

塑料排水板铺网基土工布法 处理软土地基技术

殷奉军 郝德军 闫连军 朱学文

(山东省菏泽市公路勘测设计院)

摘 要 结合工程实例,介绍塑料排水板铺网基土工布法处理软土地基技术。

关键词 塑料排水板 土工布 软土地基

曲菏路主线 K124 + 210 ~ K128 + 305 段路基长 4000 余 m,全部位于软土地基上。该施工段地表为软塑性粘土,厚度 1 ~ 1.4 m,强度较低。2、3 层为淤泥质粘土,呈软塑状或流塑状,具有高压缩性,属软弱地基,厚 14 ~ 18 m。当路基填筑产生的荷载达到一定程度,上部土层会发生较大的压缩变形。主线路基设计宽度 26 m,双向 4 车道,设计行车时速 $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,土石方总量 30 余万 m^3 。本路段设计施工预压期 9 个月,工后沉降 Z 小于 100 mm。本段极限填筑高度 3.1 m,荷载应力 62 kPa。本文结合 K126 + 172 ~ K126 + 200 段施工,介绍塑料排水板铺网基复合土工布处理软土地基技术的设计、施工情况。

1 原 理

利用塑料排水板排水固结法处理软土地基的加固原理和其他垂直排水法加固软土地基的原理相同,即在软土地基插入塑料排水板,利用板芯和滤膜形成的渗水孔,改善地基的渗水条件。然后通过预压荷载的作用,使地基内的水分迅速沿排水板析出,加速地基的固结过程,提高地基的抗剪强度和整体承载力。在此基础上增铺网基复合土工布。由于复合土工布和填料间的抗剪作用,地基的变形受到限制,土工布受拉后刚度增大,也产生较大的承载作用,保证地基均匀沉降,并减少地基瞬时沉降和横向差异率。利用塑料排水板和网基复合土工布共同处理软土地基能有效保证路基排水固结和稳定,是一种行之有效的办法。

2 设 计

根据地基的地质情况,设计上采用塑料排水板铺网基复合土工布法处理软土地基。软基处理形式见图 1 ~ 4。具体的处理方案为路基竖向排水板正三角布置,间距 1.0 m。排水板处理深度分别为

K126 + 172 ~ K126 + 182 插深 20 m, K126 + 182 ~ K126 + 200 插深 18 m,排水板截面积 $100 \times 6 \text{ mm}^2$; 施工时排水板伸入砂砾层至少 30 cm,地表采用 50 cm 厚的砂砾材料做排水层;要求砂砾最大粒径不大于 5 cm,含泥量不超过 3%,级配良好;然后铺设一层网基复合土工布,位置在 30 cm 砂砾层之上,每侧锚固长度不小于 3 m。为防止砂砾受到基底土的污染,铺设砂砾前,将原底基做出 2% 横坡,并铺设一层中间厚两侧渐薄(保证混合料顶面横坡 4%),平均 30 cm 厚的土石混合料。土石混合料要求最大粒径不超过 12 cm,含泥量不超过 10%。

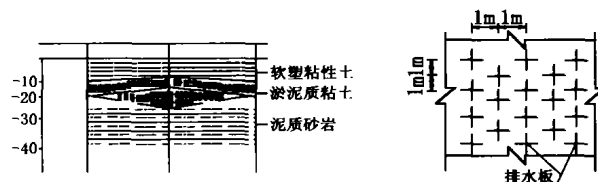


图 1 工程地质纵断面图 图 2 排水板平面布置示意图

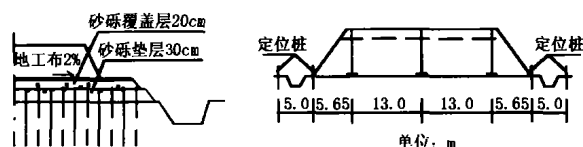


图 3 排水板布置剖面示意图 图 4 测点位置示意图

3 施 工

3.1 施工准备

对进场的塑料排水板和土工布进行检验,保证各项指标符合要求。塑料排水板:(1)塑料排水板截面积 $100 \times 6 \text{ mm}^2$;(2)滤膜渗透系数大于 $1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$,浸泡 3 天后的湿态单宽(每 10 cm)抗拉强度大于 25 N;(3)复合体单宽(每 10 cm)湿态的抗拉强度大于 1.5 kN,复合体纵向透

水量(在侧压力 350 MPa 条件下)大于 $46 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。

网基复合土工布:纵向抗拉强度不小于 2500 N/5 cm,横向抗拉强度不小于 1700 N/5 cm,纵向伸长率不大于 2.5%,顶破强度不小于 1700 N,渗透系数不小于 $1 \times 10^{-2} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$,有效孔径小于 0.1 mm。

3.2 铺设水平砂砾垫层

用人工配合小型推土机整平地基面,清除杂物。用土质相同或相近的土按设计要求填筑路拱,坡度和设计相同,并碾压密实,密实度不小于 90%。两侧挖纵向排水沟,以疏排砂砾垫层析出的水。为防止砂砾受到基底土的污染,砂砾铺设前,在土路拱上铺设一层平均厚度为 30 cm 的土石混合料(技术要求见第 2 节)。然后均匀铺设 50 cm 厚的砂砾垫层,用压路机静压 4~6 遍。要求表面平整,形成和土路拱相同的坡度。

3.3 铺设塑料排水板和网基复合土工布

首先在须要加固的地段,按布板范围和间距准确放出各点点位,并用木桩做好标记,按从低向高的原则定位。然后在插板机卷筒上安置塑料排水板,将塑料排水板通过套管从管靴穿出,固定在桩尖上,并一起贴紧管靴对准板位。开始沉管时要慢,防止套管突然偏斜。套管入土深度距设计标高约 2 m 时,注意观察以保证超深或碰上基岩时能及时采取措施。管沉到设计深度后即可拔出。这时塑料排水板已垂直设置在软土地基中。套管拔出后,剪断塑料排水板,在垫层甩头 20 cm。拔管时要连续缓慢进行,中途不得间断或放松吊绳,防止因套管下滑损坏塑料排水板。整段软土地基插板结束后,均匀等厚地铺设 20~30 cm 厚的砂砾垫层,覆盖塑料排水板甩头。用压路机静压和震动碾压各 4 遍,使其密实度不小于 90%。然后在砂砾垫层上铺设土工布,要求铺设时平顺无皱褶。最后进行荷载填筑。荷载应均匀等厚地填筑于网基土工布上,开始填筑时,不允许运料车直接驶到网基土工布上。分层填筑,每层厚度为 30 cm,并逐层整平压实,同时做好沉降观测、荷载填筑等记录。

4 施工观测及成果分析

4.1 观测点的布置

根据规范要求布置观测点,现场桩号为 K126 + 190。现场利用自制的沉降板对上述桩号对应的路基横断面进行地表变形观测,同时利用自制的侧向位移桩对路基的侧向位移进行观测,观测设备的埋设位置见图 4。

4.2 沉降观测成果分析

根据绘制的荷载填加及沉降过程线(图 5),作

如下分析:

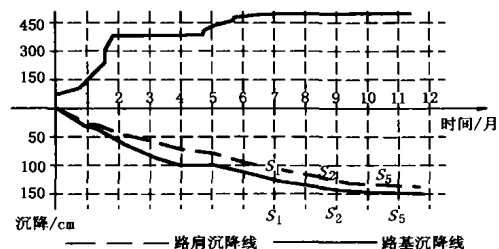


图 5 荷载填加及沉降过程线

(1) 最终沉降量的推求:荷载填加及沉降过程线图中,在停止加荷后的中心沉降曲线上任意选取 3 个时间,使 $T_2 - T_1 = T_3 - T_2$ 。本文选择 $T_1 = 210 \text{ d}$, $T_2 = 270 \text{ d}$, $T_3 = 330 \text{ d}$,同时选取与各时刻对应的沉降量 $S_1 = 1175 \text{ mm}$, $S_2 = 1275 \text{ mm}$, $S_3 = 1340 \text{ mm}$ 。由任意时刻的沉降 $S_t = S_d + U_t X S_c$,及固结度的普遍式 $U_t = 1 - \alpha e^{-\beta t}$,以及 $T_2 - T_1 = T_3 - T_2$ 可得:

$$\beta = (1/\Delta t) [(S_{t2} - S_{t1})/(S_{t3} - S_{t2})] \quad (1)$$

$$S = [S_{t2}(S_{t2} - S_{t1} - S_{t2}(S_{t3} - S_{t2})) / ((S_{t2} - S_{t1}) - (S_{t3} - S_{t2}))] \quad (2)$$

$$S_d = [S_t - S(1 - \alpha e^{-\beta t})] / (\alpha e^{-\beta t}) \quad (3)$$

塑料排水板处理软土地基加荷结束后,主要为径向排水, $\alpha = 1$,则可得 $S = 1460 \text{ mm}$, $S_d = 168 \text{ mm}$, $S_c = S - S_d$ 可得主固结沉降量为 1292 mm。

同理,从沉降过程中取与中心沉降曲线同时刻的路肩沉降量 $S_1 = 985 \text{ mm}$, $S_2 = 1150 \text{ mm}$, $S_3 = 1220 \text{ mm}$,可得路肩最终沉降量 $S = 1271 \text{ mm}$ 。

(2) 计算结果分析:由 $S = m S_d$ 及以上计算结果,可得最终沉降量计算系数 $m = 1460/1292 = 1.13$ 。根据沉降观测资料,路基施工完毕时中心沉降 $S_{\text{中}} = 1072 \text{ mm}$,路肩沉降 $S_{\text{肩}} = 856 \text{ mm}$,可知中心与路肩剩余沉降量分别为 388 mm、415 mm,中心与路肩剩余沉降量差 $\Delta s = 27 \text{ mm}$,中心与路肩的沉降差异率仅为 $0.027/13 = 0.2\%$,横向差异率相当小,说明土工布起到了均衡沉降的作用。中心瞬时沉降 $S_d = 168 \text{ mm}$ 、最终沉降量 $S = 1460 \text{ mm}$,则 $S_d/S = 0.115$ 。根据有关资料,在同等条件下此值比不采用网基复合土工布的数值小得多,说明采用网基复合土工布能有效地减少瞬时沉降量。

(3) 路基横向差异率:路基中心沉降量与路肩沉降量的差值与横断面沉降板间的距离的比值,称为横向差异率。K126 + 190 处路基中心、路肩、路基坡脚各观测点不同时间的观测值见表 1,由此绘制的横断面沉降过程曲线见图 6。

从表 1 可以看出,当路基填筑荷载在极限荷重以下时,路肩与中心的横向差异率最大仅为 0.4%,

表1 K126+190 处路基中心、路肩、路基坡脚各观测点于不同时间的观测值

填筑高度	2.00	2.50	3.00	3.4	4.07	4.07	4.07
相应荷载	47.7	60.2	78.7	90.2	108	108	108
观测时间(年月日)	98.12.26	99.01.06	99.02.19	99.04.16	99.05.12	99.06.11	99.09.14
中心沉降量 S_1 /mm	271	411	748	895	1072	1201	1340
路肩沉降 S_2 /mm	251	358	644	760	856	955	1100
坡脚沉降 S_3 /mm	47	42	124	322	389	415	504
ΔS_{12} /mm	20	53	104	135	216	246	240
$i_{12}/(\%)$	0.15	0.4	0.8	1.03	1.7	1.9	1.89
ΔS_{23} /mm	204	316	520	438	467	540	596
$i_{23}/(\%)$	3.6	5.7	9.2	7.8	8.3	9.6	10.5

路肩与坡脚的横向差异率为 5.7% ;当填筑高度达到极限高度及以上时,路肩与中心的横向差异率明显加大,至施工完毕时为 1.7% ,路肩与坡脚的横向差异率为 8.3% ;预压期横向差异率在整个排水固结过程中,路肩与坡脚的横向差异率较大,容易发生砂砾垫层错断,造成软土地基处理失败。因此,建议在施工时,要充分考虑砂砾垫层可能出现错断的问题,做好施工观测,如发现问题及时采取反压护道等有效措施,保证有效地处理好软土地基。

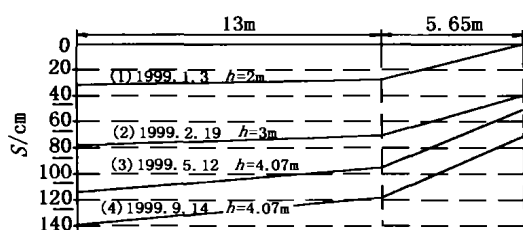


图6 路基横断面沉降过程线

(4) 沉降速率:施工观测的其他各项指标示于表2。由表2可以看出,从开始填筑荷载到预压期,荷载加大,沉降量也随之加大,平均日沉降量呈从小到大,又从大到小的变化趋势,说明通过排水固结,地基承载力得到提高,使地基沉降逐渐减少。当荷载达到 62 kPa (极限填高荷载)时,最大日沉降量为 19.6 mm。此时加荷速度为 $7.1 \text{ kPa} \cdot \text{d}^{-1}$,说明此时的土体对荷载较敏感。因此,填筑至极限高度时,应控制加荷速度,必要时应停止加荷,以免造成路基失稳;停止外加荷载,沉降迅速收敛,并很快减至 $10 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 以下,路基保持稳定无异常;当填筑荷载超过极限填高荷载 62 kPa 时,每月加荷增重导致的沉降量在 $10.5 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 以下。沉降量未超过规范要求的 $10 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 的情况,路基保持稳定。在预压期不填加荷载的情况下,日沉降量迅速减少,说明地基强度得到了提高,排水固结方案可靠。

(5) 固结土样的物理力学性能:钻取固结后的地基土样,进行土样的物理力学性能分析,与固结前进行比较,承载力提高 0.5 ~ 0.9 MPa,天然含水量

降低 4% ~ 8% ,固结不排水抗剪强度提高 0.002 ~ 0.004 MPa,其他各项指标亦得到相应改善。

5 几点体会

利用塑料排水板铺网基复合土工布法处理软土地基,使地基强度得到加强,并能在短时间内达到设计要求的各项技术指标。该方法除具有塑料排水板

表2 施工观测的其它各项指标

时间 (月/日)	堆载天数 (天)	荷载增重 /kPa	加荷速率 /kPa · d ⁻¹	沉降速率 /mm · d ⁻¹
11.02 ~ 12.01	28	18.7	0.67	2.8
12.14 ~ 12.23	9	17.6	1.96	11.4
12.23 ~ 12.31	9	6.5	0.72	11.7
01.03 ~ 01.06	3	8.6	1.87	14.7
01.06 ~ 01.11	5	7.1	1.4	14.6
01.11 ~ 02.19	38	10.3	0.27	7.5
02.20 ~ 04.16	57	9.2	0.16	2.6
04.19 ~ 04.29	9	10.3	1.14	8.3
04.29 ~ 05.12	13	6.2	0.48	6.6
05.12 ~ 06.11	29			4.3
06.11 ~ 07.13	32			3.2
07.13 ~ 08.14	32			2.0
08.14 ~ 09.14	30			1.4

法的优点外,还具有以下优点:①网基复合土工布在处理软土地基过程中,能有效地加速地基固结,保证地基均匀沉降,减少路基瞬时沉降和横向差异。②由于集料-土工布-土基的系统作用,可以有效地透水隔泥,保证路基的整体稳定性,提高地基的抗剪强度和承载力。③工艺简单,操作方便,质量容易控制,对软土地基扰动小,可大面积施工。

参 考 文 献

- [1] (日本)软土地基处理指南.北京:人民交通出版社,1989.
- [2] 张作璠.地基处理手册.北京:中国建筑出版社,1988.

第一作者通讯地址:山东省菏泽市人民路南段,公路局设计院 邮编:274000