

文章编号: 0451-0712(2005)07-0087-05

中图分类号: U418.55

文献标识码: B

采用工程地质钻机处治滑坡一例

张文德¹, 朱天璋², 莫百金³

(1. 湖南省怀化市公路勘察设计院 怀化市 418000; 2. 湖南省交通规划勘察设计院 长沙市 410011;
3. 洪江市公路局 洪江市 418100)

摘 要: 通过一个非传统方法处治滑坡的成功实例, 介绍了 100 型工程地质勘探钻机在滑坡处治中的应用, 对采用小型钻孔桩传递滑坡动荷载处治滑坡这一工艺的设计与施工进行了初步探讨, 说明在滑坡处治中, 对于一些特殊情况下的滑坡处治, 不一定要采用传统的处治方法, 也能取得理想的效果, 并能节省大量的建设费用。

关键词: 100 型钻机; 钻孔; 混凝土槽钢桩; 滑体动荷载; 爆破; 荷载传递; 主动土压力

2004 年 8 月, 320 国道 K1566+190~K1566+280 段由于邵怀高速公路施工便道的开挖(如图 1), 使该段路基所在山体失去稳定, 发生山体滑坡, 致使该段路面中部开裂, 裂缝宽度达 3 cm 以上; 半幅路基下沉, 沉降量达 10 cm, 且沉降与滑移还在进一步发展之中。如果不立即对该段路基进行处治, 很快会影响正常的交通运营。

2004 年 10 月, 怀化市公路管理局邀请怀化市公路勘察设计院岩土工程技术人员及相关专家对该处滑坡进行诊断。大家提出了多种处治方案, 有人建议对该段路进行改线, 将 K1566+300 处的山嘴挖掉, 避开滑坡所在山体; 有人建议在路基下方砌高挡墙; 也有人建议采用抗滑桩方案。当时笔者提出, 采用工

程地质勘探钻机在原有路基上打密集的钻孔, 钻孔中加插槽钢, 形成槽钢混凝土桩, 将车流的动荷载传递到滑面以下的基岩中, 同时, 嵌入基岩中的槽钢也有直接的抗滑作用。由于滑坡处治费用有限, 而此处治方案费用最省, 因而被怀化市公路管理局采纳, 并作为一个科研项目进行实施。

1 滑坡形成的机理及特征

要对滑坡进行有效的处治, 必须首先弄清滑坡形成的机理及其特征, 这样处治方案才有针对性。

该段公路是已运营多年的老公路, 路基稳定, 如果没有外界因素的改变, 破坏其平衡, 路基所在的山体是不会产生滑坡的。高速公路施工便道开挖无疑

收稿日期: 2005-02-20

Application of Fabriform to Subgrade Engineering

SHAO Jie-xian¹, HUANG Jian¹, ZHOU Bo-ming¹, ZHOU Xing-shun², LI Hao²,
XU Yong-fu³, WU Xin², LIANG Long-ling², YANG Bin³

(1. Construction Headquarter of Jiangsu Highway Engineering, Nanjing 200004, China;

2. Planning and Design Institute of Communication of Jiangsu Province, Nanjing 200004, China;

3. School of Naval, Ocean and Civil Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: A new method fabriform method is introduced to improve the subgrade of highway engineering. The soils in fabriform are reinforced by the tensile strength of fabriform. The fabriform can be widely used in the engineering such as improvements of soft soils and expansive soils, backfill in rivers and ponds, embankment protection, planted high rock slopes, improvement of soils in the bridgeheads, etc..

Key words: expressway; subgrade; fabriform; strengthening of subgrade

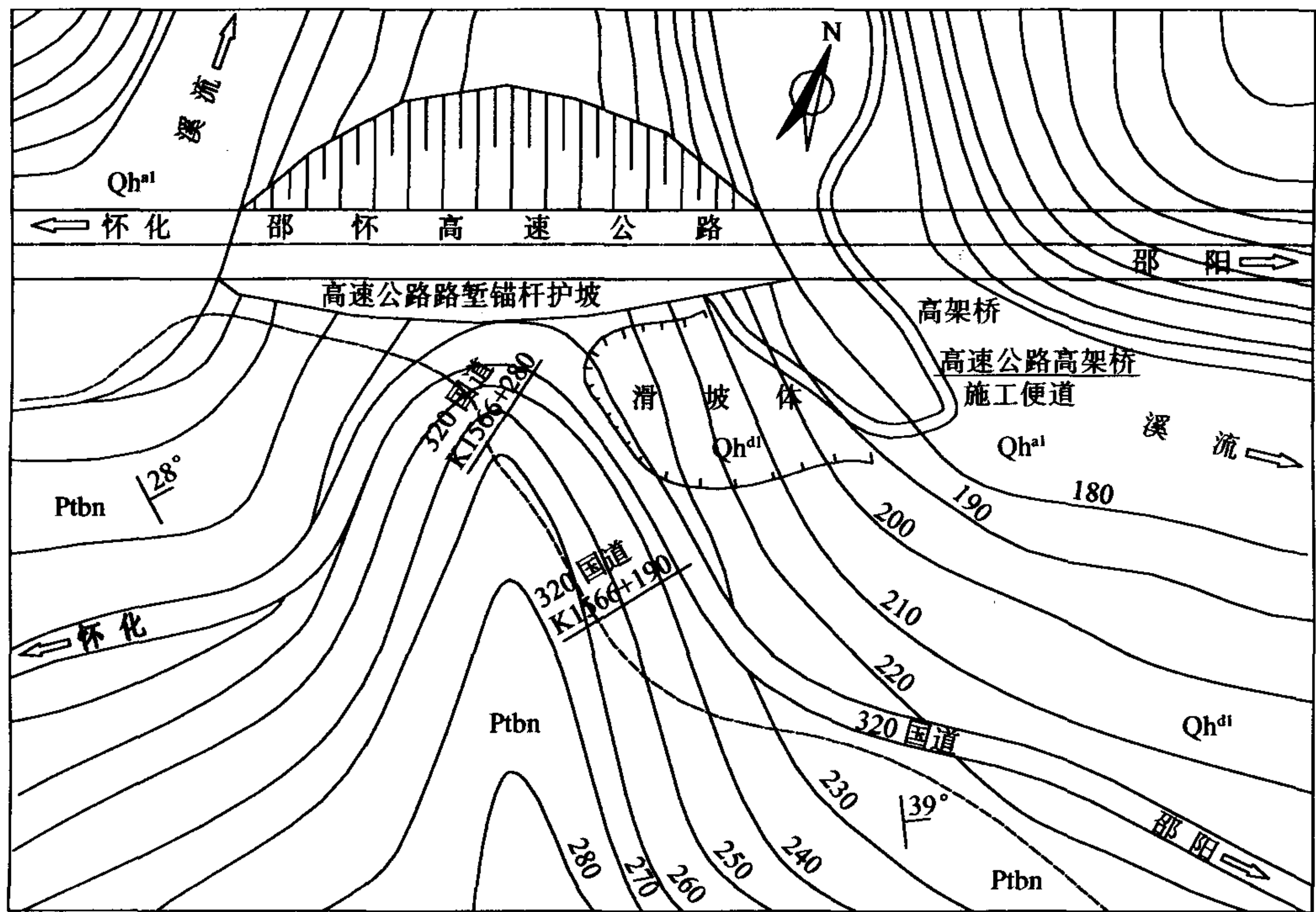


图1 滑坡场地平面示意

是直接原因。但施工便道开挖产生的临空面并不是导致滑坡的唯一原因。关于这一点稍后再做评价。这

里,先计算滑坡体的稳定系数。

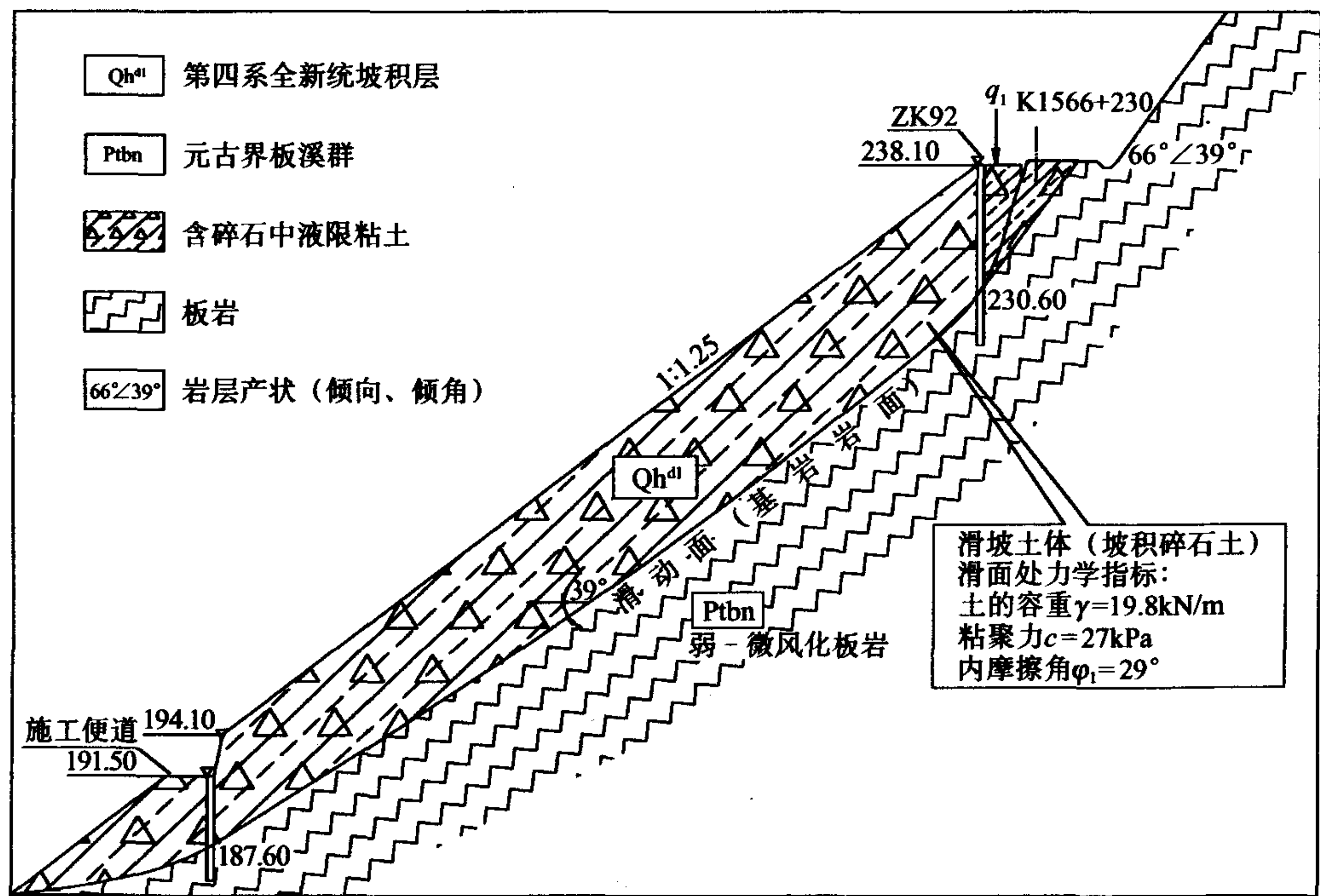


图2 滑坡处工程地质剖面图

从图2的工程地质剖面图可以看出,路基所在山体的工程地质条件良好,滑动面在地下水位以上(在地质钻探的深度范围内没有见到地下水),滑坡

土体也有较大的强度。从地质钻探揭示的地层情况看,滑坡土体仅在基岩岩面处含水量略有增大,强度相对较弱。而下伏的板岩,虽然为顺层岩层,对边坡

的稳定不利,但从钻探资料分析,岩体为弱—微风化,完整性较好,没有扰动迹象。由此可以断定,坡积碎石土与基岩面的接触带即为滑坡滑动面。

据基岩埋深与岩层产状分析,滑动面(岩土交接面)基本就是岩层层面,是一条倾角 $\alpha=39^\circ$ 的直线,因此滑体的稳定性可以简单地视为斜面上的物体在重力、摩擦力及粘聚力的共同作用下的稳定性问题(不考虑外力作用时)。滑体滑动方向的水平长度 $L=55\text{ m}$,平均厚度 $h=7\text{ m}$ 。在没有外荷作用时滑坡的稳定系数为:

$$K_1 = \frac{(L \cdot h \cdot r \cdot \cos\alpha \cdot \tan\varphi_1 + c \cdot L / \cos\alpha)}{(L \cdot h \cdot r \cdot \sin\alpha)} \\ = 1.08 > 1.05$$

式中: K_1 为滑坡稳定系数,据《公路路基设计规范》3.7.4条,二级公路非正常工况Ⅰ时, $K=1.05\sim 1.15$,本滑坡取 $K=1.05$; L 为滑坡体的水平长度, m ; h 为滑坡体的平均厚度, m ; α 为滑动面与水平面的夹角, $(^\circ)$; γ 、 c 、 φ_1 的含意同图2。

由此可以看出,尽管施工便道使滑坡产生临空面,在不考虑汽车荷载的情况下,路基所在山体还是稳定的。

再考虑有汽车荷载作用的情况。把已沉降的半幅路基上所受汽车荷载作为滑坡体所受的动荷载。按公路Ⅱ级荷载标准进行验算,则在滑坡顶部的最大局部荷载为 91.91 kPa ,折算为路线方向的线荷载为 $q_1=294.12\text{ kN/m}$ (按公路Ⅱ级荷载标准计算,路基沉降宽度 3.2 m)。此时滑坡的稳定系数为:

$$K_2 = \frac{[(L \cdot h \cdot \gamma + q_1) \cdot \cos\alpha \cdot \tan\varphi_1 + c \cdot L / \cos\alpha]}{[(L \cdot h \cdot r + q_1) \cdot \sin\alpha]} \\ = 1.07 > 1.05$$

式中: q_1 为按公路Ⅱ级荷载标准换算得出的滑坡顶部路线方向的线荷载(考虑了沉降路基的受荷宽度), kN/m ;其他符号意义同前。

从以上的计算可以看出,公路运营的活荷载作用并没有使滑坡的稳定性发生质的变化,活荷载作用后滑坡仍处于稳定状态。而路基所在的山体又确实发生了滑移,且沉降和滑移发生在一般不会发生滑坡的气候条件下——旱季,而不是在雨季,产生沉降的8~10月,是我国南方罕见的长干旱期,几乎没有下雨。带着这个问题,笔者对场地进行了反复踏勘和分析,得出结论是,场地的特殊环境构成了这一反常滑坡滑动机理——山坡下高速公路高架桥桩基爆破施工与施工便道开挖产生的临空面共同作用促成

了滑坡的滑移。最近的爆破施工桩基离滑坡的距离仅 30 m ,桩底施工爆破时,站在滑坡体上震感强烈。山坡下高架桥桩基的爆破施工是滑坡滑移的另一主要因素。但是它对滑坡稳定系数的定量影响,因为相关系数取值困难而无法进行,它不仅需要土的动力学参数(动粘聚力和动摩擦角),还需要测取爆破产生的水平加速度 a_h ,确定地震影响系数 α_i 及与地形有关的附加调整系数 ξ 等等。

应该指出的是,虽然滑坡在不考虑爆破震动的情况下,其整体稳定系数大于1,但如果对滑坡体进行分条计算,就会发现,靠近上部的条块(近路面部分),剩余下滑力远大于0,也就是说,该滑坡是一个推移式滑坡;施工便道的开挖只是削弱了滑体的抗滑力,并没有对滑坡形成牵引。这从坡脚土体没有明显的运动迹象可以证明这一点,滑坡的运动仅限于上部(近路面部分)。

另外,虽然汽车荷载对滑坡的整体稳定系数影响甚微,但对滑坡体上部的条块影响巨大,滑坡体上部土体在汽车荷载和爆破震动的共同作用下,就像被一台重型振动压路机反复振动碾压。这些由坡积物构成的滑坡土体虽然有一定的强度,但却承受不了巨大的震动加速度和汽车荷载的共同作用,最终,路基山坡上的坡积土体在极其干燥的气候条件下,沿着与基岩接触面相对软弱层整体向下缓慢蠕动推移。

由以上分析可知,滑坡具有如下特征:滑坡为浅层坡积物滑坡,滑坡土方量约为 $35\ 000\text{ m}^3$;滑坡力学特征为推移式滑坡,推移力系外力,即汽车荷载和爆破震动加速度;外力作用于滑坡的上部,尚未形成连续的滑动面。

2 滑坡的处治

2.1 处治设计

根据该滑坡的形成机理和特征,对滑坡的处治方案如下。

采用小型密集群桩将车辆的荷载传至滑面以下的稳定基岩上。桩孔采用100型工程地质勘探钻机成孔,共布置2列钻孔(沿公路路线方向),2列孔交错布置,如图3所示。钻孔纵横间距为 1 m ,孔径 13 cm ,钻孔平均深度 9 m ,其中平均入岩深度 3 m ;孔内插入平均长度为 9 m 的100型槽钢;C30混凝土灌注钻孔,形成槽钢混凝土桩。

由于槽钢混凝土桩的承载能力没有标准的计算

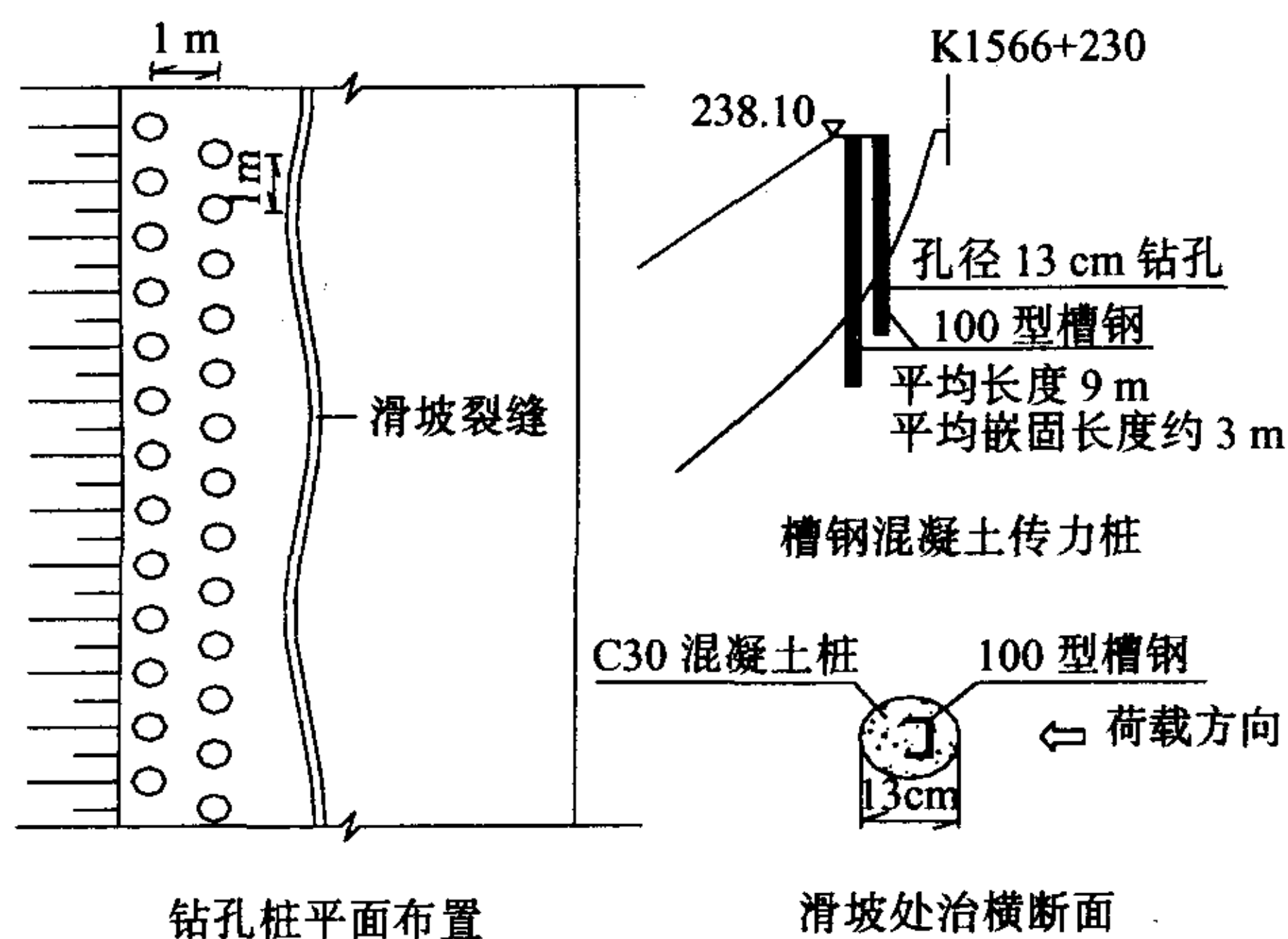


图3 滑坡处治设计

模式,我们在滑坡处治工地进行了简单的载荷试验,在桩的嵌固长度为 3 m,桩的受荷长度为 6 m 时,得到如下的指标:

单桩桩顶水平承载力 56 kN;

单桩竖直承载能力大于 100 kN。

这里需要指出的是,单桩的水平承载能力,并不是槽钢发生塑性变形的强度,而是槽钢周围混凝土产生明显裂纹时的强度,槽钢本身在弹性变形范围内强度远大于此值。之所以取此值作为混凝土槽钢桩的水平承载能力,是因为槽钢周围混凝土破坏以后,槽钢将被锈蚀,而逐渐丧失其承载能力。

单桩的竖向承载能力远大于 100 kN,100 kN 仅是一个验证指标(按公路 II 级荷载验算标准,每根桩分配的竖向荷载为 73.5 kN)。受试验场地条件的限制,验证能满足设计要求就终止了试验。

槽钢混凝土桩若能满足实际工作条件下的水平推力就能达到设计要求。由于桩处于滑坡的顶部,基本不存在滑坡下滑力的作用,又由于桩后土体为滑坡土体,所以也不考虑桩后土体的被动土压力对桩的支持作用。因此,桩的水平受力只有桩前土体的主动土压力和汽车荷载作用力,如图 4 所示。汽车荷载转换成土体主动土压力为:

$$E_1 = b \cdot q \cdot \tan^2(45^\circ - \varphi_2/2) \\ = 125.46(\text{kN/m})$$

式中: E_1 为汽车荷载转换的主动土压力, kN/m; q 为汽车在路基范围内的平均载荷, kPa; b 为桩身受荷段平均长度, m; φ_2 为桩周土的内摩擦角, ($^\circ$)。

E_1 的作用点在桩水平受荷段中点,即离嵌固点 3 m 处。土体主动土压力为:

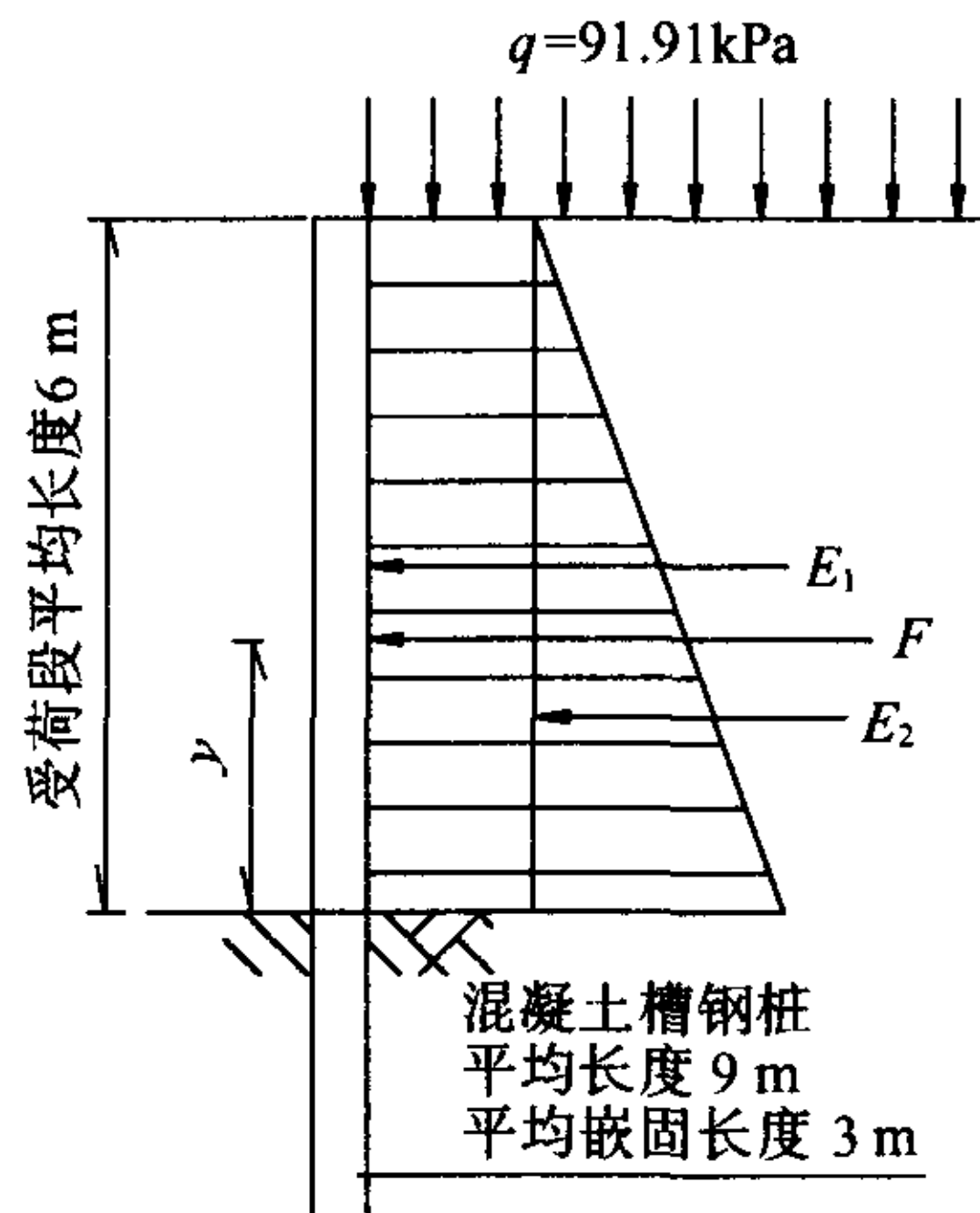


图4 荷载传递桩水平受力图

$$E_2 = [b^2 \cdot \gamma \cdot \tan^2(45^\circ - \varphi_2/2)]/2 \\ = 81.08(\text{kN/m})$$

式中: E_2 为土体主动土压力, kN/m; 其他符号意义同前。

E_2 作用于受荷段长度的 1/3 处(距底部嵌固点),即离嵌固点 2 m 处。两荷载合力作用点离嵌固点的距离为:

$$y = (3E_1 + 2E_2)/(E_1 + E_2) \\ = 2.61(\text{m})$$

式中: y 为桩所受侧向推力的合力离嵌固点的距离, m; E_1 、 E_2 意义同前。

沿路线方向混凝土槽钢桩的实际间距为 0.5 m,则每根桩须承受的水平推力为:

$$F = 0.5(E_1 + E_2) \\ = 103.27(\text{kN})$$

式中: F 为单根桩承受的水平推力, kN; E_1 、 E_2 意义同前。

混凝土槽钢桩在嵌固点处承受的截面弯矩为:

$$M = F \cdot y = 103.27 \times 2.61 = 269.53(\text{kN} \cdot \text{m}) \\ < 56 \times 6 = 336(\text{kN} \cdot \text{m})$$

式中: M 为嵌固点截面弯矩, kN·m; F 、 y 意义同前。

混凝土槽钢桩的水平承载力满足设计要求。

2.2 处治施工

槽钢混凝土桩施工程序为:

100 型工程地质钻机成孔→加插 100 型槽钢→孔内浇筑 C30 细粒混凝土。

各施工步骤说明如下:

钻机成孔在干燥季节进行;先打靠近中线的一排孔,因为靠近中线这排桩所受的水平荷载会略小

一些,在施工过程中,桩身混凝土受水平力作用剪切破坏的可能性也小些;钻孔必须跟管钻进,跟管钻进的深度至少要到岩面。如果岩层为强风化层,套管的深度要穿过强风化层,直到不会垮孔的位置为止。套管直径130 mm;每孔要保证进入完整基岩2 m以上。

当钻机成孔达到要求的深度以后,在钻孔内插入长度与孔深相等的 100 型槽钢,槽钢的开口方向一定要与主动土压力作用方向一致,如图 3 所示。槽钢要尽量接近桩的迎力面一侧,但混凝土保护层的厚度不宜小于 2 cm。

钻孔内插入槽钢并定位后,立即向孔内加注C30细粒混凝土,同时向上拉提套管。提升套管时,不能采用接套管内丝的提升器,因为使用这种提升器,封闭了管口,无法加注混凝土。应在套管的外壁加扣件,再在扣件上施力提升。边灌注混凝土边提升套管,提升套管时要不停地敲击套管,使混凝土得到充分振实。

混凝土浇筑完成后,须设置围栏,使过往车辆尽可能地不接近桩所在区域。

3 结语

采用该方法处治滑坡的施工已于2004年12月底竣工,经历了南方月余的阴雨天气,沉降观测表明,滑坡没有进一步发展。

工程地质勘探钻机施工的槽钢混凝土桩,在本例滑坡处治中取得了良好的效果。笔者认为,该工艺应用范围还有扩展的空间,如处治顺层岩体滑坡,在滑动面处施加小型混凝土桩,形成栓,应能取得良好的效果。

但该处治工艺的局限性也是显而易见的,由于桩的直径太小,桩的长径比值会很大,桩会呈现柔性。在周围有土约束的情况下,其竖向承载力还能发挥,但其水平承载力会很弱。因此,桩的长度不宜过大,是工程地质钻机钻孔桩的最大局限。

• 青藏公路格拉段安保措施基本到位 •

青藏公路格尔木至拉萨段新建成的13处临时停车场和8处急救点于6月6日全部投入使用。至此,青藏公路管理部门根据交通部建设“安保工程”的要求所采取的安全保障措施已基本完善。在全国四条进藏公路中,青藏公路运量最大,运输最繁忙,通车50多年来,一直承担着85%的进藏客运任务和90%以上的进藏物资运输任务。50多年来,国家先后投入30多亿元资金,对青藏公路进行整改,目前已达国家二级沥青路标准。但在全长1 155 km的青藏公路格尔木至拉萨段,大部分路段穿越无人区,其间海拔超过4 000 m的大山就有8座。这里路面弯道较多,路宽9 m,仅够两辆车会车。长期以来,由于违章停车、疲劳驾驶、超速超载以及高原缺氧等原因,这一路段交通事故频发。针对这种情况,从2004年开始,青藏公路管理部门已投入近400万元,购置清障车,安装限速标牌,在弯道处设置震荡减速标线。还在容易发生雪阻、冰阻的地段增设了8个急救点,配备了防寒用品、取暖设施、方便食品、急救药品等。随着安全保障措施的完善,青藏公路尤其是格尔木至唐古拉段的交通事故有了明显下降。青藏公路管理部门和交警部门将继续完善安保措施,努力将青藏公路打造成世界上海拔最高的平安大道。

· 甘肃公路建设“东部会战”拉开序幕 ·

从2005年起,用5至8年时间,投资560多亿元,建成甘肃省东部3条总长1 147 km的高速公路和一条104 km的二级公路。“东部会战”战略分三条线,被形象地描绘为“中路直插,两翼齐飞”,即以省会兰州为起点,向东、东南、南部三个方向,分别串起甘肃东、南部的定西、天水、平凉、庆阳、陇南五市,使境内的3条国道全部高速化。该战略用10年三个步骤实施,到2013年,甘肃高速公路总里程将达2 529 km。“东部会战”战略涵盖和辐射了甘肃20%以上的国土面积和53.8%的人口,是甘肃公路建设史上投资规模最大、高速化里程最长、覆盖地域最广、受益群众最多的交通现代化工程。该战略的实施,对根本改善甘肃东部地区交通相对落后的面貌,发挥这一地区矿产及农副产品资源优势,加快旅游业发展等方面将起到十分重要的作用。

目前,国道211线甜水堡至木钵二级公路已开工建设,宝鸡至天水、平凉至定西高速公路的初步设计已获交通部批复,9月将动工建设,“东部会战”的序幕已经拉开。