

# 三峡机场第一沉降区观测成果分析

任德记 何薪基 姚成焕 陆付民  
(武汉水利电力大学宜昌校区,宜昌 443002)

**【摘要】**在三峡机场第一沉降观测区进行沉降分析时,采用了带权优化回归方程系数等方法,建立了沉降模型,并作了地基的稳定分析、跑道不均匀沉降的坡度分析,为工程施工决策提供了科学依据。经竣工验收及5年半通航考验,该地基变形证明所采用的计算分析方法是正确的,符合国家标准要求。

**【关键词】**沉降 带权优化 稳定分析

**【Abstract】**When analyses the settlement results of Sanxia airport No. 1 surveying area, the settlement model was founded with the method of optimum regression equation coefficient with weight, make analysis of foundation stability, solpe analysis of runway not—even settlement and supply the scientific data for the Engineering.

**【Key words】**Settlement optimum with weight stability analysis

## 1 工程概况

三峡机场位于宜昌市东南26km处。场址区域总面积 $3\text{km}^2$ ,呈北西高,南东低的垄岗形地貌。场区内有三个高填方区,根据回填土部位的压实程度划分为96区、92区和87区。对应三个沉降观测区,第一沉降观测区位于汇集三条冲沟的原大黄水库,库水位高程低于机场跑道面。

机场建造在长江的V级堆积阶地上,地层为第四系全新统文化组、中更新善溪窖组。场区地层自上而下划分为五层:即①表土层;②以中液限粘土为主,夹有粉质中液限粘土,局部为高液限粘土的粘土层;③以中液限为主,局部为高液限重粘土层;④粒类土层;⑤灰质泥岩及粉沙质泥岩的岩基。

工程于1994年3月25日动工回填,回填工作的连续性因天气变化而确定,晴天连续施工,雨天施工停止。至工作面含水量正常后加压回填,回填厚度在30~35cm以内。到1994年10月25日,回填高程为197.90m,基本达到了地基的设计高程。最大填土高度

为17.76m。

因多种原因直到1995年5月24日才进行第一次沉降观测,至1995年9月12日共观测9次。各测点的位置见图1。场区坐标网:P—垂直于跑道纵轴线,H—平行于跑道纵轴线。

由于观测时间段很短,仅为漏测时间的一半,且为不等时距,其沉降观测值已接近整个沉降曲线的尾部,这对沉降分析带来一定难度。对此,我们采用模型初选、参数修正、带权优化等方法建立了沉降模型,并作了测点的稳定分析、跑道不均匀沉降坡度的分析,为机场施工决策提供了科学的依据。

## 2 沉降量异常的原因分析

从各测点的沉降量看,有两种异常现象。其一,有回弹现象的测点12个,占总测点的75%。其中在跑道边沿的P94/H56+17、P94/H46+6两测点、靠近跑道纵轴线的P94/H51+10、P97/H48+5、P97/H51+10、P90/H48+4等测点回弹仅1~2次,回弹量仅在0.1~0.3cm,这在二等水准测量允

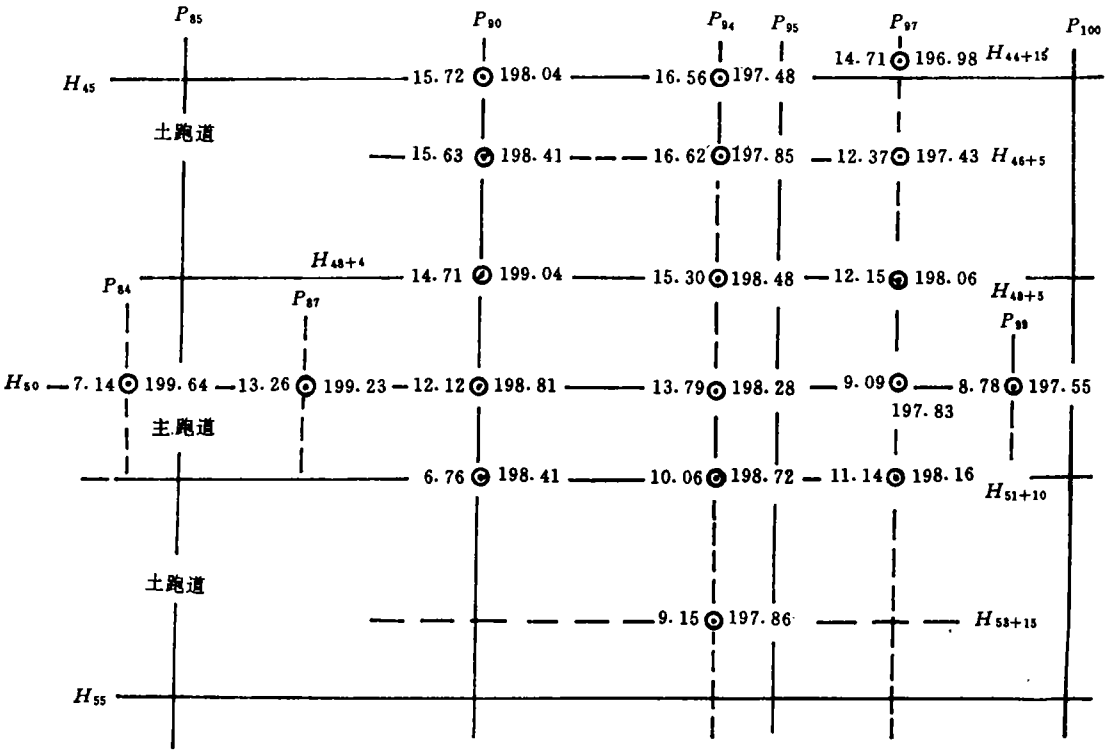


图1 第一沉降观测区测点布置图

注: H表示跑道纵轴, P表示跑道横轴。

⊙表示沉降观测点, 左边数字为回填土厚度, 右边数字为设计高程。

许误差之内, 可不考虑。回弹量显著、回弹次数较多的观测点是靠近纵轴线的  $P_{90}/H_{51+10}$ , 回填高度为 6.76m; 在纵轴线上的  $P_{87}/H_{50}$  和  $P_{84}/H_{50}$ , 回填高度分别为 13.26m 和 7.14m。这三个测点都位于压实程度高的 96 区, 累计回弹量分别为 1.8mm, 0.8mm, 1.1mm。我们认为, 尽管 96 区膨胀土回弹量极少, 但与基础的膨胀土联合作用, 小量回弹是完全可能的。

其二, 第 9 次观测的沉降量偏大。  $P_{94}/H_{48+5}$  和  $P_{97}/H_{44+15}$  两测点, 回填高度分别为 15.3m 和 14.71m, 沉降量分别为 3.0mm 和 2.4mm。主要原因是此期间(1995-08-15~09-12)没有降雨, 长江流域久旱高温, 膨胀土中的水份大量被蒸发, 加速了土基下沉。三峡机场土基沉降是下沉与回弹两种物理现象的综合, 沉降量是土基下沉量和

回弹量的叠增加值。降雨频数大、雨量多, 沉降量小; 高温久旱, 沉降量大。

### 3 沉降观测点的建模方法

土基沉降常采用指数模型。但是常规的回归计算, 由于线性化进行变量替换, 所求的回归模型参数往往不是无偏估计量, 它们只能满足替换变量的残差平方和为最小, 并不是曲线变量的残差平方和最小。因此, 我们对回归模型参数使用修正回归方程系数拟合法迭代修正, 使其逼近无偏<sup>[1]</sup>。

从沉降资料看, 观测时距不等, 沉降速率不同。因此, 我们采用了带权优化模型参数的方法以提高回归模型精度。权的取法有观测区间的时距权  $P_x$ , 有观测区间沉降量的沉降速率权  $P_y$ , 和既有时距又有沉降速率的矢量权  $P_{xy}$  三种<sup>[2]</sup>。总权为  $P_n$ , 等于观测次数减 1。

三峡机场第一沉降观测区中主要观测

点,通过参数修正、带权优化建立的沉降模型 例见图 2,观测数据见表 2。  
列入表 1。拟合效果以 P94/H53+15 测点为

表 1 第一沉降区主要沉降观测点沉降模型

沉降观测点	沉降模型	相关指数	说明
P94/H53+15	$y=7.187909e^{-\frac{3.18080}{x}}$	0.993081	带 $P_x$ 权优化三次
P97/H44+15	$y=17.960367e^{-\frac{4.81988}{x}}$	0.980406	带 $P_y$ 权优化三次
P97/H48+5	$y=3.66578e^{-\frac{2.54972}{x}}$	0.960621	带 $P_y$ 权优化三次
P90/H48+4	$y=4.60001e^{-\frac{3.54875}{x}}$	0.938459	带 $P_y$ 权优化四次
P94/H48+5	$y=10.701051e^{-\frac{5.430199}{x}}$	0.957764	带 $P_{xy}$ 权优化八次
P94/H45	$y=11.871428e^{-\frac{6.341174}{x}}$	0.977890	带 $P_y$ 权优化四次

注:P97/H48+5 测点第 9 次测值异常,表中以前 8 次测值计算。

表 2 P94/H53+15 测点观测数据

观测时间 $x/d$	16	25	33	48	67	78	93	111
累积沉降量 $y/mm$	1.2	1.9	2.4	3.6	4.4	5.1	5.2	5.3

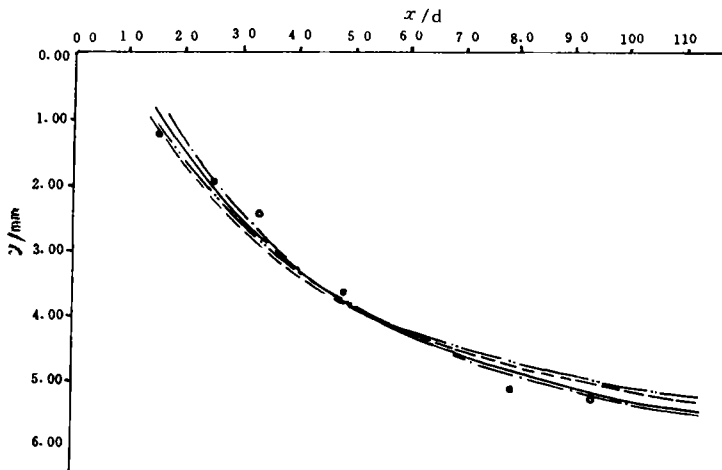


图 2 三峡机场第一沉降区 P94/H53+15 观测点曲线拟合

——带  $P_x$  权优化 3 次  $y=7.187909 * \text{EXP}(-3.180793/x)$  0.993081

---带  $P_x$  权回归  $y=6.797931 * \text{EXP}(-2.891955/x)$  0.990147

-·-参数修正 4 次  $y=7.327034 * \text{EXP}(-3.302290/x)$  0.992101

···-常规曲线回归  $y=6.815394 * \text{EXP}(-2.955934/x)$  0.997501

#### 4 剩余沉降量与固结度计算

机场浇筑主跑道面,需要计算地基的剩余沉降量。根据工程类型和回填土高度,设计要求地基剩余沉降量应限制在 80mm 以内,否则,不能浇筑施工。为求剩余沉降量,我们首先推求稳定沉降量。

设稳定沉降量为  $y_\infty$ ,沉降量为  $y$ , $x$  为时

间。若沉降曲线函数是指数函数,有:

$$y = y_\infty e^{B/x}$$

采用回归分析推求稳定沉降量。对上式两边取对数

$$\ln y = \ln y_\infty + \frac{B}{x}$$

作变换

$$y' = \ln y \quad A = \ln y_{\infty} \quad x' = \frac{1}{x}$$

则:

$$y' = A + Bx'$$

可由  $x_i, y_i$  成对变换  $y'_i, x'_i$  求回归方程, 解出  $A$  后反求  $y_{\infty}$ <sup>[3]</sup>, 即

$$y_{\infty} = e^A$$

便求出了稳定沉降量。这正是曲线回归中的参数  $a$ <sup>[2]</sup>。由稳定沉降量与累积沉降量之差, 求得剩余沉降量。若预测主跑道在 1995 年 10 月底(时间延长 49 天)浇筑施工, 则由沉降模型计算出的预测沉降量与稳定沉降量可求得固结度。

例如  $P94/H53+15$  测点的累积沉降量为 5.3mm, 由沉降模型得到稳定沉降时为 7.188mm, 剩余沉降量即为 1.89mm; 由沉降模型计算 ( $x = 160$  天) 预测沉降量为 7.046mm, 固结度为 98.0%。其余测点的剩余沉降量与固结度的计算值列入表 3。

由表 3 可见, 主跑道三测点的剩余沉降量远小于设计指标, 固结度也高于 95% 的设计指标。

表 3 剩余沉降量与固结度计算表

沉降观测点	沉降量		预测沉降量/mm	固结度/%
	稳定/mm	剩余/mm		
$P94/H53+15$	7.19	1.89	7.046	98.0
$P97/H44+15$	17.90	6.06	17.42	97.3
* $P97/H48+5$	3.67	0.87	3.61	98.3
* $P90/H48+4$	4.60	0.90	4.56	97.8
* $P94/H48+5$	10.70	3.40	10.34	96.7
$P94/H45$	11.87	4.77	11.41	96.1

注: \* 表示该测点在主跑道。

## 5 机场纵横向不均匀沉降的计算

跑道纵轴线上仅观测  $P84/H50, P87/H50$  两点。从第 8 次观测的累计沉降量看, 不均匀沉降坡度为 0, 跑道两侧为 5/100000 左右, 横向  $P90$  方向为 4.7/100000,  $P94$  方

向为 2.3/100000,  $P97$  方向为 4.6/100000。对于有最大沉降量的测点  $P97/H44+15$ , 可设测点  $P97/H50$ (未观测) 的沉降量与  $P84/H50, P87/H50$  两测点的沉降量相同, 不均匀沉降的最大坡度也仅为 1.24/1000, 这也小于限定值 15/10000 的要求。

## 6 结论

通过上述分析计算, 我们认为:

(1) 机场 1994 年 10 月 25 日土基形成后, 到 1995 年 9 月 12 日历时 111 天, 共观测了 9 次, 各测点沉降模型可采用带权优化模型参数后的回归方程(见表 1)。

(2) 各测点剩余沉降量小于 80mm, 固结度高于 95%(见表 3)的设计指标。

(3) 机场跑道纵横向不均匀沉降坡度小于设计要求 15/10000。

因此, 第一沉降观测区到 1995 年 10 月底, 土基基本稳定, 可以浇筑主跑道道面。

## 7 结束语

三峡机场于 1996 年 8 月通过了场道工程竣工检验, 经过同年 10 月份试航与半年多的通航考验, 土基变形符合国家标准。达到了安全、稳定的设计要求, 说明本文所采用的计算分析方法是可行的。

## 参考文献

- 1 何薪基. 修正回归方程系数拟合法在土石坝沉降分析中的应用. 大坝观测与土工测试. 1992(4)
- 2 任德记等. 广义线性加权回归模型参数优化在建筑物沉降分析中的应用. 人民长江. 1995(8) 增刊
- 3 施工填土区地形变形实验及成果处理. 中国建筑学会工程勘察学术委员会第三届工程勘察学术交流会议论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988

收稿日期: 1997-05-05