

# 南京某软土基坑施工对周边环境影响的模糊评价分析

李旭光

北京城建设计发展集团股份有限公司 北京 100000

**摘要:** 在软土地区进行基坑开挖时,可用钢支撑轴力伺服系统减小基坑的变形及其对周边环境的影响。但在实际工程中,仍然需要评估基坑开挖对周边环境的影响。本文依托南京地铁九号线白云亭路地铁站基坑工程,首先根据现有研究,综合考虑施工,地层条件等多种因素,确定考虑的因素及其权重,确定模糊隶属度矩阵,建立安全模糊综合评价模型。经过模糊运算及后续的归一化操作后,得到模糊评价向量,对使用钢支撑轴力伺服系统工况下基坑周边建筑物进行安全模糊评价,分析结果表明其具有中低风险。

**关键词:** 钢支撑轴力伺服;系统;基坑;建筑物;安全;模糊评价

## Fuzzy Evaluation Analysis of the Impact of a Soft Soil Foundation Pit Construction in Nanjing on the Surrounding Environment

Li Xuguang

Beijing Urban Construction Design and Development Group Co., Ltd. Beijing 100000

**Abstract:** When excavating foundation pits in soft soil areas, a steel supported axial force servo system can be used to reduce the deformation of the foundation pit and its impact on the surrounding environment. However, in practical engineering, it is still necessary to evaluate the impact of excavation on the surrounding environment. This article relies on the foundation pit project of Baiyunting Road Station on Nanjing Metro Line 9. Firstly, based on existing research, various factors such as construction and geological conditions are comprehensively considered to determine the factors to be considered and their weights. The fuzzy membership matrix is determined, and a safety fuzzy comprehensive evaluation model is established. After fuzzy operation and subsequent normalization operations, a fuzzy evaluation vector is obtained to conduct a safety fuzzy evaluation of the surrounding buildings of the foundation pit under the working condition of using a steel supported axial force servo system. The analysis results show that it has medium to low risks.

**Keywords:** Steel support axial force servo; System; Foundation pit; Buildings; Safety; Fuzzy evaluation

### 0 引言

在软土地区,深基坑开挖阶段围护结构变形过大导致的工程事故时有发生。因此,控制或减小基坑开挖产生的变形及周边地表沉降对于维护基坑稳定和保护环境具有重要意义<sup>[1]</sup>。在对基坑周边环境的保护过程中,对临近建筑物的保护又是重中之重。李明等对基坑开挖变形及建筑物破坏机制进行分析,考虑建筑物自身状况、工程地质条件、基坑工程支护方案等因素,构建基坑周边建筑物安全评价指标体系,采用层次分析方法确定各指标权重,构建了模糊综合评价模型,并应用于实际工程<sup>[2]</sup>。颜超等对深基坑开挖与周边既有建筑物改造同时进行的最优工况进行了研究。张波等对深基坑开挖变形及对周围建筑物影响进行了三维数值模拟,并与实测结果对比,结果表明支撑轴力和围护结构的侧向变形与周边建筑物沉降有较强的关联性。

### 1 工程概况

#### 1.1 工程简介

白云亭路站为南京地铁九号线的换乘站,车站布置为地下2层岛式车站。车站总长257.5m,标准段宽度18.1m,端头井宽度为22.2m,标准段基坑深度18.57m,端头段基坑深度为19.42m。车站附近10m范围内存在敏感建筑物,其基础为桩基础,另外还具有一定数量的管线。考虑到新建基坑周边的交通组织,采用明挖+半盖挖法施工,共分为3期盖板,分区施工以减小基坑开挖对周边交通的影响。

#### 1.2 基坑支护方案

车站主体基坑选用800mm厚地连墙+水平内支撑支护体系,地连墙总深度约49m。基坑支撑结构形式为“1道混凝土支撑+3道钢支撑”。

支撑方案中第一道支撑为800×1200mm的C35混凝土支



撑,第二道及以下的支撑为Φ800×16mm的Q235B钢管支撑,车站1~9轴及22~25轴范围内的所有钢支撑均需采用钢支撑轴力伺服系统,设计轴力分别为400kN/m、500kN/m、650kN/m。其余区段仅在第三道钢支撑处设置轴力伺服系统,施加的轴力大小为600kN/m。

普通钢支撑方案中第一道支撑为800×1200mm的C35混凝土支撑,第二道及以下支撑为Φ800×16mm的Q235B钢管支撑,所有钢支撑均施加预应力,其大小分别为300kN/m、400kN/m、400kN/m。

## 2 周边建筑物安全模糊评价

### 2.1 安全风险概率指标体系

根据基坑变形及其引起的周边建筑物破坏形态可知,影响基坑周边建筑物的因素可分为三类:建筑物因素 $U_1$ 、基坑及施工因素 $U_2$ 以及基坑的支护形式 $U_3$ 。

建筑物因素主要包括建筑物基础等级 $U_{11}$ 、几何形式 $U_{12}$ 、完损现状 $U_{13}$ 。参考软土地区相关文献,将各个因素划分为不同风险等级。

基坑及施工因素主要包括基坑规模 $U_{21}$ 、软土层厚度比 $U_{22}$ 、不良地质体 $U_{23}$ 、施工技术水平 $U_{24}$ 、工程监理企业资质机构 $U_{25}$ 。参考软土地区相关研究成果,将各个因素划分为不同风险等级,如表2.2所示<sup>[3]</sup>。

表2.2 基坑及施工因素风险等级表

风险等级	基坑规模 $U_{21}$	软土层厚度比 $U_{22}$	不良地质体 $U_{23}$	施工技术水平 $U_{24}$	工程监理企业资质机构 $U_{25}$
1	特大	0.8~1.0	含量高	三级施工企业,没有相似施工经验	三级监理企业,没有相似的工程监理经验
2	超大	0.6~0.8	含量较高	三级施工企业,较少相似施工经验	三级监理企业,较少相似的工程监理经验
3	大	0.4~0.6	含量一般	二级施工企业,有相似施工经验	二级监理企业,具有相似的工程监理经验
4	中	0.2~0.4	含量较少	一级施工企业,有相似的施工经验	一级监理企业,具有相似的工程监理经验
5	小	0~0.2	含量少	特级施工企业,有丰富相似施工经验	特级监理企业,具有大量相似的工程监理经验

对于其中基坑规模的判定,参考相关规范判定如下表:

表2.3 基坑规模判定表

基坑规模	深度H (m)	面积A (m <sup>2</sup> )
特大	$H \gg 20$	$A \gg 10000$
超大	$15 \ll H < 20$	$6000 \ll A < 10000$
大	$10 \ll H < 15$	$3000 \ll A < 6000$
中	$6 \ll H < 10$	$1000 \ll A < 3000$
小	$H < 6$	$A < 1000$

### 2.2 评价指标权重

通常来说,对一个事件的评估需要从多方面来进行。对于已确立的指标体系,参考周罕等<sup>[12]</sup>的研究成果及多个工程实例后综合得出各评价因子的分级标准。结合工程具体情况,采用AHP方法来确定各指标的权重,根据权重确定法,即通过风险因素间的两两比较,形成判断矩阵来计算同层风险的相对权重。由于工程项目的风险因素较多,AHP方法有大量的计算。在本文中,采用SPSSPRO软件来计算权重,如图所示。

首先填写判断矩阵,构建主观评价矩阵,如图2.1。矩阵中各数值的含义为该数值所在行的因素相对其所所在列的重要因素的重要程度。依次输入后,点击开始分析即可得到AHP层次分析结果及一致性检验结果。

若一致性检验结果不通过,则说明在输入主观评价矩阵时存在逻辑性错误(例如 $A > B, B > C, A < C$ ),此时需要重

新输入。

类似地,分别计算建筑物因素 $U_1$ 、基坑及施工因素 $U_2$ 以及基坑的支护形式 $U_3$ 中的子因素AHP层次分析权重值,并与主权重值相乘,得到最终归一化权重值。

### 2.3 隶属度计算

在实际应用中,对于实数型定量指标,可采用梯形型、直线型隶属函数来确定评价指标的隶属程度。针对连续型因素,评价等级若分为5级,则连续性函数构造如下:

$$u_1 = \begin{cases} 1 & x \leq v_1 \\ \frac{v_2 - x}{v_2 - v_1} & v_1 < x \leq v_2 \\ 0 & x > v_2 \end{cases}$$

$$u_2 = \begin{cases} 0 & x \leq v_1 \text{ 或 } x > v_3 \\ \frac{x - v_1}{v_2 - v_1} & v_1 < x \leq v_2 \\ \frac{v_3 - x}{v_3 - v_2} & v_2 < x \leq v_3 \end{cases}$$

$$u_3 = \begin{cases} 0 & x \leq v_2 \text{ 或 } x > v_4 \\ \frac{x - v_2}{v_3 - v_2} & v_2 < x \leq v_3 \\ \frac{v_4 - x}{v_4 - v_3} & v_3 < x \leq v_4 \end{cases}$$

$$u_4 = \begin{cases} 0 & x \leq v_3 \text{ 或 } x > v_5 \\ \frac{x-v_3}{v_4-v_3} & v_3 < x \leq v_4 \\ \frac{v_5-x}{v_5-v_4} & v_4 < x \leq v_5 \end{cases}$$
$$u_5 = \begin{cases} 0 & x \leq v_4 \\ \frac{x-v_4}{v_5-v_4} & v_4 < x \leq v_5 \\ 1 & x > v_5 \end{cases}$$

式中： $v_1, v_2, v_3, v_4, v_5$ 均为评价指标对应等级的分级阈值； $x$ 为实测值。

根据上述隶属度函数建立的方法，给出各因素中评价因子的隶属度函数，按实际情况采用梯形隶属函数来刻画，然后把赋予数值代入隶属函数就可求出隶属度，比如软土层厚度比 $U_{22}$ ，首先确定 $v_1, v_2, v_3, v_4, v_5$ ， $v_1 = 0.2, v_2 = 0.4, v_3 = 0.6, v_4 = 0.8, v_5 = 1$ ，该工程软土层厚度比为0.79，则带

入上述连续性函数求得 $u_1 = 0, u_2 = 0, u_3 = 0, u_4 = 0.05, u_5 = 0.95$ 。由于该工程风险等级是由大到小排列，因此该因素的隶属度行向量为 $[0.95, 0.05, 0, 0, 0]$ 。

### 3 结论

本文综合考虑了建筑物、基坑及施工、支护形式等因素，建立了基坑周边建筑物安全模糊综合评价模型，并应用于南京地铁九号线白云亭路站基坑工程，结果表明该基坑周边建筑物处于中低风险状态。该研究结果可为后续施工和类似工程提供参考。

### 参考文献

- [1]冯非凡, 魏纲, 朱家烜, et al. 伺服钢支撑在基坑开挖中的应用综述 [J]. 低温建筑技术, 2021, 43(09): 103-7+22.
- [2]黄大明, 黄栩. 钢支撑轴力伺服系统在基坑变形控制中的应用研究 [J]. 建筑结构, 2020, 50(S1): 1069-74.
- [3]周石喜, 王新线. 钢支撑轴力伺服系统在车站深基坑支护的应用 [J]. 现代城市轨道交通, 2021, (04): 56-64.