

基于模糊相似优先比的湿陷性黄土强夯有效加固深度预测范例推理研究^{*}

何红前^① 温克兵^② 陈志新^① 叶万军^③

(① 长安大学地质工程与测绘工程学院 西安 710054)

(② 西安市地下铁道有限责任公司 西安 710016)

(③ 西安科技大学地质与环境工程系 西安 710054)

摘要 在大量已有湿陷性黄土地区强夯资料的基础上,采用频数统计的方法,根据变权的概念确定权重,从而构建了一个基于模糊相似优先比的湿陷性黄土强夯有效加固深度预测范例推理模型。该模型是将已有强夯实例作为源范例,将待分析实例作为目标范例,选取相应的评价指标作为模糊因子,通过源范例与目标范例之间模糊因子的相似度计算,得到目标范例与源范例之间的相似性序列,找到与强夯有效加固深度目标范例最相似的源范例,实现有效加固深度的预测。实例分析表明,有效加固深度预测值与实测值误差在 10% 以内,预测精度较高,具有一定的推广价值。

关键词 模糊相似优先比 湿陷性黄土 强夯 有效加固深度 范例推理

中图分类号: P642.13⁺1 文献标识码: A

CASE—BASED REASONING AND FUZZY ANALOGY PREFERRED RATIO FOR EFFECTIVE DEPTH OF COLLAPSIBLE LOESS TREATED WITH DYNAMIC CONSOLIDATION

HE Hongqian^① WEN Kebing^② CHEN Zhixin^① YE Wanjuan^③

(① College of Geology Engineering and Geomatics Changan University Xi'an 710054)

(② Xi'an Subway Co., Ltd Xi'an 710016)

(③ Department of Geological and Environmental Engineering Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054)

Abstract This paper is based on lots of dynamic consolidation data in collapsible loess area. It uses the method of frequency statistics to determine factor weights according to the concept of variable weight. It sets up a case—based reasoning model in association with fuzzy analogy preferred ratio for predicting the effective depth of collapsible loess treated with dynamic consolidation. Examples of dynamic consolidation are taken as base cases, while examples that will be analyzed are taken as target cases in this model. Corresponding evaluation index is selected as the fuzzy factor. The similarity of fuzzy factors between base cases and target cases is calculated. The similar series are determined. The most similar base case to target case is found out in terms of the effective reinforced depth. Finally the effective reinforced depth of dynamic consolidation can be predicted. It is shown from examples that the differences between the predicted and measured values are within 10%. Therefore, this is an effective method with high prediction precision and worth to be used.

Key words Fuzzy preferred ratio; Collapsible loess; Dynamic consolidation; Effective reinforced depth; Case—based reasoning

* 收稿日期: 2008—01—09; 收到修改稿日期: 2008—06—02

1 引言

土体有效加固深度既是反映地基处理效果的重要参数, 又是选择地基处理方案的重要依据, 对强夯夯击能量的确定、夯点布设、加固的均匀性等参数起着决定作用。有效加固深度的影响因素很多, 如土体性质、施工工艺等。随着强夯法使用范围的日渐扩大, 对于有效加固深度计算和预测方法的研究愈加突出, 国内外科研和工程人员在大量实践的基础上从不同角度提出了许多计算公式和理论, 如梅纳公式修正系数法、经验公式法、能量守恒法、规范查表法^[1]以及神经网络法等, 然而由于影响强夯有效加固深度的因素众多, 单纯依靠理论计算或针对某一因素进行研究的强夯有效加固深度不一定能满足工程需要。鉴于诸多因素的不确定性和特殊复杂性, 本文提出基于模糊相似优先的强夯有效加固深度范例推理的方法。运用模糊相似优先的概念构造一个强夯范例检索模型, 对影响强夯有效加固深度的每一个因素分别建立强夯的目标范例与源范例之间的模糊相似优先关系。经过影响因素之间的两两比较, 获得不同的影响因素下强夯的目标范例与源范例之间的相似性序列。在确定影响因素各自的权重之后, 经计算获得强夯的目标范例与源范例之间的综合相似性序列, 从而最终找出与强夯的目标范例最相似的源范例, 以实现目标范例的有效加固深度的模糊预测^[2]。

2 基于模糊相似优先比的强夯有效加固深度范例推理模型

2.1 模糊相似优先比^[3,4]

设 A 为论域 U 中的有 K 个对象组成的集合, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ 。令 $\forall a_i, a_j (i, j = 1, 2, \dots, K)$ 并与对象 a_j 进行比较, 则模糊相似优先关系 R 为如下映射:

$$R = (r_{ij})_{K \times K} \quad r_{ij} \in [0, 1], \quad (i, j = 1, 2, \dots, K)$$

$$R: A \times A \rightarrow [0, 1]$$

且 r_{ij} 满足以下条件:

- (1) $r_{ii} = 0$ ($i = 1, 2, \dots, K$)
- (2) $r_{ij} + r_{ji} = 1$ ($i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, K$)

条件(1)表明: a_i 与自己相比较, 无所谓优先, 故 $r_{ii} = 0$ 。条件(2)表明: 如果 a_i 比 a_j 的优先程度为 r_{ij} , 那么 a_j 比 a_i 的优先程度就为 $r_{ji} = 1 - r_{ij}$ 。若 $r_{ij} =$

1, 表明 a_i 与 a_j 相比, 同 a_j 相似的多。若 $r_{ij} = 0.5$ 表明 a_i 与 a_j 的相似程度相等。因此, 称 r_{ij} 为 a_i 比 a_j 同 a_j 的模糊相似优先比, 称 R 为模糊相似优先关系。

2.2 强夯有效加固深度影响因素模糊相似优先关系

2.2.1 强夯有效加固深度范例的表示

设 $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$

$$\min F(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)]^T$$

$$s.t. \quad g_k(x) \leq 0 \quad (k = 1, 2, \dots, p)$$

式中, x_j 为影响强夯有效加固深度的因素, $f_j(x)$ 为地基在因素 x_j 影响下的加固深度, 根据约束条件 $s.t. \quad g_k(x) \leq 0$ 求出的最优解 $f_j^* (j = 1, 2, \dots, m)$ 为强夯有效加固的源范例。相应的, 强夯有效加固源范例库表示为:

$$C = \{f_1^*, f_2^*, \dots, f_m^*\}$$

强夯有效加固目标范例表示为:

$$C_0 = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0j}, \dots, x_{0n})$$

式中, $x_{0j} (j = 1, 2, \dots, n)$ 为强夯有效加固目标范例的影响因素。

2.2.2 因素之间的相似性度量

设强夯有效加固源范例 $C_p, C_q \in C$ 且 $C_p \neq C_q$, C_0 为强夯有效加固的目标范例。由强夯有效加固范例表示, 则有:

$$C_p = (x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pj}, \dots, x_{pn})$$

$$C_q = (x_{q1}, x_{q2}, \dots, x_{qj}, \dots, x_{qn})$$

$$C_0 = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0j}, \dots, x_{0n})$$

C_p 第 j 个因素与 C_0 第 j 个因素之间的海明距离为:

$$d(C_{pj}, C_{0j}) = |x_{pj} - x_{0j}| \quad (1)$$

C_q 第 j 个因素与 C_0 第 j 个因素之间的海明距离为:

$$d(C_{qj}, C_{0j}) = |x_{qj} - x_{0j}| \quad (2)$$

当采用两范例间的海明距离表示其相似程度时, 可以认为, 海明距离愈小, 两个因素就愈相似。

2.2.3 模糊相似优先关系 $D(\cdot)$ 的构造

设强夯有效加固源范例 C_p, C_q 的第 j 个因素 C_{pj}, C_{qj} 与 C_0 的第 j 个因素 C_{0j} 的海明距离分别为 $d(C_{pj}, C_{0j})$ 和 $d(C_{qj}, C_{0j})$, 则 C_p 的第 j 个因素 C_{pj} 比 C_q 的第 j 个因素 C_{qj} 与 C_{0j} 的模糊相似优先定义为:

$$D_{pq}^j = \frac{d(C_{qj}, C_{0j})}{d(C_{pj}, C_{0j}) + d(C_{qj}, C_{0j})} \quad (3)$$

显然, $D_{pq}^j \in [0, 1]$, 同样, $D_{qp}^j = 1 - D_{pq}^j \in [0, 1]$, D_{pq}^j 愈大, C_p 的第 j 个因素 C_{pj} 比 C_q 的第 j

因素 C_{qj} 同 C_0 的第 j 个因素愈相似, 当 $D_{pq}^j = 0.5$ 时则无法确定优先关系。相应于第 j 个因素的模糊相似优先的关系 $D(j)$ 构造步骤如下:

令 $p=1, q=2, 3, \dots, K$ 可求得 $D_{12}^j, D_{13}^j, \dots, D_{1K}^j$

同样, 令 $p=2, q=1, 3, \dots, K$ 可求得 $D_{21}^j, D_{23}^j, \dots, D_{2K}^j$

依次取 $p, q=1, 2, \dots, K$ 同时令 $p=q$ 时, 有 $D_{pp}^j = 0$, 因此形成如下矩阵:

$$D(j) = \begin{bmatrix} 0 & D_{12}^j & \dots & D_{1K}^j \\ D_{21}^j & 0 & \dots & D_{2K}^j \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{K1}^j & D_{K2}^j & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

该矩阵就称为第 j 个因素的强夯有效加固深度预测的模糊相似优先关系。依次取 $j=1, 2, \dots, n$ 可求出对应于 n 个因素的模糊相似优先关系, 共有 n 个。

2.3 强夯有效加固深度预测

对 $D(j)$ 取各 λ 截集, 可得到 K 个强夯有效加固源范例第 j 个因素与目标范例 C_0 的相似程度序列。

2.3.1 对于 $D(j)$ 取各 λ 截集

在区间 $[0, 1]$ 中, 从大到小取一系列值, 对每一相似优先矩阵 $D(j)$ ($j=1, 2, \dots, n$) 依次作一系列相应的 λ 截矩阵, 其中最大的 λ 值应小于等于最大的相似优先比, 可得到 K 个强夯有效加固源范例第 j 个因素与目标范例 C_0 的相似程度序列。

2.3.2 确定目标范例的绝对有限序号

约定: 与 C_0 最为相似的排在序列的最前面, 顺序号为 1; 与 C_0 最不相似的排在最后面, 顺序号为 K 。则 K 个强夯有效加固源范例的顺序号可组成如下序号集:

$$T_j = (k_1, k_2, \dots, k_K) \quad (5)$$

则第 K 个强夯有效加固深度在源范例库中与 C_0 相似程度序列中的序号为

$$k = \sum_{j=1}^n w_j \times k_j \quad (6)$$

式中, w_j 为 n 个因素的权重 ($j=1, 2, \dots, K$), 利用后式 (7)、(8) 可求得; 利用式 (6) 即可得到 K 个范例的顺序号大小; k 愈小, C_k 与 C_0 就愈相似, 它在相似程度序列中就愈排在前面。

2.4 权重的确定^[4~8]

权重是用来衡量各属性的相对重要性, 是模糊

数学中一个很重要的因素。考虑到权重对环境的敏感, 在不同的决策环境下相同的因素对决策输出会有不同的影响。本文采用频数统计的方法, 根据变权的概念提出权重的计算方法。

步骤如下:

(1) 在 m 个源范例和 n 个目标范例的影响因素以及源范例的有效加固深度通过式 $\dot{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ij \max}}$ 进行归一化处理, 消除其量纲, 处理后其值域位于区间 $[0, 1]$ 之间。

(2) 在平面坐标轴上将 $[0, 1]$ 分别等分为 L 份, 每隔距离为 $1/L$ 。

(3) 由于影响因素其影响因子为散点分布, 单位面积上散点分布个数为 N_h ($h=1, 2, \dots, m+1$), 则分布频率为 N_h/L^2 。

(4) 为使权重能够反映在分类中的判别作用, 采用频率的平方和来计算权重, 使对分类判别作用不大的属性权重得以降低, 对分类判别作用较大的属性权重得以提高。因此, 权重的计算公式可以记为:

$$\dot{w}_h = \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_{hi}}{L^2} \right)^2 \quad (7)$$

式 (7) 计算的权重值 \dot{w}_i 范围在 $[1/n, 1]$ 之间。

通常情况下, $\sum_{i=1}^m \dot{w}_i = 1$ (m 为影响因素的种类), 所以, 对 \dot{w}_i 进行归一化处理得:

$$w_h = \frac{\dot{w}_{hj}}{\sum_{j=1}^m \dot{w}_{hj}} \quad (8)$$

通过概率统计的方式对权重的计算能很大程度上克服人为主观因素的影响, 使之更客观化, 且充分体现了各影响因素对加固效果的敏感性。

3 实例分析

根据文献 [7] 中收集总结的湿陷性黄土地区的强夯资料, 选取 18 个中、低能级强夯实例作为研究对象, 前 12 个作为源范例, 后 6 个作为目标范例 (表 1)。由于我国的黄土性质从西向东、从南向北在地域分布上有其规律性, 在同一个湿陷性黄土工程地质分区内的黄土可以认为某些性质为恒定值, 如容重、孔隙比、压缩系数等。因此, 本实例中将影响因素如土的平均含水量、强夯的锤重 (kN)、落距 (m)、锤底面积 (m^2)、夯点间距 (m)、锤击数 (n) 等 6 项作为模糊因子, 用本文的方法进行推理计算。

表 1 中、低能级强夯实例原始数据

Table 1 Original data of practical dynamic consolidation example in middle and low energy level

序号	含水量 / (%)	锤重 / kN	落距 / m	锤底面积 / m ²	夯点间距 / m	击数 / n	实际有效加固深度 / m
1	10.89	100	18	4.02	3.0	12	6.03
2	15.68	100	12	4.02	3.0	10	6.39
3	15.68	100	20	4.02	3.0	10	7.83
4	12.63	200	25	4.92	6.0	23	9.00
5	12.63	200	20	6.00	5.0	23	6.93
6	17.64	100	10	4.02	2.0	12	5.04
7	18.08	100	10	4.02	3.0	12	6.03
8	10.45	105	18	4.02	3.0	10	6.93
9	19.82	100	11	4.14	2.3	9	5.04
10	15.03	150	11	4.92	2.5	9	8.01
11	16.99	125	17	3.90	3.0	22	9.00
12	12.63	200	10	4.98	3.8	13	6.93
13	15.68	100	17	4.02	3.0	10	7.54
14	10.02	140	15	3.12	4.0	12	5.85
15	12.63	150	13	4.02	5.0	13	6.66
16	13.07	100	15	4.02	6.0	15	6.57
17	21.78	100	10	3.24	1.8	14	5.22
18	10.45	105	12	4.02	3.0	9	6.49

考虑到每一个影响因素的量纲不同, 对表 1 原始数据进行归一化处理, 即用影响因素中每一个值除以该因素中的最大值 (表 2)。

根据建立的模糊相似优先的强夯范例推理检索

模型, 以目标范例 C_{01} 为例, 来验证范例推理的过程。由式 (4) 依次建立影响因素含水量的相似优先矩阵 $D(1)$ 。

表 2 强夯实例数据归一化处理结果

Table 2 The normalization data of practical dynamic consolidation example

源范例 C_k	目标范例 C_0	含水量	锤重	落距	锤底面积	夯点间距	击数	实际有效加固深度	与 C_0 最相似的源范例
C_1	C_0	0.50	0.500	0.72	0.67	0.5000	0.5217	0.67	C_{02}
C_2	C_0	0.72	0.500	0.48	0.67	0.5000	0.4348	0.71	C_{04}
C_3	C_0	0.72	0.500	0.80	0.67	0.5000	0.4348	0.87	C_{01}
C_4	C_0	0.58	1.000	1.00	0.82	1.0000	1.0000	1.00	
C_5	C_0	0.58	1.000	0.80	1.00	0.8333	1.0000	0.77	
C_6	C_0	0.81	0.500	0.40	0.67	0.3333	0.5217	0.56	C_{05}
C_7	C_0	0.83	0.500	0.40	0.67	0.5000	0.5217	0.67	
C_8	C_0	0.48	0.525	0.72	0.67	0.5000	0.4348	0.77	C_{06}
C_9	C_0	0.91	0.500	0.44	0.69	0.3833	0.3913	0.56	
C_{10}	C_0	0.69	0.750	0.44	0.82	0.4167	0.3913	0.89	
C_{11}	C_0	0.78	0.625	0.68	0.65	0.5000	0.9565	1.00	
C_{12}	C_0	0.58	1.000	0.40	0.83	0.6333	0.5652	0.77	C_{03}
C_{01}	C_0	0.72	0.500	0.68	0.67	0.5000	0.4348	0.84	
C_{02}	C_0	0.46	0.700	0.60	0.52	0.6667	0.5217	0.65	
C_{03}	C_0	0.58	0.750	0.52	0.67	0.8333	0.5652	0.74	
C_{04}	C_0	0.60	0.500	0.60	0.67	1.0000	0.6522	0.73	
C_{05}	C_0	1.00	0.500	0.40	0.54	0.3000	0.6087	0.58	
C_{06}	C_0	0.48	0.525	0.48	0.67	0.5000	0.3913	0.72	

$$D(1) = \begin{bmatrix} 0 & 0.000 & 0.000 & 0.389 & 0.389 & 0.290 & 0.333 & 0.522 & 0.463 & 0.120 & 0.214 & 0.389 \\ 1.000 & 0 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 1.000 & 0.000 & 0 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 0.611 & 0.000 & 0.000 & 0 & 0.500 & 0.391 & 0.440 & 0.632 & 0.576 & 0.176 & 0.300 & 0.500 \\ 0.611 & 0.000 & 0.000 & 0.500 & 0 & 0.391 & 0.440 & 0.632 & 0.576 & 0.176 & 0.300 & 0.500 \\ 0.710 & 0.000 & 0.000 & 0.609 & 0.609 & 0 & 0.550 & 0.727 & 0.679 & 0.250 & 0.400 & 0.609 \\ 0.667 & 0.000 & 0.000 & 0.560 & 0.560 & 0.450 & 0 & 0.686 & 0.633 & 0.214 & 0.353 & 0.560 \\ 0.478 & 0.000 & 0.000 & 0.368 & 0.368 & 0.273 & 0.314 & 0 & 0.442 & 0.111 & 0.200 & 0.368 \\ 0.537 & 0.000 & 0.000 & 0.424 & 0.424 & 0.321 & 0.367 & 0.558 & 0 & 0.136 & 0.240 & 0.424 \\ 0.880 & 0.000 & 0.000 & 0.824 & 0.524 & 0.750 & 0.786 & 0.889 & 0.864 & 0 & 0.667 & 0.824 \\ 0.786 & 0.000 & 0.000 & 0.700 & 0.700 & 0.600 & 0.647 & 0.800 & 0.760 & 0.333 & 0 & 0.700 \\ 0.611 & 0.000 & 0.000 & 0.500 & 0.500 & 0.391 & 0.440 & 0.632 & 0.576 & 0.176 & 0.300 & 0 \end{bmatrix}$$

该矩阵就称为第 1 个影响因素 (含水量) 的强夯有效加固深度预测的模糊相似优先关系。同理, 可求得其他影响因素的相似优先矩阵

$$D(j) (j=2, 3, \dots, 6)$$

作 λ 截矩阵: λ 依次取值为 1.0, 0.667, 0.6, 0.55, 0.56, 0.5, 0.42, 0.389, 0.368 根据式 (5) 确定该因素的目标范例的绝对有限序号 $T_j, T_j = (8, 1, 1, 6, 6, 4, 5, 9, 7, 2, 3, 6)$ 同理, 求得其他因素的绝对有限序号 $T_j (j=2, 3, \dots, 6)$ 。

由式 (7)、(8) 求出每个因素的权重值 (表 3), 即可以利用式 (6) 求出相似程度的优先顺序 t_k 排出与目标范例的相似程度序列 (表 4)。

表 3 目标范例属性的权重值 w_j
Table 3 The factor weights of target cases

目标范例	含水量 x_1	锤重 x_2	落距 x_3	锤底面积 x_4	夯点间距 x_5	击数 x_6
C_0	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6
C_{01}	0.1405	0.1488	0.1240	0.1901	0.2066	0.1901
C_{02}	0.1389	0.1759	0.1389	0.1759	0.1944	0.1759
C_{03}	0.1293	0.1638	0.1293	0.1983	0.1810	0.1983
C_{04}	0.1339	0.1875	0.1339	0.1875	0.1875	0.1696
C_{05}	0.1339	0.1875	0.1518	0.1696	0.1875	0.1696
C_{06}	0.1441	0.1610	0.1271	0.1949	0.2119	0.1610

表 4 目标范例 C_{01} 与 C_k 的相似程度序列
Table 4 The similar series between target cases and base cases

C_k	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	t_k	综合序列
C_1	8	1	2	1	1	3	2.4878	4
C_2	1	1	4	1	1	1	1.3721	2
C_3	1	1	3	1	1	1	1.2481	1
C_4	6	5	7	3	7	6	5.6121	12
C_5	6	5	3	5	6	6	5.2897	11
C_6	4	1	6	1	5	3	3.2482	9
C_7	5	1	6	1	1	3	2.5623	6
C_8	9	2	2	1	1	1	2.3969	3
C_9	7	1	5	2	3	2	3.1325	8
C_{10}	2	4	5	3	2	2	2.8599	7
C_{11}	3	3	1	2	1	5	2.5292	5
C_{12}	6	5	6	4	4	4	4.6782	10

由此可见, 目标范例 C_{01} 与 C_k 的最为相似, 所以可以预估 C_{01} 的强夯有效加固深度为 7.8m 左右, 实际有效加固深度为 7.54m, 误差约为 3.4%, 可以认为预估成功。

同理, 可得到 C_{02} 、 C_{03} 、 C_{04} 、 C_{05} 、 C_{06} 的有效加固深度 (表 2)。

各目标范例实际强夯有效加固深度与预估结果比较见表 5。

表 5 目标范例实际有效加固深度与预估深度对比表
Table 5 The contrast between practical effective reinforced depth and predicted depth of target cases

目标范例 C_0	实际加固深度 /m	预测加固深度 /m	误差 / (%)
C_{01}	7.54	7.83	3.85
C_{02}	5.85	6.03	3.08
C_{03}	6.66	6.93	4.05
C_{04}	6.57	6.39	2.74
C_{05}	5.22	5.04	3.45
C_{06}	6.49	6.93	6.78

4 结 论

由于影响强夯有效加固深度的因素较多, 完全依靠理论计算有时是不可能的或不精确的。针对影响加固深度的诸多因素的不完整性和不确定性, 本文提出基于模糊相似优先的强夯有效加固深度范例推理方法, 并首次提出采用频数统计的方法, 根据变权的概念确定权重, 充分体现各影响因素对加固效果的敏感性, 本方法原理直观, 在以往的强夯实际有效加固深度和当前的强夯有效加固深度预测之间建立了合理的推理关系。实例证明, 预测结果与实际接近, 且易于计算机进行规范化评价, 排除了人为因素对分析、评定结果的干扰, 具有较强的识别评判能力和简便、定量严密的特点, 该方法对其他综合评价工作也有一定的借鉴意义。随着范例的不断增多, 相似条件下的对比试验资料的积累, 有效加固深度的精度会进一步提高。

参 考 文 献

[1] 中国建筑科学研究院. 建筑地基处理技术规范 (JG79—2002) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
China Academy of Building Research. Technical code for ground

- reatment of buildings(JGJ79—2002). Beijing: China Architecture and Building Press, 2002
- [2] 刘沐宇, 朱瑞庚. 基于模糊相似优先的边坡稳定性评价范例推理方法 [J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(8): 1188 ~ 1193
Liu MuYu, Zhu RuiGeng. Case-based reasoning approach to slope stability evaluation based on fuzzy analogy preferred ratio. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2002, 21(8): 1188 ~ 1193
- [3] 王凡. 模糊数学与工程科学 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨船舶工程学院出版社, 1988.
Wang Fan. Fuzzy mathematics and engineering science. Harbin: Harbin Ship Engineering College Press, 1988.
- [4] 刘沐宇. 基于范例推理的边坡稳定性智能评价方法研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2001.
Liu MuYu. Intelligent approach to slope stability evaluation based on case-based reasoning. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2001.
- [5] 汪荣鑫. 数理统计 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1986.
Wang Rongxin. Mathematical statistics. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 1986.
- [6] 李鸿吉. 模糊数学基础及其实用算法 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
Li Hongji. Fuzzy mathematics foundation and practical algorithm. Beijing: Science Press, 2005.
- [7] 地基处理手册(第二版)编写委员会. 地基处理手册(第二版) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
Handbook of foundation treatment(the second edition) compiling committee. Handbook of foundation treatment(the second edition). Beijing: China Architecture and Building Press, 2000.
- [8] 李萍, 李同录. 黄土物理性质与湿陷性的关系及其工程意义 [J]. 工程地质学报, 2007, 15(4): 506 ~ 512.
Li Ping, Li Tonglu. Relation between loess collapsibility and physical properties and its engineering significance. Journal of Engineering Geology, 2007, 15(4): 506 ~ 512.

第三届全国岩土与工程学术大会

会议主题:

联合应对——西部的机遇与挑战

会议议题:

◦ 西部大型工程建设的岩土与工程问题: (1)岩石高边坡工程; (2)深埋长隧道工程; (3)高坝与大水库; (4)复杂介质的交通干线建设; (5)复杂场地的大型民用机场。

◦ 西部特殊岩土环境问题: (1)人类工程活动与环境问题; (2)气候变化与环境灾害; (3)环境岩土工程与资源可循环利用; (4)西部特殊地区环境条件与工程建设。

◦ 理论探索与新技术: (1)岩石与土力学理论; (2)岩土工程风险评价与管理; (3)西部地区重大地质灾害形成机理与治理技术; (4)岩土勘探、测试、监测与施工新技术; (5)岩土工程信息技术; (6)岩土工程机械与仪器设备。

◦ 其他: (1)大型岩土工程实录; (2)发展战略与联合应对挑战; (3)岩土工程与可持续发展; (4)境外岩土工程。

增设会议议题:

◦ 四川汶川地震专题

◦ 岩土与工程教育专题

◦ 规范建设专题。

关于会议论文:

大会所提交的论文中择优选取 20 篇论文进入《岩石力学与工程学报》正刊, 另选 30 篇进入其增刊。其余被本次大会选中的论文, 将以会议论文集的形式在正规出版社出版。

会议地点: 成都理工大学

会议时间:

2009年6月11日~6月18日, 其中: 2009年6月11日, 报到注册; 2009年6月12日~14日 学术大会; 2009年6月15日~18日 会后野外考察。

大会具体联络人:

许强: 028-84077988 13880536030

xuqiang_68@126.com xq@cdut.edu.cn

郑光: 13880780614 fzwing140@163.com

通信地址: 四川省成都市二仙桥东三路1号成都理工大学
地质灾害防治国家重点实验室

邮政编码: 610059

大会网站: <http://www.gee2009.com>

大会论文提交邮箱: gee2009@163.com

会议费用:

注册费: (1)正式代表: 800元(含会议全部资料及大会期间活动内容); (2)学生代表: 400元(仅包括会议论文集、参加大会和各分会); (3)陪同代表: 400元(含宴会和会议专门为陪同人员组织市内游览)。

住宿费: 所有代表自理。会议提供标准间: 约 200元/间。

会议考察路线:

线路一: 成都—雅安—大渡河—康定—丹巴(地质灾害及水电开发工程)

线路二: 成都—都江堰—映秀—汶川—九寨沟—黄龙(汶川地震诱发地质灾害与地质环境保护)

线路三: 成都—西昌—锦屏山、二级(长隧道与高坝)

费用: 根据当时的具体情况确定, 费用自理。