

新滩滑坡滑动机制的探讨

李 绍 武

(国家地质矿产部)

一、基本情况

新滩滑坡位于长江西陵峡北岸,属湖北省秭归县的龙江区新滩镇。该滑坡发生于1985年6月12日凌晨3时45分。规模较大,总长约2,000余米,滑床深度20—60米,平均40米左右,宽约400—600米,总方量达3,000多万立方米。滑坡中上部呈南北方向分布,中下部呈近于北东45°方向伸入长江水中。入江总方量约200万立方米。当土石冲入江中时,激起涌浪高达50多米,冲打着对岸浪花达90多米。滑坡体由巨石、块石、碎石和粘性土等物质混杂组成,滑前为一古崩滑体。由于顶部因采煤和风化作用,使陡崖岩体不断崩落,堆积在古崩滑体上,增加了顶部自重力,经过数年的蠕变变形后失掉平衡而骤然滑动。滑动面可能为基岩面。

新滩滑坡所造成的损失是巨大的,但由于预报准确,滑前将居住在滑坡体上的457户共1,371个居民全部撤离危险区而无一伤亡。只是因部分滑体冲入长江时,将上游香溪镇至下游九湾溪之间的机动船13艘、木船64只击毁和击沉,船上死亡10人,伤8人。该滑坡摧毁房屋1,569间,毁田780亩,其他牲畜财物等也损失严重。

二、地质背景

新滩滑坡处于长江三峡中的西陵峡地段,距三峡水库三斗坪坝址约27公里。地区内山高谷深,滑坡西侧为一向西倾斜的单面山,称为黄岩山体。该山体与对岸的链子崖遥遥相对。黄岩山体是一个高达400多米的悬崖陡壁,南部为鲤鱼山,北部为广家崖。黄岩山体是由二叠系(P_1^{1-2} — P_2)的灰岩,二叠系(P_1^{1-1})的马鞍煤系,石炭系(C_2)的黄龙群灰岩,泥盆系上统(D_3)的砂岩,泥盆系中统(D)的石英砂岩,志留系(S)的砂页岩等地层组成。广家崖崖顶略平,岩石节理裂隙发育,风化破坏严重,经常有巨大岩块崩塌下来,经第四纪以来的长期堆积,在崖下形成一个近于南北的古崩塌堆积体。新滩镇毛家院、姜家坡就在个堆积体上。堆积体的平均坡度为10°—40°。崩滑堆积体在姜家坡以上宽约300米左右,下部的新滩镇长江边一带宽约1,000余米,在堆积体的东部分布着志留系的砂页岩,形成平均坡度为30°—60°的低缓山岭。

新滩滑坡位于黄陵背斜之西翼,在西约5公里处有仙女山活动性断裂带,在东约2.5公里有横切长江的九湾溪断裂带。其中仙女山断裂带展布于黄陵背斜西南,北起秭归县的皂角村,经荒口、老林河、都镇湾,南至渔洋关,全长80—90公里,总走向为北西15°—25°,倾向南西,倾

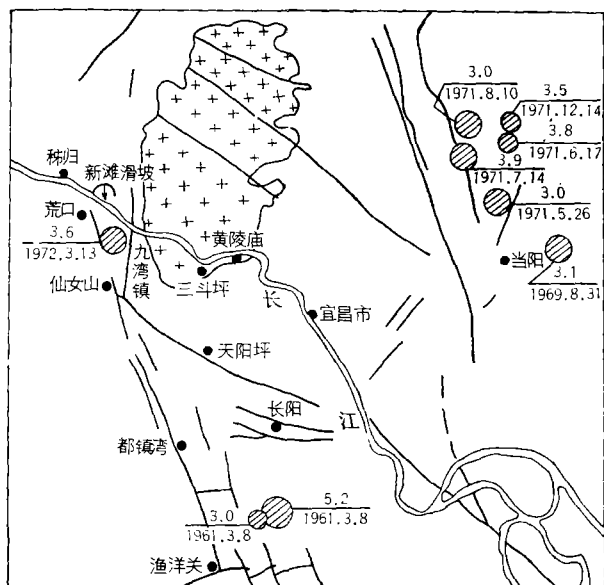


图 1 新滩滑坡区域地质构造及地震略图

有107个，总存储量有6.27亿吨。有些地区由于煤矿的开采破坏了上部岩体的稳定性。三峡地区为暴雨区，年平均降雨量达1,016毫米，降水渗入地下增加动水压力，或以泉水出露于地表。在新滩古崩滑体的中下部就有数处泉水点。以上地质背景为新滩滑坡的发生创造了有利条件(图1)。

三、变形特征

新滩是长江三峡中比较有名的险滩，给过往船只带来很大困难。该处自古以来就是岩崩、滑坡频发地区。公元100年、378年、1030年、1543年、1558年、1923年、1936年皆发生规模不同的滑坡和崩塌，其中尤以1030年和1543年发生的滑坡较为严重，造成了堵江断航21年和82年之久。在解放后于1958年、1964年、1977年、1981年和1982年都曾发生过方量由1,000立方米至20万立方米的岩崩。古崩滑堆积体由于长期接受广家崖陡壁风化剥落和崩塌下来的块石、碎石、泥土等物质，使其厚度加大，顶部重量增加，堆积体的土石疏松，受重力作用小崩小滑屡有发生，古崩滑体不断发生形变。在1964年，广家崖曾发生10万立方米的岩体崩落，并开始发现在姜家坡一带有变形迹象，沿陡坎附近出现北东向的大裂缝数条，使附近农民的住房开裂，1980年雨季在坡的前缘陡坎处发生三个塌滑体，总方量达2万余立方米，同时原裂缝伸长，呈北东向70°延伸，长达300多米，使土体发生松动，体积达15万立方米，从此姜家坡以上地段的变形逐渐加剧。早在1964年

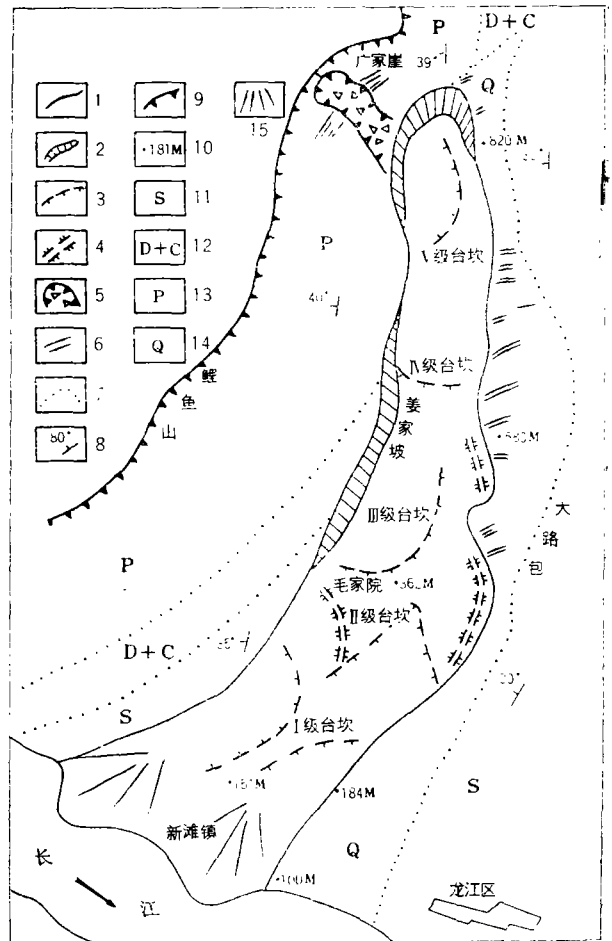
角60°—80°，由一系列雁行排列的断裂组成。断裂面平直。断裂带南段的断裂破碎带宽度约20—30米，为张扭性断裂，晚近期活动明显。1961年宜都潘家湾曾发生5.2级地震。九湾溪断裂带近于南北方向展布，长约30公里，也为张扭性断裂。该断裂切穿下古生界和白垩系—第三系地层，在沿线岩体崩塌现象发育，附近第四纪堆积体变形明显。

三峡地区在历史上曾多次发生地震，如1935年8月10日的湖北松滋4—5级地震；1961年3月8日的潘家湾5.2级地震；1969年1月2日的保康马良4.7级地震，同年8月31日当阳育溪的3.1级地震；1971年5月26日的当阳庙前3.0级地震，6月17日远安互会发生3.8级地震，7月14日的3.5级地震，8月10日3.0级地震，12月14日的3.5级地震；1972年3月13日秭归周坪3.6级地震，1979年秭归的5.2级地震。由于地震活动和其它因素的影响，促使三峡地区的滑坡山崩和泥石流不断发生。在长江三峡地区分布着二叠纪的马鞍山煤系地层，一般开采条件较好，大小矿区

出现的裂缝的南侧,开始有明显的下沉,断距达2.5米,在姜家坡的东西两侧也出现有弧形裂缝。在以上大量形变迹象出现以后,裂缝年年扩大,至1984年两侧的弧形拉裂缝已完全贯通。于1985年4月初,后缘高程为700米处的裂缝被拉开20厘米,裂缝南侧下沉0.5米。在标高为650米处的裂缝张开2米,下沉3—4米,后缘与广家崖接触处的堆积体下滑5—6米。1985年5月17日降小到中雨时,在标高550米以下的西侧沟槽中曾发生过小规模泥石流;6月9日在姜家坡后缘,呈北东50°—60°的拉裂缝的数量显著增加,并出现有下沉现象,前缘高程550米处小坍、小滑不断出现,并可听到喀喀的响声,在毛家院高程为380—400米处地面有鼓胀现象发生,在高程为620米的公路上有人感到有一股热气流从后缘方向吹来,滑坡体的东侧并出现开裂和下沉,6月10日凌晨4点15分钟时,姜家坡前缘沿高家岭西侧发生了60—70万立方米的崩塌,并向下滑动。有一民房向南滑移60余米。在滑前5分钟时,于新滩镇北约150米处有地下水喷出地表,水头高达8—9米,并有涌沙现象。以上变形的产生,说明了古崩滑体已在不同程度的往长江方向滑动,而且首先是姜家坡以上的古崩滑体在给姜家坡至毛家院的古崩滑体施加压力,因此产生鼓起现象。当毛家院的土体支撑不住姜家坡至毛家院的土体时,即与上中部的土体同时向长江方向猛烈滑动,从而形成新滩古崩滑体的再次整体滑动。新滩滑坡形变特点是,首先缓慢地发生断续的小弧形裂缝,而后数条裂缝连通构成大裂缝,并产生下沉,开始蠕动下滑,一但有了触发因素,立即发生滑动。

四、形态特征

新滩滑坡发生在广家崖和大路包之间的山前古崩滑体中。滑坡分布方向分两部分:毛家院以上呈近于南北方向,以下为北东45°方向,呈一向西北弯曲的弧形。从整体上看,似一株筒状。南北长约2,000米,转弯以上为1,100米,以下为900米;东西宽变化较大。后缘顶宽约125米,壁高达40—50米;中部宽约350米;下部较宽,达800多米。西侧壁高为10—40米,东侧形成挤压土埂,高达10—20米。在东西两侧都形成有一宽约20米左右的沟槽。从纵向看,滑坡体上有明显的五级台坎:第一级台坎在毛家



1—滑埂边界线; 2—滑落座壁; 3—台坎; 4—土埂; 5—岩崩体; 6—裂缝; 7—地层界线; 8—岩层产状; 9—陡崖; 10—地面标高; 11—志留系页岩、砂岩; 12—泥盆系和石炭系砂岩及页岩; 13—二迭系灰岩; 14—第四系古崩滑堆积层; 15—滑坡坡脚扇形体。

图2 新滩滑坡地质略图

院和新滩镇之间，地面高程为350米，坎高约50米，长约600多米，分东西两部分：东部坎前缘弧形中轴方向为北西向，西部坎前缘弧形中轴方向为北西向，在毛家院至新滩镇一带还有比较小的台坎。而前部台缘皆成弧形，台坎高为10米左右，在毛家院至新滩镇一带高为5—10米的土埂，以土埂为界分东西两个滑坡舌；第二级台坎在毛家院南部，标高为450米左右，坎高达40—60米，台缘内弧方向为面向长江；第三级台坎高程为560米，在毛家院部位坎高达80米；第四级台坎位于640米高程处，坎高为20米左右；第五级台坎位于滑坡体顶部，高程为820米，坎高为30米左右（图2）。

新滩滑坡坡脚部分高程为200米处出现东西两个小型滑坡形状体，在后缘也形成有小台坎。

由以上看出，新滩滑坡的形态是很复杂的：外表由巨石、碎石、块石和粘性土等物质杂乱地堆积着；在顶部缓坡部位大块石摆于地表；在台坎或陡坡部位大块石较少，为灰色或棕色土及碎石块堆积物；在坡脚部分以小碎石、块石与粘性土为主的混杂体。

五、滑移特征

新滩滑坡的滑动是特别复杂的，在当前由于未开展地质勘探工作，故有很大一部分都是推测。新滩滑坡为什么能够滑动，影响滑动的因素是什么，对这些问题根据现在所观察到的现象简述如下（图3）：

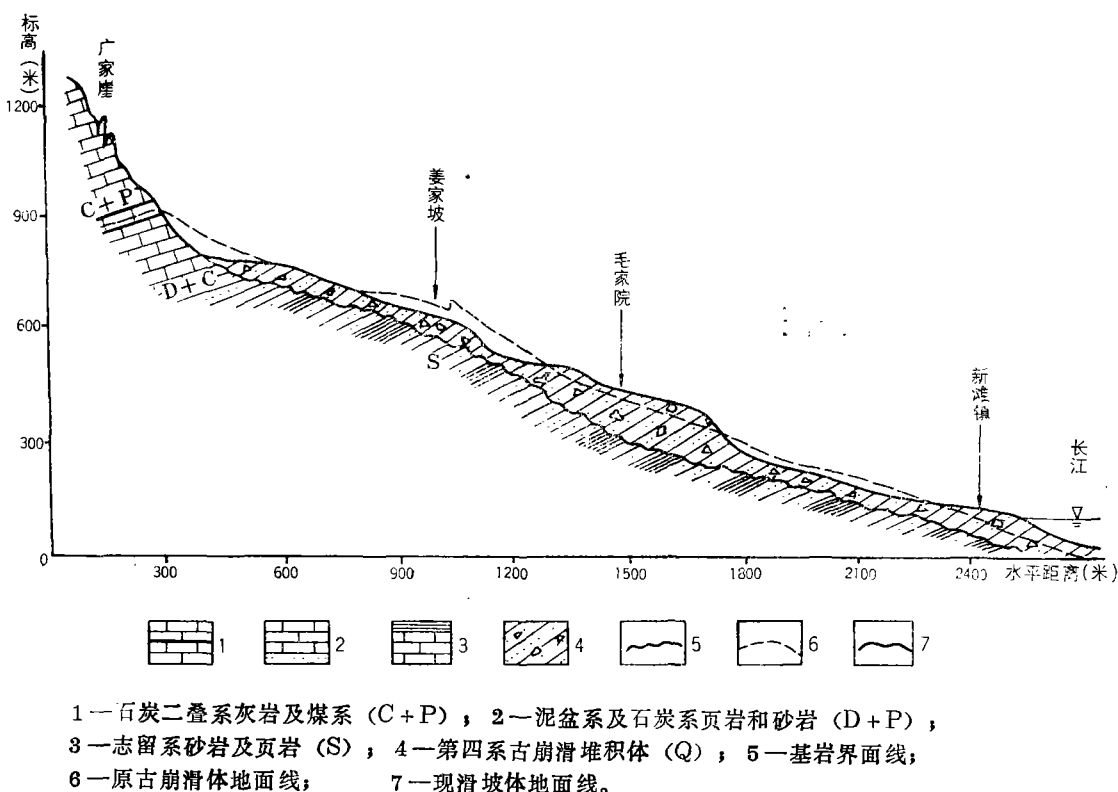
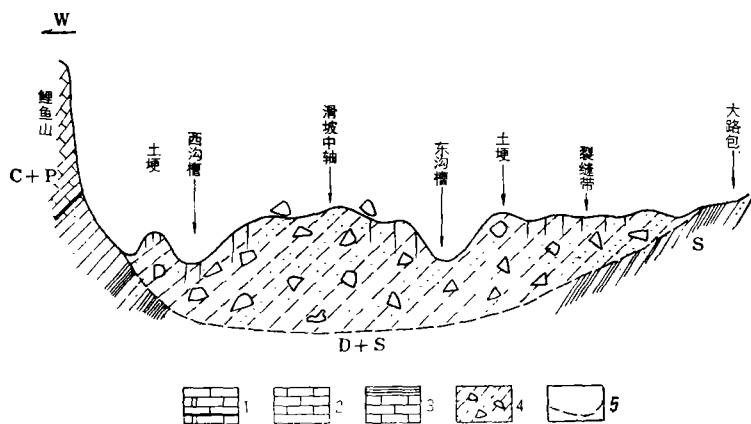


图3 新滩滑坡地质纵剖面略图

在6月12日凌晨3时45分大滑动之前,已有多年的变形累积,自5月份以来变形量增加,局部滑移速度加快。滑前在3点35分时,首先在滑坡西侧产生震动,然后出现巨大声响,随着东侧的一声巨响,即3时45分左右,发生了惊天动地的整体性大滑动,约5分钟内,从姜家坡以上冲出土石达500万立方米,其中一股比较大的石流沿西侧沟槽直冲入江,形成一条约90米长的前舌,体积约110万立方米,其余堆积在西侧沟中和覆盖于姜家坡至毛家院一带,少部分冲向东南坡下。其滑体前冲距离为200—400米不等,后缘有40—50米的座落壁。在上部滑体的猛烈推压和冲击下,使姜家坡以下约1,700万立方米土石的绝大部分产生滑移、解体,并明显地分为东、西、中三部分作不同规模的滑动变形。西部在原高家岭以西,滑动变形最为强烈,除前缘滑舌冲入江中,并形成高差为10—20米的沟岭。滑坡西侧的座落壁高为10—30米,滑动变形比东部强烈,整体的推移造成滑体东侧长数百米,高3—8米的翻边土埂。土埂西侧为一深达10米左右的沟槽和伸入江中的东部滑舌,宽度达70多米,方量为50万立方米左右。从东西两个滑舌看,在滑坡坡脚的中间部分滑动相对缓慢,因为在这个地带形成众多的裂缝、台坎,原地面的外观依稀可见,仍有两处残屋未倒。以原岩崩调查处残屋为标志计算,它向长江方向的水平位移为82.5米,垂直下落18米。按滑动面为古崩滑体与基岩接触面进行反算,得出滑动前的临界摩擦系数 $f=0.34$,凝聚力 $c=0.2$ 公斤/平方厘米。根据地震走时曲线记录及地物位移量综合分析,滑坡体的整体下滑速度不大于10米/秒,滑坡物质沿西侧沟较大,滑动速度约30米/秒。它在表面滑速较快,有的土石体被整体推下,如顶部公路处的土石体被推下500—600米;有的土石体发生滚动,在巨大块石的周围包有很多泥土,并有滚动的痕迹。由此可见,新滩滑坡的滑移特点是,顶部和西部顺陡崖下滑,中部和西部受挤压下移,底部沿基岩面滑动,表面土石体松动解体后,发生滚动式和推动式的滑移。顶部陡壁岩体节理裂隙发育,风化破坏严重,加之底部采煤破坏了岩体的稳定,使岩体发生崩落。崩落岩体堆于古崩滑体顶部,加大了顶部荷载,使姜家坡土石体失稳下移,推动毛家院的土石体下滑。这样的连锁反应,加之降雨,大量地表水渗入,水压增加,底部摩擦力减小,激发了新滩古崩滑体的重新滑动(图4)。



结 语

新滩滑坡体的滑动,是多年累积滑移的结果。据历史资料统计,大约500年出现一次大滑,在500年的时间内为积累过程,大滑后达到新的平衡;待顶部加荷量增加到平衡破坏时,又重新滑动。这就是新滩滑坡滑移的基本特点。

滑动的方式为逐渐解体,顶部1,700万立方米土石滑动后,推动中部,挖解低部,推入江中。后缘和西缘为座卧式滑动,东部受挤,产生推拉裂缝,仍保留一部分原古崩滑体,未发生滑动。

图4 新滩滑坡毛家院附近地质断面示意图

1—石炭二叠系灰岩和煤系(C+P); 2—泥盆系和石炭系灰岩和砂页岩(D+P); 3—志留系砂岩和页岩(S); 4—第四系古崩滑堆积体; 5—地层界线。