

镇江市滑坡灾害类型及其发育过程研究

袁仁茂

(北京大学城市与环境学系 北京 100871)

陈锁忠

陶 芸

(江苏省地质调查研究院 南京 210018)

摘 要 由于受特定的环境地质条件的影响,镇江市滑坡地质灾害频繁发生,使镇江市遭受了巨大的经济损失。从镇江市的自然环境条件出发,分析了滑坡灾害的类型,并对各滑坡类型的特征进行了总结,在以岗地斜坡滑坡类型为重点的基础上研究了各类型滑坡的发育过程。

关键词 镇江 滑坡特征 发育过程

The Study of Type, Formation and Development of the Landslide in Zhenjiang City

Yuan Renmao

(Department of Urban and Environmental Sciences, Beijing University Beijing 100871)

Chen Suozhong Tao Yun

(Jiangsu Geological Survey Institute NanJing 210018)

Abstract Zhenjiang city often suffers from the landslide because its geologic environment. From the point of view of geology, geography of Zhenjiang, it analyzed the type and the character of landslide, and studied the development of landslide in Zhenjiang city here.

Key words Zhenjiang character of landslide development of landslide

1 概 况

镇江市隶属于江苏省,北临长江,素有“山林城市”之美誉。然而,由于特定的环境地质条件,美丽的城市山林时常遭受滑坡、滑塌、崩塌、危石跌落和泥石流等斜坡地质灾害的危害,其中滑坡是诸类斜坡地质灾害最严重、最普遍者。调查结果表明,目前镇江市内滑坡灾害点200多处,其中较大面积的72处,灾害面积约5万 m^2 ,殃及范围约15万 m^2 ,滑坡灾害的发生与发展,不仅造成大量的水土流失,而且严重威胁着广大人民群众财产和生命安全。

2 自然环境条件

2.1 地质条件

镇江市位于宁镇山脉东段,属于扬子准台地扬子台地褶皱带宁镇穹断褶皱束东段,多旋回多期次的构造活动,造成了复杂的地质构造背景。区内自震旦系至第四系地层均有分布。第四系分布广泛,遍及全区,自下而上可分为两部分,即上更新统下蜀组 and 全新统。下蜀组岩性为黄褐色黏

土、粉质黏土,全新统岩性为一套砂、砾、粉质黏土、淤泥沉积层。第四系地层是滑坡体的主要物质组成。

地下水主要有第四系冲积层孔隙水与前第四系基岩裂隙水。第四系冲积层孔隙水主要分布在北部沿江地区,地下水埋深在 0.5 ~ 35 m 之间,水量 0.02 ~ 0.15 L/s,由长江水、大气降水和丘陵谷地地下水补给。基岩地下水主要赋存于裂隙、岩溶及断裂构造带中,其补给来源主要来自大气降水。

2.2 地貌条件

镇江位于长江三角洲顶端,在江苏省地貌分区中属宁镇扬丘陵岗地地区和长江冲积平原区。地形总的表现为南高北低,西高东低的趋势,且呈多条带状与阶梯状分布。南部低山丘陵区以构造剥蚀作用为主;中部主要是由长江阶地经侵蚀作用形成的岗地,为曲型的河流堆积侵蚀地貌,一般山顶平缓,斜坡陡峻,多见侵蚀陡崖。北部为长江漫滩区,东西向延展,主要是长江挟带的泥沙堆积而成。

2.3 气候条件

镇江属于北亚热带季风—湿润型气候,具有四季分明,温暖湿润,雨量充沛之特点。年均降水量 1 063.1 mm,最大年降水量 2 836.30 mm。其中 4 ~ 10 月份降水量占全年的 80%;暴雨发生的时间多在 6 ~ 9 月。

3 滑坡灾害类型与特征

镇江市的地质地貌等环境条件决定了滑坡灾害的多发性,但不同的位置发生滑坡的类型有所不同。根据现场踏勘,按滑坡产出的环境工程地质位置和形成机理,可将镇江市区的滑坡分为岗地斜坡滑坡,河岸边坡滑坡和矿山堆积边坡滑坡三大类。

3.1 岗地斜坡滑坡

岗地斜坡滑坡是镇江市主要的滑坡类型,其总体特征为:滑坡发育在标高 15 ~ 70 m(黄海高程)的岗地(长江阶地上);滑坡发育地段,一般具上陡下缓的下滑地形,老滑坡群成带分布;滑坡呈圈椅状环谷地貌,滑坡要素发育较全;滑坡体物质主要为下蜀组黏土、粉质黏土;滑面(滑动带)发育在黏性土中或黏性土与下伏基岩土结构面附近,滑动带(软弱带)为软—流塑状态的黏性土,滑坡类型为黏土同类土滑坡或黏土同类土—顺层滑坡(图 1);从引起滑坡的力学性质来看,多数属推移式,少数为牵引式;滑坡规模多数为中型,少数为大或小型,滑面埋深大多 6 ~ 12 m,以中浅层滑坡为主;产生滑坡的激发(诱发)因素是连续大量降雨。

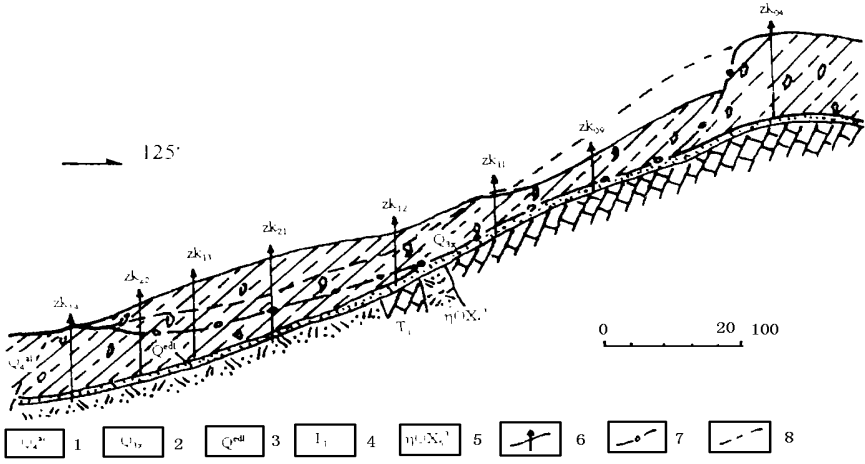
岗地斜坡滑坡的发展动态一般具有两次突发性滑移特点,根据不同时期的滑坡发生特征,可分为二个旋回,六个阶段,各旋回及各阶段的特点如表 1 所示。

3.2 河岸边坡滑坡

主要分布在古运河沿岸,其特征主要为:滑坡体的物质组成为长江漫滩沉积的淤泥质粉质黏土等,滑面发育在淤泥质粉质黏土夹泥炭层中,其含水量 $W > 30\%$, C 值最低 0.03, Φ 值最小 5.5° ;滑坡类型属牵引式黏性土同类土层中层型滑坡;滑坡后缘发育两级圈椅状滑坡壁,滑体后部两级台阶呈反倾座落形态,滑坡要素发育较全(图 2);滑坡规模多数为中—小型,滑面埋深大多 5 ~ 10 m,为中浅层滑坡。

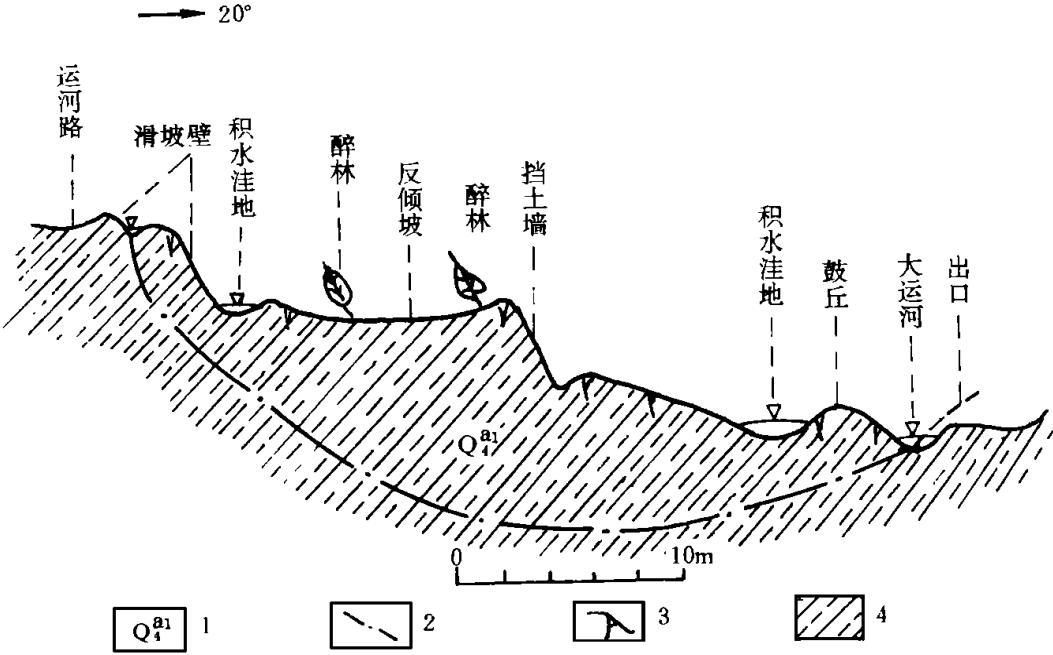
3.3 矿山堆积边坡滑坡

矿山堆积边坡滑坡较为典型的有东风煤矿煤矸山滑坡和伏牛山煤矸山滑坡,它是在坡地或平地上,因工业废渣堆积失稳而产生的滑坡,其特征为:原基岩坡及煤矸等废渣山边坡与滑动面同向;滑坡在地貌上表现为圈椅状,滑坡体沿原基岩坡面向下滑移;滑坡体物质为煤矸石,滑坡要素发育较全;滑坡类型属推移式堆积型中层大型滑坡。



1 第四系全新统漫滩堆积 2 第四系下更新统下蜀组黏土、粉质黏土夹钙结核 3 残坡积物
4 三叠下统灰岩、白云质灰岩 5 燕山晚期侵入石英二长斑岩 6 钻孔位置 7 滑面 8 滑动前地形线

图1 云台山西侧滑坡纵剖面示意图



1、第四系全新统漫滩沉积；2、推测滑面；3、拉张裂缝；4、粉质黏土

图2 解放桥滑坡纵剖面示意图

4 滑坡发育过程分析

滑坡的孕育、发生和发展是受多因素控制的,是地质特征、地貌特征、气候特征以及不良的人为工程活动等环境因素综合作用的结果。但是,不同的灾害类型在不同地段所反映的主导因素和

激发(诱发)因素是不同的,因而它们发育过程上也有所不同。

4.1 岗地斜坡滑坡的发育过程

4.1.1 滑坡产生原因 调查研究结果表明,自然地貌因素决定了镇江市产生岗地斜坡滑坡的必然趋势,不合理的人为工程活动加速了滑坡灾害发生的速度,连续大量降雨是激发因素。

(1) 自然环境因素。该类滑坡的斜坡多具双层结构特征,上部的下蜀土垂直节理发育,有利于地表水和大气降水入渗,在深部形成软弱带,土的状态多为软塑—可塑,含水量大,力学强度降低,在一定条件下,促使土体沿软弱面滑动。下蜀组与下伏基岩呈不整合接触,形成岩土结构面,该面具阻水作用,使下蜀组土层与基岩不发生水力联系,在岩土结构面附近形成滑腻软弱面,有利于顺层滑坡的产生。尤其在岩土结构面与地形坡倾向基本一致时,易发生滑坡。

表 1 镇江岗地斜坡滑坡阶段及其各阶段特征分析一览表

滑坡阶段		各 个 阶 段 特 点
第一 旋回	蠕动形变阶段	形成深部拉张裂缝,且裂缝时张时闭,总的趋势为张,逐步形成滑坡临界状态
	滑动形变阶段	滑坡临界状态破坏,形成第一次突发性滑坡,滑坡要素清晰,属推移式滑坡
第 二 旋 回	蠕 动 形 变 阶 段	缓慢 蠕 动 该阶段既是第一滑坡旋回的滑动后阶段,又是本次滑动的开始。滑坡处于蠕动状态,滑坡体位移机制与降水量呈正相关
	剧 烈 形 态 阶 段	原滑坡体后缘产生新的弧形拉张裂缝和坐塌滑移现象,并形成泥石流沿坡而下,滑坡活化特征日趋明显
旋 回	主要滑移阶段	滑坡体复活,第二次突发性滑坡发生,迅速滑坡成灾
	重复滑移阶段	前阶段突发性滑移后,原滑坡体后部大量土体滑移、挤压到中—前部,使滑坡体变厚、加重,引起突发性重复移动,以达到新的平衡
	滑后(蠕动形变—相对稳定)阶段	滑坡仍具蠕动形变,滑面继续向深部发展,但总的趋势趋于稳定

独特的岗地地貌形态,具备产生滑坡的临空面条件,其凹形坡,上缓下陡,多呈极限平衡状态,易坡脚失稳产生牵引式滑坡。区内,老滑坡遗迹多见,老滑坡多呈圈椅状环谷地貌,有利于地表水、大气降水的汇集、入渗,促使老滑坡复活,老滑坡复活是区内滑坡产生的重要原因之一。此外,植被稀少,植被不发育的边坡,坡面破坏严重,发育冲沟和假喀斯特地貌,造成边坡失稳。

(2) 不良的人为工程因素。镇江是一个山林城市,随着城市的迅速发展,城市用地过程中,坡顶加载、切坡占地等人类工程事件破坏了原有的斜坡平衡条件。例如,镇江市在“抗战”前后修建的地下室和防空洞等设施,由于质量低下,经常坍塌,现在大多报废,造成地面多处塌陷,形成积水坑,增加了地面水的入渗强度,以至诱发滑坡的形成。

(3) 激发(诱发)因素。产生滑坡的激发(诱发)因素是连续大量降雨。从历史上看,大水之年,也是滑坡、崩塌等斜坡地质灾害的多发之年。主要滑坡、大规模的斜坡地质灾害,均发生在连续降雨后的大雨之中或偏后,集中 6~7 月的梅雨之间。充分说明了大量降雨是滑坡发生的诱发—激发作用。山体滑坡的孕育、发生与发展,滑坡的形变特征、位移机制与降水量呈正相关(表 2)。云台山西侧滑坡的形变资料表明连续大量的雨水入渗,使下蜀黏土浸泡松软,内聚力降低、容重增加,土体重量加大,促使土体由蠕动形变发展成剧滑。

4.1.2 滑坡发育过程 根据滑坡特征和滑坡产生的原因,滑坡发育过程为:岗地斜坡—上陡下缓凹形坡或下陡凸形坡—老滑坡发生地—较大汇水面积—降雨沿下蜀土垂直节理入渗—坡顶加载(增大土体主动部分重量)或削坡占地(坡脚失稳)—开挖防空洞等—塌陷、形成降水漏斗—连续降雨和人工排水—长期入渗—土体容重增加、体重增大—岩土结构面和下蜀土致密层的

阻水作用—使得上层滞水—形成软弱带—产生蠕动形变—连续暴雨—雨水大量入渗—软弱带 c、 η 值骤减—滑动面形成—高速推移型滑坡或牵引型滑坡形成。

表 2 镇江云台山西侧滑坡形变位移机制与降雨量关系表

日期(1991)		日降雨量/	过程(累计)	滑 坡 变 形 特 征
月	日	mm	降雨量/ mm	
6	8	25.4		蠕 动 变 形
	9	17.2	42. 6	
	11	13.4	56. 0	
	12	18.9	74. 6	滑坡复活, 后缘产生新的弧形拉张裂缝, 局部发生滑塌, 并形成泥石流
	13	58.4	133. 3	
	14	111. 5	244. 8	
	30	13.9		蠕 动 变 形
7	1	47.5	61. 4	后缘弧形拉张裂缝增大、加深, 滑坡体松动,
	2	19.2	80. 8	
	3	75.8	156. 4	
	4	18.2	174. 6	形成局部滑塌
	5		174. 6	裂缝加大, 土体明显位移和松动
	6	96.7	271. 3	前缘挡土墙开裂, 裂缝加宽
	7	0. 8	272. 1	
	8	27.0	299. 1	前缘挡土墙倒塌, 突发性滑坡发生
	9	7. 2	306. 3	发生突发性重复滑移, 灾情扩大

4. 2 河岸边坡滑坡的发育过程

河岸边坡滑坡的发生, 主要与河水位有关。高水位时, 坡体承受了较大的浮托力和侧向压力而处于相对平衡状态; 当水位迅速下降后, 饱水坡体的水因下渗而产生较大的动水压力, 再加上土体裂隙中水的侧向压力作用, 致使土体失稳而下滑。当然, 河水的侧蚀作用也对滑坡的产生有一定的影响, 但在滑坡的发育过程中并不是主导的因素。如古运河宝塔山段西岸公交停车场滑坡于 1988 年 2 月、1991 年 2 月及 1991 年 6 月 13 日三次发生剧滑, 前两次为枯水期, 水位低; 后一次发生在因防汛需要, 迅速抽水使水位突然下降之后, 滑坡属浸没诱发型复活滑坡。而解放桥滑坡除上述因素外, 疏通河道、开挖运河、下切河床, 造成坡脚失稳是更重要的因素。因此, 其发育过程为:

河岸边坡—河水位下降—坡体失去浮托力和侧向压力—产生动水压力—开挖河道、下切河床—坡脚失稳—滑面产生—牵引型滑坡形成。

4. 3 矿山堆积边坡滑坡的发育过程

矿山堆积边坡滑坡的产生原因系矿渣(煤矸石) 堆积过高, 形成过陡堆积边坡; 或因选址不当, 在原剥蚀斜坡上堆积过多矿渣。在大量降雨等激发因素的作用下, 因自重的影响, 在堆积层和岩石斜坡之间产生滑面, 形成滑坡。其形成机制为:

剥蚀斜坡—过量矿渣(煤矸石) 堆积—大量降水—入渗—堆积层与剥蚀斜坡间产生滑面—推移式滑坡形成。

5 结 语

滑坡是一个与城市土地利用、规划、城市建设以及人民生命财产安全都息息相关的重大问题。通过对滑坡地质灾害发育过程的分析研究, 镇江市产生滑坡的原因多种多样。第四系下蜀土正常条件下工程地质物理力学性质良好, 呈硬塑状态, 为承载力较大的天然地基土, 但其垂直节理发育, 有利于地表水和大气降水的入渗, 且遇水迅速膨胀, 土的状态由硬塑转化成软塑—可塑状态, 力学强度大幅度降低。因此, 在岗地斜坡上及其周围开展城市工程建设活动时, 需首先进行工程建设场地和周围的环境地质条件详细勘查, 查明下蜀土的分布特征, 针对下蜀土的工程地质物理性质采取相应措施, 防止滑坡灾害再次发生, 使城市的地质环境向着良性方向发展。