

嘉义白杞村樟树坪地层滑动之探讨^{*}

徐弘明¹, 许中立², 戴欣怡¹

(1. 屏东科技大学 坡地防灾及水资源工程研究所, 台湾 屏东 912; 2. 屏东科技大学 水土保持系, 台湾 屏东 912)

摘要: 地滑之发生系受自然的地质构造、降雨、地下水、地震、河岸侵蚀及人为开发破坏等因素所影响。在地滑之防治上, 如应用各种调查、观测以及试验研究, 予以探讨引起滑动的各种原因, 并探究其滑动机制后, 方施以适当的防治方法抑制其再发生, 或将灾害减至最低程度。研究地点位于嘉义县竹崎乡白杞村境内, 因多次台风暴雨侵袭, 使得浊水溪支流遭流水挟带之大量土砂冲刷边坡, 致使樟树坪路下边坡紧邻溪流之坡脚淘刷严重; 又因该区之地势陡峭、地质条件较差, 遭逢连续降雨侵蚀坡面, 遂引发大规模地滑灾害, 影响往来交通与邻近民宅之安全。故针对现地进行地形测量、地质调查、水文分析与边坡安全监测, 并通过边坡稳定分析, 了解该区边坡稳定特性, 以评估地层滑动的情形并探讨其后续影响。

关键词: 地滑; 地层位移; 边坡稳定

中图分类号: P642.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)06-0259-06

Investigation of Changshuping Landslide on Paichi Village of Chiayi County

SHU Hung-ming¹, HSU Chang-li², DAI Shin-yi¹

(1. Graduate Institute of Disaster Prevention on Hillslopes and Water Resources Engineering, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan 912, China; 2. Department of Soil and Water Conservation, Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan 912, China)

Abstract: Landslide occurring has the reason nothing more than the natural geologic structure, rainfall, ground water, earthquake, driver bank corrosion and the artificial development destruction etc. Before the migration and controlling method constructed, must use many investigation, the observation and the experimental study methods, to discuss the reason cause sliding and understand its mechanism. Modified the suitable preventing and controlling method can reduce the disaster to the smallest harm degree. This experimental site located on the north side of Paichi Village, Jhuci Township of Chiayi County. Because the annual typhoon attacked this area caused hillside failure and landslide disasters. Many sediment and flood of stream cutting and washing operation at this slope foot area, and slope surface become many big erode gully to cause slope sliding significantly. Thus, this research was investigated the field geology, terrain, hydrology and stratum displacement conduction. According to understand slope stability and evaluate the continue change of stratum displacement.

Key words: landslide; stratum displacement; slope stability

台湾地区位于欧亚大陆板块与菲律宾海板块交接处, 地质形态丰富, 加上台湾山多平地少、地形陡峭、溪流短促、年雨量高且降雨集中, 致使山区易发生崩塌、地滑与土石流等灾害。且在有限的土地资源下, 开发利用坡地乃为势在必行之策略。然而台湾西部麓山带受自然环境影响, 具有褶曲、断层及岩层节理发达, 岩性多为砂页岩互层, 因此形成顺向坡

之情况相当普遍。而台湾的山坡地面积约占总面积的 3/4, 随着人口快速增加及经济高度成长, 平地利用已渐趋饱和。故山坡地开发已成为最重要的土地取得与供给方式, 尤以都会区缘山坡地属密集开发区, 坡地灾害的防治更显重要。

山坡地之稳定安全或危险, 并非一朝一夕之间即可判定, 应包括建筑物各项设施之设计、施工、维

* 收稿日期: 2009-08-16

作者简介: 徐弘明(1961-), 博士生, 研究方向为地电法与 TDR 应用于地层滑动之探讨。E-mail: hung-ming@mail.swcb.gov.tw

护及使用方式所产生的种种问题。一般而言,坡地发生崩塌与地滑,对当地的社会、经济与产业皆会产生影响。然而造成崩塌及地滑之因素相当复杂,有鉴于此,对即将发生或已发生之崩塌地滑区域有必要做完整的监测与调查,并针对降水量及地层变化等予以建立便捷且实用之灾害预警管理准则,不仅能提供坡地防灾应变之参考依据,更可减轻国人生命财产损失,减低灾害影响程度。

研究区域位于嘉义县竹崎乡白杞村境内,总面积约 18 hm²。因每年梅雨、台风季节及夏季午后雷雨影响,降雨强度较大;在坡面上易形成蚀沟,雨水沿着蚀沟不停的冲刷并挟带大量土砂自坡顶流入下方的浊水溪支流,又溪水不断淘刷坡脚,加上地质属砂质页岩,局部高度风化呈土壤状,遂引发大规模地滑灾害,致使道路凹陷、周边排水与护坡工程毁损,严重影响往来交通与邻近居民之安全。

1 材料与方法

1.1 试区概述

1.1.1 地理位置与地形 地滑地系位于嘉义 128-1 县道(樟树坪路段),如图 1 所示。研究区高程为 285~485 m,地势由南向北递减,平均坡度 41.7%,坡面下缘紧邻浊水溪支流由东向西贯穿坡脚。研究区土地利用类别主要为耕植农作使用,包含香蕉、橘子、柿子及槟榔等,滑动范围附近有民宅及农舍,居民生活全仰赖樟树坪路进出。

1.1.2 区域地质 由经济部中央地质调查所 1:5 万区域地质图得知,本研究区域位处上新世卓兰层(CI)地质区,研究区东侧约 1.5 km 处有“大尖山-触口断层”通过。依据现场地质钻探调查报告之钻孔柱状图及土壤试验分析结果研判,区域地层主要可分两种层次,表层属崩积层(SF),由岩块与砂土(粉土质细砂、砂质粉土及砂质黏土等)组成,厚度为 2.70~13.05 m;基盘岩层岩质以砂质泥岩(或称砂质页岩)及泥质砂岩为主,呈灰色至深灰色,多具中度风化程度,显示土层有局部严重风化呈土壤状,胶结差、岩质极弱^[1]。

1.2 调查方法

对于崩塌或地滑之治理规划与设计,首重滑动破坏诱因之了解与滑动破坏机制之调查、监测与研判。然后再根据调查观测所得资料予以解析,在究明其滑动破坏之潜因与诱因后,才着手规划与设计适当之防治对策,方能得到良好的治理成效^[2-3]。

然而崩塌或地滑之调查项目繁多,若全部予以实施不但费时费事且不经济,故衡量时效、经济性与

灾害规模等因素,乃就以下之调查观测项目进行之^[4]。

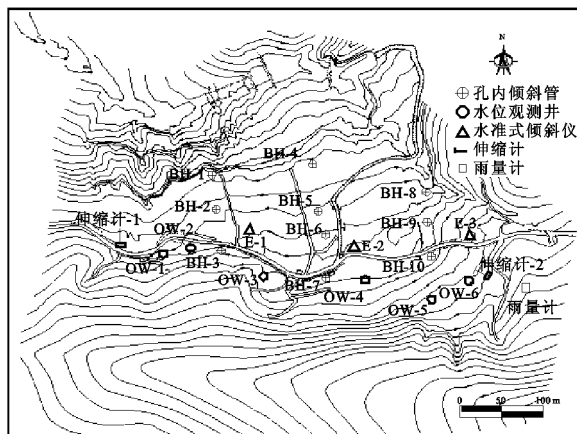


图 1 地形概况与仪器配置图

1.2.1 资料之搜集与分析 搜集本地滑区范围内调查治理规划所需之历年水文、气象、地质、航照等有关之基本资料,予以分析。

1.2.2 现场踏勘调查 赴现场实地了解整个规划地区的情形,包括人口、住户房舍、交通进出难易情况与受灾状况等。

1.2.3 地形测量 针对实际之滑动区域进行地形测量工作,同时将区内之主要裂隙位置、滑落崩陷与涌水处等,记录于地形图上。

1.2.4 地质调查与钻探 钻孔布设方式是先确定滑动方向,再决定主、副测线位置。依现场地形与滑动方向,总计布设 3 条测线共 10 个钻孔,每孔施钻深度约 30 m。

1.2.5 观测仪器埋设 利用钻探孔埋设应变测定管或倾斜管等,并可供为观测地下水之用。

1.2.6 土壤力学试验 岩芯样本原则上每 1.5 m 间隔或于地层变化处进行标准贯入试验,并以劈管采取土样,实施粒径分析、阿太堡界限分析、比重、土体密度(容重)与土壤含水量等物理性质试验,各钻孔更进行三轴压缩及直接剪力试验。

1.2.7 特殊调查 为明了地层滑动的实际规模及可能影响因子间的互动关系,乃于各钻探孔中埋设应变测定管以研判滑动面之位置与变动潜势,并于滑动区内适当之位置装设地表伸缩计以监测地层之移动情形。

(1) 滑动面调查分析。除依据钻探岩芯研判可能滑动弱面位置外,并藉所埋设之应变测定管来监测地层的移动变化。

(2) 地下水位调查观测。除现场调查地表涌水的分布状况外,并于所施设之钻孔中放入触针式水位计,定期量测地下水位变化,此外更可利用其进行

地下水之追踪、检层与抽水等试验调查工作, 以为治理工程规划设计与排水工法之成效评估的参考。

(3) 地表移动与倾斜变动调查观测。为掌握试验地之地表移动与量测其倾斜变动方向, 以便能研判其滑动状态, 乃于试验地之边界或滑落崖至头部附近的适当位置, 架设 2 组地表移动伸缩计与 3 组之水准式地表倾斜仪。

(4) 雨量观测。为确切了解试验区降雨特性, 于线架设 1 处自记式雨量计。

1.2.8 综合判断与治理对策规划 就搜集、调查与观测所得之资料应用相关之理论或模式进行必要之检讨与分析研判, 以究明滑动之潜因与诱因, 并依极限平衡之边坡稳定分析原理, 探求适当之防治工程措施, 使滑动坡面能尽速达到稳定平衡状态, 减低其对公共设施与大众安全之危害。

经上述调查、分析并明了其滑动机制后, 即可着手整治对策之规划与设计。然而引起崩塌或地滑之

因素错综复杂, 再加上边坡于破坏时会产生庞大的能量与推力, 实非单独的工法所能承担, 故有效之治理对策必须因地制宜运用多种方法, 而予以同时配合进行, 同时注重维护管理工作, 方能收事半功倍之效。

1.3 滑动特性判定

地层倾斜变动级别乃依据中村三郎^[5]之研究, 将地表倾斜仪测得之变化量划分成 4 级别(如表 1), 予以判定地层活动情形。

而地表伸缩计(Surface Extensometer), 主要用于量测地表滑动速率, 藉由钢筋线于滑动端与不动端之间产生之拉锯, 进而得知变动时间与变动大小。本研究依据藤原明敏^[6]提出伸缩计之观测结果, 将地层滑动程度分为确定变动、准确定变动、潜在变动及异常变动等 4 种级别, 以供判断滑动区域之级别特性(如表 2)。地表倾斜变动量之判定则依据斜面防灾对策技术协会^[7]所提出之位移速率与边坡稳定性判别表评估(如表 3)。

表 1 倾斜变动级别

变动级别	日平均变动量/ (")	累积变动量 ("/ 月)	倾斜量的 累积倾向	倾斜运动方向与 地形之相关性	活动性
变动 A	> 5	> 100	显著	有	快速运动中
变动 B	1~ 5	20~ 100	稍显著	有	缓慢地运动中
变动 C	< 1	< 20	略有	有	有必要继续观测
变动 D	> 3	无(断续变动)	略有	无	局部的地盘变动或其它

表 2 伸缩量变动级别

日移动量/ mm	累积移动量 (mm/ 月)	朝一定方向 累积倾向	变动型态		综合判断 活动性
			伸张、收缩、断续	变动判断	
> 1.00	> 10	显著	伸张	确定	快速运动中, 表层、深层滑动
0.10~ 1.00	2~ 10	稍显著	伸张及断续	准确定	缓慢地运动中, 黏质土、崩积土滑动
0.02~ 0.100	0.5~ 2	略有	伸张及收缩	潜在	有必要继续观测
0.02~ 0.100	无(断续变动)	无	无规则性	异常	局部地盘变动

表 3 位移速率与边坡稳定性判别表

级别	变动种类	日变位量/mm	月变位量/mm	一定方向累积倾向	活动性判断
第一级	紧急变动	> 20	> 500	非常显著	急速崩坏
第二级	确定变动	> 1	> 10	显著	活泼运动中
第三级	准确定变动	> 0.1	> 2.0	略显著	缓慢运动中
第四级	潜在变动	> 0.02	> 0.2	稍稍有	有待继续观测

2 结果与讨论

就搜集、调查与观测所得之资料应用相关之理论或模式进行必要之检讨与分析研判, 以究明滑动之潜因与诱因, 及滑移前后关系与影响程度, 作必要的防治以减低再次带来的危害。

2.1 地质钻探分析

根据钻孔柱状图及土壤物理试验与力学分析结果研判, 研究区钻探孔最大深度 30 m 内之地层主要

可分为以下 2 种层次(如表 4), 表层为崩积层(SF) 为 2.70~ 13.05 m, 仅 OW- 3 孔位之崩积层厚度> 20 m, 组织亦较不均匀, 主要由大小不一之岩块与砂土所构成, 细粒料性质则与其母岩有密切之关联。基盘岩层(CI) 自崩积层(SF) 下方起至最大钻探深度 30 m, 依地质年代区分应属上新世卓兰层(CI), 岩质以砂质泥岩(或称砂质页岩) 及泥质砂岩为主, 各种岩性之转换多无明显界面, 甚至于同一层次中, 亦常有由泥质砂岩渐变为砂质泥岩之现象。

此外,地下水位观测推测区内多为浅层地下水位面,于地表面下 0.80~ 16.80 m 附近,岩层中常

见受压水层,可能因地层滑移后的地形特性影响所致。

表 4 地层剖面参数

层次	分类	地层厚度/m	土壤单位重/(t·m ⁻³)	C/(t·m ⁻²)		φ/(°)	
崩积层	SM/GM	2.7~ 13.05	2.00	0.0		30.0	
	为主偶有 ML/CL	(OW- 3) > 20					
基盘岩层	岩体	- 基盘-	2.3	C _p = 50	C _r = 1.5	φ _p = 29	φ _r = 15
	弱面			C _p = 15	C _r = 1.5	φ _p = 26	φ _r = 15

注:SM 为粉土质砂;GM 为沉泥质砾石;ML 为低塑性粉土;CL 为低塑性黏土;C_p 为尖峰凝聚力;C_r 为残余凝聚力;φ_p 为尖峰摩擦角;φ_r 为残余摩擦角。

2.2 降雨量观测

台湾地区年平均降雨量约 2 500 mm,根据大湖山(01L390)雨量测站 1953- 2008 年统计资料显示,该区域年平均降雨量约 3 360.9 mm;而本研究区内架设之降雨观测纪录自 2008-06-28 至 2008-10-31,累计降下 3 579.0 mm 雨量(大湖山雨量站 2008 年总雨量计 5 478.0 mm),期间共经历 4 场台风侵袭,如表 5。6- 10 月台风的侵袭带来丰沛的雨量,台风所带来之雨量占了全年总降雨量近 70%;另外该地区夏季午后热对流旺盛,易形成午后雷阵雨,而这段期间累积降雨量已超出嘉义大湖山雨量站计 56 a 的年平均降雨量。由此可知该地区降雨集中且强,因此须特别注意降雨对坡面的冲蚀及地表径流产生的冲刷问题。

2.3 地下水位变化

研究区共埋设 6 孔水位观测井,深度各为 20 m,沿着樟树坪路南侧由西向东埋设。表 6 为 2008-06-27 至 10-31 水位变化情形。各孔地下水位明显偏高,其中由于地层明显变动,使得 OW- 2、OW- 5 及 OW- 6 号水位观测井,在观测期间损毁,损坏深度分别约在地下 10 m、6 m 及 5.6 m 处。配合地质钻探报告柱状图分析后得知,破坏深度皆位于岩层交接处,由崩积岩块与灰色泥质砂岩所构成,同属浅层破坏。而其他 3 孔水位变化,则随着降雨量呈正相关,OW- 4 号水位并于 09-05 以前平均水位为- 11.16 m,而 09-12 后,地下水位与地表等高,形成一洼地。OW- 1、OW- 3 平均地下水位分别为- 4.03 m 及- 3.99 m,皆属于高地下水位。

2.4 地表伸缩计观测

本研究区内共架设 2 处地表伸缩计观测仪,分别位于试区之西侧与东侧。经观测结果可得知(图 2),在 2008-07-18(卡玫基台风侵袭时)之降雨量达 354 mm,变动量分别为 35.3 mm 及 46.7 mm;2008-09-13 至 14(辛乐克台风侵袭时)累积降雨量为 603.5 mm,变动量分别为 45.8 mm 及 28.0 mm;

2008-09-28 至 29(蔷薇台风侵袭时)累积降雨量达 590 mm,变动量分别为 19.9 mm 及 9.6 mm;显示大雨过后两处之伸缩计移动量明显增加。观测期间自 2008-05-16 至 10-31, No. 1 伸缩计累积移动量为 192.2 mm,日平均移动量为 1.14 mm;No. 2 伸缩计累积移动量为 201 mm,日平均移动量为 1.19 mm(如表 7)。依据藤原明敏^[6]所提出伸缩计之观测结果可推知,架设伸缩计之两处坡面皆为确定变动,且呈现快速运动,表层与深层均有滑动情形。

表 5 观察期间侵袭之台风累积降雨

台风影响期间	台风名称	累积降雨量/mm
2008-07-18	卡玫基(KALMAEGI)	354.0
2008-07-28	凤凰(FUNG- WONG)	251.0
2008-09-13 至 2008-09-14	辛乐克(SINLAKU)	603.5
2008-09-28 至 2008-09-29	蔷薇(JANGMI)	590.0

2.5 地表倾斜观测

为确认地表变动情形,观测期间亦于研究区范围内沿着樟树坪路北侧,由西向东共架设 3 座地表倾斜观测系统;观测所得数据汇整分析结果如表 8 所示。

地表倾斜仪之日平均变动量依中村三郎^[5]分类标准比后可知, No. 1- 3 地表倾斜仪的累积变动量皆呈显著,活动性属快速运动中,显示樟树坪区域之地层变动情况相当活泼。尤以 09-12 至 09-21 辛乐克台风侵袭期间,造成 No. 1 倾斜仪累积变动量为 251″, No. 2 倾斜仪累积变动量为 4 613″, No. 3 倾斜仪累积变动量为 242″;又以 No. 2 倾斜仪变动量最为剧烈。观测结果显示,逢豪大雨时,各倾斜仪皆明显产生较大的变动量,因此降雨量的多寡与频率会加剧地层变动行为。

2.6 孔内倾斜仪观测

研究区共布设 10 孔倾斜观测管,于 2008-07-04

至 10- 09 期间, 共计 14 次量测。观测所得数据透过公式换算后, 可获得各钻孔总位移累积变化量。根据其变化量将边坡稳定性依斜面防灾对策技术协会^[7] 提出之 4 个等级依序分类, 显示本研究区内之地层属确定变动类别, 活动特性较为活泼(如表 9) 。其中 BH- 4、BH- 5 及 BH- 8 等 3 孔于架设仪器后即发生观测管弯曲现象。又孔内倾斜管观测之柱状图中具较大弯曲点处即为该观测孔之滑动深度^[8] , 表 10 为各孔位滑动深度分布位置汇整表, 于 3 条测线分别选择 BH- 3、BH- 6 及 BH- 10 之倾斜累积变化量图, 如图 4- 6。由图 4 可知 BH- 3 约于地下 3 m 处产生明显滑动; BH- 6 约于地下 12.5 m 处发生变化, 另于地下 5 m 处产生较大弯曲点(如图 5) ; BH- 10 约于地下 15 m 处产生变化, 另于地下 10 m 处产生较大弯曲点。此三处倾斜管产生位移量变化最大期间恰为辛乐克台风侵袭后, 更可证明豪雨或大雨为诱发该区域产生地层滑动之主因。

表 6 2008 年地下水水位变化 m

日期 (月-日)	OW- 1	OW- 2	OW- 3	OW- 4	OW- 5	OW- 6
06-27	- 9.86	- 7.25	- 5.84	- 12.62	- 1.92	- 16.95
07-04	- 2.97	- 8.03	- 2.96	- 12.16	- 2.31	- 16.91
07-09	- 5.25	- 8.93	- 2.57	- 13.23	- 5.84	- 5.18
07-17	- 3.96		- 2.21	- 12.15	- 6.44	- 19.48
07-24	- 4.43		- 3.04	- 10.66		
07-31	- 4.40		- 2.63	- 10.32		
08-07	- 4.94		- 2.40	- 10.18		
08-15	- 4.19		- 3.38	- 9.95		
08-20	- 4.18		- 2.47	- 9.95		
08-29	- 4.00		- 6.57	- 11.76		
09-05	- 4.15		- 5.81	- 9.74		
09-12	- 4.59	损毁	- 3.43	0	损毁	损毁
09-21	- 4.59		- 5.32	0		
09-26	- 3.18		- 6.11	0		
10-02	- 3.07		- 8.27	0		
10-09	- 2.15		- 1.15	0		
10-16	- 0.75		- 1.53	0		
10-25	- 4.15		- 6.71	0		
10-30	- 1.81		- 3.35	0		
平均	- 4.03	- 8.07	- 3.99	- 6.46	- 4.13	- 14.63

2.7 现地观测前后变化

研究区于监测期间历经 2008 年 9 月辛乐克及蔷薇台风带来之豪大雨, 致使现况、道路及工程构造明显变动与毁损。研究区中下段边坡于辛乐克台风

侵袭后, 地表坑沟与既有冲蚀沟深度均明显加深, 且路面凹陷积水情形更为严重。

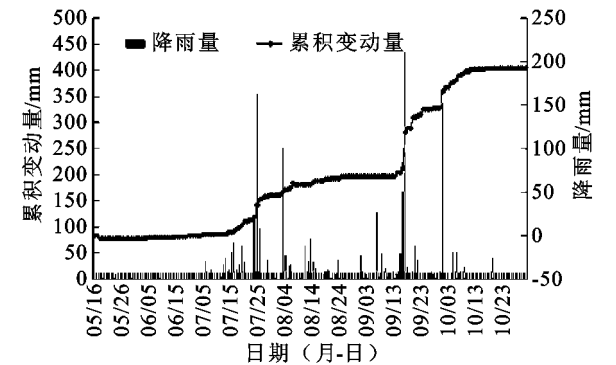


图 2 2008 年 No. 1, No.2 地表伸缩计观测结果

表 7 地表伸缩计观测结果

编号	观测时间	累积移动量/mm	日平均移动量/mm	变动判定
No. 1	05-16 至 10-31	192.2	1.14	确定
No. 2	05-16 至 10-31	201.0	1.19	确定

注:“ ” 指变动量, 单位为秒。

表 8 地表倾斜观测结果

编号	累积变动量	日平均变动量	倾斜方向
No. 1	1162.75″	9.08″	N88.37° E
No. 2	11978.46″	93.58″	N65.45° E
No. 3	13970″	10.91″	N45.43° E

表 9 倾斜管位移变化

孔号	最大累积位移/mm	日变化量/mm	变动种类
BH- 1	174.74	1.77	确定变动
BH- 2	186.22	1.88	确定变动
BH- 3	575.22	5.81	确定变动
BH- 6	461.97	4.67	确定变动
BH- 7	105.12	1.06	确定变动
BH- 9	307.04	3.01	确定变动
BH- 10	120.99	1.22	确定变动

表 10 各孔位滑动深度分布位置

孔号	弯曲深度/ m	研判滑动深度位置/ m
BH- 1	1	4
BH- 2	9	9
BH- 3	4.5	3
BH- 4	6	6
BH- 5	4	4
BH- 6	12.5	5 及 12
BH- 7	17.5	17.5 及 4
BH- 8	5	5
BH- 9	16	6 及 16
BH- 10	15	10 及 15

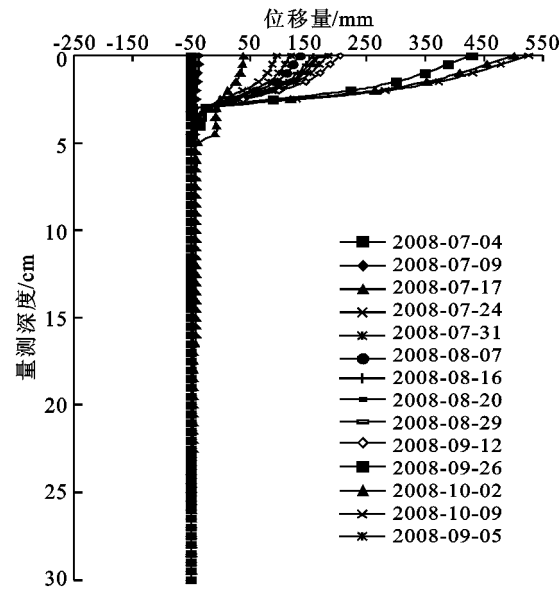


图 3 BH-3 孔内倾斜仪之累积变化

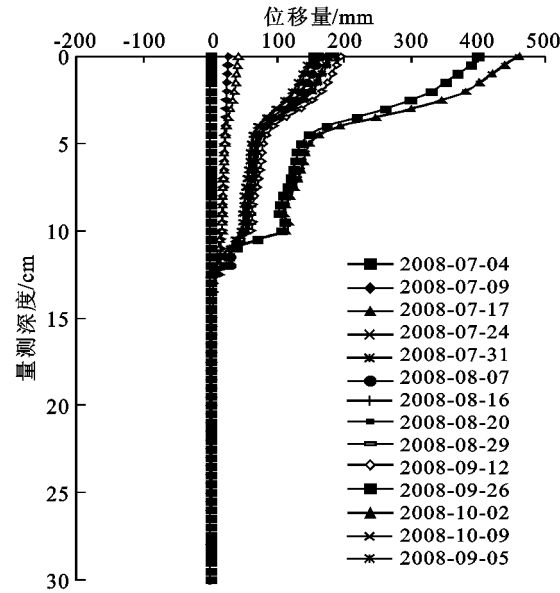


图 4 BH-6 孔内倾斜仪之累积变化

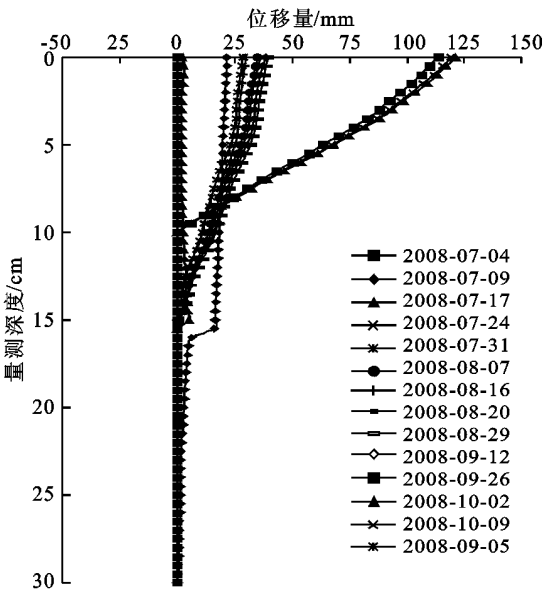


图 5 BH-10 孔内倾斜仪之累积变化

3 结论

综合前述观测分析结果,嘉义县白杞村樟树坪路段由于受台风与区域性降雨量过于丰沛影响,雨水冲蚀及地表径流水冲刷,造成中下段边坡产生明显冲蚀沟,且下边坡长期受到浊水溪支流向下、侧向及向源之侵蚀,致使边坡末端趾部一再地受到下切淘刷作用露出岩层自由端,致使边坡土壤之剪力强度下降。符合学者洪如江^[9]所提出页岩之浸水松软化的效应,是为滑动之主要原因。

在地质上,因材料胶结度不良与地下水丰富外,最重要的诱因即为雨水的漫流入参与坑沟的向源侵

蚀作用所致,是属于多种灾害因素之综合作用结果。建议在防治对策上,应以地表水排除工法与基脚压土工法并用为主;且将主要冲蚀坑沟加以整治妥当,使其径流水能安全排出;再配合必要之坡面挡土设施,如此应可达到稳定边坡之功效。此外地方政府及相关权责单位应与当地农民进行良好沟通,并建立良好的崩塌地滑灾害防治观念,避免农民不当开垦,并协调配合治理工程之施作,以降低灾害发生之频率与严重性。

参考文献:

[1] 开泰工程有限公司.嘉义县竹崎乡嘉128-1樟树坪路灾修工程调查规划地质钻探工程报告书[R]. 2008.

[2] 陈信雄.崩塌地调查与分析[M]. 台北:渤海堂书局, 1995.

[3] 谢豪荣.坡地之泥砂灾害及其防治法[J].水土保持学报, 1997, 29(2): 125-135.

[4] 许中立,陈德天,李金来.嘉义大埔泰山段地层滑动问题之探讨[J].台湾坡地防灾学报, 2002, 1(1): 57-70.

[5] 中村浩之,近藤政司,白石一夫.地中歪計による地すべりすべり面判定の一考察[J].地すべり, 1969, 6(1): 1-9.

[6] 藤原明敏.地すべり調査と解析[M]. 东京:理工图书, 1970.

[7] 社团法人斜面防災対策技術協会.地すべり対策技术设计实施要领[M]. 2008.

[8] 谢豪荣.中兴岭地滑地之观测[J].中华水土保持学报, 1980, 11(2): 33-52.

[9] 洪如江.初等工程地质学大纲[Z]. 台北:财团法人地工技术研究发展基金会, 2007.