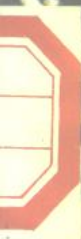


G C J Z S J K W H G C S J Y F X

高层建筑深基坑围护工程 实践与分析

赵锡宏
陈志明
胡中雄
等编著

同济大学出版社



高层建筑深基坑围护工程实践与分析

赵锡宏 陈志明 胡中雄等 编著



同济大学出版社

内 容 提 要

《高层建筑深基坑围护工程实践与分析》一书首先以上海 18 个不同特点的工程实例,从基坑围护工程的方案选择与计算、施工措施以及监测结果与分析等方面阐述三种深基坑围护结构:重力式水泥搅拌桩挡土墙的深基坑围护工程、灌注桩与水泥搅拌桩加支撑的深基坑围护工程和地下连续墙加支撑的深基坑围护工程;继而介绍广州和天津等地几个深基坑围护工程的成功典型实例;最后试在理论与实践上对上海深基坑围护工程的若干实践问题从四个方面(即设计、计算程序、施工和监测)进行总结。

本书可供从事土木工程的设计和施工技术人员以及专业教师、科研人员参考。

责任编辑 方 芳

封面设计 陈益平

高层建筑深基坑围护工程实践与分析

赵锡宏 陈志明 胡中雄等 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

同济大学印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:12 插页:8 字数:305 千字

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—6000 定价:28.00 元

ISBN7-5608-1709-2/TU·213

谨以此书
献给上海市建设委员会

前 言

早在 1993 年 11 月中旬,得悉上海市建设委员会(以下简称建委)要编一本有关总结近年来上海深基坑开挖引起的问题——主要是事故方面的书,俾今后能尽量避免和减少事故的发生,提高深基坑围护结构工程的设计与施工的科学水平。鉴于该任务的迫切性和重要性,并且有相当难度,赵锡宏表示愿意在建委领导下承担具体工作,并建议该书名为《上海深基坑工程的麻烦及其对策》,分上、下两册。上册主要汇总上海近年来有关深基坑开挖引起问题的工程实例,作为今后深基坑围护工程设计和施工的借鉴;下册主要结合工程实例进行理论分析,提出预测方法,指导今后的深基坑围护结构工程的设计与施工。上、下册分别在 1994 年和 1996 年完成。由于种种原因,未能如愿。但他还是有信心,进行调查研究,到工地录像和摄影,作了一些必要准备。1994 年,他和上海基础工程公司杨仁杰副总工程师、上海市工程建设咨询公司彭大用总工程师、上海市第三建筑发展总公司陈志明总工程师、上海第九设计院钟百毅研究员级高工、南京建筑工程学院宰金珉教授和同济大学朱小林教授、胡中雄副教授以及他的博士生袁聚云、姜洪伟、张保良、邓文龙、阳吉宝和唐孟雄等(后来还有陈光敬和王俊博士生)共同申请题为“深基坑工程设计与施工典型事例的总结分析和建议”的科研项目,为期一年,得到建委的大力支持和批准。借此机会,在完成科研任务的同时,进一步调查研究,补充一些工程实例和科研成果,编一本名为《高层建筑深基坑围护工程实践与分析》的书。在书中载入广州和天津等地的几个成功实例,同时,把日本有关规范的设计方法和算例列入,以资借鉴。考虑到理论研究部分还有一些尚未完成,而读者希望该书早日问世,因此,把该书分成理论篇和实践篇,先出实践篇。为了感谢建委领导的支持和资助,现以此书献给上海市建委,聊表心意,并希望能助工程界从事基础工程的同仁以一臂之力,那是编著者最大的慰藉。

编著者要感谢为“深基坑工程设计与施工典型事例的总结分析和建议”课题作出贡献的上述专家、教授与博士生,借此机会,感谢上海市建委组织的评审专家组许惟阳、黄绍铭、叶可明、刘建航、王允恭、叶柏荣、李培根等专家为该课题进行鉴定和提出宝贵意见,给予“达到了国内领先水平”的评价,感谢上海市第二建筑工程公司王允恭总工程师提供香港广场工程的宝贵经验,感谢上海从事设计、施工、监理和监测的工程技术人员,为 20 几个工程实例作出辛勤的劳动,还要感谢赵锡宏的硕士生张启辉和博士生王俊为本实践篇进行了全部的绘图和整理工作,如果没有他(她)们的慷慨而无偿的帮助,就不可能出版这本具有丰富经验与教训的实践篇。

编著者的水平有限,难免有不当之处或错误,殷切期望加以指正。

赵锡宏 陈志明 胡中雄

1995 年 12 月

目 录

绪 言	(1)
第一章 重力式水泥搅拌桩挡土墙的深基坑围护工程	(3)
概 述	(3)
第一节 重力式水泥搅拌桩挡土墙的深基坑围护工程	
——新世纪大厦工程实例	(3)
第二节 重力式水泥搅拌桩和自立式灌注桩与水泥搅拌桩的深基坑围护工程	
——某两个毗邻基坑围护工程实例	(15)
第三节 重力式水泥搅拌桩挡土墙加支撑的深基坑围护工程	
——国脉大厦工程实例	(25)
第四节 重力式水泥搅拌桩和灌注桩加钢筋混凝土支撑的深基坑围护工程	
——某深浅基坑结合的工程实例	(34)
第二章 灌注桩与水泥搅拌桩加支撑的深基坑围护工程	(43)
概 述	(43)
第一节 灌注桩与水泥搅拌桩加支撑的深基坑围护工程	
——招商大厦工程实例	(43)
第二节 灌注桩与水泥搅拌桩加钢管支撑的深基坑围护工程	
——某工程实例	(51)
第三节 灌注桩与水泥搅拌桩加钢筋混凝土和钢管组合支撑的深基坑围护工程	
——海兴广场工程实例	(54)
第四节 灌注桩与水泥搅拌桩加钢筋混凝土圆环梁支撑的深基坑围护工程	
——上海华侨大厦工程实例	(62)
第五节 灌注桩加钢筋混凝土左轮式环梁和支撑的深基坑围护工程	
——上海银都商场工程实例	(69)
第六节 大直径灌注桩与水泥搅拌桩加钢筋混凝土支撑的深基坑围护工程	
——上海国际航运大厦工程实例	(75)
第三章 地下连续墙加支撑的深基坑围护工程	(83)
概 述	(83)
第一节 地下连续墙加钢筋混凝土支撑的深基坑围护工程	
——新上海国际大厦工程实例	(83)
第二节 地下连续墙加支撑的深基坑围护工程	
——上海证券大厦工程实例	(92)
第三节 地下连续墙加钢筋混凝土支撑的深基坑围护工程	
——上海外滩京城大厦工程实例	(103)
第四节 地下连续墙加支撑的深基坑围护工程	
——胜康廖氏大厦工程实例	(112)

第五节	地下连续墙加钢管支撑的深基坑围护工程 ——香港广场北块地库工程实例·····	(123)
第六节	地下连续墙加钢梁支撑的深基坑围护工程 ——世界广场工程实例·····	(130)
第七节	地下连续墙加钢筋混凝土和钢管混合支撑的深基坑围护工程 ——上海三角地广场工程实例·····	(137)
第八节	地下连续墙加钢筋混凝土和钢管组合支撑的深基坑围护工程 ——某大厦工程实例·····	(160)
第四章	广州和天津等地的深基坑围护工程·····	(163)
概 述	·····	(163)
第一节	闭合挡土拱圈的深基坑围护工程 ——广州、珠海、深圳四个工程实例·····	(163)
第二节	灌注桩与水泥搅拌桩加钢筋混凝土圆环梁和钢支撑的深基坑围护工程 ——天津今晚报大厦工程实例·····	(170)
第五章	深基坑围护工程的若干实践问题的总结·····	(172)
概 述	·····	(172)
第一节	设计方面的实践问题·····	(172)
第二节	计算程序的实践问题·····	(177)
第三节	施工方面的实践问题·····	(178)
第四节	监测方面的实践问题·····	(178)

绪 言

本课题所述的深基坑,一般是指深度等于或大于 7m 的基坑。

现在,在土木工程界,已有越来越多的人认识到深基坑围护工程是一门风险性工程,它涉及土力学、基础工程、结构力学和原位测试技术等多学科的知识,可以说它又是一门系统工程。

正确的基坑围护结构设计,既要保证整个围护结构在施工过程中的安全,又要控制结构的变形及其周围土体的变形,以保证周围建筑和地下管线的安全。在安全前提下,设计要合理,又能节约造价、方便施工、缩短工期。它的成功与失败取决于许多因素,工程师必须认真对待这个复杂问题。近年来,在上海基坑工程中,大大小小的事故频频出现,已造成严重的经济损失,引起了各方面的重视。

既然深基坑围护工程是带有风险性,容易产生这样或那样的问题:或者局部失败,甚至大部分失败,作为技术人员,应当竭力避免事故的发生,要防患未然,对待深基坑围护工程,切勿掉以轻心。

成功的经验固然可贵,但是,失败是成功之母,从这个意义上来说,失败教训比成功经验更为可贵,只要认真吸取教训,便可使基坑围护工程的设计与施工更为合理与安全。

要提高基坑围护设计和施工水平,必须有一个好的土压力理论作为依据,还要有好的支撑体系以及设计和施工经验教训的积累。

本书以总结与分析上海 18 个典型的基坑围护工程的实例为基础,吸取上海其它深基坑围护工程的实践经验以及天津和广东几个新颖和典型的成功实例,结合科学研究的成果,对上海深基坑围护工程的若干实践问题进行总结,期望能对上海深基坑围护工程的设计和施工起到应有的借鉴作用。

本书包括下列五章内容:

第一章 本章载有四个重力式水泥搅拌桩围护结构的实例。其中两个具有不同特点的重力式水泥搅拌桩的围护结构实例。前者基坑深度为 10.3 ~ 13m,不用支撑,在上海尚属首次(新世纪大厦工程实例);后者基坑深度约为 10m,根据具体情况,局部插入灌注桩,采用较为简单的一道钢筋混凝土支撑,保留大空间挖土的特点(国脉大厦工程实例)。另外,还有两个不同特点的重力式水泥搅拌桩的围护结构实例。

第二章 本章共有六个具有不同特点的灌注桩加水泥搅拌桩的围护结构实例。基坑深度为 8.4 ~ 14.35m。灌注桩直径为 800 ~ 1100mm。本章有三大特点:其一为采用圆形或环形大直径结构,其中,有圆环直径约达 50m 内加支撑的结构(上海华侨大厦工程实例),也有圆环直径为 58m 的大空间的左轮式的围护结构(上海银都大厦工程实例);其二为既有一般的灌注桩作为墙体,也有代替连续墙的 $\phi 1100\text{mm}$ 大直径灌注桩(上海国际航运大厦工程实例);其三为支撑形式多样,例如,有混凝土和钢管组合结构支撑,还有全部为钢筋混凝土支撑。

第三章 本章共有八个具有不同特点的连续墙的围护结构实例。基坑深度为 12 ~ 18m,墙体厚度为 800 ~ 1000mm。本章有三大特点:其一为充分发挥钢筋混凝土的特点,组成

大空间结构或形成独特结构;其二为在闹市区探讨一种避免采用钢筋混凝土支撑爆破引起的问题的钢结构和措施(香港广场工程实例);其三为支撑形式多种多样,其中三个为钢筋混凝土支撑,两个为各具风格的钢管支撑,一个为钢梁支撑;还有一个为钢筋混凝土和钢管混合结构支撑(上海三角地广场工程实例)。

第四章 介绍天津一个以灌注桩为围护墙和直径为 66m 圆形大空间加辐射线钢管的支撑结构,它是在我国首次获得成功的工程实例;还介绍广东的闭合挡土拱圈的深基坑围护工程的成功经验的几个实例,为本实践篇增加光彩。

第五章 对上海深基坑围护工程的四个方面的若干实践问题进行总结:一是设计方面的实践问题(包括地质、土压力、水土分算或混算、支撑体系、立柱、开挖基坑的影响等问题);二是计算程序的实践问题(包括对目前通用的 SUPER SAP-5, SAP-90 或 SAP-91 等的评价与应用,提出解决的途径等);三是施工方面的实践问题(包括保证施工质量的基本要求和发生事故的主要原因等);四是监测方面的实践问题(包括对目前监测的评价、数据的整理、报警的标准等)。

第一章 重力式水泥搅拌桩挡土墙的深基坑围护工程

概 述

在深基坑围护工程中,当基坑在 10m 以内时,如果能够采用重力式水泥搅拌桩作为围护结构,无疑是一种最为经济的方案。在本章中,对这类结构作了尝试。同时,根据不同的具体情况,局部插入灌注桩予以加强,比较合理而经济地解决了深度达 10m 的基坑。但是,在同一基坑围护工程中,有不同的深度而采用两种不同的围护结构时,或者在两个毗邻基坑同时施工时,在设计和施工时应该考虑的问题,均为技术人员所关注。

第一节 重力式水泥搅拌桩挡土墙的深基坑围护工程

——新世纪商厦工程实例——

一、工程概况

新世纪商厦工程是由上海市第一百货股份有限公司和日本八佰伴流通贸易集团联合投资,是亚洲最大的一项集商场、娱乐、办公为一体的大型建筑物。本工程位于浦东南路以东、张扬路以北交界处。新世纪商厦由主楼和商场两个单体组成。两者基础间设有后浇带。基础为独立承台地梁连接的格构式箱型基础,高度为 2m。独立承台下设 994 根钻孔灌注桩,桩径分别为 1000mm 和 1200mm 两种,桩长分别为 59.6m 和 42m 两种。建筑总面积 7144800m²,建筑物占地面积 12000m²,基础埋深为 -9.5 ~ -11.5m,实际挖土深度为 8.11 ~ 10.71m。本工程的设计施工由日本清水建设株式会社总承包;土建由上海第三建筑发展总公司总承包。

本工程四周环境条件较差,地下管线复杂,建筑物边线距规划红线约 6 ~ 8m,东侧距新辟的崂山西路仅 7m,北侧距民宅为 10m。张扬路地下管线有四条,浦东南路地下管线有八条,有直径为 $\phi 1650$ 的雨水管及直径为 $\phi 1200$ 的煤气管,而且 $\phi 1200$ 的煤气管线距规划红线只有 8 ~ 9m。

二、地质概况

根据地质勘察报告,各土层的物理-力学指标见表 1-1-1。

三、基坑围护结构

(一) 基坑围护结构方案的选择

根据新世纪商厦工程的特点是“大、深、紧”,即:面积大(占地面积12000m²),基础深(-9.5 ~ -11.5m),工期紧(包括钻孔灌注桩在内的施工期为 30 个月),对格构式无支撑地下连续墙,有支撑地下连续墙(土锚拉杆或内支撑),钻孔灌注桩、深层搅拌桩复合支撑以及无支撑水泥搅拌桩等五种支撑围护结构方案进行比较论证。最后确定选择第五个方案,即:无支撑水泥搅拌桩。它既能挡土又能止水,经济合理,有利于开挖和基础施工,有利于确保

工期。但是,这种围护结构也有材质较弱、墙体变形量大的缺点。因此,控制变形量是该围护结构设计和施工的关键。必须采取可靠的施工措施,结合本基坑的开挖深度、土层情况及周围环境,对于不同开挖深度处的深层搅拌桩挡土墙,采用如图 1-1-1 所示的不同截面形式以及采用相应的局部加固措施。见书后照片 1-1-1、1-1-2。

各层土的物理-力学指标 表 1-1-1

土 层 编 号	土 层 名 称	厚度 (m)	含水量 W (%)	重度 γ (kN/m³)	孔隙比 e	渗透系数 (×10 ⁻⁷)cm/s		固 结 快 剪	
						(×10 ⁻⁷)cm/s		C	φ
						(k _h)	(k _v)	(kPa)	(°)
②	褐黄色粉质粘土	2.4	33.4	18.9	0.927	3.38	2.12	13	14°45'
③	灰色淤泥质粉质粘土	2.6	42.1	18.0	1.155	4.69	3.27	7	18°30'
③'	灰色砂质粉土夹粘	1.0	32.0	19.0	0.876	771	313	4	28°15'
③	灰色淤泥质粉质粘土	3.0	42.1	18.0	1.155	4.69	3.27	7	18°30'
④	灰色淤泥质粘土	5.5	49.6	17.1	1.406	3.17	1.56	7	6°45'
⑤1	灰色粘土	4.0	44.0	17.7	1.229			11	5°45'
⑤2	灰色粉质粘土	5.2	35.4	18.4	1.016			15	9°45'
⑥1	暗绿色粉质粘土	2.5	22.3	20.2	0.647			32	13°15'
⑥2	草黄色粉质粘土	2.3	23.3	20.1	0.669			35	14°30'
⑦1	黄色砂质粉土-粉砂	29.5	29.1	19.0	0.828			2	27°30'
⑦2	灰色粉细砂	22.0	27.8	19.2	0.791			3	29°15'

(二) 围护墙体设计

- 1. 水泥搅拌桩长为 19m,墙体宽度为 8.7m。靠近基坑内坑及横向中间均为双排搭接,外侧为单排搭接,局部密桩或打设半截桩和树根桩。
- 2. 在所有内、外排桩内都插入长度为 10m 以上的毛竹。用长约 700mm 的 φ12 钢筋插入桩顶并与 250mm 厚的盖梁内 φ12@200 双皮双向钢筋连接。
- 3. 基础内弧部分,分三段直线连接,在两个连接段采用密桩以增加稳定性,见图 1-1-1。
- 4. 水泥均采用 425 号矿渣水泥,其掺合量为 15%。

(三) 墙体稳定性验算

在确定深层搅拌桩作为基坑挡土墙以后,对墙体的抗倾覆、抗滑移、抗渗、墙身截面应力和墙身下地基承载力分别进行验算。

1. 土压力的计算

按图 1-1-2 所示,墙后主动土压力按式(a)计算,墙前被动土压力按式(b)计算。

$$E_a = \left(\frac{1}{2} \gamma H^2 + qH \right) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - 2CH \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{2C^2}{\gamma} \tag{a}$$

$$E_p = E_{p1} + E_{p2} = \frac{1}{2} \gamma_d h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_d}{2} \right) + 2C_d h \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi_d}{2} \right) \tag{b}$$

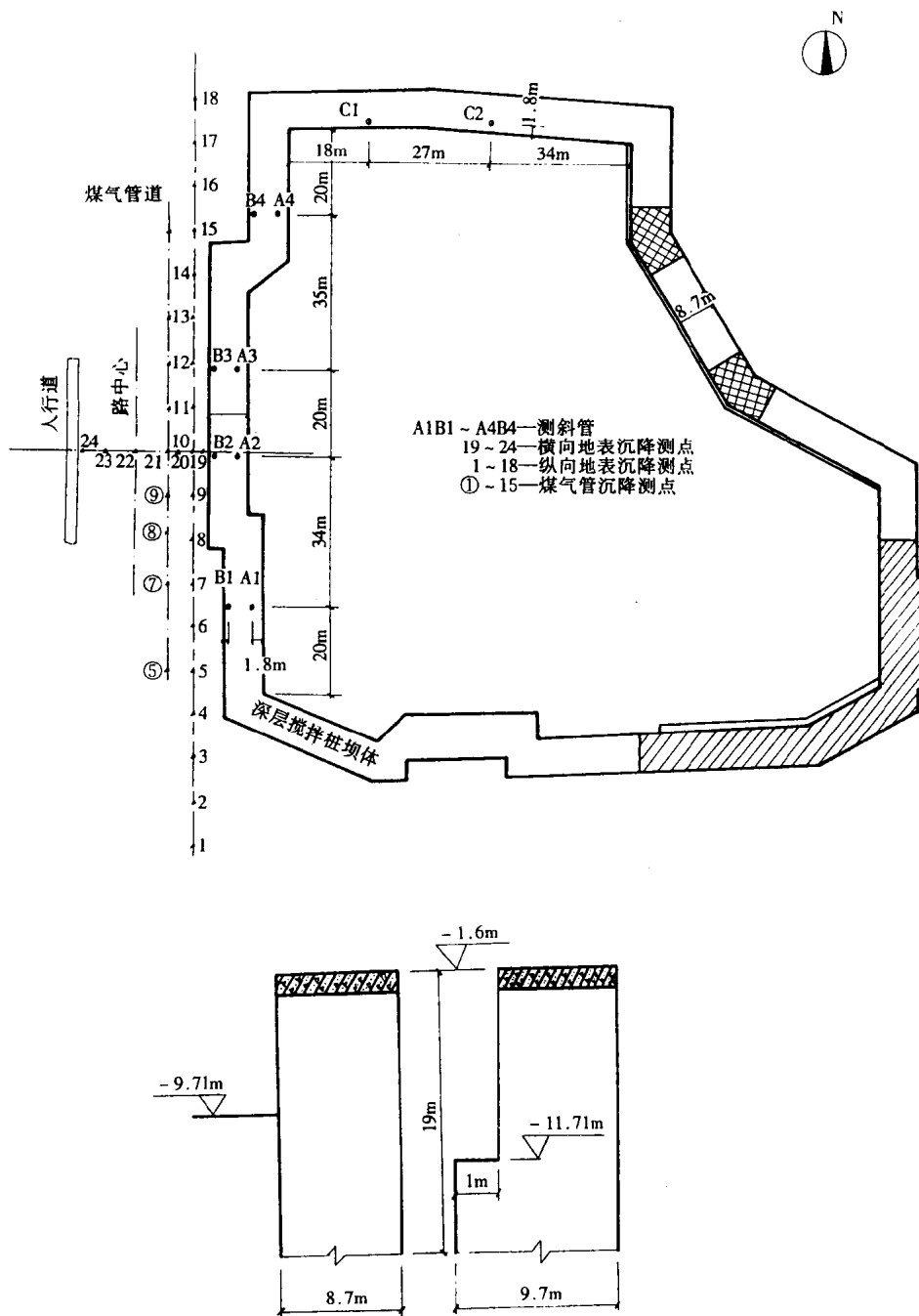


图 1-1-1 基坑平面、断面和测点布置

式中 γ , φ 和 C ——墙底以上各层土的饱和重度、内摩擦角和粘聚力。为简化计算,均取按层加权平均值;

H ——墙体高度;

γ_d , φ_d , C_d ——被动区的坑底以下、墙底以上各层土的天然重度,内摩擦角和粘聚力,也取按层加权平均值;

h ——被动区的计算高度;

q ——地面超载,取 $q = 10\text{kN/m}^2$ 。

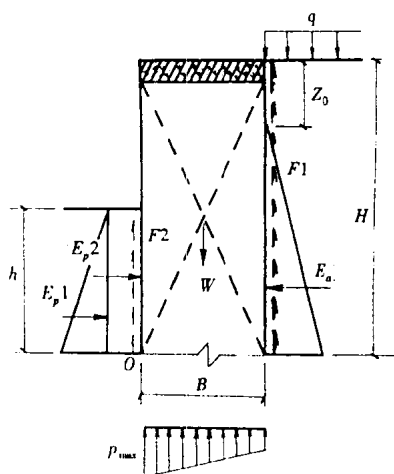


图 1-1-2 墙体稳定性的计算

2. 抗倾覆验算

按墙体绕墙脚 O (见图 1-1-2) 的抗倾覆安全系数, K_0 按式(c)计算

$$K_0 = \frac{hE_{p1}/3 + hE_{p2}/2 + BW/2}{(H - Z_0)E_a/3} \quad (c)$$

式中 W ——为墙体自重, 其重度取 18kN/m^3 ;

B ——为墙体的宽度。

对两种不同开挖深度 (见图 1-1-1) 的墙体分别计算, 求得 K_0 为 1.75 和 1.78, 均大于 1.5。

3. 抗滑移验算

按墙体沿底面滑动 (见图 1-1-2) 的安全系数, K_c 按式(d)计算

$$K_c = \frac{W \tan \varphi_0 + C_0 B}{E_a - E_p} \quad (d)$$

式中 φ_0 和 C_0 分别为墙底土层的内摩擦角和粘聚力。

对两种不同开挖深度的墙体分别计算, 求得 K_c 为 1.46 和 1.51, 均大于 1.3。

4. 抗渗验算

根据土质情况, 采用式(e)计算

$$f > \frac{\gamma_w}{\gamma'} (h_c - h_b) \quad (e)$$

式中 f ——墙体的埋入深度;

γ_w, γ' ——分别为水的重度和土的浮重度;

h_c, h_b ——分别为墙底和坑底的水头高(m)。

按照以上公式进行验算, 墙体的入土深度均大于所要求的入土深度。

5. 墙身应力验算

本工程的水泥搅拌桩的水泥渗合量为 15%, 取其无侧限抗压强度

$$q_u = 150\text{kPa}, C = 0.2q_u, \varphi = 20^\circ$$

$$\sigma = \frac{W_1}{B} < \frac{q_u}{2k} \quad (f)$$

$$\tau = \frac{E_a}{B} < \frac{\sigma \tan \varphi + C}{k} \quad (g)$$

式中 σ 和 τ ——分别为所验算截面处的法向应力和剪应力(kPa);

W_1 ——所验算截面上部的墙重(kN/m);

k ——安全系数取 1.5。

选择的断面进行验算, 均满足要求。

6. 地基承载力的计算

地基容许承载力按式(h)计算

$$R_s = N_B \gamma b + N_p \gamma_p D + N_C C \quad (h)$$

式中 N_B, N_p 和 N_C ——地基承载力系数;

C ——持力层地基土的粘聚力(kPa);

D ——基础埋置深度(m);

γ_p ——基础底面以上土的加权平均重度,地下水位以下取有效重度(kN/m^3)。

在计算地基压力时,考虑墙体前后的土体对墙体的摩阻力 F_1 和 F_2 的作用(见图 1-1-2),验算结果均满足要求。

四、施工措施

施工过程中所采取的技术措施是确保围护结构稳定性的关键。为确保无支撑水泥深层搅拌桩在本深基坑围护工程中的成功应用,在施工过程中采用如下九点主要措施:

1. 桩芯取样

为全面了解和控制搅拌桩内在的质量,对搅拌桩进行一定数量的桩芯取样,并进行抗压强度测定,为后期施工提供有用数据。

2. 井点降水

挖土前,在基坑内,沿东西方向设置三道喷射井点,以此来提高 C, φ 值,增加被动土压力。

3. 规定挖土顺序

为保证总工期,规定高层区先施工,土挖完一块,基础施工一块。当挖土至邻近搅拌桩 50cm 时,用人工铲土,保证桩体完整无损。

4. 留土护坡

在基坑四周,凡可留土部分,均将土挖至 -6.6m 后按 1:1 放坡留土,并在斜坡上铺钢丝网,用 1:2 砂浆护坡,防止雨水冲袭。

5. 压密注浆

坑内挖土前,在盖梁外侧,挖土至 -6.6m,在盖梁内侧压密注浆,以此提高土质强度。

6. 挖槽卸载

在东北角工区紧临民房的地段,开挖该区域前,在靠近墙体外侧挖沟槽卸载。

7. 局部斜撑

根据基础深度及周边环境要求,在浦东南路和西南角加设斜撑,以提高墙体稳定性。

8. 基坑加固

在局部深基础处,先打入混凝土方桩,再焊接围檩和水平支撑,以确保较深基坑处稳定。

9. 抢险措施

在施工前,充分估计可能出现的险情,事先做好准备,一旦出现险情,及时抢险。在施工过程中,做好墙体和地表的水平位移以及竖向位移(沉降)的观测,并对观测结果进行及时分析,以指导施工。

五、监测结果与分析

(一) 监测内容

为保证基坑北面民宅的安全和西面浦东南路地下线畅通,分别在基坑的北侧和西侧设置测斜管观测墙体的水平位移。在北侧埋设两根(编号 C1 和 C2)测斜管,深度为 18m,在西侧埋设 8 根(编号 A1 ~ A4, B1 ~ B4)测斜管,深度 22m。该测斜管的外径为 70mm,内径为 58mm,采用钻孔埋设。同时,施工单位沿基坑四周的墙体盖梁面设固定的控制点(直径 10mm 膨胀螺栓),互相校对;在西面沿浦东南路和垂直浦东南路进行地表沉降和水平位移测

量, 以此控制墙体水平位移的发展。监测点的布置平面图见图 1-1-1。

(二)监测结果与分析

1. 北侧墙体顶面和体内水平位移的实测结果与分析

顶面水平位移的数据见表 1-1-2 和图 1-1-3(与盖梁的数据基本一致), C1 和 C2 测斜管测得墙体沿深度的水平位移与时间变化关系, 见图 1-1-4, 顶面 C1 和墙体 4m 处的水平位移随时间变化, 即位移速率, 见图 1-1-5。

北侧墙体顶面 C1 和 C2 测点的水平位移														表 1-1-2
测点	1993 年													1994 年
	11.1	5	10	12	15	19	24	29	12.1	3	8	10	15	22
C1	9	24	33	50	70	109	139	149	155	171	185	211	225	239
C2	10	16	22	32	40	53	66	69	76	94	120	139	150	162

注: C1 点墙顶的水平位移在 1994 年 1 月 24 日为 251mm, 坑底 8m 处的水平位移为 166mm;

C2 点墙顶的水平位移在 1994 年 2 月 7 日为 183mm, 坑底 8m 处的水平位移为 109mm。

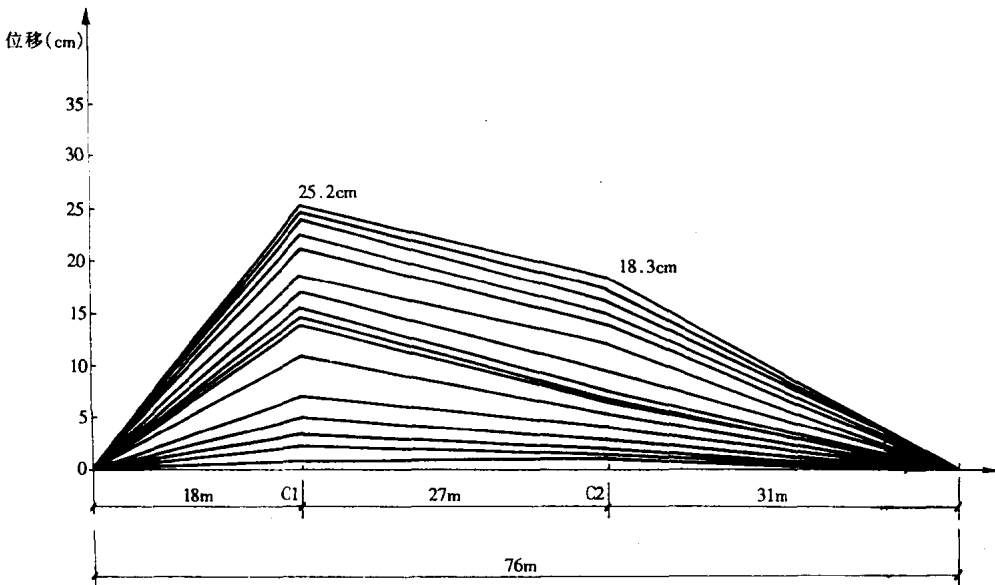


图 1-1-3 北侧墙顶面的水平位移(见表 1-1-2 的相应数据)

从图 1-1-4 可见, 墙体水平位移曲线形状基本上呈“悬臂型”, 上大下小, 一般墙顶位移最大。基坑开挖初期, 在 C1 处盖梁对水平位移有一定约束作用, 使位移最大点位于离墙顶下 3 ~ 4m 处, 随墙体变形增大, 此种约束的作用逐渐消失。

从表 1-1-2 和图 1-1-3 可见, C1 点的水平位移比 C2 点大, 原因有三: 一是 C1 处墙体被动土留得比 C2 处少, 即: 在 C1 处留土 3m, 而在 C2 处则留 6m, 并且保留到监测结束; 二是 C1 处的土先挖, 而 C2 处的土后挖, 使 C1 处的位移增大; 三是 C1 处附近为电梯井基础, 局部深度为 10.7m。

从图 1-1-5 可见一个很重要数据: 1993 年 11 月 10 日到 24 日的两周间的墙顶和墙体 4m 处的水平位移速率为 6 ~ 10mm/d, 近于直线变化, 墙顶水平位移达 12cm。这是一个值得注意的位移报警的信号。

还有,坑底以上与坑底以下墙体水平位移速率相差较大,上大下小,与有支撑的围护结构的位移特点不同。

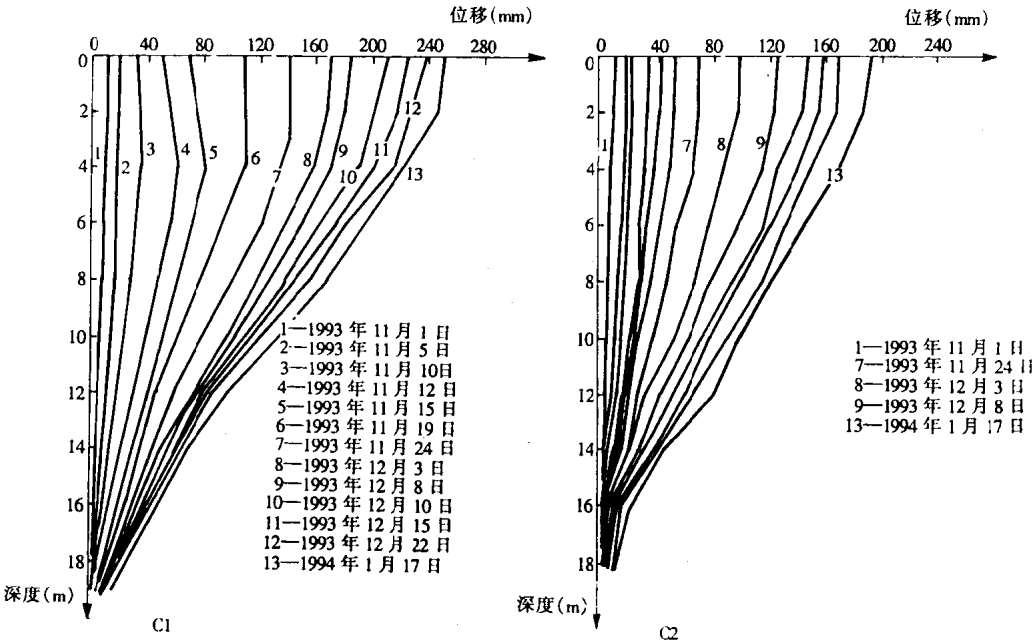


图 1-1-4 北侧墙体 C1 和 C2 测点沿深度的水平位移随时间变化

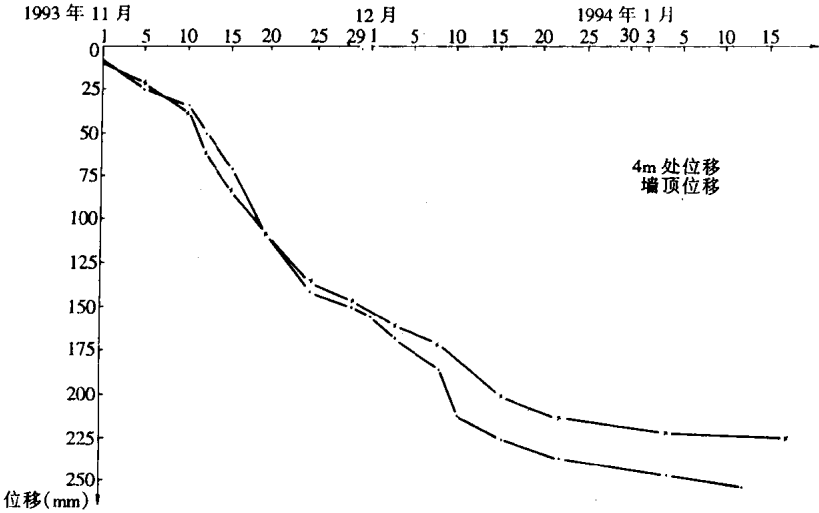


图 1-1-5 北侧墙顶面 C1 测点和墙体 4m 处水平位移随时间变化

2. 西侧墙体顶面和体内水平位移的实测结果与分析

西侧墙体顶面 A1 ~ A4 测点的水平位移见图 1-1-6 和墙顶 A1, B1 和 A2, B2 测点的水平位移随时间变化, 见图 1-1-7, 四对测斜管 A1, B1; A2, B2; A3, B3 和 A4, B4 测得墙体的水平位移沿深度随时间变化关系见图 1-1-8。

西侧墙体在整个挖土过程中, 基本上采取先挖 5m, 留 3m 被动土, 待被动土外底板做好, 撑好斜支撑, 再挖被动土, 把底板做至墙边, 拆除斜撑。这种施工方法, 对减少墙体变形十分

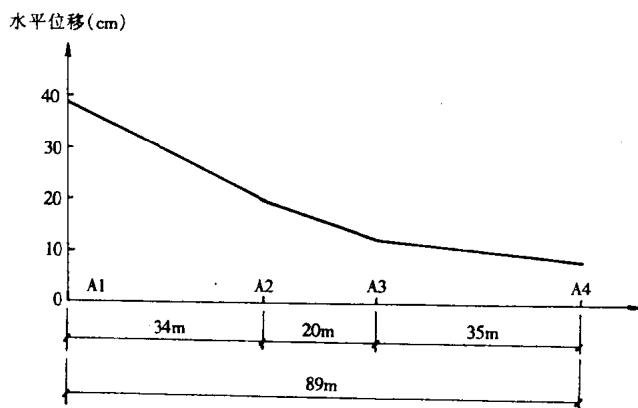


图 1-1-6 西侧墙顶的水平位移

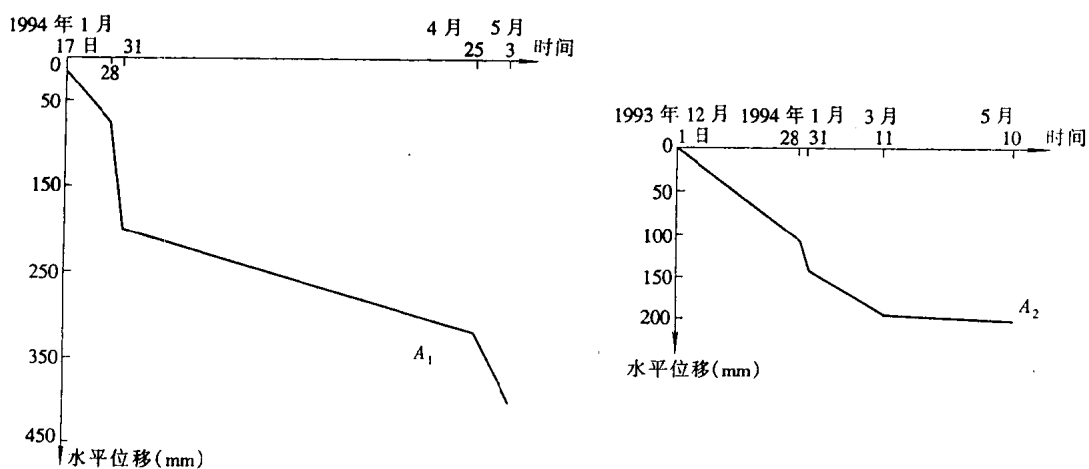


图 1-1-7 西侧墙顶面 A1 ~ A2 测点的水平位移随时间变化

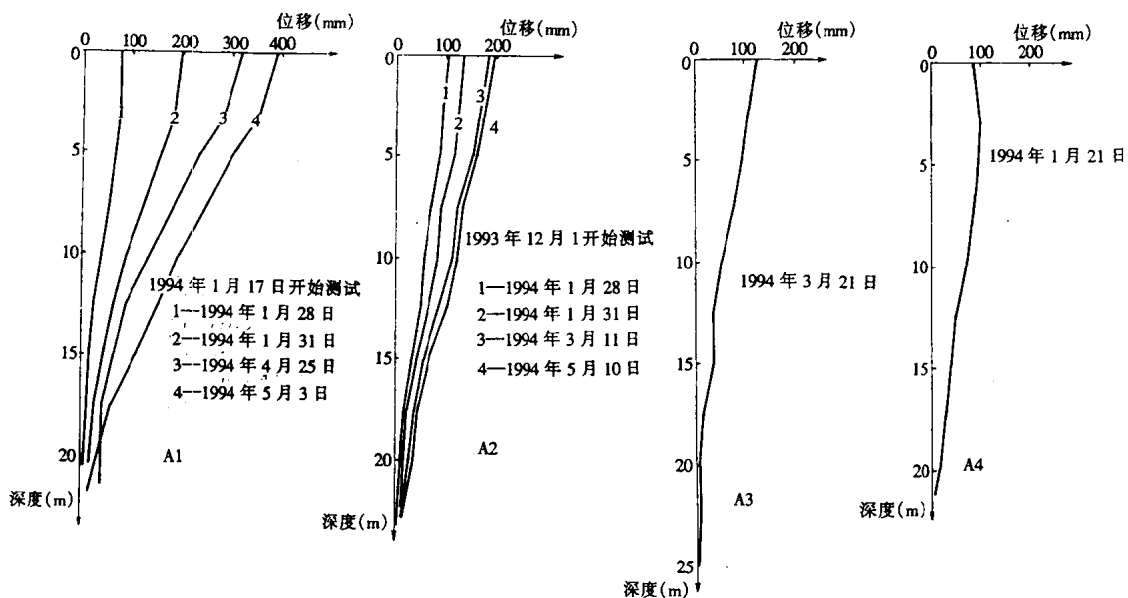


图 1-1-8 西侧墙体 A1 ~ A4 测点沿深度的水平位移随时间变化