

Application of SNS Flexible Protection System Simulation Technology in Slope Disaster Prevention

Liangrui CHEN¹, Yu ZHOU²

¹College of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

²China Merchants Chongqing Communications Technology Research&Design Institute Co, Ltd., Chongqing, 400067, China

Abstract: This paper mainly introduces the concept of the SNS flexible safety system. The ABAQUS / CAE simulation analysis introduces the whole operation of SOP. The paper expounds the flexible protection system slope protection standardized design. The terrain has a good adaptability and safety and reliability aspects of the technical advantages.

Keywords: SNS flexible protection system; Slope disaster; Control methods; ABAQUS/CAE; Simulation

SNS 柔性防护系统仿真技术在边坡灾害防治中的应用

陈良锐¹, 周宇²

¹重庆交通大学, 土木工程学院, 重庆, 中国, 400074

²招商局重庆交通科研设计院有限公司, 重庆, 中国, 400067

摘要: 文章主要介绍了 SNS 柔性防护系统 (Safety Net System) 的概念、类型及在边坡灾害中所起到的作用; 结合 ABAQUS/CAE 仿真分析介绍了 SOP 的整个操作流程, 阐述了柔性防护系统在边坡防护标准化设计、对地形具有良好的适应性和安全可靠等方面的技术优势。

关键词: SNS 柔性防护系统; 边坡灾害; 防治方法; ABAQUS/CAE; 模拟仿真

1 引言

我国是一个南部多山的国家, 这样的性质也就决定了我们国家山区边坡泥石流、滑坡、风化剥落等地质灾害无法避免。而这些发生灾害的地方很多都是我们的公路网或者是铁路网线当中, 这些网线一般都会存在着边坡的开挖和填方, 而这就是那些薄弱面存在的, 也是易于发生灾害的地方。长期以来我国在地质灾害处理效果上不是很理想, 特别是在防治技术上还比较落后。SNS 柔性防护系统 (Safety Net System) 是 1956 年瑞士布鲁克集团研制开发并应用各类工程的防护技术。在进入 20 世纪 80 年代之后, 柔性防护系统在技术上慢慢趋于成熟和完善, 形成了一种地质灾害防治工程领域内成熟的柔性防护新技术。该技术从 1995 年引进中国之后在中国的公路、铁路、市政、水利等各个领域得到了广泛的应用, 在大量的工程上得到了很好的实践效果, 这使 SNS 柔性防护系统在中国得到了很好的发展, 同时也在发展的过程中根据中国的国情在不断地自我完善。在这个完善过程中, 仿真技术的引入使得边坡灾害分析更加具有实际

的应用效果和推广, 也使得一些比较难以取得的成果得到了模拟和验证。

2 SNS 柔性防护系统概况

2.1 SNS 柔性防护系统类型

对于边坡的灾害发生, SNS 柔性防护系统需要得到相应的选择才能发挥出它的功效。而对于边坡地质灾害的发生, 我们主要是通过主动防护系统的防止灾害发生和被动防护系统的避免灾害造成的不良结果。柔性防护系统主要分类为主动防护系统和被动防护系统两大类。主动防护系统主要是将钢丝网和相应的设施设计在边坡较为薄弱或者容易发生垮塌的地方, 用于加固和稳定边坡的危岩地区, 防止边坡地区的岩石因为风化作用或地质结构改变而引起下落; 被动防护系统就是指在边坡用钢丝绳网和立柱的结构方式, 形成栅栏防止边坡上的落石和碎屑落下, 保护钢丝绳网后方的建筑和通行。

2.2 SNS 主动柔性防护系统

主动防护系统通过用钢丝绳网的方式对边坡的岩

石和风化地区形成包裹的方式，让边坡的危岩得到相应的稳定和保护。主动柔性防护系统对于崩塌比较严重的地区或者是边坡较陡峭的地区十分有效果，同时相比于被动柔性防护系统而言的清理工作也十分好做易于集中处理。两者在一些工程环境下如果搭配使用会得到更加高效和经济的结果。在主动柔性防护系统中防护网的设计尺寸十分重要，既要保证覆盖在防护网下的风化碎石不会掉落，也要保护破面的整体稳定性，所以对于主动防护系统的钢筋网布置需要具体情况具体分析。

2.3 SNS 被动柔性防护系统

SNS 被动柔性防护系统在我国已经得到了很广泛的应用，其中 RX-050 型被动柔性防护系统在我国西

南片区得到了很好的推广。被动柔性防护系统主要是以落石的冲击动能作为主要的设计参数，通过一定的仿真软件模拟和冲击动荷载的加入得到相应的防护能级。通过设计出来的不同崩塌情况和形式相应制定出不同的标准，如：RX 型、AX 型和 CAN 型。防护的能级主要是在 40kJ 到 2350kJ，并且对需要更高能级的防护可以进行特设设计设防。SNS 被动柔性防护系统在野外也因为其基础形式结构简单而很便于安装，对各种复杂边坡地形具有十分强的适应能力。

在仿真模拟当中 RX-050 型被动柔性防护系统是做为常用的分析对象，通过对 RX-050 型进行三维有限元仿真模拟来得到工程当中所需要的计算和验证，RX-050 型被动柔性防护网构成如下表 1 所示。

表 1. RX-050 型被动柔性防护网构成

型号	网型	上/下支撑绳（减压环数）	上拉锚绳	侧拉锚绳	下拉及中间加固拉锚绳	缝合绳
RX-050	D0/08/200	Φ16 双绳 每根一环	Φ14 单绳 每根一环	Φ16 单绳	Φ16 单绳	Φ8 单绳

3 边坡灾害仿真研究分析

边坡灾害的研究离不开仿真软件的辅助设计，而仿真软件也是在边坡灾害防护中需要的模拟工具。通过仿真软件的交互式图形界面，能够便捷快速的创建或导出分析模型几何体，并切割成便于网格划分的区域块，生成精确的单元和结点用于进行模拟分析。常用软件中 ABAQUS/CAE（Complete Abaqus Environment）的整个 SOP（Standard Operation Procedure）过程如下图 1 所示，通过前处理、求解计算和后处理得到相应的仿真计算结果。

对于上述 SOP 过程的操作能够创建完整的有限元模型，比如定义材料性能并赋予到相应的部件上，加载边界条件及相应的荷载情况等，同时能够对分析的边坡模型进行加以检测和观察。在不影响边坡数据结果精度的前提下对模型做适当的简化，忽略哪些不重要的细节，特别是在网格划分的过程中不统一进行划分，而是重点分析区域重点划分，不重要的区域可以考虑适当的放宽划分条件，从而合理的分配整个边坡模型的计算资源。在提交边坡情况的分析任务之后要及时监视并控制整个分析的过程。

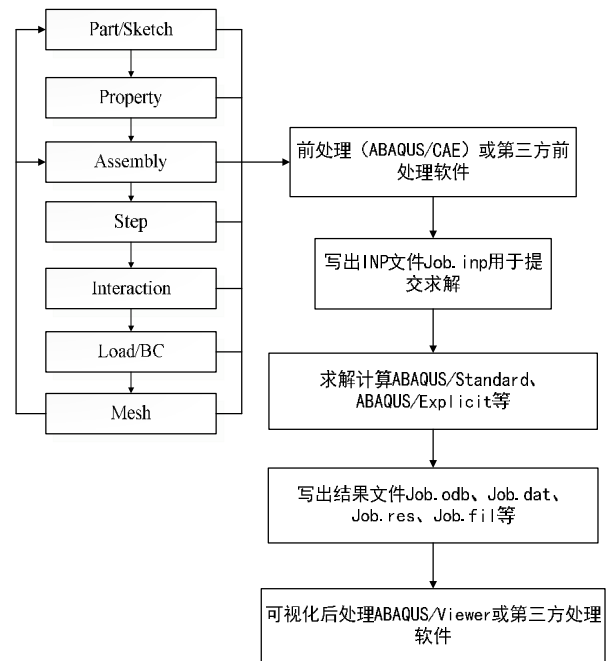


图 1 ABAQUS/CAE 标准操作流程

4 结语

SNS 柔性防护系统是国外在边坡防护工程中用于保护而不断发展起来的防护设施，在我国也不断地在推广和发展。SNS 柔性防护系统具有施工简便、适应

性强、占地少、十分美观耐用等钢筋混凝土等防护工程所不能相比的优势。SNS 柔性防护系统在公路网、铁路网边坡工程中具有广阔的使用前景，对沿线的边坡灾害处理具有十分重要的作用。

在边坡工程实际的有限元分析中，更多的将仿真技术分析的工程全寿命周期相结合是发展的趋势，这样才能让边坡在修建的整个过程中得到很好地观测和检查，对可能出现的问题和情况提前进行优化（Optimization），保证边坡的安全的前提也能够得到经济技术的控制。根据不同的边坡工程，通过仿真模拟分析得到更加具有针对性的灾害防治是 SNS 柔性防护系统在路网灾害防治中的发展和前进的方向。

References (参考文献)

- [1] 熊探宇. 基于柔性防护网的落石防护设计[J]. 路基工程, 2016, 188(5): 168-171.
- [2] 贺咏梅. 边坡柔性防护系统的典型工程应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(2): 323-328.
- [3] 刘运涛. 危岩落石被动防护数值仿真分析[硕士学位论文][D]. 成都: 西南交通大学, 2012.
- [4] 刘成清. 减压环在被动柔性防护网中的耗能作用研究[J]. 铁道标准设计, 2016, 60(9): 36-41.
- [5] 李有志. 论 SNS 边坡柔性防护工程实践中的几个问题[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15: 47-50.
- [6] 姚万森. 柔性防护网在山体崩塌治理工程中的选型及应用[J]. 市政技术, 2015, 33(1): 162-166.
- [7] 贺咏梅. SNS 边坡柔性防护系统的标准化问题[J]. 路基工程, 2002, 102(3): 18-22.
- [8] 宋碧宏. SNS 系统在公路工程建设中的应用[J]. 土木建筑与环境工程, 2012, 34: 65-67.
- [9] 阳友奎. 崩塌落石的 SNS 柔性拦石网系统[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1998, 9: 313-319.
- [10] 阳友奎. 坡面地质灾害钢丝绳网柔性防护系统[J]. 路基工程, 2000, 91(4): 35-39.
- [11] 贺咏梅. 崩塌落石 SNS 柔性防护系统的设计选型与布置[J]. 公路, 2001, 11: 14-20.
- [12] 李学荣. SNS 柔性防护系统在危岩边坡中的应用[J]. 长沙大学学报, 2007, 21(2): 50-52.