

Research Achievements of main Highway Slope in Southwest China (two)

The Stability and Treatment of Slope Engineering

Haiping Li

China Merchants Chongqing Communications Technology Research & Design Institute Co., Ltd, Chongqing, China, 400067
Email: lihaiping@cmhk.com

Abstract: The characteristics of highway slope design are summarized, and points out the root of the stability of the slope, so as to provide ideas for better governance program.

Keywords: Southwest region; Trunk highway; Slope; Stability; Government

中国西南地区干线公路边坡调研成果综述（二） 边坡稳定性治理

李海平

招商局重庆交通科研设计院有限公司，重庆市，中国，400067
Email: lihaiping@cmhk.com

摘要：对公路边坡的设计的特点进行了归纳总结，并结合调研边坡出现的稳定性问题，指出其根源，可为更好地治理方案的提出提供思路。

关键词：西南地区；干线公路；边坡；稳定性；治理

1 引言

为了了解已有公路边坡的地质条件、边坡类型、物质组成、主要工程问题、诱发因素、工程处治措施、治理效果，需要进行实际的调查工作。根据国内外情况，找出存在的问题，制定解决课题研究问题的有效手段。对中国西南地区干线公路的典型边坡工程进行了调查研究，共调查工程边坡 130 余个，为形成该研究综述积累了原始资料。

2 公路边坡工程设计的特点

从调研的边坡工程来看，边坡治理应遵循以下基本原则：

(1) 非标准设计，不同类型的边坡有不同的特点，同类边坡和灾害也会因形成条件、成因机制、稳定状态等的差异而具有各不相同的特点，边坡治理工程设计对每个边坡的治理部位和范围、采取的方案和措施也是互不相同的。所以，边坡治理工程设计属非标准设计，必须对每个边坡进行具体的针对性设计。

(2) 风险性设计 进行治理的边坡都是不良的复

杂地质体，为非均质、各向异性介质，物理力学参数是随机变量，变异性大；其次，治理工程承受来自边坡体和外界的各种荷载，不仅自身应具有足够的抗变形和破坏的能力，而且还要求下伏的地质体也具有优良的性质；另外，边坡治理工程迄今还是一门不严谨、不完善、不成熟的科学技术。因此，边坡治理工程设计受诸多不确定因素的影响，必然存在着相当大的风险性，要求在施工过程中加强检验和监测，根据检测资料适时进行设计变更，以使设计能更接近实际，保证工程质量和安全，提高工程效益。

(3) 应急设计 边坡形成虽然都有一个较长的孕育过程，但其发生灾害却往往具有突发性。为了防止边坡地质灾害的发生或减轻其危害程度，在边坡灾害发生前后开展的防治工程设计，不少情况下具有应急设计的特点。此种情况下，通常是边勘察、边设计、边监测、边施工。

(4) 综合防治的重要性 单一的治理工程措施有时难以承受来自边坡体和外界荷载，从而导致工程失效。因此，针对每个边坡的特点，在不同部位采取不同的措施，进行综合防治是非常重要的。即使工

程投资不能一次到位, 也应在治理方案的基础上, 进行分解, 采取分期、分步实施的办法进行综合防治。

3 边坡治理的基本原则

从调研的边坡工程来看, 边坡治理应遵循以下基本原则:

(1) 应以少的投资、短的工期, 达到设计基准期内安全运行, 并满足所有预定功能。即在设计服务(使用)期内在预定功能、安全性和耐久性、工期和投资的经济性三个方面达到要求。具体而言, 应满足以下要求:

①在特殊荷载组合条件下, 治理工程仍能保证边坡的整体稳定性, 不致造成危及人员生命等重大的地质灾害。

②在正常荷载组合条件下, 治理工程应保证地质灾害体无明显的破坏, 不会造成危及公路通车和附属建筑物安全的地质灾害。

③边坡防治工程的永久性工程的设计服务(使用)期应满足高速公路使用期限。

这一原则在玉元、大保、楚大等高速公路边坡治理工程的认识 and 实践中都有充分的表现。

(2) 应充分收集与工程设计相关的气象、水文、地形、地质、水文地质等资料, 作为治理工程设计的依据。同时, 应考虑到场地可能发生的自然地质灾害(如暴雨、洪水、崩塌、滑坡、泥石流等)和工程建设可能引起的新的地质灾害, 对这些灾害应在勘察、评价、预测的基础上, 采取有效的预防措施。

(3) 应在室内和野外试验的基础上, 进行统计分析, 算出各项参数的平均值、标准差和变异系数, 确定其标准值。同时, 结合反算参数和类似工程的经验参数, 进行对比分析后, 合理的选取设计值。在反算参数时, 正在蠕动的灾害体的稳定性系数可取 0.95~1.0, 目前暂时稳定的灾害体的稳定性系数可取 1.0~1.05。

(4) 应定性和定量分析相结合。两种分析都应在详细占有资料的基础上, 运用成熟的理论和行之有效的新技术和新方法, 进行充分论证, 并宜提出多方案进行比较。

(5) 应注意与环境保护相结合, 并在安全、经济、适用的前提下尽量做到美观

4 重视地质工作、边坡治理程序化

此次对几条路线的调查发现, 边坡的设计、施工存在着一些问题, 首先体现在边坡的治理工程没有程序化, 未程序化进行有以下原因: 一者工程工期紧张, 不能按正常程序进行; 再者没有意识到分几个阶段、按程序进行的重要性。实际上, 边坡治理工程是一个复杂的岩土工程, 不能只体现在支挡工程本身, 实际上更为重要和更为根本的是对地质体的认识。

公路边坡治理的措施很多, 但针对某一具体的边坡整治, 如何选择合理而有效技术措施, 是整治工程能否达到预期目的的关键。根据什么选择技术措施, 工程界有其自己的认识, 认为这是一项纯工程问题, 偏向于选择支挡结构物特别是抗滑桩来解决问题, 从支挡效果、施工难易、工程造价等方面考虑得多, 而对边坡灾害这种独特的地质灾害特有的形成条件、产生原因、变形破坏机制和几何边界条件(可能的滑动面、滑动面的埋深和形状)却不能给以足够的重视。实践经验证明, 正是由于对这些方面缺乏深刻了解而导致治理工程失效的事例在国内外都是屡见不鲜的, 如四川的内宜公路、成南高速公路, 云南的玉元路、楚大路和大保路都有值得吸取的教训。调查中的一个典型实例是楚大公路 K220+100 的滑坡的整治, 在一排相互连接的桩上建一个挡墙以阻止复活的古滑坡的运动, 结果却导致滑坡运动加剧和桩和挡墙的最终破坏。究其原因是由于以下三方面不利效应的组合: ①挡墙建于未穿过滑动面的桩之上; ②墙所在的位段使其附加荷载对滑坡稳定性反而有所降低; ③不透水的挡墙阻挡了地下水流通使桩后孔隙水压力大大提高。此次滑坡治理抗滑桩失效的经验和教训的总结:

(1) 实际治理范围比应治理范围小, 造成由于治理范围外滑坡的滑动而导致治理工程的失效和失稳。

(2) 抗滑桩的嵌固深度不够, 在坡面滑动时, 出现了抗滑桩被掀翻的情况, 这足以说明抗滑桩嵌岩深度不够;

(3) 该工程中的其他措施预应力锚索墩出现的局部失效未得到及时处理和恢复是导致该治理工程失效的又一直接因素。该工程是采用坡面锚索墩加下部抗滑桩的联合体系, 当坡面的锚索墩行之有效时, 将减少滑面的滑动推力, 使整个体系处于安全状态。

由于边坡的有效整治既要基于对边坡的稳定性、失稳滑坡形成条件、发生原因、变形破坏机制、运动过程稳定性现状等的正确认识, 又要通过各种可能采

用的整治方案的技术经济比选,所以大型边坡整治工程的实施一般经过勘察、设计、施工、维护(监测效果)等阶段,逐步查明原因、机制,选择可能方案,论证各种方案的可行性并选定处理方案,施工并监测治理效果。

勘察阶段通过已有资料研究和现场地质地貌研究,确定边坡发育的基本状况、形态特征、控制性的因素和变形破坏迹象,对于滑坡应确定滑坡形成的地形、地质条件,滑坡位置、规模、滑面可能埋深、可能的产生原因和变形机制,经技术经济比较之后确定是绕避或治理,如选择治理还需设计并实施场地勘察提出可供选择的治理工程方案。

在设计阶段对治理工程方案进行可行性研究并进行初步设计和施工图设计。首先要进行场地勘查,查明边坡或滑坡的几何边界条件,变形破坏迹象,特别是滑动面的数量、埋深和形态,地下水位的埋深和动态变化。通过实验室测试和反算求得岩体和滑面的物理力学参数,通过计算评价滑坡的稳定现状,通过模型模拟或数值模拟评价各种治理方案的有效性并选定最优方案。最后进行施工图设计和监测系统的设计。

需要注意的是,边坡的本身有许多不确定性因素,如仅依据地质调查或少数勘察点所确定的滑面埋深、数量和形状,以不够精确的滑动面反算或少量样本测得的物理力学参数等以及与滑坡原因有关的各因素,所以设计应有一定的灵活性,给监测和施工验证后修改设计留有余地。

在施工阶段前先建立监测系统获取治理前的初始监测数据,并在施工过程中进行监测以了解施工干扰对稳定性的影响和保证施工安全。

治理工程总会包含大量的地下隐蔽工程,如防排水工程,锚固工程和抗滑工程等,常能揭露和发现控制滑动的软弱结构面空间分布或滑动面的数量和形态与设计所预期的不相符合的新情况。此时必须立即根据新情况修改设计。施工过程中的监测也常会发现由于施工干扰而变形加剧等情况,此时必须调整施工进度以便将施工干扰降低到可接受的程度。

治理工程竣工后还需要通过监测以检验治理效果。如发现治理效果未达到预期目标就需要修改设计或进行第二期治理工程论证。如治理工程达到预期目的仍需进行定期监测,以便判定是否某些工程失效而需加维护。

从上述几个阶段划分和每个阶段的主要工作

来看,随着下一个阶段的进行都是对边坡和滑坡体的进一步的认识,也就是说,随着阶段的加深,对灾害体的认识在深入,不是对纯粹的支挡工程的不断认识,而是根据对地质体的更为真实的认识来不断修改支挡工程的设计,使之更符合实际。因此,在边坡工程中应重视地质条件、重视边坡岩土体的性质和边坡的可能变形破坏机制的研究,尽量遵循上述四个阶段来进行:即勘察阶段、设计阶段、施工阶段和竣工阶段,并认真完成每个阶段的工作。

5 确定各类锚固措施的适用条件

从调研中发现,有些边坡的预应力锚索框架梁加固效果不佳,集中体现在边坡表层披覆有具有一定厚度的松散堆积物,而这些松散堆积物在施工中未清除干净。在此类型边坡布置的格子梁内的裂隙,往往呈独立状态,如果裂隙发育,而且边坡上裸露出砂土时,不适宜采用格子梁来锚固边坡。同时锚固施工技术也不能充分发挥锚索应有的效果。其原因如下:

(1)以预应力作用为主的格子梁荷重,被它下部的岩土体直接承担了,致使岩土体承受较大的压应力,而且各处岩土体并非均匀受力,于是格子梁将产生局部沉降,所以不能充分发挥预应力梁的良好效果。

(2)由于地基承载力不均布,致使梁的结构受力不均匀。

(3)由于不能对边坡表面整体施加均匀的预应力,导致格子梁之间的某些地方向上弯曲。

(4)由于边坡的不平整,浇筑钢筋混凝土梁时给立模、浇筑混凝土带来困难。

对此种类型边坡,应均匀地施加预应力,使之稳定;同时加固从地表到内锚固段之间的岩体,从而形成均匀的压缩带,可将其视为一种结构体。如果对整个坡面施加的预应力锚索能够将整个边坡完全锚固住,在梁和岩体之间形成均匀的压缩层,这对于边坡稳定是很有利的。如果使用钢筋混凝土板来覆盖边坡,则更有利于边坡的稳定。但需要注意应在各钢筋混凝土体上均设置排水孔,而且要求数量多孔径大。尤其应注意钢筋混凝土体背面的排水孔。

6 结语

1、对边坡设计的特点和基本原则进行了总结,为实际工程边坡设计提供了依据和意见。

2、对西南地区公路边坡的调研分析研究,指出

了现状边坡的稳定性不良之处，并探究其根源，为优化边坡设计、建设提供了新的思路。

3、对各类锚固措施提出了试用条件，并对各种条件给出了注意事项。

4、边坡的设计施工难度较大，不确定因素也众多，需要对其特定环境和各种因素进行严格的分析，对边坡工程还需不断思考，使其更符合实际。

参考文献

- [1] 吴振君; 王水林; 汤华; 葛修润. 一种新的边坡稳定性因素敏感性分析方法—可靠度分析方法[J]. 岩石力学与工程学报, 2010年10期
- [2] 胡毅夫; 谢小明; 乌青松. 含水量对砂性土边坡稳定性的影响试验研究[J]. 武汉理工大学学报, 2013年08期
- [3] 李文骞. 边坡稳定性研究方法综述[J]. 山西建筑, 2009年33期
- [4] 邓科. 边坡稳定性计算方法的适用条件及分析比较[J]. 灾害与防治工程, 2005年02期
- [5] 安彦勇; 林育梁; 徐艳华. 基于 DDA 方法的膨胀土边坡稳定性研究[J]. 岩土工程技术, 2009年01期