

软土地区深基坑开挖的环境效应及其工程对策*

王照宇

(盐城工学院 建筑工程系, 江苏 盐城 224003)

摘 要: 简要介绍软土地区深基坑开挖对周围环境引起的影响和危害, 并提出了相应的环境保护原则和方法, 为软土地区深基坑工程的设计和施工提供有益的借鉴。

关键词: 深基坑; 环境效应; 保护方法; 软土

中图分类号: TU434

文献标识码: A

文章编号: 1671-532X(2002)02-0016-05

目前由于城市兴建高层建筑和地下空间的开发利用增多, 高层建筑均有 1-3 层甚至 4-6 层地下室, 由此带来施工期间大量的深基坑开挖和支护的岩土工程问题。深基坑开挖不仅要保证基坑本身的安全与稳定, 且要有效控制基坑周围地层移动以保护周围环境。在软土地区(如上海、天津、福州等沿海地区), 由于地层的软弱复杂, 进行基坑开挖往往会产生较大的变形, 严重影响紧靠深基坑周围的建筑物、地铁、交通干道、地下管线和其它市政设施, 因而是一项很复杂而带风险性的工程。由于地层构造错综复杂, 加上设计与施工管理不善, 因此在深基坑支护方面出现了不少事故, 有的造成巨大经济损失, 延误了工期, 造成不良的影响。深基坑工程基本特性:

(1) 基坑支护工作主要集中在城市。市区的建筑密度很大, 并经常在密集的建筑群中施工, 场地狭小, 挖土不能放坡, 邻近又有建筑物和市政地下管道, 所以对基坑稳定和变形控制的要求很严, 因此, 其施工的条件往往很差, 难度很大。

(2) 基坑开挖与支护是一项技术性很强的综合技术, 从基坑支护事故分析可知, 不少事故同场地勘察、支护设计、开挖作业、施工质量、监控量测、现场管理等因素有关, 而事故的发生又往往具有突发性。

(3) 深基坑支护工程采用一些传统的支护方法不仅造价高, 工期长, 且存在许多致命弱点, 如悬臂式支护结构安全度较低, 常常因桩的插入深

度不足, 而发生坍方事故。因此, 选用传统方法受到许多限制, 处置不当常会酿成重大事故。

(4) 深基坑支护工程大多为临时性工程。因此, 在实际工程中常常得不到建设方应有的重视, 一般不愿投入较多的资金, 可是, 一旦出现事故, 处理十分困难, 造成的经济损失十分巨大。

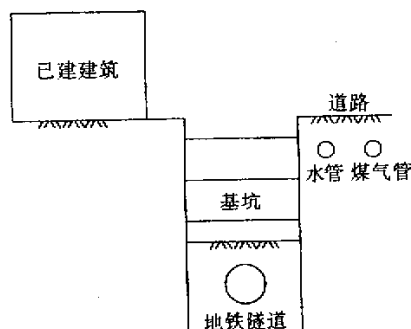


图 1 深基坑工程与周围环境关系的示意图

Fig. 1 The chart of relation between deep excavation and ambience

1 深基坑工程的环境效应

1.1 基坑降排水的环境效应

排水主要是解决上部土层的滞水和降雨积水的疏排。降水包括采用轻型井点、喷射井点和深井井点降水等。降低地下水位可能引起地面沉降, 将对环境造成不良影响。为了保证基坑工程土方开挖和地下室施工处于水位以上的‘干’状态, 需要通过降低地下水或配以设置止水帷幕, 使

* 收稿日期: 2002-02-03

作者简介: 王照宇(1974-), 男, 江苏阜宁人, 盐城工学院助教, 东南大学在职硕士研究生。

地下水位在基坑底 $0.5 - 1.0 \text{ m}$ 以下。在地下室施工结束,上部结构尚未施工时尚需通过降低地下水位,克服地下水对地下室产生浮力。地下水的不良作用主要包括流砂(土)、管涌和基坑突涌。

1.1.1 流砂(土)

地下水在渗流过程中受到土骨料的阻力作用,那么土骨架必然受一个反作用力,对于单位体积内土颗粒所受到的渗流作用力称之为动水压力或渗透力,用 j 来表示。

基坑开挖后,通常情况设置了止水帷幕,降低基坑内的地下水位后,由于基坑外地下水位高于基坑内地下水位,则在围护墙后地下水流动方向侧重向下,动水压力方向基本向下,此时动水压力的存在增加了土体的有效应力,当地下水流绕过围护墙体和止水帷幕后,在基坑内其水流方向则变成向上,此时动水压力方向与重力方向相反,减小了土粒之间的压力。当动水压力大于或等于土的浮容重 γ 时,土颗粒处于悬浮状态,土的抗剪强度等于零,土颗粒随渗流的水一起流动,产生了流砂(土)。

1.1.2 管涌

在渗透水流作用下,土中的细颗粒被冲走,使土的孔隙不断扩大,渗流速度不断增加,使较粗的颗粒也相继被水流带走,逐渐形成管状渗流通道,造成土体塌陷。管涌是一种渐进性质的破坏,发生在一定级配的无粘性土中,一般粘性土不会发生管涌破坏。无粘性土中产生管涌必须具备下列两个条件(1)几何条件:土中颗粒所构成的孔隙直径必须大于细颗粒的直径,这是产生管涌的必要条件(2)水力条件:动水压力能够带动细颗粒在孔隙间流动是发生管涌的水力条件,可用水力梯度来表示。通常在含水粉砂等的深基坑中发生流砂的可能性要高于管涌。由于管涌破坏是渐进性的,因此必须注意在砂层的基坑有无管涌的可能性。

1.1.3 基坑突涌

若基坑下存在承压水,在开挖过程中当基坑底部隔水层的厚度减小到一定程度时,承压水的水头压力会冲破基坑底板,形成突涌现象,因此当基坑底部与承压水层相距很近时,应确定足以防止基坑被水冲破的最小隔水厚度。

流砂(土)、管涌、基坑突涌这3种现象一旦发生,则对深基坑产生的破坏是极其严重的,同时也会对深基坑周边环境造成严重影响。但这3种现

象却较易控制。只需加强勘察工作,在围护结构设计时进行必要的验算即可以避免。

1.1.4 降水造成的地面沉降

引起地面沉降的因素很多,但主要有如下几点:

- ①支护结构的水平位移导致坑外地表下沉;
- ②基坑施工降水使土体有效应力增加,引起土层固结沉降;
- ③基坑底面隆起造成的沉降;
- ④抽水引起土砂损失造成沉降;
- ⑤砂土通过围护结构挤出造成沉降。

后2种可以从施工工艺、施工管理上加以控制和消除。前3种情况中通常支护结构的水平位移是造成地面沉降的主要原因。

(1) 地面沉降计算方法:

常用的有两种方法:经验法、半理论半经验法。

如 Peck 曲线法,见图2所示。

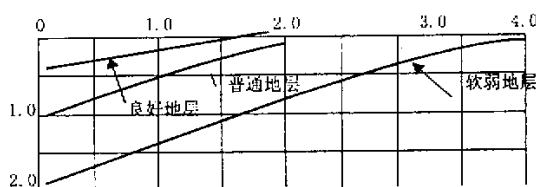


图2 地面沉降与距离关系图

Fig.2 The chart of relation between ground settlement and distance

该曲线是根据大量的工程实例数据统计得到,基本上能反映不同挖深下的地面沉降。

半理论半经验方法中,以“日本道路工程规范”方法最具代表性,该方法假定支护结构的变形前后所围成的面积 S_p 和地面沉降与原地面所围成的面积 S_G 相等,再根据支护结构的变形值来推求地面沉降大小。如图3所示。

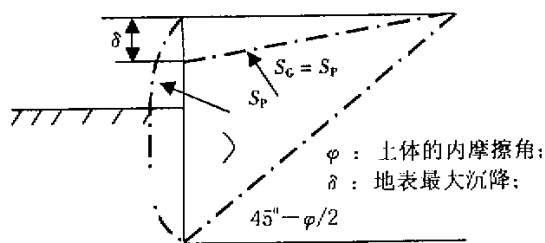


图3 日本道路工程规范法地面沉降计算示意图

Fig.3 The chart of calculate ground settlement with criterion of civil engineering of japan

(2) 地面沉降范围估算

考虑环境效应时,仅仅知道最大地面沉降是不够的,对于周围环境复杂的基坑设计还要计算地面沉降的影响范围。

一般认为地面沉降影响范围 x 可表示为土的内摩擦角 δ 和开挖深度或支护桩长度 H_p 的函数。如侯学渊: $x = H_p \tan(45^\circ - \varphi/2)$ ^[1] (1)

1.2 围护桩、基桩施工的环境效应

围护桩常用的桩型为:钻孔灌注桩、沉管灌注桩、人工挖孔桩、水泥土搅拌桩等,此外还有拉森式钢板桩、钢筋混凝土预制桩等。而深基坑中的基坑几乎包括了所有众多的桩型^[2]。

围护桩施工的环境效应比较大,在非挤土桩中要首推人工挖孔桩,由于它主要是由人工挖掘,地基土层中出现临空面,引起附近土体的侧移。当成排开挖土层又是软土或花岗岩残积土时,人工挖孔桩筒中涌泥、侧移现象更为严重,往往造成附近建筑物沉降、倾斜,上部结构开裂,道路面沉降,地下管道断裂等。围护桩为预制桩时,也常常带来挤土危害。拉森式板桩虽大大减少挤土效应,但在拔桩时会带动部分地基土层中的土体上拔,也会引起邻近建筑物的附加沉降。

深基坑中的基桩施工,特别是采用人工挖孔桩,在软土地区,有时带来的不良环境效应是严重的。在城市密集区不宜采用该桩型。基桩采用预制桩,也会对邻近工程深基坑的围护结构带来危害,但深基坑中的基桩如果数量较多,密布于墙前时,就会在基坑内形成复合地基,这种复合地基的刚度显然较大,其对减少支护结构的水平位移又将起到积极的作用。

由上述分析可见,为了有效地减少围护桩、基桩施工所带来的不良环境效应,应根据基坑的地质情况及基坑周边环境,选择合理的桩型、合适的施工工艺,做到精心施工才能够降低其带来的不良环境效应。

1.3 土方开挖的环境效应

一般的矩形基坑,在没有围护情况下多坍塌成矩形的外接圆坑。人们曾总结提出:挖土时四周要留涌土(使之形成内接圆),要盆式开挖,分层分块开挖。

在深厚软土如淤泥、淤泥质粘土中开挖基坑,由于软土的蠕变性,要重视时空效应,做到随挖随撑。同时,在施打挤土型工程桩时,常引起坑内土体产生很高的超静孔隙水压,侧移与隆起,故分层

从中央有序地开挖非常必要。

目前在深基坑施工中,定量考虑土方开挖的环境效应还很困难。目前只能做到定性认识,尽量采用分部分块分层开挖,缩短基坑暴露时间和采取合理、高效的土方开挖施工组织设计,同时加强基坑位移、沉降等的观测,以此来指导土方开挖的施工。

1.4 止水帷幕渗漏水的环境效应

基坑抽水引起的土砂损失以及砂土通过围护结构挤出都可能造成基坑外侧地面沉降,而引起砂土损失的原因之一是由于止水帷幕渗漏水。深基坑中,一般都需要单设布置闭合的止水帷幕(水平向止水帷幕和竖向止水帷幕)。但由于基坑止水帷幕本身存在缺陷,如深搅桩搭接不严、地下连续墙接缝不吻合,以及由于场地的水文工程地质条件不好,或由于基坑开挖深度大,周围的动水压力和土压力相对增长,使得挡土结构产生较大位移,从而带动止水帷幕的挠曲或侧移,加之止水帷幕大多为刚性结构,抵抗变形的能力较弱,在挠曲和侧移时易开裂,使得在地下水压力作用下止水帷幕产生渗漏水。

当止水帷幕出现渗漏时,往往来势猛又突然地大量漏水漏砂,导致边坡失稳、坍塌、倒桩及附近建筑物、路面急剧沉陷等。到目前为止,综合全面地考虑各种环境效应,并加以量化还很困难,实际工程中,大多通过有效的基坑变形的量测等辅助措施来改进施工工艺。

2 基坑环境保护的原则^[3]

为提高深基坑支护工程设计及施工水平,减少工程事故,确保周围环境安全,必须从多方面着手,现提出以下有关的处理对策。

2.1 要十分重视地质勘察和环境调查

特别要重视深基坑开挖所在地的地形、地貌和工程地质特点的查勘,重要的是对场地土质的稳定性问题进行评述,在勘察工作中应将可能导致边坡土体滑坡的各种因素事先摸清,对支护结构的稳定性和安全性易造成威胁的重要地段、重点地层和重要的土质指标要保证其可靠性。查明场地内地下水分布十分重要,因基坑事故绝大部分与地下水有关。对不符合技术要求的勘察资料,不得用于深基坑支护的设计与施工。

2.2 要重视深基坑支护的方案和设计

深基坑支护的方案很多,工程造价也千差万

别,因此设计方案的对比选择就显得十分重要,有的工程因方案选择不当,使支护工程的造价很高,其结果还发生了倒塌事故。高层建筑设计一般由设计单位负责,而支护工程被认为是施工措施的一部分,作为临时措施,由施工单位或其它单位设计和施工,因此,二者脱节,又有“临时”工程的概念,所以常常出现方案选择不当。对支护设计和方案工作一定要做深做细多作比较,这样,可以大大降低支护的工程费用,又可防止事故发生。

2.3 要重视对地下水的处理

不少支护事故产生的原因是水的影响造成塌方。对水的理解要明确,它不仅指地下水也包括土层中滞水、地下管道渗漏水、地面无组织排水以及施工期间的雨水等。特别是地下管道漏与不漏,事先也难以估计。基坑支护如果考虑水压力,它比土体自身产生的侧压力要大得多,如果按不利因素考虑,势必造成浪费,但若不考虑又可能出现问题。为此,在支护施工前必须采取有效措施,先降低地下水位,对地下管线渗漏的调查也必须深入细致,并采取必要的措施,要保证适当的安全度。

2.4 要确保基坑支护工程的施工质量

深基坑支护属于地下工程,具有不可视性,其出现工程质量事故的概率也比较大,一旦出现质量问题,殃及基坑导致塌方,事后纠正和补救也较困难。为此必须严把施工质量关,桩体、墙体的混凝土强度一定要达到设计要求,不能有蜂窝、露筋现象,止水桩搭接不能出现缝隙,不能随意改变设计意图,取消锚杆,将锚固结构变成悬臂结构等。总之,要提高质量意识,切实加强施工管理,落实技术质量责任制。

2.5 要切实加强基坑监测

通过现场施工中对基坑边坡的监测,及时掌握边坡的稳定状态、安全程度和支护效果,为设计和施工提供了现场信息。深基坑支护工程是土体与围护结构体系相互共同作用的一个动态变化系统,有复杂的多变因素,工程上单靠理论计算,往往难以对支护系统的多变因素作出足够的准确预测,在施工过程中也常常会出现一些难以预料的变化。为此应加强对深基坑的土体压力、边坡位移、沉降、锚杆应变以及邻近建构筑物沉降和倾斜等的监控量测,以便及时掌握土体的变形特性,随时加固防范,预防事故发生。

3 基坑环境保护的方法

周围环境的保护应采取经济合理,安全可靠的技术方案。首先要考虑采取积极性防护法,即采用合理的设计与施工,使基坑支护结构的变形减小到最低限度。其次针对环境条件,确定必须保护的對象,根据必须保护的對象及其允许变形值,采取不同的加固方法,预防较大变形并减少其影响程度。加固方法主要包括:隔断法、基础托换、结构补强、地基加固等。

3.1 基础临时加固

建(构)筑物基础落在影响区的基坑,在开挖影响边界线范围内且基础与围护结构距离较小,隔断法无施工场地时,可考虑基础临时加固法。加固可采用树根桩或锚杆静压桩技术,在有经验的地区也可采用压浆方式。树根桩和锚杆桩的施工机具较小、加固费用低,有一定的灵活性,可根据建(构)筑物的结构特点及土层分布情况选用。

3.2 隔断体保护

当邻近建(构)筑物的基础部分或全部座落在基坑开挖影响边界线范围内时,设计人员应引起足够重视。当基础有部分落在基坑开挖影响边界线范围内时,应在需保护的建(构)筑物与基坑挡土结构之间设置隔断体,隔断体可采用钻孔灌注桩、高压旋喷桩、深层搅拌桩、树根桩等构成墙体,其作用主要承受施工引起的侧向土压力,也可起到阻挡局部水土可能出现的流失等作用。

3.3 支护体系的自身补强

搅拌桩重力式挡墙因其加固费用较低、较好的止水性能、施工速度快等特点,在基坑工程中得到较广泛的使用。但重力式挡墙自身的变形较大,基坑影响范围相对也较大,设计时可考虑复合挡墙技术,即根据变形计算要求在搅拌桩挡墙中插入适量的钻孔灌注桩以增加强度,减少墙体变形。当重力式挡墙变形过大时墙体自身可采用补强方法,该方法施工方便,技术简单,结构也较稳定,与原挡土墙形成新的复合挡土结构,如图4所示。

3.4 基坑周围管线的保护

在围护设计开始前,一定要做好管线的排查工作。设计时应适量布置监测点,对轻型管线可迁移至安全区域,或者直接开挖暴露,及时跟踪调整管底变形,基坑工程结束后再进行覆埋。对于无法迁移的大口径管线可采用隔断法进行处理,

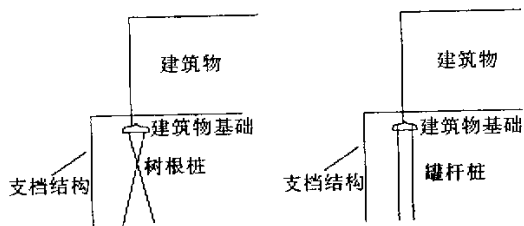


图 4 自身补强示意图

Fig.4 The chart of foundation reinforce

当水平位移能满足要求而沉降不能满足要求时可采用注浆法处理,并在施工过程中加强监测,注浆法的加固深度应大于影响边界线,如图 5 所示。

4 结语

深基坑支护工程虽然是临时性工程,但从设计方案、施工管理、工程质量到场地勘察等等,影响因素很多,是一个十分复杂的难题,也存在相当大的风险性。为此,要求设计者、开发商和承包方

参考文献:

- [1] 刘建航,侯学渊.基坑工程手册[M].北京:中国建工出版社,1999.
- [2] 秦四清.深基坑工程优化设计[M].北京:地震出版社,1998.
- [3] 石长理.工程保护技术在基坑工程中的应用[J].彭城职业大学学报,2000(1):21-24.

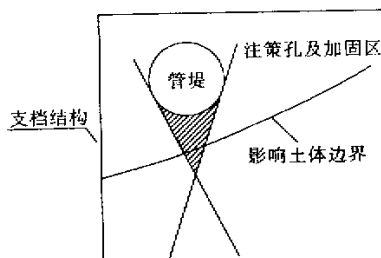


图 5 管线注浆加固图

Fig.5 The chart of pipe reinforce

施工前不要轻率确定方案,也不要因为支护工程是临时工程而不加重视,应认真总结已有经验,深入进行分析调查,进行多方案对比择优选用,并提出减少地层位移的施工工艺和施工参数,根据经验和理论相结合进行研究分析,预测出基坑施工对周围环境的影响程度。在施工中加强监控,及时采取改进施工措施和应变措施,以保证达到预期保护周围环境的要求。

Environment Effect and Engineering Protection Technique on Deep Foundation in Soft Clay Area

WANG Zhao-yu

(Department of Constrection Engineering of Yancheng Institute of Technology Jiangsu Yancheng 224003, PRC)

Abstract: This paper introduce environment effect and harm for deep foundation excavation in soft clay area. It provide with principle and method of environment protection technique. It can be used as reference for the same kind engineering design.

Keywords: deep foundation; environment effect; protection technique; soft clay