

边坡工程

Bianpo Gongcheng

黄求顺 张四平 胡岱文 著



457

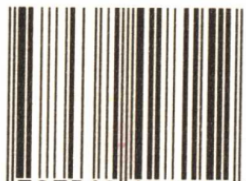
70

重庆大学出版社

边坡工程

Bianpo Gongcheng

ISBN 7-5624-2815-8



9 787562 428152 >

ISBN 7-5624-2815-8/P·29

定价: 12.00元

边坡工程

黄求顺 张四平 胡岱文 著

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍土质边坡、岩石边坡和山地地质灾害三大内容,其中重点讨论了岩石边坡和山地地质灾害问题,从理论到实践,从参数的取值到多种计算方法,都做了较详细的阐述和比较。为便于广大读者掌握边坡工程的有关理论,本书采用了大量工程实例,深入浅出地说明边坡工程的有关理论和实践经验,并提出了颇有价值的见解和建议。

本书可作为岩土工程专业研究生的教学用书,也可供岩土工程研究人员及有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

边坡工程/黄求顺,张四平,胡岱文著. —重庆:重庆大学出版社,2003.7
ISBN 7-5624-2815-8

I. 边... II. ①黄...②张...③胡... III. 边坡稳定性—研究
IV. TU457

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 036859 号

边 坡 工 程

黄求顺 张四平 胡岱文 著

责任编辑:李长惠 郭一之 版式设计:李长惠

责任校对:任卓惠 责任印制:秦梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400044

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆华林天美彩色报刊印务有限公司印刷

*

开本:850×1168 1/32 印张:5.5 字数:137千 插页:1

2003年7月第1版 2003年7月第1次印刷

印数:1—1 000

ISBN 7-5624-2815-8/P·29 定价:12.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前 言

边坡是一种常见的地表形态。稳定的边坡将造福于人类,给人们的生产、生活带来安全的环境。许多名胜古迹,坐落于高陡的边坡之上显出雄伟、壮观的气势,给人以欢快和愉悦。重庆、香港等山城,建筑物依山傍水,高楼林立,错落有致,绚丽多姿,独具特色。但边坡一旦失稳,其祸害将非常严重。小型的边坡失稳破坏,可能导致大量人员伤亡;中型边坡失稳破坏,可能危及一座城镇的安全;大型边坡失稳破坏,其后果更不堪设想。为此边坡研究极为重要且迫在眉睫。

我国是一个多山的国家,地质灾害频繁。许多地质灾害如滑

坡、危岩崩塌、泥石流等,均与边坡的关系密切,但目前对地质灾害及边坡的治理,尚缺乏指导性的文献资料。本书作者从20世纪60年代初期接替前苏联等多国专家的工作,完成治理重庆钢铁公司大滑坡后,接着全身心投入规模宏大的“三线”建设,倾心于山区地基的研究与实践,解决了众多山区地基难题。本书作者还主编了国际上第一部山区地基基础设计规范《重庆市建筑地基基础设计规范》(荣获国家建设部1994年科技进步一等奖),并作为编制组主要成员参加了国家标准《建筑地基基础设计规范》和国家行业标准《建筑桩基技术规范》(荣获国家建设部1995年科技进步一等奖)的编写工作。随着城市化建设的加速进行以及长江三峡大坝的兴建,与边坡有关的地质灾害更显突出。应广大建设者的要求,现将作者长期积累的边坡治理经验和研究成果编著成本书,希望其出版能起到抛砖引玉和拾遗补缺的作用。

本书阐述了土质边坡、岩石边坡和山地地质灾害的破坏机理及治理措施,并结合大量工程实例,深入浅出地说明边坡工程的有关理论和实践经验。在土质边坡中,结合各种工程实际,对土压力计算和边坡稳定分析提出了改进意见。对加筋土边坡、锚碇板、土钉墙、桩锚支挡结构体系等各种新型挡土结构,也进行了深入的讨论研究。在岩石边坡上,作者根据多年的工程实践经验,将岩石边坡分为整体稳定边坡、外倾结构边坡、碎裂结构边坡3种类型。针对这3种类型,介绍了岩石边坡横推力的计算方法和边坡稳定性分析方法。在此基础上,讨论了岩石边坡的支护结构设计和构造要求。山地地质灾害,其破坏力极大。本书对滑坡的破坏机理,下滑推力的计算,可靠的治理措施以及危岩的整治,均进行了详细的研究和分析,提出了许多行之有效的办法。

本书原为面向土木工程学科岩土工程专业研究生的教学讲义,经过作者多年的修改补充,并经过历届研究生的不断实践和论证而得到完善。本书可作为相关专业研究生的教学用书,也可供岩土工程研究人员和有关工程技术人员参考。

本书付梓,得到很多同仁的关心帮助,在此向他们表示诚挚的感谢。

黄求顺

2002年8月

目 录

1	绪言	1
2	挡土墙上的土压力	5
2.1	概述	5
2.2	土压力的试验资料	7
2.3	墙土间临界破裂面	11
2.4	高大挡土墙上的土压力	12
2.5	有限填土条件下的土压力	15
2.6	平行墙上的土压力	16

2.7	埋埋式涵管上的土压力·····	19
2.8	板桩上的土压力·····	22
3	重力式挡土结构	25
3.1	概述·····	25
3.2	重力式挡土结构的形式·····	27
3.3	重力式挡土结构的稳定性验算·····	28
3.4	挡土结构的排水系统·····	34
3.5	砌体或混凝土挡土结构的构造要求·····	37
3.6	土钉墙·····	38
3.7	加筋土边坡·····	42
3.8	锚碇板挡墙·····	52
4	桩锚挡土结构体系	56
4.1	概述·····	56
4.2	桩锚挡土结构体系施工简介·····	58
4.3	土层锚杆的设计与计算·····	61
4.4	岩石锚杆的设计与计算·····	64
4.5	竖桩(立柱)的设计与计算·····	68
4.6	竖桩(立柱)基础的计算·····	69
4.7	挡板的计算·····	75
5	均匀土质边坡的稳定性	77
5.1	概述·····	77
5.2	瑞典条分法·····	79

5.3	毕肖普法	83
5.4	传递系数法	85
5.5	分块极限平衡法	87
5.6	詹布法	89

6 滑坡及其治理 92

6.1	概述	92
6.2	原始地应力对边坡稳定性的影响	94
6.3	滑坡推力计算及稳定性分析	97
6.4	滑坡治理措施	104
6.5	抗滑挡墙	113
6.6	抗滑桩及桩锚支挡结构体系	117

7 岩石边坡的稳定性分析 122

7.1	概述	122
7.2	岩石结构面的几何要素	124
7.3	单结构面外倾边坡	127
7.4	双结构面外倾边坡	128
7.5	双结构面棱形体破坏	130

8 岩石边坡的支护 135

8.1	概述	135
8.2	整体稳定边坡的支护	137
8.3	外倾结构边坡的支护	140
8.4	碎裂结构边坡的支护	145

9	危岩治理	148
9.1	概述	148
9.2	危岩破坏机理初探	150
9.3	表面风化剥落和坠石的防治	156
9.4	危岩裂隙水压力的计算	158
9.5	悬挑式危岩的防治	160
9.6	墙柱状危岩的防治	163
9.7	危岩的其他防护措施	166
	参考文献	169

1

绪 言

坡地是地表的一种形态,坡地的侧面坡体则称为边坡。地球在形成和发展的整个过程中,受到地球内营力及外营力的作用,其表面总是凸凹不平的,到处存在着或高或低的坡地及其边坡。平原地形比较平坦,山区地形变化显著,但边坡总是无处不存在。边坡工程的研究,对人类的生产建设、生存环境,都具有重大的意义。

边坡的存在,在一定情况下,对工程建造有有利的一面,它能使建筑物错落有致,显得更加丰富多彩,一些宫殿和庙宇,以及许多纪念性的建筑物,坡地为其营造出一种庄严、肃穆的气氛。南京中山陵就是利用边坡地形很好的典范。山城重庆,建筑物依山傍水,高低错落,高楼林立,无比绚丽壮观,但同时坡地也给工程带来了较大的困难,许多山地灾害及工程事故,均与边坡有关。在一些

工程建设中,为了给人们创造一定的活动空间,经常需要挖山填壑,不仅使工程费用大增,还可能带来诸多隐患。

我国是个多山的国家,各类地形占全国陆地面积的比例大致为:山地 33%,高原 26%,盆地 19%,平原 12%,丘陵 10%。通常所说的山区,包括山地、丘陵以及比较崎岖的高原,约占全国陆地面积的 2/3。除个别的省、市以外,大多数省、市、自治区均以山区为主,许多省、市、自治区的山区面积达到 90% 以上。山区的自然灾害多与边坡有关,坠石、崩塌、滑坡、山崩、泥石流,都是危害人民生命财产的重大自然灾害(图 1.1)。在山区建设中,边坡处理更是一个较突出的困难问题,处理如有失误,便可能遭受到毁灭性的灾难。例如 2001 年 5 月 1 日发生的重庆市武隆县滑坡事件,将一幢 9 层高的住宅楼房摧毁,当场死亡 69 人。山区建设中,这种血的教训不胜枚举。

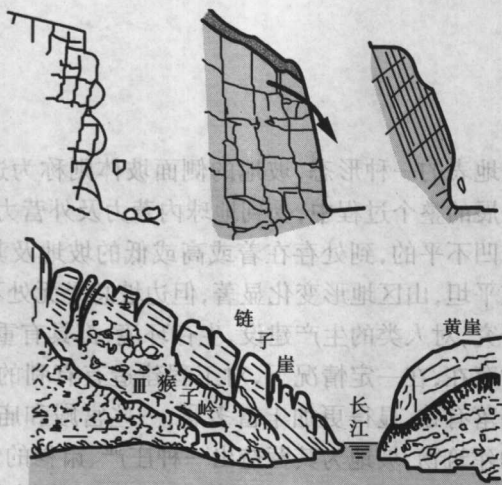


图 1.1 山地灾害

边坡工程是一个古老的课题。自 1773 年库仑(Coulomb)发

表著名的土压力滑楔理论以来,对边坡的研究已进行了数百年,但至今研究尚不很充分,山地灾害的破坏机制尚未得到完全揭示,许多地质灾害的产生原因至今尚未得到合理的解释。例如某些山崩,崩塌量达到上亿立方米,其动力来源很难准确估计。就是最常见的滑坡,其滑动机理也尚未完全被人们所揭示,准确地计算滑坡推力还比较困难。山地灾害因牵涉的因素太多,目前还难以在试验室条件下进行全面模拟。

在治理山地灾害的过程中,精确的理论指导非常重要,但目前采用经验方法进行边坡治理还占有较高的比例。现场的岩土是天然的产物,岩土的形成是一个相当缓慢的过程,对其制约和影响的因素较多,其性质显示很不均匀,在理论计算上很难建立与实际相符的计算模型。模型建立后,其计算参数的确定也很困难,因为岩土性质很不均匀,试验出来的参数其变异性很大,必须采集大量标本进行试验,取得大量数据后进行统计分析,最后才能对参数进行取值。边坡的形态千变万化,悬岩的形态更是千差万别,在治理过程中其几何尺寸也难以确定。在诸多不定因素的情况下,边坡治理的实践经验,就显得非常重要。

影响边坡稳定性的因素较多。目前土质边坡的稳定性研究,其研究成果较多,技术比较成熟。对于岩石边坡的研究,则起步较晚,加上进行现场原位试验较困难,目前经常套用土质边坡的研究成果来处理工程问题,使边坡工程出现极大的浪费,且其安全性和可靠度令人担忧。岩石边坡的稳定性,主要取决于结构面的性状,是目前大家比较一致的意见。但结构面的野外形态,根据目前的勘察手段,要将其测定清楚还比较困难,例如岩体裂隙的开展深度,只能测定一个大概的数值,采用大概的数值来准确计算边坡的稳定性,显然是不可能的。

很长时间以来,人们疏于环境保护意识,对山区资源进行掠夺性开发,毁坏森林,盲目采矿,不适宜的开垦,造成严重的水土流

失,使山地灾害更趋严重,崩塌、滑坡、泥石流频频出现。在工程建设过程中,不按科学和自然规律办事,对山体随意大挖大填,人为造成大量的山地灾害。环境生态平衡一旦遭到破坏,要重新恢复往往比较困难,这种疏于环境保护意识的状态,应立即改变,还给人们一个舒适安宁的环境。

边坡工程是一项综合课题,它既是环境工程,又是土木工程的一部分,特别对环境保护、维护生态平衡具有重大的意义。对边坡进行整治时,必须进行综合治理才能获得成效,从工程的可行性论证,到规划、勘察、设计、施工,直到工程交付使用后的一段时期,都应重视边坡问题的研究、治理和保护。边坡的治理,应当在边坡发生破坏之前进行整治。边坡一旦破坏之后,滑动面上的摩擦力将大幅度下降,有时可能降低为0,这时才进行边坡的整治,事实上就是采用工程手段来弥补边坡滑动时所丧失的摩擦强度,其代价将是非常巨大的。崩塌发生后,事实上已无法治理,人们不可能将崩塌下来的岩体,再次搬上山巅以恢复原貌。

重庆是有名的山城,全市 $8.24 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的国土面积内,除数小块山间平地外,几乎都属于山地,所有工农业生产建设,都离不开对边坡的治理,所以对边坡问题比较重视。重庆市做出了严格的规定:进行边坡治理时,边坡的勘察、支护方案及施工图都需要通过专家评审后,才能正式实施;边坡施工过程中,工程监理、技术监督都必须有专门机构负责;边坡工程投入使用后,要求监测不能间断,至少连续监测3年,并且要求设立边坡的维护和维修机构,以保证边坡的正常使用。

2

挡土墙上的土压力

2.1 概 述

土压力是专指作用在支挡结构上土的横推力。根据支挡结构的位移方向和位移量,可将土压力分为主动土压力、静止土压力、被动土压力 3 种形态。图 2.1(a)是室内模型试验的结果,图 2.1(b)是对密砂填土的电算值,对该 2 图进行比较可以看出,两者的结果基本一致。

从试验和计算的结果可以看出,对于密实或中密的砂,当具有

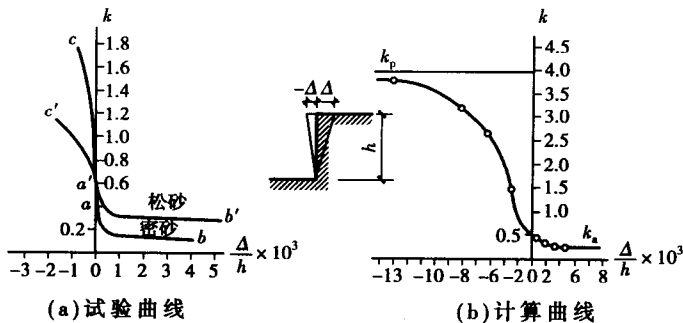


图 2.1 土压力 k 与支挡结构位移的关系

较小的位移时,如位移 Δ 与支挡高度 h 之比(Δ/h) $\leq 0.5\%$ 时,已能出现土压力的主动状态。在通常条件下,支挡结构出现这种较小的位移是完全可能的,例如 5 m 高的支挡结构,其顶部出现 25 mm 的外向位移是正常的。因此当支挡结构背面的填土为中密以上的无粘性土时,支挡结构上的土压力按主动土压力计算,是符合工程实际的。对于松砂,大量的试验结果表明,其主动土压力与静止土压力的数值比较接近,因此在实际工程施工中,要求支挡结构背面的填土,必须达到一定的密实度,才能取得良好的技术与经济效益。

产生被动土压力状态,所需要的支挡结构位移,要比主动土压力状态时大得多。从砂土的试验结果可以看出, Δ/h 值必须达到 5% ~ 8% 才能出现被动土压力状态。通常的支挡结构是不允许出现这种巨大位移的,如拱支座在出现这种位移前,拱结构的变形已可能导致结构的完全破坏。因此支挡结构在外力作用下,推动支挡结构向后位移时,计算填土的抵抗力,只能利用被动土压力的一部分,例如 $1/4 \sim 1/2$ 。也有不少人认为,挡土墙设计时只能采用静止土压力作为设计依据。