

一种预测路基工后沉降量的方法

许永明, 徐泽中

(河海大学高等级公路研究中心, 江苏 南京 210098)

摘要 根据沪宁高速公路长期的工后沉降观测资料, 总结出地基沉降固结的规律: 在荷载稳定时, 沉降曲线在 $s \sim \lg t$ 坐标中接近于抛物线. 据此提出了一种简单易行、能够比较准确推算未来沉降量的方法, 即根据一段时间的实测沉降量, 结合位移反分析方法, 推算出方程的系数, 即可得到沉降方程. 工程实践证明, 文中所提方法克服了常规双曲线等方法推算结果误差较大的缺陷.

关键词 地基处理; 沉降; 预测

中图分类号: TU470⁺.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-198X(2000)05-0111-03

在高等级公路建设中, 塑料排水板堆载预压法在深厚软基处理方面得到了广泛的应用^[1]. 工程实践表明^[2], 塑料排水板插入过程引起孔隙水压力的增大和降低会触发对软基的扰动, 从而导致软土强度的降低, 增大地基的压缩性, 引起总沉降量和工后沉降量的增大. 若辅以超载预压措施, 提高其固结压力, 可使沉降增量提前在预压期多发生, 对缩短预压时间和减小永久荷载下工后沉降效果明显.

实际工程中, 如何确定超载强度, 预估预压期时间、工后沉降量, 将直接影响到公路的质量、工期、造价等. 为此, 人们研究提出了各种各样的估算方法, 比较常见的有双曲线方法、指数曲线法及近年来发展起来的灰色模型预测等. 随着近代计算机的发展, 有限元的反分析方法得到了发展. 这种方法在理论上较为严密, 但是受到数学方法及前、后期处理比较烦琐等原因的限制, 在实际工程中并没有得到广泛的应用. 本文通过沪宁高速公路近 4 年的实测沉降资料并研究其沉降规律后, 提出了一种计算沉降量的实用而简便的方法.

1 方法的提出

沪宁高速公路经塑板处理路段的工后沉降资料分析表明, 公路建建后的沉降曲线在初期并不表现为双曲线或指数曲线的形式. 如果用这时的沉降值采用双曲线等方法来预测未来的沉降, 则会出现比较大的误差, 可能使计算结果偏不安全.

笔者通过对现场观测值的分析, 发现固结曲线在建建后的沉降-时间对数坐标系($s \sim \lg t$)中可以由两部分组成, 第一部分可由抛物线来拟合, 第二部分也就是次固结部分可以由直线拟合. 第一部分和第二部分发生的量级和时间取决于土层固结后达到的孔隙比所对应的当量固结应力, 只要运营期的有效应力小于预压期末的该固结应力, 次固结可以忽略不计, 否则, 就应该考虑次固结的影响.

实践证明, 除有机质含量很高的土类外, 沉降量主要集中在第一部分, 沉降曲线一般表达式为

$$s = a(\lg t)^2 + b \lg t + c$$

式中参数 a, b, c 可用优化方法求得. 这里采用外部罚函数法^[3], 基本步骤为 (a) 取 $M_1 > \alpha$ (比如 $M_1 = 1$), 误差 $\epsilon > 0, k = 1$ (b) 求解无约束极值问题

$$\min R(x, M_k) = R(x^{(k)}, M_k)$$

其中:

$$R(x, M_k) = f(x) + M_k \sum_{i=1}^m [\min(0, g_i(x))]^2$$

(c) 若条件

$$M_k \sum_{i=1}^m [\min(0, g(X))]^2 < \varepsilon$$
$$X^* \approx X^{(k)}$$

满足, 停止迭代, 得

否则, 转(d) (d) 令 $M_{k+1} = CM_k$, 其中 $C = 5$ 或 10 , $k = k + 1$, 返回(b).

通过上述步骤就可求得参数 a, b, c , 得到沉降表达式, 从而可方便地推测工后沉降量. 最终沉降量近似等于常数项 c . 实际推算结果比双曲线方法更加可靠.

本文所提出的方法主要用于工后沉降的估算, 尤其适用于塑料排水板处理的地基, 当然也适用于其他方法处理的地基.

2 工程实例

沪宁高速公路全线土层主要由亚粘土层、淤泥质粘性土、亚砂土分层、粘土层和粉砂层等组成, 具三角洲相沉积特性. 实例地段, 最大含水量超过 50% 的淤泥质土层出现在表层以下 30 m 左右深度内, 地下水位埋深约 1.5 m.

实例 1 以 k7 + 512 为例, 取前 3 个月的实测值来推算, 利用罚函数的优化方法, 可以推出其表达式

$$s = -43(\lg t)^2 + 145\lg t - 303$$

由此式推算出的各时刻的沉降量见表 1, 沉降曲线见图 1.

实例 2 以沪宁高速公路桩号为 k7 + 844 断面为例, 取前 4 个月的实测值, 可得到表达式

$$s = -119(\lg t)^2 + 403\lg t - 1336$$

由此式得到的各时刻的沉降量见表 2, 沉降曲线见图 2.

表 1 k7 + 512 的实测值与推测值的比较

Table 1 The comparison of the survey value and the forecasted value of the k7 + 512									mm
1996 - 08 实测值	1996 - 10 实测值	1996 - 12 实测值	1997 - 10		1998 - 10		1999 - 01		
			实测值	推测值	实测值	推测值	实测值	推算值	
184	188	194	221	222	243	244	252	251	

表 2 k7 + 844 的实测沉降量与推测值的比较

Table 2 The comparison of the survey value and the forecasted value of the k7 + 844									mm
1996 - 08 实测值	1996 - 10 实测值	1996 - 12 实测值	1997 - 03		1998 - 09		1999 - 09		
			实测值	推测值	实测值	推测值	实测值	推算值	
989	1018	1022	1066	1058	1106	1099	1175	1168	

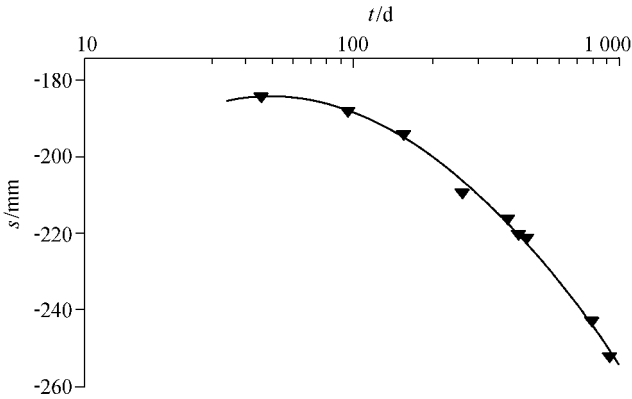


图 1 k7 + 512 的沉降曲线($s \sim \lg t$)

Fig.1 The settlement curve of the k7 + 512($s \sim \lg t$)

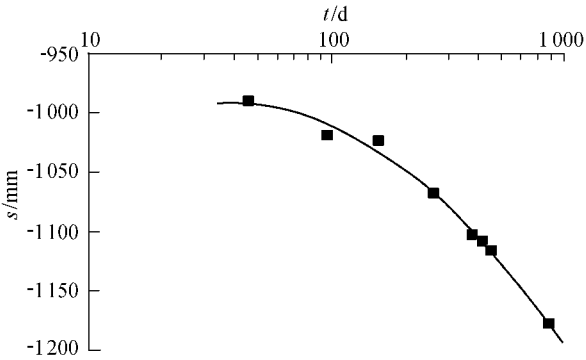


图 2 k7 + 844 的沉降曲线($s \sim \lg t$)

Fig.2 The settlement curve of the k7 + 844($s \sim \lg t$)

实例 3 以沪宁高速公路 k0 + 195 为例 , 仍然取前 4 个月的实测值 , 得到的表达式为

$$s = - 66(\lg t)^2 + 213 \lg t - 927$$

由此式得到的各时刻的沉降量见表 3 , 沉降曲线见图 3.

表 3 k0 + 195 的实测值与推测值的比较

Table 3 The comparision of the survey value and the forcasted value of the k0 + 195

mm

1996 - 08 实测值	1996 - 10 实测值	1996 - 12 实测值	1997 - 03		1998 - 09		1999 - 01	
			实测值	推测值	实测值	推测值	实测值	推算值
755	766	778	797	798	824	822	880	876

从以上 3 个例子可以看出 , 推测值与实测值非常接近.

3 结 论

- a. 塑料排水板处理软土地基 , 只要有足够的荷载强度 , 就可加快地基的固结 , 使地基在预压期内的沉降早发生 , 并且可以有效地减少工后沉降 , 使之发生在预定的预压期内.
- b. 采用塑料排水板处理地基时 , 由于插板后对地基产生扰动 , 因此会引起总沉降量和工后沉降量的增大 , 若用传统方法估算工后沉降 , 则会产生较大误差 , 用本文方法则会避免较大误差的产生.
- c. 应用本文提出的估算沉降量的方法 , 仅需掌握短期的实测资料即可求得满足工程精度要求的工后沉降量及上路面时对应的沉降速率 , 并及时指导施工.

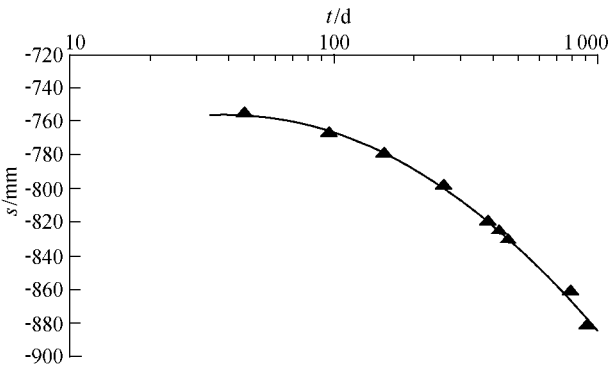


图 3 k0 + 195 的沉降曲线($s \sim \lg t$)

Fig.3 The settlement curve of the k0 + 195($s \sim \lg t$)

参考文献 :

[1] 徐泽中 , 白忠良 . 沪宁高速公路(江苏段) 软土地基沉降观测稳定验证分析 [J]. 水利水电科技进展 , 1998 , 18(2) 36 ~ 39.

[2] 徐泽中 , 方涤华 . 塑料排水板深层处理方案沉降规律的研究 . 水利水电科技进展 , 1998 , 18(2) 40 ~ 43.

[3] 张乃良 , 孙宗池 . 最优化方法 . 济南 : 山东大学出版社 , 1995 . 218 ~ 222.

A New Method to Predict the Settlement of Embankment

XU Yong-ming , XU Ze-zhong

(The Research Center of High-Grade Highway , Hohai Univ . , Nanjing 210098 , China)

Abstract : In the article summarised is the law of consolidation settlement according to the long term survey data of the HU-NING highway . It is considered that the settlement curve is close to the parabola in the s-lgt coordinate when the load is stable . On this basis , a simple method is proposed to predict the future settlement accurately . Based on the survey data , combined with the reverse-analysis of displacement , through calculation of the coefficient of the equation the equation of settlement can be obtained . Engineering practice proves that the result predicted by the present method is more accurate than that by conventional methods .

Key words : ground improvement ; settlement ; forecast