

三峡库区巫山老城滑坡治理中土工合成材料应用研究

康宏达¹,李励红²,邢立霞²,韩柏山³,李虎成³,李军³,马飞³

(1. 中国地质大学 北京 北京 100083; 2. 中国地质环境监测院 北京 100081; 3. 重庆南江建设工程公司驻万州三峡工程处 重庆 404000)

摘要 土工织物具有加筋、过滤、排水、隔离、防渗、防护作用。以巫山老县城沿江滑坡的性质、形态、结构特征、危害、成因机制和稳定性为基础,介绍了土工织物试验相关的工程地质参数。

关键词 三峡库区;土工织物;滑坡;设计;监测

中图分类号 P642.22;TV49 文献标识码 A 文章编号 1000-3746(2002)05-0003-04

Application Research on Geotextile Synthetic Materials for Landslide Treatment at Wushan Former City-area in the Three Gorges/KANG Hong-da¹, LI Li-hong², XING Li-xia², HAN Bo-shan³, LI Hu-cheng³, LI Jun³, MA Fei³
1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Chinese Academy of Environmental Geology Survey, Beijing 100081, China; 3. Chongqing Nanjiang Construction Engineering Company, Chongqing 404000, China)

Abstract: Geotextile provides functions of reinforcement, filtration, drainage, isolation permeability proofing and protection. Based on the main features, configuration, structure character, hazard, genetic mechanism and stability of Wushan former city-area landslide, the parameters of engineering geology, which correlate with the geotextile, are introduced. The landslide was reinforced with the geotextile in Wushan former city-area landslide.

Key words: Three Gorges; geotextile; landslide; design; monitor

土工合成材料是继钢材、水泥、木材之后的第四种新型建筑材料,确切地说是一种由化纤、涤纶等合成的材料。土工合成材料具有较高的拉伸强度、延伸性和整体性,有良好的水力特性,能起到较好的加筋、过滤、排水、隔离、防渗、防护作用。土工合成材料稳定性好、耐用、使用寿命长,具有提高工程质量、减少土石方量、降低维修费用等综合效益。因此广泛应用于水利、交通、建筑等工程方面。

随着2003年三峡大坝截流时间的临近,塌岸防治工程迫在眉睫。放坡是最简单、最传统的方案,但条件不允许时,土工合成材料是明智的选择。

1 滑坡区环境工程地质条件

1.1 自然地理

1.1.1 地理位置及气象水文

该滑坡位于长江左岸岸坡,北侧为巫山县武警中队、四联建和搬运公司,紧邻巫山港1、2、3码头。该地区为老县城居民区,建筑密集。

区内属亚热带气候,其特点是四季分明,雨量充沛,湿度大,云雾多,日照少,垂直分带明显,雨量集中于5~9月份,占全年降雨量的60%~70%,且多

属高强度暴雨,日最大降雨量达94.3~141.4 mm。

滑坡距巫峡仅1 km。长江水流湍急,流量变化大,洪水期最大洪峰流量约7万 m³/s,而枯水期最小流量为2730 m³/s(1978年3月13日),水位在汛期变化大,最大变幅达49.99 m。

1.1.2 地形地貌

滑坡区位于山区河谷地貌区,岸坡为长江一级阶地,地形标高为88~132 m。

1.2 地层岩性与地质构造

1.2.1 地层岩性

滑坡区地层岩性由上至下为:

①人工填土,杂填土,以建筑垃圾为主,成分为砼块、砖、瓦砾、夹块碎石及卵石,结构松散,干燥,厚1.5~5.2 m,广泛分布于场地表层。

②粉质粘土,褐黄色,可塑状,偶夹小卵石及角砾,揭露最大厚度26 m左右,其间,在粉质粘土层夹有2~3层软弱层,埋深10~25 m,层厚1.2~5.0 m,含水量大,多呈软塑状。粉质粘土间夹有层状粉土,可塑,厚1~2.5 m。

1.2.2 地质构造及地震

滑坡区位于巫山向斜南东翼,基岩被第四系土

收稿日期 2002-05-10

作者简介:康宏达(1963-)男(蒙古族),辽宁人,中国地质环境监测院高级工程师,中国地质大学(北京)博士在读,地质工程专业,从事地质灾害勘察、监测和工程设计工作,13910080879。

体覆盖,区域上无断层通过。据国家地震局颁布的《中国地震烈度区划图》,场地地震基本烈度为Ⅵ度。

1.3 水文地质条件

根据物探分析结果,护坡中部为古冲沟。1999年在武警中队和搬运公司2口竖井显示,滑坡区地下水丰富。长江水位下降到滑带以下24h内有大量地下水从管涌或溶隙形成的孔洞流出,流量3~5 L/s。

2 滑坡的特征及其形成机制分析

2.1 滑坡的特征

2.1.1 滑坡的形态特征

滑坡后缘宽度140m,前缘宽度260m,滑坡长度155m,滑坡范围26000m²,滑体最大厚度25m,平均厚度20m,滑坡体积520000m³。剪出口高程88~91m,滑坡后缘高程130~132m,地表产生大的变形,房屋产生开裂和倒塌。

2.1.2 滑体及滑带特征

滑体主要由第四系冲洪积的粉质粘土组成,上部为第四系人工填土——杂填土,滑体最大厚度达25.44m。

滑坡前部和中部滑带倾角4°~6°,滑坡后部滑带倾角较陡。滑带之上有砂层并有溶隙。滑带土为粉质粘土的软弱夹层,具软塑、流塑状,厚度1.0~5.0m。滑床为粉质粘土,呈可塑状,揭露厚度3.0m以上,土体物理力学指标见表1。

表1 土体物理力学指标统计

土体类别	含水量/ %	容重/ (kN·m ⁻³)	密度/ (g·cm ⁻³)	孔隙度/ %	压缩系数/ MPa ⁻¹	压缩模量/ MPa	液限/ %	塑限/ %	拉剪强度 c/ φ/ kPa (°)
滑带土	42.6	2.69	46.8	0.19	9.9				
滑体土	18.9	20.2	2.70	37.0	0.15	10.8	28.5	17	16.5 24.7

勘察查明滑坡有2个滑带位于地下水位之下。

2.2 滑坡的变形特征及成因

2.2.1 1999年巫山老县城沿江滑坡变形特征

自1999年8月28日,老县城沿江滑坡前缘发生滑塌,后缘及侧边界产生裂缝后,9月5、13、19日裂缝不断增加和扩宽,地势下沉。9月21日凌晨1时50分,集仙路中医院段供水管道被剪断。9月25日上午,巫山县城集仙街及中医院墙根出现裂缝,东延伸至运管所,西至中医院转角处,长32m,宽1~4mm,9层高的中医院整幢楼明显下沉,险情已扩大到县城唯一的主干道——集仙街。

2.2.2 滑坡成因分析

滑坡主要由以下因素影响形成(1)1998年长江高水位浸泡时间长达2个月,最高水位115.46m,持续多日;1999年长江高水位浸泡也有2个多月,最高水位114.42m,浸泡10余日,使坡脚失稳,造成聚鹤街在6月起先期垮塌,之后险情不断扩大。(2)滑坡前缘位于长江凹岸,长江的侵蚀作用对滑坡的稳定性十分不利。(3)20世纪70年代备战备荒大挖防空洞,无支护留下隐患。(4)由于滑体前沿经常坍塌,挫断该区域排水系统,使地表水进入滑体。

需强调指出:已坍塌和变形体贯通的触发因素是长江水位在滑坡剪出口之上快速下降到剪出口之下。1999年8月24~28日长江水位下降6.3m,9月2~4日长江水位下降3.48m,9月18日2时~19日8时,长江水位下降3.09m,滑带快速贯通的时间比长江水位快速下降的时间滞后1天。8月28日下午4时30分和9月5日凌晨1时,9月13、19日危险区伴随地下、地表和建筑物的开裂产生“咄、咄、咄”的声响和地表开裂。

3 滑坡稳定性分析及其推力计算

3.1 滑坡稳定性分析

3.1.1 计算方案的选取

经过减载和地表排水措施,滑带土干燥情况下,滑坡处于稳定状态,滑坡经过长江高水位浸泡,水位在剪出口附近陡降时,滑坡处于滑动状态。

将滑坡分成条块,采用传递系数法计算滑坡稳定系数和各条块的剩余下滑力。

3.1.2 滑带土物理力学参数的选取

以钻孔取样及土体物理力学参数试验为基础,结合类似滑坡经验,可得有关计算所选取的滑带土的物理力学参数。滑体干燥状态下,容重19.5kN/m³,滑体饱和状态下,容重20.4kN/m³。滑带土干燥状态下,摩擦角取为15°,c值取为20kPa,滑带土饱和状态下,摩擦角取为11°,c值取为12kPa。

3.1.3 滑坡稳定系数

滑坡在干燥状态下,稳定系数1.48;滑坡在含水状态下,稳定系数1.11;滑坡在长江水位115m,考虑动水压力状态下,稳定系数0.86。

3.2 滑坡剩余下滑力计算

将滑体划为6条块进行推力计算,考虑基本荷载,与含水组合情况。基本荷载及含水情况下,第4块体滑坡剩余下滑力为0。为了进行趋势分析和对比研究,在理论上将剩余下滑力仍按计算结果考虑,但在设计时,实际值视为0。当长江水位达115m

并考虑动水压力时,第4块体滑坡剩余下滑力显著增加,可达8.5 t/延米。

4 土工织物防护设计

4.1 土工织物防护结构(见图1)

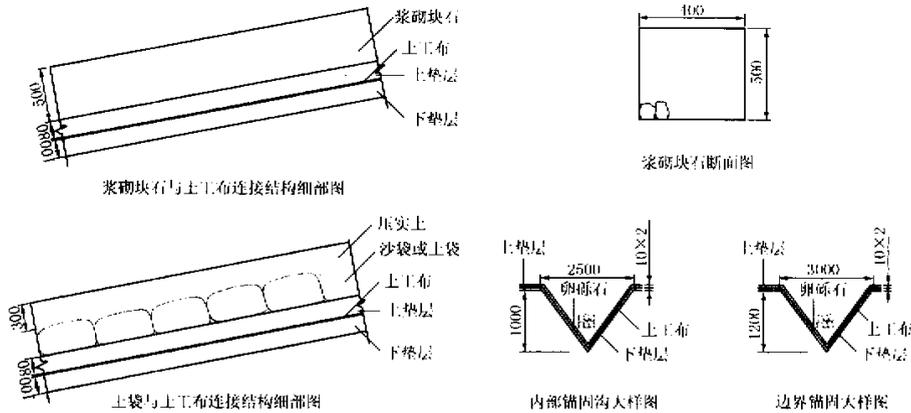


图1 土工织物加固设计图

4.2 土工织物的选择

土工合成材料可以有效减少长江水入渗,并反滤、隔离、加筋、防护、防冲和防掏。采用土工合成材料进行塌岸防治是目前该滑坡进行应急治理既经济又有效的措施。土工合成材料必须保证保土性、透水性和防堵性。

通过对英国 Don and jow limited 等 18 家西欧土工合成材料生产厂家产品分析,无纺布物和机织织物仍为常用的土工织物。无纺布物主要用于排水,沥青基织物主要用于防渗、加衬系统中;机织织物则主要用于分离、提高稳定性、围堤和地基加固等领域。近年来土工格栅和土工复合材料的应用稳步上升,当需要土工织物材料承担多种功能时,综合不同材料特性的复合材料的优势凸现。TGB-6050 无纺土工织物的性能参数为:门幅 500 cm,质量 500 g/m²,厚度 4.4 mm,经/纬抗拉强度 60/50 kN/m,延伸率 18%,撕裂强度 1.9 kN/m,渗透性 5×10^{-2} cm/s,等效孔径 $Q_{95} = 0.10$ 。

4.3 土工织物铺设准备

由于 1999 年削坡仅仅是将滑坡体从滑坡中后部移至滑坡前缘,在滑坡前部形成坡比为 1:1.33 的疏松堆积边坡,不稳定,本次治理工程先按 1:2 削坡,削坡后夯实。

4.4 土工织物铺设

(1)排水沟尽可能保留为锚固沟,但排水沟与坡面极不协调时,突出的排水沟会对土工织物起破坏作用,必须拆除。

(2)为了已建排水沟不顶破土工织物,下部挖槽

时保留 30 cm,坡度与下部渐变,坡比小于 1:1.5。挖槽受到制约时,应清除作为建筑基础的块石或建筑弃渣,保持坡面无突出的块石、钢筋、铁丝或树桩。

(3)锚固沟为三角形,侧向锚固沟顶宽 3000 mm,深 1200 mm,横向锚固沟顶宽 2500 mm,深 1000 mm。

(4)施工中尽量减少土工织物在阳光下暴露时间,土工织物运输、存放必须防火、防晒、防刺破、防雨淋。上垫层虚铺 8 cm,下垫层虚铺 10 cm。锚固沟垫层采用粒径 < 3 cm 河卵石。其它垫层可以是含泥量 < 10% 的细砂,也可以是和锚固沟同样的河卵石。

(5)排水沟棱角用海绵或泡沫护角,使土工织物不被刺破。

(6)铺设应平顺,松紧适度,并与下垫层密贴。有破坏处,应修补或更换。坡面上铺设宜自下而上进行,在底部和顶部应予以固定;坡面上应设防滑钉,并随铺随压重,与结构物连接处应结合良好。铺设人员不应穿硬底鞋。

4.5 压重

(1)浆砌块石采用 M7.5 水泥砂浆,间距 2.4 m,断面 40 cm × 40 cm。压重土袋或沙袋最大落高 > 300 mm,重石块不应沿坡面滚动。压重土袋或沙袋充填 70% ~ 80%。

(2)为了保护编织袋,在表层铺 45 cm 碎石土(压实后为 30 cm),碎石土碎石粒径 < 8 cm。碎石土含水量以新开挖边坡湿碎石土为最好,含水量 10% ~ 20%,以 15% 为最优。碎石土必须夯实,夯

实符合有关碾压规范。

5 土工织物的施工

推成 1:2.5 左右的斜坡后,基槽采用隔挡式开挖,采用人工开挖 700 mm 深,在挖基槽时可装袋。基槽采用蛙式打夯机夯实,经业主、设计、监理验槽后,铺第一层 100 mm 砂垫层,用叶锄打拍密实,铺土工织物,铺时所有施工人员全部穿平底鞋或草鞋,再铺第二层砂垫层,紧接着铺土袋,土袋每隔 2400 mm 的中心距留 400 mm 宽的空当,砌筑 M10 毛石肋,毛石肋砌完后 1 天,回填肋间碎石土,采用蛙式打夯机夯实。

6 土工织物效果监测

为了监测巫山老县城沿江滑坡的变形特征,检验土工织物应急抢险治理工程的效果,在滑坡治理工程区和外围分别布置了一个孔隙水压力动态长期观测孔和钻孔倾斜监测孔。

6.1 监测仪器的选择

孔隙水压力动态监测仪为荷兰生产的 TD-Diver temperature and depth。该仪器可以监测水温和水头,适用海拔 -300~3000 m,取样间隔 0.5 s~99 h。钻孔倾斜仪采用 CX 系列数显测斜仪,定期将监测数据用笔记本电脑传出。测斜管采用 $\varnothing 86$ mm、壁厚 2.5 mm 铝合金测斜管。

6.2 孔隙水压力动态监测

(1) 开孔口径 ≤ 172 mm,揭穿第四系人工填土(杂填土)下 $\varnothing 168$ mm 套管护壁,用 $\varnothing 150 \sim 130$ mm 钻具钻至长江最低水位高程 62 m,换径不少于 5~7 m 作沉砂段终孔。

(2) 成井段 0~60 m 口径 ≤ 130 mm。全孔用泥浆回转钻进,孔斜度 $\geq 1^\circ$ 。做好起下钻水位观测及测量记录。

(3) 终孔后下 $\varnothing 127$ mm 白管及缠丝花管,管外用小粒径砾石回填,用活塞洗井,进行抽水试验,而后测恢复水位至稳定。

(4) 该井为长期观测孔,试验结束后,孔口开挖 $800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$ (长 \times 宽)的地坑,且用砖砌后,顶面用铁板作盖封闭。

(5) 孔隙水压力和水温每 6 h 监测 1 次,长江高水位浸泡及退水期间,30 min 监测 1 次。动态监测

结果分析显示,孔隙水压力和水温变幅较小,与未治理前长江水位在剪出口附近变动时,地下水压力变幅大形成鲜明对比。

6.3 钻孔倾斜监测

(1) 开孔口径 ≤ 150 mm,揭穿人工杂填土后下入井口管,换径钻进,终孔口径 ≤ 140 mm。全孔要求孔斜度 $< 1^\circ$ 。

(2) 终孔后下入 $\varnothing 89$ mm(内径 ≤ 80 mm)铝合金管,为防止管子弯曲,应采用钻孔将管悬立,管外与孔壁用砂浆充填。

(3) 井口要求用砖砌 $800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$ (长 \times 宽)的地坑,用铁板封盖。

(4) 目前的钻孔倾斜监测结果在仪器系统误差之内,该滑坡处于稳定状态,它为长江高水位浸泡后退水引起滑坡与否,提供参考。

6.4 抽水试验

根据钻孔地质资料,确定该孔隙水压力动态长期观测孔属潜水非完整井(非淹没过滤器井壁过水)。

根据 3、5 号孔抽水资料,绘制了水流流量时间过程曲线图, $Q=f(s)$ 曲线,水位恢复曲线,其观测计算数据见表 2。

表 2 观测数据

孔号	终孔深/m	稳定水位/m	流量 $Q/(\text{L}\cdot\text{s}^{-1})$	降深 S/m	降深至花管底距 L/m	渗透系数 $K/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	影响半径 R/m
3	62.21	14.9	11.16	5.1	39.51	0.0475	22.13
5	66.25	17.9	22.30	10.1	30.18	0.0604	25.07

从观测数据知,3、5 号孔含水层分布范围较小,透水性和地下水补给条件较差。

7 结语

(1) 采用土工合成材料进行塌岸防治是目前该滑坡进行应急治理既经济又有效的措施。应急抢险工程采用土工织物进行塌岸防治是可行的。

(2) 土工织物可以有效减少长江水入渗,并反滤、隔离、加筋、防护、防冲和防掏。本子专题的研究为三峡库区塌岸防治和库区滑坡治理起到了示范作用。类似的塌岸防治和库区滑坡可采用土工织物。

(3) 钻孔倾斜监测和地下水水压力监测技术是先进的。应急抢险工程采用土工织物进行塌岸防治的效果经受了洪水的验证,效果明显。

热烈庆祝本刊创刊 45 周年!