

浅谈长春市深基坑边坡稳定问题

周舟

马平

(中兵勘察设计院 北京 100053) (黑龙江省建筑设计院 哈尔滨 150000)

【摘要】 本文通过对长春市近10个基坑工程的调查分析,提出了对基坑边坡稳定问题的认识。

【关键词】 长春市 深基坑 边坡稳定

【Abstract】 This paper proposes some views about the slope stability of deep foundation pit through the analyses to the 10 excavation engineerings in Changchun city.

【Keywords】 Changchun city, Deep foundation pit, Slope stability

0 前言

近几年来,长春市兴建了大量高层建筑,相应地出现了许多基坑开挖工程。由于缺乏地区经验,加之分析方法和经济等方面的原因,在设计基坑边坡稳定方面存在许多失误和浪费。如何简便地确定经济合理的基坑放坡角或支护结构,对这里的基坑开挖工程有重要的意义。通过对长春市现有的近十个基坑一年多的调查分析,现就基坑边坡稳定问题谈一谈我们的认识。

1 工程地质条件

长春市的深基坑工程,绝大部分位于伊通河以西的台地区,该区广泛分布有厚15~20m的黄土状土,根据土层特点,可将其分为上、下两层,分层界线在距地表9~12m

处,上层为粉质粘土,表层普遍有1~2m厚的人工填土;下层为硬塑粘土、粉质粘土。在台地沟谷地段黄土状土层之下有1~3m厚的砂砾石层。深基坑边坡稳定分析所涉及的地层主要为上述几种,现将其工程地质性质分述如下:

①粉质粘土:层厚9~12m,垂直节理发育,受地下水和地形的影响,可表现出不同的塑性状态。可塑态粉质粘土主要分布在-2~-12m范围内,其物理力学性质指标见表1。

软塑态粉质粘土主要分布在-2~-8m范围内,潜水主要含在该层中。物理力学指标见表2。

表1 可塑态粉质粘土力学指标

指标	w ×100	γ /kN·m ⁻³	e	I_p	I_L	a_{1-2} /MPa ⁻¹	c /kPa	φ / (°)
平均值	27.11	19.3	0.732	15.31	0.497	0.314	35.2	18.47

表2 软塑态粉质粘土力学指标

指标	w ×100	γ /kN·m ⁻³	e	I_p	I_L	a_{1-2} /MPa ⁻¹	c /kPa	φ / (°)
平均值	30.35	18.9	0.78	11.28	0.87	0.432	25.70	19.70

作者简介:周舟,男,岩土工程师。1994年毕业于长春地质学院水工系,获硕士学位。现主要从事基坑支护设计与监测等工作。

表3 硬塑粘土、粉质粘土力学指标

指标	w $\times 100$	γ $/\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	e	I_p	I_L	a_{1-2} $/\text{MPa}^{-1}$	c $/\text{kPa}$	φ $/ (^{\circ})$
平均值	24.68	19.8	0.72	17.00	0.116	0.23	51.2	19.71

②硬塑粘土、粉质粘土：主要位于-8m以下，该层分布连续且厚度较大，其物理力学指标见表3。

③砂砾石层：主要分布在沟谷地段黄土状土之下，厚度1~3m，为承压含水层，埋深较大，密实，工程地质性质较好。

潜水位埋深-2~-5m。

2 基坑边坡稳定性分析

2.1 放坡开挖

当基坑深度小于10m，有放坡场地，而且相邻建筑影响不大时，多采用放坡开挖，以保证基坑边坡的稳定。放坡坡角一般为 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 。

目前，边坡稳定性分析的方法很多，但许多新方法因难以确定合理的参数、边界条件、分析计算模型，实用性较差，因而传统的极限平衡方法仍被广泛采用，其中的毕肖甫法被推荐用于粘性土边坡稳定分析，并编制成程序REAME。

长春市的深基坑，绝大部分先进行人工降水后开挖。通过对“红旗大厦”基坑降水降落漏斗的实测，基坑内外水位差形成的渗流面与水平面夹角为 45° 左右，对近10个边坡破坏面观察发现，滑动面并无地下水渗出，所以稳定分析时，可不考虑渗流作用。挖方边坡这类短期稳定问题，原则上讲，既可按总应力法，也可按有效应力法进行稳定性分析，由于很难弄清孔隙水压力的分布，采用总应力法已被证明更有效。

选用直剪快剪强度参数，以总应力法应用REAME程序对长春市9个基坑边坡的稳定进行分析，结果见表4。

由表4可以看出，失稳的边坡安全系数均小于0.800，其最危险的滑动面也与实际

表4 9个基坑边坡的基本情况

基坑名称	基坑深度 $/\text{m}$	安全系数
新发大厦基坑东坡	10.0	0.749(失稳)
西安大路某基坑东坡	8.0	0.792(失稳)
野力大厦基坑南壁	8.0	0.777(失稳)
近埠街某基坑西坡	10.0	0.782(失稳)
解放大路某基坑南坡	10.0	0.744(失稳)
解放大路某基坑北坡	10.0	0.856(稳定)
近埠街某基坑北坡	10.0	0.834(稳定)
西安大路某基坑西坡	10.0	1.040(稳定)
重庆路某基坑南坡	7.5	1.000(稳定)

的破坏面基本吻合，而稳定边坡的安全系数均在0.850以上。我们在分析边坡稳定时，采用的土强度参数值小于土体实际的抗剪强度值。基坑土体破坏，相当于固结不排水破坏，应采用固结不排水强度指标对基坑边坡稳定性进行分析，而我们实际上能够采用的是直剪快剪强度指标，较固结不排水强度指标小，加之降水使土体强度提高，稳定坑壁的实际安全系数是大于1.00的。由于缺乏固结不排水强度指标与直剪快剪强度指标间的定量关系，以及降水使土体抗剪强度提高的定量值，在仅知道土体直剪快剪强度指标的情况下，无法给出基坑壁的实际安全系数。若按上海地区降水使土体强度提高 $10\%\sim 30\%$ 的经验，基坑边坡的安全系数将提高 $20\%\sim 30\%$ 。安全系数 $F=0.85$ ，降水后 F 应达到 $1.00\sim 1.10$ 。考虑到一些不确定因素，可以认为，当以毕肖甫法，选用直剪快剪指标分析边坡稳定，安全系数达到0.90时，边坡是满足短期稳定要求的。

土体自稳能力的大小及维持时间的长短，不但与土体自身的物理力学性质有关，也与外界条件密切相关。坡面暴露时间过长、

连续的降雨或地面及地下管线渗水、意外的边载等，都将使边坡土体的稳定性降低。特别是，粉质粘土层垂直裂隙发育，尤其应防止地面及地下管线渗水，这对保证基坑边坡的稳定十分重要。

一般情况下，基坑边坡稳定分析，可不考虑渗流作用，但有些基坑深度已超过了潜水隔水界面，由于隔水底板处的渗流动水压力以及界面含水量较高导致的土体抗剪强度降低，使得边坡土体沿隔水界面滑出。如红旗街某基坑，潜水底面在-9.0m处，当基坑开挖至-10.5m时，边坡土体失稳，沿隔水界面滑出。因此，基坑开挖在遇有类似情况时，应在隔水界面处采取简易支挡（支挡结构必须能排水），防止边坡沿此处破坏。

跨年度工程，基坑边坡都不同程度地受到冻胀和冻融作用的破坏，致使边坡表面土层大量剥落，有的甚至影响边坡的整体稳定，如二商店附近某基坑边坡土体大量剥落，造成局部土体失稳，影响基础施工。因此，对越冬基坑边坡应采取防护措施，以防止冻害。如西安大路某基坑采用钢筋网混凝土护坡面，有效地防止了冻害引起的坡面土体大量剥落，安全越过冬季。

2.2 支护开挖

当基坑深度大于10m，或有相邻建筑影

响无放坡场地时，多采用支护开挖。长春市土体为中等强度土体，为充分发挥土体自身的强度，支护类型多采用经济可行的悬臂或锚拉桩，桩径600~1000mm，桩心距1.0~2.0m。由于计算参数方面的原因，桩、锚的设计一般采用古典方法，先按朗金理论确定土压力，然后试算桩入土深度、锚杆位置及拉力。

当前，有些基坑支护结构的安全系数过大，如人民广场附近某基坑，深度为8.2m，悬臂桩支护，桩径600mm，桩长15.0m，桩间距800mm，安全系数 $F = 2.10$ ，而与之相距仅百米，同一条件、规模的基坑，采用放坡开挖，坡角 80° ，也保证了施工期间的稳定。而另一些基坑边坡的安全系数又过小，如解放大路某基坑东壁，原设计采用一排锚杆桩支护，后在不增加桩长的情况下，取消了锚杆，结果导致边坡失稳。经计算其安全系数 $F = 0.55$ ，如果施工前进行认真的安全验算，这类事故是可以避免的。尽管目前的设计理论存在一些问题，但它与边坡安全毕竟存在着客观必然的联系，必须重视设计计算，同时，还应不断总结以往工程的经验教训，取得地区性经验，作为对设计理论的补充和完善。我们对一些基坑支护工程进行了分析，结果见表5。

表5 几个基坑工程支护情况

基坑名称	基坑深度/m	支护类型	安全系数	基坑名称	基坑深度/m	支护类型	安全系数
新发大厦基坑西壁(稳定)	10.0	悬臂桩	1.06	野力大厦基坑西北壁	8.0	锚桩	0.99
重庆路某基坑北壁	7.5	悬臂桩	1.12	解放大路某基坑东壁(失稳)	10.0	悬臂桩	0.55
野力大厦基坑西壁	8.0	悬臂桩	1.00	长江路某基坑南壁(失稳)	16.0	锚桩	0.52

可以看出，支护结构安全系数达到1.00时，可满足基坑边坡短期稳定的要求，过大的安全系数，显然是浪费。

长春市冬季平均气温在零下 15°C 左右，土体中存在冻胀力，如长江路某基坑，深16.3

m，采用两层锚拉桩支护，桩长19.0m。冬季开挖至第二层锚杆10.0m处，桩顶位移竟达70mm之多，局部在桩后挖小于1.0m的防冻沟，桩顶位移即刻回复30mm，可见，巨大水平冻胀力的存在。2月份，基坑南壁东

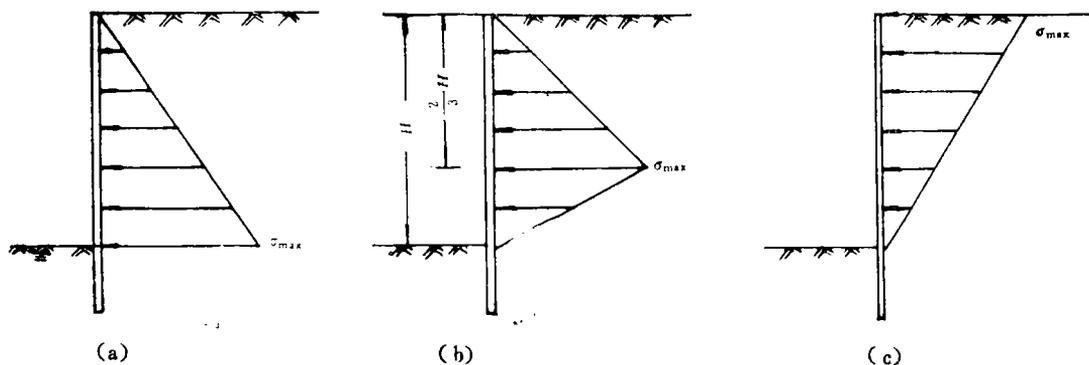


图 1 水平冻胀力计算模式图

σ_{max} ——最大水平冻胀力, 细粒土 $\sigma_{max}=100\sim 200kPa$, 粗粒土 $\sigma_{max}=100\sim 200kPa$

段挖至设计标高后, 边坡失稳、桩被折断、锚杆被拔出。不计水平冻胀力, 桩整体稳定系数、抗弯稳定系数、锚杆抗拔安全系数均大于1.2。

根据有关资料介绍, 东北地区水平冻胀力可按图1所示的三种模式计算, 其值可达朗金主动土压力的几倍乃至十几倍。

模式的选择受土层中含水量随深度的变化情况、土质情况、土体变形受限制程度等的影响, 建议水平冻胀力计算采用第二种模式 $\sigma_{max}=100kPa$ 。考虑水平冻胀力, 上述失稳基坑支护结构的安全系数仅为0.52, 可见, 按通常情况设计的支护结构, 难以抵挡冬季巨大水平冻胀力的作用。某基坑深8.0m, 紧邻西壁为一栋5层居民楼, 通常情况下, 可采用悬臂桩支护, 考虑到为跨年度工程, 采用了锚拉桩支护, 计水平冻胀力, 安全系数为0.99, 安全渡过施工期。而在西南角, 出于侥幸, 采用悬臂桩, 终因冬季桩顶水平位移过大, 被迫采取补救措施, 延误了工期。所

以在设计跨年度基坑的支护结构时, 必须考虑水平冻胀力的作用。

3 结论

(1) 放坡开挖时, 基坑边坡安全系数达到0.9, 大多都能满足短期稳定的要求, 但必须重视地面及管线渗水。

(2) 支护开挖, 安全系数为1.0, 可满足稳定要求。

(3) 跨年度支护结构设计时, 必须考虑水平冻胀力的作用。

参 考 文 献

- 1 H.F温特科恩著. 钱鸿缙, 叶书麟译. 基础工程手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1983
- 2 [美]YANG.H.HUANG著. 包承钢, 王清友译. 土坡稳定分析. 北京: 清华大学出版社, 1988
- 3 黄运飞, 冯静著. 计算工程地质学——理论·程序·实例. 北京: 兵器工业出版社, 1992

收稿日期: 1996-05-16

(上接第50页)

- 2 朱学愚, 谢春红. 地下水运移模型. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990
- 3 孙讷正. 地下水污染——数学模型和数值方法. 北京: 地质出版社, 1989
- 4 孙洪泉. 地质统计学及其应用. 北京: 中国矿业大学出版社, 1990

- 5 张启锐. 地质趋势面分析. 北京: 科学出版社, 1990
- 6 郦桂芬. 环境质量评价. 北京: 中国环境科学出版社, 1989
- 7 刘锡荟, 王海燕. 网络模糊随机分析. 北京: 电子工业出版社, 1991

收稿日期: 1993-05-08