

文章编号: 0451-0712(2006)04-0162-03

中图分类号: U416.1

文献标识码: B

某高速公路真空联合堆载预压 处治路基滑坡原因探讨

陈健伟¹, 容耀华²

(1. 广东省江门市交通局 江门市 529000; 2. 江门市公路勘察设计院有限公司 江门市 529000)

摘 要: 某高速公路桥路连接段软土路基, 在采用真空联合堆载预压进行处治过程中发生了路基整体滑坡。在已有勘察、设计和施工等资料的基础上, 结合滑坡后勘察, 探讨了路基滑坡的原因, 为真空联合堆载预压处理软基的稳定性控制提供参考。

关键词: 软土路基; 真空联合堆载预压; 路基滑坡

某高速公路沿线多为流塑~软塑状淤泥、淤泥质土, 压缩性高, 含水量大, 渗透系数小, 欠固结, 不宜做路基天然持力层。为加快软土层固结, 减少工后沉降和差异沉降, 该路某桥路连接段采用真空联合堆载预压法进行处治。路基宽度为 26 m, 平均处治宽度为 50 m。该路段于 2005 年 7 月 15 日开始抽真空, 膜下真空度达到 80 kPa 后开始路堤填筑, 同年 10 月 13 日填土至高度为 6.0 m 时, 左幅路基发生瞬间整体滑坡, 2 h 后右幅路基也发生整体滑移。

根据已有勘察、设计和施工等资料, 并结合滑坡后勘察, 笔者对滑移原因进行了探讨分析, 为类似软土路基处治的稳定性控制提供借鉴。

1 工程设计与施工

1.1 工程地质条件

该路地处珠江三角洲下游冲积平原, 地形平坦, 地势较低, 地表水丰富。设计前勘察揭露地层自上而下为:

层①, 耕植土, 软塑, 土质均匀, 含较多有机质及植物茎须, 层厚为 1.0~3.8 m;

层②, 淤泥、淤泥质土, 流塑~软塑, 易触变, 高压缩性, 主要由粘粒及少量粉细砂组成, 厚度为 11.35~14.90 m, 平均含水量为 63.5%, 平均孔隙比为 1.522, 十字板剪切强度平均值为 20.8 kPa, 地基承载力为 40 kPa;

层③, 亚粘土, 软塑, 中压缩性, 主要由粘粒及粉粒(粉细砂)组成, 厚度为 1.90~10.80 m, 平均含水量为 30.8%, 平均孔隙比为 0.808, 十字板剪切强度平均值为 47.4 kPa, 地基承载力为 160 kPa;

层④, 淤泥质土, 流塑~软塑, 高压缩性, 主要由

收稿日期: 2006-02-16

日益受到重视。互通立交匝道的平面线形设计, 应考虑互通式立体交叉的重要程度、地形与地区条件, 并适应匝道上行驶车辆的速度变化, 保证车辆能连续安全地运行。要考虑互通立交的方向性, 交通量繁重的匝道应尽量设计成较好的线形; 流出匝道的行驶速度有比流入匝道高的倾向, 所以流出匝道的线形应设计得更好一些; 在匝道终点要进行变速、分流、合流等复杂的驾驶动作, 与互通立交的其他部分相比更易发生事故, 所以在设计时应格外注意主线线形与变速车道线形的协调; 主线与匝道应相互通视;

匝道终点宜采用路面标线、标志、缘石等使其易于识别; 在分岔的楔形端部, 主线及匝道行车道边缘应设置缩进间距, 使误入的车辆能很容易地回到原来车道。

3 结语

交通安全是一项系统工程, 需要社会各部门多行业的关注与协作。作为工程设计人员, 有必要更新设计理念, 坚持以人为本、安全至上的原则, 通过精心设计, 采取一切有效措施, 为公路使用者提供安全保障和人性化的服务, 切实提高公路交通的安全水平。

粉粒及粘粒组成,厚度为 5.40~9.20 m,平均含水量为 48.3%,平均孔隙比为 1.213,承载力为 60 kPa;
层⑤,亚粘土,硬塑,承载力为 250 kPa,其下为风化岩。

该路段地下水位高,稳定埋深为 0.90~1.30 m。
1.2 设计方案

路桥连接段全长为 107.5 m,平均填土高度约为 7.0 m,采用真空联合堆载预压处治。竖向排水体采用袋装砂井,砂井间距为 1.1 m,平均深度为 12.3 m;桥头及其延长段砂井间距为 1.2 m,平均加固深度为 10.8 m。典型处治断面如图 1 所示。

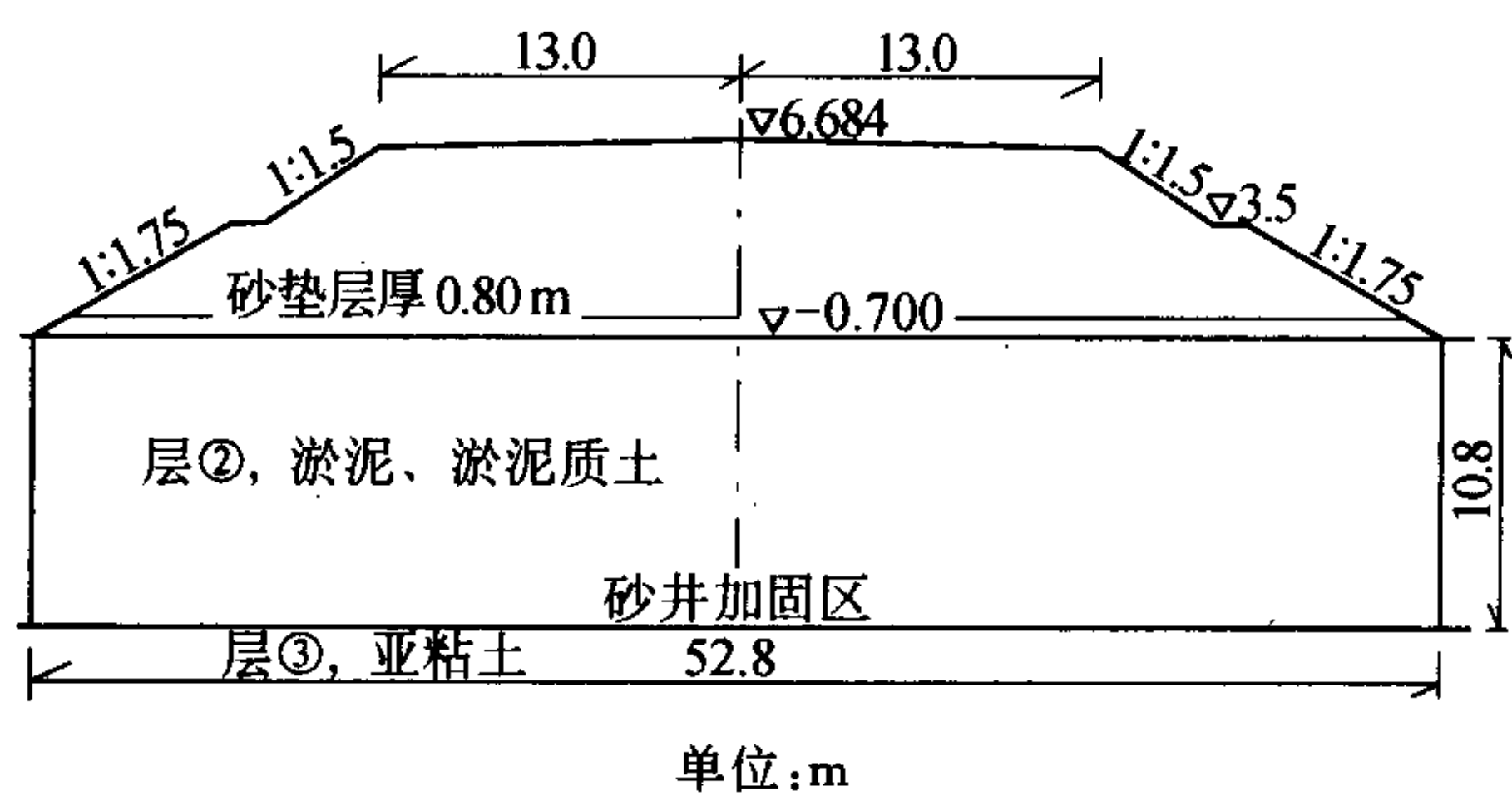


图 1 典型处治断面

1.3 施工工况

砂井施工完成后,于 2005 年 7 月 15 日开始抽真空,膜下真空度达到 80 kPa,并检查密封效果后开始路堤填筑,至同年 7 月 25 日填土高度为 2.16 m。随后的 2 个月内,填土 1.62 m 高,并预压固结。同年 9 月 28 日填筑 30 cm 高,填土总高度为 4.08 m。2005 年 10 月 3 日至 10 月 13 日,以 0.22 m/d 的平均填筑速率填筑至高程 6.10 m,随后路基发生滑坡。
自 2005 年 7 月 15 日膜下真空度达到 80 kPa 后,至同年 10 月 12 日共持续 90 d。2005 年 10 月 13 日,停电 12 h,真空设备停止工作,膜下真空度从 80 kPa 降至 4 kPa。膜下真空度及填土荷载时间过程线如图 2 所示。

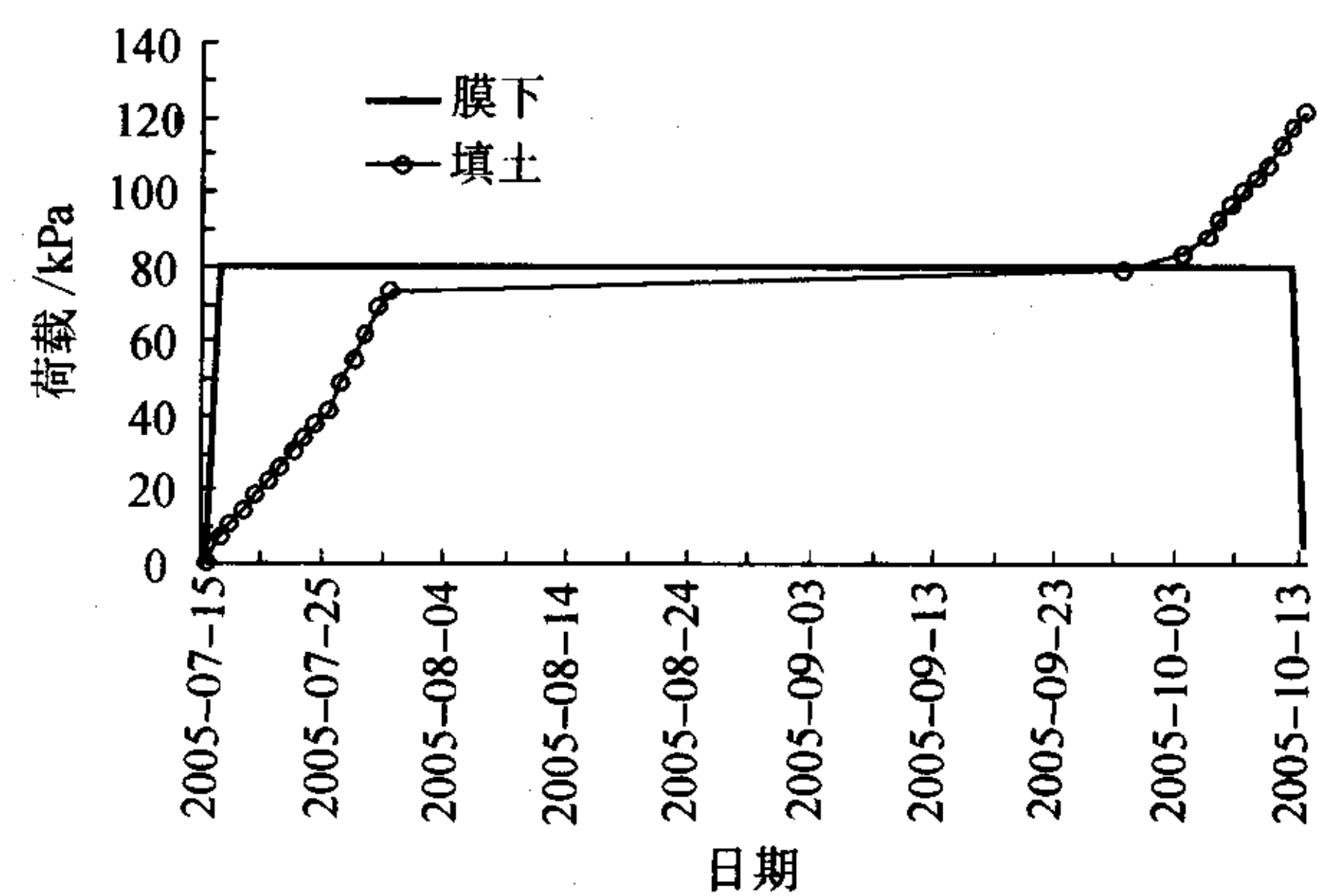


图 2 膜下真空度及填土荷载时间过程线

2 滑坡特征

2.1 滑坡范围大

滑坡段里程桩号为 K6+850~K6+920,总长为 70 m,以路中为分界,路堤向左右两侧滑移,总面积为 6 900 m²。滑坡后缘最大下沉落距约 3.5 m,滑弧裂缝发育,裂缝宽为 0.3~1.0 m、深为 0.5~1.8 m。滑舌伸向路基两侧的稻田或鱼塘,形成高约 1.0 m 的滑坡鼓丘。滑坡规模之大,实为少见。

2.2 承压水

对滑坡勘察时发现,少部分钻孔有水溢出地表,状如泉水,并伴有粉细砂涌出,说明滑坡体中有承压水。

3 原因探讨

通过滑坡后的调查、钻探、现场试验和室内土工试验,经综合分析勘察成果,就滑坡原因探讨如下。

3.1 地基土强度变化

表 1 为滑坡前后地基土的主要物理力学指标,分析结果表明,经过近 90 d 的真空联合堆载预压处理,地基土强度基本没有增长,加固土层的含水量仍然很大,孔隙比虽略有减小,但其抗剪强度没有明显改变。

表 1 滑坡前后土层物理力学指标对比表

取样阶段	土层	含水量	重度	孔隙比	饱和度	液限	塑限	塑性指数	直剪试验		十字板强度	比贯入阻力 P_s
		w	γ	e	S_r	w_L	w_p	I_p	粘聚力 c	内摩擦角 φ		
		%	kN/m ³	—	%	%	%	—	kPa	(°)	kPa	MPa
滑后	层②,淤泥、淤泥质土	73.6	15.7	1.57	100	42.2	27.7	14.5	5.5	21.5	21.5	0.36
	层③,亚粘土	36.9	18.6	0.90	100	39.3	25.5	13.8	14.8	48.0	48.0	1.64
滑前	层②,淤泥、淤泥质土	72.3	16.3	1.68	100	49.7	29.0	25.2	6.0	20.8	20.8	/
	层③,亚粘土	36.2	18.6	0.96	100	61.1	28.1	33.0	14.3	47.4	47.4	/

3.2 稳定性分析

根据钻探揭露和滑坡体状况,采用直剪强度指标 c 和 φ 等指标^[1],按瑞典条分法对左幅滑坡进行稳定分析,计算公式^[2]如下:

$$K_{\min} = \frac{\sum (F_i + c_i L_i)}{\sum T_i}$$

式中: K_{\min} 为最小安全系数; F_i 为第 i 条块摩阻力; c_i 为第 i 条块粘聚力; L_i 为第 i 条块宽度; T_i 为第 i 条块滑动力。

图3是滑坡前不同填高路基的稳定状态,滑动面1、2分别表示填土高度为4.0 m和填土高度为6.0 m时路基最危险滑动面,其不同填土高度分析结果见表2。

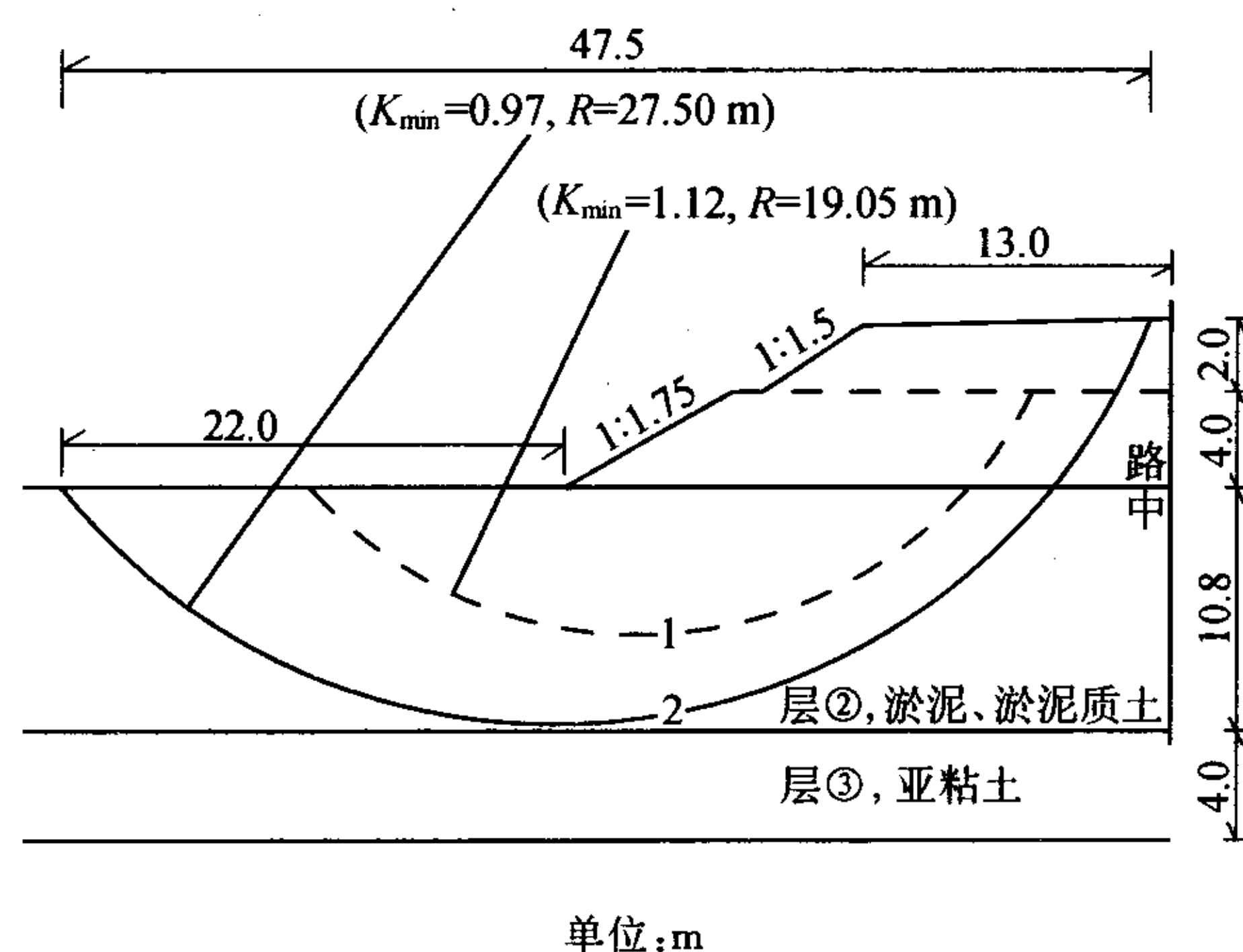


图3 不同路堤填高的危险滑动面

表2 不同填土高度路基稳定性分析结果

滑动面编号	填土高度/m	滑移半径R/m	安全系数K
1	4.0	19.05	1.12
2	6.0	27.50	0.97

图3中滑坡形态与现场情况比较吻合,后缘距路中约0.85 m,前缘距坡脚约为22 m,滑坡体纵长为47.5 m。

计算结果显示,不考虑地基土强度的增长,其填土高度为4.0 m时最小安全系数为1.12;填土高度为6.0 m时,其最小安全系数仅为0.97,显然是不安全的。经过计算,该路基的极限填土高度在4.0~4.5 m之间。

3.3 原因探讨

经过90 d真空联合堆载预压,地基土强度没有明显的提高,可能的原因有3个:一是砂井失效;二是膜下真空压力只局限在浅部,而没有传递到加固土层中;三是加固区可能存在着深层漏气情况。前者可能是砂井施工质量问题,后者可能是真空泵没有满负荷运行。

另一方面,填土至极限高度时,在没有监测指导的情况下施工仍在进行,且连续10 d内填高2.0 m,相当于每天填筑22 cm,从而导致大面积滑坡的发生。

4 结语

通常认为,真空联合堆载预压处理软土路基,因其真空负压力的作用,可不限填筑速率,不会发生大面积整体滑移。结合本文,对采用真空联合堆载预压处治软土路基,提出以下几点建议供同行们参考。

(1)虽然真空联合堆载预压方法的机理在某些方面还有待进一步研究,但因其设计思路明确、加固效果良好,被广泛应用于软土地基的处治,但其密封措施是设计的关键之一。该工程在停泵12 h后,膜下真空度从80 kPa降至4 kPa,表明真空区域有深层的漏气点或面存在,设计时应考虑含有粉粒或粉砂的地层的密封措施。另外,地基土强度的比较也说明处理区域有深层的漏气点或面存在,因而达不到预期的加固效果。

(2)在不考虑土体强度增长的条件下,极限填土高度可以理解为天然地基所能承受的最大荷载,因此,当达到极限填土高度后,必须严格控制施工速度,给地基土适当的固结时间。

(3)真空联合堆载预压法处治软土路基必须进行地基土超静孔隙水压力、地表沉降和深层土体水平位移的观测,以便及时了解地基土超静孔隙水压力及其消散情况、掌握路基稳定状态以及加固土体的强度增长情况,进而指导施工,避免意外发生。

参考文献:

- [1] 杨英华. 土力学[M]. 北京:地质出版社,1986.
- [2] JTJ 017-96,公路软土地基路堤设计与施工技术规范[S].
- [3] 赵维炳. 排水固结加固软基技术指南[M]. 北京:人民交通出版社,2005.