

岩土工程中边坡加固工程施工技术探析

□ 朱家宏

[摘 要] 本文基于某岩土工程案例，针对岩土工程中影响边坡稳定的人为因素、地质因素，提出应合理应用格构加固技术、HDPE防渗膜加固技术、抗滑桩加固技术、排水加固技术、预应力锚索加固技术等措施对边坡进行加固。

[关键词] 岩土工程；边坡加固；施工技术

岩土工程项目领域中边坡加固工程施工技术的应用需要结合当地区域的项目特点与工程地质、水文地质条件，因地制宜选择合适的防渗膜护坡技术措施、抗滑桩支护技术措施、排水加固技术措施等加固措施，确保边坡安全。

1 工程案例

某边坡坡高9m～30m不等，坡角60°左右，坡面几乎无植被覆盖，且坡面风化作用较为严重；坡脚处已有高于地面2m的挡墙支护；边坡岩性差异较大，坡面下6m～8m内为强风化火成岩（安山岩），自身极易风化剥落，强度较低且十分破碎；其下为中等风化火成岩（安山岩），质地较坚硬，风化程度低，强度高。场区内地下水主要为大气降水入渗补给，降水多以地表径流的形式排泄，不利于地下水的入渗补给。

在施工的过程中，影响边坡稳定主要有以下因素。

1.1 地质因素

工程区域中的地形地貌、地质构造较为复杂，地形开阔、降水量高、坡面岩体破碎、坡度较陡，降水多以地表径流的形式排泄，在雨水长时间冲刷影响下，边坡区域的岩土结构缺少一定的抗剪强度，使得边坡稳定性不足，如果不严格控制，极易引发滑坡。

1.2 人为因素

人为因素主要表现在：由于前期过度开发，导致边坡变得更陡峭；顶部区域还有外部荷载影响，在外力作用下对岩体原本的应力平衡状态造成一定的影响，极易引起边坡失稳，发生坍塌事故。

2 岩土工程中边坡加固施工技术的应用措施

工程受人为因素、地质因素的影响出现边坡稳定性问题，应采用有效的加固措施进行处理，保证边坡稳定，主要技术措施如下。

2.1 格构加固技术

在边坡加固工程中使用格构加固技术，主要是通过浆砌块石和现浇钢筋混凝土等形式，形成较为完善的护坡结构体系，将锚杆与锚索等作为基础进行边坡加固处理。其中格构结构将边坡坡体剩余的下滑力、土压力等分散到每个节点的锚固区域后，形成压力平稳的局面，使压力稳定地传输到深部稳定地层区域，最终形成稳定结构，保证边坡结构的稳定性，并做好相应的边坡排水措施。与传统边坡加固技术相比，格构加固技术应用灵活性较高，可按照工程的具体情况对坡面进行调整，以增强格构结构和坡面之间的贴合度，可随坡就势，在现浇混凝土过程中增强边坡的稳定性和固定性。应用于格构岩土边坡加固技术的材料较为丰富，不同材料的应用效果也不同。在前源表层开挖过程中，浆砌块石是保障边坡失稳或溜滑加固的最好材料；而现浇混凝土硬度和强度高，在边坡稳定性较差的情况下，可确保其加固效果。

为确保有效运用格构加固技术，应遵循各项技术要点。在浆砌块石技术应用过程中，需注意浆砌块石在边坡区域中的设置，深度应在整体格构截面高度的2/3以上，施工过程中格构表面应保证平整度和密实度；如果使用毛石，则厚度控制在15cm左右，强度维持在MU30以上；如果使用水泥砂浆，强度应控制在MU7.5以上。现浇混凝土应用期间一是需要注意坡面的平整度，二是利用嵌入性的形式设置在边坡上部分区域，三是存储在专门的区域中预防出现结构污染问题、锈蚀问题，四是根据设计要求堆放边坡开挖弃渣，防止次生灾害的发生^[1]。

2.2 HDPE防渗膜加固技术

HDPE防渗膜加固技术措施适用于大体积松散土体

边坡的稳定性维护，施工工艺简单、成本低廉，对松散土体（强风化破碎边坡）具有良好的适用性。针对工程坡面下6m～8m内为强风化的地质条件，使用HDPE防渗膜加固技术不仅能够增强边坡结构的稳定性，还能简化施工操作的步骤、降低成本，确保加固工作的适应性。同时，HDPE防渗膜还能起到隔离雨水的作用，预防裂缝的生成。为增强HDPE防渗膜加固技术的应用效果，一是在铺设防渗膜之前需要清理边坡坡面的疏松岩土、堆积物、残积物、滑坡体、草木及其他杂物，压实、平整坡面，使坡面尽量平顺、整齐光滑、无开裂，坡度均匀。二是使用一层1mm的HDPE防渗膜将边坡的岩土体覆盖，以防雨水渗入坡体，铺设的厚度控制在1mm，预防厚度过高或过小导致边坡稳定性产生不利影响。三是为了加强防渗效果，在HDPE防渗膜下铺设一层钠基膨润土防水垫。HDPE防渗膜锚固采用沟槽锚固法，其锚固沟槽宽度为0.60m，深度为0.50m。

2.3 抗滑桩加固技术

抗滑桩是穿过滑坡体深入于滑床的桩柱，利用抗滑桩插入滑动面以下的稳定地层对桩的抗力（锚固力）平衡滑动体的推力，增加其稳定性，起到稳定边坡的作用；但对正在活动的滑坡打桩阻滑需要慎重，避免因震动而引起滑动。抗滑桩桩端进入持力层深度，软质岩层中锚固深度为设计桩长的1/3；硬质岩中为设计桩长的1/4；土质滑床中为设计桩长的1/2；当土层沿基岩面滑动时，锚固深度采用桩径的2～5倍。抗滑桩的布置形式有相互连接的桩排，互相间隔的桩排，下部间隔、顶部连接的桩排，互相间隔的锚固桩等；桩柱间距一般取桩径的3～5倍，以保证滑动土体不在桩间滑出为原则。

抗滑桩加固技术适用于浅层区域和中厚层区域的滑坡工程，适合本工程的边坡加固处理，从根本层面解决边坡失稳的现象，避免边坡变形，且施工过程中土方数量较少，工程周期较短^[2]。在抗滑桩加固技术施工过程中，可采用机械设备成孔或人工成孔的方式进行混凝土灌注。由于工程项目中抗滑桩技术要求较高、工序烦琐，因此需要严格按设计标准、技术要求等制订完善的施工技术方案，保证施工质量。从测量放样环节到养护环节，每个工序应符合要求。为确保质量，应检验所有施工材料和使用规格均符合标准。在加固处理过程中，一是开挖时应从两边区域向中间区域靠拢性开挖，不可有跳桩的现象。二是准确测定桩体的位置情况，明确桩体位置后在中心十字交叉的区域设置桩位。三是成

孔环节中保证中线误差控制在标准范围内，截面尺寸合格孔口的平面位置符合标准。四是孔内浇筑混凝土环节应保证操作具有连续性，期间不可有停顿的现象，以免影响抗滑桩结构质量。五是开挖所产生的弃土不可随意堆在孔口周围，应妥善处理。六是对钢筋存储环节进行严格管理，施工过程中确保钢筋笼绑扎质量、焊接的质量。并对每个操作环节进行严格控制，增强抗滑桩加固技术应用的安全性、稳定性、可靠度^[3]。

2.4 排水加固技术

边坡工程考虑到坡面下6m～8m内为强风化火成岩（安山岩），自身极易风化剥落。场区内地下水主要为大气降水入渗补给，降水多以地表径流形式排泄，不利于地下水的入渗补给，再加上受降水因素的影响，导致边坡稳定性低，对边坡结构的强度造成影响，在该情况下，应合理设置排水系统，将地表水排除，以免影响边坡的稳定性。排水是边坡治理的一个关键所在，在边坡加固的基础上设计边坡排水系统，以疏通排水体。一是根据边坡所处地形，分别在坡顶和坡脚设置截水沟和排水沟，坡面设置急流槽，在每级平台设置截水沟。二是整个边坡中的水体通过坡顶截水沟、平台排水沟汇入竖向急流槽，最后汇入坡底排水沟接入市政排水系统。三是坡脚设置相应支挡性的结构，不仅可以增强抗水害的性能，还能保证边坡结构的稳定性、平衡性^[4]。

排水加固技术可按以下几点进行设计、施工。

2.4.1 保留自然边坡或放缓边坡

对植被覆盖较好、坡体稳定的边坡，做到尽量保留。并对坡体过高或坡度过大的边坡，首选人工削坡，通过放缓原坡体使边坡稳定性达到安全要求。

2.4.2 建立边坡截排水系统

通过坡顶截水沟、坡面急流槽、坡底排水沟等组成网络排水，共同承担防水排洪任务。

（1）坡顶截水沟。主要利用主体结构排水系统，若坡顶无主体结构则沿人行道设置，将坡顶以外水流截住，尽量减少对坡面的冲刷。

（2）坡面急流槽。一是将坡顶截留水引至坡底，根据汇水面积确定坡面设置间距，断面为阶梯型。二是依坡面起伏汇聚坡面面流，常在冲沟处设置，断面呈弧形。

（3）坡底排水沟。所有自坡顶、坡面汇聚的雨水经坡底排水沟流至排水管网。

（4）检查井（消能池）。每条急流槽与坡底排水沟交接处，设置检查井（消能池）。

(5) 永久性栏杆。每条急流槽两侧与坡顶排水沟单侧,设置永久性安全护栏。

2.5 预应力锚索加固技术

预应力锚索加固技术是通过外端固定于坡面,另一端锚固在滑动面以下的稳定岩体中,穿过边坡滑动面的预应力钢绞线,直接在滑面上产生抗滑阻力,增大抗滑摩擦阻力,使结构面处于压紧状态,以提高边坡岩体的整体性,从根本上改善岩体的力学性能,有效控制岩体的位移,使其稳定,达到整治顺层、滑坡及危岩、危石的目的。一是确保所使用锚索的完整性,避免影响加固效果,严格控制各个细节层面,避免卡孔现象或其他问题导致加固受影响;在加固前需做好钻孔涉水的检验操作,采用具有防潮的束体施工技术。二是在加固工作中进行动态化的监测分析,确保边坡加固的合理性,明确锚索有无性能问题、质量问题与安全问题,定期做好维护工作,保证所有环节的稳定性。三是重点检验所制作锚头、锚索、束体的质量和性能情况,明确是否符合设计标准、施工技术规格,一旦发现问题,需及时处理,以免影响工程项目的质量性能^[5]。

2.6 明确注意事项

岩土边坡加固技术措施应明确加固技术的注意事项,在重视和解决各类注意事项、问题的情况下增强加固技术的应用效果。工程在加固施工前,对每位技术人员和施工人员进行技术交底,使各部门工作人员能全面掌握各类技术的要点和技能,确保各个环节之前实现有效链接,避免出现工程质量问题 and 安全事故。在工程施工过程中,应强化各项监督管理的力度,尤其是所

使用的加固原材料、机械设备等,必须做好各项监督管理,通过建立有效的方式和措施,提高项目的建设水平,通过有效的监理方式维护工程质量、性能、可靠性^[6]。

3 结语

在岩土工程边坡加固施工的过程中,应在确保边坡安全的前提下采用抗滑桩加固技术、排水加固技术、防渗膜等技术。不同技术的应用效果和性能存在差异性,合理根据项目的现场情况应用加固技术,不仅可以增强加固效果,提高加固水平,还能优化相应的工程加固技术模式,具有一定的推广意义。

[参考文献]

- [1]郭芳,梁正召,龚斌,等.岩土工程边坡稳定性分析中的拉伸破坏问题[J].岩石力学与工程学报,2017,36(S1):3192-3205.
- [2]张彬,杨昆,赵艺颖,等.边坡深部不均匀沉降条件下桩基础破坏特性的离心模型试验研究[J].工程科学与技术,2020,52(3):93-99.
- [3]白晓宇,井德胜,王海刚,等.玄武岩纤维增强聚合物锚杆用于边坡支护工程之研究现状[J].科学技术与工程,2020,20(31):12702-12710.
- [4]陈祖煜,蔡云鹏,王玉杰,等.边坡倾倒稳定分析Goodman-Bray法:改进、测试与应用[J].中国公路学报,2018,31(2):30-38.
- [5]闻人霞,李欣,董理金.某高速公路高边坡变形分析及应急措施建议[J].中国地质灾害与防治学报,2018,29(6):53-57.
- [6]王林峰,唐红梅,唐芬,等.复杂结构面缓倾层状岩体边坡破坏机制[J].岩土工程学报,2017,39(12):2253-2260.