

长野市地附山滑坡的发生经过 和变化记录

日本信州大学教授 工学博士 川上浩

1. 前言

1985年7月26日下午5时,长野市地附山(标高733m)的东南山坡处,发生了长250m,宽350m,深40~60m规模的大滑坡。其崩土形成10m余厚的泥流,从倾斜 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的山坡上流下250m~500m远,冲击了山麓的住宅及养老院,造成了26人死亡、50户住宅及养老院5栋房屋全坏、5户住宅半坏、收费公路2km范围崩塌,29000m²的苹果园被埋没的严重灾害。其崩塌土量约达350万立方米。

这次滑坡,在国内是最大级的没坡,其大崩塌几乎是在一下子发生了。而且,在长野县北部第三纪层区域内,发生在被认为不会发生滑坡的裙花凝灰岩内,这对都市的防灾及居民安全措施等都提出了新的研究课题。

现以滑坡的概况及前兆变化记录为中心报告如下:

2. 滑坡的前兆变化经过

这次滑坡发生在数万年前的古滑坡迹地上。在这里利用经较缓的山坡,1964年修建了通过户隐的户隐收费公路,1981年3月的融雪期时,这条道路发生了龟裂、差段、砌石龟裂等滑坡最初的前兆,此后1983年9月、1984年4月、1984年7月等的降雨期及融雪期中,其变态有所扩大。从1985年的6月末到7月约有500mm的梅雨,滑坡活跃起来了,7月12日因公路有大差段而交通中断,图—1表示滑坡区的平面图。(照片—1)表示滑坡的概况。以下介绍滑坡变态明显的地点,顺着照片来看滑坡的变态。

在收费公路0.8km处靠山侧、设有挡土墙,1981年以来,因滑坡而进行了数次加固工程。(照片—1)为1981年的状况,可以看到路面已经隆起,侧沟弯曲等变态。因此片石挡墙用混凝土加固,这里的加固工程从1973年、1975年、1978年逐年进行,最初的变态是在1973年开始发生,1984年春开始路面隆起显著,挡墙的龟裂也明显了。大崩塌前2天7月24日,照片—2)所示,路面隆起,上段挡墙为临倒塌前的状态。从照片可见,上段挡墙的锚固工程是1985年曾作为对策工程进行施工,但因工程危险而中止。上段挡墙在7月26日上午8时37分左右及下午3时14分二次连续倒塌。从下午4时的(照片—3)中,滑坡末端部挤出明显可见。

1km+70m处。图—1的I区段所示那样,7月20日的夜里大暴雨,从道路路肩下方宽

30m 范围的崩塌,这些泥土流入汤谷住宅区的运动场,因此在汤谷住宅区发出了避难的命令,这个地点参照 1981 年的(照片—4),山侧的片石挡墙用混凝土墙和石笼进行加固,混凝土挡墙是 1977 年施工的,前面的石笼是 1981 年施工的,从照片上可见到片石挡墙有大的龟裂。1983 年混凝土挡墙出现水平的龟裂,大崩塌的前二天可见到混凝土挡墙被压坏。在这附近是滑坡变态最明显之处,在道路谷侧打设 H 钢桩。山侧处钢管桩正在施工,但是,由于滑坡变态激烈只打了两根就中止施工。还有,道路的差段达到 1.5m 的程度,包括这个地点在内的Ⅱ区段的变态,在标高 560m 附近的山坡,出现了被挤出明显的舌端部。设置展望台的 1.5km 处,1981 年以来道路的下沉、路面的龟裂也是明显的地方,虽然修补路面龟裂以确保交通安全,但从今年初以来出现的道路段差达到 1 米多。

1.8~1.9km 附近的道路,路面陷落显著,1985 年 7 月能看到 1m 余的差段。另外,这附近山侧出现的滑落崖从 1981 年小的错段开始逐年扩大,到 1985 年 3 月形成 1~4 的连续崖,1985 年 7 月,出现了高 5m 余的滑落崖,根据这种滑坡的变态,1985 年 4 月作出来的滑坡区域图,在标高 560m 以上的部分,与大崩塌后的情况是很一致的,可以看出调查的准确度。

3. 大崩塌发生的状况

7 月 26 日下午 5 时左右,大崩塌从Ⅱ区开始,收费公路 1km + 70m 处至展望台的Ⅱ区上部先是“嚓嚓”的树摇动的声音,接着是“吱吱”树根断裂的声音,这时收费公路 1.8~1.9km 附近的陷落加剧,滑落崖的北部很快形成,接着,17 时 13 分许,Ⅱ区的全部土体滑动下来,17 时 20 分,下方的土体也一起流下来了。

这段时间的情况,住在汤谷住宅区的小杉繁雄氏,从 17 时至 17 时 10 分摄下来的照片可以看出。

另一方面,在收费公路 1 公里+70 米处观测 H 钢桩变位的企业局职员观测到 17 时 10 分为止因看出这里的危险而停止观测,H 钢桩的观测工作因此无法联络,17 时 17 分退入汤谷住宅区的集合点,然后企业局的职员在 17 时 20 分看见了土块静静的流下来,H 钢桩可能也是这个时候流下来的。后面的断面图所示滑坡区末端部标高 520m 以上的地面倾斜较缓,以下的地面较陡,向汤谷住宅区倾斜。因此,从住宅区侧见到的被挤出砂土,是在斜面上部的土砂涌下来,陡坡上的新滑落崖的形成,如同地皮一层层的崩落,这些土砂和陡坡下部合在一起挤出来。

这些土砂袭击住宅区的情况,电视已播送,支持住宅的基础破坏了,在这里三幢住宅重叠起来。

接着,5 时 30 分左右挡土墙上部的Ⅲ区开始崩塌,其滑落崖在挡土墙上部的山腰可以看见,山上方移动的崩塌的规模急速地扩大,其崩塌刚开始Ⅳ区崩塌还没开始,Ⅲ区的土体沿着斜面下滑,形成约 5m 高的土墙慢慢地向养老院挤压下来,这时,尚有养老院的几个人站在门口眺望山上的情况,没有意识到需要招呼避难的样子。挤压养老院的土体好像是巨大的推土机把 2~3m 深的表土掀起压了过来。泥石流的前锋把表土及草木给推起来的情况,钢筋混凝土二层楼的养老院也连基础一起给推上来,泥石流的速度像老人慢慢走路的程度那样。

5 时 35 分许,滑坡区中心的Ⅳ区开始崩塌,连续崩塌波及到上部、滑坡的滑动达到正规化,料金所前面的耕地突然凸起,主要的滑坡崩塌地在标高 560m 以上部分,崩塌是从下部开始然后波及上部的形式发生,崩落下来的土体,把地表面以下数米给挖起来向汤谷住宅区南部流下去。

滑坡地区大崩塌后的北端落崖及东部边缘的情况,从远处看滑落崖,可以见到幸免崩落的电设转播塔,还可以看到这个滑落崖下崩落的道路的原状。大崩塌前设置的“这里有段差”牌,标志反而原封不动的保留下来。从滑坡区中央部以上崩落的土砂,一部分在山侧小滑落形成的完整段差,这断错接近东西方向。还有,图—1 的平面图,用细箭头表示滑坡区上建筑物的移动状况,各滑坡区的移动方向用粗箭头表示,由此,可以认为滑坡的主要方向是 A—A 线的方向。

4. 滑坡区周围的地质和凝灰岩的特性

滑坡区周围的山体是由裙花凝灰岩构成的,在地附山的山顶才有蒙上火山灰而未风化的凝灰岩露头,发生滑坡的山坡的基础就是由凝灰岩构成,它的风化层上面堆积有 20m~40m 厚的凝灰岩质崩积土,主要的滑坡面是在风化凝灰岩层中。

裙花川、土尻川流域的第三纪层滑坡,在此之前,被称为高府层、小川层的泥质岩地域发生滑坡较多,而在裙花凝灰岩发生滑坡还没见过,但是,斋藤曾指出,滑坡集中发生在标高 600m~900m 的侵蚀平面(大峰面)的边缘部。地附山山顶面也是这大峰面之一,因而,可以认为这次滑坡也是在长野县北部的第三纪层滑坡,但是,到目前为止被认为不会发生滑坡的凝灰岩山体为什么会发生滑坡,这是一个问题。

关于滑坡的地质问题,进行过调查的报告摘要如下:

a. 在旧滑坡区上的新滑坡

地附山周围的山体,分布着古代发生过多处滑坡的崩积土,其中在这次滑坡的东南面山坡,看到崩积土斜面上有两段旧滑落崖,可以认为在过去最少发生过 2 次以上的滑坡。

上部滑落崖,在地附山山顶下,能直到线形构造,在这周围地沟状龟裂发达,推算这古滑坡大约发生在高位段丘面刚形成不久约 40 万年前。另一次,根据滑坡中段有不明显的旧滑落崖推算,从这以下到汤谷住宅区上位面分布有旧崩积土,根据从这崩积土最下部采集来的 ^{14}C 年代推算,可认为这旧坡发生在约 28000 年前。古滑坡比较明确有这么两次。根据崩积土内的钻孔调查,不可以推断出更多次数的滑坡发生过,像这样的滑坡,在这崩积土斜面上连续发生过数次。

在这滑坡区,近 100 年来也有活动的形迹,北泽在滑坡区上部的红松的年轮调查结果是:20~50 年前及 80~100 年前期间,年轮偏心显著,说明这段期间内滑坡的活动活跃,可以说从这 20 年进入休止期,这山体就是潜在滑坡的山体。

b. 裙花凝灰岩层

裙花凝灰岩层是新第三纪后期中新世的海底喷出物(约 2000 万年前)堆积而成的地层,岩相可分下部层、中部层、上部层。如赤羽的层序表(图—2)、地质图(图—3)所示,裙花凝灰岩层下部层以白色细粒凝灰岩为主体、以及凝灰角砾岩,火山角砾岩、溶岩等组成,岩质都是

流纹岩质。下部层的上部的轻石质细粒凝灰岩,在滑落崖东部的收费公路崩落末端部能见到。它是滑坡斜面的最大部的基岩。

中部层以黑色泥岩层和火山碎屑岩互层为主体,而黑色泥岩层的厚度是变化的。能夹住火山碎屑岩的岩质是轻石凝灰岩,凝灰质砂岩等所具有的。存在泥岩层上下的层状轻石、凝灰岩层,全部有显著受到蒙特石化,呈桃红色、白色、褐色等的粘土化了。这中部层成为滑坡的主要滑动面,蒙特石粘土的存在,是造成滑坡的主要原因之一。

裙花凝灰岩上部层是中部层的匹配重垒的轻石凝灰岩层,包含多层的轻石,包含直径大到5cm大的,这些多是层理面平行的方向,能看到轻石和基质部有明显的变质,地附山山顶部及滑落崖上部是由这上部层构成的。

c. 地质构造

滑坡区的地质构造,从全体上看,盆地侧差不多是下位地层,西北的山侧差不多是上部地层,不过,从滑坡区东部滑落崖向山侧看法,裙花凝灰岩层走向为 $N50^{\circ}E$,以倾斜 $20\sim 40^{\circ}$ NW向山侧倾斜的单斜结构。因此,在滑落崖处有裙花凝灰岩下部层露出。但是,滑坡区内,滑坡面下分布的裙花凝灰岩层中,下部层是以 15° 向盆地侧倾斜。因此,滑落崖脚下附近存着断层,这个地附山断层是滑坡区外看到的线形构造的连续,断层的方向是 $N50^{\circ}E$,断层和山侧的走向大致一致,滑落崖脚下和滑崖落平行的断层。与旧滑坡有密切关系,和这次滑坡有关系,地下水流动的影响不明显。但是,滑坡区内的裙花凝灰岩形成约 15° 的流动盘,以及中部层的泥岩的上下夹有数枚的变质粘土层,这都给滑坡的发生提供了方便条件。见斋藤的滑坡断面图(图—4)。

d. 裙花凝灰岩的变质

在滑坡区内的塌积土中,地表及钻孔中心处能广泛看到结晶度高的蒙特石(A)。降雨后的滑坡区内,各处象白花开了一样,折出软的糊状的蒙特石。渡边、山田的调查结果中,这种蒙特石(A)的分布,在滑坡区内到处都有,这暗示着和滑坡的发生有密切的关系,在滑坡区以外只看到2例。

滑坡区外的裙花凝灰岩层,从下部层到上部层普遍的存在着结晶度差的蒙特石(B),它的成因可以认为依存着凝灰岩的化学成分,可以看成是根据续成作用而生成的东西,根据续成作用,可以说是火山玻璃,一部分长石类的蒙特石化合而成的东西。

对此,上述的蒙特石(A)是根据热水作用而生成,但是,这在裙花凝灰岩上部层看不到,只有在中部层和下部层才看到,可以认为是在上部层堆积以前的热水作用而成形的东西,或者中部层的顶岩石的作用涉及不到上部层。

这种含有多量蒙特石(A)的粘土富有粘土性,且吸水性、保水性、膨胀性显著。在(图—5)的塑性图上可以看到这个性质的一端比表示普遍土的A线高一段,在滑坡区内的采取的试料中,液性限界为580%的情况也是有的,这可以看出蒙特石特性。试料土的细粒部分中可根据蒙特石含量来决定液性限界的值。

在滑落崖近处设置的集水井,从滑动面下采取的适量中部层完整的试料的试验结果是,压密试验时低荷重区域范围内有显著的膨胀性,而且三轴试验是,过压密土的压密非排水试验有效应力强度常数 $\phi=15^{\circ}$, $C=5\text{tf/m}$ 。据此,60m深的滑动面的相应强度常数 $\phi'=15^{\circ}$, C'

$=10\text{tf/m}$ 用此来进行安定计算,采用滑坡前观测到的地下水位,能说明滑坡的发生。和通常的滑坡不同,若不采用完全软化强度或残留强度的话,不能说明其安定性,可见成了主要滑动面的裙花凝灰岩中部层在滑动面有大量的蒙特石粘土起了大的作用。

5. 地下水的状况

大崩塌前的滑坡区,从滑坡的上部到东部边缘有数处涌水和湿地存在,其涌水点如图—6 所示。特别是最上针形曲线内的涌水几乎是终年不停,1982 年设置了地表排水沟,这地点的钻孔中,在地表下 8m 以下见以 7m 厚的腐蚀土层,这可以推测到存在着集水的谷地。还有,处在这块沼泽出口东缘钻孔 59—3,如图—7 所示,1984 年 7 月因降雨而地下水位从—30m 上升了 14m,1985 年 6 月上升 23m,这时伸缩器 A 也移动了,由此可见,这个地点的地基内存在着降雨后受压的地下水。

还有,在标高 600m 附近的第二发针形曲线湿地处,也存在着虽然量不大但连续不断的涌水。还有,1984 年末作为对策的一环,从Ⅱ区中央起总长达到 310m 的范围内设置了 4 个水平钻孔,如图—8 所示,这些钻孔在融雪期和降雨后排水量不断增加,特别是从 1985 年 6 月后,最大排水量达到 200t/分。

由此可见,地下水集中地存在滑坡区的北端部,沿着旧鬼潭往下流动,熊井在“大崩塌发生前的地下水面复元的结果”中也提出在旧鬼泽上流部存在着地下水谷,还有,从滑坡区的边缘到寿壮也存在着较宽的地下水谷地。因此见可,地下水在整个滑坡区普遍地流动着,而且地下水谷在降雨后水位显著的上升。

再者,成为引起滑坡的导火线的梅雨,6 月份 273mm,7 月份 253mm,合计 526mm,这雨量不论是 6 月份还是 7 月份都是 30 年来最大值,合计值也是 30 年来突出的雨量,梅雨季的雨量,在 1963 年 73 天中共 521mm 的记录,而 1985 年 37 天中有 449mm,成为观察史上的第二位记录。

6. 滑坡变态的测定记录

在滑坡区内,大崩塌前设置了 6 个伸缩计,虽不能说是很充分,但也能最低限度的记录下来,还有道路的下沉,水平移动量及舌端部的崩塌前的滑坡变态过程的记录。

a. 伸缩计的记录

伸缩计的配置状况如图—6 所示,六个伸缩计(A~F)的记录如图—9 所示,伸缩计 A 从 1984 年 6 月开始观测,到 1985 年 6 月为止的观测记录见图—7,由图可见,在 1984 年 7 月约有 100mm 移动量,1985 年 3、4 月融雪期有 110mm 的移动量,6 月 24 日开始移动量急增。

图—9 为在上部滑坡落崖安装的 B、C、D 伸缩计,从 7 月 18 日开始,移动量急增,而且,不论是哪个伸缩计都在 25 日~26 日移动量急增,使伸缩计 A、D、F 成为不能观测,到 25 日为止的观测记录,按斋藤的 3 次徐变理论应用于崩塌预测也得不到好的结果。

b. 道路的下沉和移动等的记录

1.8km~1.9km 区间的道路下沉显著,7 月 18 日开始对路面下沉进行观测,其观测结

果如图—10、11所示,图—10表示沿道路延长方向的下沉经过,表示了其中最大下沉量处1.8+20m下沉的时间经过。同样,在滑落崖附近处下沉量日益加快,18日~26日8天中,下沉量达到2m。

另处,在0.8km~1.1km区间,从7月16日开始进行道路的平行移动观测,这是承担对策工程的建设公司作为工程安全管理,自己设置的观察点,作为判断滑坡活动情况,收集以前没有得到的资料,由观测点位置及移动的经过,可见出滑坡的移动是滑坡区的东缘最大,西缘是东缘的一半并渐渐变化。

市水道局在标高560m处对产生舌端部挤出移动量进行观测,根据观测结果,于26日把这下面的配水池的水抽掉,如果这水没有抽掉的话,滑坡的危害可能会更大。

c. 临近大崩塌前的记录

7月25日开始,滑坡的移动急增的情况从图—9可以见出,因此25日夜开始采取了彻夜警戒的措施,伸缩计F和H钢交错处进行观测,根据这些记录资料,可见到25日夜开始进入3次徐变领域,斋藤按徐变曲线预测塌时刻,使用了接近预测和精密预测2个方法。

7月26日,零时以后,变位越来越快,根据这个现象,9时、10时等等,加密到每小时一次新的资料用于近接预测的方法。特别是12时以后的预测,崩塌的预想时刻是16时~17时30分间,其变动幅度也很少,接近于实际崩塌时刻17时。可以说在实际应用上有充分的精度。另外,在展望台伸缩计的记录,得出图—15,到14时为止的预测,得出崩塌时刻是16时20分~18时。

在半对数纸上进行了精密预测,得出八时后的情况,不论哪个图,接近直线处,崩塌假定时刻都是17时,和实际是一致的。

齐藤指出根据3次变型理论进行塌方预测,若预想一定要塌方,在还没有发生塌方的时候,要注意重新表明的结果,在塌方假设的条件成立,它能够是预测发生时间的方法。

还有,最近提出了在崩塌预测方法中应用移动速度的倒数。纵轴的移动速度的倒数为移动1cm所需的时间,绘制速度倒数曲线,当速度倒数为零时的时刻为崩塌时刻,这是个很简单的方法,这个方法的图示原样是跳动的结果,当接近快崩塌之后就具有直线排列的性质,表示方法极简单,作为概略的预测是很方便的。

如上所述,关于这次滑坡有各种变状的计测,特别是7月25日深夜以后观测的H钢的变位及展望台伸缩计资料,用来作为崩塌时刻的概略预测是已经实现了。

这次滑坡的变态观测结果集中在一个地方,如何恰当地配置技术人员,在滑坡活动的判断方面作出有效的板样作得不够,这都是遗憾之处。在1984年的长野县西部地震时,堵塞王泷川的泥石流堆积物,没有及时的清理而引起的大后患。今后对于灾害,在事前,事后,根据资料作出正确的判断和确实的组织,这是上重要的课题。

这次大崩塌前,包含笔者在内的几位研究者正在现场进行滑坡调查,但是,只是目睹滑坡的实景,没想到会发生大崩塌,为了做好滑坡的预测工作,变态的观测如何地重要,应重新教育。

7. 收费道路的影响

随着滑坡的发生,有一个问题被提出来:就是道路的建设是滑坡的原因,关于这个问题想提出到目前为止调查的结果。

通过汤谷住宅区山边的鬼泽到达滑坡区东缘,鬼泽的支流通过收费道路 1.6km~1.9km 区间的发针形曲线内的谷地。在这谷地进行建设之前钻有钻孔(C—1),确认这里在深—8.4m~15.3m 处有厚 6.9m 的腐蚀土层。也就是说,这鬼泽的上流部的谷是长年不断地渐渐埋起来。1964 年建设有料道路时,采用什么样的工程好呢,根据当时的设计图进行调查,这附近的填方区间洼地的最大填方值 6—7m。

1.8km 处,可以推测到当时就是沼泽地,所以在道路建设时在 18m×18m 的范围内,铺设了厚度 50 厘米的石笼,其上方铺设 10cm 粗砂,然后才填土,石笼的集水是设置了直径 30cm 长度 68cm 的排水管进行排水,可见道路建设的同时进行了充分工程处理。

还有,在 1.5km+20m 的展望台处的填土段埋设了横向排水管。不过,道路建设完后不久,在道路靠山侧凹地处,利用工程弃土修建了汽车停车车场。根据当时的工程照片,在洼地处沿着泽地埋设了称为多孔管,连结道路横向排水管,但是,在道路建设时虽然把洼地埋填了,设置了常识的排水工程,但没认识到由于填方会堵塞了沼泽。

另一方面进行了大挖方地段是 0.7km+500m 处,设置了混凝土挡墙,这里最大的挖方深度是 9.2m,设置了挡土墙。这挡土墙的一部分成为滑坡末端的一部分,而且这里也是由于滑坡而产生最初变态的地方之一。所以这块挖方对滑坡造成不良影响,这是不能否定的。但是,从滑坡的全体规模上来看,只在这块挖方的一部分上寻找滑坡的原因是困难的。

一般情况下,道路建设造成滑坡的话,填方或挖方是造成的原因的话,那么填方或挖方的旁边将有崩塌产生,而且在工程完工后 2~3 年内也有变态发生。从断面图(图—4)来看,这道路的填方及挖方对改变发生滑坡的这斜面的形态只有稍少的作用,没有大的变化,挖方及填方的规模比起滑坡的规模小得多,因此可认为道路的建设对滑坡的影响是很少的,而且这条道路建后到现在,已经经过了 20 年的时间,最初的预兆如果认为是 1973 年的话,也是在道路建成后经过 10 年的时间。从常识上可认为这条道路没有影响,其他如砍伐森林修建道路,所谓雨水很快地流出造成洪水,所谓恶化雨水向地下浸透助长了滑坡,都不成立。

以上是作者的看法,从下面几点看出道路的建设是滑坡的导火线。

(1)道路建设时,在 0.8km 及 10.8km 处进行了最大高度为 9.2m 及 5.2m 的斜坡挖方工程,这地点正是滑坡的最初变态发生的地方。

(2)斜谷部填土的影响,谷地有沼地的地方,18m×18m 的范围敷设石笼,排水管及填方。还有展望台及停车场的谷地设置了暗渠排水,但是,这些排水设施长年间发生堵塞,重型机械的来往也有使其损坏的可能,地下的排水机构发生了变化。

(3)由于道路建设,汇水面积扩大 2 倍,破损了的侧沟造成更多的雨水流入滑坡区。

关于这些不同见解,今后更进一步讨论的必要。

8. 滑坡的原因

关于滑坡的原因,根据 4~5 节所述有如下几点:

- (1)这个斜坡过去曾连续有过几次滑坡。
- (2)在地质方面是裙花凝灰岩的基底,其中部层夹数枚遇到热水变质的弱粘土。
- (3)其中部层在滑波的中央部形成流盘构造,提供了容易发生滑坡的条件。
- (4)变质粘土含有大量的蒙特石,极为软弱。
- (5)地下水的流动形成地下水谷,降雨时谷部发生高水位的流动。

而且,关于直接的诱因,可以说是大量梅雨。但综合考虑这次滑坡的变态经过,可以认为是这次具有破坏性而且大变形的滑坡的原因,不是在一次长雨或融雪上找原因,而 1973 年以来经常下雨,一点一点的滑坡变态积累起来,而到了这次发生滑坡的条件具备的原因。

1973 年以来,几乎每年都发生了稍少的变态,道路不断进行补修,1981 年以后变态显著起来,滑落崖徐徐地扩大着。滑面附近存在着蒙特石粘土和变态的进展一起,使强度降低而形成滑动面。长时期的变态纪录保留下来只有伸缩计 A,其变态的速度是:

1984 年 5 月	1. 1mm/日
1984 年 7 月	3. 2mm/日
1985 年 4 月	1. 9mm/日
1985 年 7 月上旬	10mm/日
1985 年 7 月下旬	51mm/日
1985 年 7 月 20~23 日	94mm/日

除了融雪时候,移动量是加速进行着。其各种降雨量的影响有差别。总之,这样移动速度每当变态的发生都加速 b 移动速度。

1973 年以来稍少的变态发生,而后 1981 年以后有明显的变态并形成滑动面,到 1985 年 6 月长期下雨成为导火线,加速变态,1985 年 7 月 20 日以后的降雨成为最后促使滑坡的直接因素。

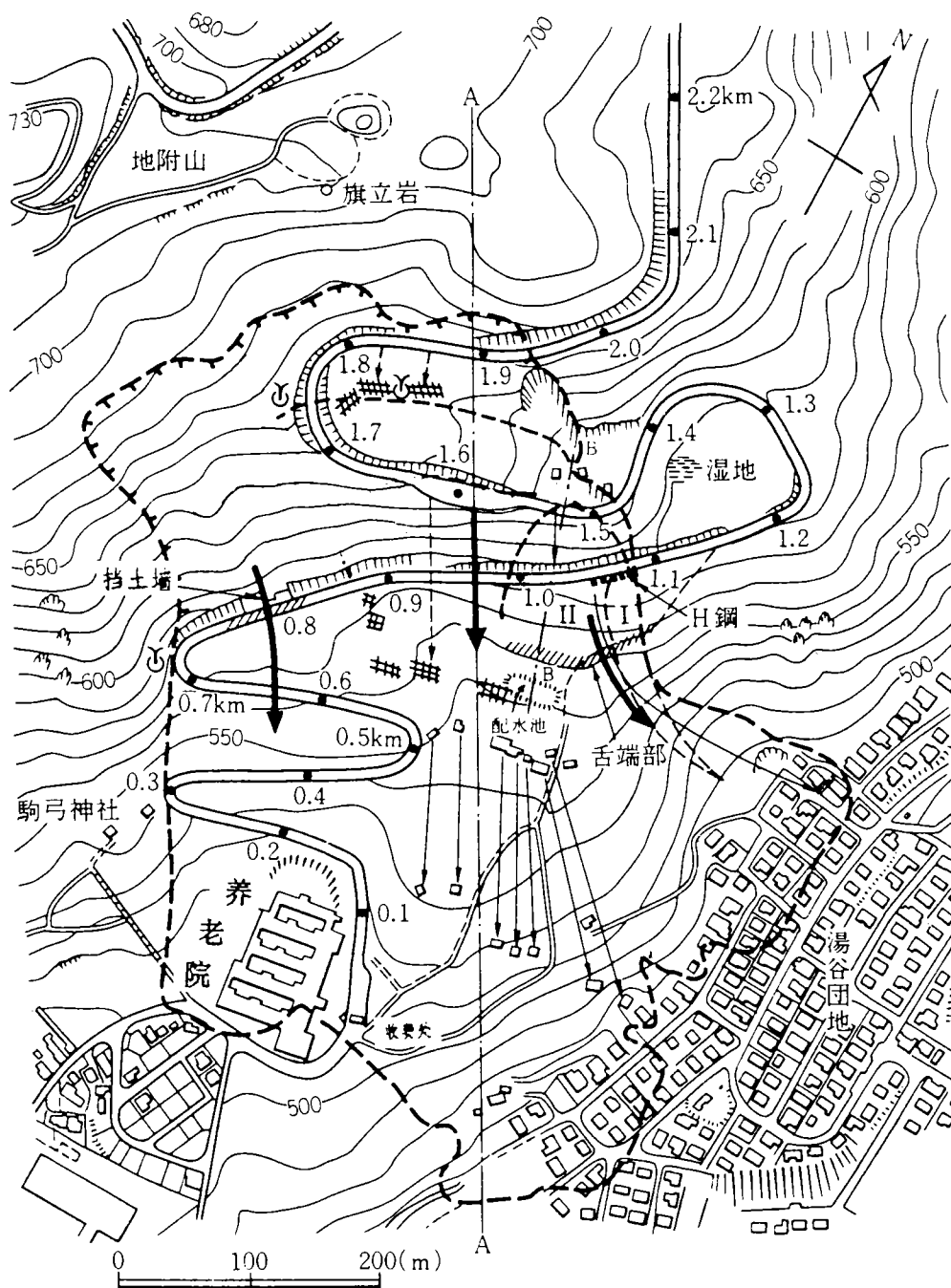


图1 滑坡区平面图

地质时代		地层名		柱 状	层厚(m)	岩 相
第四纪	全新世	新崩积土			5~30	滑坡堆 积物(泥、砂、凝灰岩角砾)
	后期更新世	古崩积土			5~10	滑坡堆积物(泥、砂、凝灰岩角砾)
		崖 堆			5~30	凝灰岩角砾·流纹岩角砾
		南乡层			10~40	砂、砂砾、粉砂
新第三纪	后期中新世	裾花凝灰岩层	上部	SU5	70~100	块状轻石凝灰岩(上部砂质、分层发达) 块状轻石凝灰岩(含黑云母、角闪石) 火山砾凝灰岩 白色细粒凝灰岩 块状轻石凝灰岩·火山砾凝灰岩 轻石凝灰岩(下部块状、上部层状)
				SU4	80~100	
				SU3	10~30	
				SU2	80~100	
				SU1	50~60	
				中部	SM	
	中期中新世	下部	SL		300+	白色细粒凝灰岩(黑云母散在) 凝灰角砾岩 火山角砾岩 下部溶岩
	中期中新生	浅川泥岩层			100+	暗灰色块状泥岩

图 2 地附山滑坡区周围的岩层 赤羽(1986)

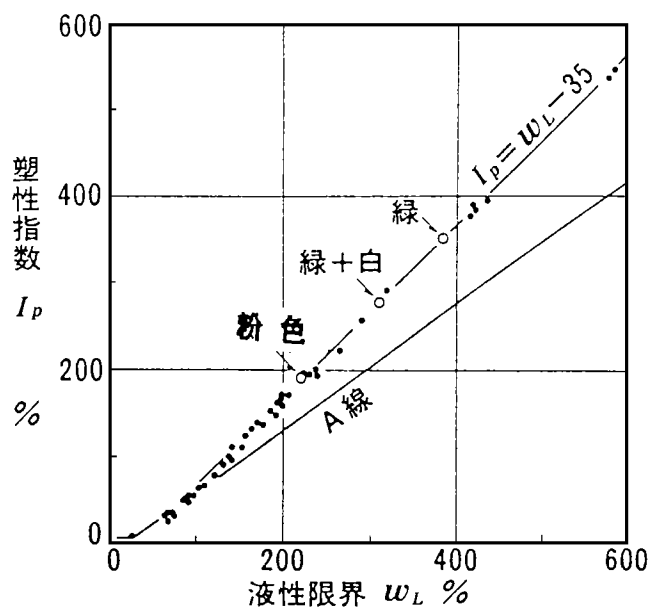


图 5 裙花凝灰岩的塑性图

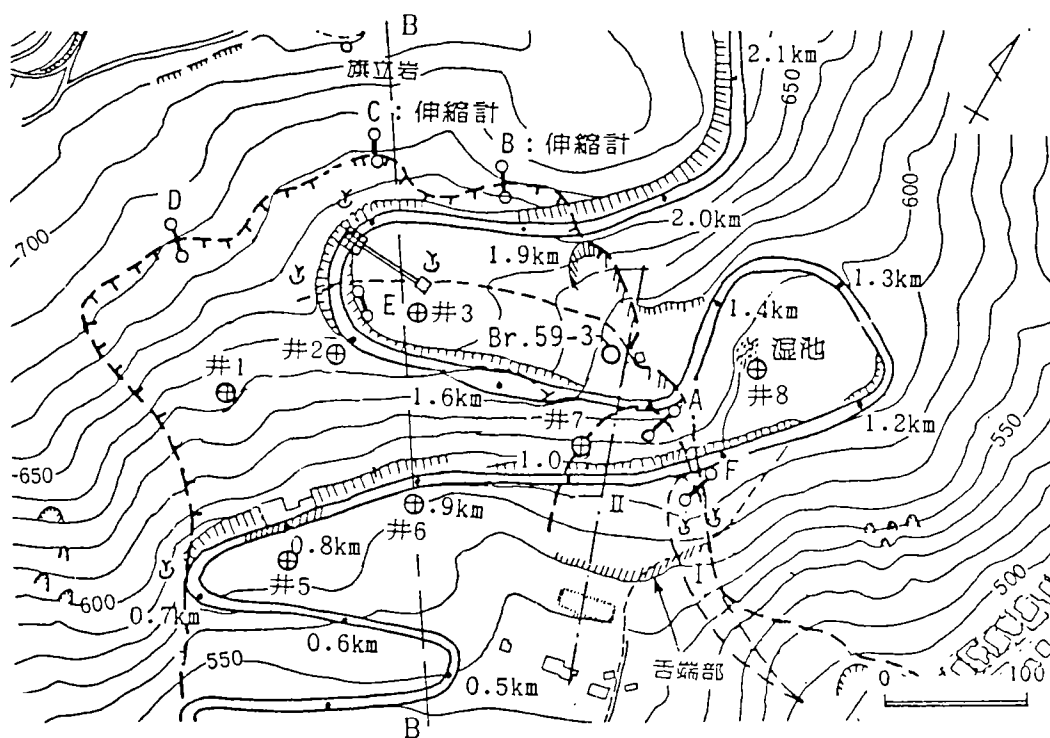


图 6 涌水地点和伸缩计的配置

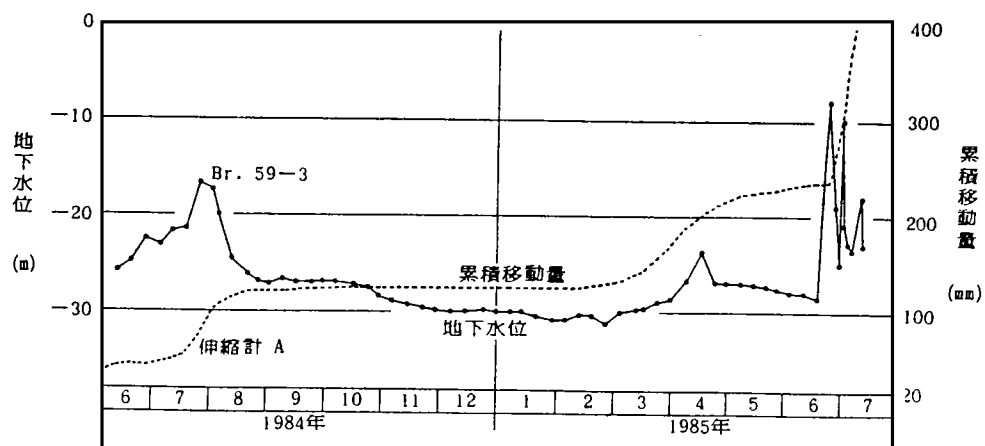


图 7 地下水位的上升及移动量的变化

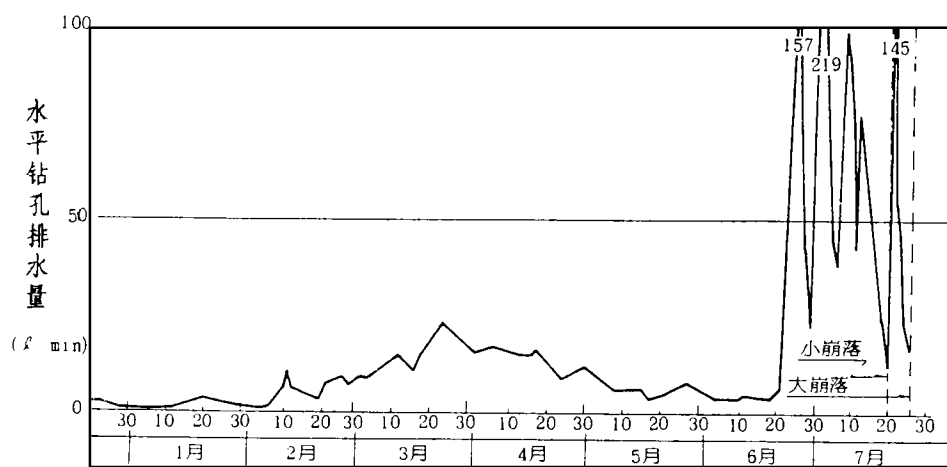


图 8 涌水量的变化

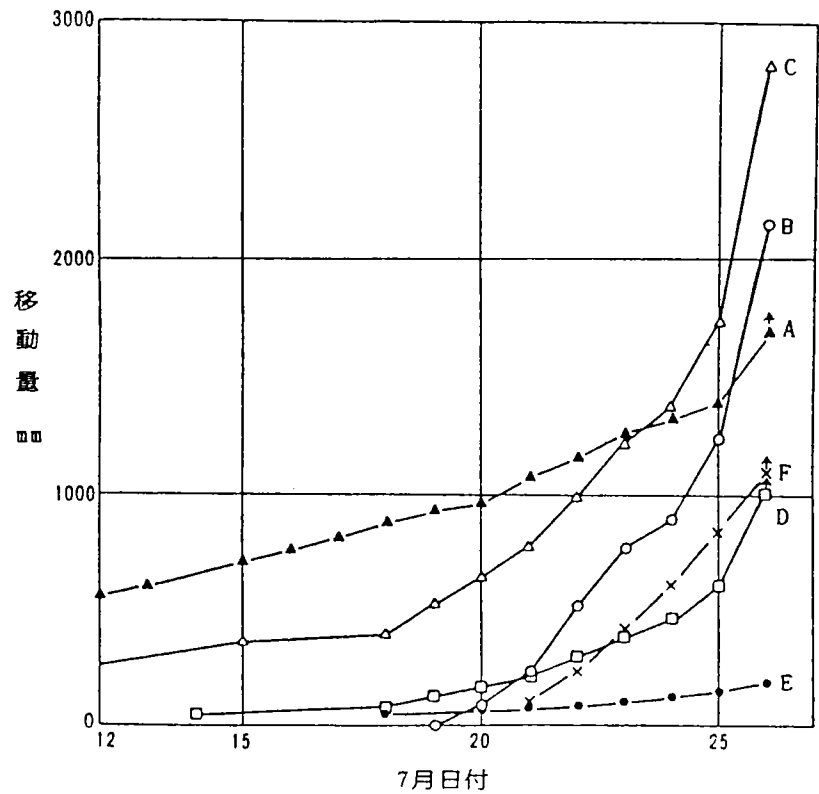


图 9 伸缩计移动量(箭头是以上的意思)

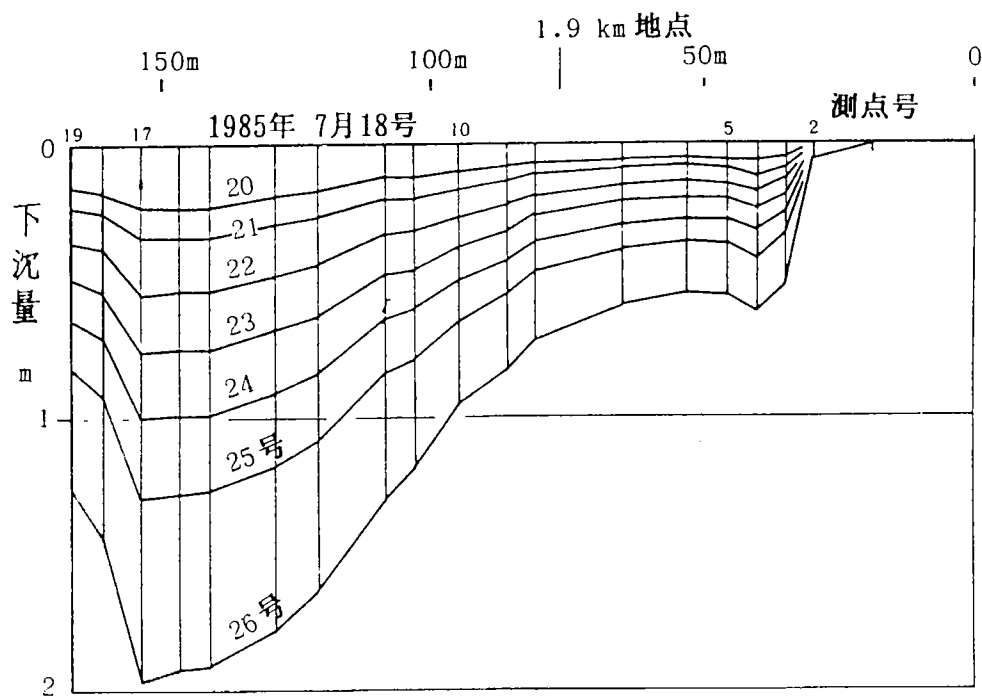


图 10 1.8km~1.9km 附近的路面下沉

