

帘式网在汪家坡前缘坍滑治理工程中的应用

王金波^{1, 2} 王云飞³ 孙海松⁴ 谢迪^{1, 2}

1. 资源与生态环境地质湖北省重点实验室
2. 湖北省水文地质工程地质勘察院有限公司 湖北宜昌 443000
3. 秭归县自然资源和规划局 湖北宜昌 443699
4. 夷陵区自然资源和规划局 443100

摘要: 结合汪家坡滑坡前缘坍滑防护实例, 介绍了张口式帘式防护网的特点及防护原理、在相同施工条件下, 张口式帘式网防护措施具有施工难度小, 施工工期短、安全系数大等优点, 可在高陡边坡表层落石、坍滑等防护施工中推广。

关键词: 张口式帘式防护网; 地质灾害; 坍滑; 落石计算

Application of curtain net in the front of Wangjiapo

Wang Jinbo^{1, 2}, Wang Yunfei³, Sun Haisong⁴, Sheidi^{1, 2}

1. Hubei Provincial Key Laboratory of Resources and Ecological Environment Geology
2. Hubei Hydrogeological Engineering Geological Survey Institute Co., LTD., Yichang, Hubei 443000
3. Natural Resources and Planning Bureau of Zigui County, Yichang, Hubei province 443699
4. Yiling District Natural Resources and Planning Bureau 443100

Abstract: combined with wangjia slope landslide front collapse protection examples, introduces the characteristics of open curtain protective net and protective principle, under the same construction conditions, open curtain net protective measures with small construction difficulty, the construction period is short, large safety factor, can be in high steep slope surface falling, collapse and other protection in construction.

Keywords: open mouth curtain protective net; geological disaster; collapse; rock calculation

引言:

汪家坡滑坡前缘坍滑位于乐天溪镇莲沱村3组, 主要为第四系崩坡积块碎石土堆积, 堆积体结构松散, 块石含量高, 单个块体体积大, 在降雨及重力卸荷作用下, 时常发生不同规模的坍滑变形, 严重威胁坡脚居民的生命财产安全及三峡专用公路交通安全。因该坍滑体所处坡体高陡, 且覆盖层厚度较大, 传统的防护措很难满足防护要求, 且施工难度较大, 后续维护成本较高, 所以探索新的施工方法对坍滑体治理尤为重要。

张口式帘式防护网是由落石拦截收集系统和落石引导控制系统组成。落石拦截收集系统位于整个系统的上部, 用钢立柱支撑起一个张开的口袋, 用于拦截和收集

上部坍滑的石块, 再由相连的帘式网引导落石沿设定好的路线滑落到坡脚, 有效避免了传统主被动拦截系统不便清理、易造成二次危害的诸多弊端。张口式帘式网布设的目的不是为了防止落石的发生, 而是当坡表危石滚落时, 控制危石的滚落过程, 使其不对坡脚农户和公路安全构成威胁。

1、工程概况

1.1 基本特征

汪家坡滑坡前缘坍滑所处山体坡度45-55°, 坡表主要为第四系崩坡积块碎石土堆积, 块碎石成份主要为灰质白云岩, 大小不等, 一般块径0.2-1.0m, 最大达5-15m, 结构松散, 混杂堆积。土石比2: 8, 坍滑区距坡脚约120m, 横宽20-30m, 纵长15m, 厚1-2.5m, 坍滑总体积400m³。

资助项目: 夷陵区汪家坡滑坡前缘坍滑勘查设计项目。



照片1 坍滑体远景

1.2 变形特征

汪家坡滑坡前缘首次坍滑发生于2020年7月23日，汪家坡滑坡前缘一崩积块碎石土堆积区受汛期降雨影响，发生坍滑变形，坍滑区横宽10-20m，纵长约5m，厚度1-2m，坍滑体积约100m³（照片2），坍滑体顺坡而下，沿坡散布于斜坡坡表及坡脚平台，据现场调查，坡脚坍滑体分解块体规模1.0-15m³，斜坡区残留块体规模1.5-10m³及多块小型碎块石（规模0.01-0.3m³），后缘块体前缘临空，重心外移，并使块体顶部产生弧形拉张裂缝。第二次坍滑变形于2020年7月23日-24日，坍滑区横宽约20m，纵长5-10m，坍滑厚1-3m规模300m³，其中约200m³坍滑体已顺坡滚落至坡脚（照片3），坡面上残留有约100m³的块碎石（照片4）。且坍滑区坡度较陡，坡表碎块石土层整体稳定性差，随时有发生滚落的可能。



照片2 坍滑区特征照片



照片3 坡脚坍滑块体



照片4 坡表残留块体

坍滑发生后，后缘崩积体前缘临空呈陡坎状，堆积体松散（照片7），完整性差，经现场调查，后缘坡体出现拉张裂缝照片（照片6），在降雨冲刷作用下，再次发生坍滑变形的可能性较大，对坡脚村民生命财产安全及三峡专用公路的交通安全构成威胁。



照片5 后缘陡坎及块石堆积



照片6 后缘裂缝

1.3 稳定性分析与评价

汪家坡滑坡前缘坡表第四系崩积块碎石土堆积较厚，堆积体结构较松散，块石含量高，块径较大，一般块径0.2-1.0m，最大达5-15m，大块岩体多外凸于坡表，前缘临空，受降雨冲刷作用，底部土体被冲刷携带，并使上部块石重心外移，最终发生坍滑变形。综合评价坡体表层崩积块碎石土层现状处于欠稳定状态，在暴雨冲刷作用下有再次发生坍滑变形的可能，发展趋势为欠稳定。

2、防治工程设计

2.1 落石计算

根据坍塌区坡表堆积体现状进行落石计算，采用Rockfall软件模拟落石运动，对坡面落石的落距、运动速度，弹跳高度及冲量进行计算。

本次计算选取纵向A-A'剖面(图2-1)进行数值模拟计算。计算结果表明，随选的50个落石中45个落距在241.62m之内，5个落距327.77m(威胁三峡专用公路)(图2-2)；落石槽位置大部分落石弹跳高度不超过5m，但最大可达到27.15m(图2-3)，坡脚应急修建的拦石坝顶被动网仅能拦截大部分坍塌块体，但仍有少量块体会越过被动网，对坡脚村民及公路构成威胁。

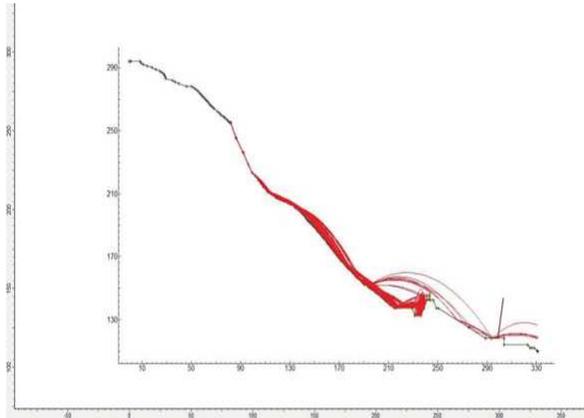


图2-1 A-A'剖面计算模型

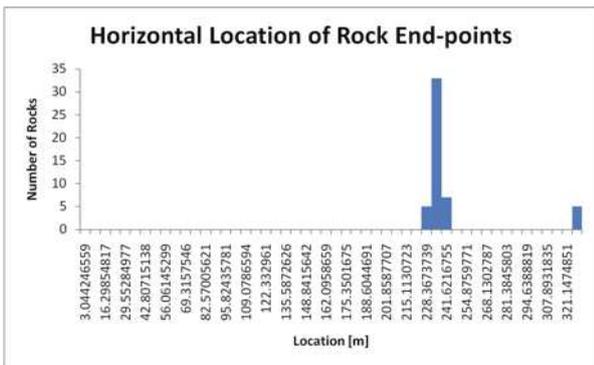


图2-2 A-A'剖面最大落距统计

根据现场地形条件，

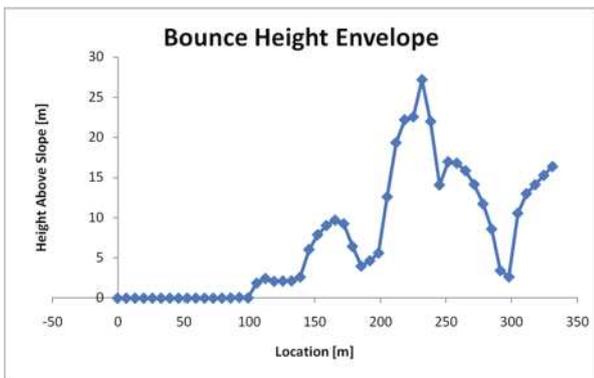


图2-3 A-A'剖面落石弹跳高度统计

2.2 设计方案

因坡表坍塌堆积区坡度较陡，坍塌堆积区以危石为主，危石块径较大，清理难度较大，且坡体上部坍塌后形成一小型陡坎，现状稳定性差，采用常规的防护方式施工难度大，安全系数低，且后续维护难度大。根据坍塌区落石计算成果，本次主要采取张口式帘式防护网对坡表活动块体进行防护。

张口式帘式防护网采用被动拦截和下部覆盖引导相结合的方式，一方面拦截限制落石的弹跳及能量，另一方面通过引导作用交坡面块石引导至坡脚。拦截区类似被动防护系统，主要由钢柱、金属网、支撑绳、拉锚绳、锚杆、卸扣等构件，金属网片间以及网片与钢丝绳间的连接主要通过卸扣进行，用来对上部滚落的弹跳落石进行控制；引导区与主动防护网类似，主要有金属网、支撑绳、纵横向拉绳、锚杆和缝合绳等构件，用来对高能级落石进行引导以及使落石与山体作用耗能。

张口式帘式防护网设计拦截高度设计为5m，宽35.40m，设置5根钢柱，每根钢柱间隔5.45-10m。引导区设计宽度27-35.45m，长度204m，并在两侧布设锚杆对网片进行固定，锚杆布设间距4m，锚杆长度4.5m，采用双股 $\phi 16$ 钢丝绳制作。因坍塌区呈一小型凹槽，中部低，两端高，故坡体表层未设置锚杆，两侧锚杆先采用横向拉绳连接，再在拉绳上方铺设网片，铺设完成后，引导区网片坡面间形成高0.5-1.5m的空间，危石滚落时不会因帘式网片的阻挡而在坡体中部停留，可顺利到达坡脚。

3、张口式帘式防护网的优点

张口式帘式防护网相对于传统的主被动网，主要表现在有以下几点：

(1) 传统被动防护网要承受落石正面冲击，张口式帘式网不承受落石正面冲击，且张口式帘式网具有收集功能，不会因危石回弹而造成更大的危害，其防护能级更高；

(2) 被动防护网仅对其上方落石具有防护效果，防护范围受到限制；张口式帘式网不仅对张口上方落石具有防护能力(相对于被动网)，同时对张口以下区域(引导区)通过网子的垂挂、覆盖，也起到很好的防护效果(相当于主动网)，大大提高了防护范围。

(3) 传统主动网落石会堆积、停留在某一区域，出现“鼓肚子”的现象，且很难维护清理，形成二次落石危害；帘式网网片与坡面之间有一定的空间，坍塌块体不会在坡体中部停留。

(4) 帘式网通过引导区使落石按照预先设定的路线下落至收集区,大大的降低了二次落石危害,具有较好的维护性。

(5) 主动防护网要求对防护区域进行高密度锚杆处理,对防护区的整体性有一定程度的破坏。帘式网通过“覆盖”或“张挂”的方式进行防护,锚杆布设密度较低,主要在防护区两侧布设,坡体表导布设间距多在10m左右,且如果变形区所处坡体为一沟槽或低洼,也可不布设坡表锚杆,帘式网对山体造成破坏远小于主动网。

4、结语

汪家坡滑坡前缘坍塌治理工程于2021年08月08日正式开工建设,2022年3月16日完工,采用张口式帘式防护网有效的控制了坡面危石滚落时的弹跳空间,工程完工后,现场进行了危石崩落试验,帘式网防护效果较

好,试验块体在帘式网内顺利到达坡脚,基运动轨迹得到有效控制,经检验,该工程治理效果良好,保障了坡脚村民的生命财产安全和三峡专用公路的交通安全,取得了良好的防护效果。

三峡库区是我省地质灾害高发区,发育有大量崩塌地质灾害隐患,帘式网以拦截、引导为主,能有效的控制坡表危石的运动轨迹,尽量的减少了对坡体的扰动,其施工难度小,安全系数大,具有施工工期低,工程投资小等优点。可在同类型地质灾害治理的广泛推广。

参考文献:

[1]王金波.宜昌市夷陵区乐天溪镇汪家坡滑坡前缘坍塌勘察[R].宜昌:湖北省水文地质工程地质勘察院,2020.

[2]王金波.夷陵区乐天溪镇汪家坡滑坡前缘坍塌防治工程施工图设计报告[R].宜昌:湖北省水文地质工程地质勘察院,2021.