



塑料排水板不同设置状态加固软土地基效果的理论分析

■ 文 / 姜德超 罗彦峰 王廷国

及地区经验, 确定路基各层土的参数。

太沙基渗透固结理论

本工程采用塑料排水板, 其功能和排水机理与砂井相同, 其固结理论和设计方法也基本相同。因此, 可将排水板换算成等效直径的砂井对塑料板排水预压法进行设计和研究。其等效直径为

$$d_e = \frac{2(b+\delta)}{\pi} \alpha$$

式中: α 为换算系数; 取 α 为 0.8;

δ 、 b 分别为塑料板的厚度和宽度。

排水板影响圆的直径计算和砂井相同, 排水板采用等边三角形排列时:

$$d_e = \sqrt{\frac{2\sqrt{3}}{\pi}} \times L = 1.05L$$

式中: L 为排水板间距。

路基土与实际情况相比可有如下假设:

1) 压缩土层是均质、各向同性的饱和土体;

2) 饱和土体的土粒和水均认为不可压缩;

3) 在固结过程中, 渗透系数和压缩模量均视为常数;

4) 土中水的渗流规律符合达西定律;

5) 不考虑次固结的影响。

对于塑料排水板加固的地基, 太沙基 (Terzaghi) 给出竖向平均固结度 \bar{U}_v 为:

$$\bar{U}_v(t) = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-\frac{\pi^2}{4} Tv} \quad (1)$$

式中: Tv 为时间因子, $Tv = Cv \cdot t / H^2$

; Cv 为竖向固结系数; H 为土层厚度。

巴隆 (Barron) 最先给出了理想井在等垂直应变和自由垂直应变两种边界条件下的水平向固结方程的解。仅考虑水平向流动时的平均固结度为:

$$\bar{U}_h(t) = 1 - e^{-\frac{8T}{\pi^2}} \quad (2)$$

式中:

$$T(n) = \frac{n}{n^2 - 1} \ln(n) - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} T = \frac{C_h t}{d_e^2} \quad n = d_e / d_w$$

由水平向、竖向共同排水引起的土层总平均固结度表达式为:

$$\bar{U}_v(t) = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-\beta Tv} \quad (3)$$

$$\text{式中} \quad \beta = \frac{8C_v}{F(nkL)} + \frac{\pi^2 C_h}{4H^2}$$

塑料排水板未穿透软土层时固结度为:

$$\bar{U}_v(t) = \bar{U}_v(t) - (1 - \bar{U}_v(t)) \quad (4)$$

式中: $\bar{U}_v(t)$ 为未穿透排水井段的固结度;

$\bar{U}_v(t)$ 设置排水井段的固结度; $\bar{U}_v(t)$ 未穿插排水井段的固结度;

H_1 为塑料排水井长; H_2 为未穿插部分厚度。

塑料排水板设置不同状态土层固结度计算及加固分析

1. 排水板不同间距时固结度计算及分析

软土路基具有天然含水率高、孔隙比大、透水性较差、压缩性高和强度低等特点, 在修建公路时容易产生路堤失稳或沉降过大等诸多问题, 导致公路破坏或不能正常使用。我国东北地区软基处理不仅要考虑软基的特点, 还要考虑冬季寒冷、换季时温差大等气候影响, 特别是软基含水量大时, 容易造成路基膨胀和收缩, 导致冬季凸起和夏季凹陷。

塑料排水板可增加软土层排水途径, 缩短排水距离, 在上部荷载作用下产生附加应力, 使土颗粒间的水分通过插在土层中的排水板排出土层外, 加速地基的固结与沉降, 以达到提高地基承载力、保证路基稳定的目的。此方法在我国南方道路建设中已被应用, 但施工时荷载一次预压还是逐级预压、预压的时间、塑料排水板间距及其长度难以确定, 所以对塑料排水板法在东北寒冷地区公路软土地基处理中的影响因素进行研究是很有必要的。本文从理论上分析了塑料板排水法不同设置状态加固软土地基的效果。

工程概况及土层参数确定

试验路段位于哈尔滨绕城高速公路某路段, 路段桩号为 K47+100 与 K48+100。2001 年试验区勘察揭示的地层为泥炭质淤泥、粉质粘土、粉土、中细砂 4 层。通过钻孔取样, 根据试验数据

某一钻孔处土层厚度如下:

第1层:泥炭质淤泥 $h=14\text{m}$; 第2层:粉质粘土 $h=2\text{m}$;

第3层:粉土 $h=1.5\text{m}$; 第4层:中细砂 $h=5\text{m}$ 。

软土层上铺设50cm砂垫层,假设外荷是一次施加于土体,塑料排水板穿透软土层(上三层),此时为双面排水固结。塑料排水板间距分别取1.2m、1.4m、1.6m、1.8m、2.0m,把各参数带入公式(3),可得各时刻下不同间距的固结度,见表1。

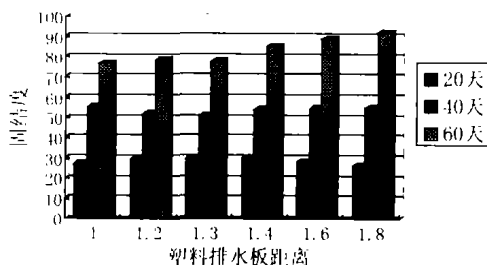
表1 塑料排水板不同间距的固结度

时间 t/d	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
20	84.78	95.96	94.74	99.99	100
40	77.73	89.71	98.70	99.98	100
60	71.86	82.05	96.03	99.81	99.99
80	65.20	74.49	92.78	99.17	99.92
100	58.41	66.92	88.49	97.73	99.62

根据计算结果和表1可以看出,软土层固结度很快达到80%是因为该处2、3层软土渗透系数较高,类似于砂土层,固结速度很快,主要表现为瞬时沉降。根据施工需要该处塑料排水板间距采用1.6m较为合适。

另外如果预压荷载不是一次施加,拟定加荷计划分为三级,荷载分别为 30kPa 、 30kPa 、 40kPa 进行预压,堆载时间分别为20天、40天、60天。为了直观地看出塑料排水板不同间距时固结度关系,做柱状图1如下。

图1 不同排水板间距时固结度



对比表1和图1可以看出,预压荷载一次施加软土层,固结度20天就达到90%左右,而逐级预压时固结速度缓慢,

固结度60天方达到90%以上。相比之下,一次施压固结速度快,但是施工困难。

2. 排水板不同长度时固结度计算及分析

塑料排水板没有穿透软土层,荷载逐级预压,加荷计划分为 30kPa 、 30kPa 、 40kPa 三级,堆载时间分别为20天、40天、60天,并计算80天、预压荷载 100kPa 时的固结度。排水板间距采用1.6m,排水板长分别取12.5m、13.5m、14.5m、15.5m、16.5m、17.5m时,各参数带入公式(5),得塑料排水板不同长度时的固结度,见表2。

表2 塑料排水板不同长度时的固结度

固结 时间 t/d	20	40	60	80
12.5	27.11	55.51	76.77	89.52
13.5	29.17	52.32	78.57	91.06
14.5	29.94	51.11	77.81	91.04
15.5	30.31	51.29	83.27	97.06
16.5	28.25	51.87	88.90	98.72
17.5	26.24	55.08	92.05	99.53

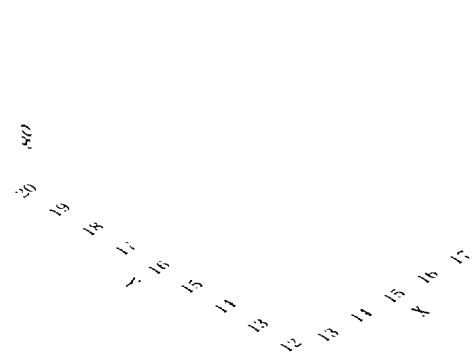
可以看出,塑料排水板小于14.5m时,塑料排水板没有穿透厚度较大的泥炭质淤泥,该层渗透系数小,平均固结速度缓慢,60天的固结度还没有达到80%。塑料排水板大于14.5m时,穿透了泥炭质淤泥,平均固结速度较快。塑料排水板逐级加荷穿透和未穿透软土层相比较,穿透时60天固结度达到90%以上,而未穿透时80天固结度才达到90%以上。

塑料排水板长度大、施工期短,但是施工难度大,易造成排水板弯曲,影响渗透效果。塑料排水板在冻土层中作用不明显,东北地区软土层设置塑料排水板施工考虑季节变换,确保达到预期效果。

3. 各种状态下土层固结度综合分析

逐级加载,塑料排水板不同间距,不同长度,预压60天,荷载到 100kPa 时固结度等值线立体图如下。

图2 预压60天不同状态下土层固结度等值线图



等值线图2中,x轴(12.5m~17.5m)为塑料排水板长度,y轴(1.2m~2.0m)为塑料排水板间距,z轴为固结度(%)。可以看出由(14.5,12)、(14.5,16)、(18,16)、(18,12)四点围成的区域(右角)固结度较高。可以说明塑料排水板长度大,穿透软土层,塑料排水板间距越小时,固结度越高。而在图中左角标有z轴处,固结度最低,表示塑料排水板打得浅、间距大时,土层固结速度增长缓慢。

结论和建议

(1) 预压荷载和塑料排水板长一定,塑料排水板间距小时,土层固结速度快。但是施工时排水板间距太小,塑料排水板用量多,施工复杂,所以应根据施工条件合理选择排水板间距。

(2) 预压荷载和塑料排水板间距一定,塑料排水板长时,尤其是穿透软土层,土层固结时间短。塑料排水板太长对施工机械和排水板材料要求高,打设难度大。

(3) 塑料排水板间距和长度一定时,荷载一次预压比逐级预压施工期短,荷载一次预压施工难度高。

(4) 设置塑料排水板,东北地区要考虑换季冻融的影响,所以施工期应选择适当,冬季施工有待进一步研究。

责任编辑:唐发斌