抗滑桩优化设计在滑坡治理中的应用研究

宋保强1,任光明1,王维早2

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院,成都 610059; 2. 石家庄经济学院工程学院,石家庄 050031)

摘 要:基于传统剩余推力法,提出了新的抗滑桩优化方法。以位于凉山彝族自治州某县城南的滑坡体为例,说明了主要治理方法。采用剩余推力法和新的抗滑桩优化方对该滑坡体天然状态工况进行了稳定分析。结果显示,在设计安全系数为 1.15 的情况下,该滑坡处于临滑状态,因此,须采取相应的加固措施,最后推荐了抗滑桩设计方案,已在凉山州某县城滑坡工程中成功实施。

关键词:抗滑桩;传递系数;下滑推力;桩前反力

中图分类号: P642. 22 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2007)01-0196-02

Applied Research of Anti-slide Pile Optimization Design in the Slope

SON G Bao-qiang¹, REN Guang-ming¹, WAN G Wei-zao²

(1. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Engineering College of Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: A new anti-slide pile optimization method is presented based on the conventional residual thrust method. Take the slope located in south of the Meigu county for an example, it explains the main treatment method. It analyses the slope stability in the state of natural condition with the residual thrust method and new anti-slide pile optimization method. The result shows that the slope is at near the slippery condition when the designed safety coefficient is 1.15. Therefore, the corresponding reinforcement measure should be taken. At last, the anti-slippery pile design proposal is recommended, and it is already implemented in the slope of Meigu successfully.

Key words: anti-slide pile; transfer coefficient; residual thrust; reaction in front of the pile

滑坡是山区公路常见的一种地质灾害,它往往导致交通中断,造成严重的财产损失,对滑坡进行治理是山区公路建设的重要工作之一。抗滑桩作为治理滑坡的有效工程措施,在世界各国滑坡治理中占有重要的地位。据统计,迄今为止,它是在滑坡治理中应用得最多的工程结构物。2005年我们对凉山州某县城南拉莫色德沟左侧山体,出现滑坡地质灾害,进行了现场调查,分析了该滑坡形成的原因,提出了综合整治方案,并对边坡支挡结构设计进行优化,使设计更加经济合理,且编写了相应的计算程序。

1 滑坡滑带土强度参数选取

由于边坡体地质条件复杂,滑体、滑带土物质组成的不均匀性及不同地段滑带土因埋深、取样的环境条件的差异,从而导致试验参数的离散性,给计算参数的选取带来很大的困难。为了较好的研究滑带土的物理参数,进行了大量原状样饱和剪切及残余剪切试验,本次设计采用土工试验试验成果及滑带土反演结果,对滑带土参数综合取值,黏聚力 C=0.02 MPa、摩擦系数 f=0.30。

2 抗滑桩桩前后受力理论基础

2.1 理论方法

由于边坡稳定性评价的刚体极限平衡方法的种类繁多,常用的就有传递系数法,Janbu 法,毕肖普法,瑞典法等等,而不同的极限平衡方法对条间力的方向的假定往往是不同的,因而算得的条间力大小也不可能一致。桩后的横向滑坡推力的大小一般是根据条间力的大小而得到,由于各种极限平衡方法对条间力没有统一的假定,所以桩后的横向滑坡推力用不同的极限平衡方法计算所得的值是不同的。而在我国的抗滑桩设计中多采用刚体极限平衡法中的传递系数法来计算桩后的横向滑坡推力的大小。

2.2 传递系数法

稳定性系数及剩余下滑力计算公式:

$$K = \frac{- 抗滑力}{ 下滑力} \tag{1}$$

$$T_i = KW_i \sin_i + T_{i-1} - W_i \cos_i \tan_i - c_i L_i$$
 (2)
其中:

$$=\cos(i_{i-1}-i_{i})-\sin(i_{i-1}-i_{i})$$
 tan i_{i}

^{*} 收稿日期:2006-03-15

式中: T_i ——第 i 个条块末端的滑坡推力; K ——安全系数 (视工程的重要性、外界条件对滑坡的影响、滑坡的性质和规模、滑动的后果及整治的难易等因素综合考虑) 本边坡采用 1.15 的安全系数; W_i ——第 i 个条块滑体的重力; i ——第 i 个条块所在滑动面的倾角; i ——第 i - 1 个条块所在滑动面上的内摩擦角; c_i ——第 i - 1 个条块所在滑动面上的中位黏聚力; L_i ——第 i 个条块所在滑动面上的长度; ——传递系数。

2.3 桩前后滑坡推力的确定

对横截滑动方向某一截面上的滑坡推力,一般有两类做法,即:一是先求出全截面上的全滑坡总推力,然后按该横截滑动方向的截面上滑体厚度的不同分配出各段每米宽的推力大小;二是按平行滑动方向分段,求每段代表断面的每米宽的滑坡推力,从而综合各段的推力而得出全滑坡的推力。

根据不同的滑坡形态,我们采用不同的计算方法,对于相互间变化不大的折线段,一般采用传递系数法。

2.4 抗滑桩设桩处滑坡推力优化组合

(1) 抗滑桩设桩处滑坡推力计算原理。在滑坡上设置抗滑桩以后,当抗滑桩受到滑坡推力的作用产生变形时。一部分滑坡推力通过桩体传给锚固段地层,另外一部分传递给桩前滑体。而桩前滑体的抗力与滑坡的性质以及桩前滑体的大小等因素有关,桩前滑体的体积越大,抗剪强度越高,滑动面越平缓、粗糙,桩前抗力就越大。反之,越小。在设桩处滑动面较为平缓,主要提高抗力,不会造成桩前土体滑移的现象。此时抗滑桩承担的推力为:

$$F = T - P \tag{3}$$

式中: T ——桩上滑坡推力; P ——桩上滑坡抗力。

(2)以及计算步骤说明。根据滑坡推力曲线计算滑面以上的桩前滑坡抗力,首先在设计安全系数为 1 的情况下求出滑坡的稳定系数,再把求出的稳定系数作为设计安全系数进行计算(计算原理同强度折减法),此时的滑坡推力曲线既为滑坡处于的极限平衡状态时的推力曲线。再使用设计安全系数 1.15 作为设计安全系数进行计算,两者在设抗滑桩处的推力之差作为抗滑桩所承担的推力。

2.5 与常规桩后的横向滑坡推力值比较

我国的抗滑桩设计中多采用刚体极限平衡法中的传递系数法来计算桩后的横向滑坡推力的大小,在给定的安全系数(1.05~1.25)下计算出设桩出的横向滑坡推力,即为设计抗滑桩时桩所承受的荷载。而该方法充分考虑了桩前反力的作用,是在常规计算桩后横向滑坡推力的基础上,进一步降低了桩荷载设计值,使设计更加经济合理。

3 工程实例

3.1 工程简介

红茶楼滑坡位于凉山州某县城拉莫色德沟左岸红茶楼附近,西昌至某县的公路从滑坡体上通过。滑坡后缘出现几条拉裂缝,在滑坡前缘发生了小型的土质滑动,该滑坡体平面形态呈不规则的长条形,滑动方向总体为 $NW340^\circ$,滑坡纵向长度 200~m 左右,横向宽度 $130\sim180~m$,滑体厚 $10\sim40~m$,平均厚度大于 30~m;前缘高程一般 $1~890\sim1~910~m$,后缘高程达 $1~990\sim2~000~m$,滑坡体积约 $45\sim55~fm^3$ 。

工程区发育的基岩主要为三叠系雷口坡组及白果湾组地层。雷口坡组的岩性为灰-深灰色中厚-厚层状、少数薄层状的角砾状白云岩、泥质白云岩等;白果湾组为灰-深灰色含砾砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩、黏土岩及煤线等组成。

除上述出露的基岩外,县城所在的台面及山(沟)坡面覆盖有厚度不均的第四系滑坡堆积 (Q^{del}) 、残坡积 (Q^{ed}) 、洪积 (Q^{pl}) 和人工堆积 (Q^s) 物发育。

3.2 计算断面

为考察滑坡在施工及运行过程中的稳定性,分别考虑一个主滑面和3个辅助剖面,因滑坡治理采取了削方措施,即以削方后的I-I剖面为例进行计算,桩设在第27条块处,条分模型如图1。

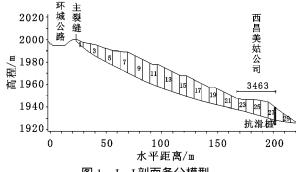


图 1 I-I剖面条分模型

3.3 计算参数

滑坡的物理参数取黏聚力 C=0.02 MPa、摩擦系数 f=0.30。

4 计算结果分析

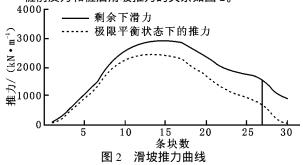
4.1 稳定安全系数及下滑推力

由 I- I 剖面在设计安全系数 1.15 的情况下,计算得到的稳定系数为 0.950。在这种工况下滑坡处于临滑状态,此时选择 1.15 的安全系数下在第 27 条块设桩处的滑坡推力 T=1~524~kN/m 作桩上滑坡推力。在设计安全系数为 1 的情况下求出滑坡的稳定系数为 1.09 ,将 1.09 作为设计安全系数再次进行计算,算出在第 27 条块设桩处的滑坡推力 P=677~kN/m,此时为极限状态下的力,即滑坡推力等于滑坡反力。因此抗滑桩承担的推力为: F=T-P=847~kN/m

4.2 滑坡推力曲线

将计算的剖面条间推力曲线末端的推力值点绘在平面上,得到推力沿与滑动垂直方向的分布图,据此可进行抗滑桩布置设计。

桩前反力和桩后滑坡推力的关系如图 2。



5 结 论

由表 1 可知在设计安全系数为 1.15 的情况下 27 条块设桩处,剩余下滑推力为 1 524.364 kN/m,推力较大,抗滑桩设计时较困难;由表 2 可知在极限平衡状态下 27 条块设桩处,剩余下滑推力为 677.436 kN/m;用此方法设计桩的承

(下转第 201 页)

积极引进和配置有效的湿生植物对污染物质进行进化和分

4.4 建立及恢复城市湿地时应以本地乡土物种为主

乡土物种是通过多年的物种选择证明适宜生长于本地 生境的物种。在恢复及建立湿地植被时,利用本地物种不仅 加大了实际工作的可行性,也可节约自然资源及社会资源。 而盲目引进外来物种(包括非正常因素的人为引入),则易给 当地湿地原有生物带来不利影响。生物入侵的生态代价是 造成本地物种多样性不可弥补的消失以及物种的绝灭,经济 代价是农林渔牧业产量、质量的惨重损失与高额防治费用的 耗费[8]。因此,为了保护本地生物多样性,建立及恢复湿地 系统,在物种引进中应首先考虑乡土本地种,若需引入外来 物种时,须分析物种之间的相互作用,进行引进种的利益与 风险评估,建立严格的科学监管体制及全面的检疫体系[8]。

4.5 恢复重建湿地,确保湿地面积

通过生态技术或生态工程对退化或消失的湿地进行修 复或重建,再现干扰前湿地生态系统的结构和功能以及相 关的物理、化学和生物学特性,使其发挥应有的作用,对破 坏严重的湿地,通过园林绿化工程和植物群落重建,可加快 湿地植被的恢复。因此,在城市湿地生境退化和丧失较为 严重的区域,可通过恢复和重建湿地生境来维持其特有功 能。一般来说,大多数城市湿地恢复项目,当其湿地群落结 构有比较合理的比例时,可认为湿地恢复得比较成功。

为了保护本地生物多样性,城市湿地的恢复和重建应 注意确保城市湿地斑块面积。根据岛屿生物地理学理论 .物 种数与斑块面积成正比,即城市湿地面积越大,生物多样性 越多[9]。因此在城市湿地恢复重建时,应确保一定的面积, 建议在深入研究的基础上,确定科学、合理的水面率,在相关 的法规中予以明确,作为规划和管理的依据。而当前,在水 面率方面,宜确定一个考虑现状的、能够保证最低资源水准 的底线,作为近期控制的依据。

4.6 建立相应的政策指导,保护城市湿地

国家湿地保护政策对城市湿地治理起着重要作用。前 瞻性的、科学的城市生态基础设施建设指导方针,不仅可以 提高城市环境质量、改善城市居住环境,而且对城市的可持 续发展起到重要作用。滞后的湿地恢复计划难以弥补由于 自然湿地丧失所损失的湿地功能。所以,国家政府决策部门 应加大湿地研究的力度,建立系统的湿地研究信息库,依据 不同的城市湿地功能特征,确定不同的治理目标和措施,建 立健全的城市湿地保护法律体系,加强执法力度,通过法律 和经济手段,制裁过度和不合理地利用水系湿地资源的行 为,从而达到保护城市湿地的目的。

- [1] 李文华,欧阳志云,等.生态系统服务功能研究[M].北京:气象出版社,2002.
- [2] 由文辉. 上海地区的湿地资源及其保护[J]. 上海环境科学, 1997, 16 (7): 6-8.
- [3] 潮洛蒙,李小凌,等.城市湿地的生态功能[J].城市问题,2003,(3):9-12.
- [4] 陆健健.中国湿地[M].上海:华东师范大学出版社,1990.
- [5] 丁圣彦,张明亮. 1988 2002 年开封市景观动态变化[J]. 地理研究, 2005, (1): 28 37.
- [6] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. 生态学报,1995,15(2):113 119.
- [7] 俞孔坚,潮洛蒙,等.城市生态基础设施建设的十大景观战略[J].规划师,2001,(6):9-13.
- [8] 崔保山,刘兴土.湿地恢复研究综述[J].地球科学进展,1999,14(4):358-364.
- [9] 崔心红.建设湿地园林.改善生态环境-上海市湿地园林建设的探索[J].中国园林,2002.(6):42-44.

(上接第 197 页)

载力时,大大降低了桩荷载设计值。在设桩处剩余下滑推力 比较大时,该方法可以用于指导抗滑桩的设计及应用。

表 1 设计安全系数:1.15,各条块剩余下滑推力

24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 2										
条块数	剩余下滑推力	条块数	剩余下滑推力	条块数	剩余下滑推力	条块数	剩余下滑推力			
	/ (kN ⋅m ^{- 1})		/ (kN ⋅m ⁻¹)		/ (kN ⋅m ^{- 1})		/ (kN ⋅m ^{- 1})			
条块1	69. 257	条块9	2333.065	条块 17	2829. 228	条块 25	1739.786			
条块 2	252.094	条块 10	2554.062	条块 18	2665.751	条块 26	1686. 107			
条块 3	511.687	条块 11	2694. 199	条块 19	2520. 858	条块 27	1524.364			
条块4	765. 259	条块 12	2773.076	条块 20	2346.780	条块 28	1277. 240			
条块 5	1048.725	条块 13	2847.767	条块 21	2166.566	条块 29	1045.629			
条块 6	1313. 182	条块 14	2908.667	条块 22	1995.003	条块 30	903.462			
条块 7	1681. 283	条块 15	2906.744	条块 23	1890. 229					
条块 8	2046. 384	条块 16	2871.305	条块 24	1812. 258					
4. 中 万 粉 0 0 0 0										

表 2 极限平衡状态 . 各条块剩余下滑推力

条块数	剩余下滑推力 /(kN·m ⁻¹)	条块数	剩余下滑推力 /(kN·m ⁻¹)	条块数	剩余下滑推力 /(kN·m ⁻¹)	条块数	剩余下滑推力 /(kN·m ⁻¹)			
条块1	58. 167	条块9	2082. 355	条块 17	2266. 732	条块 25	923. 395			
条块 2	222.610	条块 10	2266. 927	条块 18	2073. 176	条块 26	831.078			
条块3	458. 625	条块 11	2369. 081	条块 19	1892. 226	条块 27	677. 436			
条块4	684. 861	条块 12	2406. 905	条块 20	1687. 515	条块 28	405.430			
条块 5	939. 039	条块 13	2441. 261	条块 21	1476. 777	条块 29	166. 315			
条块6	1170.898	条块 14	2462.766	条块 22	1278. 014	条块 30	14.800			
条块7	1502.535	条块 15	2423. 637	条块 23	1136. 858					
条块 8	1831. 190	条块 16	2347. 154	条块 24	1028. 931					
稳定系数 !										

参考文献:

- [1] 李海光,等. 新型支挡结构设计与工程实例[M]. 北京:人民交通出版社, 2004.
- [2] GB50021 94,岩土工程勘察规范[S].
- [3] GB50330 2002,建筑边坡工程技术规范[S].
- [4] 徐青,陈士军,傅少君,等.改进剩余推力法及其在三板溪滑坡稳定研究中的应用[J].安全与环境学报,2005,5(4):73 77.
- [5] 郑颖人, 赵尚毅. 用有限元强度折减法求边(滑)坡支挡结构的内力[1]. 岩石力学与工程学报,2004,23(20):3 355 3 358.
- [6] 聂文波,张利洁,胡江运.滑坡治理中抗滑桩设计推力计算探讨[J].岩石力学与工程学报,2004,23(增2):5 050 5 052.