

土条状坑壁的支护方法及常见事故处理

王志人 初振环

(深圳市市政设计研究院有限公司, 广东深圳 518029)

【摘要】 以数个工程实例介绍了土条状坑壁常用的开挖支护方式及其适用条件, 归纳总结了土条状坑壁支护中常见工程事故, 提出了相应的解决处理方法, 并指出其根本原因在于相邻基坑坑槽回填土的高含水性及欠固结性。可作为相似工程的借鉴经验。

【关键词】 土条状坑壁; 基坑支护; 基坑回填土; 事故处理

【中图分类号】 TU 94

【文献标识码】 A

doi: 10. 3969/j. issn. 1007-2993. 2010. 04. 006

Retaining Methods and General Accident Treatment of Striped-Soil Foundation Pit

Wang Zhiren Chu Zhenhuan

(Shenzhen Municipal Design & Research Institute CO., LTD, Shenzhen 518029, Guangdong Province, China)

【Abstract】 Based on some engineering examples, the usual excavation retaining methods and their application conditions of striped-soil foundation pit are introduced, the general engineering accidents of striped-soil foundation pit retaining are summarized, the corresponding solution methods are provided, and the basic reason of accident is pointed out that the adjacent foundation pit backfill contains high water content and under-consolidation. It can be used as the reference for similar project.

【Key words】 striped-soil foundation pit; excavation retaining; foundation pit backfill; accident treatment

0 引言

基坑支护在今天已经成为一门相对成熟的技术, 已有的行业或地方标准也足以指导设计人员完成常见的基坑支护设计^[1-2]。但随着城市用地的日趋紧张、地下空间的充分利用, 经常出现新旧基坑间仅余一窄形土条需要支护的情况。由于土条由原状土与回填土共同组成, 两种土性相差甚远, 同时土体内还埋藏着老基坑的支护结构, 所以在方案的选择上颇费心思; 理论计算上由于土条宽度有限, 经典的土压力计算方法不甚适用, 虽然也有同行对此进行了探讨^[3-5], 但回填土的力学参数的不确定性限制了计算的精度, 所以目前对土条状坑壁的支护设计仍处于经验设计阶段。笔者对所接触的土条状坑壁的支护方式、常见事故及处理方式进行了归纳总结, 冀望对一线设计人员有所帮助。

1 设计实例介绍

就土条状坑壁的支护方式来看, 主要有复合土钉墙、悬臂桩、双排桩^[6-8]、桩锚、桩内撑等。其应用

与坑深、土条形状及性状、旧基坑的支护方式、新旧基坑的高差、土条内管线、周边其它构筑物情况等密切相关, 下面以代表性实例说明。

1.1 复合土钉墙支护方式

复合土钉墙是早期对土条状坑壁应用较多的支护方式^[2], 其优点是造价较低; 其缺点是支护结构刚度较小, 变形较大, 有时这种变形是致命的。大量的工程实例表明, 其适用的条件为: 原状土土质较好; 两基坑之间的土条相对较宽且以原状土为主; 基坑深度以不超过 12 m 为宜; 坑边无供水、煤气、高压电缆等对变形敏感的管线(雨、污水不限)。以下为一成功实例。

基坑深度 13.4 m, 原状土质较好, 除 2.0 m 左右填土层外, 其余为坡残积粉质粘土及残积砾质粘土, 内摩擦角 φ 分别为 22° 和 25°, 黏聚力 c 为 25 kPa 和 23 kPa。隔壁地下室为两层且二层内凹, 开挖面至第一、二层地下室距离分别为 3 m、8 m; 老地下室开挖时因地层好仅简单放坡喷砼支护, 其放坡面及回填范围见图 1。

对土条坑壁采用复合土钉墙支护,竖向先施工 $\phi 350@700$ 微型桩;上部三排土钉仅2.5 m长且在回填土内,仅作为注浆固土用;中间三排土钉长7.0 m,大部分位于老土内,为约束位移并增大安全度,增加一排大倾角锚索,长15 m间距2.1 m;底部三排土钉长10 m;土钉在横、竖向间距均为1.4 m。典型支护剖面见图1。

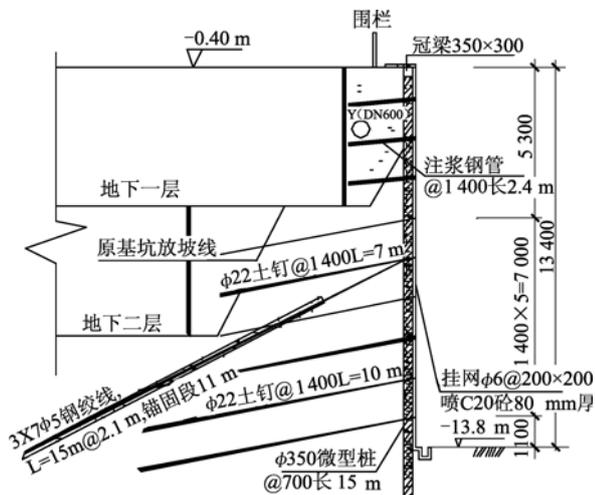


图1 复合土钉墙支护剖面

基坑开挖期间位移、沉降均较小。由于微型桩与预应力锚索的存在,弥补了上部土钉墙锚固力不足的缺点,最大位移约25 mm,;对上部回填土的失水沉降虽然采取了注浆手段,但沉降依然存在,只是因为回填土不厚,沉降量未超过50 mm。坡顶地坪受沉降影响,有些许微小裂缝,但未影响使用。支护方案可称成功。

1.2 悬臂桩支护方式

由于土钉墙支护需要钉、土共同受力,而土条中的回填土往往不能提供满意的锚拉力,所以复合土钉墙支护的应用是受到一定约束的,桩锚才是土条支护的有效形式。悬臂桩可看作桩锚支护的一种特殊形式。

悬臂桩支护的适用情况:基坑深度以不超过9 m为宜;坑底以下原状土土质较好;坑外管线可适应一定变形(一般悬臂桩桩顶位移可达40~50 mm)^[7-8]。以下为一成功实例。

基坑深度9.2 m,原状土为残积砾质粘土,内摩擦角 φ 为 25° ,黏聚力 c 为20 kPa。隔壁地下室为两层半,深度与本基坑相仿,当时开挖为放坡土钉支护,其地下室外墙离本基坑约10 m。

对中间土条采用悬臂桩支护,桩为挖孔桩,桩径1.2 m,桩中心距2.0 m,嵌固深度6.0 m。典型支护剖面见图2。由于原状土土质较好,挖孔桩施工及

基坑开挖时渗水量较少,回填土失水有限,所以地坪沉降仅20~30 mm,桩顶位移也在30 mm之内,支护方案是成功的。

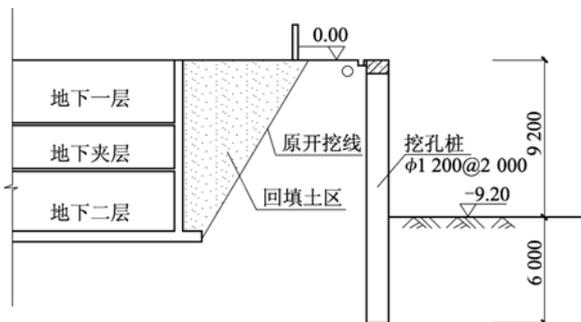


图2 悬臂桩支护剖面

1.3 双排桩支护方式

悬臂桩支护在基坑深度较大、土压力较大情况下会出现桩顶位移大、桩身弯矩大等弊端,此时可考虑以双排桩代替悬臂桩支护,以有效限制桩顶变形。

双排桩支护的适用情况:基坑深度较深或悬臂高度过大;难以施加锚索或支撑;红线内有较宽裕空间可布置双排支护桩;对上部变形限制较严格^[6-8]。以下为一成功实例。

基坑深度并不深,只有8.4 m,隔壁地下室比本基坑还要稍深,开挖后剩余土条几乎全为回填土,坑边无管线,但坑顶要作为施工期间唯一的材料运输通道,有较大附加荷载。

设计采用双排桩支护,前排护坡桩桩径1.2 m,桩中心距2.0 m;后排锚拉桩,桩径1.2 m,桩中心距4.0 m;前后排桩中心距3.65 m,嵌固深度均为6.0 m;锚拉连梁从地面降低1.5 m,其上土体重新回填碾压密实以形成施工通道。典型支护剖面见图3。

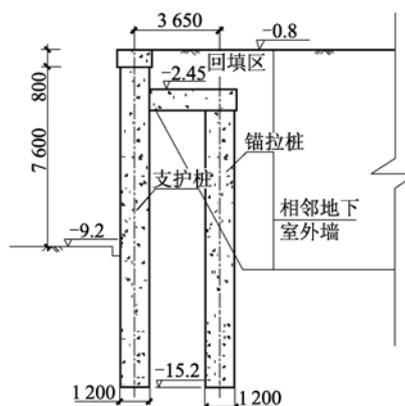


图3 双排桩支护剖面

在护坡桩施工期间有部分沉降(也是由原回填土不密实引起),但在基坑开挖期间测得位移及沉降变形都极小,坑顶经常进行的材料运输未对基坑安

全造成任何影响, 支护方案是成功的。

1.4 桩锚支护方式

桩锚支护是目前在土条支护中应用最广泛的支护方式, 其通常适用情况: 原基坑较浅而现基坑较深; 基坑下部土层较好可提供较大锚固力; 锚索施工对已存在建筑物影响较小。如下例。

现基坑深度 12 m, 比原基坑深约 3~4 m, 坑间土条宽度约 6 m, 主要为回填土; 已建建筑物采用人工挖孔桩基础, 坑底土层为花岗岩残积土, 内摩擦角 φ 为 25°, 黏聚力 c 为 20 kPa。

设计采用桩锚支护, 挖孔桩桩径 1.2 m, 桩距 2.0 m, 上部约 8.0 m 悬臂, 为加固松散回填土, 采用横向钢花管注浆; -8.0 m 位置设一道锚索, 设计拉力 450 kN, 避开已建筑物桩基础后打入下部土层。典型支护剖面见图 4。

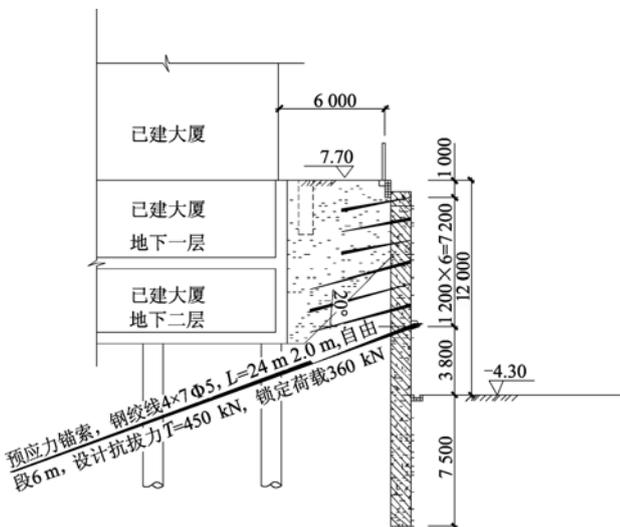


图 4 桩锚支护剖面

基坑开挖后水平位移较小, 不到 30 mm; 但因回填土过于松散, 虽有钢花管注浆措施, 沉降仍达 60 mm 左右, 造成土条上路面开裂, 但未有管线破坏, 修复后即可使用。

1.5 桩撑支护方式

桩撑支护也存在着局限性, 如: 两个基坑都很深时第一道锚索位置过低不能限制位移; 已建建筑基础桩过密无法施工锚索; 深部强透水地层施工锚索困难等等, 此时桩撑几乎成唯一选择。桩撑支护具有刚度大、对周边环境影响小、适应性强等特点, 其弱点则在于造价高及土方开挖缓慢。如下例。

基坑深约 17 m, 原基坑深约 16 m (已回填), 坑间土条宽约 16 m, 为区间道路。地质情况为回填土 5.0 m 左右, 冲洪积砂、粘土互层 10 m 左右, 其下为花岗岩残积土及强、中、微风化岩。原基坑采用复合

土钉墙支护, 局部锚索已伸入本基坑内。

设计对现基坑采用桩撑支护, 冲孔桩桩径 1.2 m, 桩距 1.8 m, 桩间三管高压旋喷止水, 设三道撑, 高程上错开楼板位置 (以利换撑)。典型支护剖面见图 5。基坑开挖后变形很小, 位移、沉降都为毫米级, 无疑是安全的。

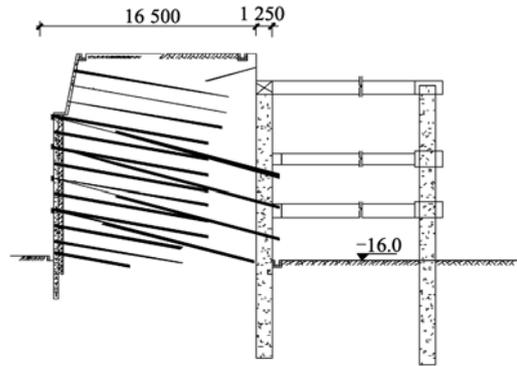


图 5 桩撑支护剖面

2 常见事故及处理方法

土条状坑壁的开挖是事故发生频率较高的, 常见的事故有: 水平位移超标、沉降量大并伴随路面开裂、局部崩塌、管线开裂、倾倒塌坏等, 应针对不同事故的发生机理采取不同的处理方式。

2.1 水平位移超标

造成水平位移超标的主要原因一般是填土中的土钉或锚索锚拉力不足、土锚周围填土蠕变量大等。一般是设计中对坑槽填土的松散性估计不足引起, 常见于复合土钉墙支护中^[9], 桩锚支护如果上部悬臂过大也会出现。

解决方法: 设计中应充分认识坑槽填土的分布情况及松散程度, 不在填土内设置过多土锚, 降低填土内土锚的期望值, 采取合适强度和刚度的支护方式。如果已经发生了位移超标情况, 应采取增加水平锚索或支撑、墙后填土注浆加固等措施。

2.2 沉降量超标

沉降超标是土条状坑壁最易发生的事故, 可以这样说, 在高地下水位地区, 只要旧基坑的回填土不密实 (这往往就是实情), 回填土区域就必定产生较大沉降。就笔者所统计的案例, 除寥寥几个桩撑支护、桩间止水、回填土少且距离新基坑较远的情况未产生较大沉降外, 其余沉降都是超标的。

原因是显而易见的: 松散的填土固结度太低, 而基坑的开挖总会引起周围地下水位的下降, 就算地下水位只下降了 3~4 m, 对十来米的填土来说也足以产生几十厘米的沉降。

解决的方法不是没有,但比较昂贵:首先在方案选取上尽量采用桩撑支护,以减少水平变形、降低对回填土的扰动;四侧设置止水帷幕以减少对地下水位的影响;对填土进行二次加固以改善填土性状、减少其固结沉降等。尤其对填土进行大面积注浆加固是比较稳妥的方法,但牵涉施工场地问题,常常难以实施。

2.3 局部崩塌

局部崩塌一般产生的原因是:开挖出露松散回填土或原状土松软;超前竖向支护刚度不足;土锚大部分处于回填土中导致锚拉力不足;开挖出现倒坡;超挖等。究其本质乃开挖土体临时自稳能力不足。

解决局部崩塌的方法主要从开挖与超前竖向支护入手。从开挖顺序上要求采用分段分层开挖、随挖随支护、扰动区人工开挖等措施。超前支护设置时应充分考虑土体自稳性差的特点,适当加密加强超前竖向支护。

2.4 管线开裂

管线开裂既是一种破坏结果,又可能是导致更大破坏的原因,它常常伴随沉降超标而产生,因而也具有极大的发生率。应当引起我们高度重视。它是重大经济损失、安全事故的主要源头。

由于已建成物的周边地面(下)总分布着各式各样的管线,其中部分管线不可避免地位于松散坑槽填土中,当坑槽填土因失水沉降时,管线必将随同下沉。如果全段管线沉降量基本一致一般也不会出现开裂现象,但实际上在管线接口部位经常出现极大的沉降差异,管线的开裂也随之产生。

容易产生开裂的管线部位有:检查井壁(底)上下脱离开裂;管线出地下室处接头开裂;平行基坑走向管线引出的垂直接口开裂;上露与下埋部分接口处开裂;填土、老土交接处管线开裂等。

当给水、雨水、污水等有水管线开裂后,水通过裂口向土条内渗透、冲刷,会造成土颗粒流失、土体抗剪强度减小、水压力增加等后果,将进一步加剧支护变形,形成恶性循环,导致更大破坏,所以有水管线,特别是有压水管线的开裂,是应极力避免的;一旦发生,必须第一时间断水处理。

对管线开裂,应以预防为主。设计初期应充分了解已回填基坑的开挖支护方式、管线分布情况,特别是有水管线的走向、接头情况,有检查井的地方应开盖视察井壁现状情况。在对现状情况充分了解、沉降级数较准预估的基础上,判断可能出现开裂的管线类型和管线位置,从而提出迁移、加固或局部保

护措施。

如果设计中未提预防措施,而实际施工时测得回填土沉降超过 10 cm,此时表明管线开裂随时可发生,应通知设计单位进行补充加固。

如果管线开裂已发生,首先应进行管内流体截断工作,如断电、断水、断煤气等,然后开挖出管线,对断裂处重做接口,对管线下地基回填夯实,管线周围回填砂保护等。

2.5 倾倒破坏

倾倒破坏发生的原因是:土钉、锚索锚拉力不足;桩顶悬臂长度过大和桩的嵌固深度不足;管线开裂造成水流冲刷土体等。

倾倒破坏后果严重,但一般比较少见,毕竟只要设计时对回填土的松散性有较深刻认识就会弱化锚索作用而加强桩的嵌固。而且倾倒破坏初始都会出现桩顶位移超标且不收敛情况,是有较足够的时间来加固的。倒是因为有水管线开裂、水流冲刷而造成的倾倒偶有发生,主要还是发生时间太快、来不及采取措施所致。

防止倾倒破坏的方法主要有坑内回填、坑外注浆、增加锚索或支撑、坑外卸载等,应在桩顶位移发展到一定程度时即采取措施,一旦贻误时机,即是大祸。

笔者对 13 个土条状坑壁支护事故进行了统计,各事故现象发生几率见表 1。

表 1 事故发生概率统计表

事故类型	出现次数/次	概率/%
沉降超标	10	76.9
位移超标	7	53.8
管线破裂	6	46.2
局部崩塌	1	7.7
倾倒破坏	1	7.7

3 结 论

综上所述,可得出如下结论:

1)土条状坑壁的支护方式主要有复合土钉墙、悬臂桩、双排桩、桩锚、桩内撑等,其支护刚度依次增强,应根据坑深、土条形状及性状、旧基坑的支护方式、新旧基坑的高差、土条内管线、周边其它构筑物等情况灵活选用。

2)土条状坑壁开挖常见的事故有:水平位移超标、沉降量大并伴随路面开裂、局部崩塌、管线开裂、倾倒破坏等。其中尤以沉降量大、位移超标与管线开裂最为常见;重大管线(有压水、煤气、电、通讯)断

裂与倾倒破坏后果最为严重。

3)通过大量工程总结,土条状坑壁开挖的事故原因集中为:旧基坑坑槽回填土的高含水性自重大欠固结性(松散性)。设计中应对其锚固力不足、极易失水沉陷等有清醒认识。

4)对土条状坑壁开挖的事故处理应以预防为主:设置止水帷幕、回填土注浆、管线迁移或加固、锚索尽量锚入老土、增加竖向支护刚度等。

5)对已发生事故的土条状坑壁,可采用坑内堆载、坑外卸载、填土注浆加固、管线断流和修复、增加锚索或支撑等措施。

6)有序开挖、紧密观测、信息化施工是保障土条状坑壁不发生重大事故的有效方式。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国行业标准. JGJ 120—99 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1999.
[2] 深圳市标准. SJG 05—96 深圳地区建筑深基坑支护

技术规范[S]. 深圳:深圳市建设局,1996.

- [3] 王贤能,邹辉,初振环. 土条状坑壁土压力计算方法及应用分析[J],工程勘察,2007,30(11):18-21.
[4] 金亚兵,刘吉波. 相邻基坑土条土压力计算方法探讨[J],岩土力学,2009,30(12):3759-3764.
[5] 陈愈炯,温彦锋. 基坑支护结构上的水土压力[J]. 土木工程学报,1999,21(2):139-143.
[6] 龚晓南,高有潮. 深基坑工程设计施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.
[7] 黄强. 深基坑支护技术[M]. 北京:中国建材工业出版社,1999.
[8] 龚晓南. 基坑工程实例 2[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
[9] 王志人,张旷成,丘建金. 复合型土钉墙在深基坑中的应用[G]//中国建筑学会建筑施工学术委员会基坑工程专业委员会. 第三届基坑工程学术讨论会论文集. 北京:工业建筑出版社,2004:285-288.

收稿日期:2010-04-26

(上接第 183 页)

的缺点。考虑到 GIS 实现的岩爆危险性属于区域性评价,对单点的精确性要求不高,所以其区域准确性还是可以保证和信任的。

6 结 论

以南水北调西线工程一期达曲-上杜柯线路为例,运用层次分析法分析各影响因素权重,并基于 GIS 技术对区域岩爆危险性进行了评价,最终得到了南水北调西线区域岩爆危险性分区图及数据图,并运用得到的各种数据分析了其对工程的影响,取得了预期的效果,对比分析显示其具有很高的可靠性。

该研究是对岩爆灾害的有效探索,对岩爆危险性评价提供了一条很好的途径,为今后基于 GIS 的岩爆研究提供有益的借鉴。由于研究还处于探索阶段,还有很多问题等待解决与完善。

参 考 文 献

- [1] 徐林生,王兰生,等. 国内外岩爆研究现状综述[J]. 长江科学院院报,1999,16(4):24-27.
[2] 崔栋梁,李夕兵,叶洲元. 卸荷状态下岩爆分析及展望[J]. 岩土工程技术,2006,20(3):154-158.
[3] Shasko M, Keller C. P, Assessing large scale slope stability

and failure within a geographic information system[A], Applications in a Changing World; Proceeding of the 1991 International Symposium on GIS[C], 1991, 319-325.

- [4] Temesgen B, Mohammed M, Korme T. Natural hazard assessment using GIS and remote sensing methods. With particular reference to the landslides in the Wondogenet Area[J]. Phys Chem Earth, 2001, 26(9): 665-675.
[5] 李永浮. GIS 的功能与发展趋势探析[J]. 世界科技研究与发展, 2004.
[6] 向喜琼,黄润秋. 基于 GIS 的人工神经网络模型在地质灾害危险性区划中的应用[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000, 11(3): 23-27.
[7] 韩志强. 西华岭隧道岩爆判据与预报研究[J], 岩土工程技术, 2006, 20(5): 233-236.
[8] 李广成,严福章. 南水北调工程概况及其主要工程地质问题[J]. 工程地质学报, 2004, 12(4): 354-360.
[9] 王学潮,陈书涛,张辉,等. 南水北调西线第一期工程地质条件分析[J]. 人民黄河, 2001, 23(10): 25-26.
[10] 张涛. 岩爆危险性对南水北调西线工程选线影响评价[D]. 郑州:华北水利水电学院, 2008.

收稿日期:2010-05-05