

Analysis of Deformation and Instability of Granite Slope and Its Characteristics

Zhenhong Li, Hongwen Li

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: the granite soil slope is generally composed of granite weathering soil (composed of granite residual soil, fully weathered granite and strongly weathered granite) and the granite bedrock of the lower layer (composed of medium weathered granite, weakly weathered granite and fresh granite), and the granite bedrock soil in the slope is considered as a kind of rock soil. The mechanical properties are good and the engineering performance is stable, but the engineering properties of granite weathered soil are more complicated. This paper studies the deformation and instability of granite slope, and provides reference for the design, construction and operation of such slopes.

Keywords: Granite; Granite slope; Slope deformation and instability

花岗岩边坡变形失稳形式及特点分析

李镇宏¹, 李宏文²

重庆交通大学, 重庆, 400074

摘要: 花岗岩类土质边坡一般由上层的花岗岩风化土(由花岗岩残积土、全风化花岗岩及强风化花岗岩组成)和下层的花岗岩基岩(由中风化花岗岩、弱风化花岗岩及新鲜花岗岩组成)组成, 一般认为边坡中的花岗岩基岩岩土力学性能较好、工程性能稳定, 而花岗岩风化土的工程特性则较为复杂。该文对花岗岩边坡的变形失稳进行研究, 为该类边坡的设计、施工及运营提供参考。

关键词: 花岗岩; 花岗岩边坡; 边坡变形失稳

1 引言

在我国花岗岩的分布非常广, 主要集中在华东、华南、华中地区, 约占我国国土面积的 9%, 达 80 多万平方公里, 其分布主要在云贵高原以东, 包括秦岭-大别山在内的我国东南部地区, 其中广东占全省总面积的 30%, 福建省占 40%, 广西、湖南和江西分别占总面积的 10%~20%^[1]。

花岗岩风化壳颗粒含量多, 结构疏松, 裂隙发育, 力学性质受水的影响大。在风化花岗岩地区的公路、铁路、建筑及水利等工程的建设及运营过程中不可避免的都将接触到风化花岗岩边坡问题。风化花岗岩按其风化程度对边坡稳定性的影响也有差异, 风化花岗岩的岩体特征具有原岩的特征且未经二次堆积, 其稳定性特征明显区别于均质土边坡和岩质边坡, 所以对花岗岩地区边坡的变形失稳形式及特点的研究就显得尤为重要。

对花岗岩边坡的早期研究主要将其划为类土质边坡, 且研究主要从均质土边坡破坏形式, 探讨该类土

质边坡的稳定性特征^[2]。花岗岩边坡除具有土的性质外, 还保留着原岩的结构面, 且土层中残存有弱风化花岗岩岩石, 因此这类边坡的结构较为特殊, 其变形机理及变形规律较复杂, 且变形破坏方式不同于一般土质边坡的特点。

2 花岗岩边坡变形失稳形式及特点分析

早期对于花岗岩残积土边坡特性的研究主要将其划分为类土质边坡, 并且其研究主要从常见的边坡破坏形式, 探讨类土质边坡的稳定性特征^[2]。风化花岗岩边坡中风化土层除具有土的性质外, 还保留着原岩的结构面, 并且土层中残存有弱风化花岗岩岩石, 因此这类边坡的结构较为特殊, 其变形机理及变形规律较为复杂, 并且稳定性和破坏方式具有不同于一般均质土的特点。

风化花岗岩边坡由于各结构面组成、开挖卸荷作用和水的作用, 其变形破坏机理主要体现在结构面效应、开挖卸荷效应及水的作用效应。根据工程实践边坡可能发生破坏的原因可分为四类: 沿结构面进行破

坏, 边坡安全防护不及时和受水的作用, 边坡坡度过陡, 施工不当。风化花岗岩边坡的可能出现的破坏可以分为四类: (1)、沿结构面破坏; (2)、圆弧滑动破坏; (3)、坡面冲蚀破坏; (4)、崩岗破坏。

2.1 沿结构面破坏

结构面按其成因不同可分为原生结构面和次生结构面。原生结构面是指在母岩中原有的软弱岩脉在风化作用下形成的结构面。由于花岗岩岩脉矿物组成的差异, 使得花岗岩岩脉抗风化能力不同, 那么在花岗岩岩脉中抗风化能力强的岩脉(如石英岩脉等), 在风化土中形成硬化层; 抗风化能力弱的岩脉(如二长石岩脉等), 形成软弱夹层。这些软弱夹层对水的敏感性很强, 遇水后将发生一些列的不良地质现象, 使得软弱层发生软化或泥化。通过已有研究资料表明大多数花岗岩残积土的边坡变形失稳问题都与软弱结构面的存在有关。这种因原生结构面而形成的软弱夹层造成的边坡问题有以下几个特点^[3]:

边坡失稳与坡高无直接联系, 主要与结构面的抗剪强度, 以及软弱结构面和临空面的空间组合有关。

滑动面呈薄层状、光滑、平整、连通性强的特点, 滑动面多含有高岭土。

边坡滑动多与水的作用有关, 滑动体的整体性较强。

次生结构面与地质构造无关, 与大气条件、土体膨胀、施工扰动及边坡临空面形成等因素产生的卸荷裂隙有关。同时次生结构面在水的作用下, 裂隙部位的结构面抗剪强度降低, 造成边坡的滑动变形。次生结构面引起的变形破坏有以下特点^[4]:

破坏面早期平直、光滑、接近垂直, 无滑动痕迹, 以拉裂为主。后期在水的作用下形成滑动面, 造成坡体的二次变形。

破坏体呈迭瓦式, 其高度 5~8 米, 单块破坏体厚 2~3 米, 破坏体整体性较强。

破坏体的稳定性差, 变形后极易造成二次变形破坏。

风化花岗岩边坡在地质构造作用下保留有各种构造结构面, 有些构造结构面延伸较远, 倾向临空面, 对风化花岗岩边坡的整体稳定性起到控制性作用, 有些构造结构面延伸较近, 对边坡稳定性不起控制性作用, 但影响局部的土体稳定性使边坡存在安全隐患。同时, 不同的构造结构面的组合对边坡稳定性有不同

的影响, 使得风化花岗岩边坡的变形破坏机理更为复杂。这种破坏形式一般发生在平面型和汇流型斜坡中, 并且与边坡高度无直接关系, 主要取决于临空面与结构面的空间组合关系及软弱结构面的抗剪强度。

2.2 圆弧滑动破坏

圆弧滑动破坏一般发生在均质土边坡中。风化花岗岩边坡土层的厚度由于地区气候条件、地质条件的差异, 造成不同区域的花岗岩风化程度、风化层厚度和风化层的组成不同。在风化花岗岩边坡中的较厚均质土结构层在没有结构面存在时一般发生圆弧滑动或平面滑动变形, 同时土的含水量和临空面的存在对该均质土边坡的圆弧破坏形式影响很大。在工程实践中, 风化花岗岩均质土层的变形失稳形式同土质边坡相似, 虽然工程中风化花岗岩边坡出现圆弧滑动的案例较少, 但在其稳定性评价和分析中也可采用均质土圆弧滑动破坏的分析方法。

赵晓彦等^[5]采用离心模型试验方法研究花岗岩残积土边坡在无控制性结构面的情况下该类均质土边坡的破坏形式和破坏规律, 其研究发现花岗岩残积土边坡坡度与极限坡高的关系符合马斯洛夫关于粗粒土边坡的坡度和极限坡高的关系, 同时研究中发现花岗岩残积土含水量值 13%为边坡破坏形式圆弧滑动和平面滑动的分界值, 当其含水量小于 13%时, 其边坡已明显的平面形式破坏或沿结构面破坏, 当其含水量大于 13%时, 其边坡最先发生坡面的坍塌, 有可能伴随着圆弧滑动。

2.3 坡面冲蚀破坏

风化花岗岩边坡中的花岗岩风化土层是典型的粗颗粒含量高、粘聚力低, 在干燥状态下强度高、稳定性好, 但在水的作用下会出现迅速崩解, 并且极易受到坡面的雨水冲刷, 造成坡面出现冲沟、水土流失甚至发生边坡滑塌等破坏。降雨及其形成的坡面径流是边坡表层土体发生冲蚀的动力来源, 当降雨的强度超过其下渗的速度时, 坡体表面开始形成冲蚀, 同时坡面径流越大, 水对坡体表面的冲蚀能力越强^[6]。在降雨作用下风化花岗岩边坡表面的花岗岩残积土的坡面冲蚀类型可分为: 雨滴溅蚀、细沟冲蚀、浅沟冲蚀、冲沟冲蚀和坍塌。在工程实践中, 将坡面冲蚀按其冲蚀程度进行划分, 得出其发展规律为雨滴溅蚀→细沟冲蚀→浅沟冲蚀→冲沟冲蚀→坍塌^[7]。

雨滴溅蚀：在风化花岗岩边坡中裸露的花岗岩残积土层在降雨作用下，下落的雨滴溅落在坡面上，坡面的残积土颗粒发生散落、飞溅，边坡表面的水流发生紊流现象，使得坡面汇集的面流增大，并且增大其对边坡表面土颗粒的冲刷能力。

细沟冲蚀：在坡面水流的作用下，坡体表面出现细小的沟槽或地表径流的路径形成的冲蚀，一般其宽度为 1~5cm，深度为 1~5cm。

浅沟冲蚀：在水流冲蚀作用下，由细沟发展而成，形成具有一定深度和一定宽度的冲蚀沟槽。其宽度为 6~25cm，深度为 5~40cm。

冲沟冲蚀：在水流作用下，浅沟在横向和纵向上进一步发展形成的冲沟冲蚀，属于冲蚀中较为严重的现象，并伴随着大量的水土流失，形成的宽度为 25~100cm，深度为 40~100cm。

坍塌：在水的作用下，冲沟两侧的土块在重力发生掉块和小坍塌，以及坡体的掏蚀现象，有时伴随着坡体的滑塌，在有球状风化花岗岩的边坡可能造成落石或滚石等灾害，对边坡和附近的建构筑物及人员的安全造成威胁。由此形成的冲蚀沟宽大于 100cm，深度大于 100cm。

2.4 崩岗侵蚀破坏

崩岗指的是在广大风化壳坡地上发育的各种形状的深切山坡崩塌凹地形，主要发生崩塌作用侵蚀的边坡。崩岗作为一种严重的水土流失类型，其系统主要由五个基本单元组成：集水坡面、崩积堆、崩壁、洪积扇和沟道。崩岗侵蚀形成和发展的基本条件一般有：1、深厚的土层或风化母质层；2、暴雨径流，水的作用对边坡土体的抗侵蚀能力影响很大；3、气温，崩岗的主要发生区域都在年均气温 16℃ 以上。

崩岗一般发生在坡面坡度在 6°~22°，坡度在 6°以下时，水的冲蚀能力弱，坡面以片蚀为主，并伴有冲沟冲蚀；坡度超过 22°时，水力坡度较大，沟谷较为发育，崩壁主要以崩塌或滑塌为主^[3]。崩岗的侵蚀营力主要要风力侵蚀、水力侵蚀和重力侵蚀等，其中水

力侵蚀和重力侵蚀是崩岗侵蚀中的主要组成部分。其中水力侵蚀是风化花岗岩边坡中崩岗的主要形式，主要表现为在水的作用下花岗岩风化土层中的土体的破坏、搬运和土体的崩塌、滑移。水力侵蚀的过程一般概括为溅蚀→片蚀→细沟侵蚀→切沟侵蚀→崩岗。重力侵蚀一般指土体在自重力的作用下，失去平衡而发生边坡土体的变形、位移和堆积的侵蚀现象。重力侵蚀中边坡岩土体即是产生侵蚀的营力来源，也是因为侵蚀而发生破坏的对象，其发生往往不是单独存在，一般还伴有水或外力的作用。崩岗的重力侵蚀现象主要表现为边坡土体的剥落和崩塌。

3 结论

风化花岗岩边坡的变形失稳形式，根据工程实践其中常见的有：沿结构面产生的破坏、圆弧滑动破坏、坡面冲蚀破坏和崩岗侵蚀破坏等。边坡的变形破坏形式通常不是单一存在的，往往是多种破坏形式共存，并且其变形破坏是个递进的过程。由于对风化花岗岩边坡变形失稳影响因素的不同，其变形失稳机理和变形失稳的特点也有所差异，所以对于风化花岗岩边坡稳定性的控制应从其变形失稳机理出发，把握边坡稳定性的影响因素，对边坡可能出现的变形失稳形式采取有效控制措施，以达到对风化花岗岩边坡稳定性的。

References (参考文献)

- [1] 刘明俊. 风化花岗岩边坡稳定性特征: 全国第三次 工程地质大会, 中国四川成都, 1988[C].
- [2] 杨明, 王波, 胡厚田. 类土质边坡特征的初步探讨[J]. 水土保持学报, 2002(06):110-112.
- [3] 张文华. 花岗岩残积土的抗剪强度及土质边坡稳定分析[J]. 水文地质工程地质, 1994(03):41-43.
- [4] 邹静蓉, 李志勇. 全风化花岗岩路堑边坡稳定防护研究[J]. 湖南交通科技, 2002(01):25-26.
- [5] 赵晓彦, 胡厚田. 用离心模型试验研究花岗岩残积土边坡的破坏特性[J]. 工程地质学报, 2005(03):410-414.
- [6] 罗斌, 胡厚田, 吕小平. 南方花岗岩残积层路堑边坡坡面冲蚀研究[J]. 铁道工程学报, 1999(03):82-85.
- [7] 马吉倩. 高速公路花岗岩残积土边坡生态防护技术研究[J]. 公路工程, 2016(04):222-227.