

基于 AHP 对边坡挡土墙稳定性评价方法研究

吴舒天

(广东省地质局第一地质大队,广东珠海 519002)

【摘要】 边坡挡土墙紧邻边坡,其稳定性不仅受自身结构及质量的制约,在很大程度上也受到附近地质环境的影响。珠海万山区分布大量该类型挡土墙,且发生过多处墙体垮塌事件,带来经济损失,影响严重。采用 AHP 法分析并评价边坡挡土墙的稳定性。

【关键词】 AHP;边坡挡土墙;权重;稳定性;影响因子

【中图分类号】 TU 42

【文献标识码】 A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2015.01.002

Study on Stability Evaluation Method of Slope Retaining Wall Based on AHP

Wu Shutian

(The First Guangdong Geological Brigade, Zhuhai 519002, Guangdong, China)

【Abstract】 Slope retaining wall is adjacent to the slope. The stability is not only restricted by its own structure and quality, but also affected by nearby geological environment. A lot of this type of retaining wall is distributed in Zhuhai Wanshan District. And multiple wall collapses, bring economic losses, influence is serious. So this paper uses AHP method to analyze and evaluate the stability of slope retaining wall.

【Key words】 AHP; slope retaining wall; weight; stability; impact factor

0 引言

AHP 是美国著名的运筹学专家匹兹堡大学教授萨迪(T. L. Saaty)于 20 世纪 70 年代提出的一种多方案决策方法。该方法自 1980 年被介绍到我国以来,以其系统灵活简洁的优点,迅速应用在我国社会经济各领域,如能源系统分析、城市规划、经济管理、科研评价等^[1]。

经调查珠海地区分布大量边坡挡土墙^[2]。该类挡土墙在长期雨水侵蚀作用下,容易发生垮塌。通过调查、分析该类挡土墙有如下共同特点(见图 1、图 2):

- 1) 挡土墙修筑于边坡坡脚处;
- 2) 挡土墙多由附近居民自行修筑,墙体结构不完善;
- 3) 挡土墙多为浆砌石结构重力式挡土墙;
- 4) 墙体一般无完整的截排水构造;
- 5) 墙体砌筑质量较差且有裂缝发育。

该类墙体位于人口密集区,发生垮塌后影响严重。危险墙体数目较多,防灾任务艰巨,由于治理资金不足,逐一治理并不能达到科学统筹、重点防治的

目的。下面以调查区 8 处危险挡土墙为例,运用 AHP(层次分析)法评定他们的稳定性等级。



图 1 潜在不稳定墙体



图 2 潜在不稳定墙体

作者简介: 吴舒天, 1982 年生, 男, 汉族, 吉林省吉林市人, 工学硕士, 工程师, 主要从事工程地质、水文地质工程研究及工作。

E-mail: 13827975@qq.com

1 研究区概况

8处危险挡土墙均位于珠海市万山区东澳村。场区雨量充沛,属亚热带季风性气候^[3]。各处危险点基本概况见表1。

表1 各边坡挡土墙工程概况一览表^①

编号	位置	稳定性	威胁人口 /人	威胁资产 /万元
1	东澳巷 1-3 号北侧	潜在不稳定	6	50
2	东澳巷 9 号北侧	基本稳定	3	20
3	军民路 9 号东南侧	潜在不稳定	3	20
4	蓝天路 3-5 号	潜在不稳定	5	30
5	渔村故道 50 号西北侧	基本稳定	3	20
6	东澳办事处西北侧	潜在不稳定	3	50
7	渔村故道 52 号东南侧	基本稳定	5	30
8	渔村故道 62-68 号西北侧	基本稳定	5	30

2 边坡挡土墙稳定性识别

2.1 层次分析法原理

该方法适用于复杂系统的分析与决策。是将系统决策层有关元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定性和定量分析方法,本文将挡土墙稳定性作为判断目标层,对稳定性影响因素作为准则层采用 AHP 进行分析^[4]。

2.2 稳定性影响因子的确定

本文依托万山区地质灾害专项调查项目(编号 P-20121122-022343),综合分析调查区内 83 处危险边坡挡土墙稳定性影响因素,最终确定判断挡土墙稳定性的指标体系(见图 3)。

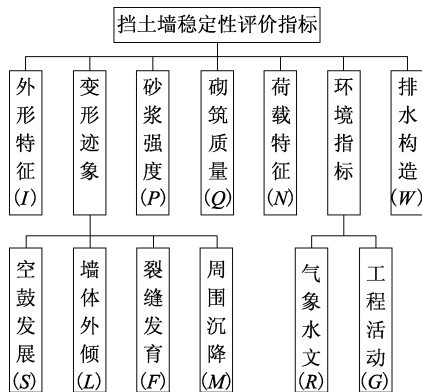


图3 稳定性评价指标体系

2.2.1 墙体外形特征(I)

一般情况下,影响挡土墙稳定性的外形特征主要因素是墙体的高度及厚度。在其他条件相同的情

况下,墙体的高度越高厚度越小,墙体的稳定性越差,墙体的高度越矮厚度越大,墙体的稳定性越好。为此,可以采用高厚比(*i*)这一参数来描述墙体的高度与厚度的关系对挡土墙稳定性的影响。

2.2.2 墙身空鼓发展情况(S)

墙身空鼓是指墙体与墙后土体脱离而产生空隙的现象;若空鼓发生后墙体受到外法向力作用造成墙体局部外突出则为突鼓,一般来说空鼓区越大墙体稳定性越差。

2.2.3 墙体外倾(L)

墙体外倾是墙体本身受到土压力作用而产生的变形,外倾量越大墙体稳定性越差。

2.2.4 墙体裂缝发育(F)

根据本区墙体裂缝发育情况将挡土墙裂缝发育分为三个等级,见表2。

表2 墙体裂缝发育等级判别表

无裂隙发育	裂隙不很发育	裂隙较发育
墙体不存在明显裂隙,墙体完整性较好	仅发现少量微小裂隙,或延展性较差的纵向裂隙,并且暂时未发现裂隙有继续发展的迹象	墙体发育有明显的纵向贯通性裂隙,或墙身密布各类小型裂隙,初步判断这些裂隙存在继续发展的趋势

2.2.5 周围沉降情况(M)

墙顶填土沉降将改变土压力分布情况,墙顶沉降较大的区域与沉降较小区域间填土体存在差异应力,在差异应力的长期作用下不利于墙体稳定。

2.2.6 砂浆强度(P)

采用 ZC5 型砂浆回弹仪对调查区内挡土墙砌筑砂浆进行测试,总结将调查区内墙体砂浆强度分为三个等级:强度尚可 $P \geq 5$ MPa;强度不足 $5 > P \geq 2.5$ MPa;强度很差 $2.5 > P$ 。

2.2.7 砌筑质量(Q)

根据调查区挡土墙现状特征将挡土墙砌筑质量大致分为三个等级,其判别标准见表3。

表3 危险挡土墙砌筑质量判别表

较好	一般	差
挡土墙砌体结构横平竖直,墙身平直;石料完整,块径统一,堆砌有序;砂浆铺设平整饱满,粘结牢靠	挡土墙砌体结构平整;部分石料强度不足,部分石料存在裂缝,堆砌基本有序;砂浆铺设较平整饱满,粘结强度不足	挡土墙砌体结构参差不齐,墙身凹凸;石料有明显裂缝,块径不一;堆砌杂乱无章;砂浆断断续续,基本无粘结

①广东省珠海工程勘察院. 珠海市万山海洋开发试验区挡土墙专项调查报告[R].

2.2.8 荷载特征(N)

根据挡土墙可能受到的荷载类型及强度将挡土墙所受荷载分为以下三个等级,见表 4。

表 4 危险挡土墙顶荷载等级判别表

较大	较小	无
挡土墙顶附近(<5 m)范围内分布较多建(构)筑物的挡土墙,过往车辆频繁的道路边坡挡土墙	挡土墙顶附近(<5 m)范围内仅有小型设施,或挡土墙较远(>5 m)范围外分布有建(构)筑物的挡土墙,过往车辆频繁的道路边坡挡土墙	挡土墙较近(<5 m)范围内无建(构)筑物,挡土墙较远范围外无大型建筑物的挡土墙

2.2.9 排水构造(W)

判断标准参见表 5。

表 5 危险挡土墙排水构造完整程度判别表

较完善	很不完善	无排水构造
挡土墙有泄水孔,坡顶有截水沟,坡脚有排水沟,各构造尺寸合理,排水系统通畅,排水效果良好	挡土墙零星分布泄水孔,无截水沟、排水沟,或间断分布;各构造尺寸不合理,排水效果一般,可能发生阻塞	挡土墙及周围未见任何截水、排水构造

2.2.10 环境指标

影响挡土墙稳定性的环境因素主要包括降雨(R)及工程活动(G),鉴于研究区范围较小,可近似环境基本无差异。

2.3 因子权重的确定

影响因子的比较判值含义见表 6,判断结果统计见表 7。

表 6 各比较值含义^[5-6]

尺度	含义
1	第 <i>i</i> 个因素与第 <i>j</i> 个因素的影响相同
3	第 <i>i</i> 个因素比第 <i>j</i> 个因素的影响稍强
5	第 <i>i</i> 个因素比第 <i>j</i> 个因素的影响强
7	第 <i>i</i> 个因素比第 <i>j</i> 个因素的影响明显强
9	第 <i>i</i> 个因素比第 <i>j</i> 个因素的影响绝对地强

表 7 影响因子比较结果

标准度	I	S	L	F	M	P	Q	N	W	R	G
I	1	2	1/3	1/6	3	1/4	1/5	1/2	4	5	5
S	1/2	1	1/4	1/6	2	1/5	1/5	1/3	2	4	3
L	3	4	1	1/4	4	1/2	1/3	2	5	6	6
F	6	6	4	1	7	3	3	5	6	7	6
M	1/3	1/2	1/4	1/7	1	1/4	1/5	1/4	2	4	3
P	4	5	2	1/3	4	1	1/2	3	5	6	6
Q	5	5	3	1/3	5	2	1	3	5	6	5
N	2	3	1/2	1/5	4	1/3	1/3	1	4	5	4
W	1/4	1/2	1/5	1/6	1/2	1/5	1/5	1/4	1	3	2
R	1/5	1/4	1/6	1/7	1/4	1/6	1/6	1/5	1/3	1	1
G	1/5	1/3	1/6	1/6	1/3	1/6	1/5	1/4	1/2	1	1

2,4,6,8 表示第*i*个因素相对于第*j*个因素的影响介于上述两个相邻等级之间。不难定义以上各尺度倒数的含义,根据 $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ (a_{ij} 为因子评价结果),得到比较矩阵 **A**。将比较矩阵 **A** 归一化处理得到 **B**; $b_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$;再将矩阵 **B** 按行求和得到 $\nu = \sum_{i,j=1}^5 b_{ij}$;归一化得到 $w_i = \frac{\nu_i}{\sum_{i=1}^4 \nu_i}$;最终求得权重矩阵 **W** = [0.066

0.044 0.111 0.272 0.038 0.143 0.174 0.082 0.030 0.018 0.021]^T;采用 $CR = \frac{CI}{RI}$ 进行随机一致性检验,得 $RI(11) = 1.51$; $CR = \frac{CI}{RI} = 0.0651 < 0.1$,因此矩阵 **A** 通过一致性检验。最终确定边坡挡土墙稳定性判别标准见表 8。

2.4 边坡挡土墙稳定性综合判断

根据调查,上述 8 处边坡挡土墙特征值统计结果见表 9。采用表 8 赋值标准,赋值后见表 10。

表 8 边坡挡土墙稳定性判别指标赋值标准表

影响因子	判别指标值			权重
对应指标值	1	3	5	
墙体外形特征(I)	<i>i</i> (高厚比)<5	5≤ <i>i</i> <10	<i>i</i> ≥10	0.066
墙身空鼓发展情况(S)	无空鼓	有空鼓	突鼓	0.044
墙体外倾(L)	外倾量 <i>L</i> <10	10≤ <i>L</i> ≤15	<i>L</i> >15	0.111
墙体裂缝发育(F)	无裂隙发育	不很发育	较发育	0.272
周围沉降情况(M)	未见沉降	沉降量≤10 cm	沉降量>10 cm	0.038
砂浆强度(P)	<i>P</i> ≥5 MPa	5> <i>P</i> ≥2.5 MPa	<i>P</i> <2.5	0.143

续表

影响因子	判别指标值			权重
对应指标值	1	3	5	
砌筑质量(Q)	较好	一般	差	0.174
荷载特征(N)	无	较小	较大	0.082
排水构造(W)	较完善	很不完善	无排水构造	0.030
气象水文(R)	弱	中	强	0.018
工程活动(G)	弱	中	强	0.021

表9 各挡土墙特征值统计表

编号	高厚比 I	空鼓区面积 S/m ²	墙体外倾 L/mm	裂缝发育 F	沉降位移量 M/cm	砂浆强度 P/MPa	砌筑质量 Q	墙顶荷载 N	排水构造 W
1	5:1~10:1	0.0	无	较发育	无	2.2	较好	较大	无
2	>10:1	0.0	无	无	无	4.4	一般	较大	很不完善
3	5:1~10:1	0.0	无	较发育	无	4.7	较好	较小	很不完善
4	5:1~10:1	0.0	5.0	较发育	无	3.0	较好	较大	很不完善
5	5:1~10:1	0.0	无	无	无	4.1	较好	无	很不完善
6	>10:1	2.5	30.0	不很发育	2.5	3.4	较好	较小	很不完善
7	<5:1	3.0	无	无	无	2.1	一般	较小	无
8	5:1~10:1	0.0	无	无	无	2.6	较好	无	很不完善

表10 各挡土墙稳定性影响因子赋值结果

编号	高厚比 I	空鼓区面积 S	墙体外倾 L	裂缝发育 F	沉降位移量 M	砂浆强度 P	砌筑质量 Q	墙顶荷载 N	排水构造 W	气象水文	工程活动
1	3	1	1	5	1	5	1	5	5	3	3
2	5	1	1	1	1	3	3	5	3	3	3
3	3	1	1	5	1	3	1	3	3	3	3
4	3	1	1	5	1	3	1	5	3	3	3
5	3	1	1	1	1	3	1	1	3	3	3
6	5	3	5	3	3	3	1	3	3	3	3
7	1	3	1	1	1	5	3	3	5	3	3
8	3	1	1	1	1	3	1	1	3	3	3

另每个挡土墙稳定性影响因素赋值结果为 a_{ij} ,

那么赋值结果矩阵 $C = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij} \end{bmatrix}$ 。又,因子权

重矩阵 $W = \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_i \end{bmatrix}$,那么赋权后各挡土墙稳定性评

分矩阵

$$V = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} \cdot w_1 + \dots + a_{1j} \cdot w_j \\ \vdots \\ a_{i1} \cdot w_1 + \dots + a_{ij} \cdot w_j \end{bmatrix}$$

带入计算后得到各个挡土墙评分结果 $V = [3.32 \ 2.36 \ 2.81 \ 2.97 \ 1.55 \ 3.01 \ 2.37 \ 1.55]^T$,因此上述8处边坡挡土墙稳定性由低到高的次序为东澳巷1-3号北侧边坡挡土墙、东澳办事处西北侧边坡挡土墙、蓝天路3-5号边坡挡土墙、军民路9号东南侧边坡挡土墙、东澳巷9号北侧边坡挡土墙、渔村故道52号东南侧边坡挡土墙、渔村故道50号西北侧边坡挡土墙、渔村故道62~68号西北侧边坡挡土墙。

2.5 边坡挡土墙危险性分析

边坡挡土墙与地质灾害类似,其危险性主要体现在:①对附近居民人身安全的影响;②对附近居民及公共设施等相关财产的影响;③负面的社会影响;④负面的环境效应。

调查区挡土墙所处环境相似,边坡挡土墙威胁

(下转第45页)

看,基坑支护工程取得了良好的效果。

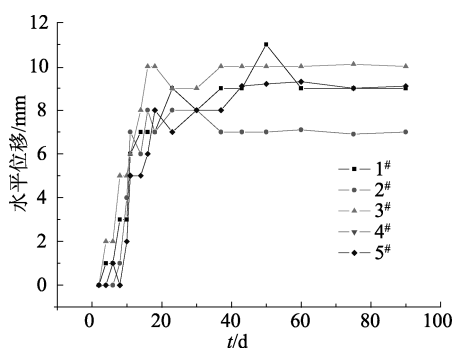


图6 基坑东侧水平位移监测

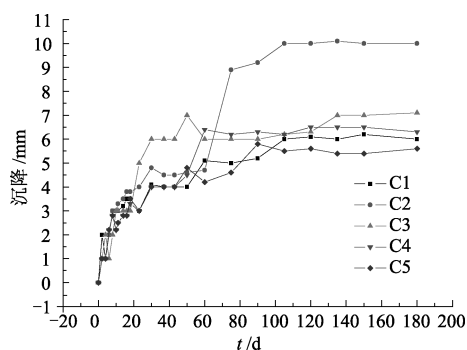


图7 基坑东侧道路沉降监测

5 结论

1)深厚填土在基坑工程中属于不利土体,有条件情况下,采用高能量强夯对侧壁土体进行处理,改善土体的力学性能指标,对支护结构选型及支护效

果会起到很好作用。

2)锚拉桩支护结构能够有效地控制基坑变形,施工简便、造价相对低,在类似的填方基坑中有一定的应用前景。

3)对于边坡支护结构体系计算模型尚不成熟的条件下,通过数值软件模拟施工阶段,检验支护设计效果,提前揭示支护结构变形、应力变化规律,从而指导后续施工。

4)锚拉桩支护结构的破坏模式、变形特征还有待进一步的分析研究。

参 考 文 献

- [1] 侯俊伟,董纯,周峰.双排桩支护在某填方边坡治理中的应用[J].低温建筑技术,2012(10):93-95.
- [2] 李俊才,岳颖峰,茅奇辉,等.软土基坑支护中的锚拉桩结构设计[J].岩土力学,2008,29(9):2551-2555.
- [3] 吴刚,白冰,聂庆科.深基坑双排桩支护结构设计计算方法研究[J].岩土力学,2008,29(10):2753-2758.
- [4] 邓荣基.关于综合内摩擦角的理论分析[J].路基工程,1993(6):14-17.
- [5] GB 50010—2010 混凝土结构设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.

收稿日期:2014-09-04

(上接第8页)

对象及威胁程度差异不大,鉴于治理资金压力,本着“以人为本、重点防治”的目的,建议参考上述稳定性评价结论进行分批治理。

3 结论

通过实地调查结合类似工程经验,本文给出较为全面的边坡挡土墙稳定性评价指标体系。但边坡挡土墙稳定性的影响因素较多,本文所述指标体系可能存在不足,尚需根据实际情况补充完善。但通过上述评价体系可以较为客观地评价挡土墙稳定性等级。为政府部门合理安排有限治理资金提供较为可靠的依据。

参 考 文 献

- [1] 赵静,但琦.数学建模与数学实验[M].北京:高

等教育出版社,2000.

- [2] 珠海市国土资源局.广东省珠海市地质灾害防治规划[R].2006.
- [3] 广东省地质局.中华人民共和国珠海区域地质综合调查报告(1:50000)[R].1992.
- [4] 陈守煜.复杂水资源系统优化模糊识别理论与应用[M].长春:吉林大学出版社,2002.
- [5] 吴舒天,王芝尧.基于模糊综合判断法划分花岗岩残积土型边坡危险等级[J].水力与建筑工程学报,2012(2):102-104.
- [6] Chen S Y et al. Fuzzy optimum model of semi-structural decision for lectotype optimization of offshore platforms [J]. China Ocean Engineering,2001(4):10-40.

收稿日期:2014-08-12