing wall design and foundation pit supporting structure. In the process of computation in soil pressure, using the Rankine's earth pressure theory; In the process of computation in reinforcement, refer to the mix clay structure design codes; When in precipitation processing design reference the building foundation pit supporting technical procedures; In the process of computation in addition to the current national construction of foundation pit engineering based on technical specification outside, still a lot of the actual experience to use them, to strengthen the combination of theory with practice. The design of the main guiding principle is how to guarantee the safety of pile foundation and foundation pit construction, reliability, convenience and achieve economic effect. Through this paper, intuitive explains the foundation pit bracing design all kinds of parameters.

[Keywords] Pile foundation design; Foundation pit bracing design; Soil-nail wall; Guiding principle;

目 录

引言

A. 桩基础设计

1. 工程概况和研究内容.....	错误!
未定义书签。	
1.1 工程概况.....	错误!
未定义书签。	
1.2 本论文设计内容.....	- 18 -
2. 工程地质与水文地质概况.....	错误!
未定义书签。	
2.1 场区工程地质条件.....	错误!
未定义书签。	
2.2 水文地质条件.....	错误!
未定义书签。	
3. 桩基础方案设计.....	错误!
未定义书签。	
3.1 设计优选.....	错误!
未定义书签。	
3.1.1 设计依据.....	错误!
未定义书签。	
3.1.2 桩基础方案选择.....	错误!
未定义书签。	
3.1.3 桩基础设计分析.....	错误!
未定义书签。	
3.2 桩基础的设计原则及计算参数的确定.....	错误!
未定义书签。	
3.2.1 设计原则.....	错误!

未定义书签。

3.2.2 参数的初选..... 错误!

未定义书签。

4. 桩基础设计计算..... 错误!

未定义书签。

4.1 桩基础设计的主要内容..... 错误!

未定义书签。

4.2 预制混凝土桩设计计算..... 错误!

未定义书签。

4.2.1 桩基的设计与计算..... 错误!

未定义书签。

4.2.2 确定单桩极限承载力标准值..... 错误!

未定义书签。

4.2.3 确定桩数、桩的平面布置..... 错误!

未定义书签。

4.2.4 确定符合桩基竖向承载力设计值..... 错误!

未定义书签。

4.2.5 桩基础沉降验算..... 错误!

未定义书签。

4.2.6 承台设计..... 错误!

未定义书签。

4.2.7 桩身结构设计..... 错误!

未定义书签。

4.2.8 起吊点设计..... 错误!

未定义书签。

4.3 灌注桩设计计算..... 错误!

未定义书签。

4.3.1 外部荷载与桩型确定..... 错误!

未定义书签。

4.3.2 单桩承载力确定.....	错误!
未定义书签。	
4.3.3 单桩受力验算.....	错误!
未定义书签。	
4.3.4 承台设计.....	错误!
未定义书签。	
4.3.5 桩的强度验算.....	错误!
未定义书签。	
5. 预制桩沉桩对环境的影响分析及防治措施.....	- 6 -
5.1 沉桩对环境的影响.....	- 16 -
5.2 沉桩对环境影响的分析与评价.....	- 17 -
5.3 防治与控制措施.....	- 17 -
6. 施工组织与工程监测.....	- 18 -
6.1 施工组织.....	- 18 -
6.1.1 预制桩的施工.....	- 18 -
6.1.2 混凝土预制桩的接桩.....	- 19 -
6.1.3 混凝土预制桩的沉桩.....	- 19 -
1. 锤击沉桩.....	- 20 -
2. 静力压桩法沉桩.....	- 21 -
6.2 工程监测.....	- 18 -
6.2.1 平面测量监测.....	- 21 -
6.2.2 垂直测量监测.....	- 21 -
6.2.3 放线人员放线.....	- 21 -
6.2.4 提高放线精度.....	- 21 -
B. 基坑支护设计	
1. 工程概况和研究内容.....	- 18 -
1.1 工程概况.....	- 23 -
1.2 本论文设计内容.....	- 18 -
2. 工程地质与水文地质概况.....	- 24 -

2.1 场区工程地质条件..... - 24 -

2.2 水文地质条件..... - 25 -

2.3 基坑周边环境情况..... - 25 -

3. 基坑支护方案设计..... 错误!

未定义书签。

3.1 设计优选..... - 26 -

3.1.1 设计依据..... - 26 -

3.1.2 基坑支护方案优选..... - 26 -

3.1.3 支护方案设计分析..... - 27 -

3.2 支护方案的设计原则及计算参数的确定..... - 28 -

3.2.1 设计原则..... - 28 -

3.2.2 参数的初选..... - 28 -

4. 基坑支护设计计算错误! 未定义书签。

4.1 基坑支护设计的主要内容..... - 29 -

4.2 土压力计算..... 错误!

未定义书签。

4.3 基坑护围及支护方案设计..... 错误!

未定义书签。

4.3.1 方案选定..... 错误!

未定义书签。

4.3.2 方案设计与计算..... 错误!

未定义书签。

4.3.3 求最大弯矩..... 错误!

未定义书签。

4.4 验算..... 错误!

未定义书签。

4.4.1 整体稳定性验算..... 错误!

未定义书签。

4.4.2 桩墙底地基承载力验算..... 错误!

未定义书签。

4.4.3 基坑底部土体抗隆起稳定性验算..... 错误!

未定义书签。

4.4.4 抗管涌稳定性验算..... 错误!

未定义书签。

5. 降水设计..... 错误!

未定义书签。

5.1 井点系统布..... 错误!

未定义书签。

5.2 基坑排水量计算..... 错误!

未定义书签。

5.3 单根井点管的出水量..... 错误!

未定义书签。

5.4 单根井点管数及间距..... 错误!

未定义书签。

6. 施工组织与工程监测..... - 25 -

6.1 施工组织..... - 45 -

6.1.1 土钉墙施工组织..... - 45 -

6.1.2 降水施工组织..... - 45 -

6.1.3 钻孔灌注桩施工组织..... - 45 -

6.2 工程监测..... - 48 -

6.2.1 监测的目的..... - 48 -

6.2.2 监测的主要内容..... - 48 -

6.2.3 监测的主要仪器..... - 49 -

6.2.4 监测的方法..... - 49 -

6.3 环保措施..... - 50 -

6.3.1 降低噪音污染措施..... - 50 -

6.3.2 降低粉尘污染措施..... - 50 -

6.4 应急措施..... - 50 -

C. 设计总结

毕业设计小结.....	- 49 -
参考文献.....	- 50 -
致谢.....	- 50 -

引言

桩基础是人类在软弱地基上建造建筑物的一种创造，是最古老、最基本的一种基础类型。在西安半坡村遗址，人们可以看到先人将树杆插在软弱土中以支撑原始形态的建筑物，这可能是人类最早使用木桩的记录。

在本世纪初，在上海建造的如国际饭店、锦江饭店等 20 层左右的

标志性建筑物时都采用了 10 多米长的木桩；可是到本世纪末，上海建造的如 88 层金茂大厦等超高层建筑时，已经采用了 80 多米长的钢管桩。从木桩到钢管桩，从 10 多米到 80 多米，专使了桩基础技术发展的轨迹，标志着在 20 世纪中，特别是 20 世纪的后 50 年，我国桩基础技术的巨大进展。桩基础可以采用不同的材料（木、现场灌注；打入法、压入法），可以支撑在不同的土层中，可以作为各类工程结构物的基础（建筑物的低桩承台、桥梁或码头的高桩承台），因而其受力性状各不相同，承载能力相差悬殊，施工工艺和设备极其多样。

桩基技术极为复杂，发展空间相当广阔，成为地基基础领域中一个非常活跃的、具有很强生命力分支领域，50年来出现了许多新的桩型、新的工艺、新的设计理论和新的科技成果，成为我国工程建设的有力支柱。

随着高层建筑的不断增加，市政建设的大力发展和地下空间的开发利用，产生了大量的深基坑支护设计与施工问题，并使之成为当前基础工程的热点与难点。

深基坑设计与施工是土力学基础工程中的一个古老的传统课题，同时又是一个综合性的岩土工程难题，既涉及土力学中典型的强度、稳定与变形问题，同时还涉及土与支护结构的共同问题。对这些问题的认识及对策的研究，是随着土力学理论、测试技术、计算技术以及施工机械、施工技术的发展而进步完善的。

Terzaghi 和 peck 等人早在 20 世纪 40 年代就提

出了预估挖方稳定程度和支撑荷载大小的总应方法，这一理论原理一直沿用至今，但已有了许多改进与修正。Bjerrum 和 Eide 在 50 年代给出了分析深基坑底板隆起的方法。60 年代在奥斯陆和墨西哥城软粘土深基坑中开始使用仪器进行监测，此后大量实测资料提高了预测的准确性，并从 70 年代起，制定了相应的指导开挖的法规。我国 70 年代以前的基坑都比较浅，上海高层建筑的地下室大多埋深在 4m 左右。北京在 70 年代初建成了深 20m 的地下铁道区间车站。80 年代后，北京、上海、广东、天津以及其他城市施工的深基坑陆续增加。为总结各地积累的深基坑设计和施工的经验，中国土木工程学会和中国建筑学会的土力学和基础工程学会，相继召开过多次全国和地方的深基坑学术学会，并出版相关论文集。为了总结我国深基坑支护设计和施工经验，90 年代后相继在武汉、广东省及上海市等编制深基坑支护设计与施工的有关法规，并已编制了国家行业标准的有关法规。

基坑开挖深度已从十几米发展到二、三十米，而其支护的传统施工方法是板桩支撑系统或板桩锚拉系统。目前经常采用的主要基坑支护类型有：1、水泥土深层搅拌桩支护 2、排桩支护系统 3、地下连续墙。

根据基坑开挖深度、地基土及周围环境条件，选择经济而安全的设计方案是设计者的首要任务。同时，深基坑的设计与施工是密不可分、相互依赖的。施工的每一阶段，结构体系，提供比较全面的勘察、设计与施工全过程的系统知识。

本设计通过对提供资料的分析与研究，最终确定土钉墙支护的设计方案。

一、桩基础设计

A、预制桩桩基础设计

1.设计资料

1. 1、基本概况

某多层建筑一框架柱截面为 $400 \times 400 \text{mm}^2$ ，工程安全等级为二级。作用于该柱柱底面(基础顶面)处的荷载基本组合设计值为：

最大轴力组合：轴向力 $F=3170\text{KN}$ ；弯矩 $M=175\text{kN}\cdot\text{m}$ ；水平力 $H=30\text{kN}$ ；

最大弯矩组合：轴向力 $F=2370\text{KN}$ ；弯矩 $M=255\text{kN}\cdot\text{m}$ ；水平力 $H=45\text{kN}$ ；

(M 、 H 作用于柱的长边方向且均为从左指向右)。

1.2、工程地质条件

经工程勘察，场地土层可分为五层，现自上而下分述如下：

(1) 人工填土：厚度 $1\sim 1.8\text{m}$ ，未完成自重固结。

(2) 淤泥质土：厚度 $11.0\sim 14.3\text{m}$ ，呈软塑状。

(3) 粘土：厚度 $0.3\sim 1.4\text{m}$ ，呈可塑状。

(4) 粉质粘土：厚度 $1.3\sim 3.2\text{m}$ ，呈硬塑~坚硬状。

(5) 强风化岩：厚度 20m 左右，风化强烈。

柱底各土层物理力学性质指标见表 1。

表 1 各土层物理力学性质指标

土层编号	土层名称	土层厚度(m)	含水量 (%)	重度 (kN/m^3)	孔隙比 e	塑限 (%)	液限 (%)	承载力 $f_{ak}(\text{kpa})$	
1	人工填土	1.7		18				80	
2	淤泥质土	11.5	49.0	17.5	1.31	24.0	39.5	120	
3	粘土	0.8	32.0	19.0	0.864	25.3	43.5	170	
4	粉质粘土	1.5	31.8	18.9	0.826	27.0	38.0	220	
5	强风化岩	20.0	$q_{sik}=200\text{kPa}$; $q_{pk}=8000\text{kPa}$; $E_s=12\text{MPa}$						300

地下水位离地表 2.2m ，且对混凝土无侵蚀性。

2. 选择桩型、桩端持力层、承台埋深

2.1 选择桩型

因为框架跨度大而且不均匀，柱底荷载大，不宜采用浅基础。

根据施工场地、地基条件以及场地周围环境条件，选择桩基础。因钻孔灌注桩泥水排泄不便，为减少对周围

环境污染，采用静压预制桩，这样可以较好的保证桩身质量，并在较短的施工工期完成沉桩任务，同时，当地的施工技术力量、施工设备以及材料供应也为采用静压桩提供可能性。

2.2 选择桩的几何尺寸以及承台埋深

依据地基土的分布，选择压缩性低、承载力高的强风化岩为持力层。桩端全断面进入持力层 1.0m ($>2d$)，工程桩入土深度为 h 。

$$\text{故： } h = 1.7 + 11.5 + 0.8 + 1.5 + 1 = 16.5\text{m}$$

由于第①层厚 1.7m，地下水位为离地表 2.2m，为了使地下水对承台没有影响，所以选择承台底进入第②层土 0.3m，即承台埋深为 2.0m，桩基得有效桩长即为 $16.5 - 2.0 = 14.5\text{m}$ 。

桩截面尺寸选用：由于经验关系建议：楼层 <10 时，桩边长取 300~400，故取待 $d=400\text{mm}$ ，桩的实际长度=有效长度+0.1= $14.5+0.1=14.6\text{m}$ ，取 15 米。

桩基以及土层分布示意如图 2.2.1。

图 2.2.1 土层分布示意

3. 确定单桩极限承载力标准值

3.1 确定单桩极限承载力标准值

本设计属于二级建筑桩基，当根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定单桩竖向极限承载力标准值时，宜按下式计算：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p$$

对于尚未完成自重固结的填土和以生活垃圾为主的杂填土不计算其桩侧阻力 q_{sik} 。

根据表 1.1 地基各土层物理、力学指标，按《建筑桩基技术规范》JGJ 94-94 查表得极限桩侧、桩端阻力标准值（表 3.3.1）。

表 3.3.1 极限桩侧、桩端阻力标准值

层序		液限指数	经验参数法	
			$q_{sk} (kPa)$	$q_{pk} (kPa)$
②	淤泥质土	1.613	26	
③	粘土	0.368	77.55	
④	粉质粘土	0.826	56.13	
⑤	强风化岩		200	8000

按经验参数法确定单桩竖向承载力极限承载力标准值：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p$$

$$=$$

$$3.14 \times 0.4 \times [26 \times (11.5 - 0.3) + 77.55 \times 0.8 + 1.5 \times 56.13 + 200 \times 1] + 3.14 \times 0.4^2 / 4 \times 8000$$

$$= 1808.57 \text{ kN}$$

$$R = \frac{1}{2} Q_{uk} = \frac{1}{2} \times 1808.57 = 904.28 \text{ kN}$$

所以最终按经验参数法计算单桩承载力设计值，即采用 $R = 904.28 \text{ kN}$ ，初步确定桩数。

4. 确定桩数和承台底面尺寸

下面以①—C 的荷载计算。柱底荷载设计值如下：

最大轴力组合：最大轴力 3170kN，弯矩 175 kN·m，剪力 30kN

4.1 柱桩数和承台的确定

$$\text{最大轴力组合的荷载标准值： } F_k = \frac{3170}{1.35} = 2348.15 \text{ KN} ,$$

$$M_k = \frac{175}{1.35} = 129.63 \text{ KN.M} ,$$

$$H_k = \frac{30}{1.35} = 22.22 \text{ KN} .$$

初步估算桩数，由于柱子是偏心受压，故考虑一定的系数，规范中建议取 1.1~1.2，

$$\text{现在取 1.2 的系数，即： } n \geq \frac{F_k}{R} \times 1.2 = \frac{2348.15}{904.28} \times 1.2 = 3.12 \text{ (根)}$$

取 $n=4$ 根，桩距 $s_a \geq (3d \sim 4d) = 1.2 \sim 1.6 \text{ m}$ ，取 $s=1.4 \text{ m}$

桩位平面布置如图 4.1.1，承台底面尺寸为 $2.2 \times 2.2 \text{ m}$

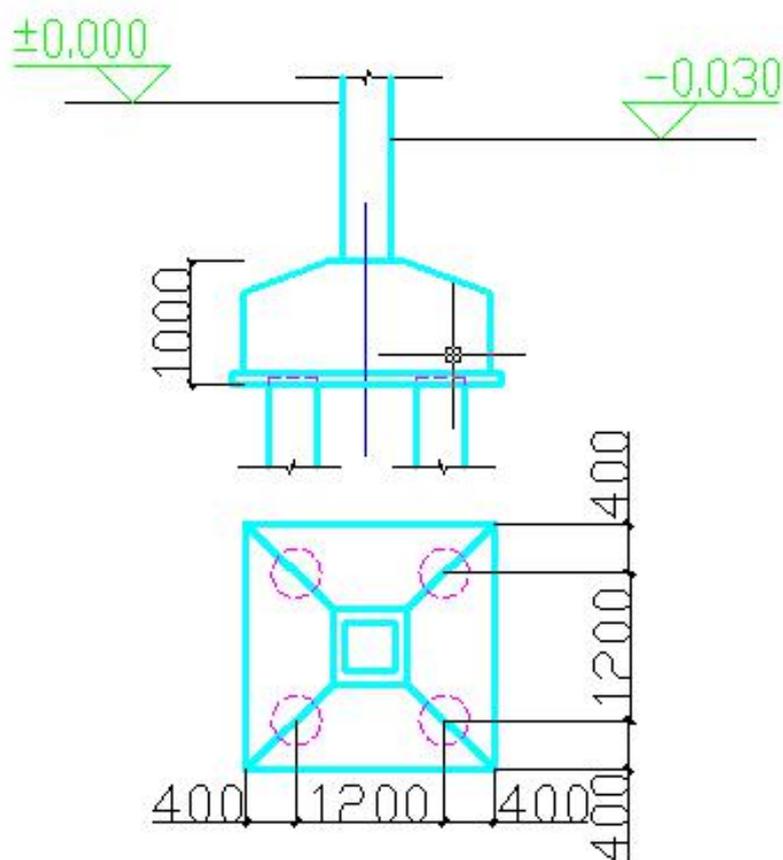


图 4.1.1 四桩桩基础

5 . 桩顶作用验算

5.1 四桩承台验算

5.1.1 荷载取 C 柱的 N_{\max} 组合: $F_k = 2348.15 \text{ kN}$,

$$M_k = 129.63 \text{ kN}\cdot\text{m},$$

$$H_k = 22.22 \text{ kN}$$

承台高度设为 1m 等厚, 荷载作用于承台顶面。

本工程安全等级为二级, 建筑物的重要性系数 $\lambda_0 = 1.0$ 。

由于柱处于①轴线, 它是建筑物的边柱, 所以室内填土比室外高, 设为

0.3m, 即室内高至承台底 2.3m, 所以承台的平均埋深 $d = \frac{1}{2}(2.0 + 2.3) = 2.15m$ 。

作用在承台底形心处的竖向力有 F_k, G_k 。

$$F_k + G_k = 2348.15 + 2.2^2 \times 2.15 \times 20 = 2556.27kN$$

$$\text{作用在承台底形心处的弯矩 } \sum M_k = 129.63 + 22.22 \times 1 = 151.85kN.M$$

桩顶受力计算如下:

$$N_{\max} = \frac{F_k + G_k}{n} + \frac{\sum M_k \times y_{\max}}{\sum (y_i^2)} = \frac{2348.15}{4} + \frac{151.85 \times 0.6}{4 \times 0.6^2} = 650.31kN$$

$$N_{\min} = \frac{F_k + G_k}{n} + \frac{\sum M_k \times y_{\max}}{\sum (y_i^2)} = \frac{2348.15}{4} - \frac{151.85 \times 0.6}{4 \times 0.6^2} = 523.77kN$$

$$N_k = \frac{F_k + G_k}{n} = \frac{2348.15}{4} = 587.04kN$$

$$\gamma_0 N_{\max} = 650.31kN < 1.2R = 1.2 \times 904.28 = 1085.14kN$$

$$\gamma_0 N_{\min} > 0$$

$$\gamma_0 N_k = 587.04kN < R = 904.28kN \quad \text{满足要求}$$

5.1.2 荷载取 M_{\max} 组合: $F_k = 1755.56kN$ $M_k = 188.89kN \cdot m$,

$$H_k = 33.33kN$$

$$F_k + G_k = 1755.56 + 2.2^2 \times 2.15 \times 20 = 1963.68kN$$

$$\sum M_k = 129.6 + 22.22 \times 1 = 151.85kN.M$$

桩顶受力计算如下:

$$N_{\max} = \frac{F_k + G_k}{n} + \frac{\sum M_k \times y_{\max}}{\sum (y_i^2)} = \frac{1963.68}{4} + \frac{222.22 \times 0.6}{4 \times 0.6^2} = 583.51kN$$

$$N_{\max} = \frac{F_k + G_K}{n} + \frac{\sum M_K \times y_{\max}}{\sum (y_i^2)} = \frac{1963.68}{4} - \frac{222.22 \times 0.6}{4 \times 0.6^2} = 398.33 \text{ kN}$$

$$N_k = \frac{F_k + G_K}{n} = \frac{1963.68}{4} = 490.92 \text{ kN}$$

$$\gamma_0 N_{\max} = 583.51 \text{ kN} < 1.2R = 1.2 \times 904.28 = 1085.14 \text{ kN}$$

$$\gamma_0 N_{\min} > 0$$

$$\gamma_0 N_k = 490.92 \text{ kN} < R = 904.28 \text{ kN} \quad \text{满足要求}$$

6. 桩基础沉降验算

采用长期效应组合的荷载标准值进行桩基础的沉降计算。由于桩基础的桩中心距小于 $6d$ ，所以可以采用分层总和法计算最终沉降量。

6.1 柱沉降验算

基底处压力：

$$p = \frac{F + G - 2(a_0 + b_0) \sum q_{sia} h_i}{a_0 b_0}$$

$$= \frac{3419.74 + 2 \times (1.8 + 1.8) \times 637.4 / 2}{1.8 \times 1.8} = 346.88 \text{ kPa}$$

$$\text{式中: } a_0 = b_0 = 1.8 \text{ m,}$$

$$\sum q_{sia} h_i = \frac{Q_{sk}}{2} = \frac{637.4}{2} = 318.7 \text{ kPa}$$

以求得持力层上附加应力 $p=346.88 \text{ kPa}$ ，将持力层每一米分一层共分成 20 层。

计算各层沉降量如下表：

表 6.1.1 各层沉降量计算结果

Z (m)	Z/b	l/b	α_i	$P_i = \alpha_i \cdot p$
0	0	1	0.2500	86.72
1	0.56	1	0.2433	21.10
2	1.11	1	0.2091	4.41
3	1.67	1	0.1904	0.84
4	2.22	1	0.1651	0.14
5	2.78	1	0.1440	0.02
6	3.33	1	0.1275	0.003

$z=6\text{m}$ 以下土层沉降量忽略不计。

故总沉降量：

$$\begin{aligned}
 s' &= \psi_b \sum_{i=1}^n \frac{p_i h_i}{E_{si}} \\
 &= 0.5 \times \frac{1}{12} (86.72 + 21.1 + 4.41 + 0.84 + 0.14 + 0.02 + \dots) \\
 &= 4.72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$E_{si} = 12 \leq 15 \text{ 取: } \psi_b = 0.5$$

满足要求

7. 桩身结构设计计算

7.1 桩身结构设计计算

桩长 15m, 采用单点吊立的强度进行桩身配筋设计。吊立位置在距桩顶、

桩端平面 $0.293L (L=15\text{m})=4.4\text{m}$ 处，起吊时桩身最大正负弯矩 $M_{\max} = 0.0429KqL^2$ ，其中 $K=1.3$ ； $q = 3.14 \times 0.4^2 / 4 \times 25 \times 1.2 = 3.77\text{kN/m}$ 。即为每延米桩的自重（1.2 为恒载分项系数）。桩身长采用混凝土强度 C30，II 级钢筋，所以：

$$M_{\max} = 0.0429KqL^2 = 0.0429 \times 1.3 \times 3.77 \times 15^2 = 47.31\text{kN}\cdot\text{M}$$

满足要求

8. 承台设计

承台混凝土强度等级采用 C20，承台是正方形，双向配筋相同。

9.1 四桩承台设计（C 柱）

由于桩的受力可知，桩顶最大反力：

$$N_{\max} = 1.35 \left(\frac{F_k}{n} + \frac{M_k y}{x_i} \right) = 1.35 \times (587.04 + 92.59) = 917.5\text{kN},$$

平均反力：

$$\bar{N} = 1.35 \left(\frac{F_k}{n} \right) = 1.35 \times 587.04 = 792.5\text{kN},$$

桩顶净反力：

$$N_{j\max} = N_{\max} - \frac{G}{n} = 917.5 - \frac{249.74}{4} = 855.07\text{kN}$$

$$N_j = N - \frac{G}{n} = \frac{F}{n} = \frac{3170}{4} = 792.5\text{kN}$$

9.1.1 柱对承台的冲切

由图， $a_{0x} = a_{0y} = 300\text{mm}$ ，承台厚度 $H=1.0\text{m}$ ，计算截面处的有效高度

$h_0 = 1000 - 80 = 920\text{mm}$ ，承台底保护层厚度取 80mm 。

$$\text{冲垮比 } \lambda_{0x} = \lambda_{0y} = \frac{a_{0x}}{h_0} = \frac{300}{920} = 0.33$$

当 $\alpha_0 < 0.20h_0$ 时, 取 $\alpha_0 = 0.20h_0$; 当 $\alpha_0 > h_0$ 时, 取 $\alpha_0 = h_0$, λ 满足 0.2—1.0

$\therefore a_{ox} = 300\text{mm} > 0.20h_0 = 0.20 \times 920 = 184\text{mm}$ 故取 $a_{ox} = 300\text{mm}$ 。

$$\text{冲切系数 } \alpha_{ox} = \alpha_{oy} = \frac{0.72}{\lambda_{ox} + 0.2} = \frac{0.72}{0.33 + 0.2} = 1.36$$

柱截面取 $400 \times 400\text{mm}^2$, 混凝土的抗拉强度设计值 $f_t = 1100\text{kPa}$

$$\text{冲切力设计值 } F_l = F - \sum Q_i = 3170 - 0 = 3170\text{kN}$$

$$u_m = 4 \times (600 + 400) = 4.0\text{m}$$

$$\alpha f_t u_m h_0 = 1.36 \times 1100 \times 4 \times 0.92 = 5505.28\text{kN} > \gamma_0 F_l = 2377.5\text{kN}$$

满足条件。

9.1.2 角桩对承台的冲切

由图, $a_{1x} = a_{1y} = 300\text{mm}, c_1 = c_2 = 600\text{mm}$

角桩冲跨比 $\lambda_{1x} = \lambda_{1y} = \frac{a_{1x}}{h_0} = \frac{300}{920} = 0.33$, λ 满足 0.2—1.0, 故取 λ

$= 0.33$ 。

$$\text{角桩的冲切系数 } \alpha_{1x} = \alpha_{1y} = \frac{0.48}{\lambda_{1x} + 0.2} = \frac{0.48}{0.33 + 0.2} = 0.91$$

$$[\alpha_{1x} (c_2 + \frac{a_{1y}}{2}) + \alpha_{1y} (c_1 + \frac{a_{1x}}{2})] f_t h_0$$

$$= 2 \times 0.91 \times (0.6 + 0.15) \times 1100 \times 0.92$$

$$= 1381.38\text{kN} > \gamma_0 N_{j\max} = 855.04\text{kN}$$

满足要求

9.1.3 斜截面抗剪验算

计算截面为 I-I, 截面有效高度 $h_0 = 0.92\text{m}$, 截面的计算宽度 $b_0 = 2.2\text{m}$,

混凝土的抗压强度 $f_c = 9.6\text{MPa} = 9600\text{kPa}$, 该计算截面的最大剪力设计

值:

$$V = 2N_{j_{\max}} = 2 \times 855.04 = 1710.08 \text{ kN}$$

$$a_x = a_y = 300 \text{ mm}$$

$$\text{剪跨比 } \lambda_x = \lambda_y = \frac{a_x}{h_0} = \frac{125}{920} = 0.326 \quad \text{当 } \lambda \leq 0.3 \text{ 时, 取 } \lambda = 0.3; \text{ 当 } \lambda \geq 3.0$$

时, 取 $\lambda = 3.0$

取 $\lambda = 0.326$

$$\text{剪切系数 } \beta = \frac{0.12}{\lambda_x + 0.3} = \frac{0.12}{0.326 + 0.3} = 0.192$$

$$\beta f_c b_0 h_0 = 0.192 \times 9600 \times 2.2 \times 0.92 = 3724.1 \text{ kN} > \gamma_0 V = 1925.86 \text{ kN}$$

满足要求

9.1.4 受弯计算

承 台 I-I 截 面 处 最 大 弯 矩

$$M = 2N_{j_{\max}} y = 2 \times 855.04 \times \left(0.22 + \frac{0.4}{2}\right) = 718.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

II 级钢筋 $f_y = 300 \text{ N/mm}^2$, $f_c = 9.6 \text{ MPa}$.

$$A_s = \frac{M}{0.9 f_y h_0} = \frac{718.23 \times 10^6}{0.9 \times 300 \times 920} = 2891.44 \text{ mm}^2$$

选用 $15 \Phi 16$, $A_s = 3016.5 \text{ mm}^2 > 2891.44 \text{ mm}^2$

整个承台宽度范围内用钢筋取 15 根, 即 $15 \Phi 16$ (双向布置)

9.1.5 承台局部受压验算

$$C \text{ 柱截面面积 } A_t = 3.14 \times 0.4^2 = 0.502 \text{ m}^2,$$

$$\text{局部受压净面积 } A_{1n} = A_t = 0.502 \text{ m}^2,$$

$$\text{局部受压计算面积 } A_b, A_b = (2 \times 0.4) \times (2 \times 0.4) = 0.64 \text{ m}^2$$

$$\text{混凝土的局部受压强度提高系数 } \beta, \beta = \sqrt{\frac{A_b}{A_t}} = \sqrt{\frac{0.64}{0.502}} = 1.13$$

$$1.35\beta f_c A_{ln} = 1.35 \times 1.13 \times 9600 \times 0.502 = 7351.69 \text{ kN} > F_C = 2370 \text{ kN}$$

满足条件

B. 灌注桩桩基础设计

1. 设计资料

1.1、基本概况

某多层建筑一框架柱截面为 $400 \times 400 \text{ mm}^2$ ，工程安全等级为二级。作用于该柱柱底面(基础顶面)处的荷载基本组合设计值为：

最大轴力组合：轴向力 $F=3170 \text{ kN}$ ；弯矩 $M=175 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ；水平力 $H=30 \text{ kN}$ ；

最大弯矩组合：轴向力 $F=2370 \text{ kN}$ ；弯矩 $M=255 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ；水平力 $H=45 \text{ kN}$ ；

(M 、 H 作用于柱的长边方向且均为从左指向右)。

1.2、工程地质条件

经工程勘察，场地土层可分为五层，现自上而下分述如下：

(1) 人工填土：厚度 $1 \sim 1.8 \text{ m}$ ，未完成自重固结。

(2) 淤泥质土：厚度 $11.0 \sim 14.3 \text{ m}$ ，呈软塑状。

(3) 粘土：厚度 $0.3 \sim 1.4 \text{ m}$ ，呈可塑状。

(4) 粉质粘土：厚度 $1.3 \sim 3.2 \text{ m}$ ，呈硬塑~坚硬状。

(5) 强风化岩：厚度 20 m 左右，风化强烈。

柱底各土层物理力学性质指标见表 1。

表 1 各土层物理力学性质指标

土层编号	土层名称	土层厚度(m)	含水量 (%)	重度 (kN/m^3)	孔隙比 e	塑限 (%)	液限 (%)	承载力 f_{ak} (kpa)	
1	人工填土	1.7		18				80	
2	淤泥质土	11.5	49.0	17.5	1.31	24.0	39.5	120	
3	粘土	0.8	32.0	19.0	0.864	25.3	43.5	170	
4	粉质粘土	1.5	31.8	18.9	0.826	27.0	38.0	220	
5	强风化岩	20.0	$q_{sik}=200 \text{ kPa}$; $q_{pk}=8000 \text{ kPa}$; $E_s=12 \text{ MPa}$						300

地下水位离地表 2.2 m ，且对混凝土无侵蚀性。

2. 桩基础设计

2.1 必要资料准备

岩土工程勘察报告：见上页附表

2.2 外部荷载及桩型确定

2.2.1、选择持力层：选取强风化岩为桩端持力层，桩尖进入第五层 1.4m，承台埋深 2.0m

2.2.2、桩型确定：1)、桩为沉管灌注桩；

2)、构造尺寸：桩长 $L=1.7+11.5+0.8+1.5+1.4-2.0+0.1=15.0\text{m}$ ，

桩径 $d=400\text{mm}$

3)、桩身：混凝土强度 C30、 $f_c = 15\text{MPa}$ 、 $f_m = 16.5\text{MPa}$

$$4\phi 16 \quad f_y = 300\text{MPa}$$

2.3 单桩承载力确定

2.3.1 单桩竖向承载力的确定：

根据地基基础规范公式计算：

1°、桩端承载力计算：

强风化岩，入土深度 17.0m, $q_{pk}=8000\text{kpa}$

2°、桩侧土摩擦力：

淤泥质土： $q_{sa}=25\text{kpa}$

粘土： $q_{sa}=76.7\text{kpa}$

粉质粘土： $q_{sa}=52.13\text{kpa}$

强风化岩： $q_{sa}=200\text{kpa}$

，
桩周长： $\mu = \pi d = 3.14 \times 0.4 = 1.26\text{m}$

桩截面积： $A_p = \pi d^2/4 = 0.126\text{m}^2$

$$\begin{aligned} Q_{uk} &= Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sk}l_i + q_{pk}A_p \\ &= 8000 \times 3.14 \times 0.4 \times 0.4/4 + 3.14 \times 0.4 \times (25 \times 11.2 + 76.7 \times 0.8 + 52.13 \times 1.5 + 200 \times 1.5) \\ &= 1908.56\text{kpa} \end{aligned}$$

单桩承载力标准值：

$$R = Q_{uk} / 2 = 954.28\text{kpa}$$

2.3.2 桩数和桩的布置：

1°、桩数和桩距

$$n \geq \frac{F_k}{R} \times 1.2 = 1.2 \times 2348.15 / 954.28 = 3.05 \text{ 根}$$

取 $n=4$ 根

桩距： $S_a = (3.0 \sim 4.0) d = 1.2 \sim 1.6$ 取 $S=1.2\text{m}$

2°、桩的布置和承台尺寸及柱排列如下图：

承台长、宽： $a=b=1.2+0.4 \times 2=2.0\text{m}$

承台高 $h=1.0\text{m}$

桩顶深入承台 100mm, 保护层 80mm,

有效高度 $h_0=1.0-0.08=0.92\text{m}$

2.4 单桩受力验算：

2.4.1 最大轴力组合：轴向力 $F=3190\text{KN}$ ；弯矩 $M=165\text{kN}\cdot\text{m}$ ； $H=10\text{KN}$ ；

$$F_k=3170/1.35=2348.15\text{KN}; \quad G=2\times 2\times 1\times 20=80\text{KN}$$

$$F_k+G=2428.15\text{KN}; \quad M_k=175/1.35=129.63\text{kN}\cdot\text{m}$$

柱顶面受力计算如下：

$$N_{\max} = \frac{F_k + G}{n} + \frac{\sum M_k \times y_{\max}}{\sum (y_i^2)} = \frac{2428.15}{4} + \frac{(129.63 + 22.22 \times 1) \times 1.5}{4 \times 1.5^2} = 632.35\text{kN}$$

$$N_{\min} = \frac{F_k + G}{n} - \frac{\sum M_k \times y_{\max}}{\sum (y_i^2)} = \frac{2428.15}{4} - \frac{(129.63 + 22.22) \times 1.5}{4 \times 1.5^2} = 581.73\text{kN}$$

$$N = \frac{F_k + G}{n} = \frac{2428.15}{4} = 607.04\text{kN} < R = 954.28\text{kN}$$

$$\gamma_0 N_{\max} = 662.8\text{kN} < 1.2R = 844.06\text{kN}$$

$$\gamma_0 N_{\min} > 0$$

满足要求

2.4.2. 最大弯矩组合： $F_k=1755.56 \text{ kN}$ $M_k = 188.89\text{kN}\cdot\text{m}$,

$$H_k = 33.33\text{KN}$$

$$F_k + G_k = 1755.56 + 2.0^2 \times 2.15 \times 20 = 1927.56\text{kN}$$

$$\sum M_k = 188.89 + 33.33 \times 1 = 222.22\text{kN}\cdot\text{M}$$

桩顶受力计算如下：

$$N_{\max} = \frac{F_k + G}{n} + \frac{\sum M_k \times y_{\max}}{\sum (y_i^2)} = \frac{1927.56}{4} + \frac{151.85 \times 1.5}{4 \times 1.5^2} = 507.2\text{kN}$$

$$N_{\min} = \frac{F_k + G}{n} - \frac{\sum M_k \times y_{\max}}{\sum (y_i^2)} = \frac{1927.56}{4} - \frac{151.85 \times 1.5}{4 \times 1.5^2} = 456.6\text{kN}$$

$$N = \frac{F_k + G}{n} = \frac{1927.85}{4} = 481.96\text{kN} < R = 954.28\text{kN}$$

$$\gamma_0 N_{\max} = 507.2\text{kN} < 1.2R = 1145.14\text{kN}$$

$$\gamma_0 N_{\min} > 0$$

满足要求

单桩水平承载力满足要求，不需要进一步的验算。

2.5 承台设计：

承台选用 C25 混凝土， $f_t = 1.27\text{MPa}$

2.5.1 承台冲切验算：

1)、柱边冲切：

$$\text{冲切力： } F_l = F - \sum Q_i = 3170 - 0 = 3170\text{kN}$$

受冲切承载力截面高度影响系数 β_{hp} 的计算：

$$\beta_{hp} = (1 - (1 - 0.9) / (2000 - 800)) \times (1000 - 800) = 0.983$$

冲跨比 λ 与系数 α 的计算：

$$a_{ox} = a_{oy} = 200\text{mm}^2, h_0 = 920\text{mm}$$

$$\lambda_{ox} = \lambda_{oy} = \frac{a_{ox}}{h_0} = \frac{0.2}{0.92} = 0.23$$

$$\beta_{0x} = \beta_{0y} = \frac{0.84}{\lambda_{ox} + 0.2} = \frac{0.84}{0.23 + 0.2} = 1.95$$

$$2[\beta_{0x}(b + a_{0y}) + \beta_{0y}(b_c + a_{0x})]\beta_{hp}f_t h_0$$

$$= 2 \times (2 \times 1.95 \times (0.4 + 0.2)) \times 0.983 \times 1270 \times 0.92$$

$$= 5375.15\text{kN} > \gamma_0 F_l = 3170\text{kN}$$

满足要求

2)、角桩向上冲切：

$$c_1 = c_2 = 600\text{mm}, a_{1x} = a_{ox}, \lambda_{1x} = \lambda_{ox}, \lambda_{1y} = \lambda_{oy}$$

$$\beta_{1x} = \beta_{1y} = \frac{0.56}{\lambda_{1x} + 0.2} = \frac{0.56}{0.23 + 0.2} = 1.3$$

$$[\beta_{1x}(c_2 + \frac{a_{1y}}{2}) + \beta_{1y}(c_1 + \frac{a_{1x}}{2})]\beta_{hp}f_t h_0$$

$$= 2 \times 1.3 \times (0.6 + 0.1) \times 1270 \times 0.92 \times 0.983$$

$$= 2090.34\text{kN} > \gamma_0 N_{j\max} = 906.67\text{kN}$$

满足要求

2.5.2 承台抗剪验算:

斜截面受剪承载力可按下面公式计算:

$$V \leq \beta_{hs} \alpha_1 f_t b_0 h_0 \quad \beta = \frac{1.75}{\lambda_x + 1.0} = \frac{1.75}{0.23 + 1.0} = 1.42$$

$$\beta_{hs} = (800/h_0)^{1/4} = 0.966$$

I—I 截面处承台抗剪验算:

$N_{\max} = 847.67 \text{ kN}$, 边上一排桩按 2 根桩进行计算。

$$\text{剪力 } V = 2N_{\max} = 2 \times 847.67 = 1695.34 \text{ kN}$$

承台抗剪时的截面尺寸近似的定为: $h_0 = 0.92 \text{ m}$, $\lambda_{ox} = \frac{a_{ox}}{h_0} = \frac{0.2}{0.92} = 0.22$

$$\alpha = \frac{1.75}{0.22 + 1.0} = 1.43$$

$$V_c = \beta_{hs} \alpha_1 f_t b_0 h_0 = 0.966 \times 1.43 \times 1270 \times 2 \times 0.92 = 3228.0 \text{ kN} > V = 1695.34 \text{ kN}$$

满足要求

2.5.3 承台弯矩计算及配筋计算:

多桩承台的弯矩可在 X, Y 两个方向分别按单向受弯计算: $h_0 = 0.92 \text{ m}$

$$\text{最大弯矩 } M_y = M_x = \sum N_i X_i = 2 \times \frac{3170}{4} \times (1.5 - 0.2) = 2060.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = \frac{M_x}{0.9 h_0 f_y} = \frac{2060.5 \times 10^6}{0.9 \times 920 \times 300} = 8295.1 \text{ mm}^2$$

$$\text{选配 } 17 \phi 25, \quad A_s = 8345.3 \text{ mm}^2 > 8295.1 \text{ mm}^2$$

分别沿沿平行于 x, y 轴方向布置

2.6 桩的强度验算

桩的截面尺寸为 $400 \times 400 \text{ mm}^2$, 桩长为 15m, 配筋为 $4\phi 16$, 为通长配筋,

钢筋保护层厚度选 35mm。

$$\lambda = \frac{2.0}{8.0} = 0.25, \quad \text{取动力系数为 } 2.0 \text{ m}, \text{ 则}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} q l^2 (1 - \lambda^2) = 20.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\alpha_s = \frac{M}{b h_0^2 f_{cm}} = \frac{20.6 \times 10^6}{400 \times 365^2 \times 150} = 0.025$$

$$\gamma_s = (1 + \sqrt{1 - 2\alpha_s}) / 2 = 0.987$$

由钢筋混凝土结构设计规范得

$$A_s = \frac{M}{\gamma_s h_0 f_y} = \frac{20.6 \times 10^6}{0.987 \times 365 \times 310} = 184.4 \text{ mm}^2$$

$$4\phi 16 \quad A_s = 201 \times 4 = 804 \text{ mm}^2 > 184.4 \text{ mm}^2$$

满足条件

5. 预制桩沉桩对环境的影响分析及防治措施

预制桩属于挤土桩，沉桩时土体中产生很高的空隙水压力，土体发生侧向挤出和向上隆起，使周围建筑物和市政管线产生变形，严重时发生开裂、倾斜等事故，在预制桩事故时应采取合理的施工方式和必要的防治措施，同时必须进行周围建筑物和市政管线的变形监测，以控制施工速度和改进施工方法。

5.1 沉桩对环境的影响

预制桩对环境产生不利的影晌，这种不利影晌主要是指：

(1) 沉桩的挤土效用使土体产生隆起和水平向的挤压，引起相邻建筑物和市政设施的不均匀变形以致损坏；挤土效应所引起的环境影晌以混凝土预制方桩和闭口钢桩和混凝土管桩次之；锤击沉桩和静压沉桩都有挤土的不良效应；

(2) 锤击沉桩时的震动波对环境也有不良影晌，使邻近建筑物产生剧烈的振动，门窗晃动，给居民以不安全的恐惧感；对精密设备和精密仪器会影响工作精度，甚至损坏设备；振动主要是由锤击沉桩引起的，静压沉桩就没有剧烈的振动影晌；

(3) 锤击沉桩时的噪音对环境的污染相当严重，波及范围相当广，对居民生活造成不良的影晌。

5.2 沉桩对环境影响的分析与评价

(1) 群桩施工的影响访问 根据实测资料, 单桩沉桩时, 引起地面隆起和邻近桩上抬的影响范围如表 7-21 所示。

(2) 桩顶上抬量因相邻桩的沉桩而引起桩的上抬量是施工质量控制的一个装要指标, 但目前尚无理论计算的方法。根据实测资料, 可以用叠加的方法进行近似估算, 其步骤如下:

- a. 施工时观察沉桩引起相邻桩的上抬量, 得到邻桩上抬量与施工桩距离的关系
- b. 按桩长和桩直径确定单桩的影响半径
- c. 由桩位图确定对计算桩影响区内的桩数及其与计算桩的距离
- d. 根据步骤 a 得到的上抬量与距离的关系确定计算桩引起各桩的上抬量
- e. 影响区内尚未施工的各桩上抬量之和极为计算桩在施工结束时可能的上抬量。

(3) 地面上抬量 沉桩时, 周围土体上抬, 从而引起相邻建筑物和施政管线的不静压变形, 研究地面上抬量与施工速度的关系, 有助于控制施工。避免发生工程事故。施工速度即一天的沉桩数量, 沉桩的数量愈多, 土体的体积变化愈大, 地面上抬量也愈大; 施工桩位距控制点的距离愈近, 地面上抬量也愈大;

根据实测数据可以绘制如图 7-1 所示的散点图, 纵坐标为地面上抬量, 横坐标为 V/L , V 为沉桩的体积, L 为沉桩区中心与控制点之间的距离。如已知沉桩区中心与控制点的距离和允许上抬量, 从图可以求得每天允许的沉桩数量。

5.3 防治与控制措施

(1) 制定合理的沉桩施工组织计划 合理安排沉桩顺序, 控制沉桩速度是降低挤土效应、防止出现事故的主要措施。沉桩顺序应背离保护对象由近向远处沉桩, 在场地空旷的条件下, 宜采取先中央后四周、由里及外的顺序沉桩。每天的沉桩数量不宜过多, 使挤土引起的空隙水压力能有足够的时间消散, 可以有效地减少挤土效应。

(2) 布置监测系统 在沉桩影响范围内, 应布置对被影响建筑物的监测。上海市地基设计规范规定了表 7-23 所示的沉桩影响范围。

(3) 采取防护措施 为了防止沉桩时不利影响, 可采取下列防护措施。

- a 设置竖向排水通道

b 在桩位或沉桩区外取土，在桩外取土是预钻孔措施，以减少排土量，减少挤土效应；在钻孔区外的目的是消除从沉桩区传向被保护建筑物的挤土压力；c 地下管道附近设置防挤沟或隔振沟。

6. 施工组织与工程监测

6.1 施工组织

6.1.1 预制桩的施工

(1) 预制桩的制作程序 现场布置→场地整平与处理→场地地坪混凝土浇筑→支模→绑扎钢机，安装吊环→浇筑混凝土→养护至 30%强度拆模，再支上层模，涂刷隔离层→重叠生产浇筑第二层桩混凝土→养护至 100%→起吊、运输、堆放→沉桩

(2) 桩的制作 钢筋混凝土可在工厂或施工现场预制。工厂预制利用成组拉模生产，用不小于桩截面高度的槽钢安装在一起组成。现场预制桩宜采用木模或钢模板，支在坚实、平整的混凝土地坪上，用间隔的重叠方法产生，重叠层数不宜超过四层。

混凝土空心管桩采用成套钢管胎模在工厂用离心法产生。

预制桩的偏差应符合表 4—1 的规定

表 4—1 预制桩制作允许偏差

(3) 钢筋的设置 桩内设纵向钢筋或预应力钢筋（丝）和横向钢筋，一承受刚在运输、起吊和成桩过程中产生的弯曲应力和冲击应力。钢筋骨架的主筋连接宜用对焊或电弧焊，对于受拉钢筋，同一截面内的主筋接头数量不得超过 50%；相邻两跟主筋接头截面的距离不应大于 35 倍主直径，并不小于 50mm。预制桩钢筋骨架的施工偏差应付和表 4—2 的规定

表 4—2 预制桩钢筋骨架的允许偏差

项次	项目	允许偏差 (mm)
1	主筋间距	± 5
2	桩尖中心线	10
3	箍筋间距或螺旋筋的螺距	± 20

4	吊环沿纵轴线方向	± 20
5	吊环垂直于纵线方向	± 20
6	吊环露出桩表面的高度	± 10
7	主筋距桩顶距离	± 10
8	桩顶箍筋网片位置	± 10
9	多节桩锚固箍筋长度(胶泥接桩用)	± 10
10	多节桩锚固箍筋位置(胶泥接桩用)	5
11	多节桩预埋铁件位置	± 10

6.1.2 混凝土预制桩的接桩

桩的接桩方法有焊接、法兰接及硫磺胶泥锚接三种。前面两种可用于各种土类，硫磺胶泥锚接适用于软土层，且对一级建筑桩或承受力的桩宜慎重。

焊接接桩时，钢板宜用低碳钢，焊条宜用 E43；法兰接桩时，钢板和螺栓宜用低碳钢；硫磺胶泥锚接时，硫磺胶泥配合比应通过试验确定，其屋里力学性能应符合表 7-11 的规定。

表 4—3 硫磺胶泥的主要屋里力学性能指标

为保证硫磺胶泥锚接桩质量，施工时应做到：

- (1) 锚筋应刷清并调直；
- (2) 锚筋孔内应有完好螺纹。无积水、杂物和油污；
- (3) 接桩时，接点的平面和锚筋孔内应灌满胶泥；
- (4) 灌注时间不得超过两分钟；
- (5) 灌注后的停歇时间应符合表 7-12 的规定；
- (6) 胶泥识块没班不得少于一组。

表 4-4 硫磺胶泥灌注后的停歇时间

		0~10℃		10~20℃		20~30℃		30~40℃		40~50℃	
		打桩	压桩	打桩	压桩	打桩	压桩	打桩	压桩	打桩	压桩

物理性能	热变形：60℃内强度无明显变化；120℃变液态；140~145℃密度最大且和易性最好；170℃开始沸腾；超过180℃开始焦化，且遇明火即燃烧
	密度：2.28~2.32g/cm ³
	吸水率：0.12%~0.24%
	弹性模量：5*10 ⁵ kPa
	耐酸性：常温下能耐烟酸、硫酸、硝酸、40%以下的铬酸、中等浓度乳酸和醋酸
力学性能	抗拉强度：4*10 ³ kPa
	抗压强度：4*10 ⁴ kPa
	握裹强度：与螺纹钢筋为1.1*10 ⁴ kPa；与螺纹孔混凝土为4*10 ³ kPa
	疲劳强度：对照混凝土的试验方法，但疲劳应力比之P为0.38时，疲劳修正系数 $\gamma > 0.8$

1	400 × 400	6	4	8	5	10	7	13	9	17	12
2	450 × 450	10	6	12	7	14	9	17	11	21	14
3	500 × 500	13	/	12	/	18	/	21	/	24	/

6.1.3 混凝土预制桩的沉桩

1. 锤击沉桩

桩锤的选用应考虑地质条件，桩型，布桩的密集程度，单桩竖向承载力及施工条件等因素

桩打入时应符合下列规定

- (1) 桩帽与送桩帽与桩周围的间隙应为5~10mm；
- (2) 锤与桩帽，桩帽与桩之间应加设弹性衬垫，如硬木，麻袋，草垫等；
- (3) 桩锤，桩帽或送桩应和桩身在同一中心线上；

(4) 桩插入时的垂直度偏差不得超过 0.5%;

(5) 按标高控制的桩, 桩顶标高的允许偏差为 $-50\sim+50\text{mm}$

(6) 斜桩倾斜度的偏差, 不得大于倾斜角(指桩纵向中心线与铅垂线的夹角)正切值的 15%

钢筋混凝土预制桩锤击沉桩期的安全问题

钢筋混凝土预制桩在沉期间应满足强度和抗裂度要求, 特别对于高承台的预制桩, 由于桩的自由度较大, 还应考虑桩的压曲稳定性问题。在实际工作中, 沉桩时的桩的断裂问题时有发生, 有时还特别严重产生断裂现象的主要原因是下沉过程中进入密实砂层时, 锤击次数过多, 锤击能量过大所致。

为了防止沉桩时的断裂, 需要研究锤击沉桩时桩身的锤击应力, 桩身配筋时, 应使桩身强度足以抵抗锤击时的锤击应力。

2. 静力压桩法沉桩

静力压桩法是以设备本身自重(包括配重)作用力, 液压驱动, 用静压力将桩压入地基土中的一种沉重工艺。这种施工工艺具有无震动、无噪音、无污染、无冲力和施工应力小的特点。有利于沉桩振动

对邻近建筑物和精密设备的影响, 避免对桩头的冲击损失, 降低用钢量。在沉桩过程中还可以测定沉桩阻力, 为设计和施工提供参数, 预估和验证单桩极限承载力, 检验桩的工程质量。

近年来, 由于大吨位压桩机的出现, 提高了静力压桩法施工的适用范围, 能将长桩压入砂层, 可适用于对单桩极限承载力设计要求超过 5000kN 的超高层建筑。例如在上海地区, 曾使用 800t 压桩机, 将 $0.50\text{m}\times 0.50\text{m}\times 38.5\text{m}$ 的预制方桩压进中密砂层(此曾的静力触探比贯入阻力为 12.5Mpa) 2.4m, 至设计标高时的压桩阻力为 4778kN~5868kN, 静荷载试验测定的单桩极限承载力为 6750kN。

6.2 工程监测

6.2.1 平面测量控制

平面控制是整个工程测量的基础，也是测量工作的重要环节。

a 建立矩形控制网

依据业主提供的建筑坐标点，测出各轴线，形成控制网并作闭合检验。

b 根据图纸对矩形控制网进行加密，放样出各轴线控制点。

c 圆心点、各轴线控制点和平面控制点，均埋设永久性砼桩。

d 依据轴线控制网，放样出每个桩位。

6.2.2 垂直测量控制

根据业主提供的高程点，引出现场高程点，或埋桩、或引在永久性建筑物上，并保护起来，施工时，作为每根桩的垂直控制。

6.2.3 放线人员放线前应认真阅读整图纸及及有关变更文件，依据《基础平面图》及规划红线控制点，由技术部专职人员按监理公司批准的测量放线方案，绘制施工测量平面方格坐标图，认真计算各点坐标，对轴线控制点埋设标志，且四周用砼固化 30cm 深，对桩位采用钢管打眼灌白灰及钉 $\phi 8$ 短钢筋作为标志，深度不小于 300mm，绘制测量复核签证单，经甲方或监理工程师认可后方可进行护筒埋设。

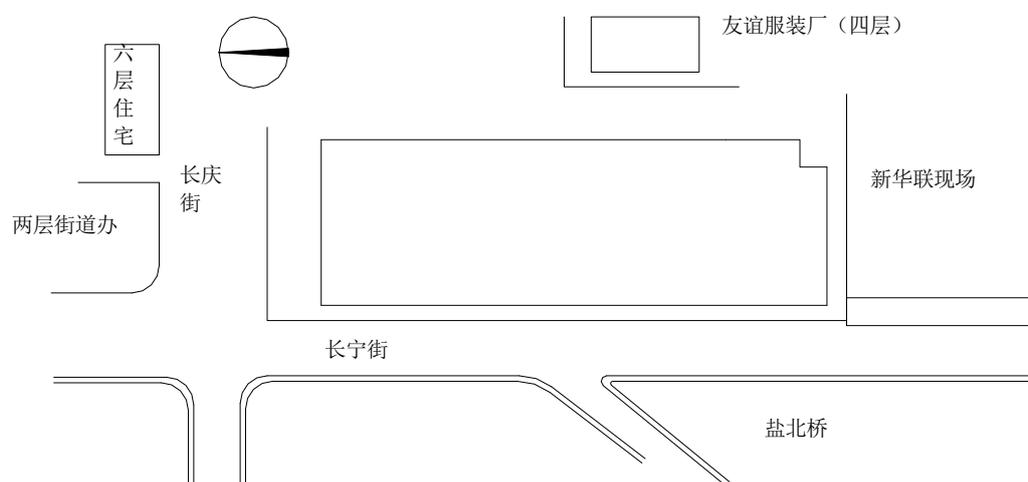
6.2.4 为了提高放线精度，测量仪器必须定期进行检验。测量用钢尺须校验，施工用钢尺在量距中若与测量用钢尺量出数据有出入，应以测量为准加以改正，施工过程中，必须注意距离与角度的复核，若出现较大误差，应及时查出原因，并加以改正，对使用钢尺要定期进行校核，以保证钢尺准确。

B. 基坑支护设计

一. 工程概况和研究内容

1.1 工程概况

某综合楼工程占地面积 $149 \times 41 \text{m}^2$ 。上部结构由 20 层的高楼群组成。高楼群房采用框架剪力墙结构，钻孔灌注桩箱形基础，设两层地下室，挖深为 6.6m，电梯井挖深为 7.8m。该建筑物西侧距长宁街仅 5m，且在路面下埋有电缆线、煤气管道、自来水管管道及污水管道等市政公用设施。南边是新华联施工现场，其围墙局开挖最小距离为 4m。东侧大部分为一片已完成拆迁的空地，其中有一幢友谊服装厂的四层厂房(长 20m)，间距约 19m，北侧距长庆街约 13m。建筑场地平面位置见下图。



建筑场地平面图

1.2 本论文主要设计内容

本文对某综合楼基坑支护设计进行研究。首先分析评价了场地的岩土工程条件。根据场地的工程地质条件、水文地质条件，充分考虑到周边地层条件，选择技术上可行，经济上合理，并且具有整体性好、水平位移小，同时便于基坑开挖及后续施工的可靠支护措施，通过分析论证选择合适的基坑支护方案。然后对基坑支护结构进行了具体设计

算,其中包括土压力计算、钻孔灌注桩的设计计算及土钉墙的设计计算、稳定性验算。当不能满足稳定性要求的时候,需要重新设计计算或者做必要的处理,直至达到稳定性的安全要求。选择经济、实效、合理的基坑降水与止水方案,最后简单地谈到了基坑的施工组织与工程监测。

2. 工程地质与水文地质概况

2.1 场区工程地质条件

根据浙江省建筑设计研究院勘察设计有限公司提供的场地岩土工程勘察报告,场区内与基坑支护相关的地层自上而下可划分为:

1. 杂填土层:层厚 2.1 米。

基坑设计参数: $\gamma = 18\text{KN}/\text{m}^2, c = 4\text{KP}_a, \varphi = 12.6^\circ$ 。

2. 粉土层:层厚 3.8m。

基坑设计参数: $\gamma = 18.9\text{KN}/\text{m}^2, c = 12.1\text{KP}_a, \varphi = 24.0^\circ$ 。

3. 粉土夹沙层:厚度 3.2m。

基坑设计参数: $\gamma = 18.7\text{KN}/\text{m}^2, c = 7.2\text{KP}_a, \varphi = 28.4^\circ$ 。

4. 淤泥质粘土层:厚度 3.5m。

基坑设计参数: $\gamma = 18.9\text{KN}/\text{m}^2, c = 15.6\text{KP}_a, \varphi = 11.3^\circ$ 。

5. 粘土层:厚度 5m。

基坑设计参数: $\gamma = 19.2\text{KN}/\text{m}^2, c = 30.25\text{KP}_a, \varphi = 19.3^\circ$ 。

6. 粉质粘土层:厚度 8m。

基坑设计参数: $\gamma = 18.4\text{KN}/\text{m}^2, c = 42.65\text{KP}_a, \varphi = 17.1^\circ$ 。

2.2 水文地质条件

根据地质勘测料，地下水位埋藏较浅，平均深度为 1.2m，其中上部土层透水性较好，水力坡度 I 取 1/10。

2.3 基坑周边环境情况

- 1、基坑东面为已完成拆迁的空地，其中有一幢友谊服装厂厂房。
- 2、基坑北面为长庆街。
- 3、基坑西面为长宁街。
- 4、基坑南面为新华联施工现场。

整个施工现场，周围没有地下管线通过。

从上述基坑本身特征、场地地层结构、场地周边环境特点分析可知，本基坑开挖深度为 7.8 米，在开挖深度内的地层强度和厚度起伏变化不大，地下水不丰富，周边环境较为宽松，基坑的安全等级为 2 级。

二、基坑开挖与支护结构设计

1. 设计优选

1.1 设计依据

- 1、 毕业设计参考资料；
- 2、 中华人民共和国国家标准《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）；
- 3、 中华人民共和国国家标准《混凝土结构设计规范》（GB50204）；
- 4、 中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2002）；
- 5、 中华人民共和国行业标准《建筑基坑支护技术规范》（JGJ120-99）；
- 6、 《基坑工程手册》。

1.2 基坑支护方案优选

基坑围护结构型式有很多种，其适用范围也各不相同，根据上述设计原则，结合本基坑工程实际情况有以下几种可以采取的支护型式：

(1) 悬臂式围护结构

悬臂式围护结构依靠足够的入土深度和结构的抗弯能力来维持整体稳定和结构安全。悬臂结构所受土压力分布是开挖深度的一次函数，其剪力是深度的二次函数，弯矩是深度的三次函数，水平位移是深度的五次函数。悬臂式结构对开挖深度很敏感，容易产生较大变形，对相邻的建筑物产生不良的影响。悬臂式围护结构适用于土质较好、开挖深度较浅的基坑工程。

(2) 水泥土重力式围护结构

水泥土与其包围的天然土形成重力式挡墙支挡周围土体，保持基坑边坡稳定，深层搅拌水泥土桩重力式围护结构，常用于软粘土地区开挖深度约在 6.0m 以内的基坑工程，水泥土的抗拉强度低，水泥土重力式围护结构适用于较浅的基坑工程。

(3) 拉锚式围护结构

拉锚式围护结构由围护结构体系和锚固体系两部分组成，围护结构体系常采用钢筋混凝土排桩墙和地下连续墙两种。锚固体系可分为锚杆式和地面拉锚式两种。地面拉锚式需要有足够的场地设置锚桩，或其他锚固物；锚杆式需要地基土能提供锚杆较大的锚固力。锚杆式适用于砂土地基，或粘土地基。由于软粘土地基不能提供锚杆较大的锚固力，所以很少使用。

(4) 土钉墙围护结构

土钉墙围护结构的机理可理解为通过在基坑边坡中设置土钉，形成加筋土重力式挡墙，起到挡土作用。土钉墙围护适用于地下水位以上或者人工降水后的粘性土、粉土、杂填土及非松散砂土、卵石土等；不适用于淤泥质及未经降水处理地下水以下的土层地基中基坑围护。土钉墙围护基坑深度一般不超过 18m，使用期限不超过 18 月。

(5) 内撑式围护结构

内撑式围护由围护体系和内撑体系两部分组成，围护结构体系常采用钢筋混凝土桩排桩墙和地下连续墙型式。内撑体系可采用水平支撑和斜支撑。当基坑开挖平面面积很大而开挖深度不太大时，宜采用单层支撑。内撑常采用钢筋混凝土支撑和钢管（或型钢）

支撑两种。内撑式围护结构适用范围广，可适用于各种土层和基坑深度。

经过多个方案的比较分析，本基坑充分考虑到周边地层条件，选择技术上可行，经济上合理，并且具有整体性好、水平位移小，同时便于基坑开挖及后续施工的可靠支护措施。该建筑 12 层组成，地下室与上部结构构成整体，基坑面积相对较小，但是地层相对较复杂，要求严格进行支护设计和组织施工，以保证基坑的安全。经分析采用单排钻孔灌注桩作为围护体系，关于支撑体系，如果采用内支撑的话，则工程量太大，极不经济，同时，如果支撑拆除考虑在内的话，工期过长，且拆除过程中难以保持原力系的平衡。根据场地的工程地质和水文地质条件，最后决定采用潜水完整井，支护结构采用土钉墙等。

1.3 支护方案设计分析

以放坡和土钉墙组成基坑的支护系统，土钉墙是支护结构的受力结构；支护桩是承担压力的主体。加设土层土钉一方面改善了桩的受力状态，降低了桩深弯矩减少了桩顶位移，保护周围建筑物与道路的安全；另一方面，减短了桩长，降低了支护体系的造价。在中软土地区支撑设置可提高支护体系的可靠性，且是降低了工程造价的有效方法。

根据本场地的地层的特征，将本基坑采用放坡加土钉墙。

2. 支护方案的设计原则及计算参数的确定

2.1 设计原则

1. 设计方案是根据场地工程地质和水文地质条件，以及场地周边环境条件等要求确定；

2. 防止由于基坑开挖，四周路面、地下构筑物及管线发生大的变形；
3. 尽可能保证基坑开挖、施工、以及地下室防水的便利；
4. 保证安全，优化方案，使得工程造价经济合理。

2.2 参数的初选

1. 根据浙江省勘察设计院提交的《岩土工程勘察报告》，并参考相关规范，拟取各层土体的物理力学参数，具有参数如下表 3-1 所示；

2. 相对标高±0.00m，基坑设计时，基坑开挖深度为-7.80m；

3. 地面超载取 20 KN/m^2 ;

4. 根据《建筑基坑支护技术规程》(GB120-99), 基坑重要性系数 $\gamma_0=1.00$; (安全等级二级)

根据本工程岩土工程勘察资料, 各土层的设计计算参数如表 1

表 3-1 土层设计计算参数

层序	土层名称	层厚 /m	天然含水量 $w(\%)$	重度 γ (kN/m ³)	内摩擦角 ϕ (°)	内聚力 C (kPa)	渗透系数 K (cm/s)
1	杂填土层	2.1	30.5	18	12.6	4	5.2×10^{-4}
2	粉土层	3.8	31.7	18.9	24.0	12.1	5.35×10^{-4}
3	粉土夹沙层	3.2	30.6	18.7	28.4	7.2	4.85×10^{-4}
4	淤泥质粘土层	3.5	34.1	18.9	11.3	15.6	3.75×10^{-4}
5	粘土层	5		19.2	19.3	30.25	
6	粉质粘土层	8		18.4	17.1	42.65	

3. 基坑支护设计的主要内容

基坑支护设计的内容包括土压力计算, 零弯矩点位置、嵌固深度的计算、最大弯矩的确定, 桩身钢筋配置, 土钉设计等等, 然后根据所配置的支护参数, 进行基坑整体稳定性验算、整体稳定验算、倾覆稳定性验算和基坑底承载力验算。当验算后的支护参数不符合要求时, 应重新设置支护参数, 直至安全、可靠为止。

4. 降水设计

根据本地的工程地质水文条件以及周围环境, 设计采用喷射井点降水系统。由于上部透水性较好, 采用环圈形式布置井点, 并配抽水设备。方案为潜水完整井。

4.1 井点系统布置

井点管呈长方形布置, 总管距沉井边缘 1.5m。沉井平面尺寸为 $147 \times 43 \text{m}^2$, 水力坡度取 1/10。

1) 井点系统总长度

$$[(147+1.50 \times 2) + (43+1.50 \times 2)] \times 2 = 392 \text{m}$$

- 2) 喷射井点管埋深

$$H=8+1L_1=8+1/10*46/2=10.30\text{m}$$

取喷射井点管长度为 11m

- 3) 虑水管长度取
- $L=1.5\text{m}$
- ,
- $\phi 38\text{mm}$

- 4) 在埋设喷射井点时冲孔直径为 600mm, 冲孔深度比滤水管深 1 米.

$$\text{即: } 11.50+1.50+1.00=14.00\text{m}$$

井点管与滤水管和孔壁间用粗砂填实作为砂滤层, 距地表 1.00m 处用粘土封实以防漏气。

4.2 基坑排水量计算

- 1) 渗透系数
- \bar{k}
- 的确定

土的渗透系数用第二层和第三层的加权平均值

$$\begin{aligned}\bar{k} &= \frac{5.35 * 3.8 + 3.2 * 4.85}{7.0} * 10^{-4} \\ &= 5.12 * 10^{-4} \text{cm/s} \\ &= 0.44 \text{m/d}\end{aligned}$$

- 2) 含水层厚度
- H_w

$$H_w=2.1+3.8+3.2+3.5+5-1.2=16.4\text{m}$$

- 3) 基坑要求降低水位深度
- S'

$$S' = 8 - 1.2 + 0.5 = 7.3\text{m}$$

- 4) 地下水位以及井管长度, 即井管内水位下降深度
- S

$$S = S' + i L_1 = 7.3 + 1/10 * 46/2 = 9.6\text{m}$$

- 5) 影响半径
- R

$$R = 2S \sqrt{k H_w} = 2 * 9.6 * \sqrt{0.44 * 16.4} = 51.58\text{m}$$

- 6) 引用半径
- r

$$r = \sqrt{F / 3.14} = \sqrt{150 * 46 / 3.14} = 46.88\text{m}$$

- 7) 基坑总排水量
- Q

$$\begin{aligned}Q &= \frac{3.14 k (2H - s') s'}{\ln R' - \ln r} \\ &= \frac{3.14 * 0.44 * (2 * 10.3 - 7.3) * 7.3}{\ln(51.58 + 46.88) - \ln 46.88} \\ &= 180.77 \text{m}^3/\text{d}\end{aligned}$$

4.3 单根井点管的出水量

$$\begin{aligned}q &= 65 \pi d l \sqrt[3]{k} \\ &= 65 * 3.14 * 0.038 * 1.5 * \sqrt[3]{0.44} \\ &= 8.85 \text{m}^3/\text{d}\end{aligned}$$

4.4 单根井点管数及间距

$$N=1.1Q/q=1.1*180.77/8.85=22.5$$

实际用 24 根井点管

$$D=(150+46)*2/24=16.3\text{m}$$

实际间距取 16 米，实际布置图见图 2。

注意：在井点系统抽水期间应加强地面沉降的观测，防止由于地面沉降而引起的环境问题。按此喷射井点设计方案降水在沉井施工过程中降水效果好，满足设计要求。

4.5 土层压力计算

因墙背竖直、光滑，填土面基本水平，符合郎金条件计算时假定附加荷载 $q=10\text{kp}$ 个填土层物理学性质该书中已给，不再赘述。计算过程如下：

$$K_{a1} = \tan^2(45^\circ - 12.6^\circ / 2)$$

$$= 0.64$$

$$\sigma_{a0} = qK_{a1} - 2c_1 \sqrt{ka}l$$

$$= 10 * 0.64 - 2 * 4 * \sqrt{0.64}$$

$$= 0\text{kp}$$

$$\sigma_{a1} = (10 + 18.0 * 1.2) * 0.64 - 2 * 4 * \sqrt{0.64}$$

$$= 13.82\text{kp}$$

$$\sigma_{a2} = (10 + 18.0 * 2.1) * 0.64 - 2 * 4 * \sqrt{0.64}$$

$$= 24.19\text{kp}$$

$$K_{a3} = \tan^2(45^\circ - 24^\circ / 2)$$

$$= 0.42$$

$$\sigma_{a2}' = (10 + 18.0 * 2.1) * 0.42 - 2 * 12.1 * \sqrt{0.42}$$

$$= 4.39\text{kp}$$

$$\sigma_{a3} = (10 + 18.0 * 2.1 + 18.9 * 3.8) * 0.42 - 2 * 12.1 * \sqrt{0.42}$$

$$= 34.56\text{kp}$$

$$K_{a4} = \tan^2(45^\circ - 28.4^\circ / 2) = 0.36$$

$$\sigma_{a3}' = (10 + 18.0 * 2.1 + 18.9 * 3.8) * 0.36 - 2 * 7.2 * \sqrt{0.36}$$

$$=34.42\text{kp}$$

$$\sigma_{a4} = (10+18.0*2.1+18.9*3.8+18.7*3.2)*0.36-2*7.2*\sqrt{0.36}$$

$$=55.97\text{kp}$$

$$K_{a5} = \tan^2(45^\circ - 11.3^\circ / 2)$$

$$=0.67$$

$$\sigma_{a4}' = (10+18.0*2.1+18.9*3.8+18.7*3.2)*0.67-2*15.6*\sqrt{0.67}$$

$$=94.7\text{kp}$$

$$\sigma_{a5} = (10+18.0*2.1+18.9*3.8+18.7*3.2+18.9*3.5)*0.67-2*15.6*\sqrt{0.67}$$

$$=139.02\text{kp}$$

$$K_{a6} = \tan^2(45^\circ - 19.3^\circ / 2)$$

$$=0.50$$

$$\sigma_{a5}' = (10+18.0*2.1+18.9*3.8+18.7*3.2+18.9*3.5)*0.50-2*30.25*\sqrt{0.50}$$

$$=80.03\text{kp}$$

$$\sigma_{a6} = (10+18.0*2.1+18.9*3.8+18.7*3.2+18.9*3.5+19.2*5)*0.50-2*30.25*\sqrt{0.50}$$

$$=128.03\text{kp}$$

被动:

$$K_{p4} = \tan^2(45^\circ + 28.4^\circ / 2)$$

$$=2.81$$

$$\sigma_{a3}' = 2*7.2*\sqrt{2.81}$$

$$= 24.14\text{kp}$$

$$\sigma_{p4} = 18.7*1.1*2.81+2*7.2*\sqrt{2.81}$$

$$=81.94\text{kp}$$

$$K_{p5} = \tan^2(45^\circ + 11.3^\circ / 2)$$

$$=1.49$$

$$\sigma_{p4}' = 18.7 * 1.1 * 1.49 + 2 * 15.6 \sqrt{1.49}$$

$$=68.73 \text{kp}$$

$$\sigma_{p5} = (18.7 * 1.1 + 18.9 * 3.5) * 1.49 + 2 * 15.6 \sqrt{1.49}$$

$$=167.30 \text{kp}$$

$$K_{p6} = \tan^2(45^\circ + 19.3^\circ / 2)$$

$$=1.99$$

$$\sigma_{p5}' = (18.7 * 1.1 + 18.9 * 3.5) * 1.99 + 2 * 30.25 \sqrt{1.99}$$

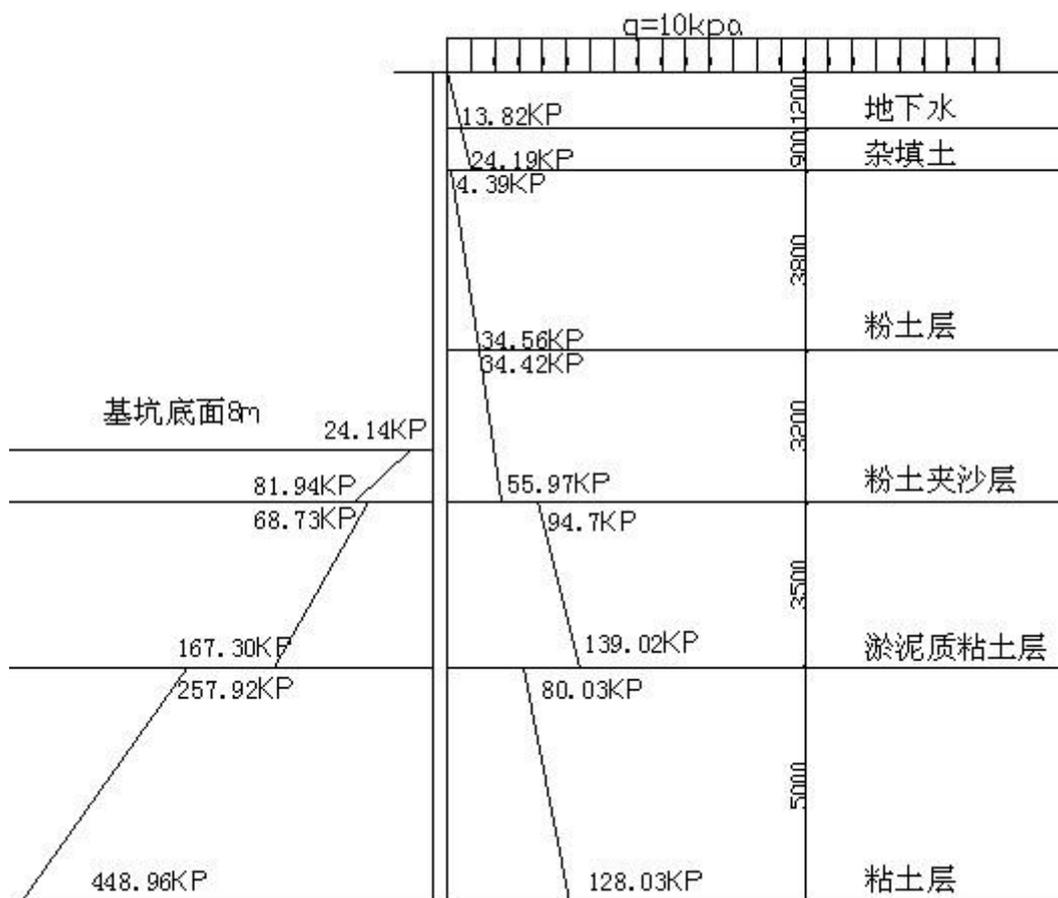
$$=257.92 \text{kp}$$

$$\sigma_{p6} = (18.7 * 1.1 + 18.9 * 3.5 + 19.2 * 5) * 1.99 + 2 * 30.25 \sqrt{1.99}$$

$$=448.96 \text{kp}$$

不考虑渗流的影响

土层水土压力图



5. 基坑护围及支护方案设计

5.1 方案选定

- 1) 东侧和北侧采用放坡另加适当的土钉墙；基坑开挖深度为 6.8 米，采用坡角 60 度放坡开挖，中间设 1.5 米平台。
- 2) 南侧采用人工挖孔桩配合对拉锚杆支护结构。
- 3) 西侧由于对基坑侧壁变形稳定性要求较高，宜采用土钉墙支护。

5.2 方案设计及计算

5.2.1 东侧和北侧放坡段

板面：C20 喷射混凝土，厚度 100mm

钢筋网： $\phi 6@200\text{mm}*200\text{mm}$

土钉：共设 3 排土钉，水平间距与垂直间距为 2 米

土钉规格： $\phi 28\text{L}8000\text{mm}@2000\text{mm}$

分布见图纸

① 内部稳定分析

为方便计算土层力学性质采用加权平均值。附加荷载为 10kp，临界破坏面为楔性破坏面，破坏面倾角为： $45^\circ + \phi/2$

计算时可用下式：

$$K = \frac{[CL + (W+Q) \sin(45^\circ - \phi/2) \tan \phi + T \sin(45^\circ + \phi/2 + \Theta) \tan \phi + T \cos(45^\circ + \phi/2 + \Theta)]}{(W+Q) \cos(45^\circ - \phi/2)}$$

公式说明：

ϕ 为土层平均内摩擦角

$$\text{取 } \phi = \frac{2.1*10 + 3.8*24 + 0.9*28.4}{6.8}$$

$$= 20.3^\circ$$

c 为土层平均粘聚力

$$\text{取 } c = \frac{2.1*4 + 3.8*12.1 + 0.9*7.2}{6.8}$$

$$= 8.95\text{kp}$$

γ 为土层平均重度

$$\text{取 } \gamma = \frac{2.1*18.0 + 3.8*18.9 + 0.9*18.7}{6.8}$$

$$= 18.6\text{kN/m}^3$$

w 为土层自重

$$\begin{aligned} \text{取 } w &= 0.5 \gamma H^2 \tan(45^\circ - \phi/2) - 0.5 \gamma * H^2 \cot 60 \\ &= 0.5 * 18.6 * 6.8^2 \tan 34.85^\circ - 0.5 * 18.6 * 6.8^2 * \cot 60 \\ &= 51.15\text{kn/m} \end{aligned}$$

H 为井深 6.8m

L 为楔形滑移面长度

$$L = H / \cos(45^\circ - 20.3/2)$$

$$= 6.8 / \cos 34.85^\circ$$

$$= 8.3\text{m}$$

Q 为地面载荷

$$Q = 10 * 6.8 \tan(45^\circ - 20.3/2)$$

$$= 47.4\text{kn/m}$$

T 为土钉的支撑力

$$T = \pi D_j \sum q_{si} L_i / S * r_i$$

$$= 3.14 * 0.1 * 20 * 8 * 3 / (2 * 1.5)$$

$$= 50.24\text{kN/m}$$

Θ 为土钉与水平面的夹角 10 度

将以上数据带入公式中

$K =$

$$\frac{8.95 * 8.3 + (51.15 + 47.4) \sin 34.85^\circ \tan 20.3^\circ + 50.24 \sin 65.15^\circ \tan 20.3^\circ + 50.24 \cos 65.15^\circ}{(51.15 + 47.4) \cos 34.85^\circ}$$

=1.7

② 抗滑稳定计算

安全系数 $K_H = F_T / E_{ax}$

公式说明：

K_H 为抗滑安全系数；

F_T 为墙底断面上产生的抗滑力；

E_{ax} 为墙后主动土压力。

$$\begin{aligned} E_{ax} &= (0.5 \gamma H + q) H \tan^2(45^\circ - \phi/2) - 2cH \tan(45^\circ - \phi/2) + 2c^2/\gamma \\ &= (0.5 * 18.6 * 6.8 + 10) * 6.8 \tan^2 34.85^\circ - 2 * 8.95 * 6.8 \tan 34.85^\circ + 2 * 8.95^2 / 18.5 \\ &= 165.32 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$F_T = (W + qB) \tan \phi$$

$$B = 11/12 * 8 \cos 10^\circ = 7.2 \text{ m}$$

$$F_T = (18.6 * 6.8 * 7.2 + 10 * 7.2) \tan 28.4^\circ = 531.3 \text{ kN/m}$$

$$\therefore K_H = 885.4 / 287 = 3.1$$

满足稳定要求

③ 抗倾覆稳定计算

安全系数： $K_Q = M_w / M$

$$M_w = (W + qB) * 0.5B$$

$$= (18.6 * 6.8 * 7.2 + 10 * 7.2) * 0.5 * 7.2 = 3537.6 \text{ kN/m}$$

$$M = E_{ax} * 1/3H = 165.32 * 1/3 * 6.8 = 374.73 \text{ kN/m}$$

$$K_Q = 3537.6 / 374.73 = 9.5$$

满足稳定要求

5.2.2 西侧土钉墙支护设计

板面：C20 喷射混凝土，厚度 100mm

钢筋网： $\phi 6 @ 200 \text{ mm} * 200 \text{ mm}$

土钉：共设 6 排土钉，水平间距为 2 米，垂直间距为 1 米。

土钉规格：前 2 排： $\phi 28L4000 \text{ mm} @ 1000 \text{ mm}$

下 4 排： $\phi 28L10000 \text{ mm} @ 1000 \text{ mm}$

内部稳定分析

为方便计算，土层力学指标采用加权平均值，临界破坏面为楔形划移面

破坏面倾角为 $(45 + \frac{\phi}{2})$

$$\text{楔形划移面长度 } L = \frac{H}{\cos\left(45 - \frac{20.3}{2}\right)} = \frac{6.8}{\cos\left(45 - \frac{20.3}{2}\right)} = 8.3 \text{ m}$$

东侧和北侧以求得：

$$\varphi = 20.3 \quad c = 8.95 \quad \gamma = 18.6$$

土层自重 W

$$\begin{aligned} w &= 0.5 \gamma H^2 \tan(45 - \varphi/2) - 0.5 \gamma * H^2 \cot 60 \\ &= 0.5 * 18.6 * 6.8^2 \tan 34.85 - 0.5 * 18.6 * 6.8^2 * \cot 60 \\ &= 51.15 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

地面附加荷载 Q

$$\begin{aligned} Q &= q \left[H \tan \left(45 - \frac{20.3}{2} \right) - H \tan 30 \right] \\ &= 10 * \left[6.8 \tan \left(45 - \frac{20.3}{2} \right) - 6.8 \tan 30 \right] = 8.1 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

土钉与水平面的夹角 $\theta = 10$

土钉锚固力 T

$$\begin{aligned} T &= \pi D_j \sum q_{si} L_i / S * r_i \\ &= 3.14 * 0.1 * 20 * (2 * 4 + 4 * 8) / (2 * 1.5) \\ &= 100.5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

土钉内部稳定系数 K

$$K = \frac{\left[Cl + (Q + W) \sin \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi + T \sin \left(45 + \frac{\varphi}{2} + \theta \right) \tan \varphi + T \cos \left(45 + \frac{\varphi}{2} + \theta \right) \right]}{\left[(W + Q) \cos \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \right]}$$

$$\frac{8.95 * 8.3 + (51.15 + 8.1) \sin 34.85^\circ \tan 20.3^\circ + 100.48 \sin 65.15^\circ \tan 20.3^\circ + 100.48 \cos 65.15^\circ}{(51.15 + 8.1) \cos 34.85^\circ}$$

$$= 3.4$$

抗滑稳定计算

$$K_{ii} = \frac{F_T}{E_{ax}}$$

K_{ii} —— 抗滑安全系数

F_T —— 墙底断面上产生的抗滑力

E_{ax} —— 墙后主动土压力

$$\begin{aligned} E_{ax} &= \left(\frac{1}{2} \gamma H + q \right) H \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) - 2C H \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{2C^2}{\gamma} \\ &= (0.5 * 18.6 * 6.8 + 10) * 6.8 \tan^2 34.85 - 2 * 8.95 * 6.8 \tan 34.85 + 2 * 8.95^2 / 18.6 \\ &= 165.33 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$F_T = (W+q) B \tan \varphi$$

$$B = \frac{11}{12} * \frac{4 * 2 + 10 * 4}{6} \cos 10 = 7.2$$

$$F_T = (18.6 * 6.8 * 7.2 + 10 * 7.2) \tan 20.3 = 363.50 \text{ kN/m}$$

$$\therefore K_H = 363.5 / 165.33 = 2.2$$

满足稳定要求

抗倾覆稳定计算

$$K_q = \frac{M_w}{M_0}$$

$$M_w = (W+q) B * 0.5B \\ = (18.6 * 6.8 * 10) * 7.2 * 0.5 * 7.2 = 3537.56 \text{ kN/m}$$

$$M = E_{ax} \frac{1}{3} H = 165.33 * \frac{1}{3} * 6.8 = 374.75 \text{ kN/m}$$

$$K_q = 3537.56 / 374.75 = 9.4$$

满足稳定要求

5.2.3 南侧段

◇ 基坑下土压力零点:

设土压力零点距基坑下 x 米:

$$\gamma_3 x K_{p3} + 2c_3 \sqrt{K_{p3}} = 34.42 + \frac{55.97 - 34.42}{3.2} * 1.1 + \gamma_3 x K_{a3} - 2c_3 \sqrt{K_{a3}} \\ 18.7 * x * 2.81 + 2 * 7.2 \sqrt{2.82} = 34.42 + \frac{55.97 - 34.42}{3.2} * 1.1 + 18.7 * x * 0.36 - 2 * 7.2 * \sqrt{0.36}$$

$$\therefore x = 0.2 \text{ m}$$

$$\sum P = \frac{1}{2} * [13.82 * 1.2 + (24.19 + 13.82) * 0.9 + 3.8 * (4.39 + 34.56) + 2.1 * (34.42 + 48.56)] \\ + 48.56 * 0.2 \\ = 196.24 \text{ kN/m}$$

计算合力点:

$$\frac{1}{2} * 13.82 * 1.2^2 * \frac{2}{3} + \frac{1}{2} * 13.82 * 0.9 * 2.1 + \frac{1}{2} * \frac{2}{3} * (24.19 - 13.82) * 0.9 * 2.1 \\ + \frac{1}{2} * 4.39 * 3.8 * 5.9 + \frac{1}{2} * \frac{2}{3} * (34.56 - 4.39) * 3.8 * 5.9 + \frac{1}{2} * 34.42 * 2.1 * 8 \\ + \frac{1}{2} * \frac{2}{3} * (48.56 - 34.42) * 2.1 * 8 + \frac{1}{2} * 48.56 * 0.2 * 8.2 \\ a = \frac{\quad}{196.24} \\ = 3.6 \text{ m}$$

$$c = \frac{7.2 \times 1.1 + 15.6 \times 3.5 + 30.25 \times 5}{9.6}$$

$$\varphi = \frac{\sum \varphi_i h_i}{\sum h_i} = \frac{28.4^0 \times 1.1 + 11.3^0 \times 3.5 + 19.3^0 \times 5}{9.6} = 17.4^0$$

$$\gamma = \frac{\sum \gamma_i h_i}{\sum h_i} = \frac{18.7 \times 1.1 + 18.9 \times 3.5 + 19.2 \times 5}{9.6} = 19 \text{KN/m}$$

$$K_a = \tan^2(45^0 - \frac{\varphi}{2}) = 0.54$$

$$K_p = \tan^2(45^0 + \frac{\varphi}{2}) = 1.85$$

由以上条件

基坑底以下主动土压力，取 $q_0' = 48.56 \text{KN}$

$$\sigma_{a3}' = 48.56 * 0.54 - 2 * 22.27 * \sqrt{0.54} = -6.5 \text{kp}$$

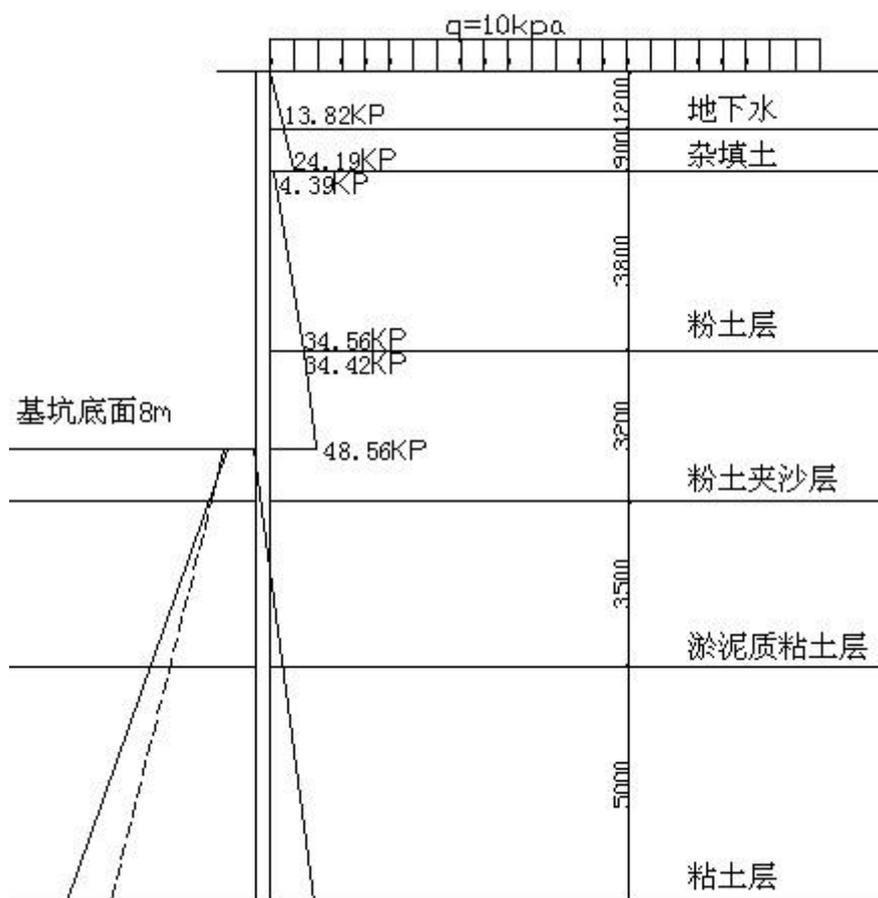
$$\sigma_{a3} = (48.56 + 19 * 9.6) * 0.54 - 2 * 22.27 * \sqrt{0.54} = 91.99 \text{kp}$$

基坑底以下被动土压力：

$$\sigma_{a3}' = 2 * 22.27 * \sqrt{1.85} = 60.58 \text{kp}$$

$$\sigma_{a3} = 19 * 9.6 * 1.85 + 2 * 22.27 * \sqrt{1.85} = 398.02 \text{kp}$$

土层水土压力图



$$t^3 - \frac{6\Sigma p}{r(k_p - k_a)}t - \frac{6(h+v-a)\Sigma p}{r(k_p - k_a)} = 0$$

$$t^3 - \frac{6 \times 196.24}{19 \times (1.85 - 0.54)}t - \frac{6(6.8 + 0.2 - 3.6) \times 196.24}{19(1.85 - 0.54)} = 0$$

$$t^3 - 47.31t - 160.84 = 0$$

解得: $t = 7.9\text{m}$

$$t_c = 1.2 * t = 9.5\text{m}$$

桩总长 $6.8 + 9.5 = 16.3\text{m}$ 桩径取 1m

◇ 求最大弯距

最大弯距位置: 在剪力 $Q=0$ 处, 设从地面往下 x_m 处 $Q=0$, 则有:

$$\sum P - \frac{\gamma}{2}(K_p - K_a)x_m^2 = 0$$

$$x_m = \sqrt{\frac{2\sum P}{\gamma(K_p - K_a)}} = \sqrt{\frac{2 \times 196.24}{19 \times (1.85 - 0.54)}} = 3.97m$$

$$\begin{aligned} \text{最大弯距 } M_{\max} &= \sum P(l + x_m - a) - \frac{\gamma(K_p - K_a)x_m^3}{6} \\ &= 196.24 \times (6.8 + 0.2 + 3.97 - 3.6) - \frac{19 \times (1.85 - 0.54) \times 3.97^3}{6} \\ &= 1186.7KN \cdot m \end{aligned}$$

有砗及钢筋的等级查表可得: $f_y = 300N/mm^2$, $f_c = 11.9N/mm^2$,

$$f_t = 1.27N/mm^2, \xi_b = 0.56$$

将直径为 1000mm 的圆柱桩转化为宽为 1100mm 墙厚为 h :

$$\begin{aligned} \frac{h^4}{12} \times 1100 &= \frac{\lambda D^4}{64} \Leftrightarrow \frac{h^4}{12} \cdot 1.1 = \frac{3.14 \times 800^4}{64} \\ \Rightarrow h &= 855.3mm \end{aligned}$$

取 $h = 850mm$

有截面有效高度 $h_0 = 850 - 50 = 800mm$

求计算系数:

$$\alpha_s = \frac{M}{f_c b h_0^2} = \frac{1187.6 \times 10^6}{11.9 \times 1100 \times 800^2} = 0.142$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.142} = 0.154 < \xi_b = 0.56 \quad \text{可以}$$

$$\gamma_s = \frac{1 + \sqrt{1 - 2\alpha_s}}{2} = 0.923$$

$$\text{故 } A_s = \frac{M}{f_y \gamma_s h_0} = \frac{1186.7 \times 10^6}{300 \times 0.923 \times 800} = 5357.08mm^2,$$

所以选用 16 $\phi 25$ $A_s = 7854.4mm^2$

α_s : 截面抵抗矩系数

γ_s : 内力偶臂系数

ξ : 配筋特征值

◇ 验算

①整体稳定性验算

由于围护桩插入深度比较大，且布置较密，在施工中为增强整体稳定性，在桩与桩之间设圈梁，提高边坡抗滑移能力。根据经验，可不验算整体稳定性。

②桩墙底地基承载力验算

$$Nq = e^{\pi \tan \varphi} Kp = e^{3.14 \tan 20.3} \times 2.06 = 6.58 \text{KN}$$

$$Nc = \frac{Nq - 1}{\tan \varphi} = \frac{6.58 - 1}{\tan 20.3} = 15.1 \text{KN}$$

$$\gamma_1 = 18.0 \text{KN/m}^3 \quad \gamma_2 = 18.9 \text{KN/m}^3$$

$$Kw_2 = \frac{\gamma_2 DNq + cNc}{\gamma_1 (h_0 + D) + q} = \frac{18.9 \times 9.5 \times 6.58 + 42.56 \times 15.1}{18.0 \times 16.4 + 10} = 5.98$$

满足要求

③基坑底部土体抗隆起稳定性验算

$$Ms = \frac{1}{2} (\gamma h_0 + q) D^2$$

$$= \frac{1}{2} (18.6 \times 6.8 + 10) \times 9.5^2 = 6158.66 \text{KN} \cdot \text{m}$$

$$Mr = Ka \cdot \tan \varphi \left[\left(\frac{\gamma h_0^2}{2} + q h_0 \right) D + \frac{1}{2} q_f D^2 + \frac{2}{3} \gamma D^2 \right]$$

$$+ \tan \varphi \left(\frac{\pi}{4} q_f D^2 + \frac{4}{3} \gamma D^3 \right) + c (h_0 D + \pi D^2) + M_h$$

其中 $q_f = \gamma h_0 + q = 18.6 \times 6.8 + 10 = 136.48 \text{KN/m}^2$

M_h 为基坑底面处墙体的极限抵抗弯距，可采用该处的墙体设计弯距

$$Mr = 0.48 \times \tan 20.3^\circ \times \left[\left(\frac{18.6 \times 6.8^2}{2} + 10 \times 6.8 \right) \times 9.5 + \frac{1}{2} \times 136.48 \times 9.5^2 \right]$$

$$+ \frac{2}{3} \times 18.6 \times 9.5^2 + \tan 20.3^\circ \times \left(\frac{3.14}{4} \times 136.48 \times 9.5^2 + \frac{4}{3} \times 18.6 \times 9.5^3 \right)$$

$$+ 8.95 \times (6.8 \times 9.5 + 3.14 \times 9.5^2) + 1186.7$$

$$= 84731.3 \text{KN} \cdot \text{m}$$

抗隆起安全系数

$$K_L = \frac{Mr}{Ms}$$

$$\frac{84731.3}{6158.66} = 13.76 > 2.0$$

满足要求

④抗管涌稳定性验算

由于进行了人工降水，桩底部两侧水位相差不大，水力坡度较小。根据经验，可以不验算。

6. 基坑开挖

由于基坑北面和东面场地较为宽阔，故采用放坡形式。西面和东面由于距离街道、施工场地较紧，不宜采用放坡，故采用土钉墙和挖空灌注桩。开挖土方量总计 60536.8m³。由于基坑较深，又不允许分块分段施工混凝土层，且地基土制较软弱，故采用分层机械开挖。此基坑深度为 83.9m，即可分为三层，层厚为 3.0m、3.0m、2.9m。

开挖顺序视工作面与土质情况，可从基坑东边向西边开挖。最后一层土开挖后，应立即灌注混凝土垫层，避免基底土暴露时间过长。

挖运土方方法采用设坡道开挖方法。土坡道的坡度视土质、开挖深度和运输设备情况而定，一般为 1: 8~10，破道两侧要求采取挡土或其他加固措施。由于场地东面较为宽阔，可以将坡道设在基坑外空地上，便于挖土机械正常运行。根据场地条件、挖土深度可采用反铲挖掘机，操作灵活，挖土卸土均在地面作用，不用开运输道。

土方开挖是深基坑工程施工的关键工序，必须十分慎重，除应因地制宜地选择好开挖方法和安排好开挖顺序外，还应注意：

1. 做好施工与材料准备及技术措施准备；
2. 要重视打桩效应问题；
3. 要尽量减慢开挖过程中的土体应力释放速度；
4. 要做好坑内外的降水、排水；
5. 要注意减少基坑顶边缘地面荷载，严禁超载；
6. 基坑开挖必须遵守“由上而下、先撑后挖、分层开挖”的原则；
7. 要做好保护工作；
8. 要做好对深基坑工程的监测和控制；
9. 做好验槽工作；
10. 要确保施工安全。

7. 设备及工艺

I. 设备：

土钉墙施工设备：电动钻孔机（如 KHYD-40A 型）、液压注浆泵（如 SYB50-50 型）、转子式混凝土喷射机、柴油机驱动空压机

挖孔灌注桩施工设备，根据谁及尺寸，选用 KO 系列潜水钻机或者回转钻

挖土机械：液压反铲挖掘机、履带式推土机、自卸汽车（中型 2t~8t）

降水设备：钻孔可采用螺旋钻孔机，根据设 喷射井点系统设备的技术参数如下：

井点管直径（mm）	38
井点管总长度（m）	12.5
滤管长度（m）	1.5
喷嘴直径（mm）	3.5
工作压力（Mpa）	0.3
抽水高度（m）	13
每个井点出水量（L/s）	0.4
电动机功率（kw）	40
滤网采用多层滤网	空隙率 20%

II. 施工工艺

1. 降水施工工艺

根据施工场地周围构筑物以及水文地质条件，采用喷射井点降水。环形井点布置，总管中间应安置一闸阀或将其断开，使集水总管内水流分在基坑开挖前降水，分层开挖，采地下水水位降于本开挖层 0.5m。保证水位持续下降，严格控制水位，保证地面沉降不超过允许值。（见井点布置图）

在人工降水施工中，为了防止流土和管涌，应设置反滤层，喷射井点反滤层尤为重要，若质量不好会带入细砂，磨损喷嘴。

具体喷射井点施工

1) 井点布置

由于该工程基坑面积较大，井点采用环形布置，进出口（道路）出的井点间距可扩大 5~7m。

2) 施工

(1) 井点埋置与使用

①为保证质量应用套管法，冲孔加水及压缩空气排泥，当套管内含泥量及测定 $<5\%$ 时下井管及灌砂，然后再拔套管，因为喷射井点管大于 10cm，采用吊车下管，下管时，水泵先运转，以便每下好一根井点管，立即与总管接通（不接回水管），及时单根试抽排泥，让开管内出来的泥浆从水沟排出，并测定真空度，待井管出水变清后地面测定真空度不宜小于 93.3Kpa。

②全部井点管沉没完毕后，再接通回水总管全面试抽，然后是工作水循环，进行正式工作。各套进水总管均应用阀门隔开，各套回水管应分开。

③防治喷射器损坏，安装前对喷射井管逐根清理。

④工作水应保持清洁，试抽 2d 后，更换清水，之后定期更换清水，减轻对喷射嘴及水泵叶轮的磨损。

注意：①扬水装置的质量非常重要；

②工作水要清洁，减轻磨损；

③设逆止球阀，防止反灌；

运行时注意观测地下水位变化、井点抽水量、井点真空度等。同时，施工中要对地下水位进行观测，坑外观测井的埋置，一般为 5~8m，宜沿坑周边布置，间距一般大于 20，坑内地下水位井与降水井点埋置相同，数量不小于 3 个，也可利用短期内不抽水的降水井代替。

2. 钻孔灌注桩施工工艺

采用潜水钻机（根据土质情况）

◇ 施工机械设备

(1)潜水钻机，特点是动力、减速机构与钻头紧紧相连，共同潜入水下工作，钻孔效率相对提高，噪声小，劳动条件好。

(2)潜水电钻，体积小，重量轻，结构轻便简单，机动灵活，成孔速度较快，已用于地下水位高的轻便土层（如淤泥质土、粘性土及砂质土）。

(3)钻头，可选用管式、筒式或两翼钻头。

◇ 施工

(1)将电机变速机构加以密封，并同底部钻头连接组成一个专用钻具，潜入孔内工作，钻削下来的土块被循环的水或泥浆带出孔外。

(2)程序

设置护筒，内径 1100mm，深度 $>1\text{m}$ ，在护筒顶部开 1~2 个溢浆口；

安装潜水钻机；

钻进直至要求深度；

第一次处理空地虚土（沉渣）；

移水潜水钻机；

测定孔壁；

放钢筋笼；

插入导管；

第二次处理空地虚土；

水下注砼，拔出导管；

拔出护筒

简而言之，施工准备 → 测量放线 → 护筒埋设 → 钻孔定位 →
钻进成孔 → 清孔 → 吊放钢筋笼 → 二次清孔 →
浇筑水下砼

潜水成孔排渣有正、反循环两种

3. 土钉墙施工工艺：

(1) 施工工艺流程

本工程施工工艺流程为：施工准备→土方开挖，修整边坡→钻孔→喷射底层混凝土→土钉制作安装→注浆→绑扎钢筋网，放排水管→喷射面层混凝土。

(2) 土方开挖

本土钉墙支护的特点是边开挖，边支护，所以与土方开挖相互密切协调是施工成败的一个重要方面。由于地质情况的变化，有时要求紧跟开挖面，迅速做混凝土面层。本工程在施工组织设计中，计划第一层开挖深度为2m，以后每层开挖深度为1—5m，不得超挖。

(3) 支护施工

- 1) 按照设计图纸进行土钉加工，焊接定位架，绑扎排气管，注浆管等；
- 2) 开挖出工作面后，立即修整边坡，放线，定出土钉位置；
- 3) 钻孔全部用小型麻花钻机和洛阳铲相结合，钻孔直径为110mm，钻孔深度按设计要求；
- 4) 插入土钉，同时插入注浆管至孔底约100mm距离，边压力注浆边拔注浆管，当孔口流出水泥浆后即停止，6—8天后，等水泥浆收缩终凝，孔口封堵再进行，等二次补浆，直至饱和为止，注浆水灰比为：0.4—0.45；
- 5) 绑扎Φ6@200×200钢筋网；
- 6) 喷射C20混凝土至120mm厚；
- 7) 再开挖第二层，循环以上作业至基坑完成。

8. 总结

本工程基坑面积达140×40m²，挖深为8.9m。基坑面积较大，跨度较宽。地下水位埋藏较浅，且透水性好。南侧离新华联现场教近，只有4m，且开挖时正在进行钻孔灌注桩。西面紧挨着长宁街，且街下面布有管道线路。而东面和北面则场地较为宽阔，达到了12-13m的宽度。

针对以上特点，采取了如下措施

- (1) 南面距离较短，且在灌注桩，所以采用了钻孔灌注桩悬臂式挡土墙。该施工方法具有震动小对环境的影响小强度大等特点。在施工时不会对临近工地的灌注桩有影响。且4m距离不适合打锚杆或土钉。因此采用了悬臂自立式。但同时自立式挡土墙的桩顶位移变形较大，因此要做好桩的位移监测。
- (2) 西侧由于空间和管线等的影响，且长度较长，考虑到钻孔灌注桩的时间长和在如此长范围内做桩的不经济性，所以经过比较采用了土钉墙结构。考虑到空间的狭小，为减短土钉长度，所以采用了放75度坡和密排土钉的措施，基本实现了把土钉长度控制在要求范围内。

- (3) 在北侧和东侧有较大的空间，且基坑不是很深，考虑到经济性，所以采用了放坡措施，实现了经济效益的结合，经演算，满足施工要求。
- (4) 由于本工程采用了放坡和灌注桩不加制水帷幕的措施，所以降水在本工程至关重要，为保证降水质量采用了环形降水，并且考虑到轻井两级降水的经济性和施工中的复杂，所以采用了喷射井方案。经演算满足降水要求，工程合格。
- (5) 基坑面积较大，周围场地空间较大，因此在土方开挖方面采用了分层开挖的方式。为加快施工进度全部采用机械开掘的方式。

通过本次设计培养了自己综合解决问题的能力，使自己有了一定的提高。在一个月课程设计中，真正的使自己以前学过的知识得到应用。

6. 施工组织与工程监测

6.1 施工组织

6.1.1 土钉墙施工组织

(1) 施工工艺流程

本工程施工工艺流程为：施工准备→土方开挖，休整边坡→钻孔→喷射底层混凝土→土钉制作安装→注浆→绑扎钢筋网，放排水管→喷射面层混凝土。

(2) 土方开挖

本土钉墙支护的特点是边开挖，边支护，所以与土方开挖相互密切协调是施工成败的一个重要方面。由于地质情况的变化，有时要求紧跟开挖面，迅速做混凝土面层。本工程在施工组织设计中，计划第一层开挖深度为 2m，以后每层开挖深度为 1—5m，不得超挖。

(3) 支护施工

- 1) 按照设计图纸进行土钉加工，焊接定位架，绑扎排气管，注浆管等；
- 2) 开挖出工作面后，立即休整边坡，放线，定出土钉位置；
- 3) 钻孔全部用小型麻花钻机和洛阳铲相结合，钻孔直径为 110m，钻孔深度

按设计要求:

- 4) 插入土钉,同时插入注浆管至孔底约 100mm 距离,边压力注浆边拔注浆管,当孔口流出水泥浆后即停止,6—8 天后,等水泥浆收缩终凝,孔口封堵再进行,等二次补浆,直至饱和为止,注浆水灰比为: 0.4—0.45;
- 5) 绑扎 $\Phi 6@200 \times 200$ 钢筋网;
- 6) 喷射 C20 混凝土至 120mm 厚;
- 7) 再开挖第二层,循环以上作业至基坑完成。

6.1.2 降水施工组织

根据施工场地周围构筑物以及水文地质条件,采用喷射井点降水。环形井点布置,总管中间应安置一闸阀或将其断开,使集水总管内水流分在基坑开挖前降水,分层开挖,采地下水位降于本开挖层 0.5m。保证水位持续下降,严格控制水位,保证地面沉降不超过允许值。(见井点布置图)在人工降水施工中,为了防止流土和管涌,应设置反滤层,喷射井点反滤层尤为重要,若质量不好会带入细砂,磨损喷嘴。

具体喷射井点施工

1) 井点布置

由于该工程基坑面积较大,井点采用环形布置,进出口(道路)出的井点间距可扩大 5~7m。

2) 施工

(1) 井点埋置与使用

①为保证质量应用套管法,冲孔加水及压缩空气排泥,当套管内含泥量及测定 $<5\%$ 时下井管及灌砂,然后再拔套管,因为喷射井点管大于 10cm,采用吊车下管,下管时,水泵先运转,以便每下好一根井点管,立即与总管接通(不接回水管),及时单根试抽排泥,让开管内出来的泥浆从水沟排出,并测定真空度,待井管出水变清后地面测定真空度不宜小于 93.3Kpa。

②全部井点管沉没完毕后,再接通回水总管全面试抽,然后是工作水循环,进行正式工作。各套进水总管均应用阀门隔开,各套回水管应分开。

③防治喷射器损坏,安装前对喷射井管逐根清理。

④工作水应保持清洁，试抽 2d 后，更换清水，之后定期更换清水，减轻对喷射嘴及水泵叶轮的磨损。

注意：①扬水装置的质量非常重要；

②工作水要清洁，减轻磨损；

③设逆止球阀，防止反灌；

运行时注意观测地下水位变化、井点抽水量、井点真空度等。同时，施工中要对

地下水位进行观测，坑外观测井的埋置，一般为 5~8m，宜沿坑周边布置，间距一般

大于 20，坑内地下水位井与降水井点埋置相同，数量不小于 3 个，也可利用短期内不抽水的降水井代替。

6.1.3 钻孔灌注桩施工组织

采用潜水钻机（根据土质情况）

1. 施工机械设备

(1)潜水钻机，特点是动力、减速机构与钻头紧紧相连，共同潜入水下工作，钻孔效率相对提高，噪声小，劳动条件好。

(2)潜水电钻，体积小，重量轻，结构轻便简单，机动灵活，成孔速度较快，已用于地下水位高的轻便土层（如淤泥质土、粘性土及砂质土）。

(3)钻头，可选用管式、筒式或两翼钻头。

2. 施工

(1)将电机变速机构加以密封，并同底部钻头连接组成一个专用钻具，潜入孔内工作，钻削下来的土块被循环的水或泥浆带出孔外。

(2)程序

设置护筒，内径 1100mm，深度>1m，在护筒顶部开 1~2 个溢浆口；

安装潜水钻机；

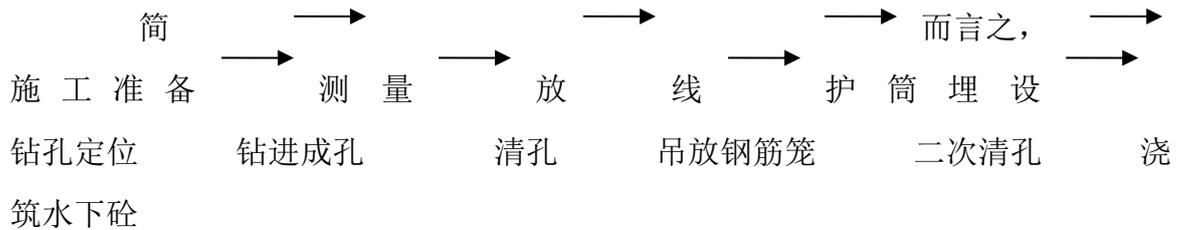
钻进直至要求深度；

第一次处理空地虚土（沉渣）；

移水潜水钻机；

测定孔壁；

放钢筋笼；
插入导管；
第二次处理空地虚土；
水下注砼，拔出导管；
拔出护筒



潜水成孔排渣有正、反循环两种

6.2 工程监测

6.2.1 监测的目的

- 1、通过监测，掌握边坡的稳定状态、安全程度和支护情况；
- 2、将监测数据与预测值相比较，确定支护参数是否安全合理，以确定和优化下一步的施工参数；
- 3、检测和评价已加固边坡的最终稳定性，作为安全使用的重要依据；
- 4、将监测结果反馈于设计与理论预测中，使理论与设计达到优质安全、经济合理的目的。

6.2.2 监测的主要内容

- 1、周边土体变形测量，如坡顶水平位移、地面沉降、坑周地面裂缝、边坡变位、坑底隆起等测量；
- 2、基坑周边邻近建（构）筑物、道路、管线的观测、监控，对有关建筑物作好标记，观测标注，开挖期间每天观测不少于一次，至地下室回填前每周观测不少于两次。

6.2.3 监测的主要仪器

测量中最多使用的是水准仪和经纬仪，水准仪用于测量地面、地层内各点及标高及沉降；经纬仪用于量测地形和构筑物的施工控制点坐标及施工中的水平位移。

水准仪测量如下参数：

- 1、基坑及周边建筑物沉降；
- 2、基坑支护结构的差异沉降；
- 3、确定各变异层标高。

经纬度仪测量如下参数：

- 1、基坑观测点的水平位移；
- 2、基坑周边建筑构筑物的水平位移。

6.2.4 监测的方法

在基坑周边砖墙顶帽梁或坡顶，按 20m 间隔设观测点，测量边坡的水平位移与沉降；同时对基坑相邻建筑物进行沉降监测，监测点设置根据建筑物占地形状，由设计施工人员在现场确定并报监理认可。

基准点布置在基坑变形影响不到的稳定地点，以确保观测点数据的准确、可靠。每次测量应对基准点进行校核，误差不大于 2mm。基坑开挖前测原始值，从开挖第一步土时开始进行变形观测，观测周期 1 次/天，直至基础底板完工后，观测周期改为 1 次/2 天。当两次观测位移量很小或地下室施工完二层时，可将观测周期延长至 1 次/1 周。其间可根据施工进度和变形发展，随时改变观测次数，每 7 天向监理和甲方汇报一次监测结果。如发现变形异常，应及时停止基坑内作业，分析原因，确保边坡及建筑物的安全。直至变形趋于零或地下结构至 ± 0.00 时，经有关部门同意可停止观测。

6.3 环保措施

6.3.1 降低噪音污染措施

施工现场遵照《中华人民共和国建筑施工场界噪声限值》制定降噪制度和措施；现场挖掘机及运土车在场区内禁止鸣笛；噪音较大的机械尽量安排在白天工作；对

人为施工噪声应有降噪措施，最大限度减少噪声扰民。

6.3.2 降低粉尘污染措施

- 1 当风力>4级不挖土；
- 2 场门口洒水防止尘土飞扬；
- 3 严禁运土车车轮带土上路；
- 4 安排专人进行防尘及卫生保洁工作。

6.4 应急措施

在有严密的监测，且数据可靠的前提下，信息化施工，出现异常情况及时分析，提前拿出监测方案，指导施工，并跟踪管理，当出现下列情况时，应急措施为：

1. 出现漏水、涌水时，应及时回填，防止事态扩大，及时采用注浆或砌砖墙引水。
2. 支护变形较大时，采取抢险措施，并及时分析原因，采取处理措施，保证基坑安全。
3. 外围出现异常情况时，管线可提露架空处理。路面出现下沉或开裂时，可采用注浆或裂缝修补方法处理

C. 设计总结

毕业设计小结

毕业设计是我们作为学生在学习阶段的最后一个环节，是对所学基础知识和专业知识的一种综合应用，是一种综合的再学习、再提高的过程，这一过程对学生的学习能力和独立思考及工作能力也是一个培养，同时毕业设计的水平也反映了大学教育的综合水平，因此学校十分重视毕业设计这一环节，加强了对毕业设计工作的指导和动员教育。在大学的學習过程中，毕业设计是一个重要的环节，是我们步入社会参与实际工作的一次极好的演示，也是对我们自学能力和解决问题能力的一次考验，是学校生活与社会生活间的过渡。在完成毕业设计的时候，我尽量地把毕业设计和实际工作有机的结合起来，实践与理论相结合。这样更有利于自己能力的提高。

社会是在不断的变化、发展的，眼下社会变革迅速，对人才的要求也越来越高，要用发展的眼光看问题，要学会学习，学会创新，学会适应社会的发展要求。在走出校园，迈向社会之即，把握今天，才能创造未来，老师的熏陶和教诲，使我懂得了更多处世为人的道理，有了一定的创新精神和钻研精神。

在完成毕业设计的这段时间里，我收获颇多：

通过毕业设计，我对桩基础设计和基坑支护设计有了一定的了解。

其实我们可以把毕业设计看作是一个工作内容，在完成毕业设计的时候，所用到的知识，以及所具备的专注力和责任心，同样在工作中是必不可少的。由于社会生活的变革和科技进步对社会及个人的影响，认为学校能满足人生所有教育需要的理性主义幻想已经破灭。社会的发展要求劳动者不断更新知识，每个人的职业不可能终身不变。这一切都要求现在的学生除获取一定的理论知识和技能外，还必须培养自己进一步学习的能力。而教育的改革和发展，既要反映当代社会的实际需求，更要充分考虑社会的发展趋势。学校教育要为学生的终身发展提供相应的知识、能力和素质基础，学生的发展高于一切。因此，我们要更新职业教育观念，调整职业教育的深度，不仅要着眼于今天和明天，还要着眼于学生的未来。课程设计能够加强各门课程的联系，拓展一些相近或相关专业知识的技能，给学生留下适应多项工作所需要的知识的“接口”，为学生的终身教

育奠定知识基础和能力基础。现在我做的是消防检测的工作，这涉及到建筑消防系统是否完善，合格与否，等方面的问题，如果没有强烈的专注力和责任心是干不好这个工作的，现在是深有体会啊。

理论与实际相结合，不仅包括课堂上学的有关知识要与技能训练相结合，还包括要引导学生了解和接触社会实际的内容。学生进行毕业设计，是在专业理论知识的指导下，通过各种方式，解决一些实际性的问题。在设计过程中，学生可以将所学的理论知识运用到实践中，不仅能加深对专业理论知识的理解，而且能丰富和发展书本上的理论知识，使之转化成更高层次的经验、技能和技巧。由于现行的教学模式，理论知识与技能，尤其是与生产实践存在着严重的脱节，学生无法将他们课堂上学习的理论知识与现实生产问题联系起来，使之学不能致用。而增加毕业设计这一环节，通过合理选择课题，引导学生有意识地系统运用所学知识和技能，去分析思考，有助于理论知识与实践有机的结合。

参考文献

1. 《基础工程》，华南理工大学等编，中国建筑工业出版社，2008
2. 《建筑桩基技术规范》JGJ201- 2001
3. 《建筑基坑支护技术规程》JGJ120- 2002
4. 《建筑地基基础设计规范》GB50007-2002
5. 《混凝土结构设计规范》GB50010-2002
6. 建筑工程设计施工详细图集《基础工程》，中国建筑工业出版社，2000
7. 《基坑工程手册》

致 谢

本次论文是在刘老师的悉心指导下完成的，从论文选题到成文，字里行间均凝聚着老师的诸多心血，刘老师丰富的知识、严谨的治学态度、开阔的视野和朴实正直的为人使学生受益匪浅，孙老师不仅在学业上严格要求学生，生活上也无微不至的关怀与帮助。在此，谨向刘老师最诚挚的感谢！

本次论文的顺利完成，也离不开我系的很多老师和我的同学们的关心和帮助，在此，真心感谢所有关心、支持和帮助过我的老师、同学和朋友！