

文章编号: 1005—0523(2004)02—0031—04

层次分析法在深基坑支护方案优选中的应用

王永祥, 陈 进, 黄 滢

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要:将层次分析法理论运用于深基坑支护系统方案优选当中,使基坑支护方案选型过程更加全面、科学、公正、准确.研究成果为基坑支护方案招标评标提供了新的思路.

关 键 词:基坑支护;方案选型;层次分析法

中图分类号:TU **文献标识码:**B

1 工程概况

财富广场位于南昌八一广场北侧原市工人文化宫大院内,东起广场北路(毗邻),西至八一大道(毗邻),北靠艺术剧院(相距 5 m),南接大连万达购物中心(相距 3 m).工程占地面积约 $122 \times 92 \text{ m}^2$,场地北侧拟建二幢 31 层商务楼,设地下室二层,基坑开挖深度 9.5 m;场地南侧拟建一幢 5 层购物广场,设地下室一层,基坑开挖 4.6 m.工程地质情况如表 1.

表 1 场区土层物理力学参数

土层 编号	土层名称	厚度 (m)	F_k (kPa)	重度 (kN/m^3)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 ($^\circ$)
1	杂填土	1.3—5.5	80	18.0	15	10
2	淤泥质土	1.7—3.3	65	17.4	8	2.9
3	粘土	0.0—3.4	200	19.0	40	14
4	中砂	1.8—7.6	180	19.5	9	30
5	砾砂	8.8—13	360	20.5	0	35

场地有二层地下水:上层滞水:主要赋存于杂填土中;孔隙潜水:主要赋存中砂及砾砂中,稳定水位埋深 7.5 m,水量丰富,与赣江水有较强的水力联系,渗透系数 K 为 130 m/d 左右,基坑挖深超过 7 m,基坑开挖及支护将会受到孔隙潜水影响.本基坑

周围市政管线、通信电缆众多,环境条件苛刻.考虑多方面因素,基坑支护初选方案有:1) 悬臂桩+水泥搅拌桩止水帷幕+管井降水;2) 土钉墙+水泥搅拌桩止水帷幕+管井降水;3) 上部土钉墙+下部悬臂桩+水泥搅拌桩止水帷幕+管井降水.基坑工程是一个系统工程,基坑支护方案优选不能仅考虑支护结构经济性,还必须考虑支护方案安全性、对周边环境的影响、施工便捷等诸多因素.如何在三个各有所长的方案中选择一个综合价值最高的支护方案是一个比较棘手的问题,本文拟采用层次分析法理论解决该基坑支护方案优选问题.

2 层次分析法简介

层次分析法 (Analytical Hierarchy Process), 简称 AHP 法, 是美国运筹学家、匹兹堡大学教授 A. L. Saaty 在七十年代提出的. AHP 法是多指标综合评价的一种简单而又实用的多准则评价和决策定量方法, 它能把定性因素定量化, 并能在一定程度上检验和减少主观影响, 使评价更趋科学化. 其基本原理是将待评定的各因素两两比较相对重要性, 然后进行排序. 层次分析法十分适用于具有定性的或定性定量兼有的决策分析, 其核心功能是对方案进行排序优选, 可使决策不受个别因素左右, 使方案排

收稿日期: 2003—11—06

作者简介: 王永祥(1971—), 男, 安徽芜湖人, 硕士, 讲师.

3.2 建立层次结构模型

深基坑支护系统的设计是一个相当复杂的系统工程, 除支护结构设计之外, 还包括止水降水措施、施工组织、工程监测及应急方案等内容; 影响因素众多, 如工程的建筑特点、工程地质条件、水文地质条件、建筑场地的周边环境、施工技术及设备等等。

等, 基坑支护系统的设计必须满足安全性、经济性和可行性三个基本要求; 对于市区工程, 环境保护及文明施工也是十分重要的。因此, 本文从安全可行、经济合理、保护环境、施工便捷四个方面, 选择了 19 个指标来评价深基坑支护系统方案的优劣, 建立图 1 所示的层次结构模型。

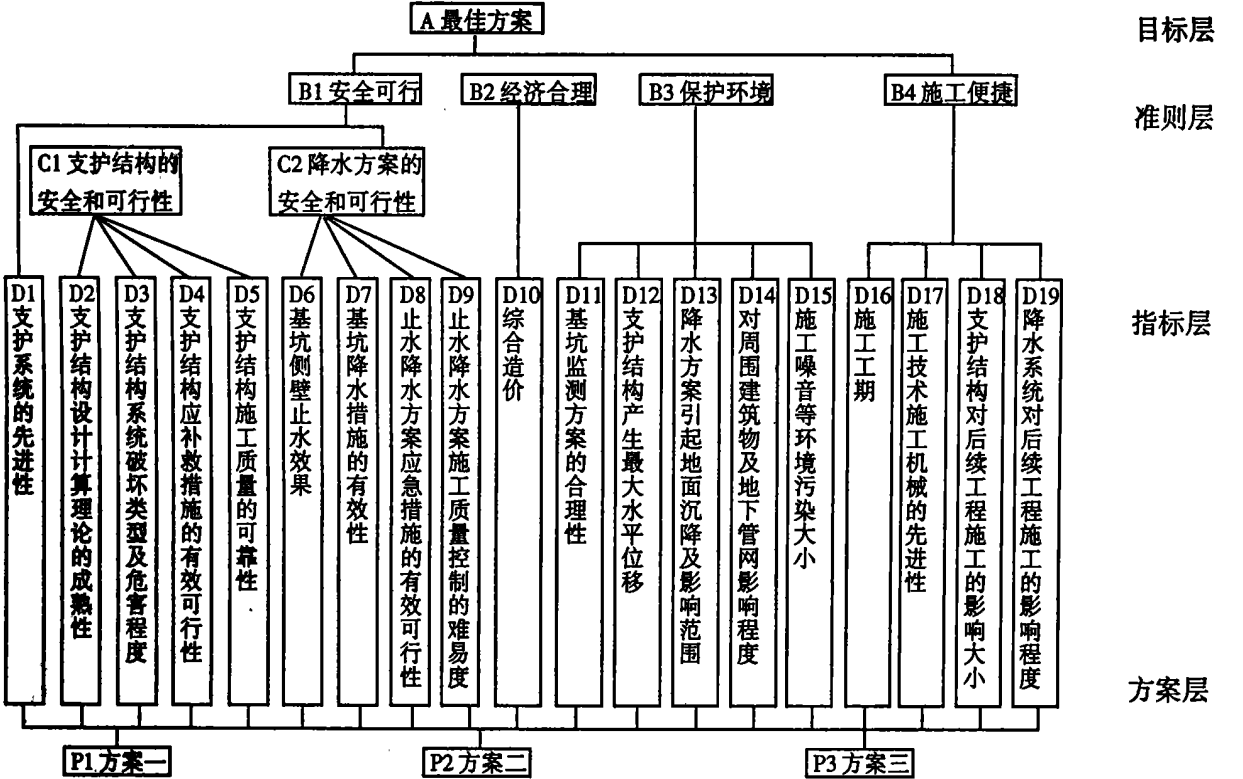


图 1 深基坑支护系统方案次结构模型

3.3 确定评判原则, 构造判断矩阵及层次单排序计算

根据深基坑支护系统方案的层次结构模型, 将同一层次中的因素相对于上一层次中的某个因素, 采用 1~9 比率标度方法, 两两成对比较, 构造出判断矩阵。各层中的因素两两成对进行比较时, 评判的标准并不是一成一变的, 而是根据工程的特点、周边环境、工程地质和水文地质条件以及工期的要求等方面的情况决定的。对于财富广场基坑工程, 在构造判断矩阵时遵循了以下原则:

1) 相对于目标层——最佳方案而言, 深基坑支护系统方案的安全性、经济性与可行性三者的关系是辩证统一的。即在满足安全要求与可行的前提下, 使基坑支护工程的总投资较少; 同时注意保护环境, 尽量缩短工期。

2) 相对于准则层而言, 该工程土质上部为粘性土, 部分区域含淤泥质土, 下部为砂性土, 总的趋势是从浅到深土逐渐变粗, 渗透系数逐渐增大。场区

内地下水位埋深 7.5 m, 地下水丰富, 涌水量按大井法计算为 15 000 T/d, 影响半径为 285 m, 地下水的处理相当重要。基坑底部落在粉砂层中, 土层呈软塑状态, 含水饱和, 渗透性较大($K=130\text{ m/d}$), 极易产生坑底涌砂冒水、坑壁管涌及失稳等不良现象, 因此侧壁止水及基底降水措施与基坑支护结构密不可分且具有同等的重要性。

3) 对于深基坑支护系统方案的先进性指标, 主要从以下几方面体现: 一是支护结构设计时, 首选主动支护结构或者被动加固与主动支护结构相结合的形式, 其次为被动支护结构形式。二是充分利用建筑场地条件。

4) 基坑地下水治理方案的设计应遵循主动止水与降水减压相结合综合治理的指导思想。深井对有效降低水位和减少对周围环境影响, 以及节约造价等方面都是优选的。坑壁止水措施应尽量与支护结构相结合, 以降低造价。

根据以上原则和有关规范, 相对于最佳方案

(A), 准则层中的四个因素, 即安全可行(B₁)、经济合理(B₂)、保护环境(B₃)、施工便捷(B₄)的相对重要性判断矩阵 A~B 如表 3:

表 3 相对重要性判断矩阵

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
B ₁	1	1	2	3
B ₂	1	1	2	3
B ₃	1/2	1/2	1	2
B ₄	1/3	1/3	1/2	1

经计算:

判断矩阵 A~B 的最大特征根 $\lambda_{\max}=4.045$

判断矩阵 A~B 的特征向量 $W=[0.35\ 0.35\ 0.20\ 0.10]^T$

一致性指标 $C.I=(\lambda_{\max}-n)/(n-1)=0.015$

当 $n=4$, 平均随机一致性指标 $R.I=0.9$ 所以, 随机一致性比率 $C.R=C.I/R.I=0.016<0.10$. 由此可见, 判断矩阵 A~B 具有满意的一致性.

其它各层次中的因素相对上一层次某个因素的判断矩阵和相对权重值[*W_j*]及其一致性检验均按上述步骤和方法进行. 层次单排序计算结果见表 4.

表 4 层次单排序及方案总排序

目标层		A 最佳方案																				
层名		1.0																				
准则层	B1										B2	B3					B4					方案总排序
	0.350										0.35	0.20					0.10					
	D1	C1				C2																
		0.42				0.42																
指标层	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19				
	0.16	0.39	0.07	0.15	0.39	0.39	0.07	0.15	1.00	0.10	0.28	0.28	0.28	0.06	0.5	0.25	0.1	0.01	0.10			
	0.056	0.057	0.01	0.023	0.057	0.057	0.057	0.01	0.023	0.35	0.02	0.056	0.056	0.056	0.012	0.055	0.025	0.01	0.01			
方案层	P1	0.65	0.24	0.64	0.63	0.65	0.333	0.333	0.333	0.333	0.69	0.33	0.63	0.333	0.64	0.50	0.67	0.72	0.1	0.333	0.56	
	P2	0.12	0.63	0.11	0.14	0.12	0.333	0.333	0.333	0.333	0.09	0.33	0.14	0.333	0.11	0.25	0.1	0.14	0.64	0.333	0.20	
	P3	0.23	0.13	0.25	0.23	0.23	0.333	0.333	0.333	0.333	0.22	0.33	0.23	0.333	0.25	0.25	0.23	0.14	0.26	0.333	0.24	

4 层次总排序及结论

层次总排序就是基于层次单排序的结果计算方案层中的各投标方案相对目标层的相对权重, 依次确定三个方案的优劣排序. 这一过程是从最高层次到最低层次逐层进行的, 计算结果见表 4.

方案层总排序的一致性比率为:

$C.R=\sum W_{Di} * C.I_{Di} / \sum W_{Di} * R.I_{Di}=0.0135 / 0.58=0.023<0.1$

因此, 层次总排序结果具有满意的一致性.

层次总排序结果表明, 三个方案的优劣排序为:

$p_1=0.56\quad p_3=0.24\quad p_2=0.20$

所以最佳基坑支护方案是方案 *p*₁. 该理论计算结果与实际采用的基坑支护方案完全吻合.

5 结 语

基坑工程是一个系统工程, 基坑工程支护设计

不但包括支护结构、降水方案、监测方案、开挖方案等的设计, 而且还要考虑整个支护方案对周边环境的影响以及支护建造费用和工期. 优秀的基坑支护方案要全面考虑支护结构安全性、经济性以及对周边环境适应性等很多方面, 但在基坑支护方案招标评标过程中, 我们经常面对的是若干个各有所长的支护方案, 如何选择一个综合价值最高的支护方案一直是一个相当棘手的问题. 本文研究表明: 基于 AHP 理论的基坑支护方案优选方法可解决这一问题. 利用本文所倡导的计算模式可使决策不受个别因素左右, 使基坑支护方案选型更加全面、科学、公正、准确.

参考文献:

[1] 汪树玉, 刘国华. 系统分析[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2001.
[2] 彭祖赠, 孙韞玉. 模糊(Fuzzy)数学及其应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002.
[3] 肖艳玲, 孙彦彬. 系统工程理论与方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.

(下转第 40 页)

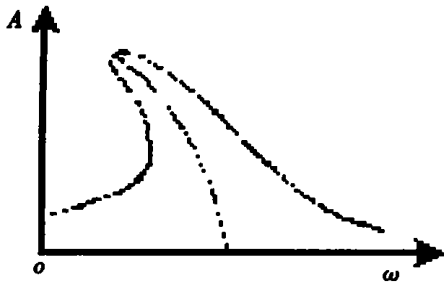


图 5 软式非线性系统频幅曲线

参考文献:

- [1] 林瑞霖, 黄次浩等. 迟滞非线性弹性元件动力特征模型[J]. 海军工程大学学报, 2000, 90(1): 28~32.
- [2] 闻邦椿, 李以农, 韩清凯编著. 非线性振动理论中的解析方法及工程应用[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2001, 246~250.
- [3] 周 强. 钢丝绳隔震器非线性特性及应用[J]. 噪声与振动控制, 1994, (4): 8~11.

Analysis of Hysteretic Dynamical Characteristics about Cable Wire Shock Absorber

ZHANG Yu

(School of Civil Eng. and Arc., East China Jiaotong Univ., Nanchang 330013, China)

Abstract: The applications of cable wire shock absorber both in home and abroad are introduced, the dynamical Characteristics of hysteretic non-linearity elastic elements are analyzed, commonly, the mathematical model of the bilinearity is chosen, the feature of amplitude and frequency curve are soft and non-linearity.

Key words: cable wire shock absorber; bilinearity model; hysteretic feature of vibration

(上接第 34 页)

- [4] Bertalanffy Von. General System Theory [M]. New York: George Breziller. Inc. 1973.
- [5] 郭方胜. 层次分析法在深基坑支护系统方案中的应用[J]. 岩土工程技术, 1999.
- [6] 陈 进. 建筑工程施工组织设计评价方法的研究[J]. 华东交通大学学报, 2000.
- [7] 崔江余, 梁仁旺. 建筑基础工程设计与施工[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1999.
- [8] 陈肇元. 土钉支护在基坑工程中的应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [9] 中国建筑科学研究院. 建筑基坑支护技术规程(JGJ120-99)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [10] 江西省建设工程造价管理站. 全国统一建筑工程基础定额(江西省单位估价表上、下册)[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2001.
- [11] 建筑用钢筋标准汇编编写组. 建筑用钢筋标准汇编[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.

Application of Analytical Hierarchy Process to the Selection of Foundation Pit Retaining Programmes

WANG Yong-xiang, CENG Jing, HUANG Ying

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The Analytical Hierarchy Process is applied to the selection of foundation pit retaining programmes, which renders the selection of foundation pit retaining programmes comprehensively, scientifically, impartially and accurately. The conclusion provides a new way to the bid work for foundation pit retaining structure.

Key word: foundation pit retaining; selection of programme; analytical hierarchy process