

金丽温高速公路 塑料排水板处理软基的效果分析

侯德劭¹ 吴佑平² 徐望国¹

(1, 湖南科技大学土木学院 湖南湘潭 411201; 2, 浙江路桥集团)

摘 要 介绍金丽温高速公路塑料排水板固结法处理软基的情况, 并对不同排水体系设计的沉降观测及结果作了分析, 得出相关结论。

关键词 塑料排水板 沉降 软基处理 观测

1 工程概况

金华经丽水至温州高速公路在温州市的过境公路温州段, 一期工程路线全长 7.041 km, 其中路基工程 5.106 km, 分双屿至梅屿岭、高殿桥至古岸头两段。路线所处地形除前墙山、梅屿岭的低山丘外, 其他为海积平原区, 地势平坦, 海拔仅 3.5~4.8 m, 河流纵横, 多水网区。代表性地质纵剖面如图 1。

坡顶截水沟、平台截水沟、边沟、排水沟及跌水与急流槽来实现。坡体排水设施主要有渗沟、盲沟及斜孔等。①渗沟又分支撑渗沟、边坡渗沟和截水渗沟三种, 主要作用截排地表以及几米范围内的地下水; ②盲沟 (即渗水隧洞) 主要用于截排或引排埋藏较深的地下水, 如深圳莲塘水厂滑坡的岩层排水工程就是采用渗水隧洞; ③斜孔主要用于排除深层地下水, 土层和岩层均可采用, 一般用水平钻机, 埋置排水 PVC 管。

6 结论

(1) 水的入渗导致边坡土体含水量增加, 使土体的强度参数 (c 、 φ) 降低, 从而引起边坡失稳。

(2) 水与岩土体长期的化学作用诱发岩土体浸水—失水—再浸水现象是边坡变形的重要因素之一。

(3) 对边坡不同地下水位的结果可知,

软土地基试验段长约 3.93 km, 软土特点是厚度大, 达 15~17 m, 从西向东逐渐增厚, 含水量高, 压缩系数大, 强度低, 灵敏度高, 属工程地质极差的软土。其物理力学性质如表 1 所示。

2 结构设计

2.1 排水体系设计

(1) 水平排水体系。先在淤泥顶面铺设 0.5~0.7 m 厚的砂垫层。在道路横向设置砂沟, 路基坡

地下水位升高, 滑动面逐步向坡脚移动, 当地下水位高于边坡脚一定高度时, 将发生坡脚局部破坏现象。

(4) 边坡治水应该采取坡面排水和坡体排水同时进行, 以保证边坡稳定。

参考文献

- [1] 罗赞锦, 冯炜森. 谈谈降雨对边坡稳定的影响 [J]. 广东公路交通, 2001 (71): 44~47.
- [2] 李亮, 刘宝琛. 降雨条件下边坡极限承载力的分析 [J]. 铁道学报, 2002, 24 (4): 109~113.
- [3] 姚裕春, 姚令侃, 王元勋. 降雨条件下边坡破坏机理离心模型研究 [J]. 中国铁道建设, 2004, 25 (4): 64~68.
- [4] Fredlund, Rahardjo. Soil mechanics for unsaturated soils [M]. John Wiley & sons, INC, 1983.
- [5] 杨昌建, 李邵军, 赵蔚东. 水化学作用对边坡变形的影响初探 [J]. 公路交通技术, 2002 (6): 48~51.
- [6] GEO-SLOPE 软件使用指南.

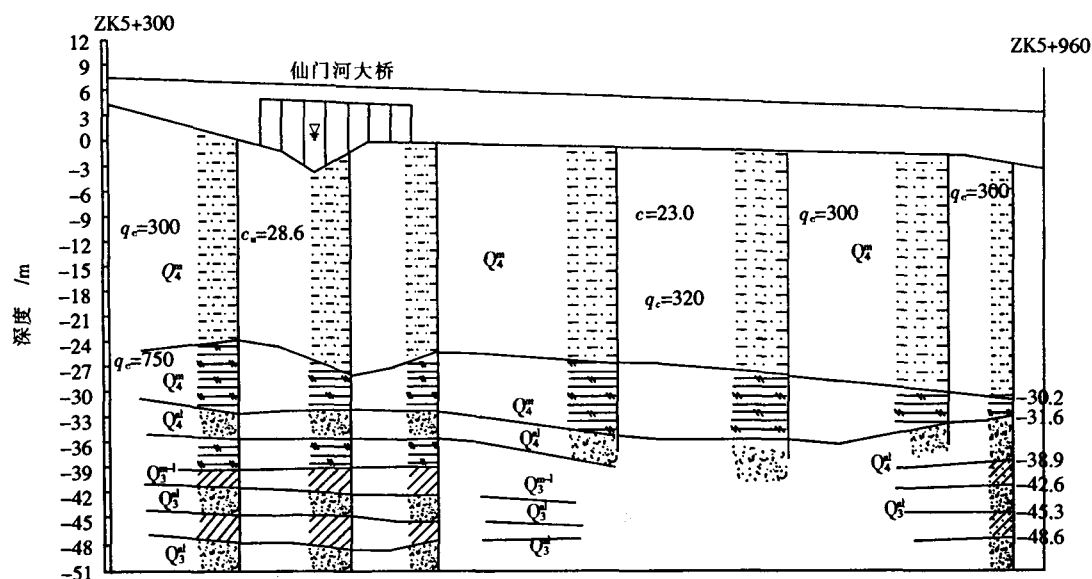


图 1 ZK5+300~+960 地质纵剖面图 (单位: m)

表 1 软土物理力学性质表

位置	含水量 $w / \%$	湿密度 $\rho / (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	孔隙比 e_0	压缩系数 α / MPa^{-1}	压缩模量 E_s / MPa	竖向固结系数 $C_v \times 10^{-3}$ $/ (\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$	直剪凝聚力 c / kPa	直剪内摩擦角 $\varphi / (^{\circ})$	三轴固结 不排水剪 凝聚力 c / kPa	三轴固结 不排水剪 内摩擦角 $\varphi / (^{\circ})$
双屿至 梅屿岭	41.1 ~ 80.9	1.53 ~ 1.79	1.395 ~ 2.250	0.52 ~ 3.28	0.82 ~ 4.72	3.120	15.0	3	10.5	12.5
	66.1	1.60	1.346	1.89	1.67					
高殿至 古岸头	44.2 ~ 77.7	1.56 ~ 1.77	1.259 ~ 2.133	0.50 ~ 3.00	1.05 ~ 5.01	2.125	14.3	4	15.2	11.7
	63.2	1.61	1.785	1.41	2.30					

脚设置纵向排水沟。在砂垫层上铺设土工格栅,土工格栅上铺设 30 cm 的碎石层。

(2) 垂直方向排水体系。在铺设完的砂垫层上,按正三角形布置打设塑料排水板,间距1.2~1.5 m,穿透所要处理的软土层,上端高出砂垫层20 cm。

2.2 加载系统设计

根据各段实际地质情况分为3个设计方案:

(1) 软土层较薄, 路基填筑高度 $h < 2.5 \text{ m}$, 采用填土预压处理;

(2) 软土层较薄, 路基高度 $2.5 \text{ m} < h < 3.0 \text{ m}$, 采用砂垫层、土工格栅、填土预压处理, 其中砂垫层 $50 \sim 70 \text{ cm}$ 厚, 一般为两层, 中间夹 30 cm 厚碎石;

(3) 软土层较厚, 路基高度 $h > 3.0 \text{ m}$, 采用

塑料排水板、砂垫层、土工格栅、填土预压处理。
塑料排水板为正三角形排列, 间距 1.2 ~ 1.5 m,
深 15 ~ 20 m, 断面布置如图 2。

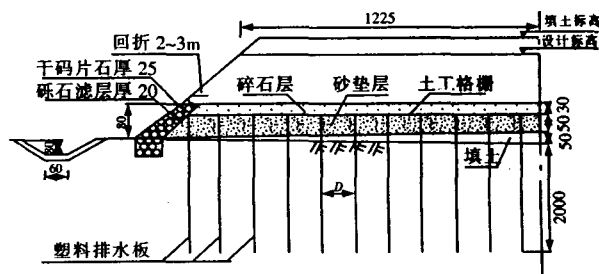


图2 塑料排水板横断面布置图 (单位:cm)

3 施工技术

3.1 土工格栅铺设

(1) 土工格栅的规格及质量要求如表 2。

(2) 土工格栅一直伸展到沟侧。

表 2 土工格栅规格表

项 目	单 位	规格要求
幅宽	/ m	2.5
孔尺寸	/ mm	$(27 \times 27) \pm 3$
厚度	/ mm	5.2
单位面积重量	/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	660 ± 35
最大荷载拉伸力	/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	≥ 5.80
最大荷载变形率	/ %	≤ 16.5
10 % 变形时荷载	/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	≥ 5.20
5 % 最大荷载变形率	/ %	≤ 3.70

(3) 土工格栅应采用双排线折叠缝合法连接, 接缝处缝合总宽度为 30 cm, 每块土工格栅宽度 30 m, 长 150 m, 相邻土工格栅之间采用搭接法相连, 搭接宽度大于 1 m。

(4) 铺筑砂垫层先铺场地两侧, 以减少中间铺砂时引起的侧向位移; 铺设好的土工格栅, 周边用砂袋叠压, 并及时填砂。

3.2 砂垫层铺设

(1) 由于深厚软基在高填方作用下的沉降很大, 而且路堤中心和路肩的差异沉降也大, 为减少差异沉降, 在铺设砂垫层前, 应使地基先抬高 50 cm。

(2) 砂垫层应使用较干净的中粗砂, 其含泥量不大于 3 %。

(3) 压实后砂垫层密度至少达到中密状态, 干容重不小于 1.65 t/m^3 。

(4) 砂垫层压实后的厚度应保证不小于 0.5 m, 抽检合格率应大于 95 %, 但最薄处不得小于 45 cm。

3.3 塑料排水板施工

采用的塑料排水板为 SPB-1 型, 性能如表 3。采用插板机施工, 施工程序: 平整场地→摊铺下层砂垫层→板位放样→机具就位→板穿靴→插入导管→拔出导管→割断板→机具移位→摊铺上层砂垫层。施工质量要符合规范要求。

3.4 路基施工

(1) 施工前应先做好排水设施, 以保持基底干燥。水面以下应采用透水良好的土, 水面以上可用一般土。填土前应对土源点抽取土样进行重型击实试验, 测定土的最大干容重和最优含水量。

表 3 SPB-1 塑料排水板性能表

项 目		性能指标
断面尺寸 / mm		100 × 400
材料	芯板	聚氯乙烯
	滤膜	涤纶无纺布
纵向沟槽数 / 个		38
沟槽面积 / mm^2		152
滤膜渗透系数 / ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)		4.2×10^{-4}
抗拉强度	芯板 / kPa	1 700
	滤膜 / kPa	440
滤膜耐破度 / ($\text{N} \cdot \text{cm}^{-1}$)		51
滤膜撕破度 / N		1.34

(2) 路基土的密实度必须满足设计要求。每层填土压实之前均要在现场按规定取样测试填土含水量, 只有当含水量接近最优含水量才可进行碾压, 水过多应晾晒, 过干应适当洒水。

(3) 填土必须水平分层填筑, 每层松铺厚度随压实机具和方法不同而异, 一般以不大于 50 cm 为宜。每天的完工面应平整压实, 切勿积水。

(4) 每层填筑铺设的宽度应超出每层路堤的设计宽度, 以保证路基沉降后路基仍有足够的宽度。

(5) 每层压实土均应作现场密实度检验, 密实度达到设计要求方可进行下一层填筑的施工。

(6) 填筑过程中不得有翻浆、弹簧、起皮、波浪、积水现象。雨季施工时应做好面层排水, 尽量做到雨前将摊铺的松土压实完毕, 否则复工时应恢复含水量标准后才可施碾。

(7) 路基施工每天需作好施工记录。

4 沉降观测

观测采用预埋沉降杆的方法。共布置 3 个断面, 每个断面中线及两边各布置一个观测点。

为控制填土速率, 一般每天施工一层, 并进行一次观测, 控制标准为: 路堤中心线地面沉降速率每昼夜应小于 1.0 cm, 坡脚水平位移速率每昼夜应小于 0.5 cm。

5 观测分析

选取三个典型断面作观测结果分析, 其设计参数如表 4, 加载—沉降曲线如图 3。

表4 典型观测断面参数表

里 程	处理 层厚 / m	填土 高度 / m	实际填 土荷载 / kPa	设计 方案	设计 沉降 / mm	实测 沉降 / mm	最终 沉降 / mm	固结 度 / %
K1 + 700	17	5.7	111.72	间距 1.5 m 砂垫层 50 cm	1 608	1 850	1 867	99.1
K5 + 380	20	5.0	98.00	间距 1.2 m 砂垫层 70 cm	2 430	2 699	2 748	98.2
K5 + 815	20	6.4	125.44	间距 1.5 m 砂垫层 70 cm	2 685	3 025	3 181	95.1

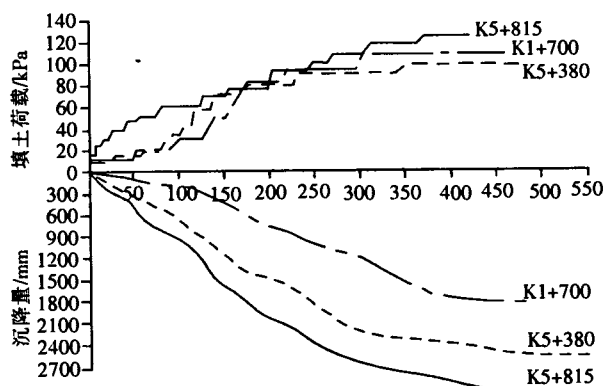


图3 填土荷载—沉降量关系图

(1) 图3中的K1+700断面地质情况较好,塑料排水板处理深度只有17 m,沉降规律与K5+380和K5+815两断面基本相同,只是在沉降初始阶段沉降速率比它们小,这主要是由于该断面的硬壳层较厚,加上开始时加载较小;K5+380和K5+815两断面地质条件基本相近,处理深度均为20 m,但排水板间距不同:前者为1.2 m,后者为1.5 m;另外加载速率不同,特别是初始阶段,前者初始阶段的平均加荷速率为0.014 m/d,后者为0.056 m/d。

(2) 从图3的实测曲线斜率可以看出沉降速率与填土高度呈现一定的相关性:加荷速率越快沉降速度也越快,特别是初始阶段由于硬壳层的持力层作用,在满足稳定性要求的前提下可以增大加荷速率来加快沉降速度,缩短沉降时间;沉降量基本上与荷载成一定比例的增长,应力与应变基本上符合虎克定律,即地表沉降量与荷载大小大致成正比。

6 结论

(1) 从表4可知,实际观测的沉降值明显大于设计计算值,这是因为设计沉降的计算是采用《规范》^[1]中的分层总和法,根据压缩试验资料的 $e - \lg P$ 曲线计算 $S_c = \sum_{i=1}^n \frac{e_{oi} - e_{li}}{1 + e_{oi}} \Delta h_i$ 得到的,但该计算只考虑软土地基的竖向变形,而实际上软土地基在上覆荷载的作用下,孔隙压力消散与土骨架变形相互关系是三维的。其次分层总和法计算人为地把土层分为等厚的土层进行计算,不能真正模拟土层的特性。所以在不同的地质条件下对软土地基处理应进行必要的现场观测,以利于准确掌握该地质条件下实际的沉降数据和指导后续施工。

(2) 路基始终处于一个动态平衡过程中,新的加载会引起新的下沉。由图3可知,沉降速度随加荷速率的增加而增加,因此在满足路堤稳定的控制填土速率的前提下可以加大填土速率。

(3) 由图3沉降曲线斜率可知,在加载速率基本相同的情况下(图上200~300天之间),塑料板的排水效果1.2 m间距的要好于1.5 m间距的,充分显示了间距小排水固结快的特点。但预压三个月后沉降速率基本相同,这说明在预压时间允许的前提下,也可适当放大排水板间距,同样能满足工后沉降的要求。

(4) 从沉降观测结果分析,该地区采用塑料排水板处理软土地基效果显著,是成功的。

参考文献

- [1] 公路软土地基路堤设计与施工设计技术规范(JTJ017-96). 人民交通出版社,1997.