

修正双曲线法在路基沉降变形初期阶段的应用探讨

冯文凯 刘汉超

(成都理工大学, 成都 610059)

摘要: 结合某高速公路A、B两段路堤完工后的前期沉降监测成果,并通过最终沉降变形预测结果之间的对比以及预测结果对监测成果的拟合对比,对修正双曲线法在沉降变形初期阶段中的应用问题进行了初步探讨。

关键词: 修正双曲线法; 沉降变形; 初期; 应用

中图分类号: U416.1⁺6 **文献标识码:** A

双曲线法是我们经常用到的沉降变形预测计算方法之一,按照常规,从沉降与时间曲线的后部分取任意两点(此时,沉降变形基本稳定或变化很小),便可较理想地计算最终沉降量以及任意时间的沉降变形,但如果沉降变形还处于变化较大的初期阶段,即处于双曲线的前段,此时如若直接利用该方法便会出现较大程度的偏差,因而必须对其应用进行修正。下面是根据类似情况的某高速公路K97+920~K98+125(A段)与K98+325~K98+470(B段)两段路堤建成后不久的沉降监测资料,通过沉降变形预测对比,来探讨修正双曲线法在实际应用中的合理性。另外,为了后面分析之便,有必要先将A、B两段地质情况作简要介绍。

1 地质结构概况

该两段高速公路的路堤建于谷地冲洪积成因的粘性土、淤泥及松散砂土之上。据钻探揭露,其地质结构略有不同,现自上而下分述如下。

1.1 A段路基的地质结构

(1)填筑土:以砂、泥岩碎块石为主,粘性土含量约20%。块石大者30~50 cm,松散—稍密。层厚0.3~12.8 m,一般在5~8 m。在高速公路中隔带上,层厚为7.40~12.80 m。

(2)粉质粘土:灰棕色,软塑,很湿,局部受挤压

具扰动现象。层厚0.80~3.65 m。

(3)淤泥质粘土:棕灰、黑灰色,软塑,局部流塑,饱和,含腐殖质及朽木,局部夹薄层细砂及淤泥。层厚1.40~9.30 m。

(4)粉细砂土:灰、灰绿色,松散—稍密,饱水,局部含泥和夹淤泥薄层。层厚2.90~10.55 m,局部尖灭。

(5)淤泥质粘土:灰黑色,软塑,饱水,含腐殖质。层厚0.4~4.65 m,局部尖灭。

(6)泥岩、泥质粉砂岩:紫、紫红色,中厚层互层状,层理发育。顶面最大埋深28.50 m。

1.2 B段路基的地质结构

(1)填筑土:以砂岩、泥岩碎块石为主,充填有角砾和粘性土,松散—稍密。层厚4.50~13.70 m。在高速公路中隔带上,层厚为5.30~11.20 m。

(2)粘土:灰棕色,软塑,很湿,局部下部含淤泥质,呈透镜体或似层状。层厚1.40~3.80 m。

(3)淤泥:灰黑、黑色,软塑,局部呈流塑状,饱水,富含腐殖质,夹薄层细砂及淤泥质粘土透镜体。层厚5.10~11.55 m。

(4)泥岩、泥质粉砂岩:紫、紫红色,中厚层互层状,层理发育。顶面最大埋深23.80 m。

2 双曲线法计算公式探讨

2.1 一般双曲线法

许多规范中都介绍了一般双曲线法在沉降变形预测中的应用,现简单介绍如下。

$$\text{计算公式: } s_t = \frac{t}{a+t} s \quad (1)$$

式中, s 为待定的基础最终沉降量(mm); s_t 为在时间 t 时基础的实测沉降量(mm); a 为待定的经验系数。

从沉降与时间曲线的后部分,取任意2组已知的 s_{t1}, t_1 和 s_{t2}, t_2 值代入式(1)中得:

$$s_{t1} = \frac{t_1}{a+t_1} s$$

$$s_{t2} = \frac{t_2}{a+t_2} s$$

联立以上两方程式即可求得最终沉降量 s 和经验系数 a 值如下:

$$s = \frac{t_2 - t_1}{\frac{t_2}{s_{t2}} - \frac{t_1}{s_{t1}}}$$

$$a = s \frac{t_1}{s_{t1}} - t_1 \text{ 或 } a = s \frac{t_2}{s_{t2}} - t_2$$

将 s 及 a 值代入式(1)中即可推算任意时间的沉降量 s_t 。

2.2 修正双曲线法(一)

(1)时间起点选择。双曲线公式主要是从沉降与时间曲线的后部分取任意值进行预测计算,而A、B区段路堤是在1998年12月份完工(沉降监测是从2000年3月份开始),因此,为了使观测值相应向沉降-时间关系曲线的后部分推移,此处仍将时间计算起点选在路堤完工时,这样也可使计算结果可信度相应增加。

(2)公式推导。由于该两区段沉降监测均是在路堤完工一年多以后才着手进行的,路堤完工后至观测开始这段时间内沉降变形未知,因此,取任意3组已知的沉降变形监测值 s_{t1}, s_{t2}, s_{t3} 及相应的时间 t_1, t_2 和 t_3 ,代入双曲线计算公式(1)中可得:

$$s_{t1} = \frac{t_1}{a+t_1} s \quad (2)$$

$$s_{t2} = \frac{t_2}{a+t_2} s \quad (3)$$

$$s_{t3} = \frac{t_3}{a+t_3} s \quad (4)$$

式(3)减去式(2)、式(4)减去式(3),然后将相减所得的两式相比,即可解决上述部分沉降变形未知的问题,最后求得待定系数 a 值;

$$a = \frac{(s_{t3} - s_{t2})(t_2 - t_1) \cdot t_3 - (s_{t2} - s_{t1})(t_3 - t_2) \cdot t_1}{(s_{t2} - s_{t1})(t_3 - t_2) - (s_{t3} - s_{t2})(t_2 - t_1)}$$

将 a 值回代到式(3)减去式(2)或式(4)减去式(3)所得到的式子当中,便可求得对应的最终沉降量 s :

$$s = \frac{s_{t2} - s_{t1}}{\frac{t_2}{a+t_2} - \frac{t_1}{a+t_1}} \text{ 或 } s = \frac{s_{t3} - s_{t2}}{\frac{t_3}{a+t_3} - \frac{t_2}{a+t_2}}$$

(3)统计处理。根据最近的监测数据,采用随机组合的理论,利用上面的推导公式编程计算可求出一系列的最终沉降量 s 及经验系数 a ,然后按Grubbs准则首先分别对 s 及 a 值进行数据的统计整理(置信水平95%),再根据地基土物理学指标统计的要求,按风险率 $\alpha=0.05$ 进行统计处理。将统计结果 s 及 a 值代入式(1)中即可推算任意时间 t 的沉降量 s_t 。

2.3 修正双曲线法(二)

由于路基土为软弱土层,我们所选取的计算点均为A、B区段上沉降量较大的点(沉降中心),且都位于路堤基础的纵轴线上,因此待定的经验系数 a 应大于零,才能保证沉降变形量在增加。另外,由于观测数据有限,观测时间相对于软基沉降时间太短(参考邻近铁路路基土沉降历史及利用一维固结公式对沉降时间的粗略估算),即现阶段的沉降变形还处于沉降变化较快的初始阶段,曲线曲率变化较大,这样就不能完全保证修正双曲线法(一)的数学推导过程中 a 值的正负。因此,为了解决这一问题,在修正双曲线法(一)其他条件不变的情况下,在公式推导前特将 a 取绝对值,即将式(1)变换为:

$$s_t = \frac{t}{|a|+t} s \quad (5)$$

其他推导过程同修正双曲线法(一),最后可得:

$$a = \pm \frac{(s_{t3} - s_{t2})(t_2 - t_1) \cdot t_3 - (s_{t2} - s_{t1})(t_3 - t_2) \cdot t_1}{(s_{t2} - s_{t1})(t_3 - t_2) - (s_{t3} - s_{t2})(t_2 - t_1)}$$

$$s = \frac{s_{t2} - s_{t1}}{\frac{t_2}{|a|+t_2} - \frac{t_1}{|a|+t_1}} \text{ 或 } s = \frac{s_{t3} - s_{t2}}{\frac{t_3}{|a|+t_3} - \frac{t_2}{|a|+t_2}}$$

将统计结果 s 及 a 值代入式(5)中即可推算任意时间 t 的沉降量 s_t 。

3 沉降预测结果

(1)沉降变形量预测结果

为了更好地对比一般双曲线法及修正双曲线法(一)和修正双曲线法(二)的沉降量预测结果,特将利用《建筑地基基础设计规范》所计算的最终沉降量

同时列于表 1。

表 1 B 段主要特征点最终沉降量预测结果

Table 1 The predicted outcomes of final sedimentation at the typical points of A and B sections

区段	里程桩号	《建筑地基基础设计规范》法	双曲线法	修正双曲线法(一)	修正双曲线法(二)
A 段	K97+920	58.0	59.5	84.4	81.9
	K97+940	111.9	86.8	216.3	154.7
	K97+960	163.6	83.4	157.2	139.6
	K98+028	71.9	26.5	53.0	58.5
B 段	K98+360	131.3	84.8	125.7	150.0
	K98+470	157.8	206.6	234.7	207.7

注:单位(cm)

表 2 A、B 段主要特征点沉降拟合对比结果

Table 2 The fitted sedimentation outcomes at the typical points of A and B sections

区段	里程桩号	修正双曲线法(一)				修正双曲线法(二)			
		2000 年 3 月 22 日		2000 年 9 月 25 日		2000 年 3 月 22 日		2000 年 9 月 25 日	
		观测值	拟合值	观测值	拟合值	观测值	拟合值	观测值	拟合值
A 段	K97+920	23.64	20.81	28.55	26.44	23.64	25.73	28.55	31.91
	K97+940	32.01	35.18	38.81	46.08	32.01	32.73	38.81	42.19
	K97+960	21.95	29.16	27.70	37.87	21.95	25.57	27.70	33.24
	K98+028	11.47	13.10	13.64	16.64	11.47	10.67	13.64	13.88
B 段	K98+360	22.61	30.82	28.50	39.17	22.61	22.95	28.50	30.17
	K98+470	29.45	22.21	38.89	29.85	29.45	34.23	38.89	44.80

注:单位(cm)

4 预测结果及方法分析评价

(1)《建筑地基基础设计规范》法虽然在地基最终沉降量的计算中是最常用的方法之一,但其自身也有缺陷和不足,如对超固结比较大的土来说,计算结果偏大很多,相反则偏小。而由 A、B 两段的地质结构情况可知,其路基土基本上属正常固结土层,因此,利用该方法计算的沉降变形对实际情况来说应该是偏小。正因如此,综观对照三种双曲线法计算结果可见,一般双曲线方法的计算结果在本工程路段总体上偏小,可以说该方法在此处的应用是不合理的。

(2)对修正双曲线法(一)和修正双曲线法(二)而言,从沉降量预测结果对比上看,难以判断哪一种更合理。而从利用沉降预测结果对 2000 年 3 月 22 日及 9 月 25 日的观测结果的拟合对比来看,修正双曲线法(一)有 1/3 的结果比相应观测值小(不合理),而点 K97+960 和 K98+360 的拟合结果又偏大甚多(也占计算点总数的 1/3),由此可看出,其拟合程度相对来说也较差。

(3)由 A、B 两段的地质结构可知,虽然两段路基土均为正常固结土层,但相比之下,A 段路基土的

(3)沉降变形拟合对比结果

A、B 两区段路堤完工时间为 1998 年 12 月份,由于受下伏软土层的影响,沉降过大,为此,1999 年 12 月份又重新对路面进行了加铺,加铺厚度已知;同时,2000 年 3 月份开始对路基沉降进行监测。由此,如果将加铺厚度与后期监测成果之和近似作为路堤完工以来的沉降量(缺失 1999 年 12 月份至 2000 年 3 月份沉降资料),那么,我们可以利用修正双曲线法计算结果对监测成果进行拟合对比,结果详见表 2。

性质要略好于 B 段,因此,利用修正双曲线法(二)与《建筑地基基础设计规范》法计算所得的沉降量之差值应该是 B 段略大于 A 段,实际计算结果也正是如此。

(4)A 段 K97+960 与 K98+280 两处由于路基土含有厚层粉细砂,该层结构虽为松散—稍密状态,但相对粘性土层来说仍属性质较好的土层,这也可能是造成 A 段该两点利用修正双曲线法(二)进行沉降预测略偏小的原因之一。

总之,修正双曲线法(二)相比之下其计算结果更具合理性。

5 结论

(1)双曲线法是沉降计算中较常用的方法之一,但其仅局限于沉降基本趋于稳定的曲线后段取点计算,在曲线前段应用便会出现较大偏差,这样就使其在实际应用中受到了一定限制。而修正双曲线法便初步解决了这一问题。

(2)根据前面沉降预测结果及评价分析可见,虽然修正双曲线法一的应用也有其部分合理性,但与修正双曲线法(二)的对比来看,修正双曲线法二的预测结果波动偏差更小,因此,其应用相对来说,

更具实际意义。

(3)从修正双曲线法(二)的推导过程来看,虽然其计算可包容一般双曲线法,但由于该方法仅在本工程路段首次得以试用,其真正合理性,还需后期其他工程应用中的大量验证。

参考文献

- [1] 常士驷,等.工程地质手册(第三版)[S].中国建筑工业出版社,1992年.
- [2] 林宗元,等.岩土工程试验监测手册[S].辽宁科学技术出版社,1994年.
- [3] 杨英华,等.土力学[M].地质出版社,1987年.

APPLICATION OF REVISED HYPERBOLA METHOD IN THE EARLY STAGE OF SUBSIDENCE DEFORMATION OF ONE ROADBED

FENG Wen-kai LIU Han-chao

(Institute of Engineering Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Based on the deformation monitoring of the early subsidence of A and B section of one highway, and by means of the comparison among the prediction of eventual subsidence deformation, and the comparison between the prediction from the revised hyperbola method and the monitoring outcome, the method used in the early stage of subsidence of the roadbed is discussed in this paper.

Key words: revised hyperbola; subsidence deformation; early stage; application

作者简介: 冯文凯(1974—),男。成都理工学院在读硕士研究生,地质工程专业。

(上接第45页)

THE APPLICATION OF FUZZY SYNTHETIC EVALUATION METHOD IN THE ENVIRONMENT HYDROLOGICAL GEOLOGY ASSESSMENT ON SOLID WASTE DISPOSAL SITES IN CHENGDU

LUO Yong-zhong TANG-Xiao-ping ZHU Shi-qiang

(No. 101 Geotechnical Brigade, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resource, Guanghan 618300, China)

Abstract: This paper introduces briefly the fuzzy synthetic evaluation method and then develops a fuzzy mathematical model. The monitoring is made on hydrology environment of solid waste disposal sites in Chengdu. Based on the monitoring data, evaluation is made for the present status of groundwater environment with multi-factors.

Key words: fuzzy math; solid wastes; hydrological geology; environment evaluation

作者简介: 罗永忠(1966—),男。工程师。现主要从事水文地质、工程地质及环境地质工作。