

文章编号: 1001-716X (2000)03-0076-04

319 国道滑坡治理实践

刘守成¹, 何兆益², 朱洪洲²

(1. 四川省成都市交通局, 四川成都 610000; 2. 重庆交通学院路工系, 重庆 400074)

摘要: 结合 319 国道滑坡的治理, 从技术、经济方面比较分析了两种不同方案, 提出了经济合理的处理方法, 对川中地区滑坡治理提供了经验和思路。工程已在实施中。

关键词: 滑坡治理; 抗滑挡墙; 抗滑桩; 方案比较

中图分类号: U416.2 **文献标识码:** A

滑坡是山区公路的主要病害之一, 常使交通中断, 影响公路的正常使用。对中小型滑坡的治理是山区公路建设中的重要工作之一。本文结合 319 国道四川省安岳县境内一滑坡的治理提出了两种不同方案, 并进行了技术、经济比较, 提出了经济合理的解决方法, 为地质情况相似的川中其它地区滑坡防治提供了有益的经验。

1 工程概况

本滑坡位于四川省安岳县境内 319 国道路基段, 长约 160 m (2798k + 960 ~ 2799k + 120), 滑坡前缘至滑坡壁最远距离达 52 m, 范围较大。滑坡体体积约为 2.6 万立方米。

滑坡体为风化粉土堆积层, 厚 6~8 m, 下卧泥质页岩。由于开挖路堑形成临空面, 1999 年 6 月中旬, 当地连降两场暴雨, 雨水渗至粉土与页岩接触面, 层间摩阻力减小, 使粉土层沿其与页岩接触面向公路缓慢滑移。治理之前, 滑坡一直处于活动状态。遇降雨天气, 滑坡体每天滑移 35~40 cm。滑坡舌坍落泥土堵塞了公路边沟, 影响了 319 国道的正常交通运行。原来路堑边坡护面墙已遭破坏。滑移过程中, 滑坡体上部产生数条宽 10~20 cm, 长数 10 m 不等的张拉裂缝。通过现场观察和试坑勘测, 确定出主滑断面位置及其滑动面形式(图 1), 滑面上陡下缓, 属推动式滑坡。

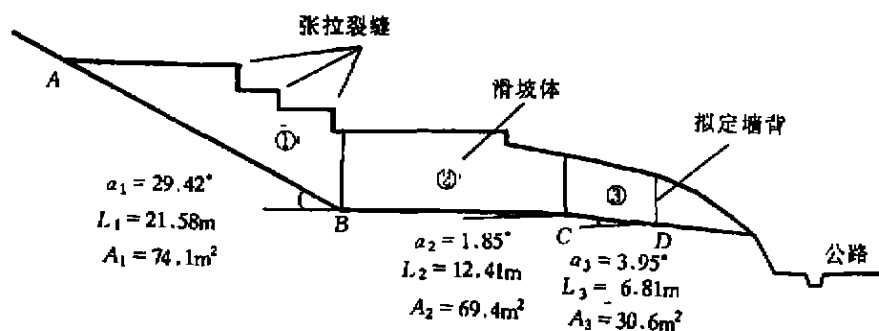


图 1 滑坡主滑断面图

收稿日期: 1999-09-08

作者简介: 刘守成(1963-), 男, 四川人, 成都市交通局工程师, 从事道路工程。

2 方案设计及比选

2.1 滑坡推力计算

滑坡推力计算准确与否是关系滑坡治理成败的关键。为保证取用滑动体岩土各项参数的准确性,现场取未扰动土样作快剪试验,测定其抗剪强度指标:单位粘聚力 $C=6.0$ kPa;内摩擦角 $\phi=7.8^\circ$;容重 $\gamma=21$ kN/m³。考虑到各种不利因素,采用抗滑安全系数 $K=1.20$ 。按滑面是折面计算剩余下滑力:

$$E_n = K \cdot T_n + E_{n-1} \cos(\alpha_{n-1} - \alpha_n) - [N_n + E_{n-1} \sin(\alpha_{n-1} - \alpha_n)] \tan \phi_n - c_n L_n \quad (1)$$

式中, E_n ——第 n 个条块的剩余下滑力, kN/m;

T_n ——第 n 个条块自重 G_n 的切线下滑力, kN/m, $T_n = G_n \cdot \sin \alpha_n$;

N_n ——第 n 个条块自重 G_n 的法线分力, kN/m, $T_n = G_n \cdot \cos \alpha_n$;

α_n ——第 n 个条块所在折线段滑面的倾角,°;

角,°;

ϕ_n ——第 n 个条块滑面上的内摩擦角,°;

C_n ——第 n 个条块滑面上的单位粘聚力, kPa;

L_n ——第 n 个条块分段的长度, m;

E_{n-1} ——第 $(n-1)$ 个条块传递下来的剩余下滑力, kN/m;

α_{n-1} ——第 $(n-1)$ 个条块所在折线段滑面的倾角,°。

由(1)式计算得:

$$E_{AB} = 601.93 \text{ kN/m}$$

$$E_{BC} = 277.80 \text{ kN/m}$$

$$E_{CD} = 203.37 \text{ kN/m}$$

由此可以看出,推力主要来自滑坡体上部,下部滑坡体有一定阻滑作用。

2.2 方案

方案一

采用滑坡前缘设抗滑挡墙进行支挡(图2)。

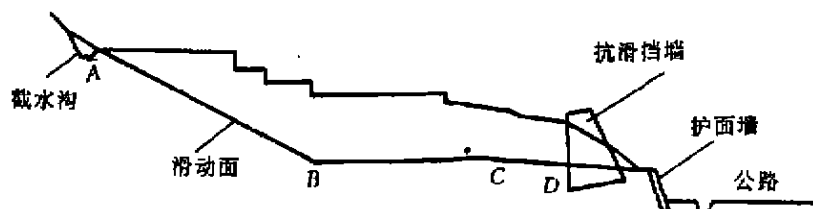


图2 方案一 抗滑挡墙布置示意图

挡墙断面形式如图2所示,墙背推力分解:

$$E_x = 202.89 \text{ kN/m}; E_y = 13.99 \text{ kN/m}.$$

为保证滑动稳定性,最小断面面积为

$$A = \frac{1.3 \times 202.89 - 0.4 \times 13.99}{0.5 \times 23} = 22.45 \text{ m}^2$$

因基底设置成倾斜,断面面积可缩减10%。

取墙高 $H=6$ m;顶宽 $B=2$ m; $A_{\text{实}}=22.25$ m²。基础嵌入未风化页岩1 m,边坡设护面墙以防止页岩风化剥落。各项验算指标均满足要求(表1)。

表1 抗滑挡墙验算指标

抗滑稳定安全系数 K_s	1.87
抗倾覆稳定安全系数 K_0	2.16
正应力	基底
σ_{max}	1/2 墙高处
(kPa)	滑面处
剪应力 τ	1/2 墙高处
(kPa)	滑面处

方案二

采用抗滑桩和护脚支挡。

滑动面上陡下缓,由前文计算可知,AB段为主动滑动区,BCD段为被动滑动区,AB段滑坡体的剩余下滑力是整个滑坡体产生滑移的主要推力,所以考虑在滑动面由陡变缓处(B点附近)设一排抗滑桩,以抵抗主动滑动区的下滑力,而对滑动体下部被动区部分(BCD段)采用护脚支护,以防止粉土堆积层坍塌(图3)。

抗滑桩采用人工挖孔圆形桩,直径 $d=2$ m;桩长11 m;嵌入未风化岩层 $h_2=4$ m;桩距(中至中) $S=6$ m,桩底边界条件按铰支承考虑。由于滑床为完整岩层,用“K”法计算。地基系数根据基岩的饱和极限抗压强度 $R=1.5 \times 10^4$ kPa取经验值: $K_0=2.5 \times 10^5$ kN/m³; $K_H=0.6K_0=1.5 \times 10^5$ kN/m³。

桩的抗弯刚度 $EI=2.042 \times 10^7$ kN·m²;

桩的计算宽度 $B_p=0.9(d+1)=2.7$ m;

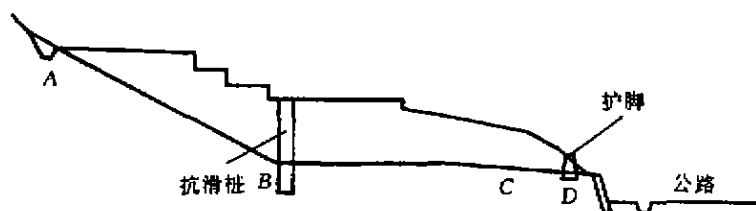


图3 方案二抗滑桩与护脚布置示意图

桩的变形系数 $\beta = \left(\frac{1.5 \times 10^5 \times 2.7}{4 \times 2.042 \times 10^7} \right)^{\frac{1}{4}} = 0.2654$;

$\beta h_2 = 1.06 > 1.0$, 属弹性桩.

每根桩上承受的滑坡推力 $E_r = E_n \times L = 601.93 \times 6 = 3611.58 \text{ kN}$, 按三角形分布, 其 $b\Delta q = E_r / 0.5h = 1031.88 \text{ kN/m}$

桩前被动土压力 $E_p = 1/2 \times 21 \times 7^2 \times \lg^2 \left(45^\circ + \frac{7.8^\circ}{2} \right) = 676.08 \text{ kN/m}$

桩前剩余抗滑力 $E'_n = 601.93 - 203.37 = 398.56 \text{ kN/m}$

$\because E_p > E'_n$, 采用剩余抗滑力作为桩前地层抗力.

每根桩的剩余抗滑力 $E_r = 398.56 \times 6 = 2391.36 \text{ kN}$, 按三角形分布, 其 $b\Delta q = \frac{2391.36}{0.5 \times 7} = 683.25 \text{ kN/m}$

受荷段桩身内力计算

剪力: $Q_y = \frac{(1031.88 - 683.25)y^2}{2 \times 7} = 24.9y^2$

弯矩: $M_y = Q_y \frac{y}{3} = 8.3y^3$

故, 滑面处 $Q_A = 1220.1 \text{ kN}$; $M_A = 2846.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$

以桩底为铰支端为边界条件, 得: $X_A = 0.00383 \text{ (m)}$; $\phi_A = -0.00124 \text{ (rad)}$

锚固段桩身截面的变位、内力和其他岩土对该截面的侧向应力见表2.

表2 锚固段桩身截面变位、内力及侧向应力计算表

y	β_y	x_y ($\times 10^{-3}$)	ϕ_y ($\times 10^{-3}$)	M_y ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	Q_y (kN)	σ (kPa)
0	0	3.83	-1.24	2846.9	1220.1	574.5*
0.5	0.1327	3.23	-1.16	3269.6	507.3	484.4
1.0	0.2654	2.67	-1.08	3368.2*	-89.5	400.1
1.5	0.3981	2.15	-1.00	3201.3	-577.7	321.9
2.0	0.5308	1.66	-0.93	2809.6	-962.9	249.6
2.5	0.6635	1.22	-0.87	2253.8	-1254.8	182.5
3.0	0.7962	0.80	-0.82	1570.9	-1457.7	119.5
3.5	0.9281	0.40	-0.79	805.3	-1577.9	59.3
4.0	1.0616	0	-0.78	4.9*	-1618.6*	0.7*

注: 表中有*者为最大值, 有☆者理论上应为零, 表中系计算误差值.

由于抗滑桩承担了AB段剩余下滑力, 故BCD段稳定, 护脚不承受滑坡推力, 仅起防护作用, 故截面尺寸较小, 可按经验取值.

2.3 辅助措施

综合整治是滑坡治理的基本原则. 方案一和方案二均应采取有效的排水和减重等辅助措施.

2.3.1 排水

水是诱发滑坡的重要因素. 此滑坡成因就是由于连降暴雨, 雨水透过渗水性高的高液限粉土堆积层渗至粉土与下卧基岩接触面, 从而形成了滑动面. 所以排水设施在此处滑坡处理时尤为重

要. 拟在滑坡后缘, 滑坡体外沿滑坡周界设截水沟, 截断滑坡体后山坡上的地表径流, 防止其渗入滑动面, 以保持滑带土的抗剪强度.

2.3.2 减重

本滑坡由于滑动面上陡下缓, 因此挖除滑坡体上侧主动滑动区内部分岩土, 可在一定程度上减小滑坡推力, 从而减小支挡结构工程数量, 节省投资.

2.4 方案比较

2.4.1 经济性

方案一和方案二主要工程数量见表3.

表3 两方案工程数量比较

		方案一	方案二
挖基	土	3300	960
(m ³)	石	530	150
挖孔	土		600
(m ³)	石		340
砌体 (m ³)		3210	260
砼 (m ³)			940

根据当地单价预算, 方案一直接费用(含挖基、圬工和回填)47万元左右, 方案二直接费用(含挖基、挖孔、浇注、养护、圬工和回填)59万元左右。

2.4.2 施工

方案一

抗滑挡墙结构形式简单, 施工方便, 不需特殊机械设备和工艺, 易保证工程质量, 对施工人员的技术水平要求较低, 故适合地方性施工队伍施工。

方案二

抗滑桩施工时可间隔开挖, 不会引起滑坡条件的恶化, 并可校核地质情况, 但因滑坡体为高

液限粉土, 遇水易坍塌, 挖孔时需要良好的孔壁支护, 施工难度较大, 且应避开雨季施工。与抗滑挡墙比较, 抗滑桩施工需要一定机械设备, 对施工员的素质和经验要求较高, 需要技术力量较强的队伍施工。

3 结 论

通过上述经济技术比较, 对于本滑坡治理而言, 以抗滑挡墙进行支挡并辅以排水和减重较为合理, 故最终选择方案一。目前, 工程已在实施过程中, 效果良好。中小型滑坡在我国西南山区分布广泛, 在其治理方案选择时应注重综合治理, 在保证经济性的基础上尽量选用简单的结构形式, 以方便地方性施工队伍施工。

参考文献:

- [1] 交通部第二公路勘察设计院. 公路设计手册·路基: 第2版[M]. 北京: 人民交通出版社, 1996.
- [2] 岩土工程手册编写委员会. 岩土工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.

Practice to bring landslides on the national road 319 under control

LIU Shou-zhen¹, HE Zhao-yi², ZHU Hong-zhou²

(1. Chengdu Highway Bureau, Chengdu 610000, China; 2. Highway Department of Chongqing Jiaotong Institute, Chongqing 400074, China)

Abstract: To bring a landslide on the National Road 319 under control, this paper analyzes two plans in technology and expenses and put forwards an appropriate design scheme, which afford experience to control of the landslide in middle area of Sichuan. The project is being carried on.

Key words: bring landslide under control; retaining wall; pile withstanding landslide; scheme comparing