

# 基于正交实验的岩土体参数反演研究

龚英杰

哈尔滨地铁集团有限公司

**摘要:** 结合某盾构施工地质勘察得出的土体参数, 运用正交实验设计方法, 制定本次模拟试验计划表, 通过建立数值模拟模型, 分析出隧道掌子面上部的位移量最大, 利用Peck公式对地表的横向沉降曲线进行拟合, 提取地表沉降槽最大值 $S_{max}$ 及沉降槽宽度系数 $i$ , 分析各参数对实验结果的影响。

**关键词:** 盾构; 正交实验; 数值模拟; Peck公式; 沉降槽

## 一、工程概况

某城市地铁轨道交通建设主体采用盾构施工, 在数值模拟的岩土体参数选择问题上, 虽然工程的地质勘察报告可以给出绝大多数土层的参数, 但其数据离散性较大, 且探孔所采集的样本较小, 不能够很好的反映出整条线路上所有的土层情况。利用正交实验设计方法对盾构开挖过程中不同因素以及各因素不同水平进行实验设计, 在勘察报告给出的土层参数基础上进一步缩小所研究开挖的土层参数的合理取值范围, 以期得到在对盾构过站施工过程的模拟的最合理地层参数组合。

## 二、实验设计

本实验设计时选取弹性模量、泊松比、内摩擦角、粘聚力四个参数进行四因素三水平实验。故选取的正交表为 $L_9(3^4)$ , 结合本工程的土体参数, 针对盾构主要穿越土层进行正交实验设计。

## 三、参数反演的数值模拟模型建立

数值模拟通过FLAC3D实现, 根据隧道开挖过程中的几何参数建立数值分析模型, 根据试验计划表对模型进行土体参数赋值。所建立的模型如图1所示。

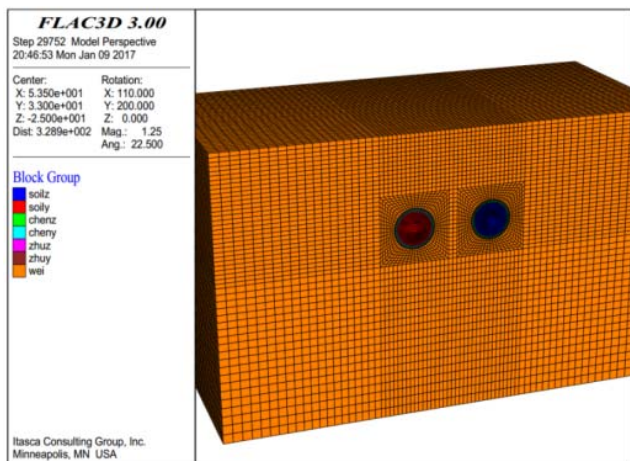


图1 参数反演模型示意图

## 四、数值模拟结果分析

在试验模拟开挖过程中, 隧道掌子面上部的位移量最大。

本次模拟在隧道中线上每隔1m设一个监测断面。每个监测断面设20个监测点, 间距2m。

根据Peck提出的地面沉降公式:

$$S(x) = \frac{V_{los}}{i\sqrt{2\pi}} \exp\left[-x^2 / (2i^2)\right] \quad (1)$$

$$S_{max} = \frac{V_{los}}{i\sqrt{2\pi}} \quad (2)$$

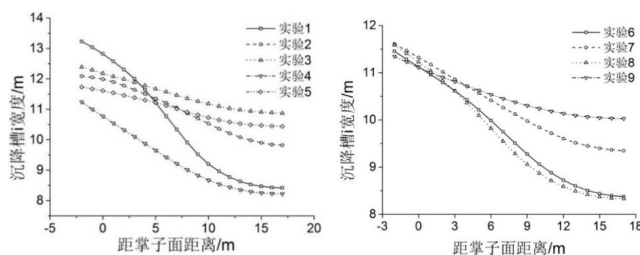


图3 沉降槽宽度变化趋势图

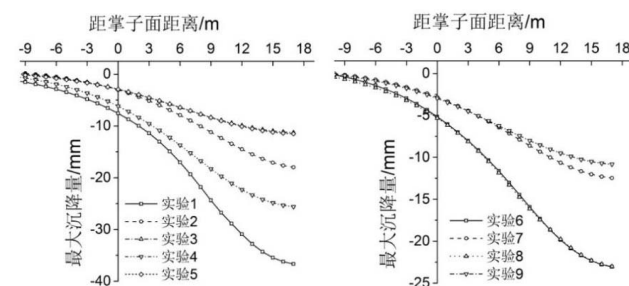


图4 最大沉降量变化趋势图

式中,  $x$ 为监测点距隧道轴线的距离,  $S(x)$ 为 $x$ 位置处的地表沉降值。 $V_{los}$ 为单位长度土体损失量,  $i$ 为地面沉降槽宽度系数。由此公式可以看出, 盾构上方的地表沉降特征可由 $S_{max}$ 、 $i$ 两个参数进行描述。从上述各模拟结果中提取各断面的 $S_{max}$ 和 $i$ 绘制成曲线图进行分析, 如图3、4所示:

由图中可以看出,  $S_{max}$ 与 $i$ 随着距掌子面距离的增加, 其值逐渐增大并最终趋于稳定, 由于在模拟开挖过程中同一实验的各土层参数、开挖条件均相同, 可以认为隧道上方任一点均经过初始阶段、发展阶段、衰减阶段三个阶段。

## 五、各地层参数的敏感性分析

由图4可以看出, 各次实验的各个断面的 $S_{max}$ 和 $i$ 值各不相同, 但随着掌子面的推进二者的变化量均逐渐趋于稳定。根据 $L_9(3^4)$ 实验计划表对实验结果进行分析, 可得地表最终沉降量 $S_{max}$ 和沉降槽宽度系数 $i$ 受内摩擦角 $\varphi$ 变化的影响最大, 受粘聚力 $c$ 变化的影响最小。

## 六、结论

正交实验能够以较少的实验次数来分析各参数对实验结果的影响, 其方法简单、效果好并且易于操作; 本组试验中未考虑掘进面注浆加固的影响, 地表监测点位移呈现出微下沉——快速下沉——最终稳定的三段式S型变化趋势; 通过比对各种参数对模拟结果的影响发现, 内摩擦角对地表最终沉降量的影响最大, 粘聚力的影响最小。对于地表沉降槽宽度系数这一指标, 也是内摩擦角的影响最大, 弹性模量和粘聚力的影响均较小。

## 参考文献

- [1]周诚. 地铁盾构施工地表变形时空演化规律与预警研究[D]. 华中科技大学, 2011.
- [2]董敬莎, 孙晓燕, 牛博英. 正交和均匀实验设计方法的比较[J]. 科技视界, 2013(22): 78.
- [3]陈育民. FLAC及FLAC3D基础与工程实例[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009.