

重庆市施家梁滑坡发育特征 及变形破坏机制研究*

汪东云 张赞勋 付林森

(建工系)

提 要 本文对重庆市施家梁滑坡形成的地质背景,老滑坡、新滑坡、蠕滑拉裂区的发育特征和变形破坏特点及形成机制进行了详细分析论证,在此基础上对滑坡区稳定性作了预测评价,并提出治理措施。

关键词 滑坡, 变形破坏, 蠕滑拉裂

施家梁滑坡位于嘉陵江观音峡南口西岸牛屎沱岸坡。滑坡体呈北东向展布,东西最大长度约320米,南北宽50—120米,总面积约 2.1×10^4 米²,滑坡体总体积近 2.1×10^5 米³。施家梁滑坡原系一老滑坡,形成年代久远,因滑坡区岩体具不良地质结构和处于不利地貌部位,加之近年气象水文因素的异常变化,国道渝南公路横穿滑体受车辆震动及库塘、边沟渗水等外界触发因素的作用,近十余年间,滑体内不同部位发生不同程度的变形直至滑坡部份复活扩展,分别形成土溜、蠕滑、拉裂、滑移(见图1)。施家梁滑坡是重庆地区山地斜坡及沿两大江岸坡上广泛发育分布的具典型代表性滑坡类型,规模虽然不大,滑移速度亦属缓慢,但时时骚扰国道咽喉路段,直接威胁公路运输安全,若交通中断一日,其经济损失将以千万、亿元计,同时危及毗邻居民区、农作区及航运的正常生产。因此,对此类滑坡的研究和治理,具有现实意义,是城市建设中急待解决的难题。

1 老滑坡形成的地质背景及特征

施家梁滑坡位于观音峡背斜南东翼,背斜轴走向为NNE,区域构造应力作用方向大致为N65°W左右,滑体两侧未发现断裂构造。滑坡区被第四系残坡积层、崩积层、冲积层所覆,两侧出露基岩为侏罗系下统珍珠冲组粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及长石石英砂岩,以泥质岩类为主,岩层平均走向NE45°。由于受NW向构造应力作用,岩体中NE向张性节理和

本文1991年8月1日收到。

*参加本职工作的还有:赖明、张四平、曾维栋、杨显明、张太雄、尹联华等。

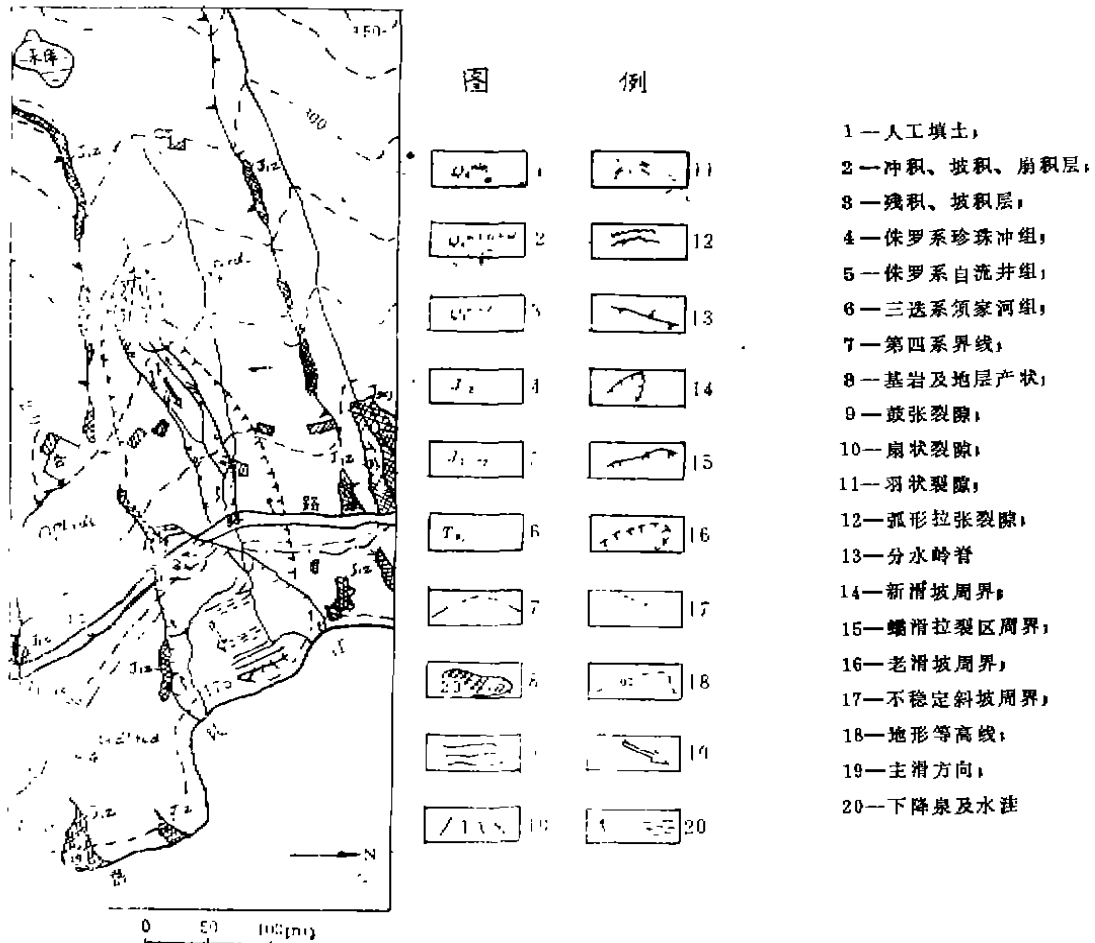


图1. 滑坡区工程地质图

NWW 向及 NNE 向 共轭剪节理十分发育。因泥质岩类抗风化剥蚀能力极差，硬软岩层互层，三组发育的高倾角 (55° — 85°) 构造节理切割岩体，随着卸荷作用、差异风化作用强烈发展，在构造破裂的基础上扩展形成交织网状裂隙，使浅层岩体极为破碎。为滑坡形成提供了构造条件、岩体结构条件和物质基础。

该区自第四纪以来以间歇性上升作用为主，滑坡东侧嘉陵江河床下切，形成坡度达 20° — 30° 的岸坡，坡顶高于江水面约 140 米左右。为滑坡形成创造了必要的地形条件及临空面。

观音峡背斜南翼由三迭系上统须家河组砂岩构成的陡坡为区内主要地表水分水岭，由此向南依次分布有四道小岭脊，为局部地段地表水分水岭。中间由侏罗系下统珍珠冲组中厚层状长石石英砂岩断续出露构成的两道小岭脊（凸坡）及西侧坡顶分水垭口所包围的地带，正是滑坡分布范围，为条形低洼斜坡，周边汇水面积达 8.0×10^4 米²。按区内多年平均降雨量 1200 毫米估算，年平均汇水量可达 9.6×10^4 米³。坡体内大量积水，暴雨期泄水不畅，为滑坡形成创造了触发因素。

施家梁老滑坡形成年代已无法查证。大致在土改前后农民即发现土体滑动，五十年代航片上可见滑体大致轮廓，该滑坡的孕育和形成经历了较漫长的变形发展过程。据地面调查和

勘探资料，老滑坡特征可归纳如下：

1) 滑坡几何特征：施家梁老滑坡平面分布呈长舌状，西窄（约12—20米）东宽（约100米），几何轴向NE70°，老滑坡分布面积约 1.5×10^4 米²，平均厚度按10米计，总体积约 1.5×10^5 米³。剪出口位置大致沿公路东侧陡坎，滑坡舌部延伸至公路东60米左右。

2) 滑坡边界特征：老滑坡受拉边界位于西部（斜坡上部），地貌上形成明显滑坡圈谷，滑坡后壁高约5米，岩性为粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及砂岩。后壁前部有低洼平台宽约40余米。老滑坡北侧、南侧为剪切边界，边界长200~260米。南侧边界大致沿砂岩露头走向延伸，有一明显垂直位移，高差约2—3米。北侧边界地形上表现为沟槽，滑体坡面以几何轴线为高点，向北边界倾伏，至公路附近，滑体掩埋了古冲沟，迫使地表水流改道。老滑坡受压边界位于公路东西两侧，公路西侧形成陡坡（20°左右）略微隆起，地形变化异常。公路东侧约50—65米一带，形成鼓丘，堆积了大量由滑体运载的崩积块石，此位置与老滑体舌端大致对应，也即古地形的陡坡缓坡交接部位。

老滑体外围基岩露头岩层产状正常。

3) 滑坡物质组成及滑动面深度：老滑坡体主要由砂泥岩类及上覆粉土、粉质粘土夹砾石组成。滑动面大致与基岩强风化底界一致，其深度从滑体中部至前缘为10—7米。由于岩体结构及应力状况和风化营力作用强度的差异性，强风化底界是起伏不平的，滑面亦起伏不平，且伴随形成泥化夹层。

4) 滑坡性质：根据滑坡体形态特征，纵向分布很长，后壁明显拉裂，舌端受阻而停滞，说明其受力性质为推移式。根据滑面深度及滑面特征，属粘滞性蠕滑型浅层滑坡。

2 新滑坡变形破坏特点及复活原因

国道渝南公路39^K+900路段及以东地带，近年发生明显复活变形，公路年年沉陷，岩土体滑移范围已超过老滑坡直达嘉陵江形成新滑坡，滑动至今仍未停止，直接威胁公路运输、航运及农作区安全，故对该地带进行了重点调查研究，为整治方案提供设计依据。

2.1 滑坡滑移过程

据访问，1958年前后此段河岸还作为上货码头，岸坡中部修建有用堡坎圈护的装货平坝，七十年代初因河岸不停的“走石”使码头废弃。1981年“7.18”特大洪水后，乡民们发现原凹岸明显伸入江中一段，以后每年洪水后河岸均向前延伸且形状各异。另据公路养护段提供，该路段明显沉陷始于1980年并逐年加剧，沉陷主要发生在雨季、暴雨期、洪汛期。

由此可推知：

- 1) 新滑坡明显变形始于七十年代初期，且由河岸向上发展，进入蠕滑拉裂阶段。
- 2) 新滑坡后缘明显沉陷始于1980年，且由上向下挤压，滑体上部开始蠕滑。
- 3) 1981年“7.18”特大洪水作用，使新滑坡滑面贯通，开始整体滑移，但速率不大。

2.2 滑坡形态特征

1) 新滑坡平面上呈三角形，西窄东宽，坡面由顶端向下呈扇状撒开。主轴线长约150米，延伸方向为NE55°，总面积 1.2×10^4 米²，总体积约 1.4×10^5 米³。

2) 新滑坡后缘在公路西侧约30米处，以受公路沉陷影响形成的环形拉张裂隙密集带为界。北侧剪切边界拉裂，小路错断。南侧边界以冲沟为界，其南地层产状正常，其北岩土体

挤压破碎。

3) 新滑坡前缘鼓丘极发育, 有四条粗大鼓张裂隙横贯(裂隙面直立, 走向 135° — 150° , 宽 0.6 — 4 米, 深 0.85 — 1.5 米), 其间被数条扇状裂隙切割(裂隙宽 0.60 米, 深 0.70 米)。裂隙内积水, 四周灌木丛生。沿鼓丘陡坎前有大量泉水出露, 形成积水洼地。

4) 老滑坡前缘鼓丘与新滑坡前缘鼓丘之间, 有两个窄岛形平台, 宽 10 余米。湿地、积水洼地沿平台低洼带分布, 单个水洼面积可达 18 — 36 米², 积水深度 0.06 — 0.30 米。

5) 原为侵蚀凹岸的河段向江中延伸 33 米。高漫滩草丛呈两股舌状前移约 14 — 20 米, 残坡积层与冲积层界线较两侧向前平推约 35 米。

6) 1958年前后修建的码头堡坎, 已拉断为几截, 水平错距总计约 20 米, 已滑移至最远处堡坎近年又错断 1.5 米。

7) 公路沉陷带长 37 米, 路基东侧沉陷宽度约 30 米, 拉张裂隙密集, 西侧影响宽度约 28 米。自1972年以来修建的三道路肩挡墙均错断, 呈阶梯状向路东坍塌, 水平错距约 15 米, 垂直错距约 5 米。公路路基沉陷量由1980年的 0.1 米发展到1989年达到 3 米。

8) 公路东侧醉汉林分布宽度为 30 米, 行道树、电杆下滑 11 — 25 米。铺路道渣下推距离为 26 米。

2.3 滑坡运动特征

1) 新滑坡主滑方向为 NEE 向, 与岩层走向大致平行, 亦与地形坡向一致, 提供了临空条件。至前缘地段, 滑动方向略呈扇形展布。

2) 滑坡中前部变形以水平位移为主, 根据地物变形测量数据推知, 水平滑动距离为 25 — 35 米, 历经 20 余年。滑坡后缘以垂直位移为主, 座落深度约 5 — 10 米, 历时 10 年余。故应属于蠕滑类型。

3) 滑坡前缘四条粗大引张裂隙系受河水冲刷牵引作用所致。滑坡后缘多年持续缓慢座落沉陷, 有一主动推力和外力在长期发生作用, 因路基不断填补道渣, 掩盖了后壁剖面和可能形成的粗大拉裂缝。根据滑动发生先后, 该滑坡是先牵引、后推移随后共同作用的产物。

4) 在多年蠕滑过程中, 滑动仍有一定的节奏性。雨季、暴雨期、汛期滑动速度相对较快, 干旱季节及河水枯水位期滑动相对缓慢甚至停止。主要取决于滑动面抗滑力与下滑力的平衡关系, 平衡方程式中各项数值是随季节呈周期性变化的, 而且具有累进性特点。

2.4 滑动面特征

1) 滑动面受岩性和节理裂隙发育程度控制, 滑坡主要沿泥质岩强风化底界滑动(见图2)。因系老滑坡复活, 岩土体长期受挤压, 在第四系与基岩界面和泥质岩强风化带范围内, 亦可能存在局部的次生滑面, 每次滑动视“启动力”大小其作用深度可能是不同的。

2) 滑动面倾角, 后缘至公路东侧 20 米一段最陡为 28° , 向东渐变为 14° , 公路东 35 米至 58 米段滑动面近于水平, 向东至河边线倾角依次为 12° 、水平、 14° 。滑动面平缓段与地面鼓丘和崩积大块石堆积带相对应, 也是老滑体复活段与新滑坡扩展段的衔接地带, 也是微地形陡缓变化交界带。

3) 根据滑面形状及形成特点, 滑坡体不同地段受力性质不同。滑坡后缘至公路东 35 米一段为主动滑体, 滑面倾角陡, 受岩体自重作用形成向下推力。滑坡前部受牵引作用亦形成主动滑体。两者之间滑面平缓段为被动滑体, 其前部受主动滑体牵引后部受主动滑体推移而滑动, 来自两个方向的作用力在此交接转化, 各分力的大小和随时间的变化值及合力作用效

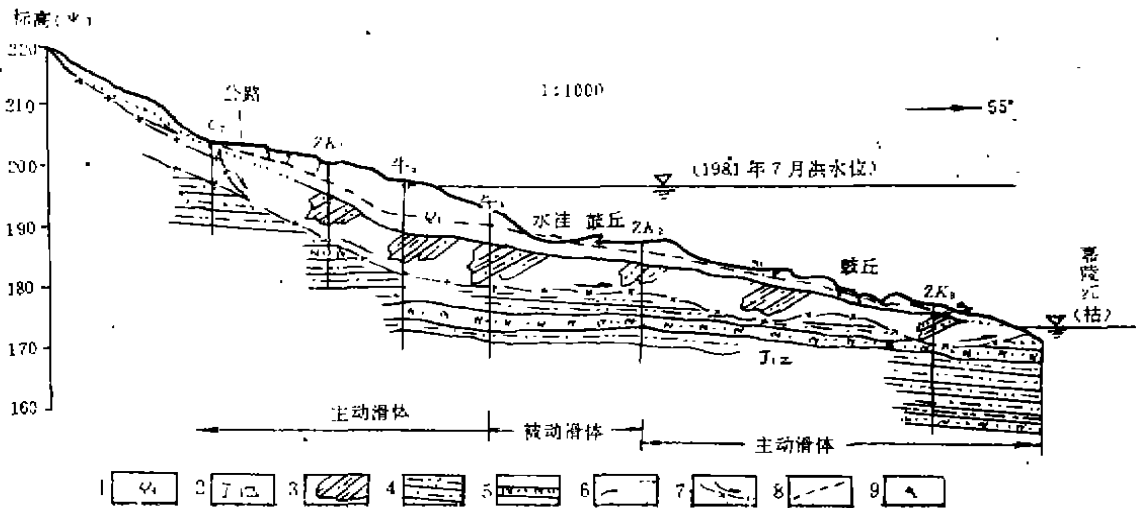


图2 新滑坡地质剖面图

- 1—第四系残、坡、冲、崩积层；2—侏罗系珍珠冲组；3—碎裂岩体
- 4—粉砂质泥岩；5—长石石英砂岩；6—地质界线及推覆线；
- 7—滑动面及滑动方向；8—潜水位线；9—下降泉

应，都是很复杂的，必然是时间的函数。

4) 滑动面深度，由中后部的12.12米至前缘为7.37米(见表1)。根据前缘鼓丘、鼓张裂隙、扇状裂隙及积水洼地的分布形态推知，傍河地带滑动面开阔、变浅或呈反倾。剪出口在水边线附近，被滑体物质及冲积物所覆，致使滑移体不断堆积向江中延伸。

5) 滑坡体物质组成为人工填土(道渣碎石)、残坡积土(粉质粘土夹砾石)、冲积土(粉土夹砾石)、老滑坡载体(崩积砂岩块石)、碎裂岩体(以破碎泥岩为主)和滑带土(泥化夹层，为紫红色粉土夹碎块)。各层厚度列于表1，物理力学性质指标列于表2。

2.5 地下水特征

1) 滑体内赋存有风化裂隙——孔隙潜水，初见水位埋深中后部为3.30米(水位197.45

表1 滑坡体岩性及厚度统计表

孔号	孔口高程(米)	松散土		碎裂岩体		滑带土		滑面位置	
		厚度(米)	岩性	厚度(米)	岩性	厚度(米)	岩性	深度(米)	高程(米)
C ₇	203.92	0.50	粉质粘土	1.40	破碎泥岩	0.10	泥化夹层	2.0	201.92
				3.50	破碎泥岩夹砂岩	0.10		5.6	198.92
ZK ₁	200.75	4.88	杂填土、粉质粘土、粉土	6.92	破碎粉砂质泥岩、局部夹薄层粉砂岩	0.32	泥化夹层为松散状粉土夹碎块	12.12	188.63
牛 ₅	198.40	9.87		4.29		1.20		15.36	183.04
牛 ₄	193.00	5.11	粉质粘土夹细砾	5.42		2.00		12.53	180.47
ZK ₂	187.83	3.00		2.56		3.04		6.60	179.23
ZK ₃	177.81	2.24	粉土及砾石	2.53		2.80		3.37	170.44

表2 土的物理力学性质指标

取样部位	取样钻孔	物理性质指标								抗剪强度				
		d_s	W_p %	ρ g/cm ³	W_p %	W_L %	I_p	e_0	S_r %	峰值		残余		
										试验类别	C KPa	φ °	C KPa	φ °
表 层 土	ZK ₁	2.76	18.94	2.05	18.70	28.50	9.8	0.607	87.12	天然	21.56	13°32'	14.70	10°14'
										重型	14.70	7°25'	9.80	4°35'
	ZK ₂	2.78	17.22	2.12	18.90	29.20	10.3	0.537	89.15	天然	46.06	12°26'	39.20	7°59'
										重型	9.80	7°59'	5.88	3°26'
	ZK ₃	2.75	15.90	2.17	18.40	26.40	8.0	0.469	93.23	天然	37.24	26°38'	24.50	7°59'
										重型	6.88	20°32'	4.50	14°15'
滑 带 土	ZK ₂	2.75	8.00	2.38	17.00	25.50	8.50	0.24	91.67	天然	134.26	35°34'	37.24	13°

米)、中部为1.25米(水位186.58米),至前缘为0.30米(水位177.51米),可形成统一水面,水力坡度为0.22—0.20,流向与坡向一致,向河流排泄。在两鼓丘间及前缘低洼处被切割,以单泉或泉群形式出露,或形成积水洼地。

2) 滑坡床基岩内亦赋存有孔隙——裂隙水,含水层段为砂岩,隔水层为泥岩。其水力特性在滑体中后部承压(上部为厚层泥岩夹薄层砂岩,隔水性好),至前缘与潜水形成统一水位,与河水有密切水力联系。地下水总流向仍排向河流。含水性弱但不均一,中前部因与潜水、积水洼地和河水沟通,富水性相对较好。单位涌水量1.15—10.62米³/日·米,渗透系数0.07—1.15米/日。

3) 地下水化学类型为HCO₃—Na型,近河地带受河水影响为HCO₃—Na·Ca型,河水化学类型为HCO₃—Ca型。地下水为淡水,矿化度0.54—0.61克/升,pH值7.2—7.3,水温19—20℃。水化学成因类型应属溶滤型水,阳离子分布略显示一定矿化方向,径流尚属通畅。公路东10米处ZK₁孔地下水含侵蚀性CO₂32.96毫克/升,其形成与溶滤了石灰岩道渣有关。

2.6 复活原因

新滑坡复活,除老滑坡形成所具有的不良地质背景和强风化带破碎泥质岩仍起着控制作用外,主要原因有以下两方面:

2.6.1 公路边沟积水渗漏

前已述及,老滑坡区岩性软弱破碎,受风化剥蚀后地形不断被改造形成槽状低洼斜坡,成为地表水地下水汇集区。滑坡体未构筑排水设施,坡上径流及公路两端汇聚水流均排向公路边沟再经涵洞沿岸坡任意漫流排向河流。边沟与涵洞均不防渗,仅边沟汇水段总长达220米,长年积水大量渗漏,在连续干旱两个多月的1990年夏季,沟内积水仍未干断。

近年来,气候异常,暴雨成灾。如1981年著名的“7.18”洪灾期间,日暴雨量最高达489.5毫米,1989年7月洪灾期间,日降雨量均在200毫米以上,最大三日暴雨达487.8毫米。边沟和涵洞不能承受如此巨大泄水量,造成山水漫流,沿公路侧壁大量渗漏,致使路基粉质粘土、强风化破碎泥岩浸湿饱水软化,在过往车辆的不断震动作用下,路基土抗剪强度大大

降低, 结构联结破坏, 导致岩土挤压变形塑流, 从而导致公路沉陷。据滑带土原状样天然快剪试验, φ 值和 c 值残余强度分别降低37%和28%左右。因公路路面不宽, 双向行车单车荷载不大, 其作用强度有限, 但其特点是长期持续不断的施加作用力, 在暴雨期和雨季导致路基土失稳蠕滑, 干旱季节则减缓或停止。新滑坡正是在1981年暴雨加特大洪水期间滑面贯通滑移启动的, 1989年暴雨加特大洪水期间公路沉陷近3米, 而1990年夏秋持续干旱则路面沉陷甚微, 由此可证明水的触发作用。

2.6.2 河水作用

新滑坡前端位于观音峡出口嘉陵江水回流区, 受江水横向环流年复一年的侵蚀冲刷, 岸边软弱岩体不断坍塌形成临空面。洪水影响更为显著, 1981年7月北碚水文站洪峰水位达208.17米, 涨幅22.87米, 由此推知, 滑坡区洪水位已达公路东侧25米处, 几乎淹没了全部岸坡。被淹岩土在浮力作用下, 其重量不足以支撑其上部岩体, 导致其变位和剪切悬浮部份岩石, 一旦洪水消退又产生巨大动水压力, “席卷”岸坡岩土向前移动。这就是每年洪水期岸坡“走石”滑坡推移的原因。洪峰愈高, 历时愈久, 退水愈快, 其作用愈强烈。但多年表现为蠕滑的原因, 一是前部老滑坡载体崩积层重量大起一定阻滑作用, 二是低漫滩地形平坦造成滑移受阻反倾。

3 蠕滑拉裂区变形特征及形成原因

公路西至坡顶老滑坡体中央窄长条地带, 近年陆续发生小块土滑。在1990年4月进行地面调查时, 已形成相当清晰的蠕滑拉裂周界, 侧壁羽状裂隙比比皆是, 贯通主裂隙连续分布, 且擦痕、剪切错动明显。据乡民反映, 大裂缝是在一个月前点包谷后才逐渐显现并不断发展的, 标志着该段斜坡进入蠕滑拉裂阶段, 其分布面积约 4.4×10^3 米²。

主要变形特征归纳如下:

1) 后壁拉裂, 与老滑坡后壁部份重迭, 可见新鲜裂面下滑高度约0.5—1.6米, 后壁前端圆弧形张裂隙宽0.15—0.18米, 深0.18—0.40米。附近有大量泉水出露, 小路错距9.5米。

2) 南、北拉裂侧壁羽状裂隙呈有规律对称分布, 中上部密集明显, 密度为4—5条/米, 裂隙深0.22—0.60米, 主裂隙连通长度达14—25米, 小路错距14.5米。

3) 地物明显变形。如公路西侧30余米处的两层砖混民房, 去年3—4月东墙南墙均明显拉裂, 东南角墙基土裂隙密度达3—5条/米, 裂隙深0.16—0.80米及至不见底。该房已拆除重建。

由此可推知, 变形的受力性质为自上而下的推移。因公路西侧近年未发生较大规模的岩土体下滑, 说明滑面尚未贯通, 属浅层蠕滑, 发育深度主要在土层内, 与老滑面不相连。

引起该地带变形发展的原因是:

(1) 降雨的影响。斜坡表层广布残坡积粉质粘土, 透水性较差, 对降雨渗入不利, 该地带又位于汇水中心, 暴雨期易形成土滑。在长期干旱后, 土层收缩龟裂出现大量裂缝, 随后若为连绵阴雨, 降雨缓慢渗入浸润, 土体则充分浸水饱和, 自重应力不断增大, 土层间抗剪强度大大降低, 造成变形拉裂蠕滑。故暴雨期和久旱后的雨季是主要变形时期。

(2) 人为因素的影响

在分水岭枝枝垭口附近修建水库、水塘多处, 耕地改为稻田区, 旱季从河中抽水约几千

坊至坡顶灌田, 库水田水常年渗漏补给半坡地下水, 农民弃果林还耕地植被大量减少, 坡体上无一条畅通的天然排水沟和人工排水沟。这些极不合理的布局其后果是大大削弱土体稳定性, 加剧水土流失。

4 滑坡稳定性评价及治理措施

综上所述, 施家梁滑坡区不同地段变形活动程度不同, 外部触发因素作用在具体部位的特点和强度亦有差异, 对其稳定性预测评价可提出以下认识:

表3 新滑坡稳定性验算参数选取及计算结果

分条号	滑面深度 \$h_i\$ (m)	条宽 \$b_i\$ (m)	滑面长度 \$L_i\$ (m)	滑面坡度 \$\theta_i\$	地下水位埋存 (m)		水力坡度 \$I_i\$	重度 \$r\$ (kN/m ³)	抗剪强度 \$c \cdot \phi\$	河水位 (m)	稳定系数 \$K\$	
					枯	洪					枯	洪
滑坡后缘 ↓ 前缘剪出口	1	5.6	22.40	38.0	39°	0.50	0.50	0.50	按试验值: 粉质粘土20.3	按残余强度试验值 (天然)	枯水位 174.00	1.17 0.85
	2	12.12	18.40	31.0	29°	3.30	0.50	0.17	粉质粘土夹砾 石及杂填土	采用平均值	洪水位 197.00	
	3	15.36	11.60	13.0	26°	3.30	0.60	0.18	21.5			
	4	12.53	13.00	13.0	16°	1.25	0	0.33	碎裂岩体22.3	\$c_i\$		
	5	8.60	24.0	24.0	5°	1.25	0	0.21	滑带土20.5	26.13KPa		
	6	7.37	45.0	45.0	8.250	0.80	0	0.21	地下水位以下 采用浮重度	\$\phi_i\$ 9°		
	7	4.00	14.0	14.60	-8°	0.30	0	0.35	\$r' \approx r - 10\$			
计算公式	枯水期 \$K = \frac{\sum(c_i \cdot \Delta L_i + W_i \cos \theta_i \tan \phi_i)}{\sum(W_i \sin \theta_i)}\$, 洪水期 \$K = \frac{\sum(c_i \cdot \Delta L_i + W_i \cos \theta_i \tan \phi_i)}{\sum(W_i \sin \theta_i + \Delta r_w \cdot I_i)}\$ 注: 枯水期按1990年9月勘探资料计算(为该年最枯季节); 洪水期考虑了河水涨落引起的动水压力, 洪水位按1981年7月18日北碚水文站测得 嘉陵江水位涨幅推算(为近年特大洪水位)											

1) 无论是新滑坡或蠕滑拉裂区或老滑坡其余地带, 不同程度的变形仍在发展。

2) 根据多年发展特征, 滑移表现为蠕滑型, 全年动态有节奏性, 雨季、暴雨期、汛期为主要变形和滑移时段。

3) 当气象水文因素有特殊异常时, 不能排除西坡蠕滑拉裂发展为速滑的可能性, 岩性、地形坡度、路堑创造了有利条件。只要触发因素强度具备, 滑面可能贯通, 或形成新滑面, 或导致老滑坡复活重演。

4) 新滑坡因受滑面形状、岩性、滑坡载体及前缘地形条件控制, 不可能形成速滑。但公路边沟渗水隐患不消除, 路面沉陷仍将继续发展, 若遇暴雨和特大洪水作用, 路基沉陷、挤压、滑移速度将会大大加快。

因勘察区只在新滑坡区沿轴向布置了一条勘探剖面, 现仅根据已获得的勘探资料和岩土物理力学性质指标, 对新滑坡的稳定性进行验算。参数选取列于表3。由计算结果可知, 在枯水期, 稳定系数 \$K\$ 为1.17, 滑坡体稳定不滑动, 这与1990年9、10月的实际观测是一致的。洪水期, 根据1981年7月18日特大洪水位验算, 考虑了河水消退产生的动水压力, 获得的稳定系数 \$K\$ 为0.85, 说明在该条件下滑坡体不稳定, 要产生滑动。至于滑动速度除受剩余下滑力影响外, 还与地形坡度有关。

稳定性验算结果与前述定性分析结论是完全吻合的。

为保证公路运输畅通无阻，必须对滑坡进行整治，防治措施主要应抓两个方面：

1) 支挡：为确保公路路基稳定性，需在公路东侧设置支挡结构物加固斜坡，因滑床岩体节理裂隙较发育，可采用抗滑桩加锚杆嵌固岩土体，嵌岩深度应适当增大。西侧应设置挡土墙。桩基持力层以泥质粉砂岩夹粉砂质泥岩为主，根据岩石室内饱和单轴抗压强度六个试验值经数理统计回归修正后，确定地基承载力标准值为1.86MPa。

2) 排水：水体作用是最主要的触发因素，为确保公路两侧斜坡的稳定性，应做好综合防渗排水工作。

(1) 边沟改造：与设置支挡结构具有同等重要的地位，边沟应扩大加深并防渗，截断路堑渗流，及时排走坡上来水，降低路基土含水量，以提高其力学指标和强度参数，这是保证公路安全的前提。泄水涵洞亦需整修防渗，确保排水畅通。

(2) 坡体排水：应根据天然沟道及微地形条件构筑主沟及支沟排泄滑体内暴雨径流。

(3) 取缔坡顶库塘，以减少坡体地下水补给量。将斜坡整治为台地，稻田及耕地辟为果树林，以减少径流强度和水土流失。

此外，为确保公路运输万无一失日日畅通，必须对滑坡区进行监测，及时预报变形发展状况，以利于采取有力措施消除突发性灾害。

参 考 文 献

- 1 中国岩石力学与工程学会等编。中国典型滑坡。科学出版社。1988
- 2 胡广稻著。动力滑坡学。陕西科学技术出版社。1988
- 3 B·D·洛姆塔译著，李生林等译。工程动力地质学。地质出版社。1985

(编辑：徐维森)

STUDY ON DEVELOPMENTAL BEHAVIOUR AND DEFORMATIONAL FRACTURE MECHANISM OF SHIJIANG SLIDE IN CHONGQING

Wang Dongyun, Zhang Zanxun & Fu Linsen

(Department of Civil Engineering)

ABSTRACT In this paper, the geological background as well as the development characteristics, deformation rupture behavior, and slide formation mechanics of the old and new slide area and the creeping rupture zone of Chongqing Shijialiang Landslide are analyzed in full detail. On the basis of this, the forecasting comment on the stability of the slide is made and the protection measures are suggested.

Keywords: landslide, deformational fracture, creeping slip rupture