

主动防护网 + 喷射混凝土在公路崩塌应急治理中的综合应用

陈 新 杨 进 郑常磊

(四川省地质工程勘察院集团有限公司, 四川 成都 610000)

摘 要 西南山区公路边坡陡峻, 受地形和持续强降雨影响, 容易发生滑坡或者崩塌, 极易造成人员伤亡和财产损失。以 2010 年 4-7 月份为例, 西南某市境内普降暴雨, 公路发生多处崩塌, 某公路在短短的 20 公里内先后发生 4 处崩塌, 危害较大, 造成该段交通中断, 结合实际情况, 应急抢险采用“坡面清危 + 主动防护网 + 喷射混凝土”的创新思路, 结合现场实际情况采取快捷有效的施工方案和工艺, 为类似公路崩塌应急治理积累了经验。

关键词 主动防护网 喷射混凝土 坡面清危 公路边坡崩塌抢险

中图分类号: P642.21

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)10-0049-03

西南地区多山, 地形陡峻, 公路两侧边坡高陡, 由于修建时间过长, 两侧斜坡体在自身重力和持续降雨的不断作用下, 发生一定的变形, 形成了大大小小的潜在崩塌体和滑坡体。由于变形体所处位置较高, 加之植被覆盖率很高, 难以有效识别和发现, 因此难以提前进行有效治理和防范^[1]。

由于该地区降雨充沛, 山体连绵, 汇水面积较大, 公路所处位置多位于山脚河谷, 如遇持续强降雨, 坡面汇水集中冲刷公路两侧边坡, 极易诱发坡体发生变形, 突发性最强的就是公路边坡崩塌, 此类崩塌为覆盖层崩塌居多, 有些为表层强风化基岩崩塌^[2]。沿公路沿线展布, 所处位置一般为公路以上数十米或数百米不等, 由于所处位置较高, 崩塌体动能较大, 崩塌的土石体从公路上部斜坡直泻而下, 可能掩埋公路及邻近建构筑物, 对公路车辆威胁极大。一旦发生, 短时间内会造成交通中断, 传统的应急抢险手段要么花费时间长, 要么难以有效控制崩塌^[3]。在短时间内恢复通行的迫切需求下, 如何采取一种快速有效的应急治理方式, 是本文探讨的核心。

1 项目背景

2010 年, 受强降雨影响, 某段公路连续发生数次崩塌, 边坡松散堆积体发生高位危岩块体崩塌。为内侧边坡松散堆积体发生高位危岩块体垮塌, 垮塌方量约 $150\text{m}^3 \sim 11000\text{m}^3$, 造成公路断道。以上四处崩塌具有共同性:

1. 所处位置较高, 一般位于公路路面以上 40~150m, 直接威胁公路。崩塌体的剪出位置位于公路路

面以上, 公路路面除了受到浅层崩塌体的冲击, 本身并没有中、深层滑坡变形威胁公路。

2. 崩塌体厚度 1m~3m, 为浅层覆盖层或表层强风化基岩小型崩塌; 崩塌体物质多为崩坡积形成的松散碎块石土, 其中夹含大量的块石、孤石。下伏较为完整的基岩面。

3. 四处崩塌体主要诱发因素为持续强降雨, 依据收集的降雨资料, 在崩塌发生之前, 至少都发生了持续强降雨, 短时降雨量在 50mm 以上。

4. 崩塌体所处位置植被覆盖度高, 崩塌前难以通过巡查等手段发现地面裂缝等变形迹象, 因此突发性较强, 难以有效防范。

5. 由于该段公路车流量大, 车辆无法绕行, 积压多, 抢险工程必须快捷有效。

2 应急抢险方案的优化与创新

本次采取的抢险治理措施: 人工坡面清危 + 岩缝、凹槽、松散土层注浆加固 + 主动防护网 (系统自钻式中空锚杆加固) + 随机锚杆加固 + 喷射混凝土。

2.1 人工坡面清危

由于崩塌发生后坡面还残留着大量的危岩体、松石, 如不予以清理, 在地表水冲刷甚至自身重力作用下可能发生掉块坠落, 公路车流量大, 砸中砸坏下部的车辆的可能性和危险性很大, 因此必须予以清理。如采用坡脚搭架进行清理时间不允许较长, 因此本次人工坡面清危采用简易式手持式工具, 如撬棍、风镐、高压水枪等进行清理。

2.2 主动防护网 (系统自钻式中空锚杆加固) + 随机锚杆加固 + 岩缝、凹槽、松散土层注浆加固

1. 主动防护网 (GPS2 型): 常用于坡面崩塌、风化剥落、溜坍、溜滑或塌落类地质灾害的加固防护, 其明显特征是采用系统锚杆固定, 通过支撑绳和缝合张拉 (钢丝绳网或铁丝格栅) 来对柔性网部分实现预张拉, 从而对整个边坡形成连续支撑, 其预张拉作业使系统尽可能紧贴坡面, 并形成了抑制局部岩土体移动或在发生局部位移或破坏后将其裹缚 (滞留) 于原位附近的预应力, 从而实现其主动防护 (加固) 功能^[4]。该系统在施工工艺上为确保其尽可能紧贴坡面, 锚杆孔口应开凿孔口凹坑。由于主动防护网安装的快捷性, 同时对坡面残留而难以清除突出的岩体块石可以进行有效包裹, 比较适宜于该崩塌的抢险治理, 单张网片尺寸一般为 $4.5\text{m} \times 4.5\text{m}$ 。

2. 创新思路: 坡面区域大部分出露的是崩坡积或者残坡积的碎块石土, 土质松散, 如先成孔, 再安装主动防护网配套的钢绳锚杆, 容易塌孔, 安装钢绳锚杆困难, 减慢了施工进度, 同时影响注浆质量。基于此, 决定采用自钻式中空注浆锚杆, 锚杆长度 $2\text{m} \sim 3\text{m}$, 直径 25mm , 通过手持式钻机一次性成孔安装注浆, 极大地加快了施工进度。

随机锚杆长 $3\text{m} \sim 5\text{m}$, 主要是布置于少数区域危岩体较为发育、需要进行局部加强加固的地方。

针对岩腔、岩缝及部分凹槽采用注浆加固处理; 注浆加固后, 对表层松散土体进行喷浆硬化, 水灰比 $1:0.5$ 。

2.3 喷射混凝土

主动防护网施工完成后进行边坡面层混凝土喷射, 材料采用 C20 细石混凝土, 喷射厚度 10cm 。

2.4 主要工程内容

1. 人工坡面清危: 坡体表面孤石 (块石) 较多, 杂乱分布于坡面上, 粒径大致在 $0.2\text{m} \sim 1.5\text{m}$ 之间, 孤石之间为松散状态的砂质粉土, 粘粒含量少。采用蜘蛛人高空作业, 采用风镐、撬棍等工具进行清理, 清危面积约 3000m^2 , 清危方量 920m^3 。

2. 主动防护网: 在人工坡面清危的基础上铺设主动防护网, 主动防护网面积约 9000m^2 , 网片固定锚杆没有选择常用的钢绳锚杆, 而是采用直径 25mm 自钻式中空锚杆, 长度 3m , 另外在危岩体较为发育的地方布设随机锚杆 110 根, 长度 $3\text{m} \sim 5\text{m}$; 针对岩腔、岩缝及部分凹槽采用注浆加固处理。

3. 在主动网及随机锚杆等工程施工完毕的基础上, 坡面层混凝土喷射面积 5000m^2 , 部分完整基岩出露面不进行混凝土喷射。考虑到有效性, 故需将防护面积适当扩宽, 使防护网的边缘锚点位于两侧及上部稳定区域。

3 技术要求

1. 主动网锚杆及随机锚杆施工保证孔位的准确性、孔深要求以及是否进入完整坡面的验收, 方可进行下一步的主动网施工。

2. 主动网铺设必须紧贴坡面, 纵横钢绳需要施加一定的预应力使得网片能够紧紧兜住坡体, 部分突出危岩体在下部增设锚杆以加强主动网对危岩体的束缚作用。

3. 岩腔、岩缝及凹槽灌浆材料要注意水灰比的控制, 水灰比采用 $1:0.5$, 采用纯水泥浆, 水泥采用 P.O42.5。

4. 做好施工监测, 采用人工巡视、无人机航拍等方式等整个施工过程进行有效监测, 并在下方设置了安全围栏进行防护。

4 工序安排

4.1 工序安排

现场施工条件较差, 需要修建施工边坡, 主动防护网、锚杆等材料需要转运至坡面上部斜坡, 再由上至下的施工安装。

施工工序主要见图 1:

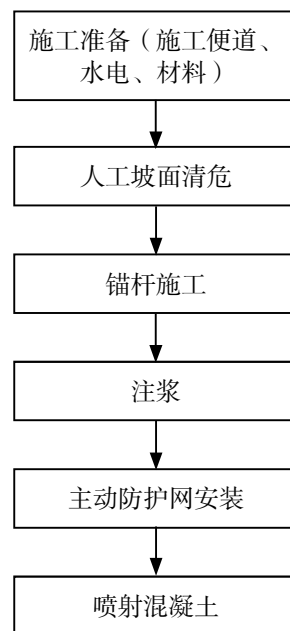


图 1 施工工序流程图

表 1 施工工期计划表

天数	施工便道	材料进场	坡面清危	锚杆施工	注浆	主动网	喷射混凝土
D1							
D2							
D3							
D4							
D5							
D6							
D7							

4.2 工期计划

本抢险工程规定的工期为 7 天达到通车条件，未达到此条件，按照天来安排工期。（见表 1）

5 工程效果分析

1. 工期：按照预定工期完成了应急施工，极大地缓解了因道路中断造成的交通压力。

2. 工程质量：通过应急抢险治理后，整个崩塌区域在工程有效期内，没有出现崩塌、掉块或坠落等情况，下部公路通行得到了临时通行安全保障。

6 创新及意义

该公路边坡崩塌抢险项目的成功处理，为今后的类似项目提供了思路和经验，实施中的创新性的思路 and 手段，对类似的浅层覆盖层公路边坡崩塌应急抢险具有一定的借鉴意义。

6.1 主动防护网 + 喷射混凝土相结合替代原有的钢筋网片网喷工程

将主动防护网防护和喷射混凝土喷护有效地结合起来，主动防护网相对传统的钢筋网片护坡，对边坡的平整度要求不高，对崩塌体有一定的约束和裹缚作用，格栅网、钢丝绳、柔性网、柔性锚杆都是加工好的成品，安装简便迅捷，用于应急抢险工程较为适宜；但主动网没有隔绝崩塌体和空气，土石可能受地表水的冲刷，或者差异风化，造成碎屑物质从网眼中漏出来，形成凹腔，危及主动防护网的稳定，而喷混凝土可以有效地解决以上问题。因此将主动防护网和喷射混凝土相结合，即利用主动防护网迅速对崩塌残留体形成防护约束作用，再利用喷射混凝土增加工程一定的耐久性。

6.2 自钻式中空注浆锚杆替代钢绳锚杆，有效加快施工进度，提高注浆锚固质量

应用自钻式中空注浆锚杆可以有效地减少施工时

间，提高锚固质量，被动防护网使用的是钢绳柔性锚杆，长度 2m，在覆盖层或者强风化岩层成孔过程中，容易塌孔，而主动防护网的锚孔都是用手持式钻机成孔，无法跟管，因此一旦塌孔，使得钢绳锚杆难以安装到位，严重影响施工进度和注浆锚固质量。本次工程属于抢险工程，时间非常紧张，采用自钻式中空注浆锚杆替代原有的钢绳柔性锚杆，并在顶部安装穿线环便于后期被动防护网穿绳安装，采取一次性钻孔、安装和注浆，不需要拔钻杆再安装锚杆注浆，因此施工速度大幅加快，注浆质量得到保障。

6.3 随机锚杆、岩缝灌浆、松散土层注浆对整个防护系统进行补强

由于坡面没有进行统一的平整和削坡，坡面危岩凹凸不平，裂缝、凹腔十分发育，本次抢险治理针对性地进行加强加固。首先是针对裂缝、松散土层进行了灌浆、注浆处理。对于在大块石和危岩下部的凹槽凹腔部位，增加随机锚杆，长度在 3m 以上，可以有效增加主动防护网的约束和裹挟作用。

综上，采用主动网 + 喷射混凝土时间快、功效好，质量可以得到有效保障，对浅层的公路边坡崩塌具有较好的实用性。

参考文献：

[1] 姜啸,王威,杨正玉,等.某边坡崩塌地质灾害应急治理措施探讨[J].山西建筑,2019,45(20):82-83.
[2] 中华人民共和国国土资源部.DZ/T 0219-2006 滑坡防治工程设计与施工技术规范[S].2006-06-05.
[3] 王智文.SNS 主动式防护网在治理山体落石中的应用[J].山西建筑,2018,44(35):121-122.
[4] 欧煜.某岩质陡崖边坡崩塌地质灾害成因及治理设计分析[J].南华大学学报(自然科学版),2021,35(03):90-96.