

高填土路堤稳定性评估

胡琪瑛

(浙江省湖州市公路管理处,湖州,313000)

摘 要: 某拟建高速公路高填土路基为软土地基,地面标高低,地下水位高,工程地质条件差,需要对高填土路堤的稳定性进行评估。本文分别对 5m、8m 高的粉煤灰和灰土路堤进行路基抗滑稳定性分析和沉降验算。

关键词: 路堤; 软土路基; 稳定系数; 沉降量

Stability Assessment for the High Fill Embankment

HU Qi-ying

Abstract: The roadbed of the high fill embankment is soft soil foundation, and the condition of engineering geology is not good, so the stability of the embankment has to be evaluated.

Keywords: soft soil roadbed; stability coefficient; settlement

1 高速公路路基工程地质条件

某拟建高速公路高填土路基设计宽度为 26.0m, 边坡坡度 1:1.5, 高度 ≥ 5 m。工程所在场地为软土地

基,沿线一部分线路又经过围垦滩涂区,地面标高仅 1.0~2.0m 左右,地下水位高,地质条件差。高填土路堤段工程可行性勘察的钻孔有 4 个,为 G1、G4、G5 和 G8。场地地层和物理力学性质如表 1 所示。

表 1 场地地层及物理力学指标

层序	土名	层厚	天然孔隙比 e	天然含水率 $w/\%$	天然密度 $\gamma/(\text{kN}/\text{m}^3)$	压缩系数 a/MPa^{-1}	压缩模量 E_s/kPa	抗剪强度(固快) c/kPa $\varphi/(\circ)$	
① ₁	填土	0.6~2.2							
② ₁	灰黄色粉质粘土 (仅 G5 孔有分布)	1.60	0.994	34.4	18.4	0.48	3.98	10	24.0
② ₂	灰色砂质粉土	5.25~18.20	0.665~1.051	26.3~36.2	18.1~19.9	0.13~0.37	3.70~15.2	2~4	27.0~37.0
③ ₁	灰色淤泥质粉质粘土 (G4 孔缺失)	1.00~6.70	0.872~1.176	30.1~41.1	17.7~18.9	0.43~0.77	2.67~4.20	13~16	23.0~24.0
④	灰色淤泥质粘土	5.60~17.60	1.198~1.425	42.0~50.0	17.0~17.7	0.58~1.17	1.88~3.32	10~17	8.0~10.0
⑤ ₁₋₁	灰色粘土(G1 孔缺失)	4.40~10.00	1.060~1.290	36.8~45.4	17.4~18.3	0.52~0.83	2.49~3.70	12~20	10.0~20.0
⑤ ₁₋₂	灰色粉质粘土夹粉土 (G1、G8 孔)	10.60~16.60	0.907~1.260	31.8~44.6	17.4~18.8	0.31~0.53	3.62~6.16	9~21	17.0~28.0
	灰色淤泥质粉质粘土 (G4、G5 孔)	5.0~7.5	1.036~1.198	35.7~42.2	17.6~18.2	0.44~0.71	2.68~4.36	9~18	16.0~27.5
⑤ ₂	砂质粉土夹粉质粘土	10~24.50	0.982~1.095	35.1~38.3	17.8~18.4	0.35~0.38	4.96~5.73	4	28.0~29.0
⑤ ₃	粉砂夹砂质粉土 (G1 孔缺失)	3.90~20.50	0.609~1.036	23.3~36.5	18.1~20.3	0.15~0.23	7.28~12.0	2~4	30.0~35.0

表 1 所示有些土层在同一场地不同地方厚度相差很多。砂质粉土②₂ 层在 G4 孔厚度达到 18.2m,而在其他 3 个钻孔厚度为 5.25~8.80m;淤泥质粘土④层

在 G1 孔达到 17.60m,而在其他 3 个钻孔厚度为 5.60~9.00m。从土层压缩指标看,多呈中高压缩性,因此需对路堤的稳定性进行评估。

2 场地高填土路堤稳定性评估

路堤填料一般本着就地取材的原则。由于粉煤灰属于轻质材料,数量又多,堆载引起的地基压缩量相对较小,因此在高速公路路堤填筑中得到采用。路堤填料也有很多采用灰土(石灰和土以一定比例配合)材料。

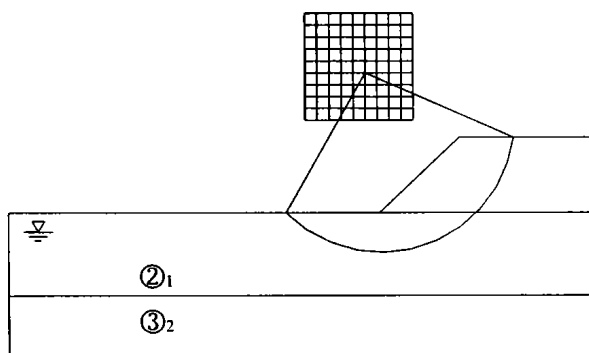
在沿海软弱地基上修筑堤坝或路堤,其破坏常常是由于地基不稳定而引起的。当软土比较均匀厚度又较大时,实地勘察和试验表明,其滑裂面是一个极近似的圆弧面,而且由于基底松软,最危险的滑弧将切入地面以下一定深度。理论上可采用圆弧法、毕肖普法等来分析这类地基的抗滑稳定性^[1]。本拟建高速公路按设计要求路堤高度 $\geq 5\text{m}$,这里采用简化毕肖普法和分层总和法对 5m、8m 高的粉煤灰和灰土路堤进行路基抗滑稳定性分析和沉降验算。

2.1 天然地基抗滑稳定性验算

抗剪强度指标 c 、 φ 值和重度 γ 采用整个场地的平均值,即砂质粉土②₂ 层 c 取 3kPa, φ 取 35.8°, γ 取 19.0kN/m³。粉煤灰重度取 11.5kN/m³,灰土重度 19kN/m³,路堤设计基底宽度 26.0m,坡度 1:1.5,计算中不考虑粉煤灰和灰土的内聚力。表 2 为 G1 孔地层在不同路堤高度和材料下地基的稳定系数,图 1 为灰土堆载高度 8.0m 时的稳定系数求解示意图,图中圆弧上 5 号点的埋深为 3.0m。由于 G4、G5 和 G8 孔也分布有砂质粉土②₂ 层,且厚度都大于 G1 孔的该土层,因此也具有相同的稳定系数。

表 2 不同堆载高度和堆载材料下地基的稳定系数

路堤 填筑材料	稳定系数	
	堆载 5m	堆载 8m
粉煤灰	2.48	1.65
灰土	1.76	1.19



G1 孔地层稳定系数求解示意图

从表 2 看到,采用粉煤灰堆载在同样高度下的稳定系数要比采用灰土时的稳定系数高出 40% 左右。同时,虽然没有考虑堆载材料本身的内聚力,但用这两种材料堆载到 8m 时,天然地基的稳定系数仍大于 1,表明理论上天然地基仍是稳定的。考虑到实际施工情况复杂,为安全起见,最好采用土工布、土工隔栅等加筋材料,以进一步提高路堤的稳定性。

2.2 天然地基变形验算

采用分层总和法计算路堤中心的主固结沉降量,公式如下

$$s_c = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta P_i}{E_{si}} H_i \quad (1)$$

式中: s_c ——主固结沉降量;

H_i ——分层厚度;

ΔP_i ——第 i 层附加应力;

E_{si} ——第 i 层压缩模量。

表 3 为采用分层总和法计算的 G1、G4、G5 和 G8 孔地层路堤中心的主固结沉降量。计算中,分层厚度取 0.5m,以附加应力与自重应力的比值小于 0.2 的深度作为压缩层深度。土层的压缩模量取整个场地平均压缩模量。

表 3 分层总和法计算的主固结沉降量

钻孔编号	主固结沉降/mm			
	粉煤灰 堆载 5m	粉煤灰 堆载 8m	灰土 堆载 5m	灰土 堆载 8m
G1	613.3	1035.6	1035.6	1801.0
G4	482.5	823.3	839.1	1431.7
G5	504.9	855.7	878.0	1488.2
G8	586.7	997.4	1020.3	1734.7

由表中计算的主固结沉降量看出:同一堆载高度,粉煤灰路堤路基的沉降量是灰土路堤路基沉降量的 57% 左右;同一堆载材料,5m 高度路堤路基的沉降量也差不多是 8m 高度路堤路基沉降量的 58% 左右。

路基的总沉降量 s 实际由 3 个部分组成,即

$$s = s_c + s_d + s_s \quad (2)$$

式中: s ——总沉降量;

s_c ——主固结沉降量;

s_d ——瞬时沉降量;

s_s ——次固结沉降量。

对于瞬时沉降和次固结沉降,目前还没有比较确定的公式来计算。通常在主固结沉降量前乘一个经验系数 M_s 来计算总沉降量。 M_s 可根据压缩层范围内不同土层加权平均的压缩模量的大小参考取值,当加

权平均的压缩模量小于 4MPa 时 M_s 取 1.3^[2], 本场地压缩层范围内加权平均的压缩模量小于 4MPa。沪宁高速公路试验段采用的经验公式计算的瞬时沉降量是主固结沉降量的 14~23%, 次固结沉降量是主固结沉降量的 5~10%, 两者相加接近 30%^[3]。因此本场地的 M_s 亦可以取 1.3。

4 结 论

(1) 用简化毕肖普法对 5m、8m 高的粉煤灰和灰土路堤进行路基抗滑稳定性分析, 得出在同样路堤高度下采用粉煤灰堆载的稳定系数要比采用灰土的稳定系数高出 40% 左右。在没有考虑堆载材料本身的内聚力情况下, 采用粉煤灰和灰土两种材料堆载到 8m

时, 天然地基的稳定系数仍大于 1, 理论上表明天然地基仍是稳定的。

(2) 同一堆载高度, 粉煤灰路堤路基的主固结沉降量是灰土路堤路基主固结沉降量的 57% 左右; 同一堆载材料, 5m 高度路堤路基的主固结沉降量也差不多是 8m 高度路堤主固结路基沉降量的 58% 左右。

(3) 本场地总沉降量的经验系数 M_s 可以取 1.3。

参考文献

- [1] 钱家欢, 殷宗泽. 土工原理与计算(第二版). 北京: 中国水利水电出版社, 1996.
- [2] 龚晓南. 高等土力学. 浙江: 浙江大学出版社, 1996.
- [3] 张诚厚, 袁文明, 戴济群. 高速公路软基处理. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.

(上接第 37 页)

从以上特征可综合确定为粉质粘土

4 结束语

(1) 用界限含水量确定土的名称是一种可靠方法, 但有时有人为因素的影响应正确分析各种试验结果, 以防得出与实际情况不符的结论。

(2) 用界限含水量定名时, 应在综合分析各种试验结果的基础上进行, 象本文提到的土的物理性质、静力触探曲线、剪切压缩模量等, 不能单一用塑性指数确定。

(3) 在某种意义上用粘粒含量定名比较合理, 建议有关方面考虑将其列入土工试验规范。

(4) 什么样的土对应什么样的性质, 作者认为对土分类应充分考虑土的各种性质因素综合确定土的名

称。

本文中的一些数据, 仅来自郑州市郊的一些工程实践, 对更大范围的应用尚应进一步探讨。

参考文献

- [1] 高大钊等. 土力学与基础工程. 北京: 中国建筑工业出版社 1998: 21~23.
- [2] GB 50007—2002, 建筑地基基础设计规范.
- [3] GB/T 50123—1999, 土工试验方法标准.
- [4] 孟高头. 土体原位测试机理方法及其工程应用. 地质出版社, 1997: 54~60.
- [5] 林在贯等. 岩土工程手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.
- [6] 吴湘兴等. 土力学及地基基础. 武汉: 武汉大学出版社, 1990.

(上接第 44 页)

5 结束语

测斜仪的精度、测量操作步骤、测斜导管的质量及埋设质量等对地基土水平位移观测结果皆有影响。要防止测斜失败并得到准确可靠的数据, 关键在于测斜导管的埋设质量, 其中导管扭转是造成误差的主要原因。工作中应着力提高导管的埋设技术, 控制导管的扭转, 保证连接处的通畅性。

参考文献

- [1] 黄志德, 张 耀. 工程监测中保证测斜仪综合精度的必要措施. 大坝监测与土工测试, 1998, 22(3).
- [2] 吴铭江, 陶记昆. 测斜管导槽的扭转问题. 大坝监测与土工测试, 1995, 19(3).
- [3] 卜庆陆. 七十米深孔测斜在上海宝钢工程中的应用. 大坝监测与土工测试, 1994, 18(3).