

文章编号 1000 5013(2004) 03 0284 04

场地特征周期值的连续化模糊评定

李梁峰 林建华

(华侨大学土木工程系, 福建 泉州 362011)

摘要 根据 2001 年建筑抗震设计规范中场地划分和场地特征周期计算方法, 提出基于模糊数学的场地类别二次模糊综合评判法, 得出连续化的模糊场地特征周期值的计算方法. 经过与规范方法的比较, 证明方法更具工程意义和合理性.

关键词 场地特征周期, 模糊综合评判, 隶属函数, 连续化

中图分类号 TU 352. 1⁺ 10. 1: TU 12 文献标识码 A

根据场地类别计算场地特征周期, 是建筑抗震设计的重要工作之一. 长期以来, 专家学者们普遍认为场地划分具有较大的模糊性, 且场地应该是连续的. 随着模糊数学在土木工程领域的发展与应用, 对划分边界进行切合实际的模糊化, 采取多因素综合评定的方法, 使最终获取较为准确合理的场地特征周期和抗震设计反应谱成为可能. 本文对于新规范中的场地特征周期确定方法进行比较分析, 提出基于场地类别模糊综合评判的场地特征周期 T_g 值算法. 同时, 给出可供工程实用参考的 T_g 等值线图.

1 规范方法

和《GB 11-89 建筑抗震设计规范》^[1] (以下简称“89 规范”) 一样, 新规范^[2]中仍采用表格划分法划分场地类别, 如表 1 所示. 图 1(a), (b) 分别为按新规范和按 89 规范场地类别划分表格转换而得的场地类别划分图. 对比图 1(a), (b), 可以更清楚地看出, 新规范在 $250 \leq v_{se} < 500$ 范围内, I, II 类场地边界线相对 89 规范左移. 所以, 新规范中 I 类场地范围变小了, II 类场地范围有所扩大, 但是相差并不大. 两规范最大的区别在于, 新规范

表 1 新规范中各类建筑场地的覆盖层厚度(m)

$v_{se}/m \cdot s^{-1}$	场地类别			
	I	II	III	IV
$v_{se} > 500$	0			
$500 \geq v_{se} > 250$	< 5	≥ 5		
$250 \geq v_{se} > 140$	< 3	3~ 50	> 50	
$v_{se} \leq 140$	< 3	3~ 15	15~ 80	> 80

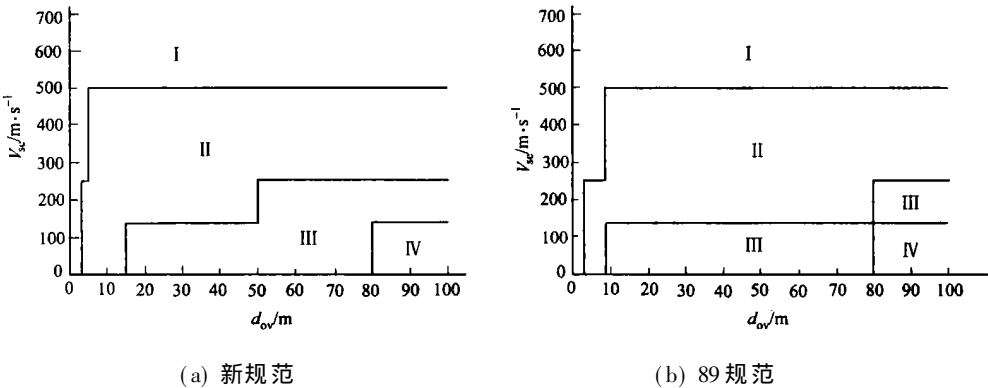


图 1 场地类别划分图

中场地类别采用了阶越式连续划分. 图 1(a) 中的划分边界, 避免了图 1(b) 中 A 点处场地类别变化不连续, 从而造成的 A 点附近场地类别突变两级的情况. 而且, 这也使得场地特征周期的连续化插入方案成为可能.

新规范中规定: 当有可靠的剪切波速 v_{se} 和覆盖层厚度 d_{ov} , 且其值处于规范中的表, 规范中表达方式 4. 1. 6 所列场地类别的分界线附近时, 应允许按插值方法确定地震作用计算所用的设计特征周期. 图 2 为新规范条文说明^[2]中建议的, 在场地覆盖层厚度 d_{ov} 和等效剪切波速 v_{se} 平面上按新规范场地分类

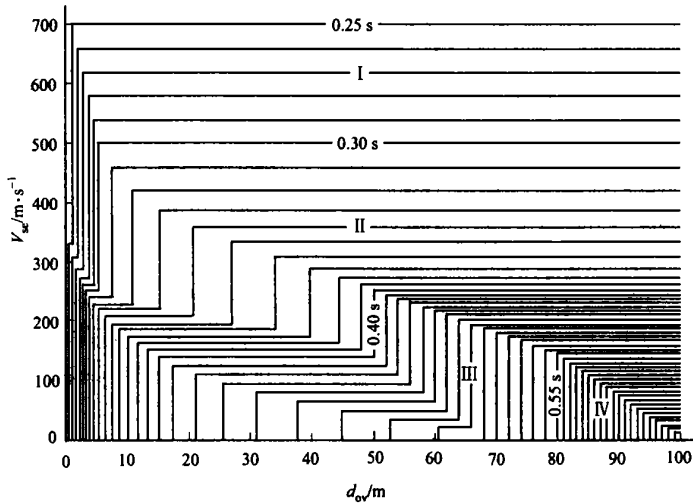


图 2 规范建议的 d_{ov} - v_{se} 平面上的 T_g 等值线图

方法, 用等步长和按线性规则改变步长进行连续化插入的方案(相当于在图 1 场地分类基础上进行插值细划). 相对于 89 规范中 T_g 值按场地类别取单值的做法, 这无疑是一个很大的进步. 因为, 它避免了边界线附近场地特征周期的跳跃, 从而较符合实际情况(用于设计特征周期一区, 在图 2 中, 相邻 T_g 等值线的差值均为 0. 01 s)

2 模糊评判方法

本文在新规范场地划分表格的基础上, 参考文献[3~ 6], 选取覆盖层厚度及等效剪切波速为评定因子, 采用二次模糊综合评判法对场地类别进行划分.

2. 1 一次评定

一次评定, 即为场地土等效剪切波速的模糊评定. 将论域定义为 $[V_1, V_2, V_3, V_4]$ 4 种情况, 如表 2 所示. 隶属函数取为正态型 $\mu(x)e^{-(\frac{x-k}{t})^2}$, 系数 k 和 t 可根据以下原则确定. 即(1) 评定因子等于平均值时, 其隶属度等于 1; (2) 当物理量范围的边界值介于两者之间时, 隶属度取为相同值 0. 5. 按照此原则, 根据表 1 可得各 k, t 值, 如表 2 所示. 在求 k, t 值时, 参考图 2, 取剪切波速的上限值为 $900\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, d_{ov} 的总范围为 0~ 120 m.

表 2 等效剪切波速论域及其隶属函数系数			
$v_{se}/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	论域	k	t
$v_{se}>500$	V_1	700	240
$500\geq v_{se}>250$	V_2	375	150
$250\geq v_{se}>140$	V_3	195	66
$v_{se}\leq 140$	V_4	70	84

评定因子的边界范围条件不同时, 隶属函数稍有不同. (1) 当评定因子的边界没有下限规定时. 隶属函数为

$$\mu(x)=\begin{cases}1,&x\leq k,\\e^{-(\frac{x-k}{t})^2},&k<x\leq x_{上}.\end{cases}\tag{1}$$

(2) 当评定因子的边界没有上限规定时. 隶属函数为

$$\mu(x)=\begin{cases}e^{-(\frac{x-k}{t})^2},&x_{下}<x<k,\\1,&x\geq k.\end{cases}\tag{2}$$

(3) 当评定因子的边界有上下限值时, 隶属函数为

$$\mu(x) = e^{-\left(\frac{x-k}{t}\right)^2}, \quad x_{\text{下}} \leq x \leq x_{\text{上}}. \tag{3}$$

4 按以上原则, 可确定出如图 3 的隶属函数图形. 由此可得等效剪切波速的模糊向量, 即

$$V = \frac{v_1}{V_1} + \frac{v_2}{V_2} + \frac{v_3}{V_3} + \frac{v_4}{V_4}, \tag{4}$$

在式(4)中, $v_i (i = 1, 2, 3, 4)$ 为场地土等效剪切波速对各论域的隶属度.

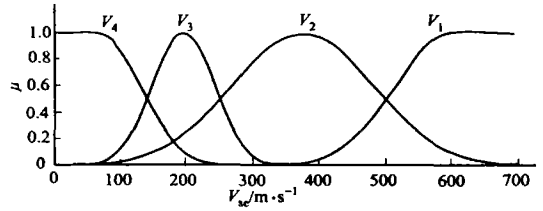


图 3 等效剪切波速隶属函数图形

2. 2 二次评定

二次评定, 是基于等效剪切波速范围分组的场地类别的二次综合评判. 以场地类别为论域, 覆盖层厚度为评定因子, 则可得评定因素模糊关系矩阵为

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} \end{bmatrix}. \tag{5}$$

元素 b_{ij} 为第 i 组等效剪切波速范围(对应于一次评定中的情况 V_i) 内, 覆盖层厚度对第 j 类场地类别的隶属度. b_{11} 具有特殊的确定性, 其隶属函数取为

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x = 0, \\ 0, & x \neq 0. \end{cases} \tag{6}$$

其余隶属函数仍取为正态型, 具体规定如前所述, 限于篇幅, 这里只给出隶属函数系数矩阵 K, T , 即

$$K = \begin{bmatrix} - & - & - & - \\ 2.5 & 62.5 & - & - \\ 1.5 & 26.5 & 85.0 & - \\ 1.5 & 9.0 & 47.5 & 100.0 \end{bmatrix}; \quad T = \begin{bmatrix} - & - & - & - \\ 3.0 & 69.0 & - & - \\ 1.8 & 28.2 & 42.0 & - \\ 1.8 & 7.2 & 39.0 & 24.0 \end{bmatrix}. \tag{7}$$

以一次评定中得到的 V 作为评定因子, 对评定对象所起作用的模糊集. 为避免出现隶属度大于 1 的情况, 需要 V 对中的元素按比例调整得 V' , 使得 $\sum_{i=1}^4 v_i = 1$ (即满足权系数等于 1 的条件). 于是, 可得二次综合评定结果向量, 即场地类别模糊向量 C 为

$$C = V' \times B = \frac{C_1}{\text{I}} + \frac{C_2}{\text{II}} + \frac{C_3}{\text{III}} + \frac{C_4}{\text{IV}}. \tag{8}$$

对于得出的模糊向量, 按隶属度取大原则可确定场地类别.

3 T_g 值的确定

至此, 已经可求得场地类别的模糊子集, 以隶属度 C_1, C_2, C_3, C_4 (二次综合评定) 的平方为权^[5] 综合考虑各类场地土的影响. 可得消除了模糊性后的场地特征周期评判值 T_g , 即

$$T_g = \left(\sum_{i=1}^4 C_i^2 T_{gi} \right) / \left(\sum_{i=1}^4 C_i^2 \right). \tag{9}$$

以设计地震分组第 1 组^[1] 为例, 按照上述模糊方法, 可计算出模糊场地特征周期值 T_g . 图 4 为按本文模糊评判法求得的 $d_{ov}-V_{se}$ 平面上的 T_g 等值线图. 图中用于设计特征周期一区, 图中相邻 T_g 等值线的差值均为 0.01 s. 按新规范中提供的特征周期与场地类别的对应关系, 根据场地划分边界处 T_g 值等于相邻两个场地类别特征值中间插值的原则, 可得如图 4 以粗线作为边界线的场地类别划分. 与图 1(a) 比可见, 其边界线为光滑的曲线, 避免了图 1(b) 线拐点处场地类别突变情况的发生. 对比图 4, 2 可见, 图 2 场地特征周期在整个场地类别范围内, 按等步长和按线性规则改变的步长进行变化. 图 4 场地特征周期值, 主要在边界线附近连续变化, 而在区域中间一段范围内变化较为缓慢. 这是由于场地类别模糊评判时, 采用更符合统计意义的正态型隶属函数所致. 从普通的场地划分概念上讲, 这比图 2 符合规范中在边界线附近插值的规定, 也更符合实际情况. 因为, 在评定因子某边界范围中间一定范围内, 场地特征周期值的确定是较可靠的, 所模糊的大部分应该在边界附近.

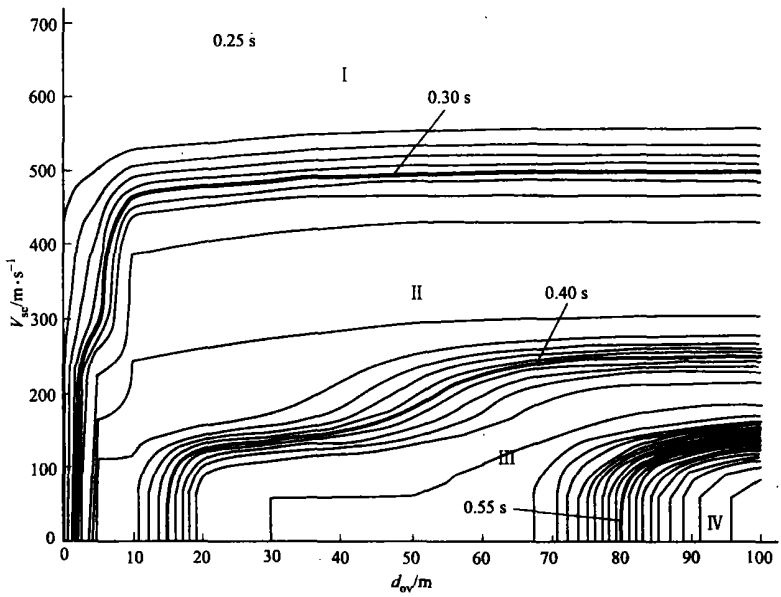


图 4 按本文模糊方法计算所得的 d_{ov} - V_{se} 平面上的 T_g 等值线图

4 结束语

本文将新规范中场地特征周期的确定方法, 89 规范做了一个简单的比较. 分析结果表明, 规范中场地特征周期在边界线附近插值的方法, 比 89 规范更为合理的原因. 同时, 采用二次模糊综合评判法, 根据新规范场地类别划分表(表 1), 对场地类别进行了模糊评判, 得出场地设计特征周期计算方法, 绘制出了 T_g 等值线图. 按照特征周期与场地类别的对应关系, 给出了具有光滑曲线边界的场地类别划分方法. 对比分析模糊场地特征周期等值线图和规范建议的等值线图, 得出本文建议的等值线图比规范建议的等值线图更为合理的结论. 本文所建议的 T_g 等值线图, 可供工程实用参考. 按具体的 d_{ov} 和 v_{se} 值查图 4, 即可确定 T_g 值和所应属的场地类别.

参 考 文 献

1 中华人民共和国建设部编. GBJ 11-89 建筑抗震设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989. 7~ 9
2 中华人民共和国建设部编. GB 50011-2001 建筑抗震设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001. 17~ 215
3 苏经宇, 周锡元, 谭 键. 场地类别模糊综合评定实用方法[J]. 岩土工程学报, 1990, 12(3): 32~ 41
4 尹力峰, 李 锰, 高定才等. 新疆玛纳斯县城场地类别模糊综合评定[J]. 内陆地震, 1999, 13(1): 32~ 39
5 林建华, 王全凤, 施养杭. 石砌体结构抗震性能及其模糊抗震可靠度的研究[J]. 土木工程学报, 1998, 31(6): 40~ 47
6 贺仲雄. 模糊数学及其应用[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1983. 64~ 72

Continuous Fuzzy Evaluation of the Value of Characteristic Site Period

Li Liangfeng Lin Jianhua

(Dept. of Civil Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou, China)

Abstract According to the site division and method for calculating characteristic site period in the Code for Seismic Design of Building (GB 50011-2001), the authors pose a method of second order comprehensive fuzzy evaluation of site category based on fuzzy mathematics; and obtain a method for calculating the value of characteristic site period in a continuous and fuzzy way. The method is proved to be even more rational and of engineering significance, as compared with the method given by the code.

Keywords characteristic site period, comprehensive fuzzy evaluation, membership function, continuous