

浅述深基坑工程的特点及其支护技术

钟建成

(武汉市公路勘察设计院, 湖北 武汉 430015)

摘要: 深基坑工程的支护技术能够有效地控制基坑开挖过程中的围护结构变形位移, 防止引起基坑外地面沉降, 保证施工工期和安全。分析深基坑工程的特点, 介绍各种深基坑工程的支护技术, 并列出了深基坑支护应用中的注意事项和预防措施。

关键词: 深基坑; 工程特点; 支护技术

中图分类号: TU433

文献标识码: B

文章编号: 1671-1211(2012)01-0033-03

0 引言

随着中国经济建设的迅猛发展, 各个城市的大型和超高层建筑大量涌现, 基坑工程呈现出“紧”(场地紧凑)、“近”(工程距离近)、“深”(开挖深度大)、“大”(规模和尺寸大)等趋势。当前, 深基础施工是大型和高层建筑施工中极其重要的环节, 而深基坑支护结构技术无疑是保证深基础顺利施工的关键。

1 深基坑工程的特点

1.1 具有很强的个性

岩土工程区域性强, 岩土工程中的深基坑工程区域性更强。如黄土地基、砂土地基、软粘土地基等工程地质和水文地质条件不同的地基中, 基坑工程差异性很大。即使是同一城市不同区域基坑工程也有差异。正是由于岩土性质千变万化, 地层埋藏条件和水文地质条件的复杂性、不均匀性, 往往造成勘察所得到的数据离散性很大, 难以代表土层的总体情况, 且精确度较低。因此, 深基坑开挖需要因地制宜, 具体问题具体分析, 而不能简单地照搬外地的经验^[1]。

深基坑工程不仅与当地的工程地质和水文地质条件有关, 还与基坑相邻建筑物、构筑物及市政地下管网的位置、抵御变形的能力、重要性以及周围场地条件有关。因此, 对深基坑工程进行分类, 对支护结构允许变形规定统一的标准是比较困难的, 应结合地区具体情况具体运用。

1.2 综合性强

深基坑工程是岩土工程、结构工程及施工技术相互交叉的学科, 是多种复杂因素相互影响的系统工程。

另外, 深基坑工程涉及土力学中强度(或称稳定)、变形和渗流三个基本课题, 且三者相互融溶, 因此需要进行综合处理。有的基坑工程土压力引起支护结构的稳定性问题是基坑工程的主要矛盾; 有的工程中渗流引起土的破坏是其主要矛盾, 有的基坑周围地面变形是其主要矛盾^[2]。因此, 基坑工程是一种综合性很强的工程技术课题, 需综合分析处理。

1.3 时空效应强

深基坑的深度和平面形状, 对深基坑的稳定性和变形有较大影响。在深基坑设计中, 要注意深基坑工程的空间效应。土体蠕变体, 特别是软粘土具有较强的蠕变性。作用在支护结构上的土压力随时间而变化, 蠕变将使土体强度降低, 使土坡稳定性减小, 故基坑开挖时应注意其时空效应。

1.4 环境效应强

深基坑工程的土方开挖, 必将引起周围地基中地下水位变化和应力场的改变, 导致周围地基土体的变形, 对相邻建筑物、构筑物及市政地下管网产生影响。影响严重的将危及相邻建筑物、构筑物及市政地下管网的安全与正常使用。大量土方运输也对交通产生影响。所以应注意其环境效应。

1.5 工程量大及较紧工期

由于深基坑开挖深度一般较大, 工程量比浅基坑增加很多。抓紧施工工期, 不仅是施工管理上的要求, 它对减小基坑变形、基坑周围环境的变形具有特别重要的意义。

1.6 质量要求高

由于深基坑开挖的区域也就是将来地下结构施工的区域, 甚至有时深基坑的支护结构还是地下永久结

构的一部分,而地下结构的好坏又将直接影响到上部结构,所以,必须保证深基坑工程的质量,才能保证地下结构和上部结构的工程质量,创造一个良好的前提条件,进而保证整幢建筑物的工程质量。另一方面,由于深基坑工程中的挖方量大,土体中原有天然应力的释放也大,这就使基坑周围环境的不均匀沉降加大,使基坑周围的建筑物出现不利的拉应力,地下管线的某些部位出现应力集中等,故深基坑工程的质量要求高。

1.7 风险性大

深基坑工程是个临时性工程,安全储备相对较小,因此风险性较大。由于深基坑工程技术复杂,涉及范围广,事故频繁,因此在施工过程中应加强监测,具备相应的应急措施。深基坑工程造价较高,但有时是临时性工程,一般不愿投入较多资金,一旦出现事故,造成的经济损失和社会影响往往十分严重。

2 深基坑支护的类型

近几年来随着基坑深度和体量的增大,支护技术也有了较大进展,按功能分常用的有以下一些:①挡土系统:常用的有钢板桩、钢筋混凝土板桩、深层水泥搅拌桩、钻孔灌注桩、地下连续墙。其功能是形成支护排桩或支护挡土墙阻挡坑外土压力。②挡水系统:常用的有深层水泥搅拌桩、旋喷桩、压密注浆、地下连续墙、锁口钢板桩。其功能是阻挡坑外渗水。③支撑系统:常用的有钢管与型钢内支撑、钢筋混凝土内支撑、钢与钢筋混凝土组合支撑。其功能是支承围护结构侧力与限制围护结构位移^[3,4]。

2.1 钢板桩支护

钢板桩由带锁口或钳口的热轧型钢制成,把这种钢板桩互相连接就形成钢板桩墙,被广泛应用于挡土和挡水。目前钢板桩常用的截面形式有 U 形、Z 形和直腹板型。钢板桩由于施工简单而应用较广。但是钢板桩的施工可能会引起相邻地基的变形和产生噪声振动,对周围环境影响很大,因此在人口密集、建筑密度很大的地区,其使用常常会受到限制。另外,钢板桩本身柔性较大,如支撑或锚拉系统设置不当,其变形会很大,所以当基坑支护深度 $> 7\text{ m}$ 时,不宜采用。同时由于钢板桩在地下室施工结束后需要拔出,因此应考虑拔出时对周围地基土和地表土的影响。

2.2 深层搅拌支护

深层搅拌支护是利用水泥作为固化剂,采用机械搅拌,将固化剂和软土强制拌和,使固化剂和软土剂之间产生一系列物理化学反应而后逐步硬化,形成具有整体性、水稳定性和一定强度的水泥土桩墙,以此作为

支护结构。该支护结构适用于粘土、粉质粘土、粉土、素填土等土层,基坑开挖深度不宜 $> 6\text{ m}$ 。

2.3 排桩支护

排桩支护是指柱列式间隔布置钢筋混凝土挖孔、钻(冲)孔灌注桩作为主要挡土结构的一种支护形式。为了防止地下水夹带土体颗粒从桩间孔隙渗入坑内,应同时在桩间或桩背采用高压注浆,设置深层搅拌桩、旋喷桩等,或在桩后专门构筑防水帷幕。灌注桩施工简便,可用机械钻孔或人工挖孔,施工中不需要大型机械,且无施工噪声、振动和挤压周围土体带来的危害,成本较地下连续墙低。一般来说,当基坑深 $h = 8 \sim 14\text{ m}$,周围环境要求不十分严格时,多考虑采用该支护形式。当周围环境保护要求严格时,为减少排桩的变形,在软土地区有时对基坑底沿灌注桩周边或部分区域,用水泥搅拌桩或注浆进行被动区加固,以提高被动区的抗力,减少支护结构的变形。

2.4 地下连续墙

地下连续墙是利用各种挖槽机械,借助于泥浆的护壁作用,在地下挖出窄而深的沟槽,并在其内安放钢筋网片、浇注适当的材料而形成一道具有防渗(水)、挡土和承重功能的连续的地下墙体。地下连续墙具有整体刚度大的特点和良好的止水防渗效果,适用于地下水位以下的软粘土和砂土等多种地层条件和复杂的施工环境,尤其是基坑底面以下有深层软土需将墙体插入很深的情况,因此在国内外的地下工程中得到广泛应用。并且随着技术的发展和施工方法及机械的改进,地下连续墙发展到既是基坑施工时的挡土围护结构,又是拟建主体结构的侧墙,如支撑得当,且配合正确的施工方法和措施,可较好地控制软土地层的变形。在基坑深(一般 $h > 10\text{ m}$)、周围环境保护要求高的工程中,经技术经济比较后多采用此技术。但是地下连续墙在坚硬土体中开挖成槽会有较大困难,尤其是遇到岩层需要特殊的成槽机具,施工费用较高。除现场浇筑的地下连续墙外,中国还进行了预制装配式地下连续墙和预应力地下连续墙的研究和试用。这两种方法已经在工程中试用,并取得较好的社会效益和经济效益。

2.5 土钉支护

土钉支护是用于土体开挖和边坡稳定的一种新的挡土技术,由于经济、可靠且施工快速简便,故已在中国得到迅速推广和应用。土钉支护的使用要求土体具有临时自稳能力,以便给出一定时间施工土钉墙,因此对土钉墙适用的地质条件应加以限制。《建筑基坑支护技术规程(JGJ12021999)》规定了土钉墙适用于二、

三级基坑、非软土地、基坑深度不宜 $>12\text{ m}$ 。土钉支护施工速度快、用料省、造价低,与其他桩墙支护相比,可缩短50%以上工期,节约造价60%左右;土钉支护可以紧贴已有建筑物施工,从而省出桩体或墙体所占用的地面。但从许多工程经验看,土钉墙的破坏几乎均是由于水的作用,水使土钉墙产生软化,引起整体或局部破坏,因此规定采用土钉墙工程必须做好降水,且其不宜作为挡水结构。土钉是用来加固现场原位土体的细长杆件。土钉支护通常采用钻孔,放入变形钢筋并沿孔全长注浆的方法做成,它依靠与土体之间的粘结力或摩擦力,在土体发生变形时被动承受拉力作用。它由密集的土钉群、被加固的土体、挂网、喷射混凝土面层形成支护体系。由于随挖随支,能有效地保持土体强度,减少土体的扰动。

3 深基坑技术的发展趋势

(1) 基坑向着大深度、大面积方向发展,周边环境更加复杂,深基坑开挖与支护的难度愈来愈大。因此,从工期和造价的角度看两墙合一的逆作法将是今后发展的主要方向。但逆作法施工受桩承载力的限制很大,采用逆作法时不能采用一柱一桩,而是一柱多桩,增加了成本和施工难度。如何提高单桩承载力,降低沉降,减少中柱桩(中间支承柱),达到一柱一桩,使上部结构施工进度可以放开限制,从而加快进度,缩短总工期,这将成为今后的研究方向。

(2) 土钉支护方案的大量实施,使得喷射混凝土技术得以充分运用和发展。为减少喷射混凝土的回弹量以及保护环境的需要,湿式喷射混凝土将逐步取代干式喷射混凝土。

(3) 目前在有支护的深基坑工程中,基坑开挖大多以人工挖土为主,效率不高,今后必须大力研究开发小型、灵活、专用的地下挖土机械,以提高工效,加快施工进度,减少时空效应的影响。

(4) 为了减少基坑变形,通过施加预应力的方法控制变形,这将逐步被推广,另外采用深层搅拌或注浆技术对基坑底部或被动区土体进行加固,也将成为控制变形的有效手段被推广。

(5) 为减小基坑工程带来的环境效应(如因降水引起的地面附加沉降),或出于保护地下水资源的需要,有时基坑采用帷幕型式进行支护。除地下连续墙外,一般采用旋喷桩或深层搅拌桩等工法构筑成止水帷幕。目前,有将水利工程中防渗墙的工法引入到基坑工程中的趋势。

(6) 在软土地区,为避免基坑底部隆起,造成工程万方数据

桩承载力下降、桩位偏移过大、支护结构水平位移加大和邻近建(构)筑物下沉,可采用深层搅拌桩或注浆技术对基坑底部土体进行加固,即提高支护结构被动区土体强度的方法。

4 深基坑支护设计中应注意的事项

4.1 转变传统的设计理念

对于深基坑支护结构的设计,国内外至今尚没有一种精确的计算方法,多数是处于摸索和探讨阶段,中国也没有统一的支护结构设计规范。土压力分布按库伦或朗肯理论确定,支护桩仍用“等值梁法”进行计算。其计算结果与深基坑支护结构的实际受力悬殊较大,既不安全也不经济。由此可见,深基坑支护结构的设计不应再采用传统的“结构荷载法”,而应彻底改变传统的设计观念,逐步建立以施工监测为主导的信息反馈动态设计体系。这是设计人员需要加强科研攻关的方向。

4.2 建立变形控制的新的工程设计方法

目前,设计人员采用的极限平衡原理是一种简便实用的设计方法,其计算结果具有重要的参考价值。但是,将这种设计方法用于深基坑支护结构,只能单纯满足支护结构的强度要求,而不能保证支护结构的刚度。众多工程事故就是因为支护结构产生过大的变形造成的。鉴于上述实际,在建立新的变形控制设计方法时,应着重研究支护结构变形控制的标准、空间效应转化为平面应变和地面超载的确定及其对支护结构的影响等问题。

4.3 大力开展支护结构的试验研究

开展支护结构的试验研究(包括实验室模拟试验和工程现场试验),虽然要耗费部分资金,但由于深基坑支护工程投资巨大,如经过科学试验再进行设计时,一定会节省可观的经费。因此,工程现场试验是非常必要的。通过工程实践积累大量的测试数据,可对同类工程的成功打好基础,为理论研究和建立新的计算方法提供可靠的第一手资料。

5 结语

中国的深基坑工程施工难度在不断增加,这对深基坑的支护技术提出了更高的要求,一个安全合理的支护技术既要确保基础安全、施工顺利,又要考虑经济合理。本文通过分析深基坑工程的特点,具体介绍各种支护技术的施工和使用条件,因对深基坑工程具有一定的参考价值。

(下转 039 页)

3 结论

综上所述,十里牌地下热水具有深循环型中低温地下水的基本特征,为弱碱性硫酸钙型水,地下热水起源于大气降水,同位素组成符合克雷格方程,大气降水从补给到形成地下热水,经历了长时间(>50年,热核试验前补给)的深循环(2 110 m)加温过程,由于人类工程活动的影响,地下热水在由深部向浅部的运移过程中混入了大量冷水。因此,在以后的开发利用中,必

须注意地热田的地质环境保护工作,防止冷水大量混入而引起水温的降低。

参考文献:

- [1] 李智民,等.湖北省荆门市十里牌地热田普查报告[R].荆州:湖北省水文地质工程地质大队,2009.
- [2] 沈照理.水文地球化学基础[M].北京:地质出版社,1986.
- [3] 王恒纯.同位素水文地质概论[M].北京:地质出版社,1991.

(责任编辑:李 雯)

Isotopic Study of the Formation of Geothermal Water in Shilipai of Jingmen City

LI Zhimin, CHEN Hongyan, YANG Jian, LI Haibing, QIN Huangang

(Hubei Geological Environment Station, Wuhan, Hubei 430034)

Abstract: Based on the regional geology and structure background of geothermal field in Shilipu, the research on the composition isotopic of water show that geothermal water originates in atmospheric precipitation. Atmospheric precipitation supplies and forms geothermal water through a long cycle of heating process. Geothermal water sneak into a great deal of cold water in the process of migration from deep to upper because of human engineering. It must pay attention to protect geological environment in the latter development and utilization in geothermal field.

Key words: geothermal water; formation; isotopic study

(上接 035 页)

参考文献:

- [1] 李钟.深基坑支护技术现状及发展趋势(一)[J].岩土工程界,2001(1):1-3.
- [2] 高大钊,陈汉忠,等.深基坑工程[M].北京:机械工业出版社,1999.
- [3] 余志成,施文华.深基坑支护设计与施工[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [4] 党建军.浅议近年来深基坑支护工程的技术进展[J].科技创新导报,2009,14(12):80-81.

(责任编辑:于继红)

Discussion on Characteristics and Its Supporting Technology of Deep Foundation Pit Engineering

ZHONG Jiancheng

(Wuhan Highway Survey Design Institute, Wuhan, Hubei 430015)

Abstract: Supporting technology of deep foundation pit can effectively control deformation displacement of enclosure structure in the excavation process, prevent deflection caused by the ground subsidence of foundation pit, guarantee the construction period and security. This paper analyzes the characteristics of deep foundation pit engineering, introduces support technology of all kinds of deep foundation pit engineering, and lists note and preventive measures of bracing application of the deep foundation pit.

Key words: deep foundation pit; engineering characteristics; supporting technology