

路桥工程施工新技术实用手册

路基施工新技术分册

主编 张京等

长征出版社

责任编辑：常 正

封面设计：胡 湖

ISBN 7-80015-859-4



9 787800 158599 >

ISBN 7 - 80015-859-4/Z · 25

总定价：2900.00 元（全十卷）

分册定价：580.00 元（全二卷）

·路桥工程施工新技术实用手册·

路基施工新技术分册

△
TU415-62/2

主编 张京 等

(下卷)

长征出版社

四、沉降量计算

(一)地基应力计算

把整个路堤(连同反压护道)分为上、下两个梯形荷载,上部梯形高 2.5m 换算为 $q = \gamma h = 18.2 \times 2.5 = 45.5 \text{ kPa}$,顶宽为 8.5m, $a = 4.38 \text{ m}$, $b = 4.25 \text{ m}$;下部梯形高 2.5m,换算为 $q = 45.5 \text{ kPa}$ 顶宽为 37.05m, $a_2 = 4.38 \text{ m}$, $b_2 = 18.63 \text{ m}$ 。在两个梯形荷载的作用下,沿路堤中线各点产生的垂直应力 σ_z ,计算结果列于表 15-21。

表 15-21 地基内垂直应力计算表

深度 Z	a_1/Z	b_1/Z	k_1	σ_{z1}	a_2/Z	b_2/Z	$k_2/$	σ_{z2}	σ_z
2.0	2.19	2.13	0.493	44.8	2.1	9.31	0.498	45.3	90.1
4.0	1.09	1.06	0.461	42.0	1.0	4.66	0.497	45.2	87.2
6.0	0.73	0.71	0.414	37.7	0.3	3.10	0.496	45.1	82.8
8.0	0.55	0.53	0.363	33.0	0.55	2.33	0.488	44.4	77.4
10.0	0.44	0.43	0.323	29.4	0.4	1.86	0.481	43.8	73.2
12.0	0.36	0.35	0.285	25.9	0.36	1.55	0.470	42.8	68.7
16.0	0.27	0.27	0.231	21.0	0.27	1.16	0.444	40.4	61.4
18.0	0.24	0.24	0.214	19.5	0.24	1.03	0.430	39.2	58.7
20.0	0.21	0.21	0.196	17.8	0.21	0.93	0.415	37.7	55.5

(二)沉降量计算

路堤中线处地基的沉降量,计算于表 15-22。压缩层的厚度,达淤泥质粘土层的底部,即 20mm。

表 15-22 路堤中线处地基沉降量计算表

深度 Z	软土层 厚 h	土层自 重 r_z	平均自 重	附加应 力 σ_z	平均附 加应力	$\gamma z + \sigma_z$ (平均)	e_0	e_1	$\Delta e =$ $e_0 - e_1$	$\Delta s = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \cdot h$
0	200	0	18.4	91.0	90.6	109.0	0.932	0.898	0.054	0.056
2	200	36.8	45.3	90.1	88.7	134.0	0.953	0.868	0.085	0.087
4	200	53.7	62.2	87.2	85.0	147.2	0.932	0.859	0.073	0.076
6	200	70.6	79.0	82.8	80.1	159.1	0.912	0.850	0.062	0.065
8	200	87.4	95.9	77.4	75.8	171.2	0.900	0.844	0.056	0.059
10	200	104.3	112.8	73.2	71.0	183.8	0.882	0.835	0.047	0.050
12	200	121.2	129.7	68.7	66.9	196.6	0.871	0.829	0.042	0.045
14	200	138.1	146.6	65.1	63.3	209.9	0.859	0.823	0.036	0.039
16	200	155.0	163.4	61.4	60.1	223.5	0.850	0.815	0.035	0.038
18	200	171.8	180.3	58.7	57.1	237.4	0.838	0.806	0.032	0.035
20		188.7		55.5						

$\Sigma = 0.55\text{m}$

路堤中线处地基的沉降量达 55cm。

实例一

某工程地质条件为：工程所在地为海滨，上层系第四纪全新世晚中期滨海河口相沉积物，厚度达 16m 左右的淤泥质土层；其下为粉细砂层，厚 4~5m，中密到密实。粉细砂以下为亚粘土层，厚度较大。各层土的物理力学指标见表 15-23 所列。

表 15-23 各层土的物理力学指标

层序	土层名称	层顶标高 层厚	含水量 ω (%)	容重 γ (kNm ³)	空隙比 e	液限比 ω_L (%)	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	压缩系数 a_{v-2} (1/kpa)	无侧限抗压强度 q_u (kpa)	固结系数 ($\times 10^{-3}$ cm ² /s)		固结快剪						地基容许承载力 R (kpa)	
											竖向 C_v	水平 C_h	直剪		三轴					
													C (kpa)	φ (°)	c (kpa)	φ (°)	c' (kpa)	φ' (°)		
1	亚粘土	+3.4 1.10	34.7	18.2	1.021	35.8	15.2	0.93	0.00056	34	2.73	4.06								100
2-1	淤	+2.3 2.70	43.4	17.4	1.243	38.6	15.9	1.30	0.01102	24	1.99	2.65	8	10.6	10	13	9	28	80	
2-2	泥质	-4.0 4.40	44.9	17.3	1.285	37.6	14.6	1.50	0.00125	23	3.74	5.97	7	10.2	5	14	6	30	70	
2-3	亚粘	-4.8 5.20	48.8	16.9	1.411	41.8	17.4	1.40	0.00133	38	1.69	3.15	9	7.2	13	11	7	30	70	
2-4	粘土	-10 2.70	41.0	17.4	1.221	34.8	15.5	1.40	0.00076	29	5.20	6.28							80	
3	粉细砂	-12.7 5.00	27.5	18.3	0.888		0.16												150	

设计步骤为：

(一) 加固方案

经过各种方案比较,认为采用袋装砂井处理成本较低,并且符合现场的条件。

(二) 袋装砂井设计

1. 井径为 7cm。

2. 井距采用 1.2m;井径比为 17。

试验加固区面积为规 20×20m,预压荷载 80kN/m²,加荷 39d,预压 10d,在 49d 时的地基平均总固结度达 86%,加固效果显著。因此,在工程实施中,在满足工期的前提下,采用了井距 1.6m

3. 并列采用三角形布置。

4. 井长:因土层下 16.1m 处有一约 5m 的粉细砂层,因此考虑砂井长 17m。

5. 排水砂垫层,采用 50cm。

(三) 固结度计算

1. 固结系数

求 C_v 和 C_h 的平均值:

$$C_v = \frac{(2.73 \times 1.1 + 1.99 \times 2.7 + 3.74 \times 4.4 + 1.69 \times 5.2 + 5.2 \times 2.7) \times 10^{-3}}{1.1 + 2.7 + 4.4 + 5.2 + 2.7} = 2.9 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$C_h = \frac{(4.06 \times 1.1 + 2.65 \times 2.7 + 5.97 \times 4.4 + 3.15 \times 5.2 + 6.28 \times 2.7) \times 10^{-3}}{1.1 + 2.7 + 4.4 + 5.2 + 2.7} = 4.42 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$$

2. 固结度

砂井的平面布置为三角形, 井距 $L=160\text{cm}$, 则砂井的影响圆的直径为: $d_e = 1.05 \times 160 = 168\text{cm}$

井径比: $n=168/7=24$

由于软土层下有细砂层, 且面层铺设 50cm 的砂垫层, 所以属双面排水, 竖向排水距离为:

$$H = \frac{16.6}{2} = 8.3\text{m}$$

预压荷载 $P=100\text{kN/m}^2$, 拟定加荷计划分为三级 30 、 30 、 40kPa 进行预压, 堆载时间分别为 25d 、 50d 、 75d , 计算 100d 、预压荷载 100kN/m^2 时的固结度为:

(1) 第一级荷载: $p=30\text{kN/m}^2$ 、时间为 25d

$$T_v = (C_v \cdot t) / H^2 = [(2.9 \times 10^{-3} \times 24 \times 3600) / 830^2] t = 0.000036t$$

由于等速加荷经过时间 t 的固结度, 与在时间 $t/2$ 时的瞬时加荷的固结度相同, 故有:

$$T_v = 0.00036t = 0.00036 \times 12.5 = 0.0045$$

当 $n=24$ 得 $U_v=8\%$, 且

$$T_h = (C_h \cdot t) / d_e^2 = [(4.42 \times 10^{-3} \times 24 \times 3600) / 168^2] \times 12.5 = 0.169$$

得 $U_r=44\%$, 故有:

$$U_{rv} = 1 - (1 - U_r)(1 - U_v) = 1 - (1 - \frac{8}{100})(1 - \frac{44}{100}) = 48.5\%$$

修正后固结度为: $U'_{rv} = 0.485 \times \frac{30}{100} = 14.6\%$

(2) 第二级荷载: $P=600\text{kN/m}^2$ 、时间为 50d

对 P_1 而言: $T_v = 0.00036 \times (50 - \frac{25}{2}) = 0.014$

$$U_v = 12\%$$

$$T_h = 0.0135 \times (50 - \frac{25}{2}) = 0.506$$

$$U_r = 83\%$$

$$U_{rv} = 1 - (1 - \frac{12}{100})(1 - \frac{83}{100}) = 85\%$$

对 P_2 而言: $T_v = 0.00036 \times \frac{50 - 25}{2} = 0.0045$

$$U_v = 8\%$$

$$T_h = 0.0135 \times \frac{50 - 25}{2} = 0.169$$

$$U_r = 44\%$$

$$U_{rv} = 49\%$$

修正后的固结度为:

$$U_{rv} = 0.485 \times \frac{30}{100} + 0.49 \times \frac{30}{100} = 30\%$$

(3) 第三级荷载: $P = 100\text{kN}/\text{m}^2$, 时间为 75d

对 P_1 而言: $T_v = 0.00036 \times (75 - \frac{25}{2}) = 0.022$

$$U_v = 16\%$$

$$T_h = 0.0135 \times (75 - \frac{25}{2}) = 0.84$$

$$U_r = 93\%$$

$$U_{rv} = 1 - (1 - \frac{16}{100})(1 - \frac{93}{100}) = 94\%$$

对 P_2 而言: $t = 75 - 25 - \frac{25}{2} = 37.5$ $U_{rv} = 85\%$

对 P_3 而言: $t = \frac{25}{2} = 12.5$ $U_{rv} = 48.5\%$

$$U'_{rv} = 0.94 \times \frac{30}{100} + 0.85 \times \frac{30}{100} + 0.485 \times \frac{40}{100} = 73.1\%$$

3. 总荷载 $P=100\text{kN/m}^2$ 、施加后 100d

$$\text{对 } P_1 \text{ 而言: } T_v = 0.00036 \times (100 - \frac{25}{2}) = 0.0315$$

$$U_v = 20\%$$

$$T_h = 0.0135 \times (100 \times \frac{25}{2}) = 1.18$$

根据公式有: $U_r = 1 - e^{-\frac{F}{T_h}}$, 其中 F 值为:

$$F = [n^2 / (n^2 - 1)] \ln n - [3n^2 - 1] / 4n^2$$

$$= [24^2 / (24^2 - 1)] \ln 24 - [(3 \times 24^2 - 1) / (4 \times 24^2)] = 2.44$$

$$U_r = 1 - e^{-\frac{2.44}{1.18}} = 98\%$$

$$U_{rv} = 1 - (1 - \frac{20}{100})(1 - \frac{98}{100}) = 98\%$$

$$\text{对 } P_2 \text{ 而言: } t = 100 - 25 - \frac{25}{100} = 62.5 \quad U_{rv} = 94\%$$

$$\text{对 } P_3 \text{ 而言: } t = 100 - 25 - 25 - \frac{25}{2} = 37.5 \quad U_{rv} = 85\%$$

$$U_{rv} = 0.98 \times \frac{30}{100} + 0.94 \times \frac{30}{40} + 0.85 \times \frac{40}{100} = 91.6\%$$

(四) 地基上强度增长

根据公式有: $s = \eta(s_0 + \Delta S_c)$

对于 2-1 层淤泥质亚粘土: $S_0 = q_u / 2 = 24 / 2 = 12\text{kN/m}^2$

根据公式有: $\Delta s_c = \Delta \sigma_z \cdot U_t \cdot \tan \varphi_{cu}$

假定荷载为 $\Delta \sigma_z = 100\text{kN/m}^2$ 、预压 100d 后 $U_t = 91.6\%$ 、 $\varphi_{cu} = 13^\circ$, 则有:

$$\Delta S_c = 100 \times 0.916 \times \tan 13^\circ = 21\text{kN/m}^2$$

取 $\eta = 0.8$, 则

$$s = 0.8 \times (12 + 21) = 26\text{kN/m}^2$$

因此, 经预压后粗略估计强度可提高 $26 / 12 = 2.2$ 倍, 能满足地基上强度要求。

实例二

某国道干线一级公路的一段,路基宽 24.5m,路基填土平均高度 4.5m。位于冲积平原,软基主要有第四系新近沉积的淤质土灰、杂色土、砂层构成,其地层由上而下可分为:

(一)粘土(硬壳层):灰黄色,含少量粉砂粒,可塑状,厚度 0.6~1.2m;

(二)淤泥质粉质粘土:灰色、含较多粉砂粒,局部见清晰层理,层面见粉砂,并见较多薄层粗、中砂(厚 5~10mm),薄层内见较多贝壳碎块,偶见炭化木块、屑,饱和软塑状,厚度 10~13m;

(三)粉质粘土:灰色具较清晰层理,层面见粉砂,饱和可塑状,厚度 3.5m;

(四)粘土:灰黄色,含少量粉砂粒,湿、可硬塑状,厚度 2~6m。

各层土的物理力学指标如表 15-24 所列。

表 15-24 各层土的物理力学指标

土名	天然含水量 ω (%)	密度 γ (g/cm ³)	空隙比 e	压力系数 (1/MPa)	直快粘聚力 q (kN/m ²)	直快内摩擦角 φ	固结系数 C_v (cm/s ²)	固快粘聚力 C_q (kN/m ²)	固快内摩擦角 φ_q
粘土(硬壳)	52.9	1.71	1.435	1.02	18.5	10.9	—	—	—
淤泥质粉质粘土	59.6	1.56	2.181	2.23	11.8	6.8	0.000198	14.1	12.0
粉质粘土	54.3	1.68	1.498	1.35	16.9	5.9	—	—	—
粘土	32.1	1.92	0.883	0.41	24.2	20.3	—	—	—

经比较采用袋装砂并辅以砂垫层方法进行处理。

(五)设计

1. 砂井间距及其布置

井径及间距经过多次固结试算确定为:井径 7cm,井距 1.2m 三角形排列。

2. 砂井的长度

本段软土层较厚,底层没有透水层,砂井的长度由地基稳定和工后容许沉降计算决定。砂井平均长度为 10.0m。

3. 砂垫层的设置

砂垫层厚度采用 60cm, 以保证高出地表水 20cm。考虑到沉降量较大, 设置了 40~60cm 的预拱度, 以保证砂垫层的使用质量。

(六) 设计计算

设计计算包括沉降计算和稳定计算。

1. 沉降计算

总沉降包括瞬时沉降 S_d 、固结沉降 S_c 和次固结沉降 S_s 三部分。瞬时沉降是在加荷初始, 地基土的孔隙水压力来不及消散, 土的孔隙来不及调整, 由地基侧向引起的。这种沉降一般不大, 不宜精确计算。固结沉降是在上覆压力作用下, 地基中的孔隙水逐渐排出, 体积发生变化引起的, 是地基的主要沉降。次固结沉降是指孔隙水压力消散后, 在一定有效应力的作用下, 土骨架由于蠕变变形引起的, 这种沉降很小, 持续时间很长。

本段软土为单一软土层, 因此其主固结沉降量可由公式计算:

$$S_c = [(e_0 - e_i) / (1 + e_0)] H$$

式中: e_0 ——固结层的初期空隙比;

e_i ——各压实层固结后的空隙比, 利用试验的 $e - \log p$ 曲线求得;

H ——压实固结层层厚。由于本段软土的下卧层为粘性土, 故软土层的固结排水属于单面排水情况。

由上式计算得本段软土地基的固结沉降为 $S_c = 65\text{cm}$, $S_d = 9\text{cm}$, 沉降量 $S = S_c + S_d = 74\text{cm}$ 。

实际上由于软土层的厚度比砂井间距要大得多, 故可忽略竖向固结度的计算。

径向平均固结度可根据公式计算。利用 U_r 和 T_h 的关系曲线图, 计算出不同固结度所需的时间, 本段软土地基经袋装砂井处理后, 固结度达到 80% 时所需的时间为 297d。

工后剩余沉降量由公式计算: $\Delta S = S - S_t = (1 - U)S$, 本段软土地基经袋装砂井处理后, 固结度达到 80% 时, 工后剩余沉降量为 22cm。

2. 稳定计算

利用条分法对打砂井前后的路基滑动面进行稳定验算,比较其安全系数。路基滑动破坏安全系数由下式计算:

$$F_s = \frac{\sum (C_u l + W \cos \alpha \tan \varphi_u)}{\sum W \sin \alpha}$$

经计算,打砂井前后此段路基的滑动破坏最小安全系数分别为 1.38 和 1.06,说明打砂井后路基才稳定。

实例三

(一) 前言

107 国道是我国南北经济的大动脉,沿线地质状况复杂多变,尤其在南方地区,往往要横贯许多湖区、沼泽地段。随着我国经济的快速发展,扩宽原有道路,提高现有线路的等级,成为缓解目前交通运输紧张的重要手段之一。武汉东西湖段是出入武汉市的交通咽喉,在湖区扩宽国道并使之很快投入运行,成为当地交通部门的当务之急。

武汉东西湖区面积大,软土层深厚,沿国道走向还有一条宽而深的大型灌溉渠,这给扩宽工程带来了巨大困难。工程分两期进行,全长近 40km,前期 20km,主要采用反压护道和封沟方案,投资大,施工慢,而效果不理想,有的路段尽管采用了宽到 6.0m 的反压平台,仍然出现了较深的沉陷,路面损坏严重。为了提高二期工程的质量,长沙交通学院和武汉市公路管理处联合提出了采用土工网进行湖区软基路填处理的方案。

(二) 工程概况

东西湖段国道南侧,是沿公路延伸的农业灌溉渠,并有密集的分支渠道交汇处,这种地基软土性质很差。1993 年 6 月,对 K27~K34+750 全线近 8km 进行勘测,地质状况如下:

表面粘土:为新近沉积物,呈可塑状态,天然含水量接近液限,孔隙比平均大于 1,不排水抗剪强度粘聚力平均值为 24.98kPa,内摩擦角平均值为 15.5°,标准贯入值小于 2 击,属高压缩软土。

淤泥质土:天然含水量为 41.83,大于液限 39.97,孔隙比 e 为 2.33,大于 1,压缩性高,强度低。

以下为粉、细、中、粗砂层,呈饱和状态,从柱状图看,表面粘土层薄,下面淤泥质土层厚,K33+325~K33+525 段地基条件较差,为重点观察测试路段,人一旦进入,淤泥直没至大腿,机具无法进入,仪器埋设也很困难。全路段具有如下显著特点:

1. 地基承载力低,稳定性差,易产生流动破坏。由于软土触变性大,在外加动荷载的作用下,易变成稀释状态,成为可塑性大、流动性大的软土,极易造成路基侧向沿移、竖向沉降,路堤稳定性差,最后导致路面破坏。

2. 路基沉降量大,各路段沉降差异显著。由于湖区软土具有高压缩性,在垂直压力作用下,产生较大的压缩变形,各段压缩变形无法控制在均匀一致的范围内,造成路面破坏;同时,由于淤泥质土和粘土透水性差,排水固结沉降时间长,不利于软土的快速固结。

因此,新的处理方法,首先必须保证填方高 5~8m 路堤的稳定性,防止路基滑移,避免局部沉陷,并能有效控制边坡溜塌。其次,必须消除路基沉降差异的显著性,使整个路基沉降均匀、稳定,同时使路基快速固结,使工后沉降控制在较低的范围內。

(三)设计

1. 作用机理

(1) 土工网加筋垫层,可阻止路堤填料陷入基底。

(2) 土工网垫层结构,可将分层填土的静载和动载均匀分配至较大范围,减少不均匀下沉。

(3) 土工网与上下土体的机械咬合作用,形成高强度平台,从而增加上体的抗剪强度。

(4) 如采用土工网碎石垫层,可使孔隙水压更快消散,并可抵抗泵吸作用。

2. 设计方案

将老路堤分级挖成台阶,第一层铺设土工网后,在网上填 30cm 厚的碎石,把土工网折回包裹碎石。铺第二层土工网,上面填土厚 1m,把土工网折回

2m 包裹填土。然后继续向上铺网填土至堤顶,如 15-106 图所示。

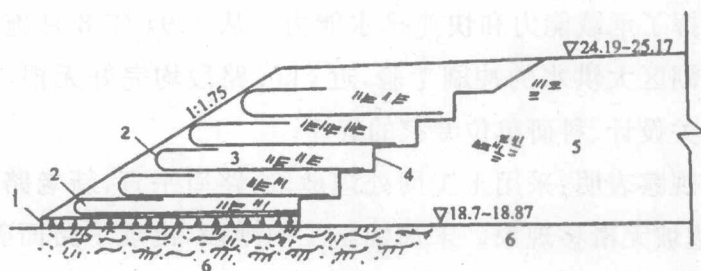


图 15-106 107 国道湖区扩宽断面图(m)

1—土工网包裹碎石;2—土工网;3—填土;4—台阶;5—老路堤;6—软土地基

本工程采用 CE131 土工网,幅宽 2.5m,网孔尺寸 27mm×27mm。

碎石垫层由于有土工网在底部的嵌固作用,在土压力不断增加的过程中始终保持一个整体,成为水平方向的结构性排水层,该垫层具有良好的透水性。在施工过程,随着填土高度的增加,垫层中不断有水排出,大大加快了垫层下软土地基的固结速率。

(四) 施工工艺

施工工艺如下:

1. 清除老路堤边坡及水渠沟底的杂草,清除浮土 50cm,将地基整平;
2. 铺设第一层土工网,并用“U”形钉固定,在新老路堤交界面挖台阶,将土工网逐级固定其上,回填 30cm 厚碎石,将土工网反折 2.0m;
3. 铺设第二层土工网,回填 1.0m 粘性土,分三层铺筑,每层用 8~12t 压路机平压三遍;
4. 将第二层土工网反折水平伸进边坡 2.0m,再按常规施工要求填筑路基至设计标高,距设计标高 80cm 内土的压实度不小于 93%。

(五) 现场观测

施工的同时,在地质状况最恶劣的 K33+325~K33+525 地段 200m 范围内埋设了孔隙水压力及土压力盒,观测路基纵向、横向孔隙水压力及土压力的变化规律。

从测试结果可知:超孔隙水压力增量不大,施工 2 个月后达到最高点,在

填到设计标高 4 个月内超孔隙水压完全消散,土压力趋于稳定,说明土工网垫层结构充分发挥了承载能力和快速排水能力。从 1994 年 8 月施工至今经过了雷雨季节及湖区大洪水的冲刷考验,近 8km 路段均完好无损,得到了湖北省交通厅及有关设计、科研单位专家的好评。

现场对比观察表明:采用土工网处理地段,路肩平直,新老路堤连接处无沉陷和裂缝,边坡无滑移现象。未加铺土工网地段,出现了路面破坏现象,并伴有边坡滑移。

(六)土工网处理湖区软基技术的优点

土工网处理湖区软基技术的优点如下:

1. 软土地基承载力提高幅度大,在 CE131 土工网加 30cm 碎石垫层上回填 30cm 粘土后,即可采用 8~12t 压路机碾压,未采用土工网路堤。填上高度 1.0m 时,表面仍呈弹簧状态,只能用推土机整平碾压。

2. 压实效果好。采用土工网碎石垫层后,由于有土工网的约束作用,填料易于压实,表面平整,压路机轮迹不明显。未采用土工网路段,表面波浪起伏,压路机轮迹深而宽,并有向两侧扩张的趋势,压实效果差。

3. 占地面积减少,边坡变陡,工程量减少,加快了施工速度。

4. 路堤稳定性好,有效防止滑移、塌方、沉陷等现象的产生。

5. 施工简便、易于推广。

6. 节约资金。107 国道武汉东西湖 8km 路段节约投资 140 万元。

实例四

(一)前言

软粘土天然含水量高,孔隙比大,抗剪强度低,渗透系数小,在这类土基上构筑临时性道路时,在行车荷载作用下沉降变形大,且易产生很深的车辙,不仅造成了大量的集料浪费,而且影响了道路的通行性能和使用质量,延长了工期,增加了工程造价。

为了适应我国经济建设和战略的需要,必须要解决在沿海和内陆开发过

程中所面临的日益突出的道路软土地基处理问题。

军事道路保障中采用土工织物克服泥泞道路取得了满意的效果。

(二)设计的依据和资料

我国 20 世纪 50 年代颁布《公路工程设计准则》和《养路技术规范》提到柴排、草皮等可用于公路建设和养护中的软弱地基处理。英国军队在第二次世界大战中曾专门设计了一种装甲车来铺设束柴和帆布,并在 1944 年对诺曼底的袭击中得到了应用。美国工程兵水道试验站对土工织物在临时性道路中的应用进行了广泛的研究,制成了一系列实用的计算图表。这些图表的曲线族与地基土强度、土工织物的模量、车辆荷载及通行量等因素有关。

根据军事道路保障的需要,在云南某地的一水塘中进行了铺设土工织物的试验工程,该水塘地表积水 15cm,表面层土为饱和软粘土,厚 90cm,其主要物理性质见表 15-25 所列。

表 15-25 土的主要物理性质

粒 度 成 分	粒径(mm)	占质量百分数(%)	饱和度容重(kN/m ³)	18.3
	<0.005	48	含水量(%)	40
	0.005~0.01	7		
	0.01~0.05	11	液限(%)	38
	0.05~0.1	24		
	0.1~0.25	8	塑限(%)	20
	0.1~0.5	1		
	0.5~1	1	塑性指数(%)	18

用工兵圆锥仪测定土的贯入阻力,贯入深度 60cm 时贯入阻力为 175kPa,平均贯入阻力为 562kPa,用剪切仪试验测得沿路中心线测点土的抗剪强度指标见表 15-26 所列。

表 15-26 中线上测点土的剪刀试验结果

测 点		I	II	III	IV	平均
剪力 (kPa)	φ	0	0	0	0	0
	c	44.0	58.5	14.7	30.3	36.9

上海工业用泥厂生产的 B960—DP6 型针刺非织土工织物主要性能指标, 见表 15-27 所列。

工程中对土工织物表面铺设碎(砾)石路面以及芝草束碎(砾)石路面与不铺上土工织物碎(砾)石路面进行了对比。碎石的最大粒径为 5cm, 砾石为河砾, 粒径小于 6cm, 其中含有一定数量的粗砂。芝草 3~4 根捆扎成一小捆, 纵向用 12 号铁丝编结, 宽 1.2m, 长 7m, 制成可卷式路面。

表 15-27 土工织物的主要性能指标

性能指标		单 位	数 值
单位面积质量		g/m^2	580.6
厚 度		mm	4.8
抗拉强度	经向	N/3cm	940
	纬向	N/3cm	1 350
抗撕裂强度		N	>800
幅 宽		m	4.2

(三)设计方法

为了保证集料—土工织物—土基系统的性能, 碎(砾)石层应具有一定的厚度, 其厚度与其本身的强度、土基的强度、土工织物的力学性能、荷载、交通量的大小以及允许的车辙深度等因素有关。在设计时参考了 POLYFELTTS 非织土工织物的设计方法, 并结合实际经验确定。

1. 确定 D_0 。

根据荷载轴压力的大小。填料的好坏以及土基的加州承载比(CBR)值确定防止局部剪切破坏的填高 D_0 , 如图 15-107 所示。对于好的集料, 按