

香港地区边坡防护与治理

朱鸿鹄¹ 乔仲发²

(1. 香港理工大学土木及结构工程学系, 香港; 2. 浙江省交通规划设计研究院, 浙江杭州 310000)

【摘要】 自开埠以来香港地区边坡事故一直不断。香港政府多年来积极进行边坡的防护治理, 成效显著。讨论了香港地区岩土边坡破坏的主要原因、防治滑坡的工程措施及边坡管理系统。香港的边坡防治经验值得内地借鉴。

【关键词】 香港; 边坡; 防治

【中图分类号】 TU 472

Prevention and Remediation of Slope Failure in Hong Kong

Zhu Honghu¹ Qiao Zhongfa²

(1. Department of civil and structural engineering, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong China;

2. Zhejiang Provincial Plan Design and Research Institute of Communications, Hangzhou Zhejiang 310000 China)

【Abstract】 Landslides happen frequently in Hong Kong. Effective measurements are adopted to prevent landslides. The causes of slope failure, preventive measurement and slope management systems are discussed. Hong Kong experience in slope engineering provides valuable information for main land China.

【Key Words】 Hong Kong; slope; prevention and remediation

0 引言

从地貌上讲, 香港地区属于亚热带半丘陵地带, 地势较为陡峭。香港土地总面积约为 1 050 km², 其中约 650 km² 为天然山坡, 占土地总面积的 60%。作为世界第三大金融中心和国际著名的自由港, 香港地价相当昂贵, 可谓寸土寸金。一方面, 随着人口的急剧增加, 对于土地的需求不断提高, 建设土地非常紧张。另一方面, 由于平地的缺乏, 严重制约着市区面积的发展。目前市区大部分已经一直扩展至非常陡峭难以开发的山坡附近。市区与天然边坡的交界线长达 2 000 km, 边坡支护的工作量非常大。此外, 由于历史的原因, 从英国殖民统治以来, 港岛半山区修建了许多高档商厦或高层住宅, 由此产生了许多挡土墙、边坡处理等问题。

所谓滑坡, 是指斜坡上的岩体或土体, 经水分浸湿, 在其重力作用下, 沿着一定的滑动面整体向下滑移的现象。香港称之为“山泥倾泻”(landslide)。在香港历史上, 天然边坡发生滑坡和泥石流的情况相当普遍, 每年达 300 次以上。所幸它们一般发生在远离人口聚居区的上坡, 因此对人类影响不大, 其后果主要是堵塞河道和改变地貌。在人造边坡(包括填土坡、削土坡和挡土墙)方面, 滑坡事故常常导致

大块岩土体急速下滑, 覆盖坡下的建筑物和道路, 带来严重的人身伤亡、财产损失和交通中断。据统计, 从香港开埠以来, 在历次滑坡事故中丧生者超过 470 人, 历史上较大规模的滑坡事故见表 1、图 1 和图 2。

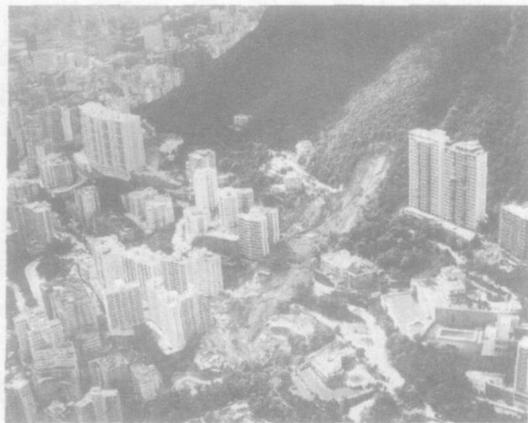
香港政府高度重视边坡防治。早在 1977 年 7 月, 香港就单独成立了土力工程处(早期称 Geotechnical Control Office, GCO, 后改称为 Geotechnical Engineering Office, GEO), 负责管理香港境内所有与边坡有关的勘察、设计、施工、监理及维修程序, 并负责为香港 5 万余个边坡登记造册。从此香港对于边坡的管理水平上了一个新台阶, 边坡事故给香港社会造成的人员财产损失大幅度降低。目前无论是在技术层面, 还是管理水平上, 香港的边坡治理都在国际上占有领先地位。

1 边坡破坏原因

边坡滑动的对象, 主要分为岩石、孤石或泥石。根据滑动机制, 滑坡又可分为崩落、滑动、倒塌、滑移或崩泻。结合两者, 又产生岩崩、泥石流及泥石崩泻。香港最常见的滑坡类别有岩崩、孤石下坠、泥石滑动、泥石崩泻、沿渠道的泥石流等。边坡破坏的原因大致可分为自然因素和人为因素两种。

表1 香港严重滑坡事故统计(serious landslides in Hong Kong)^[1]

时 间	地 点	灾 害
1925年7月17日	普庆坊	5~6 m高的砌石挡土墙雨后倒塌导致7栋砖砌楼房破坏和150人死亡
1926年	薄扶林	孤石下坠导致1栋楼房严重破坏和5人死亡
1966年	北角聂歌信山	滑坡导致1栋大厦下部破坏和1人死亡
1972年6月18日	半山宝珊道及旭 龛道	暴雨引发自然坡积边坡破坏,约2万m ³ 滑坡导致1幢13层住宅大厦完全摧毁,另1幢大厦一角严重损毁,67死20伤
1972年6月18日	秀茂坪鸡寮	暴雨引发40 m高、坡度1:1.5的逐层碾压风化花岗岩填土边坡破坏,体积达6 000 m ³ 的山体滑下,导致整个临时房屋区被土覆盖,71死60伤
1976年8月25日	秀茂坪第九座	暴雨引发填土边坡破坏,约4 000 m ³ 滑坡导致大厦地下楼层被土完全覆盖,18死24伤
1982年5月29日	寮屋区	暴雨引发多处滑坡导致山上多间寮屋破坏及22人死亡,100人受伤
1982年8月16日	九龙、蓝田等处寮 屋区	暴雨引发多处滑坡导致山上多间寮屋破坏及5人死亡
1986年7月16日	坚尼地城	一辆汽车被滚落的巨石砸中被毁
1987年7月30日	祖尧	暴雨诱发滑坡导致一座多层大厦临时疏散
1992年5月8日	薄扶林碧瑶湾	滑坡导致200 m外的大厦钢筋混凝土平台和地下楼层受到损毁,2死5伤
1992年5月8日	坚尼地道	暴雨引发500 m ³ 滑坡,一辆出租车被土覆盖,1人死亡
1993年6月23日	荃湾象山	山坡下一巴士站被毁,1死5伤
1994年7月23日	西环坚尼地城观 龙楼D座	连日大雨后高约10 m的砌石挡土墙突然倒塌,1 000 m ³ 滑坡,三座大厦被临时封闭,约10 m宽的人行道被土覆盖,5死3伤(事后调查发现挡土墙厚度只有0.8 m)
1994年8月7日	青山公路	一辆小巴被土推下海滩,1死17伤
1995年	鲤鱼门寮屋区	滑坡导致700寮屋居民被疏散及重新安置
1995年8月13日	香港仔黄竹坑深 湾道	海边一船厂被毁,2名外籍人士死亡
1995年	深井新村	泥石流导致数间寮屋被土破坏及1人死亡
1997年6月4日	荔枝角九华径上 村	一寮屋被土压毁,一家被困,1名男童死亡
1997年8月3日	呈祥道近蝴蝶谷	道路封闭3周
1999年8月23日	深井新村	暴雨诱发600 m ³ 滑坡,发生大规模泥石流,土夹杂溪水涌入村中,1死13伤
1999年8月25日	石夹尾	暴雨导致50 m高削边坡松脱,三座大厦超过700居民永久撤离
2005年8月20日	荃湾光板田村及 芙蓉山村	荃锦公路来回全线封闭,1人死亡
2005年8月20日	荃湾老围村	百余村民疏散
2005年8月20日	大屿山	东涌道和屿南路封闭

图1 1972年香港岛半山区宝珊道滑坡^[1]图2 1994年观龙楼滑坡^[1]

1.1 自然因素

1.1.1 不利的地质条件

香港地区的岩石形成于侏罗纪年代,市区及其边缘地带多为花岗岩。在湿热气候的影响下,抗风化能力降低,易形成深厚、松软的土层或强风化、松散的岩层、断层面、节理面及岩石层面等天然软弱面;冬季干冷的气候又使得土层的孔隙逐渐扩展,为降雨等进入坡体提供了通道。此外,香港地区水土流失严重,坡面裸露,不但使风化和地面径流冲刷加速,也会让更多水分渗入土层,诱发滑坡产生。

1.1.2 降水

香港处于亚热带多雨地区,年降雨量达 2 300 mm 以上。每年的 5 月至 9 月期间经常受到飓风及暴雨侵袭,导致大型滑坡连年发生^[2]。雨季期间持续的大雨损坏边坡护面,冲蚀泥土。降水大量渗入地层,并因排水缓慢而积聚起来,最后使得岩土层饱和及浸湿软化,可塑性增强,粘聚力和摩擦力等强度指标大大降低^[2]。另一方面,暴雨抬高了地下水位,对透水岩石产生浮托力,使得坡体在重力作用下有向下滑动的趋势。当岩层上部为透水层,下部为不透水层时,由于不透水层顶部更易于积水,滑坡的可能性大大增大了。

1.2 人为原因

1.2.1 边坡工程设计和施工上的不足

在陡坡附近建造建筑物和公路时,需要切削大量的坡体,使得山坡坡度加大,增加了坡面的不稳定性。当前不少住宅区在斜坡上开发,改变坡体的应力状态,更大大增加了潜在的危险。假如支挡结构设计得不够,不设置挡土墙或挡土墙处理不当,难以阻挡上部坡体的下滑。在边坡开挖、填筑等施工过程中,临时排水系统不畅、坡脚被人为掏蚀、填土未充分压实或随意倾泻填土等等做法均可能导致边坡稳定性的丧失。

1.2.2 边坡及挡土墙缺乏定期的维修

香港政府将边坡分为政府边坡和私人边坡。目前香港地界内约 37 000 个政府边坡(government owned slope)是由政府部门定期进行维修工作的。而对于 17 000 余个、约占总数 1/3 的私人边坡(private slope),其维修工作统一由业主负责,政府只提供一定的技术支持。如果私人边坡管理不善,支挡结构多年失修或排水系统阻塞,则难以发挥其挡土排水作用。

1.2.3 市政水管渗漏或爆裂

市政部门忽视住宅区附近地下水管的渗漏而不

采取及时措施,导致地下水位上升,也常会引发滑坡。如 1982 年牛头角道的滑坡事故就是因为一条食水管爆裂所导致的。1994 年观龙楼砌石墙及边坡倒塌的起因则是一条雨水渠的渗漏。

1.2.4 破坏植被

香港山坡自然植被本已不多,如果发生非法的人为砍伐或者开田,会使得地面丧失植被的保护,使得雨水易于渗入土层。此外,开垦还可能阻塞排水系统,使水分积聚于浅层土层内,大大增加滑坡的可能性。

2 防治滑坡的工程对策

香港现行边坡治理及挡土墙设计主要参照土力工程处组织人手编写《斜坡岩土工程手册》^[3]和岩土指南(Geoguide 1~6)。对于边坡破坏的防治,主要有以下几种措施。

2.1 减载和压坡整平

这是提高边坡稳定性的最经济和最直接有效的手段。如果空间和人力允许,将上部减载的土料反压到坡脚,或以阶梯状结构减缓坡度,则是边坡治理的最优方法。

2.2 排水工程

地下水变动是香港地区诱发滑坡的主要因素之一。如果边坡具有充分的排水系统,地下水位的降低可大幅度提高边坡的安全系数,而排水工程的投资则比锚固要低。因此这也是边坡加固优先考虑的工程措施。边坡排水工程可分为地面排水和地下排水两类。地面排水措施主要有坡面喷混凝土防水、敷设排水孔和排水沟渠。对于公路边坡,为保证雨水不从路面接缝、裂隙或路基、路肩渗入边坡,还需要设置路面内部排水系统(包括集水沟、排水管等)。而设置排水洞等地下排水措施则一般用于规模很大的边坡加固工程。

2.3 土钉支护

土钉支护在香港称为泥钉工程(soil nailing)。由于土钉支护技术经济可靠,施工速度快而简便,因此成为了香港边坡最常见的加固措施。如 2003 年,223 个加固边坡中的 150 个是采用土钉加固。经过多年的实践和不懈的研究,香港土钉支护的设计、施工技术尤为成熟,从钻孔、钢筋装配、灌浆,到土钉头建造及土钉抗拔试验,都有着一整套系统详尽的规范可依^[4]。有时还会采用有专利技术的波纹护套对永久土钉进行双重防腐蚀。

2.4 重力式、扶壁式等挡土墙

香港早期修筑的多为砌石挡土墙(见图 3),因

年久失修多数需要重新加固。对于新近的支护边坡,常采用混凝土挡土墙、钻孔桩挡土墙等钢筋支挡结构^[5]。



图3 香港早期砌石挡土墙

2.5 进行定期的维修

根据香港政府现行规例,边坡的定期维修包括每年雨季前的例行维修检查,定期地下水管的检查和由注册专业岩土工程师执行的至少每5年1次的维修检查。维修的内容有清理积存在排水渠内及斜坡上的杂物、修葺破裂或已损毁的排水渠、路面以及斜护面等。大雨过后还要派专人视察排水渠和及时清理淤塞物。政府还专门编制了《斜坡维修指南》^[6],鼓励及协助私人边坡的维修。此外,为了进一步督促私人边坡的维修,政府目前正推行周期性对私人斜坡维修状况的审核工作。

2.6 推行生物工程

在边坡和挡土墙上喷草(种子及保护膜)和栽种原生植物,保护生态并与周围环境融为一体,可以起到美化边坡外观的作用。此外,也可以有效降低表层土体的入渗能力,提高边坡的稳定性。

3 边坡管理系统

香港地少人多,土地严重缺乏,所以利用边坡是必需的。为了有效地减低斜坡倒塌发生的机会及给公众带来的危险,除了直接的边坡工程措施,还必须有一套完整的边坡管理系统。近30年来,GEO一方面积极开展审查新工程、加固旧边坡、拆迁危险寮屋等方面的工作,另一方面调动人力物力建立起以下几个系统及工作重点。

3.1 斜坡资讯系统(Slope Information System)

为提供较大型人工边坡的详细资料,GEO已完成一份《斜坡记录册》(Catalogue of Slopes)以记录香港约57 000个人造边坡的档案。这些资料存入“斜坡资讯系统”,用于提供快速的检索功能和

协助市民、物业管理人员及工程师进行有关的边坡管理、维修及加固工程。这是世界上同类型系统资料最为详尽的数据库之一。该系统的详细资料已经发布于香港斜坡安全网站^[7],以方便公众查询。

3.2 山泥倾泻警告系统(Landslip Warning System)

政府会在特定地点设置山泥倾泻警告牌,以标明4类危坡,包括:已发出危险斜坡修葺令的私人斜坡,有待进行巩固工程的政府斜坡,影响寮屋(寮屋(Squatter)是在私人或公共的土地上兴建的低质素非法房屋),居民的斜坡和曾经发生滑坡的路段。此外,当遇有持续暴雨并预计将有滑坡发生时,GEO将会同香港天文台通过电台电视台发布实时的“山泥倾泻警报”。

3.3 防止山泥倾泻计划(Landslip Preventative Measures (LPM) Programme)

为降低人造斜坡的危险,2000年港府开始为期10年,预算经费90亿港元的防止山泥倾泻计划,以对在1994~1998年间编制的新斜坡记录册所登记的旧斜坡进行加固和维修。该计划主要包括四个方面的内容:①是按优先次序巩固旧有边坡;②是强化维修政府斜坡;③是把部分现存的加固工程纳入工务计划内;④是加强宣传和教育活动。

3.4 斜坡登记制度(Slope Registration System)

香港境内每处边坡都有专人负责,具有特定的编号,并于显著位置设置香港斜坡登记指示牌,标明负责维修单位和联络电话(见图4),以规范管理和明确职责。



图4 香港斜坡登记指示牌

3.5 边坡美化工程(Slope Landscaping and Greening)

早期香港人工边坡的设计,多以结构体的安全性和稳定性为标准。随着市民环保意识的日益提高,如今边坡设计除了须满足一般工程要求外,还会考虑美化环境和生态效益。在设计边坡加固工程

时,岩土工程师会充分利用植被,即使在必须采用喷射混凝土等硬质护面的坡面,也会加入专业园艺师的意见,采取加设花槽、砌石、图案设计等措施以改善边坡的外观,务求做到边坡外观与自然环境融为一体,发挥美化环境的作用(见图5)。2004年,土木工程署联合了多个协会主办“最佳斜坡美化奖”,希望鼓励私人边坡的美化工程。而政府边坡的美化绿化工作已纳入防止山泥倾泻计划^[8-10]。



图5 香港斜坡美化工程

3.6 边坡安全公众教育工作(Public Education on Slope Safety)

香港政府积极推行斜坡安全公众教育,通过电台、电视台、展览、讲座、热线电话和Internet网站等形式,宣传滑坡期间个人预防、斜坡维修、滑坡发生先兆等知识。教材《认识及预防山泥倾泻》甚至进入了中学课堂。

4 边坡工程研究

香港政府推广边坡工程中新材料、新技术的应用。目前全港共设置了86个雨量站,建立起世界一流的雨量监测系统^[2]。根据过去滑坡发生与降雨的关系研究得出1小时降雨量大于70 mm或24小时雨量大于175 mm作为滑坡预报阈值,建立了暴雨滑坡预警系统。近年来,香港本地各所高校受政府资助,完成了边坡钻孔过程数字监测仪^[11]、岩土工程自动化监测系统^[12-13]等具有很大应用前景的研发项目,并进行防腐、高强度的FRP土钉和不锈钢覆盖土钉以取代传统的土钉的可行性研究。

5 结论

GEO成立近30年来,对于边坡的防治和管理卓有成效。香港每年因为边坡事故造成的损失日益

减小,因边坡事故导致的死亡人数接近于零。

香港边坡专家多次直接参与了内地大型边坡项目的稳定性评估及加固设计等顾问工作。从边坡管理水平上来看,内地与香港的差距仍很大,香港这方面的经验值得内地各城市的借鉴。

参 考 文 献

- [1] <http://www.cedd.gov.hk> 香港特区政府土木工程拓展署.
- [2] 李焯芬,陈虹. 香港滑坡泥石流成因及治理[J]. 地理学报,1997,52(增刊):114-122.
- [3] Geotechnical Engineering Office. Geotechnical Manual for Slopes [M]. Hong Kong: GEO Publication, 1984.
- [4] 阴可,张永兴. 港渝两地边坡工程中土钉技术的对比研究[J]. 岩石力学与工程学报,2002,21(15):705-711.
- [5] Geotechnical Engineering Office. Geoguide 1 Guide to Retaining Wall Design[M]. Hong Kong: GEO Publication, 1993.
- [6] Geotechnical Engineering Office. Geoguide 5 Guide to Slope Maintenance[M]. Hong Kong: GEO Publication, 2003.
- [7] <http://hkss.cedd.gov.hk> 香港斜坡安全网页.
- [8] Geotechnical Engineering Office. Technical Guidelines on Landscape Treatment and Bio-engineering for Man-Made Slopes and Retaining Wall[M]. Hong Kong: GEO Publication, 2000.
- [9] Geotechnical Engineering Office. Layman's Guide to Landscape Treatment of Slopes and Retaining Wall [M]. Hong Kong: GEO Publication, 2002.
- [10] 阴可,岳中琦,李焯芬. 边坡绿化种植在香港的应用[J]. 岩石力学与工程学报,2004,23(16):2804-2810.
- [11] 岳中琦,李焯芬,罗锦添,谭国焕,菅原纯. 香港大学钻孔过程数字监测仪在土钉加固斜坡工程中的应用[J]. 岩石力学与工程学报,2002,21(11):1685-1690.
- [12] 殷建华,丁晓利,杨育文. 全球定位系统和常规仪器远距离边坡监测及预报系统的应用[J]. 防灾减灾工程学报,2003,23(2):14-21.
- [13] 李爱国,岳中琦,谭国焕,等. 香港某边坡综合自动监测系统的设计和安装[J]. 岩石力学与工程学报,2003,22(5):790-796.

收稿日期:2006-08-15