

doi:10.3799/dqkx.2013.063

三峡库区黄土坡滑坡 I 号崩滑体成因

简文星¹, 杨金^{1,2}

1. 中国地质大学教育部长江三峡库区地质灾害研究中心, 湖北武汉 430074

2. 中交第二公路勘察设计研究院有限公司, 湖北武汉 430056

摘要: 黄土坡滑坡是三峡库区 4 个大型滑坡之一, 因其典型性和重要性, “长江三峡库区地质灾害研究优势学科创新平台” 在此建立了巴东野外大型综合试验场。野外试验场隧洞群揭露滑坡结构, 有助于深入认识和研究黄土坡滑坡的地质结构特征和成因机制。通过试验隧洞开挖揭露黄土坡滑坡临江 I 号崩滑体特征发现: (1) 临江 I 号崩滑体滑床基岩普遍发育层间剪切软弱夹层; (2) 主隧洞与 III 号支洞揭露滑体特征表明, 滑体物质组成为棕红色泥岩、粉砂岩碎石土, 灰色泥灰岩、灰岩碎石土, 各类破碎岩层, 滑体内潜水丰富, 渗水量较大; (3) 试验隧洞揭露滑带具有多层位顺层发育特征, 平面范围与前人勘察成果较一致, 厚度在不同剖面处存在较大差异; (4) 深部钻孔监测资料显示, 在土层与基岩面及层间剪切带均有蠕滑位移。分析得出: 临江 I 号崩滑体是在重力和构造应力作用下顺多层软弱夹层、土层与基岩面发生蠕滑变形形成的, 具有多层滑动面。

关键词: 崩滑体; 结构特征; 软弱夹层; 滑带; 成因机制; 工程地质。

中图分类号: P642.22

文章编号: 1000-2383(2013)03-0625-07

收稿日期: 2012-07-19

Formation Mechanism of No. 1 Part Slide of Huangtupo Landslide in the Three Gorges Reservoir Area

JIAN Wen-xing¹, YANG Jin^{1,2}

1. Three Gorges Research Center for Geo-hazards, Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. China Communications Construction Company Second Highway Consultants Co. Ltd., Wuhan 430056, China

Abstract: Huangtupo landslide is one of the four largest landslides in the Three Gorges Reservoir area, where the Badong field laboratory is built by Three Gorges Research Center for Geo-hazards, Ministry of Education because it is typical and significant. The geological structure characteristics and formation mechanism of Huangtupo landslide can be clarified by exposing slope structure through the test tunnel excavation. Up to now, the geological structure of No. 1 part slide exposed by the test tunnel excavation yield the following results: (1) In the bedrock of the No. 1 part slide, the incompetent interlayers develop widely. (2) The excavation of the main test tunnel and the No. 3 subsidiary test tunnel reveal that the displaced materials are composed of reddish brown mudstone and siltstone gravels, gray marlite and limestone gravels, and various crack strata. The ground water of the displaced materials is rich and the amount of water seepage is large. (3) The surfaces of rupture develop along the incompetent interlayers and the contacting surface between the stratum and the soil. The distribution of the surfaces of rupture in plane is very close to that obtained in previous studies. However, there exist some differences in the depth of the rupture surfaces. (4) The displacement monitoring data of deep boreholes show that there are creep displacements at the incompetent interlayers and the contacting surface between the stratum and the soil. Therefore, it can be concluded that the No. 1 part slide crept along the incompetent interlayers and the contacting surface between the stratum and the soil under the long-term influence of tectonism and gravity, and the No. 1 part slide has several surfaces of rupture.

Key words: landslide; structural characteristics; incompetent interlayers; surface of rupture; formation mechanism; engineering geology.

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (Nos. 40972184, 41272306).

作者简介: 简文星 (1967—), 男, 博士, 教授, 从事岩土工程与工程地质等方面的教学与科研工作. E-mail: wxjian@cug.edu.cn

0 引言

黄土坡滑坡位于巴东扇形斜坡之上,是三峡库区 4 个大型滑坡之一. 因其规模巨大、地质结构复杂,滑坡体范围、特征及成因机制、蓄水后的稳定性一直是学者们研究讨论的热点之一.

在黄土坡滑坡成因机制的研究上,刘传正等(2006)将巴东斜坡浅表生的变形破坏概括为:侧向拉裂、“雪崩式”垮塌、侧向滑移等 7 种重力卸荷破坏模式. 而最典型的是由侧向滑移引起的雪崩式垮塌破坏模式,与早先崔政权(1996)提出形成所谓“坠覆体”的概念一致,后由邓清禄和王学平(2000)概括为:坠覆—滑坡—改造多阶段变形、失稳的斜坡演化模式. 李华亮等(2007)从区域构造地质角度,认为三叠系的 2 个主滑脱带:一方面是岩石破碎,另一方面形成大量的顺层软弱泥化带,导致斜坡的变形破坏. 通过野外地质调查及数值模拟研究,揭示了巴东斜坡深部软硬相间岩层在重力作用下的蠕滑变形机理(邓清禄和王学平,2000;安关峰等,2002;刘艳辉等,2007).

在黄土坡滑坡的范围和规模的研究上,由于黄土坡经历了多期构造变形(Deng *et al.*, 2000;杨世松等,2001;武雄等,2006;陈松等,2008;周云等,2009). 其范围和界线至今尚存在分歧. 学者们比较认同的观点是:滑坡高程范围在 80~640 m 之间、二道沟至四道沟范围内(杨世松等,2001);中、下段滑坡发生时间较早,且为同时滑动(武雄等,2006),而园艺场滑坡和变电站滑坡是在前缘崩滑的基础上先后引发后部叠加形成的顺层岩质滑坡(陈松等,2008),滑动面深约 50~100 m,黄土坡滑坡属于深层滑动(武雄等,2006).

已有研究对黄土坡滑坡的大致范围、形成机理有了较为深入的认识. 由于黄土坡滑坡范围大、滑体组成结构复杂、构造变形作用强烈、岩层内软弱夹层多,在滑坡体深部地质结构特征、滑坡范围及成因机制等方面,仍存在一些问题,如:临江 I 号崩滑体后部滑体厚度、主滑带位置及延展情况、前期多家勘察单位对主滑带位置意见不统一,以及由前述问题而产生的对其成因机理不甚清楚等,这些问题都亟待进一步研究.

1 黄土坡滑坡及巴东野外试验场简介

黄土坡滑坡位于长江南岸,巴东县东城区中的黄土坡小区. 构造位置处于扬子地台川东坳陷褶皱

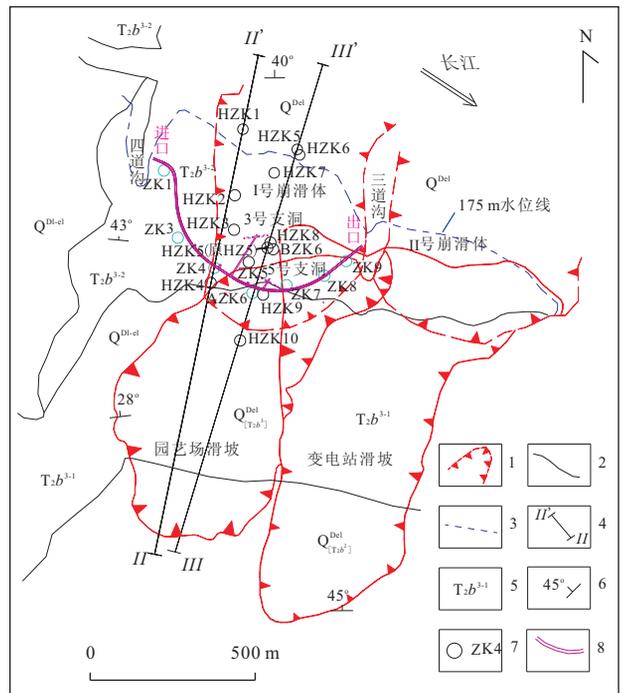


图 1 黄土坡滑坡工程地质平面图(据杨世松等,2001;周云等,2009 修改)

Fig. 1 Geological plane of Huangtupo landslide

1. 滑坡边界; 2. 地质界线; 3. 175 m 水位线; 4. 剖面线; 5. 地层年代; 6. 岩层产状; 7. 钻孔及编号; 8. 隧洞主轴线

束的东端,次级构造处于官渡口复向斜的东端南翼. 滑坡区属构造侵蚀中低山峡谷区. 黄土坡滑坡坡面形态呈现上陡—中缓—下陡的折线型,包括临江 I 号崩滑体、临江 II 号崩滑体、变电站滑坡、园艺场滑坡,面积为 $135 \times 10^4 \text{ m}^2$, 体积为 $6\,934 \times 10^4 \text{ m}^3$ (图 1). 前部滑体物质组成复杂,不同时期的滑坡与崩滑体迭置堆积,平均厚度为 65.4 m. 后部滑体主要组成为碎裂岩和块裂岩,平均厚度 40.5 m.

因黄土坡滑坡的典型性和重要性,“长江三峡库区地质灾害研究优势学科创新平台”在此建立了巴东野外大型综合试验场. 这个试验场由地下隧洞群与地表监测系统组成. 地下洞室群布置在黄土坡滑坡临江 I 号崩滑体中后部,隧洞主洞全长 908 m,断面尺寸为 $5.0 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$. 共设 5 处支洞和 2 处试验平洞(图 1). 支洞长度分别为 5 m、10 m、145 m、5 m、37 m.

尽管以前有多家单位和多位学者在黄土坡临江 I 号崩滑体做过研究. 本次通过试验场隧洞群开挖、揭露,对 I 号崩滑体地质结构、特征和形成机制有了更深入的认识.

2 隧洞揭露的临江I号崩滑体特征

2.1 临江I号崩滑体滑床基岩特征

从主隧洞开挖揭露的岩层分析,隧洞里程(K0+004 m)~(K0+654 m)段为滑床基岩出露范围,岩性以灰岩、泥质灰岩、泥灰岩为主,局部见泥岩。滑床基岩段虽整体上岩体破碎,甚至出现碎块裂岩,但有数段((K0+133 m)~(K0+171 m)、(K0+221 m)~(K0+343 m))基岩岩体新鲜完整,层理清晰。近滑带位置,滑床岩层为青褐色中厚层泥灰岩、褐黄色泥灰岩、青灰色中厚层灰岩,完整性较好,产状($335^{\circ}\sim 30^{\circ}$) \angle ($20^{\circ}\sim 47^{\circ}$),整体呈北倾,岩层的产状由隧洞口向隧洞中心,也即自坡体浅部到深部倾角由平缓逐渐陡倾。中、薄层岩层中劈理密集发育,走向呈东西向,与层理面近垂直发育,说明前期受强烈的构造作用。滑床基岩岩层普遍发育软弱夹层,厚10~100 cm不等。在临江I号崩滑体西侧近坡面,岩体较破碎,节理裂隙发育。

III号支洞洞口位于主隧洞桩号里程K0+465 m,位于滑床基岩灰岩层内。III支洞轴线沿 31°NE 走向开挖,于140 m位置处见到滑带。III号支洞里程K0+020 m前岩层为完整的青灰色灰岩,(K0+020 m)~(K0+140 m)大体为灰绿色泥质灰岩与黄褐色泥灰岩互层,岩层间普遍发育软弱夹层,以粉质粘土夹碎石、碎石土为主。

2.2 临江I号崩滑体滑体特征

主隧洞(K0+712 m)~(K0+908 m)段为滑体出露范围,滑体组成物质为棕红色泥岩、粉砂岩碎石土,灰色泥灰岩、灰岩碎石、块石土,以及各类破碎岩层(图2);滑体内潜水丰富,渗水量较大。其中(K0+712 m)~(K0+735 m)段以棕红色泥岩、粉砂岩碎石土为主。(K0+735 m)~(K0+900 m)段以块石、破碎岩层为主,岩性主要为泥灰岩、灰岩、泥岩,可见原岩层理,岩体的层面及裂隙面富含泥质充填,普遍见挤压形成的泥质薄膜镜面。近滑带处的滑体(K0+712 m)~(K0+735 m)与其上(K0+735 m)~(K0+900 m)组成上有所不同,而且近滑带处的较为破碎,呈碎石土状。向上破碎泥灰岩、灰岩可见层理;近(K0+900 m)~(K0+914 m)近坡表又呈碎石土状。滑体中间段完整性较好,呈现出不同期次的滑坡堆积物。

同时,III号支洞K0+142 m处所见滑体与主隧洞所见滑体组成及特征相似。都以棕红色崩滑碎石夹土为主,在碎石土与基岩面产生滑动形成滑面。

2.3 临江I号崩滑体滑带特征

在主隧洞(K0+654 m)~(K0+709 m)段(图2)、V号支洞K0+017 m处、III号支洞K0+140 m处均见滑带(图3)。主隧洞K0+654 m处与V号支洞K0+017 m处相距很近,所见滑带实际为同一滑带,滑带土为粉质粘土夹碎石,分下部浅灰色、上部土黄色两层(图4)。在隧洞所在高程平面,从近三道沟向深部,滑带土含水率由18%降至8%左右,滑带抗剪强度随含水率的减小大幅提高。滑带内碎石磨圆好,有些碎石表面出现磨圆极好的光滑面(图4a)。滑带与下伏基岩接触界面明显,多以顺层接触,局部见切层现象,接触面可见清晰的滑动擦痕(图4b);滑带与上覆滑坡体界限不甚清晰,呈逐渐过渡状态。

III号支洞于K0+140 m位置处所见滑带顺下伏基岩层面发育,产状 $355^{\circ}\angle 47^{\circ}$ (图3)。其物质组成与结构特征与主洞所见滑带相似。从平面位置分析,主隧洞滑带下伏基岩与III号支洞K0+055 m处基岩为同一层位(图5);III号支洞在该位置处没有形成滑带,仅见岩层间发育的夹尖棱状角砾的软弱夹层。说明黄土坡滑坡I号崩滑体滑带主要沿软弱夹层顺层剪切滑动所致,并且其滑动的规模在不同地段差别较大。其剪切滑动的结果,在滑床基岩一侧形成浅灰色滑带土,其物质组成与下伏基岩有关;近滑体一侧由于差异风化,形成土黄色滑带土。

黄土坡滑坡复杂的地质结构特征,滑体物质既有崩滑碎石土、也有似基岩状的破碎岩层。滑床基岩内有数层规模较大的软弱夹层稳定发育,层厚在50~100 cm。软弱夹层成分多以含泥碎石土为主,所含碎石几乎呈尖棱状,粒度基本组成比滑带土粒径大。这对通过钻探手段判断黄土坡滑坡的滑带造成了极大的干扰,甚至误判。从临江I号崩滑体试验隧洞开挖揭露地质情况分析,黄土坡滑坡上部滑体物质破碎、含泥较高,滑带位置之下的滑床基岩整体上较新鲜、完整。滑带土特征明显,碎石含量较高,具明显的“土一石”混合结构(江泊涓等,2011),碎石磨圆好。滑带土前期受挤压作用,结构紧密,力学强度较高。在扫描电镜下放大200倍后,土黄色滑带土组成物质呈片状,软弱夹层组成物质呈颗粒状。

与前人的勘察成果比较,隧洞开挖揭露显示的临江I号崩滑体的平面范围与水文队勘察结果(杨世松等,2001)较为一致,西侧边界在隧洞里程K0+330 m左右以东,东抵三道沟。隧洞主洞进口位于临江I号崩滑体西侧,整体位于滑床基岩部位,未见滑

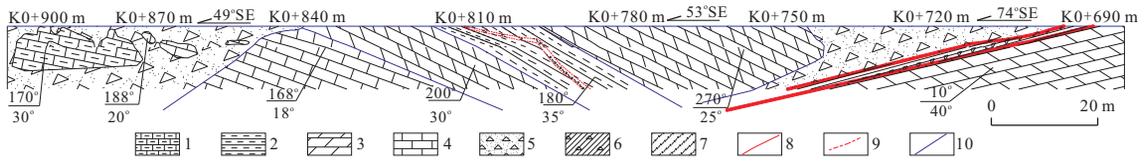


图 2 主隧道(K0+690 m)~(K0+900 m)右侧壁剖面

Fig. 2 Geological profile on right side of the test tunnel from K0+690 m to K0+900 m

1. 泥质灰岩; 2. 泥岩; 3. 泥灰岩; 4. 灰岩; 5. 崩滑堆积体; 6. 滑带土; 7. 断层带; 8. 滑带界线; 9. 断层界线; 10. 岩层界限

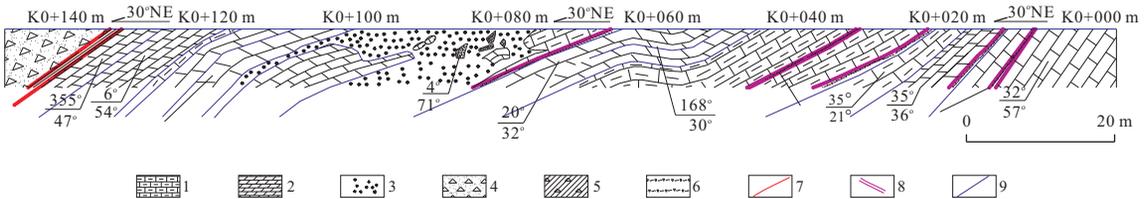


图 3 III号支洞右侧壁剖面

Fig. 3 Geological profile on right side of No. 3 subsidiary test tunnel

1. 泥质灰岩; 2. 泥灰岩; 3. 破碎带; 4. 崩滑堆积体; 5. 滑带土; 6. 软弱夹层; 7. 滑带界线; 8. 软弱夹层界线; 9. 岩层界线

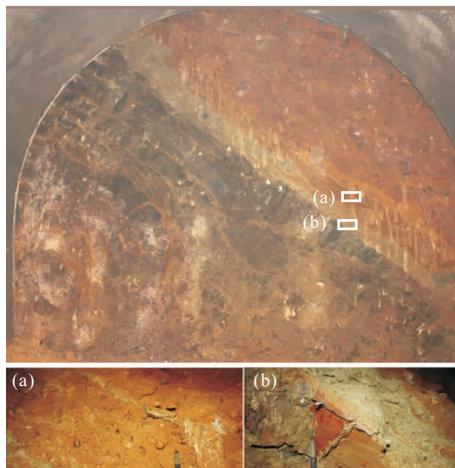


图 4 滑带与基岩接触关系 K0+680.7 m

Fig. 4 Contacting relationship between surface of rupture and bedrock

带混淆有关. 各剖面滑带在 185 m 高程平面位置如图 5 所示.

2.4 临江 I 号崩滑体水文地质特征

通过试验隧洞揭露,发现厚较大、完整性较好的滑床基岩层较干燥;完整性较差的基岩顺节理、裂隙发育有微弱的裂隙水,使基岩呈潮湿状态.滑带土含水率分布具有一定的空间性,在近三道沟处((K0+700 m)~(K0+712 m)段),滑带土含水率较高,约 14%~18%;近滑坡体主滑剖面((K0+654 m)~(K0+700 m)段),滑带土含水率较低,约 8%~10%.滑带土强度随含水率的降低大幅提高.滑体赋水丰富,隧洞普遍见潜水渗漏,流量较大且稳定,其来源为上部坡体潜水补给.

3 临江 I 号崩滑体成因分析

3.1 位移监测资料分析

HZK5(原 HZ5)深部位移监测孔,其平面位置位于 III 号支洞里程 140 m 偏东侧处(图 1).由图 6 可以看出 HZK5 在一段时间内监测孔各深度处的变形情况,其中孔深 54~55 m 及 76~77 m 处为深部位移突变带.2003 年以来监测数据显示,位移速率分别为 0.97 mm/月和 1.28 mm/月(周云等,2008).图 7 显示,从 2007 年 01 月~2008 年 04 月,HZK5 号位移监测孔在 54 m 和 76 m 深度处的位移变形呈近似线性增加,位移速率分别为 1.0 mm/月和 0.8 mm/月,累计位移值分别为 15.4 mm 和

带,说明黄土坡滑坡临江 I 号崩滑体平面范围没有长委勘察成果(周云等,2009)所得范围大.在 III 号支洞出露的滑带位置与水文队(杨世松等,2001)勘察结果较为一致,滑体厚度约 50 m 左右(水文队 II-II' 与长委 III-III' 剖面位置相同).V 号支洞和主隧洞出露的滑带位置与长委(周云等,2009)勘察结果较为一致,滑体厚度约 80 m 左右(长委 IV-IV' 剖面位置).临江 I 号崩滑体后部滑体厚度较小,约 40~58 m 左右,不存在 ZK4 号孔与 AZK6 号孔勘测的深约 75~86 m 的滑带.造成勘察结果的偏差主要由于临江 I 号崩滑体在西侧和东侧沿不同层位发育成贯通性滑面,同时软弱夹层普遍发育,导致与滑

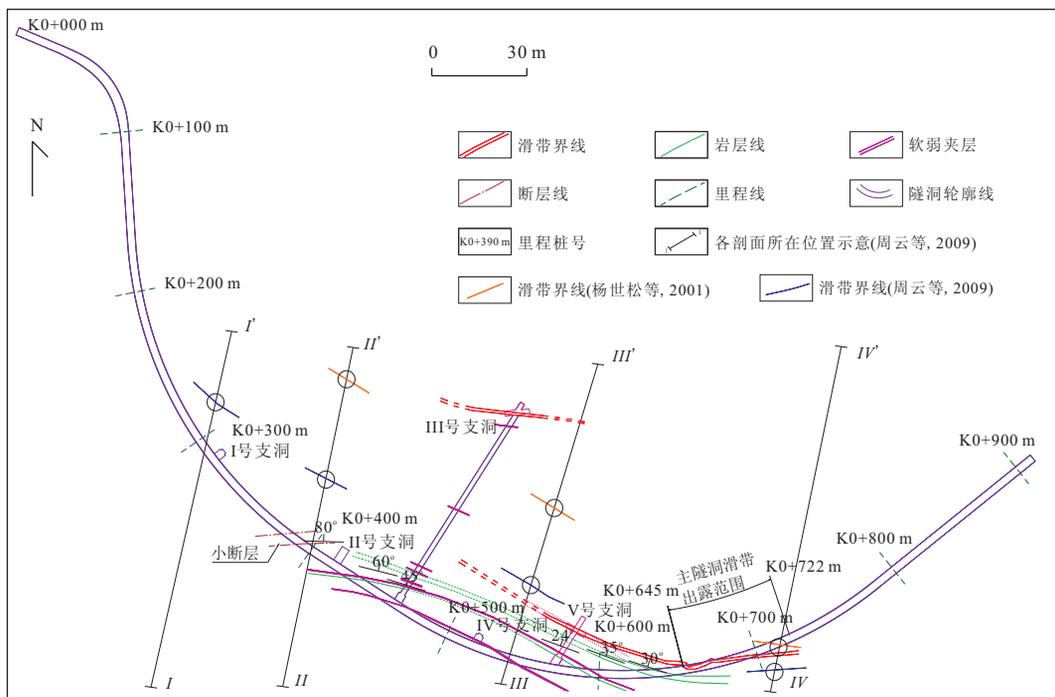


图 5 185 m 高程滑带平面展布

Fig. 5 The intersectant line between the surfaces of rupture and the plane of 185 m altitude

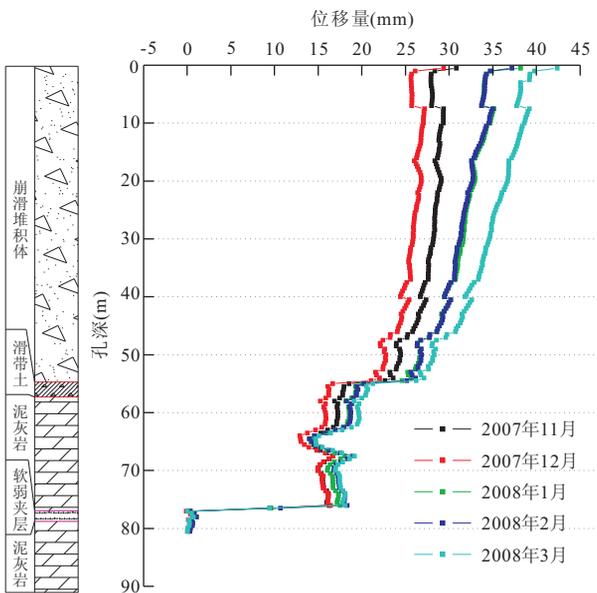


图 6 HZK5 孔钻孔倾斜仪深度—位移曲线(据周云等,2008)

Fig. 6 Variation of displacement versus depth for borehole HZK5

12.0 mm. 两深度处监测的位移速率和累计位移量呈现出一致性. 根据 III 号支洞开挖揭露滑带位置(即图 1 中 HZK8 孔位置处), 孔深 54 m 处即为滑带位置. 孔深 76 m 处为滑床基岩软弱夹层, 说明孔深 76 m 处滑床基岩沿软弱夹层也发生滑动(图 8). 同时, 2003—2008 年的地表 GPS 位移监测成果(周

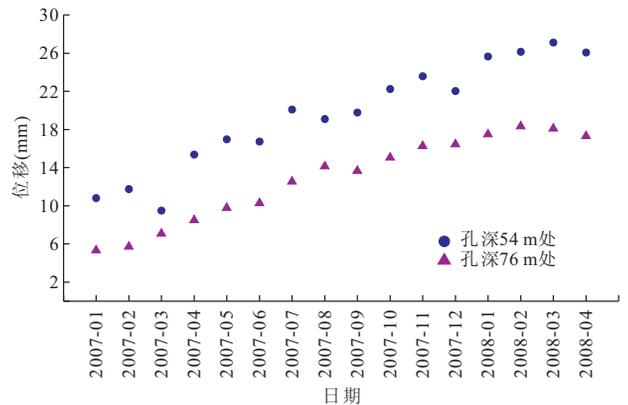


图 7 HZK5 孔钻孔倾斜仪时间—位移曲线(据周云等,2008)

Fig. 7 Variation of displacement versus time for borehole HZK5

云等, 2008) 显示, 临江 I 号崩滑体前缘位移已达 172 mm. 这些都说明在重力作用下, 临江 I 号崩滑体沿滑带及深部软弱夹层都有蠕滑变形.

3.2 临江 I 号崩滑体形成机制分析

本论文通过试验隧洞开挖揭露及对前人研究资料分析, 认为黄土坡滑坡临江 I 号崩滑体形成之初在斜坡深部是沿多层软弱夹层蠕滑形成的. 由于黄土坡整体为顺向坡, 岩层为巴东组第 3 段, 内夹数层软弱夹层, 在长江的深切作用与长期重力作用下, 岩层顺着软弱夹层产生剪切位移, 逐渐形成了滑带. 在

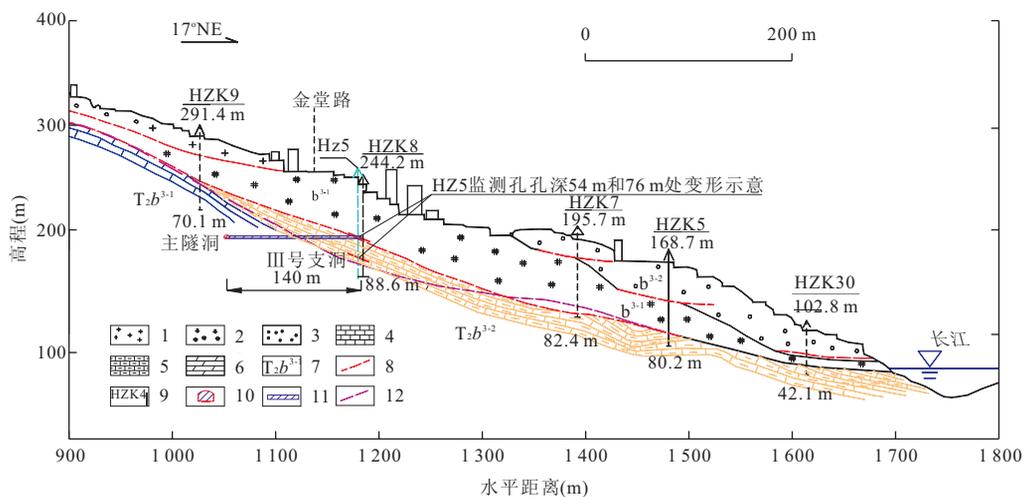


图 8 临江 I 号崩滑体 III-III' 工程地质剖面(据杨世松等,2001, II-II' 剖面修改)

Fig. 8 III-III' geological profile of No. 1 part slide of Huangtupo landslide

1. 块裂岩;2. 碎裂岩;3. 散裂岩;4. 灰岩;5. 泥质灰岩;6. 泥灰岩;7. 地层年代;8. 滑动面;9. 钻孔及其编号;10. 主隧洞;11. 支洞轴线;12. 原 II-II' 剖面滑面线(杨世松等,2001)

隧洞揭露的层间错动软弱夹层(柴波和殷坤龙,2009)以及滑带的发育特征很好地证明了其长期顺层蠕滑的特征。同时,钻孔监测资料显示,在土层与基岩接触面处滑带、以及下伏层间软弱夹层均发生蠕滑变形,进一步说明现阶段临江 I 号崩滑体顺软弱夹层、土层与基岩面发生蠕滑变形,具有多层滑动面。

4 结论

(1)临江 I 号崩滑体滑床基岩以泥灰岩、灰岩泥岩为主,软弱夹层发育。岩层中的软弱夹层在重力作用下,普遍发育层间剪切破碎带。

(2)临江 I 号崩滑体平面上西侧界线在隧洞里程 K0+330 m 左右以东,东抵三道沟。滑体厚度在 III 号支洞以西较小,在 III 号支洞以东滑体厚度较大,后缘滑体厚度较小。

(3)临江 I 号崩滑体沿土层与基岩接触面、多层抗剪性能差的软弱夹层发生蠕滑变形;现阶段临江 I 号崩滑体顺土层与基岩面、软弱夹层仍发生蠕滑变形,具有多层滑动面。

致谢:论文中涉及的隧洞地质编录成果是三峡中心老师和研究生的共同成果;论文中引用了多家单位的勘察成果,三峡中心项伟、苏爱军、滕伟福等老师给予了精心指导;研究生江洎洎、王菁菽、王顺、童龙云、厚渊博、陶良、熊鹏、吴韩、周兴涛等在巴东试验场进行地质编录,在此一并表示感谢。

References

- An, G. F., Yin, K. L., Tang, H. M., 2002. Discrete Element Analysis of Huangtupo Landslide. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(4): 464–466 (in Chinese with English abstract).
- Chai, B., Yin, K. L., 2009. Interlayer Weakness Zones in Badong Formation of Middle Triassic Forming Bank Slopes of Three Gorges Reservoir in New Badong County. *Journal of Engineering Geology*, 17(6): 809–815 (in Chinese with English abstract).
- Chen, S., Chen, G. J., Xu, G. L., 2008. Mechanism of Geological Processes of Formation and Deformation of the Huangtupo Landslide. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 33(3): 411–415 (in Chinese with English abstract).
- Cui, Z. Q., 1996. Stability Study of the Avalanches and Landslides in the Reservoir Area of the Three Gorges Project on the Yangtze River. Bureau of Geotechnique of Changjiang Water Resources Commission, Wuhan, 305–314 (in Chinese).
- Deng, Q. L., Wang, X. P., 2000. Growth History of Huangtupo Landslide: Down-Slope Overlapping- Landsliding-Modification. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 25(1): 44–50 (in Chinese with English abstract).
- Deng, Q. L., Zhu, Z. Y., Cui, Z. Q., et al., 2000. Mass Rock Creep and Landsliding on the Huangtupo Slope in the Reservoir Area of the Three Gorges Project, Yangtze River, China. *Engineering Geology*, 58(1): 67–83. doi: 10.1016/S0013-7952(00)00053-3

- Jiang, J. W., Xiang, W., Zhang, X. Y., 2011. Research on Mechanical Parameters of Intact Sliding Zone Soils of Huangtupo Landslide Based on CT Scanning and Simulation Tests. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 30(5): 1025-1033 (in Chinese with English abstract).
- Li, H. L., Deng, Q. L., Yi, S. H., 2007. Regional Tectonics of Three Gorges Reservoir Area and the Structural Deformation of Badong Formation. *Geological Science and Technology Information*, 26(4): 31-36 (in Chinese with English abstract).
- Liu, C. Z., Liu, Y. H., Lian, J. F., 2006. Study on Genetic Mechanism of the Badong Slope System in the Three Gorges of the Yangtze River. *Geological Review*, 52(4): 510-520 (in Chinese with English abstract).
- Liu, Y. H., Liu, C. Z., Li, T. F., et al., 2007. Numerical Simulation for Deformation Mechanism and Stability Study of Badong Large Slope System in the Three Gorges Reservoir. *Hydrogeology and Engineering Geology*, (1): 47-51 (in Chinese with English abstract).
- Wu, X., Yu, Q. C., He, M. C., et al., 2006. Formation Mechanism of Huangtupo Landslide in Reservoir of Three Gorges Project. *Journal of Hydraulic Engineering*, 37(8): 969-976 (in Chinese with English abstract).
- Yang, S. S., Chen, H. Y., Chen, G. J., et al., 2001. Study on the Formation Conditions and Mechanism of Badong Landslide in the Three Gorges Reservoir Area. Hydrogeology and Geoengineering Surveying Institute of Hubei, Jingzhou (in Chinese).
- Zhou, Y., Huang, H., Fang, Y. G., et al., 2008. The Exploratory Study of the Huangtupo Landslide in the Town of Badong in Hubei Province. Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan (in Chinese).
- Zhou, Y., Huang, H., Huang, Z. P., et al., 2009. The Exploratory Study of the Huangtupo Landslide for the Large Badong Field Laboratory in the Town of Badong in the Three Gorges Reservoir Area. Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan (in Chinese).
- 安关峰, 殷坤龙, 唐辉明, 2002. 黄土坡滑坡的离散元研究. 地球科学——中国地质大学学报, 27(4): 464-466.
- 柴波, 殷坤龙, 2009. 三峡库区巴东新城区库岸三叠系巴东组层间软弱带. 工程地质学报, 17(6): 809-815.
- 陈松, 陈国金, 徐光黎, 2008. 黄土坡滑坡形成与变形的地质过程机制. 地球科学——中国地质大学学报, 33(3): 411-415.
- 崔政权, 1996. 长江三峡工程库区稳态及崩、滑体专论. 武汉: 水利部长江水利委员会综合勘测局, 305-314.
- 邓清禄, 王学平, 2000. 黄土坡滑坡的发育历史: 坠覆—滑坡—改造. 地球科学——中国地质大学学报, 25(1): 44-50.
- 江泊洧, 项伟, 张雪杨, 2011. 基于 CT 扫描和仿真试验研究黄土坡滑坡原状滑带土力学参数. 岩石力学与工程学报, 30(5): 1025-1033.
- 李华亮, 邓清禄, 易顺华, 2007. 三峡库区区域构造及巴东组构造变形特征. 地质科技情报, 26(4): 31-36.
- 刘传正, 刘艳辉, 连建发, 2006. 长江三峡巴东复杂斜坡系统成因研究. 地质评论, 52(4): 510-520.
- 刘艳辉, 刘传正, 李铁锋, 等, 2007. 三峡库区巴东复杂斜坡系统变形机理数值模拟与稳定性研究. 水文地质工程地质, (1): 47-51.
- 武雄, 于青春, 何满朝, 等, 2006. 三峡库区巴东黄土坡巨型古滑坡体形成机理. 水力学报, 37(8): 969-976.
- 杨世松, 陈海洋, 陈国金, 等, 2001. 三峡库区巴东黄土坡滑坡形成条件与成因机制研究. 荆州: 湖北省水文地质工程地质勘察院.
- 周云, 黄华, 房艳国, 等, 2008. 湖北省巴东县黄土坡滑坡勘查评价报告. 武汉: 长江勘测规划设计研究有限公司.
- 周云, 黄华, 黄中平, 等, 2009. 三峡库区巴东大型野外综合试验场建设工程地质勘察报告. 武汉: 长江勘测规划设计研究有限公司.