

地铁施工中地面沉降预测研究

徐耀鉴, 尹 灏

(湖南工程职业技术学院, 长沙 410151)

摘要: 本文对地铁隧道施工中地面沉降模型进行了研究, 并且应用这些模型, 结合数值分析软件, 对具体工程的地面沉降进行了预测。预测结果对于后续施工工艺的选择起到了指导性的作用, 取得了良好的经济效益。

关键词: 地铁隧道; 沉降模型; 数值分析; 预测

中图分类号: TU478

文献标识码: A

土体沉降是地铁隧道施工一个重要的风险, 对周围环境影响很大, 处理不当可能造成灾难性的后果。特别是一些特殊施工过程, 下穿建筑物时土体沉降可能造成地面建筑物的开裂、倾斜; 下穿道路和管线时土体沉降可能造成路面和管线的破坏; 下穿河流土体沉降可能造成水体涌入隧道; 上穿既有地铁线路可能造成既有隧道的上隆、变形等。因此, 在盾构隧道施工前要预测土体的沉降, 根据预测结果加强控制, 以保证经过区域的地层稳定性, 从而避免对周围环境的破坏, 确保地铁施工期间和地铁运营期间环境的稳定和安全, 使企业获得经济效益和社会效益。

1 土体沉降预测模型

土体横向沉降的计算方法有很多种, 比较常用的有美国科学家 P. B. PECK 提出的估算方法^[1-2], 认为隧道沉降槽近似于概率论中正态分布曲线, 并与地层损失成正比。

$$\delta(x) = \frac{V_s}{\sqrt{2\pi}i} \exp\left(-\frac{x^2}{2i^2}\right)$$

$$\delta_{\max} = \frac{V_s}{\sqrt{2\pi}i}$$

式中: $\delta(x)$ - 距离沉降槽中心 x 处的沉降量;

$\delta_{\max}$ - 距隧道中心线的最大沉降量;

V_s - 沉降槽体积, 又叫单位长度地层损失量;

x - 距隧道轴线的距离;

i - 沉降槽宽度系数, 也称沉降曲线反弯点横坐标;

V_s 和 i 由以下公式确定;

$$i = \frac{z}{\sqrt{2\pi} \cdot \tan(45^\circ - \varphi/2)}$$

式中: z - 为隧道埋深;

φ - 为土壤内摩擦角。

对于地面沉降沿隧道纵向的分布, 常用的计算公式有 Attewell 等提出的累积概率曲线公式。其表达式^[3]为:

$$\delta(y) = \delta_{\max} \left\{ G\left[\frac{y-y_1}{i}\right] - G\left[\frac{y-y_f}{i}\right] \right\}$$

$$G(a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^a \exp(-\beta^2/2) d\beta$$

式中: $\delta(y)$ - 沿隧道掘进方向坐标为 Y 处地表点的沉降

y - 地表面点沿隧道掘进方向的坐标

y_1 - 隧道开挖面推进起始点

y_f - 当前隧道开挖面的位置

$G(a)$ 可通过标准概率表得到, $G(0) = 0.5$, $G(\infty) = 1.0$ 。由上式可知, 隧道开挖面上方地表处的地面沉降等于开挖面后方最大地面沉降的 0.5 倍。

收稿日期: 2009-01-06

作者简介: 徐耀鉴 (1964—), 男, 地质工程硕士, 高级工程师, 主要从事地质、水工环、钻探等教学、科研。

2 土体沉降预测实例

某地铁工程盾构掘进现场根据勘探、原位测试及室内土工试验成果,按地层沉积年代、成因类型,

将本工程场地内的土层划分为人工堆积层(Q^m)、新近沉积层(Q_4^{3+2al})、第四纪全新世冲洪积层(Q_4^{al+pl})和晚更新世冲洪积层(Q_3^{al+pl})三大类,并按地层岩性及其物理力学性质,进一步划分为 8 个大层及若干亚层,地层岩性及其分布特征见表 1:

表 1 地层岩性表
Table 1 Lithological formation of strata

沉积年代	地层代号	岩性名称	密实度	湿度	压缩性	层底标高(m)	分布情况
人工填土层(Q^m)	① ₁	杂填土	稍密~中密	稍湿		3050~40.72	连续分布
	①	粉土填土	中密	湿			连续分布
	②	粉土	中密	湿	中压缩性		不连续
新近沉积层(Q_4^{3+2al})	② ₁	粉质粘土		中高压缩性		25.68~33.29	局部分布
	② ₂	粉细砂	中密	湿	低压缩性		不连续
	② ₃	中粗砂	中密	稍湿	低压缩性		局部缺失
	② ₄	圆砾	稍密~中密	稍湿	低压缩性		
	② ₅	圆砾	中密~密实	湿	低压缩性		
	⑤ ₁	中粗砂	密实	湿	低压缩性	25.11~27.61	透镜体分布
	⑤ ₂	粉细砂	密实	湿	低压缩性		透镜体分布
	⑤ ₃	粉质粘土			中压缩性~低压缩性		局部透镜体分布
	⑥	粉质粘土			中压缩性~低压缩性		局部缺失
	⑥ ₁	粘土			中压缩性	22.51~27.49	透镜体分布
第四纪晚更新世冲洪积层(Q_3^{al+pl})	⑥ ₂	粉土	密实	湿	中压缩性~低压缩性		局部缺失
	⑥ ₃	细中砂	密实	湿	低压缩性	11.75~17.3	薄层或透镜体
	⑦	卵石	密实	饱和	低压缩性		
	⑦ ₁	中粗砂	密实	湿	低压缩性		
	⑦ ₂	粉细砂	密实	湿	低压缩性	10.71~15.16	不连续
	⑧	粉质粘土			中压缩性		

选取某地面为高层建筑的地点进行沉降分析。土体沉降预测模型采用经典的 PECK 经验公式:

$$\delta(x) = \frac{V_s}{\sqrt{2\pi i}} \exp(-\frac{x^2}{2i^2})$$

式中 i 由公式
$$i = \frac{z}{\sqrt{2\pi \cdot \tan(45^\circ - \varphi/2)}} \text{ 确定}$$

式中 φ 值取盾构机穿越地层的加权平均值,得出 i 值在本工程段为 9.09。 V_s 由公式 $V_s = \pi \cdot r^2 \cdot s \cdot l$ 给出,其中 S 取盾构理论地层损失率为 17%, l 由盾构机主体长加经验影响范围的值确定,本次预测为 20.125 m, r 为 6.14 m,全部计算编程由 MATLAB^{〔4〕} 进行自动计算得出,预测的土体沉降量曲线如图 1 所示:

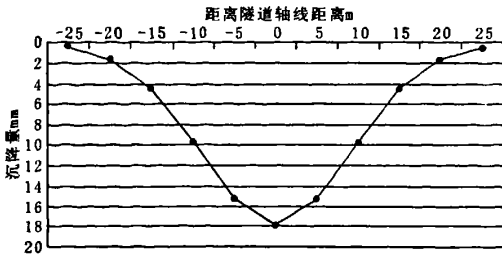


图1 土体沉降量预测曲线
Fig. 1 Predicted curve of soil Subsidence

由此可以看出,土体沉降最大达到18 mm。根据《建筑地基基础设计规范》及对楼房现状的评估报告,地面建筑的容许的差异沉降值约15 mm,容许的差异沉降值约为35 mm。如果在施工的过程中不采取措施,18 mm的沉降量会引起建筑物破坏。

本工程根据沉降预测的结果,在施工过程中选择了特殊的注浆材料,采用注浆以及二次注浆工艺,保证了施工过程的安全。根据施工过程的监测数据来看,最后产生的沉降量较小,完全不影响地面建筑的正常使用。

3 结论

目前,沉降预测的模型种类繁多。正确地选择沉降预测的模型,不仅需要与当地的实际地质条件相结合,而且要与盾构机械等相结合。在地铁隧道施工中,沉降预测对正确选择后续的施工过程的工艺有着很好的指导性意义。可以根据预测结果加强沉降控制,以保证经过区域的地层稳定性,从而避免对周围环境的破坏,提高安全性,保证业主和施工单位的经济效益。

参考文献:

- [1]郭玉海.盾构穿越铁路的沉降综合控制技术[J].市政技术,2003(7):204—208.
- [2]周文波.盾构法隧道施工技术及应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [3]张云,殷宗泽,徐永福.盾构法隧道引起的地表变形分析[J].岩石力学与工程学报,2002,21(3):388—392
- [4]王沫然.MATLAB与科学计算[M].北京:电子工业出版社,2003.

The Surface Subsidence Predict in the Subway Construction

XU Yao-jian, YIN Hao

(Department of resource project, Hunan institute of progression and technology, Changsha 410151, Hunan, China)

Abstract: Surface subsidence model in subway tunnel is researched in the text. Combined with numerical analysis software and the model, the surface subsidence of the concrete project is predicted. The predict result is very important in the construction.

Key words: subway tunnel; subsidence model; numerical analysis; predicting