

相邻基础施工诱发滑坡机制研究

匡立新, 彭振斌, 戴自航

(中南工业大学资源环境与建筑工程学院, 长沙 410083)

[摘 要]以省水文二队南部填土边坡为例,对边坡滑坡机制进行了研究。结果表明,滑坡受地形地貌和物质结构条件控制,受相邻基础施工和降雨诱发而形成的滑坡。在此基础上,作者提出了滑坡治理措施。

[关键词]滑坡 边坡 机制 相邻基础 施工

[中图分类号]TU94⁺3.3 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2000)03-0091-04

省水文二队边坡位于该单位南部,边坡范围长约 110 m,高 14 m,坡度 30°左右。该边坡先后经过两次处理,第一次为设置麻石挡土墙和排水孔。初次滑坡后,在原挡土墙上部 7 m 处设置了挖孔桩挡土墙。边坡再次滑坡后,形成了约 70 m × 25 m 的滑坡体。滑坡属中层均质滑坡类型,造成了边坡的下陷和下滑,最严重部位在 6 栋楼西端方向上,下陷达 3 m,水平滑距 6.5 m,往两端逐渐减小。两排挡土墙被严重破坏,麻石挡土墙被抬高 1 m。滑坡危及到坡缘附近两栋居民楼的安全,特别是 6 栋楼有 1/4 的基础位于滑坡体中(图 1),必须立即对该边坡再次进行处理。

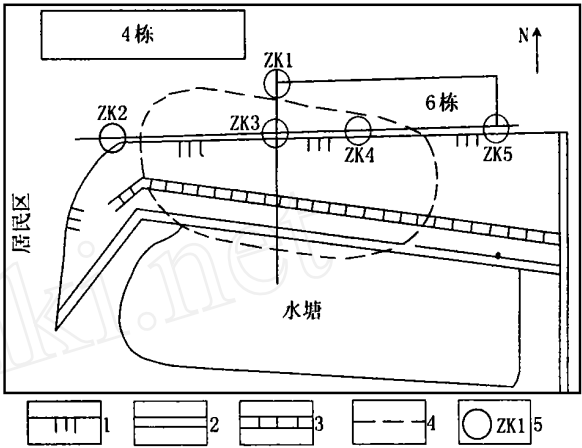


图 1 滑坡平面分布图

1—坡缘线;2—麻石挡土墙;3—挖孔桩挡土墙;
4—滑坡范围;5—钻孔

1 边坡工程地质水文地质条件

据勘察报告,边坡所在地区属湘江 IV 级阶地,经后期剥蚀形成现代低缓山丘地形,由填土、含砾亚

粘土、亚粘土、含泥细粉砂、下第三系泥岩、泥质粉砂岩及粉砂岩组成(图 2)。填土之下有一向南缓倾

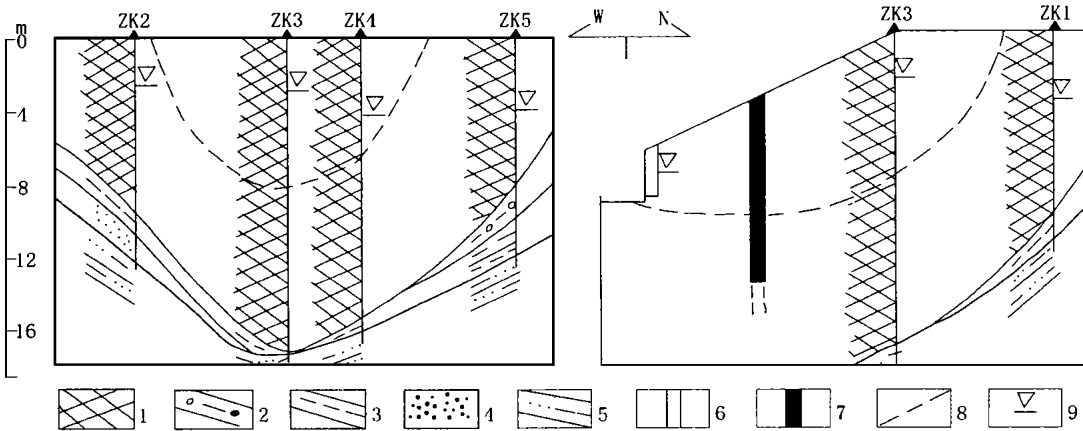


图 2 边坡工程地质剖面图

1—填土;2—含砾亚粘土;3—亚粘土;4—砂;5—粉砂岩;6—麻石挡土墙;7—挖孔桩挡土墙;8—滑动面;9—地下水位
的箕形冲沟,并有埋藏型稻田和水塘,2 栋居民楼修建于整平后冲沟东西两边坡上。

1.1 工程地质条件

边坡地层岩性自上而下分为 5 层:

(1) 人工填土:由就近推土移置的粘土和亚粘土组成。其中上部 4 m 左右较纯净,多为黄褐色亚粘土。土层未压实,结构松散,呈软塑~可塑状;中部多为含砾粘土及亚粘土,稍有压密,呈可塑状;低部为厚 0.5 m 左右的淤泥质填土。人工填土层厚 6.0 m~15.82 m,分布厚度随冲沟形态而变化。

(2) 含砾亚粘土:黄褐色,砾石含量一般 40%,砾径 1 cm~5 cm,次圆~圆状,成分为石英岩。该层厚 1.1 m~1.5 m,呈透镜状产出。

(3) 亚粘土:杂色,具似网纹状结构,不含或少含砾石,可塑~硬塑状,厚 1.2 m~4.1 m。

(4) 含泥粉细砂:灰色和淡黄色,稍湿,结构较紧密,厚 0.5 m~1.3 m。

(5) 下第三系泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩:紫色和紫褐色,未揭穿此层,厚度不详。

组成边坡的岩性以人工填土为主。

1.2 水文地质条件

边坡地下水类型为松散岩类孔隙水,地下水位埋深 1.76 m~5.86 m。麻石挡土墙的存在改变了地下水渗流路径,地下水的渗透只能从墙底通过。挡土墙修建于原始冲沟上的边坡坡角,形成了一个聚水盆地。坡麓为水塘,常年具有地表水。这些特征对边坡稳定不利。

2 滑坡机制

边坡稳定性受地形地貌、边坡物质结构条件和环境条件的综合影响。前二者为边坡天然形成,决定着滑坡的稳定状况;而环境条件,包括降雨、地震和人类活动等,则是诱发滑坡的因素。环境条件相对较为活跃,其变化表现为改变地形地貌和物质结构条件,打破边坡力的平衡而诱发滑坡。

2.1 地形地貌

坡度较大的边坡或当边坡上部成马蹄形的环状地形,且汇水面积较大时,边坡易失稳而滑坡。

边坡坡角附近为最大剪应力增高带,通常为最易变形和破坏的部位,当坡麓有地表水存在,则会侵蚀或浸泡坡角而导致滑坡;而在坡缘附近则为张力带,易形成拉裂缝,遇有降雨,会产生水楔作用而导致滑坡。

2.2 物质结构条件

边坡体由不同岩土体组成,构成了边坡的结构。有的岩土层透水,有的则相对不透水,这就构成了边

坡的水文地质结构。只有在边坡具备有受水构造、聚水条件、松散岩土层或软弱面时,才能形成滑坡。

对粘性土土坡而言,其上部地层较松散,易渗水;下部则相对致密起隔水作用,当雨水下渗后,在其分界处易形成软弱滑腻面,边坡常会沿此面滑动导致滑坡。

2.3 降雨诱发滑坡机制

降雨诱发滑坡主要有以下几种方式:(1)降雨对边坡起加载作用,增大了土体容重,产生动静水压力,增大了边坡滑动力而降低了抗滑力,从而导致滑坡;(2)降水抬高了地下水位,潜在滑动面受水侵蚀而软化,土的抗剪强度迅速降低,使边坡力学状态发生突变而引起边坡变形和破坏;(3)降雨侵蚀坡角,破坏土体,改变坡形和结构,如果在坡脚处聚集成地表水,则会侵蚀和浸泡坡角,造成边坡形状、结构和力学状态的改变;(4)滑坡体的渐进性破坏和渗透水的作用,尽管其机理较为复杂,但从诱发滑坡机制上可概括为促进滑移面剪应力增大和促使抗剪强度的降低,从而影响边坡的稳定性。

边坡岩土体从水文地质方面可以分为承压水型、层间水型和潜水型 3 种水文地质结构。前者诱发滑坡的主因是暴雨产生很高的承压水,而对后二类结构来说,其主因则是软化作用降低了抗滑力和增加了滑动力。

此外,如果边坡顶部有地下水道渗漏现象,会产生和降雨类似的作用,对边坡稳定不利。

2.4 相邻基础施工诱发滑坡机制

在坡缘附近进行桩基础施工,会对边坡稳定性产生重大影响,牵涉到桩的挤土效应与周围环境共同作用的问题。打桩时桩的挤土作用会造成挤压应力,引起侧向位移;打桩会引起边坡土体扰动,形成大量微裂隙,造成土的抗剪强度的降低;打桩也会引起孔隙水应力而导致边坡失稳。在饱和软粘土中打桩,由于土的渗透系数小,桩对土的挤压应力转化为孔隙水应力消散特别困难,桩土体积等代效应越大,则对边坡稳定越不利。

据研究^[2,3],打桩时桩的挤压应力引起桩周围土体较大位移,其影响范围可达几十米,挤压应力的分布服从黄金分割定律,最大挤压应力出现在 0.618 倍桩埋深处。从理论上说,打桩引起的超孔隙水应力不可能超过上覆有效应力,但对粘土来说,由于粘聚力的存在提供了一定的抗拉强度,因此有可能使孔隙水应力超过上覆有效应力。施工期连续打桩造成孔隙水应力不断积聚,打桩结束后,这种应力

才会慢慢消散,大约经过半年左右时间,在桩群中心可消散70%~80%,随时间增加,桩群内外孔隙水应力逐渐趋于均匀,在粘土中,较小的渗透系数造成消散时间持续更长。

从另一角度来说,在坡缘附近打桩对桩及边坡都会产生不利影响,具体表现在以下几个方面:(1)临坡面阻力小,兼有邻桩的挤压力,使桩位常向坡面移动,严重时会导致边坡失稳;(2)坡面的存在既造成了桩身倾斜,也影响了桩的承载力,再加上桩沉降的影响,势必造成上部建筑物荷载的一部分通过承台转移到边坡顶部土层,直接增加了顶部荷载而影响了边坡的稳定性。

尽管目前挤土效应理论很不完善,尚不能定量评估它对周围环境的危害范围和程度,但其造成了危害却是不容忽视的事实,应引起人们的高度重视。

3 滑坡的形成和机理

3.1 滑坡的形成

滑坡取决于上述条件的综合影响,每个因素都对边坡达到极限平衡状态起了自己的作用。据上述分析,省水文二队南部填土边坡的滑坡,应由下述因素造成:

(1)填土边坡填筑于向南倾斜的箕形冲沟之上,并在坡角修筑有挡土墙,直接在边坡体内形成一个倾斜的聚水盆地,有利于滑坡的形成。坡麓水塘地表水常年对坡角剪应力集中部位的土体浸泡,严重危及到边坡的稳定性。滑坡形成的滑动面实际上正好通过坡角被水浸泡部位,证实了这种机制。

(2)组成边坡的填土,未经充分压实,结构松散,力学强度低。由于自重作用,下部填土压实程度较高,构成了一个相对隔水层,加上地貌和挡土墙的影响,使边坡具备了受水构造、聚水条件和软弱面,填土沿相对隔水层顶部产生了滑动而导致滑坡。

(3)边坡填土中地下水的富集,加大了边坡自重,降低了填土的抗剪强度,增大了滑动力而降低了抗滑力,地下水渗透压力对滑体产生推力,在一定条件下引起填土渗透变形和破坏,滑动面上的孔隙水压力也加速了变形破坏过程。填土的蠕滑造成排水措施失效,有利于地下水的富集,改变了边坡地下水循环条件,地下水渗流只能从麻石挡土墙下部通过,形成潜在滑动面。而这个部位恰恰又是边坡剪应力集中和水塘浸泡部位,所以填土会沿挡土墙底部滑动。挡土墙本身并没有被切断,说明滑坡产生的根本原因在于挡土墙底部的填土,而非挡土墙本身。

此外,地下水道渗漏和降雨在坡缘附近拉裂缝处产生水楔作用,是诱发滑坡的原因之一。

(4)坡缘6栋楼基础为冲击成孔砂桩和灌注桩基础,桩基础施工对边坡稳定性产生了重大影响。打桩形成的侧向压力直接增加了滑坡推力,引起填土位移,据黄金分割定律计算出的最大挤应力和孔隙水应力出现部位标高与滑动面中段标高吻合,说明挤土侧向压力对滑坡产生了影响。土的扰动则降低了填土力学强度,增加了微裂隙,有利于地下水和降雨的侵入和渗透,对边坡稳定不利。填土边坡为“富水盆地型”粘土边坡,决定了打桩形成的超孔隙水应力不能在边坡中很快消散,只能作用于挡土墙及其底部的填土中,形成了滑动面。两次滑坡均紧接着基础和建筑物施工不久后发生,说明打桩是滑坡的主要诱发因素。另外,6栋楼上部荷载的一部分通过承台转移到坡缘附近填土之上,直接增加了填土边坡顶部荷载,对边坡稳定造成了不利影响。

3.2 滑坡机理

从上述分析可知,填土边坡的滑坡机理应为蠕滑——拉裂型。滑坡的形成大致分为3个阶段:(1)填土产生蠕变,坡面产生向下弯曲,排水系统失效,坡脚形成剪应力集中带,坡缘附近则产生拉应力和拉裂缝;(2)地下水道渗漏和降雨产生的水楔作用,打桩挤土效应加速了蠕变的发展;(3)潜在滑动面扰动,随着蠕变进一步发展,中下部边坡剪应力集中带被动扩容,底部逐渐隆起,当抗滑力不足以抵抗滑动力时,滑动面连通,填土产生滑坡。

4 滑坡稳定性评价

据调查,滑坡后,边坡应力得以释放,使边坡暂时处于相对稳定状态。目前采取抽取地下水、坡顶坡面覆盖塑料薄膜防止雨水渗透及对麻石挡土墙斜撑等措施保持边坡稳定。由于勘察资料未能提供扰动填土的力学指标,因此不能准确估算边坡的安全系数。鉴于填土力学强度本来就很低,而且边坡填土已严重扰动,如果填土粘聚力以零折算,内摩擦角取淤泥质填土值 15° ,据条分法计算,目前该边坡安全系数仅为0.76,说明该边坡仍处于不稳定状态,随着坡体应力和能量不断积聚,在环境条件诱发下,该边坡必定会再次滑坡。

5 治理措施

边坡综合治理措施一般包括改善滑坡体和滑动带的力学性质,增大抗滑力及消除诱发因素等。具

体治理方案包括:

(1) 水塘填方至麻石挡土墙顶标高,以减小坡度,增加反压力。如果客观上不能采取填方措施,也必须对坡角土体注浆处理,改善其力学性能,防止水塘中的水常年浸泡。

(2) 钻孔注浆改善边坡填土及滑动带的力学性能。增大抗滑力,切断降雨及地下水与坡体的联系。

(3) 完善地表及地下排水和隔水系统,地下水道改道,以降低地下水位,减轻地下水的影响,排水系统必须能抵抗住边坡填土蠕滑的影响。

(4) 坡面及坡顶均铺设水泥砂浆覆盖层。

(5) 如果不能进行填方处理,则应在原挖孔桩挡土墙上部设置锚拉灌注桩挡土墙,东段锚杆(索)施工困难,改为双排桩支护,桩顶设帽梁联结。

(6) 滑坡对 6 栋楼基础造成了影响,必须进行加固处理。同时加强对边坡和居民楼的长期监测和预报工作,做到及时预报和处理。

6 结论

综上所述,该滑坡是在地形地貌、边坡物质结构条件控制下,受相邻基础施工及降雨诱发形成的滑坡,所采取的治理措施须针对上述滑坡机制而选用。

滑坡危及到居民楼的安全,也提出了新的课题。在岩土工程学科不断发展的今天,包括相邻基础施工诱发滑坡课题在内的环境土工学正在形成一门新学科,有关部门应加强这方面的研究。

[参考文献]

- [1] 张倬元,等.工程地质分析原理[M].北京:地质出版社,1990.
- [2] 胡中雄.土力学与环境土工学[M].上海:同济大学出版社,1997.
- [3] 何金辉,等.软土地基测试指标的应用[M].北京:地质出版社,1997.
- [4] 谢守益,徐卫亚.降雨诱发滑坡机制研究[J].武汉水力电力大学学报,1999(1),21.
- [5] 工程地质手册编委会.工程地质手册[M].北京:中国建筑工程出版社,1990.

STUDY ON LANDSLIDE MECHANISM INDUCED BY NEAR FOUNDATION CONSTRUCTION

KUANG Li - xin, PENG Zheng - bin DAI Zhi - hang

Abstract :Based on study the landslide of south fill slope of Hunan 2nd Hydrogeologic Team, the landslide mechanism is discussed. It shows that landslide is controlled by landform and material - texture conditions, and induced by near foundation construction and precipitation. As a result, some improvement measures are suggested.

Key words :fill slope, landslide, mechanism, near foundation construction



第一作者简介:

匡立新(1966年-),男。1987年毕业于中南大学地质系地质专业,1996年在中南工业大学资源环境与建筑工程学院获硕士学位。现任中南工业大学资源环境与建筑工程学院工程师,博士研究生,主要从事地质工程科研与教学工作。

通讯地址:湖南省长沙市 中南工业大学资源环境与建筑工程学院勘基所 邮政编码:410083

(上接第 90 页)

Key words :grouting pile construction, cost - effectiveness analysis



第一作者简介:

柏英(1964年-),女。1988年毕业于山东冶金地质中专学校。1988年~1990年在济南联合大学财会专业学习,现在冶金工业部山东地勘局水文工程队工作,现任主管会计,多年来一直从事成本管理与控制工作。

通讯地址:山东省泰安市东岳大街西段 153 - 8 号 山东冶金地勘局水文工程队 邮政编码:271000