

大连开发区炮台山土洞形成与预防研究

蔡秋景 林世文

(辽宁有色勘察研究院二分院,铁岭 112001)

【摘要】 季节性天然降水在补给区内聚集,沿着渗透通道逐渐形成一定规模的土洞,它受特殊的地形地貌单元、地层结构补给与排泄条件制约,其淘蚀效应对附近地表构筑物产生潜在的不安全因素。

【关键词】 土洞;季节性;渗透通道;淘蚀效应

【中图分类号】 TU 434; TV 698.21

Study on Prevention and Formation of Karstic Earth Cave of Fort Hill in Dalian Development Area

【Abstract】 The seasonal precipitation gathers in the recharge areas, goes along permeable passage and gradually forms the karstic earth cave of a certain scope. It has condition each other with the special landform unit, stratigraphic structure, recharge and drainage. Its pan-erosion effect has a potential unsafety influence on nearby surface structures.

【Key words】 karstic earth cave; seasonal; permeable passage; pan-erosion effect

0 引言

在没有地表径流,土洞底板以下又没有地下水的条件下,土洞仍在不断地扩大,对地表构筑物将产生潜在的危害因素。因此,有必要对这类土洞形成的特殊条件进行研究,并提出预防措施。

1 揭露的土洞规模与地质环境

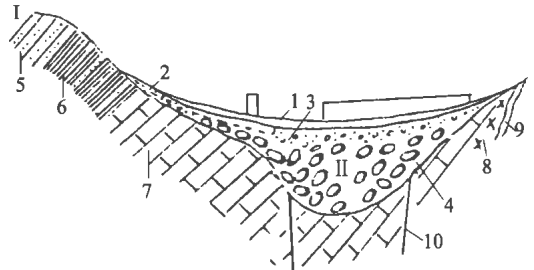
1.1 土洞规模

这类土洞存在于大连经济技术开发区炮台山南麓,附近有开发区管委会大厦和银帆宾馆标志性建筑群。曾对某技术楼场地进行了专门的土洞勘察^①。查明土洞主洞长 24 m,水平洞径 0.7~1.5 m,铅直洞径 0.9~1.3 m;支洞长 6.3 m,水平洞径 0.8 m,铅直洞径 0.5 m。土洞顶板埋深 0.5~2.0 m。

1.2 地貌单元与地质条件

炮台山从平面上看形如一段肥肠,长轴约

1 280 m,最大宽度约 380 m,海拔高度 76 m,相对高差 58 m。其上为剥蚀残山地貌单元,其下为丘谷洪积地貌单元,这两个地貌单元决定了土洞形成规模(见图 1)。



- I 剥蚀残山地貌单元 II 丘谷洪积地貌单元
1 粉质粘土混角砾 2 坡积碎屑 3 卵碎石混粉质粘土
4 卵漂石 5 石英砂岩 6 粉砂质页岩夹石英砂岩 7 灰岩
8 辉绿岩 9 泥质板岩 10 性质不明断层

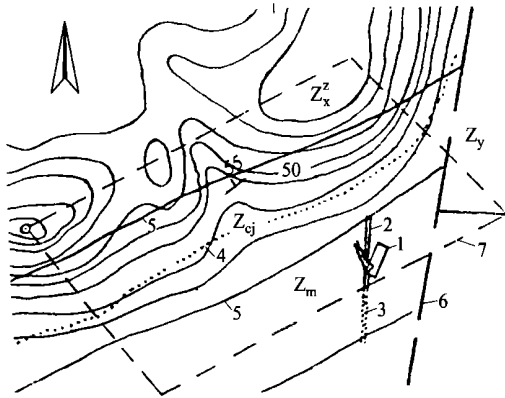
图 1 地貌单元示意图

土洞的形成与地形地质条件有着密切关系(见图 2)。图 2 虚线内为汇水地形。从等高

作者简介:蔡秋景,1962年生,男,汉族,辽宁大连人,1986年毕业于中南工业大学,学士学位,高级工程师。主要从事基坑支护、地质灾害防治,现任辽宁省有色地质局 106 队队长。

^①林世文等.大连经济技术开发区技术楼土洞勘察技术报告.1986

线疏密程度显示,残丘顶至坡南上部较陡,下部较缓,由上至下坡度均为 $55^{\circ} \rightarrow 38^{\circ} \rightarrow 17^{\circ}$ 趋向坡脚;而第四系土层界线位于丘坡下部,沿坡至上而下分为:粉质粘土混角砾,硬塑,厚 $0.5 \sim 2.5$ m。坡积碎屑堆积物,松散,厚 $0.2 \sim 0.8$ m。卵碎石混粉质粘土,稍密,厚 $1.0 \sim 2.8$ m。卵漂石,中密,厚约 $3.0 \sim 10.0$ m。



1 写字楼 2 实测土洞投影界线
3 推测土洞投影界线 4 第四系界线 5 地层界线
6 性质不明断层 7 汇水区圈定界线
图2 汇区内地形地质平面示意图

第四系盖层之下为震旦系地层,由丘顶至坡脚共四组,分别为:兴民村组周家崴子岩段(Z_x^2)石英砂岩夹页岩。下覆为崔家屯组(Z_{cj})粉砂页岩夹石英砂岩。下覆马家屯组(Z_m)灰岩。这3个组岩层为整合接触,产状倾向北,倾角 $55^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。从裸露的基岩观察,岩石为中风化,完整性较好,裂隙较发育,多为表层裂隙。由此证明,天然降水渗透量较小,为补给区水的聚集下泄创造了有利条件。

汇水区东南侧为一条性质不明断层,东盘为震旦系营城子组(Z_y)叠层石灰岩及钙质页岩,灰岩,强-中风化,岩溶比较发育。

2 水的来源与土洞形成过程

调查证实,汇区内没有地表径流,土洞经大开挖也没有地下水常年流痕,对周围环境水研究也没有渗透条件。通过数年调查,确认季节性天然降水是形成土洞的唯一介质,而地

层条件又是形成土洞关键因素之一(见图3)。从图3不难看出,土洞顶板为粉质粘土混角砾层,底板为灰岩,洞底碎石、漂石是土洞在形成过程中的巨粒堆积物。

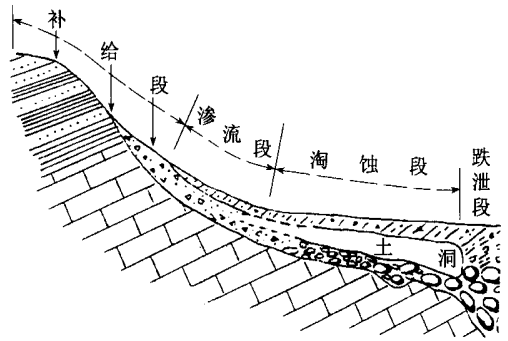


图3 渗流排泄形成土洞示意图

土洞沿水流排泄方向与垂直方向在地层上有较大区别,补给区基岩裸露,坡度较陡。排泄区又是由坡积与洪积形成的并非为韵律关系的堆积物。巨粒土经洪积堆积后,由坡积形成的粗粒和细粒土逐渐覆盖于巨粒土之上。由于没有地表径流和地下水的常年渗透,使土洞顶板粉质粘土呈硬塑状态,强度较高。原始地面无动载及复加荷载,故而土洞顶板无塌陷。

大连开发区炮台山土洞经天然降水渗流淘蚀作用,要经4个阶段,即:补给段 \rightarrow 渗流段 \rightarrow 淘蚀段 \rightarrow 跌泄段。其中渗流段和淘蚀段是形成土洞的关键地段,渗流段空隙的大小,直接影响淘蚀段的冲蚀力。该段是由粉质砂页岩和石英砂岩的风化碎屑堆积体,以粗粒和角砾为主,混少量块石,空隙 $\gg 1.0$ 。当天然降水较大时,水下泄受到阻力小,对淘蚀段土的冲蚀力强,土洞扩展速度快,形成规模大。

由于炮台山顶部基岩裸露,下泄水量损失率不足10%,90%的水量顺着较陡的坡面急速渗流到碎屑堆积层中,并且顺着石灰岩坡面在卵碎石混粉质粘土层中渗流,逐渐将细颗粒冲蚀带走,形成类式初始的管涌通道,至灰岩陡坎处跌落于洪积物堆积的丘谷之中,进入不明断层泄入海里。

雨季的每次天然降水都将成为扩大管涌通道的介质,在带走细粒、粗粒、砾粒土的同时,巨粒土落入涌道底部堆积起来,形成一个独特纯净的卵漂石洞底堆积带,随着管涌通道不断扩大,当最大日降水量不能灌满涌道时,土洞形成。之后每次降水不断冲蚀洞壁底脚,从而扩大了土洞底部宽度,导致洞顶没有足够的支撑力时,在重力作用下随激流淘蚀而层层塌落,加大了土洞规模。

3 汇水区土洞潜在部位分析

技术楼土洞在汇水区轴线东侧,水平垂直轴线 140 m 左右(见图 4),已经揭露的土洞主洞轴线,正处于缓坡相对开阔的汇水区中间部位,在丘坡 50 m 等高线处略向反坡凹进的趋势,故而出现长约 110 m,宽约 10 m 的近似缓坡平台,将坡上天然降水聚集渗透流入粉砂质页岩和石英砂岩风化堆积层之后,进入淘蚀段形成土洞。

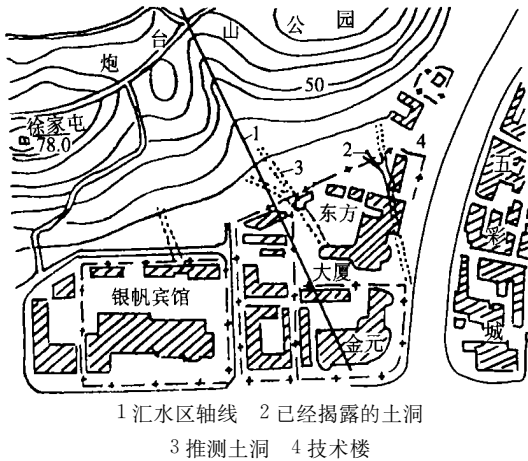


图 4 汇水区土洞潜在分析分布示意图

汇水区轴线为一北西至南东向的稳定冲沟,长约 200 m,上口平均宽约 100 m,沟底平均宽不足 10 m。从地形和地质条件分析,已经形成独立的汇水子区,天然降水的补给面积约占 45% 左右。补给区上游,由于基岩裸露,降雨易形成激流,很快消失在粉砂质页岩和石英砂岩风化碎屑堆积层中,经过此渗流段,在淘蚀段形成潜在的土洞,并可潜存于汇水轴线附近。

在汇水轴线西侧,炮台山制高点(徐家屯/78)与东侧小山包又形成一个独立的汇水子区。其补给段,渗流段和淘失段与技术楼土洞在地形上比较相似。但在地貌单元和地层结构上相差较大,该部位只有一个剥蚀残丘地貌单元^[1],土洞的淘蚀段底部直接与灰岩接触,没有卵漂石层。在发育的岩溶地段形成的土洞规模大小很难判定,潜在形成的土洞可在银帆宾馆北侧出现。

4 预防治理措施

目前全球气温逐年升高,季节性雨量增大。调查证实,近几年大连地区最大日降雨量比前百年内的最大日降雨量大出一倍有余。导致土洞扩展速度加快,对地表构筑物的危害期提前,因而需要对土洞的预防治理认真对待。

大连开发区炮台山土洞的形成具有特殊的地貌单元和地层结构,要想遏制土洞的扩散或不再产生新的土洞,最佳方法就是在补给区的下限凿筑一条泄水渠(见图 5),防止补给区的天然降水进入渗流区内,沿泄水渠引入污水管道排出。

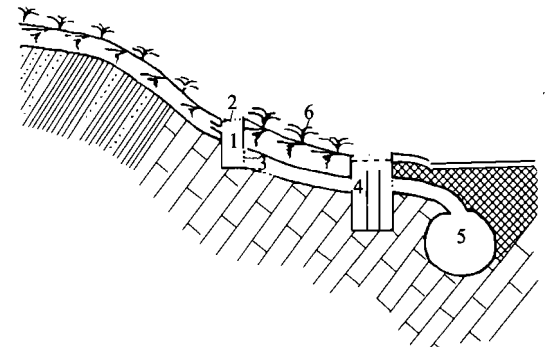


图 5 排出补给区天然降水渠道示意图

为了防止人、杂物落入渠道,可设置防坠网和过滤网,从而预防人的安全及渠道淤积阻塞,在补给区植草、植树,减缓岩石风化碎屑搬运距离;在渗流段植树为主,用树根相对固定碎屑物的移动。

(下转第 348 页)

析出,溶解于溶液中,形成胶体。

不掺添加剂的水泥土在3~7 d时强度增长幅度较7~10 d时的大,这是因为随着水泥水解水化的进行水中的 Ca^{2+} 离子浓度增加,而这会抑制水泥的水解、水化反应。

3~7 d这段时间里,掺了SN-II的水泥土^[5,6]在强度上已经明显高于不掺添加剂的水泥土;在7 d以后,这种强度增长趋势有所减弱。这是由于高效减水剂SN-II与土拌和后,对水泥土颗粒起到了较好的分散作用,增大了水化反应物的表面积,加快了初期水化反应速度。但是减水剂在水泥土颗粒表面的成膜会阻碍反应物之间相接触,从而阻碍水化反应的进行。

3~7 d这段时间里,掺了氢氧化铝的水泥土^{[7][8]}在强度上已经明显高于不掺添加剂的水泥土,在7 d以后,这种强度增长趋势有所减弱。这是由于掺入氢氧化铝以后降低了溶液的碱度,促进了水泥组分的水解水化,并生成了一些络合物,使强度得到了提高。随着反应的进一步进行,络合物附着在水泥的表面阻碍反应物的接触,从而阻碍反应的进行。

4 结论

水泥土在3~7 d时强度增长幅度较7~

10 d时的大;在3 d时,添加剂的作用并不明显;而在3~7 d这段时间里,掺了添加剂的水泥土在强度上已经明显高于不掺添加剂的水泥土;在7 d以后,这种强度增长趋势有所减弱。

参 考 文 献

- 1 林宗元等.简明岩土工程勘察设计手册(下册).北京:中国建筑工业出版社,2003.122~125
- 2 叶书麟,韩杰,叶观宝.地基处理与托换技术.北京:中国建筑工业出版社,1994.372~374
- 3 叶观宝.深层搅拌桩加固软基的试验研究与分析.[学位论文]:上海:同济大学地下建筑与工程系,1991
- 4 叶观宝.地基加固新技术.北京:机械工业出版社,2002.125~126
- 5 雄大玉,王小虹.混凝土外加剂.北京:化学工业出版社,2002.74~78
- 6 陈文豹,田培,李功洲.混凝土外加剂及其在过程中的应用.北京:煤炭工业出版社,1998.27~29
- 7 童小东.水泥土添加剂及其损伤模型试验研究.[学位论文]:杭州:浙江大学岩土工程研究所,1998.61~63
- 8 童小东等.氢氧化铝在水泥系深层搅拌法中的应用.建筑结构,2000,30(5):40~43

收稿日期:2003-08-22

(上接第345页)

5 结论

对大连开发区炮台山土洞形成过程进行了若干年的调查,最终确定季节性天然降水是形成土洞的唯一介质,其淘蚀作用是形成土洞的主要方式。由于全球气温上升,今后降雨量还会增加,特别是最大日降雨量增多,以及人、物在地面的载荷,将加速土洞形成的速度和规模。就目前或若干年后都有可能发生土洞塌陷现象,对人、车、构筑物都可能受到伤害,潜在的危险性很大。因此建议大连开发区有关

部门引起重视,做好预防治理工作。应采用物理勘探、钻探验证与人工开挖的综合方法查明土洞可能形成的部位和规模,及时处理,防止事故发生,同时应提前做好炮台山汇水区天然降水的排泄工作。

参 考 文 献

- 1 《工程地质手册》编写委员会.工程地质手册.北京:中国建筑工业出版社,1994

收稿日期:2003-08-22