某高速公路 6#滑坡的防治

王仁兴　　陈允法
（铁道部第四勘测设计院，上海，200435）（浙江省上三公路建设指挥部，嵊州，312400）

提　要　本文介绍了某线六号滑坡的成因分析以及滑坡综合整治的设计，并对锚固桩的合理间距作了有益的探讨。

一 前 言

某高速公路第 15 合同 K92+450～K92+850 段，路线两侧呈丘陵地貌，山峰高程约 400 米，相对高差约 200 米。山顶下为陡崖，陡崖下为崩积、坡积之乱石堆，自然坡度为 20°～30° 斜坡南侧为基岩区，坡度约为 30°～40°。斜坡中、下部坡度较缓，约 5°～10°。拟建高速公路左下侧为陡崖，崖高 20～30 米。崖下为乡村公路，路侧为河流。地形特点是谷深，顶平。该段路基以半填半挖通过，路基标高在 192～202 米之间。

自 1999 年 6 月开始，位于下岩村南斜 坡上的水渠出现开裂现象，渠水下渗严重，发展至 9 月底，线路上方截水沟最大裂缝宽度扩展至 5 厘米。斜坡桑地也出现多条裂缝，裂缝宽 1～4 厘米，延伸长度 10～20 米，并伴随内侧下沉外侧抬升趋势。自 8 月 26 日至 11 月 5 日，根据地面位移观测，滑体中部及后缘，位移量一般为 8～9 厘米，前部为 6～8 厘米；自 9 月 8 日至 11 月 1 日，孔内测斜显示，滑动面附近滑移量最大约 4.2 厘米。

目前，滑坡体范围长约 600 余米，宽为(150～300)米，滑体厚度为 5～40 米，滑坡体积约 200 万立方米。由人工填土、崩积、坡积，古滑坡堆积物，块状堆积物组成，属大、中型堆积层滑坡。

二 滑坡的成因分析

本次滑坡的形成是自然地质与人为工程活动因素综合作用的结果。其形成机制可以归纳为：

1.第四纪形成的堆积物结构松散，块状，碎砾石透水性较好，有利于地下水渗流。

下伏基岩结构紧密，透水性弱，故在岩土接触面附近地下水活动强烈，极大地降低了该面附近土的抗剪强度。

2.坡体及基岩面有 10°～20° 的坡度，不利的地形及地质环境为土体滑移建立了内在条件。

3.丰沛的大气降水，使土体饱和度增加，土质软化，下滑力增加。

4.高速公路在滑体前缘抗滑段通过，边坡开挖导致的抗滑力的减小，土体失去平衡。

从滑坡的变形破坏的特点分析，滑体目前具有蠕变特征，但并没有呈现明显的整体滑移。故可推断，目前该滑坡是处于极限平衡状态。

三 滑坡推力计算

1. 滑坡力计算

为了评价滑坡的稳定性，提供支挡结构物的设计荷载，滑坡土体沿折线型滑动面的下滑推力，因考虑地下水位变化引起的动水压力，静水压力难以精确测量，故本次滑坡推力计算采用水，土合算法，其分段或分块下滑力按下式计算：

$$E_n=E_{n-1}\times\Psi+K\times T_n-N_n\times\mathrm{tg}\,\Phi_n-C_n\times L_n$$

滑坡推力的作用点取滑体厚度的 1/3 或 1/2 处。

2. 滑坡推力计算的参数选择

(1)滑体土体的容重 γ(T/m³)

根据室内试验，delQ3 含碎石(块石)之亚粘土，天然含水量在 24.3%～29.8%,其容重一般为 1.88～2.01T/m³，本次计算考虑到滑体含有大量块石及古滑坡的岩体，以及丰沛的降雨导致滑体重量增加等因素。γ选用 2.1T/m³。

(2)滑动面上粘聚力 C 和内摩擦角 Φ

根据室内对滑动面上土的土工试验，包括重塑剪，饱和剪等剪切试验，求得 C=26kPa.

内磨擦角Φ则采用反算法，当 K=1.0，试算求得 Φ=7°。

根据 γ=2.1T/m³, C=26kPa, Φ=7°, K=1.2

设计推力计算结果见下表：

滑坡推力计算汇总表

（T/m）

剖面 / 桩位	A_3	A_4	A_5	A_6
上滑段	127.2	193.5	214.36	
下滑段	237.1	358.5	295.28	123.8

四 滑坡的整治

针对本滑坡的特点，6#滑坡采取了防挡结合的综合整治方案。

1．排水

为了有效的截拦地表水及地下水，采用了环形截水沟，树枝状地表排水沟及地下排水隧洞等措施。

2．抗滑桩

(1)92+504～K92+678 线路左侧设置 A 型椅式抗滑桩。桩间距为 4.5～6.5m，该桩由主桩及辅桩组成，两桩用系梁联结。主桩与辅桩中心距 7m。断面均为 2m × 4m（见图 1）

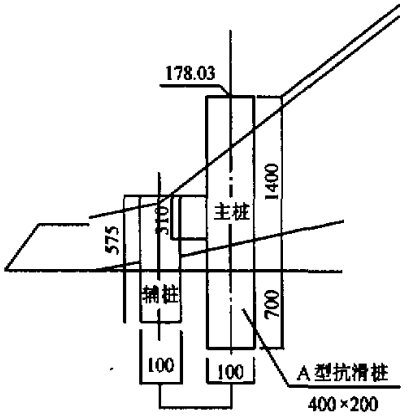


图 1

(2) K92+505～K92+567 线路右侧 274m。设置 B 型抗滑桩。该桩由锚固桩及锚索成。锚索设计抗力 100T。(见图 2)

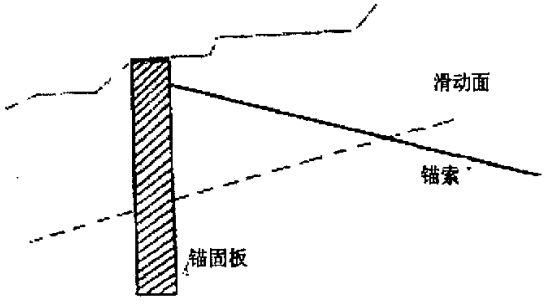


图 2

五 讨 论

1. 滑坡推力的计算它直接涉及支档设计的依据，从而影响滑坡处治的工程投资费用

目前滑坡推力的计算有水、土合算及水、土分算等多种方法，其计算结论尚依赖于工程师实践经验的判别。

2. 抗滑桩的合理间距

目前国内滑坡处理的抗滑桩，其桩间距离由设计人员的经验来选择，缺乏理论依据。

根据 Wen L.Wang,M.ASCE 和 Bing C.yen,A.M.ASCE 等人的研究，其抗滑桩的极限间距 M_{cr}($M_{cr}=B/h$)及有效间距 $M_m=M_{cr}/(1+K)$

砂性土：$M_{cr}=K(K+1)\mathrm{tg}\,\Phi/\cos i(\mathrm{tg}i-\mathrm{tg}\,\Phi_1)$

粘性土：$M_{cr}=2c\times\cos i/\gamma h/[\cos i\times\sin i-c_1/\gamma h]$

式中:B—抗滑桩间距。

h —滑体厚度。

i —滑面倾角。

Φ—滑体内摩擦角。

Φ_1—滑面内摩擦角。

C —滑体粘聚力。

C_1—滑面粘聚力

K—静止土压力系数

若 K=0.4, C_1=2.6T/m^2, Φ_1=7^0, C=5T/m^2, Φ=20^0, i=15^0, h=8m

按砂性土:

M_{cr}=0.4(0.4+1) × tg20^0/cos15^0 (tg15^0-tg7^0)=1.46

M_m=M_{cr}/(1+k)=1.46/(1+0.4)=1.043

则 极限桩间距 B_{cr}=1.46×8=11.6m

有效桩间距 B_m=1.043×8=8.43m

因采用过大的桩间距将导致每组抗滑桩设计荷载的增加，从而加大抗滑桩的工程费用。本次设计，实际使用的桩间距为(4～5)m，是否合理，尚待实测验证。

参考文献

[1] 铁道部基本建设总局主编：《路基工程》，北京，人民铁道出版社，1965。

[2] Wen L. Wang and Bing C. Yen. "Soil Arching in Slopes," Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol.100,1974.