

武汉地区 深基坑工程理论与实践

武汉建设监理协会 编



武汉工业大学出版社

武汉地区深基坑工程理论与实践

武汉建设监理协会 编

武汉工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

武汉地区深基坑工程理论与实践/武汉建设监理协会编. —武汉: 武汉工业大学出版社,
1999. 1

ISBN 7-5629-1462-1

I. 武…

II. 武…

III. 地基-基础工程

IV. TU4

武汉工业大学出版社出版发行
(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编 430070)

各地新华书店经销

武汉工业大学出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.25 彩插: 6 字数: 442 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1~2 000 册 定价: 38.00 元

《武汉地区深基坑工程理论与实践》

编委会名单

编辑组

组 长 李受祉
成 员 钱 午 邓能兵 黄 刚 张杰青 沈江涛

编审组

组 长 胡建武
副组长 陈顺纬
成 员 何克农 龙子厚 夏宝成 郑祥斌
刘祖德 白日升 袁内镇 范士凯
张希黔 谭先康 陆祖欣 查家骧
王树德 蒋善春 胡春林

序 言

近来来,武汉地区的深基坑工程技术取得了长足的进步,基坑支护的设计与施工,也逐步纳入规范化管理的轨道,其质量水平,经济效益和社会效益,均上了新的台阶,支坑结构类型和施工工法种类也有新的发展。

为了检阅近年来我市深基坑维护工程的成绩,总结经验,表彰优良工程,推动深基坑工程技术进步与工程管理向更高境界迈进,武汉市建委于1997年底至1998年初,主持了武汉地区深基坑优良工程评选活动,经认真评选,共有20项工程被评为武汉地区深基坑优良工程。

这些工程中的支护技术,既有比较成熟的桩锚支护、水泥土挡墙支护等结构体系,也有喷锚护壁,钢筋混凝土大跨度内支撑、SMW地连墙、连锁灌注桩式地连墙、坑底暗撑等近期引进发展的技术项目。在地下水治理方面,降水和隔渗技术更为成熟,尤其是在诸多水文地质条件复杂的工程中采用隔渗与减压降水相结合的优选方案,取得了较好的经济效益。在环境保护方面注重对周边建筑物的加固和托换,深基坑变形监测也已突破传统的地面测量,采用多种手段,深入了解基坑周边、坑底土体与构筑物的应力应变关系。所有这些都标志着我市岩土工程界在深基坑工程领域中的成就。

为了树立工程样板,引导学习讨论,推动技术发展,进一步提高工程质量,以武汉市工程建设监理协会为主,汇集了武汉地区深基坑工程方面众多专家的智慧,编辑出版了这本《武汉地区深基坑工程理论与实践》,共收集1998年城建委表彰的优良工程实录16篇;技术新颖,具有一定社会影响的工程实录或工法介绍10篇;资深专家的特约专题论文8篇;内容详实,具有较高的实用价值。本书主要面向岩土工程界的读者,是武汉市深基坑工程的一次精品汇展。

在此,特向为工程实录选集提供资料的单位和作者,向全体编撰人员,向各位付出辛勤劳动的专家表示诚挚的谢意。

胡建武

1998年11月

编写说明

一般认为,岩土工程的成功三分之一靠理论,三分之一靠经验,三分之一靠实验。编者以为三者不可偏废。理论固然重要,没有地区经验和实地试验,无从验证其正确与否;经验虽然可贵,没有理论的指导,难免陷于盲目。本书正是按照理论与实践并重的指导思想编辑出版的。

本书收录的26篇工程实录,绝大多数是本地区业已完工的深基坑工程总结。26项工程中,有的是1998年武汉市建委主持评审的优秀深基坑工程,有的则是采用工法具有一定特色或在本地区有一定代表性的深基坑工程。规模有大有小,应用的支护和地下水控制技术多种多样。作者是各单位从事岩土工程的具有丰富经验的技术骨干。按照组稿要求,每篇实录都力求做到资料齐全,内容详实,对工程的设计、施工、监测的全过程作系统的介绍,相信对读者具有较高的参考价值。限于篇幅,某些细节只能从略。读者如果需要进一步了解,可与作者直接联系。

目前武汉地区的深基坑工程规模(开挖深度和面积)一般地说不是很大,但由于本地区的工程地质、水文地质条件十分复杂,因此技术并不简单。在某些不利地段,即使开挖深度仅5~6m的基坑,如处理不当也会产生很严重的后果。欲求以有限的资金投入达到理想的效果并非易事。本书介绍了不少小型的基坑工程,其处理技术颇具匠心,请读者勿以其小而忽视之。

本书所载8篇专题论文,是由本地区资深专家撰写或指导撰写的,内容除对技术发展现状的综述与展望之外,重点是针对本地区深基坑工程的难点提出若干指导性的意见。所谓“难点”就是迄今尚未能从理论和实践结合的角度妥善解决的技术问题。有不少涉及理论方面的问题,不可能在短时间内完全解决,取得共识。专家们更着重的是结合本地区的经验,提出解决问题的思路和方法。正因为如此,文中的观点不一定能得到普遍认同,读者可结合自身的认识和体验来阅读。

武汉地区深基坑工程起步较晚,至今不过5~6年时间。这期间既有许多成功的经验,也有不少失败的教训,可以说本书是本地区深基坑工程技术发展的阶段性总结。它所体现的水平和现阶段的总体水平是相应的。今后随着工程规模的扩大,将会有更多的问题需要解决,也会积累更多更宝贵的经验,技术会不断提高。我们期待不久的将来能出版下一本水平更高、内容更丰富的深基坑工程实录,奉献给广大的同行读者。

武汉建设监理协会
1998年11月

目 录

专 题 论 文

武汉地区深基坑工程技术现状与展望.....	何克农	刘祖德	李受祉(1)
武汉地区工程地质条件综述.....	温国炫	姚永华	(6)
武汉地区地下水与深基坑工程	苏景中	范士凯	(14)
深厚软弱土层中的深基坑工程	袁内镇	李受祉	(23)
老粘土场地深基坑工程中的几个问题	侯石涛	丁小学	(37)
深基坑外邻近建(构)筑物的软托换		刘祖德	(45)
武汉地区深基坑工程监测技术的现状与展望	胡春林	蒋善春	汪园锋(51)
排桩支护结构监测数据的反分析		刘大鹏	(55)

排桩加内支撑的深基坑工程

✓ 武汉香格里拉大酒店基坑支护设计与施工	王军盛	唐明峰	(65)
✓ 湖北省邮电综合大楼深基坑设计与施工	核工业中南建设工程总公司	武汉公司	(77)
✓ 武汉市中级人民法院业务综合楼深基坑支护的设计与施工	刘俊义	刘 兴	(88)
✓ 搅拌桩改善被动土体的格栅暗撑在深厚淤泥层基坑支护中的应用			
.....	汪钩标	金造时	曾 执 吴礼生(97)
✓ 武汉世界贸易大厦深基坑工程设计简介及施工总结			
.....	樊凤兰	黄 刚	胡原铁 何 穆(103)
✓ 武汉君安综合写字楼深基坑支护止水技术.....	黄 刚	张江波	(108)

· 排桩加土层锚杆的深基坑工程 ·

武汉市天一大厦深基坑维护.....	邓能兵	刘国锋	唐保付(115)
武汉中南金贸大厦深基坑支护设计与施工.....	龙雄华	刘昂昂	姜家胜(121)
湖北金融大厦深基坑支护设计与施工.....	姜 平	郑明玉	陈荣亮 程国勇等(132)
武汉建银大厦深基坑综合施工技术总结			
.....	朱国泉	肖国勇	顾国荣 潘伦发 周玉印(139)
鄂水大厦深基坑支护工程实录.....			宋榜慈(148)
煤炭部武汉科技综合楼深基坑维护.....	邓能兵	赵清平	甘华轩(154)
武汉友谊广场 A、B 座深基坑支护与降水工程实录	龙雄华	朱 洁	(161)
武汉市阳光大厦深基坑工程设计.....	邓能兵	高 华	(176)

悬臂式排桩的深基坑工程

连拱式无撑(锚)排桩支护结构在武汉软土基坑中的应用.....	温国炫	姚永华	宁锦华(183)
--------------------------------	-----	-----	----------

地下连续墙加撑锚的深基坑工程

SMW 工法在武汉市中医医院门诊病房综合楼深基坑支护工程中的应用	曾 军 陈茂德 张明高(188)
武汉市 1130 工程基坑支护设计及施工	吕景超 曾 军 陈茂德(196)
新业大厦基坑地下连续墙拉锚支护	尹永全 姿 鸿 魏进兵(202)
连锁灌注桩式地连墙在深基坑支护工程中的应用	杨光照 吴德绪(210)

水泥土挡墙式深基坑工程

连拱水泥土挡墙设计与施工技术	王泽希(216)
粉喷桩支护计算模式探讨及在四海大厦深基坑工程中的应用	杜文山(225)
重力式水泥土挡墙在淤泥质土层中的维护工程	陈 荆 葛建武 汪 浩(235)

深基坑喷锚支护工程

武汉创和大厦 C 栋深基坑维护	赵文生 王朝亮 廖新渝 刘国锋等(243)
江龙大厦深基坑喷锚支护的工程实践	张文巾(250)
武汉晚报社高层住宅和印报车间综合楼基坑喷锚支护、降水与监测实录	翟金明 王建军(255)
湖北省粮食局综合大楼基坑工程支护实录	张杰青(260)

武汉地区深基坑工程技术现状与展望

何克农 刘祖德 李受社

武汉地区深基坑工程的全面起步可追溯到 1992 年。在我国特大中心城市中,武汉虽然起步较晚,但经过 6~7 年的实践,技术已有长足的进步。今年深基坑工程的评优以及工程实录的汇编出版是对本地区深基坑工程技术发展的一次总结和推动。值此《武汉地区深基坑工程理论与实践》即将付梓之际,特撰写本文,对本地区深基坑工程技术的发展作一番回顾与展望,并提出一些粗浅的见解,就正于诸位同行。

一、发展过程的回顾

从 1992 年开始,武汉地区高层建筑的兴建步入高潮,有关深基坑的各种问题同时提到日程上来。当时由于基础薄弱,经验匮乏,加上武汉地区地质与环境条件的复杂性,我们只能从零开始,摸索前进。回顾过去的几年,既有喜人的成就,也不乏挫折和坎坷。从技术角度而言,大致经历了四个发展阶段。

第一阶段 代表性技术为排桩支护。早期的排桩多为打入或静压预制桩。随着开挖深度加大,对桩的横向刚度要求增加,逐步采用了大直径的钻孔灌注桩、人工挖孔桩。当时的支护桩多属悬臂型,变形控制能力差,在不利条件下,桩身承载力也难以保证。HJ 大厦大直径桩的断裂事故促使人们认识到悬臂支护的局限,进而寻求更可靠的支护方式。

第二阶段 代表性技术是排桩加锚固技术或钢支撑技术。在这种支护方式下,开挖深度 10 m 或深于 10 m 的基坑已有可能。但在汉口的一级阶地开挖如此深的基坑,地下水控制问题显得突出起来。此时关于控制地下水的对策存在认识上的分歧。一部分人倾向于“封”,包括周边落底式隔渗和封底隔渗,代表性的工程有泰和、建银、武汉广场。另一部分人主张“降”,代表性工程有国贸大厦。

第三阶段 支护技术从单一到多样化是本阶段的特点,其开始时间约在 1995 年。在此期间,适应不同开挖深度、不同地质条件的支护技术相继被采用,如喷锚支护、水泥土挡墙、SMW 水泥土连续墙、双反弧连锁灌注桩式地下连续墙、钢筋混凝土内支撑以及装配式钢内支撑等。在周边建筑物保护方面,开始注意由被动支护改变为主动托换,发展了不同类型的软托换技术。在地下水控制方面,单纯“封”或单纯“降”的局限性已被人们认识,从而走向封降结合、减压降水的综合道路。1995 年,经武汉市建委批准,《武汉地区深基坑工程技术指南》(以下简称《指南》)发布实施,为各种支护技术和地下水控制技术提供了设计和施工依据,同时强调环境保护、变形控制、信息化施工以及相应的监测,监测技术也由此而得到重视与发展。

第四阶段 总结提高阶段。1997 年末,按市建委部署,开始着手《指南》的修订,《指南》修订后改称《规定》,现已完成报批稿。在修订工作过程中,较全面地总结了前几年的工程实践经验,通过实测数据的反分析,对适合于本地区特点的计算模式、计算参数进行了优选,特别是针对武汉地区一些特殊的不利地质条件提出了处理对策。与此同时,与《规定》配套的设计计算软

件已经诞生,为本地区深基坑工程设计的现代化、规范化提供了一定的条件。

回顾以上的发展过程,我们认为从1992年到1998年实现了六大转化,即:从定性到定量设计计算(包括支护结构的稳定和变形)的转化;支护技术类型从单一到多样化的转化;从引进消化到走创新发展的转化;从被动支护为主到主动加固托换为主的转化;从单纯防护到综合治理(包括环境保护)的转化;从各自割据的无序状态到有序管理监控的转化。

值得一提的是,武汉地区的深基坑工程虽然也出现一些大小事故,但迄今尚未出现整体基坑的毁灭性事故。而广为人知的QY小区某楼的事故,基坑支护无审查、无监督是其发生整幢楼倾斜失稳的重要原因之一,为我们留下了深刻的教训。

二、本地区深基坑技术发展的特色和贡献

武汉地区拥有相当雄厚的岩土工程技术实力。在引进消化外地技术过程中,能够做到既学习又创新。以下列举一些有特色设计思想或技术措施,我们认为是值得肯定的。

1. 排桩结构中强桩弱锚和弱桩强锚的灵活运用

武汉地区不同地貌单元的地质条件差别很大,即使同一地貌单元地层结构也有很大的区别。在上硬下软的情况下宜采用强锚弱桩;反之,宜采用弱锚强桩。

2. 半封半降、封降结合的地下水控制措施

单纯封隔不仅费用高,而且效果难以保证;单纯降水则难以满足环境保护的要求。半封半降、封降结合则可最大限度地避免两者之间的不足,取得较理想的技术经济效果。在坑底有一定厚度隔水层的条件下宜采用减压降水,以尽可能减少抽水量,从而减少对周边环境的扰动。

3. 一次性锚杆的应用

由于武汉地区一级阶地下部粉细砂、粉土层中地下水具有很高的承压水头,钻孔注浆型锚杆进入其中时不仅难以成孔,而且易于形成涌沙流土,造成环境灾害。此时必须采用一次性锚杆方能奏效。当然,也可针对这种地质特点采用某种特殊的锚杆施工工艺。

4. 邻近建(构)筑物的软托换技术

邻近基坑的建(构)筑物会给支护结构带来很大的附加荷载。如一味加强支护结构,既费钱也不保险。此时应首先考虑托换处理。托换并非要求将建(构)筑物限制得纹丝不动,而只需用半刚性桩或较短的桩将其荷载传递到基坑底标高以下不大的深度,故称之为软托换。中级人民法院工程紧挨基坑边的9层浅基楼房软托换就是十分成功的例证。

5. SMW工法的改进、发展创新

SMW(深层搅拌水泥土地下连续墙)是由日本引进的先进技术。但由于国情不同,其中的大尺寸H型钢成本高,没有条件使用。一冶金井公司引进此项技术时经有关专家研讨,改用钢筋混凝土预制芯材取代H型钢,取得了良好效果。

6. 水泥土暗撑和拱式结构

水泥土挡墙用于深厚淤泥、淤泥质土层分布地带往往很难通过抗倾覆、滑移和基底承载力验算要求。因而武汉地区已有数项工程将水泥土墙平面设计为连拱形,采用坑底暗撑为拱座提供横向支撑。此种布置形式基本改变了重力式挡墙的平衡模式,需要有新的设计计算方法。目前这种支护方式在规模较小的几个基坑工程已获得成功,也有个别不成功的例子,应从设计和施工方面寻找原因,总结经验,使其更趋成熟。

7. 双反弧连锁桩式地下连续墙

限于经济条件,目前武汉地区钢筋混凝土地下连续墙的应用仅有一例。但具有本地特色的双反弧连锁桩式地下连续墙却先于槽段式地下连续墙用于世贸广场工程,其施工工艺和设备比较简单,成本较低,支护和隔渗效果则十分理想,在现今的经济发展阶段内具有推广的价值。

8. 螺旋锚在支护工程中的应用

从施工工艺方面说,螺旋锚可起到一次性锚杆的作用,但螺旋锚还是可回收锚杆,故在经济方面更具优势。螺旋锚在武汉的应用仅有早期的少数实例,尚未引起重视,普遍应用。希望能加以研究推广,其技术经济效益将是可观的。

9. 侧壁止水新技术

武汉地区基坑侧壁止水多采用深层搅拌或高压旋喷水泥土帷幕,成本较高,止水效果往往不理想。另外,在两根支护桩之间以相切方式设置止水桩的方式也屡屡出现问题,酿成事故。武建集团在长江广场采用了水泥系与化学材料灌浆方法堵截桩缝,在渗透系数高达 500 m/d 的工业垃圾层中隔渗成功,经济效益良好。武汉冶勘和长委会则在一些工程中成功地应用了劈裂槽灌浆止水技术。此外,在可灌性较好的杂填土中,静压注浆(包括锚管)止水也是比较有效的。

10. 强调深基坑工程的施工组织设计

实践证明,即使有优秀的设计方案,没有良好的施工组织管理,仍然难以获得理想的效果。我们强调深基坑工程组织设计并有一个总包单位统一管理。此外,我们强调信息化施工是深基坑工程的重要特点。工程的主持者必须随时关注监测信息,进行反分析,发现问题,对设计进行必要的补充修改。

以上各项是在武汉地区从事深基坑工程各单位共同努力下取得的成绩,也是对深基坑工程技术发展所作出的贡献。由此可见武汉地区的同行们是能够躬行实践,善于学习借鉴,勇于改革创新。更值得称道的是同行专家们的协作精神,他们为发展本地区的深基坑工程技术共同努力,相互支持,付出了心血,其作用是巨大的。

三、存在的问题与发展的展望

在肯定上述成功经验的同时,我们不能不看到还有许多问题尚未解决,深基坑工程技术的发展决不能就此止步。武汉地区地质条件的复杂性是众所周知的。超深厚的淤泥、二元结构土层中的承压地下水、过渡层中的粉土及夹花层、老粘性土的遇水软化特性等都能对基坑造成危害。复杂的环境条件(如老城区密集的建筑物和地下管线,长江、汉水襟带三镇,防洪抢险对堤防邻近开挖的严格控制等)也给深基坑工程带来困难。目前我们虽然有了一定的经验,但由于种种原因,仍有不少深基坑工程发生这样那样的问题,事故仍难以完全避免。对存在的问题进行初步的梳理,我们提出以下几点希望同行们共同努力加以研究解决。

1. 深厚软弱土层分布区的支护问题

这里所说的软弱土层主要指淤泥、淤泥质土。事实证明,在这类土层分布区即使开挖深度仅 4~6 m,处理不当仍有可能发生严重问题。一是易于发生整体失稳;一是易于发生大变形引起工程桩的偏位。这两者的后果都很严重。今后必须进一步研究如何选择更合理的支护结构以及这种结构的设计计算方法。还要研究软土大变形规律、变形量的预估和控制方法。带有暗撑或扶壁的格构式挡墙可以认为是比较适合当前经济发展水平的支护方式,但其设计计算方法还不成熟,施工技术亦存在难题,必须加以研究,并制订出一定的标准,以确保成功。

2. 老粘性土地区的支护设计

我们现已认识到经典的土压力计算方法和分布模式不适用于老粘性土,但究竟采用何种方法与模式至今难以统一。因此,目前对老粘性土边坡支护往往走向极端,或过于安全,增加费用;或偏于冒险,酿成事故。水对老粘性土的浸润是肇事的根源,如何防护仍缺乏有效的办法。与老粘性土相随的经常还会遇到其下的泥质页岩,其工程性质本来就不太好,而且还严重地受爆破和开挖暴露后的大气环境影响,此类软质岩体的稳定条件很差,必须有可靠的防护措施。以上问题都不是常规理论和方法所能解决的,因而有待于专门的研究。

3. 新型锚固技术有待发展

现用的锚杆存在两大问题:一则难以进入承压含水层,采用一次性锚杆则往往因施工困难或造价过高而受到一定限制;二则锚杆进入邻地而不加回收,将会使邻地开发遇到障碍,有引起纠纷的可能。解决的办法应是发展可回收型锚杆,并对现用的普通锚杆使用作必要的限制。

4. 内支撑技术的进一步推广

内支撑相对于锚杆而言控制变形更为有效,对邻地的影响得以避免。然而目前内支撑在本地区得不到广泛应用,其原因是往往受到土方施工单位的抵制。抵制的原因是内支撑给土方开挖造成困难,影响工期。为了改变这种状况,应该对现行的土方开挖方式作根本的改变。实现这种改变首先要从土方开挖及运输设备的现代化着手。希望有实力的骨干施工单位能带头先走一步。

5. 关于地下水控制的理论和方法有待进一步完善

地下水的控制目前比较流行的做法是半封半降,实践证明是较理想的。但在三维非均质条件下的渗流分析目前仍没有成熟的计算方法,降水对环境影响至今仍不能进行可靠的预测,也就无从实施有效的控制。在发达国家,一般对降低地下水是严格限制的。由于现今我国和我市经济发展水平的限制,我们还做不到这一点,但从长远的观点来看,降水对环境的影响是必须严格控制的。所以,我们在地下水控制方面不能满足现状,而有必要加强研究,加深认识,关注国内外的动态,更新观念,更新技术,求得不断的进步。

6. 地下连续墙和逆作法新技术的引进

从国内外的发展趋势可见,地下连续墙和逆作法是深基坑技术发展的方向。而武汉地区目前地下连续墙尚处于起步阶段,逆作法则还未有一例。形成这种情况的原因仍与武汉地区的经济发展水平有关,与设计、施工人员对新技术不了解、不熟悉也有一定的关系。但是,我们认为,随着基坑开挖规模的扩大,随着环境保护要求的不断严格以及法律法规的强化,对深基坑开挖的技术要求会越来越高,新技术的应用势在必行。在这方面也应有骨干的设计、施工单位带头,至少应及早作好技术储备,以满足今后技术进步的需要,迎接新的建设高潮的到来。

7. 管理的规范化、程序化、科学化

首先是继续坚持目前的深基坑方案评审制度和开挖的许可证制度。目前对各基坑工程的方案评审制度对减少或防止深基坑事故无疑是有积极作用的,但还不能完全杜绝某些不规范的行为。如片面追求经济利益,忽视安全与质量;市场的无序竞争,压价发包工程,低价承包工程,促成施工中的偷工减料;不具备资质而违规承揽工程或分包工程等。在监测方面,目前信息反馈仍是比较薄弱的环节,监测的力度和精度均有待提高,根据监测信息及时进行的反分析不够,因而难以做好险情预报,不能充分发挥监测对信息化施工的指导作用。这些问题都是当前迫切需要加以解决的。建议有关部门密切配合,加强市场管理,规范市场行为,严格监理制度,把好方案设计评审关,使深基坑的管理工作走上规范化、程序化、科学化的道路。

8. 逐步实现社会分工的现代化

深基坑工程是涉及多工种、多专业的工程。以上提到的一些新技术的引进不是单纯的技术问题,目前小而全的分散经营模式对技术发展有相当的制约。按照发达国家的经验和我国的建筑技术发展政策,今后从事岩土工程的单位应适应现代化趋势,走专业化的道路,专家系统应向顾问公司转化,发展成技术密集型的单位,不仅要具备常规的岩土工程设计能力,而且要具特殊条件下的设计和新技术研究开发的能力,面向社会服务,承担技术经济责任。施工单位则可发展成一些专业化公司、大型设备租赁公司、岩土工程总承包公司等,在各自的专业分工领域集中资金,充实设备,发展技术,适应现代化大生产的要求,在竞争中发挥各自的优势,促使施工技术不断进步。

武汉地区工程地质条件综述

温国炫 姚永华

(机械工业部第三勘察研究院)

一、地形地貌

武汉地区地处长江中游,江汉平原东部,是江汉平原与鄂东丘陵山地的交接地带。地势总的特点是东部、东南部高,中部与西部稍低。汉水在武汉市区汇入长江,具有明显的丘陵~平原地形特点,按地面高程、切割深度和地形形态将地形划分为平坦状平原、高岗~垅岗~波状平原和丘陵三种基本类型,相应的地貌可划分为三种成因类型(类)和六个形态成因类型(亚类),现将其分述如下:

I 构造剥蚀丘陵:主要分布于武昌及汉阳部分地区。岩性主要由志留系砂页岩、泥盆系石英砂岩、二叠系硅质岩等组成。高程多大于 100 m,相对高差 40~60 m。

I₁ 剥蚀堆积高岗状平原:主要分布于施岗、阳逻一带。由第四系下更新统砂、砂砾石等组成,呈半固结状,基底由白垩~下第三系泥质粉砂岩等组成,局部见有零星露头。高程 65 m 左右,相对高差 20~30 m,呈近南北向的冲沟发育。

I₂ 剥蚀堆积垅岗状平原:主要分布于长江、汉水以南的汉阳、武昌及滠口、阳逻一带。由第四系中更新统粘土、粉质粘土、粘土夹砾(卵)石组成。高程 35~45 m,相对高差 5~15 m,树枝状坳沟发育较好,在低洼部位形成较多的湖泊。

II₁ 侵蚀堆积波状平原:主要分布于张公堤附近及以北东西湖与武湖一带。由第四系上更新统粘土、粉质粘土及砂、砂砾石等组成,具二元结构。地面高程 20~26 m,相对高差小于 10 m。属长江二级阶地。

II₂ 河流堆积平原:沿长江、汉水及其支流两岸呈条带状或弯月状不对称地分布,组成一级阶地。由第四系冲积粘性土、粉土、砂及砾卵石层组成,二元结构明显。阶面高程 19~22 m,高出长江正常水位 2~5 m,阶地上常发育湖、塘及沼泽地。

III₃ 湖泊堆积平原:发育较为广泛,以汉阳、滠口、武湖一带较为多见。由第四系粉质粘土、淤泥质粉质粘土等组成。地面高程 18~20 m,高出湖水面 1~3 m。

二、武汉地区工程地质特征

(一) 武汉地区第四系地层工程地质特征

武汉地区 80% 以上地表覆盖着第四系沉积层,绝大多数的工业与民用建筑坐落于其上。因此,武汉地区的工程地质特征主要表现在第四系地层工程地质特征。武汉地区第四系地层有全新统走马岭组,上更新统凤凰山组与青山组,中更新统王家湾组和下更新统半边山组。这些地层由于其年代不同,成因有别,分布范围不同,所处的地貌单元及所具有的工程地质特征也

各不相同。现将其地层结构与工程地质特征分述如下。

1. 武汉地区一级阶地全新统地层结构与工程地质特征

武汉地区一级阶地由第四系全新统地层构成,一级阶地汉口分布较广,武昌其次,汉阳较少。汉口地区一级阶地分布在张公堤以南地区,沿长江向东北延伸至滢口,向西至舵落口以西地区;武昌地区一级阶地以蛇山为界,北面分布于汉阳门~沙湖~青山镇小洲一线西北侧地区;蛇山以南分布于大桥~紫阳湖~张黄村一线以南地区;汉阳地区一阶地分布于龟山~公公咀~四新一分场以南地区和沿汉水边窄条形分布。一级阶地全新统地层属河流相及部分河湖相,为冲洪积和冲积物构成;上部为粘性土、淤泥质土,下部为交互层、砂及砂砾(卵)石层,具典型的二元结构;底部为基岩;地表层一般分布有填土或耕土,具体地层结构及特征见表1。由表1中可知全新统硬壳层可作为多层或低层建筑物的天然地基持力层,交互层及其下的粉细砂层是多层建筑物的理想桩端持力层。对基坑而言,当浅部无淤泥质土分布时,对于一层地下室或深度小于6~7 m深的基坑可采用喷锚挂网支护,否则必须采用排桩或水泥土类型的支护结构支护,对于二层地下室或超过6~7 m深的基坑一般采用排桩加撑(锚)支护;当在超深厚淤泥埋藏的地基内实施基坑工程时,首先必须做好支护结构的选型,且注意基坑整体稳定,土层强度参数的选取,淤泥的触变性,基坑开挖方法的选择对工程桩的保护及认真做好监测工作。当交互层和砂层较浅时应做好基坑防水工作。

2. 武汉地区二级阶地上更新统地层结构与工程地质特征

武汉地区二级阶地由上更新统地层青山组和凤凰山组构成;由于这两套地层成因不同使其工程地质性质存在差别。青山组地层以风积成因为主,分布于武昌沙湖港~沙湖~青山东湖港一线;凤凰山组地层属典型的河流相沉积,分布于汉口张公堤以北的东西湖地区。现以常青花园地层(代表凤凰山组)和徐东路小区地层(代表青山组)为例分别将两组地层结构及其特征列于表2和表3。由表2和表3可知:凤凰山组地层工程地质条件比青山组地层好,凤凰山组地层采用补偿法设计可作为20层以下高层建筑的天然地基持力层;对一、二层地下室的基坑边坡可采用放坡(一层地下室)、土钉墙或喷锚挂网支护,且一般可不考虑防水措施。青山组地层可作为一般多层建筑物的天然地基持力层;对于一层地下室或深度小于7 m的基坑可采用土钉墙或喷锚挂网支护,对二层地下室或深度超过7 m深的基坑边坡则应采用排桩加撑(锚)支护,且当砂层埋深较浅时必须考虑基坑防水措施。

3. 武汉地区中、下更新统地层及工程地质特征

武汉地区下更新统地层半边山组仅分布于施岗、阳逻等地,面积较小,为冲积沉积,棕红色砂砾石层;中夹黄色粘土、粉细砂层,半固结状,强度较高,可作为多层和一般高层建筑的天然地基持力层,一般形成高岗地貌。

武汉地区中更统王家湾组地层分布于长江、汉水以南武昌与汉阳的大部地区,和府河以北的滢口、后湖地区;武昌地区分布于蛇山两侧向东至关山以东一线两侧大部分地区,和武重、梨园至武钢及东湖,严东湖,严西湖等周边地区;汉阳地区分布于龟山~王家湾~米粮山~快活岭~郭徐岭~沌口镇地区及墨水湖、太子湖等周边地区,构成长江三级阶地。其上部分为黄褐色粘土,含大量铁锰质结核,中部为褐红色网纹状粘土,为冲洪积,呈硬塑~坚硬状态,地基承载力较高。下部为粘土含角砾,局部为红泥砾或砾卵石层,为冲洪和残坡积,地基承载力亦较高。现以沌口经济开发区神龙汽车有限公司武汉总装配厂地层为例列于表4。从表4中可知该组地层可作为一般高层建筑的天然地基持力层,对于一、二层地下室的基坑边坡可采用放坡或

I 级阶地全新统地层结构特征及评价

表 1

I 级阶地 地层名称		顶面 埋深 (m)	地层 厚度 (m)	颜 色	状 态	主要强度指标		岩 性 特 征 及 工 程 评 价
						P_s (MPa)	f_k (kPa)	
(1)	杂填土		0~5	杂				组成物质不均匀,结构松散,对基坑而言,是边坡、隔水、锚固的不良土层
	素填土	0~5	0~3	杂			50~80	
(2)	粘性土	2~4	0~10	黄褐~ 褐灰	可塑~软塑	1.0~1.2	120~160	表层为黄褐硬壳层,可作为一般多层建筑的天然地基,局部缺失,向下渐变为灰色软塑。对于基坑边坡稳定、降水、隔渗是有利的
(3)	淤泥	3~5	6~12	灰	流塑	0.3~0.5 0.5~0.7	50~80 70~100	土质软弱,强度低,压缩性大,具触变性,该层最厚可达 20 余米,是基坑工程灾害性地层;汉口地区从香港路一线向北至唐家墩分布有该层超深厚淤泥,已造成多起工程事故
	淤泥质土							
(4)	粉土或 粉细砂	9~13	3~5	灰	软塑	1.0~2.0	100~150	该层土是粘性土与砂土之间的过渡层;其间粘性土呈软塑状态,粉土、砂土饱和,稍密,水平渗透系数大;垂直向渗透差,对两层以上地下室基坑易遇见,若处理不当,易产生管涌,基坑失稳,影响环境等不良后果
	夹粘性 土(互层)							
(5)	粉细砂	12~18	30~35	灰	稍~中密	5~8.0	160~200	土层的密度、组成颗粒及渗透性随深度而增大,基坑支护排桩一般都插入粉细砂中一定深度。是一级阶地主要含水层之一,基坑降水井一般将该层钻穿,并在中粗砂中取水
	中粗砂	25~30			中密~密实	8.0~10.0	180~220	
(6)	砂砾卵石	43~45	3~6		中密~密实		300~350	较密实,可作为长桩的持力层,渗透性好

表 2

常青花园 3[＃]地块高层写字楼地层结构特征及评价

I 级阶地 地层名称	顶面埋深 (m)	地层厚度 (m)	颜色	状态及 密度	比贯入阻力 P_s (MPa)	标贯击数 修正值 N	岩 性 特 征 及 工 程 评 价
(1) 素填土		2.0~4.0	褐黄色 为主				系新近回填土,以褐黄色粘性土为主,底部有塘泥,结构松散
(2) 粘土	2.0~4.0	1.7~5.0	褐黄~黄褐	硬塑~坚硬	3.0~3.6	6.0~16.5	含氧化铁、少量铁锰结核及高岭土。强度高,对基坑边坡稳定有利
(3) 粉质粘土	2.3~5.0	1.2~5.1	褐黄~黄褐	可塑	1.7~2.0	5.2~15.4	含氧化铁、少量铁锰质,局部为软塑,强度不均一,对基坑边坡稳定尚有利
(4) 粘土	6.0~7.8	6.9~9.5	褐黄~黄褐	可塑~硬塑	3.1~3.3	8.0~16.2	含氧化铁、少量铁锰质,夹少量粒径为 10~50 mm 的碎石,强度较高,对基坑工程有利
(5) 粘土	14.0~16.5	5.2~8.6	褐灰~灰	硬塑	2.7~3.0	7.7~10.1	含少量氧化铁及有机质偶见螺壳,底部夹较多粗砂、角砾,强度高,对基坑工程有利
(6) 粗砾砂夹 粘性土	20.0~23.2	2.9~5.5	灰、灰褐 灰黄	中密~密实	7.1~11.7	11.1~36.3	含大量云母片,夹少量中粗砂及角砾,强度较高
(7) 砾砂	24.5~26.8	3.0~7.0	灰	中密~密实		13.9~28.6	含云母片,夹少量卵石及薄层粘性土。强度较高
(8) 粘土	28.0~32.0	2.0~4.4	灰	可塑(局 部硬塑)		18.4~21.6	含少量氧化铁及有机质,局部富集高岭土
(9) 卵石	30.0~34.8	6.3~11.7	灰白	密实		18.8~29.3 动触击数 12.9~54.9	卵石磨圆度较好,粒径一般为 20~70 mm,最大可达 110 mm,含量在 50% 以上,以石英岩为主,偶尔可见黑色燧石,充填均为中粗砂和粘性土