

李建有, 太树刚, 林凤仙, 梁坤, 陈小强, 2015. 昆明盆地粉质粘土土动力参数研究. 震灾防御技术, 10 (4): 872—883.
doi: 10.11899/zzfy20150405

昆明盆地粉质粘土土动力参数研究

李建有 太树刚 林凤仙 梁坤 陈小强

(昆明南方地球物理技术开发有限公司, 昆明 650231)

摘要 土动力参数是土层地震反应分析中重要的参数之一, 且具有较强的区域性特点。本文收集了昆明盆地区域内 68 个场地的 137 组粉质粘土的动三轴试验数据, 进行了统计分析, 并通过土层地震反应分析计算, 与袁晓铭的推荐值和《工程场地地震安全性评价工作规范 (DB001-94)》中给出的规范值做了对比, 结果表明: 采用本文统计的土动力参数, 所得的地震动参数具有一定的代表性和适用性。在昆明盆地区域, 本文的统计值在 II、III 类工程场地地震安全性评价工作中具有一定的借鉴和参考作用。

关键词: 粉质粘土 土动力参数 统计分析 昆明盆地

引言

土的动剪切模量比和阻尼比是工程场地地震安全性评价中土层地震反应分析不可或缺的参数。《工程场地地震安全性评价 (GB 17741-2005)》(中华人民共和国国家标准, 2005) 规定: I 级工作应对各层土样进行动三轴和共振柱试验, II 级工作和地震小区划应对有代表性的土样进行动三轴或共振柱试验。对于 II 级工作和地震小区划中, 场地内的薄层或透镜体则可以参考基于试验数据得到的规范值或推荐值。目前, 应用较为广泛的有《工程场地地震安全性评价工作规范 (DB001-94)》(中华人民共和国地震行业标准, 1994) 中给出的规范值和袁晓铭等 (2000) 对来自北京、上海、天津、南京、大连、太原、沈阳和哈尔滨等全国中东部十几个地区的常规土类进行了大量试验所给出的推荐值。施春花等 (2009)、史丙新等 (2010)、蒋其峰等 (2014) 分别对北京地区粉质粘土、天津滨海典型土类和渤海海域粉质粘土土动力学参数进行统计分析和对比, 并做了适用性论证; 吕悦军等 (2003) 对渤海海底的常规土类动剪切模量比和阻尼比进行了试验研究, 得出了各类土的动剪切模量比和阻尼比随剪应变变化关系及推荐值; 王津津等 (2014)、兰景岩等 (2012) 分别对山东东营地区和渤海海域典型土类的土动力学参数进行了统计分析。大量的研究表明, 土的动力学参数具有很强的区域性。

昆明盆地是晚新生代以来形成的断陷盆地, 上新世至第四纪沉积厚达千米。地层主要为湖积、冲积和冲洪积相为主, 多以薄层或透镜体形态分布。本文对昆明盆地典型土层之一, 即粉质粘土动三轴试验所得的动剪切模量比和阻尼比进行了统计分析, 给出了不同埋深的动力学参数统计值。通过土层地震反应分析, 对比了规范值和推荐值, 论述了本文所得的统计

值对于该地区地震安全性评价结果的适用性和合理性。

1 数据来源

本文共收集了昆明盆地区域范围内 68 个场点 (图 1) 的 137 组粉质粘土的动三轴试验数据。动三轴试验数据由云南省设计院勘察分院、山东同方防震技术有限公司及山东省地震工程研究院土力学与年代学试验室完成。试验仪器均使用了北京市新技术研究所生产的 DDS-70 微机控制电磁式多功能静动三轴试验系统。收集的 137 组粉质粘土样品埋深在 1—95m 之间,并在浸水饱和及固结完成后,在不排水的条件下进行试验。

2 统计结果与分析

对于同一类型的土体,土样的埋深对其剪切模量比和阻尼比有重要的影响(袁晓铭等, 2005; Zhang 等, 2005)。地表以下 30m 深度内的地层特性是影响地震效应的关键(Anderson 等, 1996; 薄景山等, 2003)。故本文在 0—30m 之间尽量细分统计区间,综合考虑统计样本数量,在剔除异常值后,本文按照 0—5m、5—10m、10—15m、15—20m、20—30m、30—40m、40—60m、60—80m 及 >80m 等 9 个不同埋深区间进行统计(表 1)。表 2 给出了不同埋深区间的统计平均值及方差最大值。

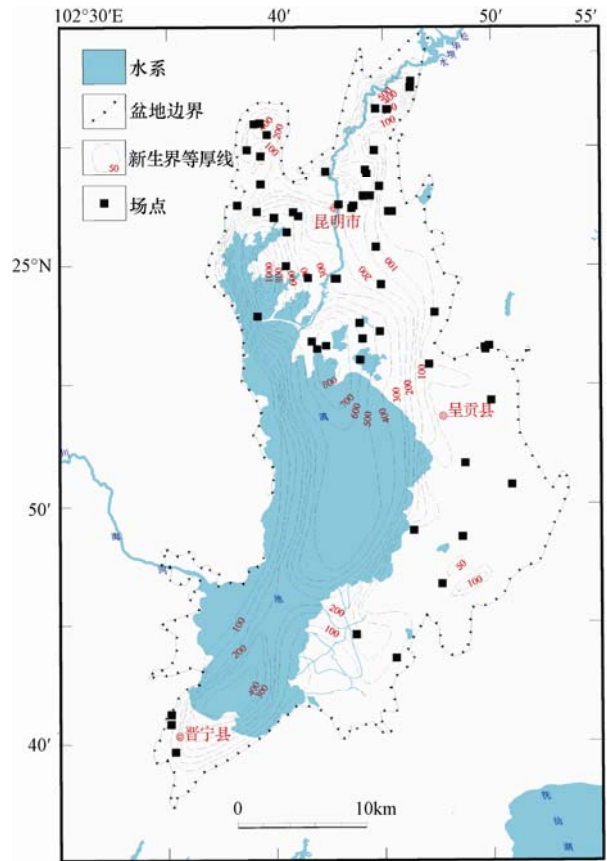


图 1 工程场点分布图

Fig. 1 Distribution map of 68 engineering sites

表 1 样本量统计

Table 1 Total sample numbers at different depth ranges

深度 (m)	0—5	5—10	10—15	15—20	20—30	30—40	40—60	60—80	>80
样本数量 (组)	10	16	16	12	16	15	15	15	10
总计	125								

表 2 不同埋深区间的统计平均值

Table 2 Mean values of dynamic shear modulus ratio and damping ratio at different depth ranges

深度 (m)	参数	剪应变 γ (10^{-4})								方差最大值
		0.05	0.1	0.5	1	5	10	50	100	
0—5	G/G_{\max}	0.9967	0.9935	0.9687	0.9395	0.7627	0.6226	0.2600	0.1518	0.0088
	λ	0.0088	0.0111	0.0209	0.0290	0.0661	0.0928	0.1593	0.1785	0.0021

续表

深度 (m)	参数	剪应变 γ (10^{-4})								方差 最大值
		0.05	0.1	0.5	1	5	10	50	100	
5—10	G/G_{\max}	0.9964	0.9928	0.9652	0.9327	0.7412	0.5936	0.2403	0.1385	0.0088
	λ	0.0073	0.0115	0.0243	0.0344	0.0791	0.1085	0.1752	0.1935	0.0019
10—15	G/G_{\max}	0.9965	0.9929	0.9657	0.9337	0.7402	0.5896	0.2267	0.1285	0.0032
	λ	0.0087	0.0116	0.0235	0.0328	0.0738	0.1014	0.1639	0.1805	0.0016
15—20	G/G_{\max}	0.9969	0.9936	0.9705	0.9441	0.7736	0.6343	0.2704	0.1605	0.0082
	λ	0.0051	0.0075	0.0194	0.0295	0.0743	0.1033	0.1689	0.1873	0.0009
20—30	G/G_{\max}	0.9972	0.9946	0.9723	0.9426	0.7902	0.6637	0.3033	0.1903	0.0092
	λ	0.0136	0.0170	0.0270	0.0314	0.0468	0.0488	0.0415	0.0368	0.0024
30—40	G/G_{\max}	0.9966	0.9935	0.9682	0.9386	0.7532	0.6102	0.2553	0.1516	0.0082
	λ	0.0051	0.0074	0.0182	0.0276	0.0745	0.1083	0.1852	0.2081	0.0028
40—60	G/G_{\max}	0.9977	0.9957	0.9792	0.9592	0.8245	0.7045	0.3477	0.2125	0.0077
	λ	0.0076	0.0103	0.0211	0.0299	0.0707	0.0925	0.1534	0.1748	0.0049
60—80	G/G_{\max}	0.9972	0.9950	0.9732	0.9505	0.7910	0.6598	0.3203	0.1940	0.0085
	λ	0.0086	0.0123	0.0281	0.0403	0.0918	0.1218	0.1897	0.2087	0.0036
>80	G/G_{\max}	0.9979	0.9957	0.9802	0.9606	0.8410	0.7272	0.3689	0.9979	0.0095
	λ	0.0129	0.0167	0.0315	0.0416	0.0786	0.1008	0.1551	0.1724	0.0020

统计分析结果表明, 随剪应变增大, 动剪切模量比和阻尼比试验值离散程度呈先增大后减小的趋势。以 10—15m 深度区间为例, 从样本值和统计平均值 (图 2) 以及离差 (图 3) 可以看出, 当剪应变增大时, 动剪切模量比的最大离差绝对值从 0.0025 增加至 0.1352, 而后减小至 0.0724; 阻尼比的最大离差绝对值从 0.0250 增加至 0.0784, 而后减小至 0.0573。在剪应变为 10^{-3} 时, 动剪切模量比的方差最大; 对于阻尼比, 剪应变在 10^{-3} — 10^{-2} 区间时, 其最大方差均有出现。总体上看, 阻尼比的离散性相对动剪切模量更大, 这可能与粘性土阻尼的离散性较大有关 (蔡辉腾等, 2009)。

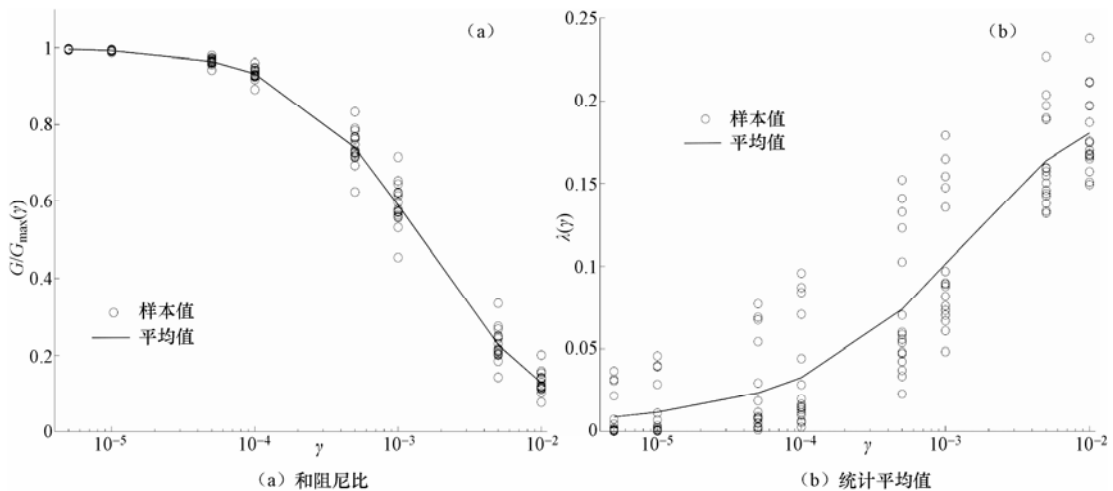


图 2 10—15m 深度区间动剪切模量比 (a) 和阻尼比 (b) 统计平均值

Fig. 2 Mean values of dynamic shear modulus ratio (a) and damping ratio (b) at depth from 10m to 15m

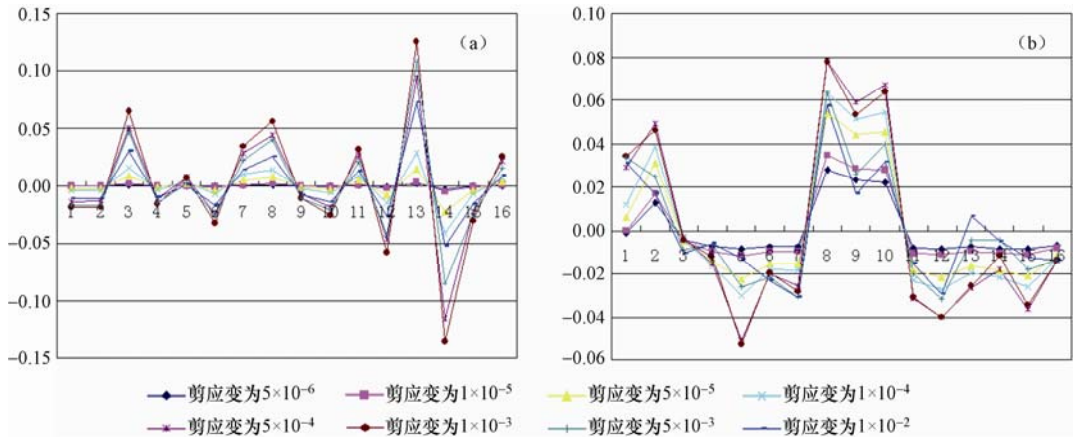


图 3 10—15m 深度区间动剪切模量比 (a) 和阻尼比 (b) 的离散

Fig. 3 Deviations of dynamic shear modulus ratio (a) and damping ratio (b) at depth from 10m to 15m

本文的统计值与规范值和袁晓铭的推荐值对比 (图 4) 表明: 就动剪切模量比而言, 统计值最高, 尤其在大应变值范围内明显高于推荐值和规范值; 剪应变在 10×10^{-4} 时, 本文不同深度的统计值均比标准值大一倍多, 最大者为标准值的 3 倍有余; 与袁晓铭的推荐值相比, 在 0—10m 区间, 统计值是推荐值的 1.5—1.6 倍, 在 10—20m 区间, 二者相差 1.4—1.5 倍。而阻尼比在剪应变小于 10×10^{-4} 时, 统计值小于规范值和袁晓铭的推荐值; 在剪应变大于 10×10^{-4} 时, 统计值大于规范值和袁晓铭的推荐值, 但总体相差不明显。上述分析结果说明, 本文的统计值与规范值和袁晓铭的推荐值存在比较大的差异。

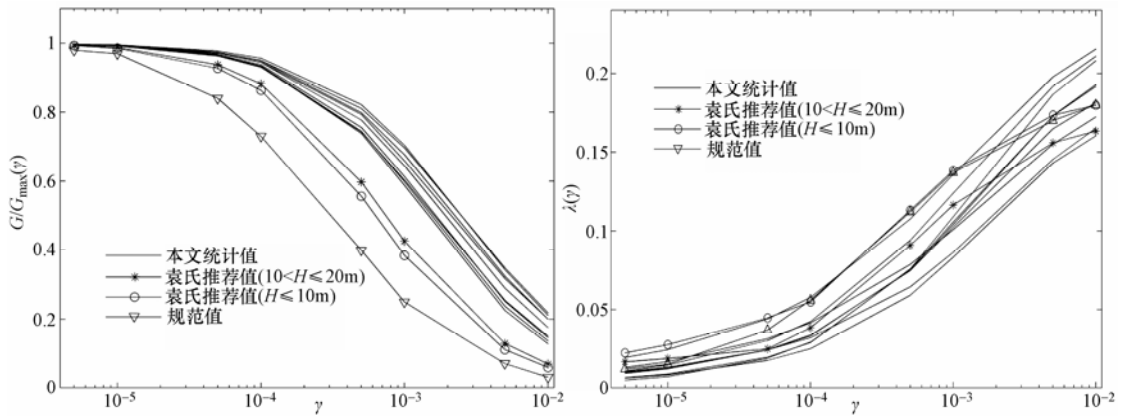


图 4 本文的动剪切模量比与阻尼比统计值与袁晓铭推荐值、规范值的对比

Fig. 4 Comparison of the values in this paper to those proposed by Yuan Xiaoming and the standard code

3 统计值的适用性分析

动剪切模量比和阻尼比对土层地震反应的影响是显著的 (王绍博等, 2001; 兰景岩等, 2008), 尤其是处于地震活动强烈地区 ($\geq 0.2g$ 的区域), 等效应变 10^{-3} 附近或更高的值域的土体剪切模量比值往往对土层地震反应的计算结果产生很大的影响 (李小军,

2006)。昆明盆地为普渡河断裂控制的断陷盆地。从盆地新生界等厚线(图 1)看,盆地中西部覆盖层较厚,场地类型多为 III 类;东部及边缘地带覆盖层较薄,场地类型多为 II 类。为了分析不同土动力学参数的差异对土层地震反应分析的影响及统计值的适用性,下面通过实际的 II 类、III 类场地各 1 个(每个场地包括 2 个实际钻孔模型)以及模拟的单一土层的 II 类、III 类场地各 1 个,分别运用规范值、推荐值和统计值等三种不同的土动力参数进行计算比较。

3.1 计算模型及计算参数的选取

采用的实际钻孔模型(表 3)均为昆明盆地 2 个场地的实际钻孔的土层剖面。模型中剪切波速、密度及其余土类的土动力学参数均采用实测值,粉质粘土的土动力学参数分别采用统计值、推荐值和规范值。

单一粉质粘土层的计算模型 5(即 II 类场地)和计算模型 6(即 III 类场地)中,覆盖层分别取 45m 和 85m,剪切波速分别采用李存志等(2006)和李建有等(2012)对昆明盆地粘性土(1)式和粉质粘土(2)式的剪切波速 V 与埋深 H 的统计公式所得,密度值均取 1.90g/cm^3 ,土体分层厚度均取 5m。土动力学参数采用统计值、推荐值和规范值分别进行计算。

$$V = 160.08 + 3.06 \times H \quad (R = 0.67) \quad (1)$$

$$V = 122.5H^{0.2494} \quad (R = 0.84) \quad (2)$$

根据地震危险性分析结果,采用人工合成地震动,按 50 年超越概率 63%、10%、2% 三种概率水准合成基岩加速度时程,其中每一种概率水准合成 3 条时程曲线(图 5),进行土层地震反应计算。

表 3 计算模型

Table 3 Computational models

场地 1 (II 类场地)									
计算模型 1					计算模型 2				
序号	土性名称	厚度 (m)	波速 (m/s)	密度 (g/cm^3)	序号	土性名称	厚度 (m)	波速 (m/s)	密度 (g/cm^3)
1	杂填土	0.5	185	1.80	1	杂填土	0.5	185	1.80
2	粉质粘土	2.5	193	1.85	2	粉质粘土	2.0	190	1.85
3	粉土	2.0	207	1.90	3	粉土	4.5	203	1.90
4	粉质粘土	4.8	232	1.85	4	粉质粘土	2.5	244	1.85
5	粉质粘土	5.6	268	1.87	5	粉质粘土	5.0	264	1.87
6	粉质粘土	6.0	296	1.87	6	粉质粘土	7.0	303	1.87
7	粉质粘土	6.4	354	1.87	7	粉质粘土	5.2	329	1.87
8	粉质粘土	6.4	396	1.87	8	粉质粘土	4.7	361	1.87
9	粉质粘土	6.6	419	1.89	9	粉质粘土	6.5	402	1.89
10	粉质粘土	5.9	459	1.89	10	粉质粘土	4.2	434	1.89

续表

场地 1 (II类场地)									
计算模型 1					计算模型 2				
序号	土性名称	厚度 (m)	波速 (m/s)	密度 (g/cm ³)	序号	土性名称	厚度 (m)	波速 (m/s)	密度 (g/cm ³)
11	砂质页岩	基底	502	2.05	11	粉质粘土	5.3	451	1.89
12					12	砂质页岩	基底	503	2.05
场地 2 (III类场地)									
计算模型 3					计算模型 4				
序号	土性名称	厚度(m)	波速(m/s)	密度(g/cm ³)	序号	土性名称	厚度(m)	波速(m/s)	密度(g/cm ³)
1	杂填土	2.7	165	1.78	1	杂填土	1.6	162	1.78
2	含粘性土砾砂	3.6	189	1.82	2	含粘性土砾砂	4.7	191	1.82
3	粉质粘土	2.2	184	1.87	3	粉质粘土	2.7	188	1.87
4	粉土	2.3	199	2.02	4	粉土	2.7	205	2.02
5	粉质粘土	4.4	206	1.87	5	粉质粘土	4.1	204	1.87
6	粉质粘土	4.6	221	1.87	6	粉土	2.5	223	2.03
7	泥炭质土	1.5	159	1.49	7	粉质粘土	4.5	217	1.90
8	粉质粘土	7.0	253	1.90	8	粉质粘土	5.6	237	1.90
9	粉土	2.1	285	2.03	9	泥炭质土	1.7	170	1.49
10	粉质粘土	5.1	288	1.92	10	粉土	2.2	285	2.03
11	粉土	2.3	311	2.03	11	粉质粘土	5.0	288	1.93
12	粉质粘土	3.9	305	1.93	12	粉质粘土	8.0	336	1.93
13	粉质粘土	4.1	315	1.93	13	粉土混粉砂	4.3	403	1.99
14	粉土混粉砂	4.6	342	1.99	14	粉质粘土	3.7	371	1.95
15	粉土混粉砂	4.0	354	1.99	15	粉土混粉砂	4.1	426	1.99
16	粉质粘土	3.3	351	1.95	16	粉质粘土	2.4	460	2.00
17	粉土混粉砂	4.0	374	1.98	17	砂质泥岩	基底	540	2.06
18	粉土混粉砂	4.2	386	1.98					
19	粉质粘土	4.8	407	1.99					
20	粉质粘土	4.0	415	1.99					
21	粉质粘土	4.7	460	2.00					
22	白云岩	基底	541	2.10					

3.2 土层反应分析计算结果

运用一维等效线性化波动方法进行地震反应分析计算, 三种不同的土动力学参数对应的 50 年超越概率 63%、10% 和 2% 的地表平均反应谱 (图 6、图 7)、地震动加速度峰值和速度峰值 (表 4)。反应谱特征周期利用双参数法 (廖振鹏, 1989) 确定 (3) 式, 结果列于表 5。

$$T_g = 4.44 \times \frac{V_{\max}}{A_{\max}} \quad (3)$$

式中, A_{\max} 为加速度峰值; V_{\max} 为速度峰值。

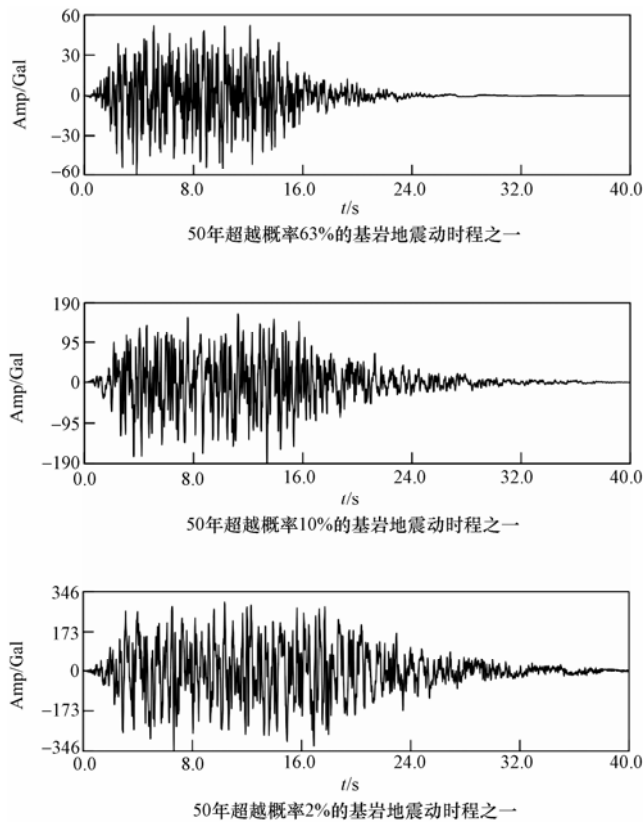


图5 输入地震动加速度时程

Fig.5 Input of acceleration time history curves of ground motion

表4 不同土动力学参数取值下的平均峰值加速度和峰值速度

Table 4 Average peak acceleration and peak velocity from different soil dynamic parameters

场地类型		概率水准 (50年)	加速度峰值 A_{\max} (gal)			速度峰值 V_{\max} (cm/s)		
			统计值	推荐值	规范值	统计值	推荐值	规范值
实际 场地	II类	63%	91.7	90.8	85.9	7.7	7.8	8.0
		10%	270.0	260.5	244.5	26.2	27.9	29.0
		2%	519.0	484.4	406.3	58.5	63.6	74.1
	III类	63%	91.0	88.9	79.7	8.5	8.6	8.7
		10%	231.5	239.3	187.8	31.0	31.7	29.8
		2%	410.7	379.7	227.9	72.3	76.1	66.7
模拟 场地	II类	63%	90.6	89.6	81.0	8.7	8.4	8.4
		10%	265.8	247.5	168.6	30.3	30.0	28.1
		2%	476.2	381.5	246.2	74.0	70.0	62.3
	III类	63%	77.6	76.4	70.5	8.2	8.4	8.3
		10%	239.3	208.0	161.2	28.7	28.3	27.4
		2%	400.1	323.7	217.0	67.2	66.6	59.3

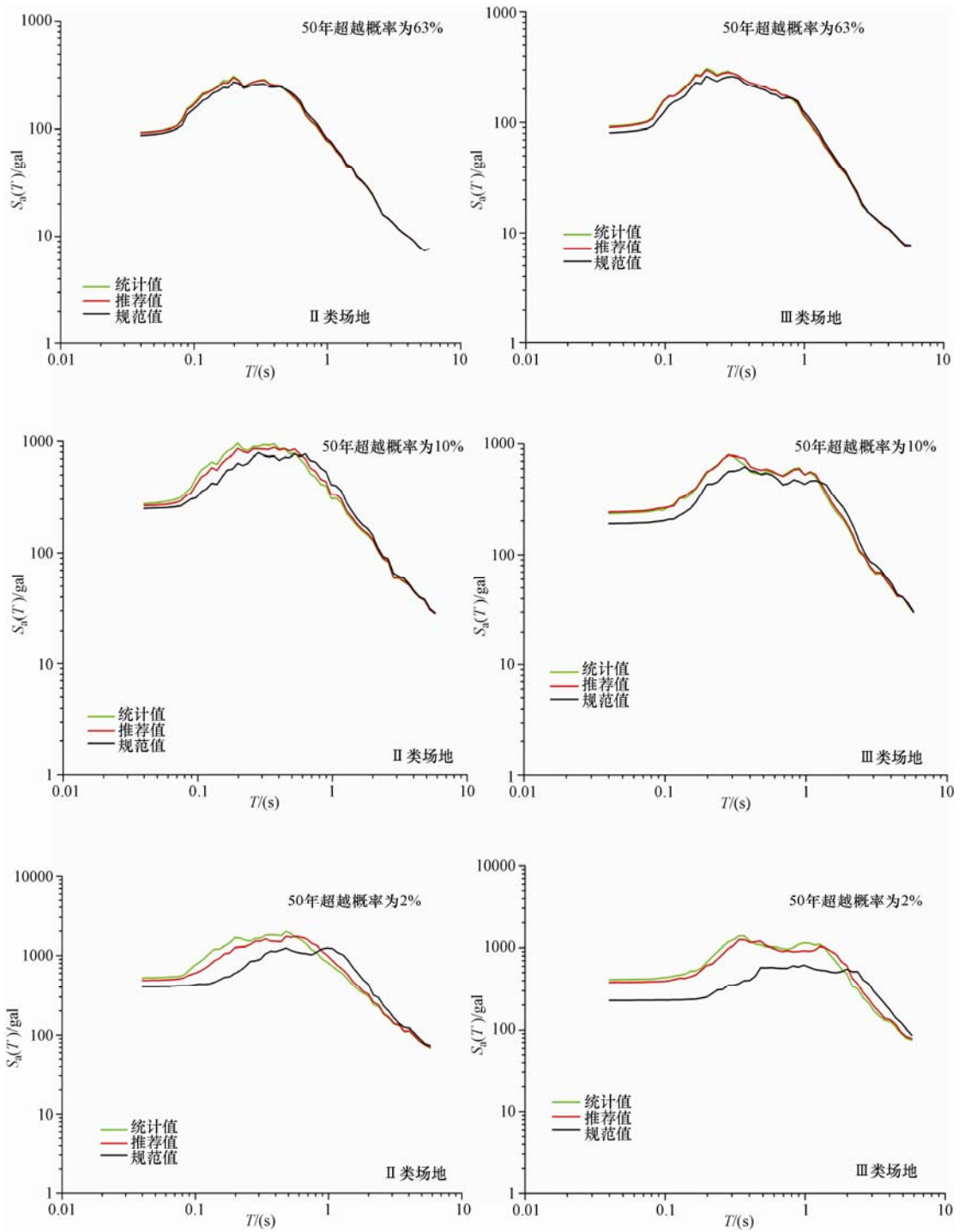


图6 实际场地不同概率水准、不同土动力学参数的平均反应谱曲线
Fig. 6 Average response spectrum curves at different exceeding probabilities of different soil dynamic parameters in the practical sites

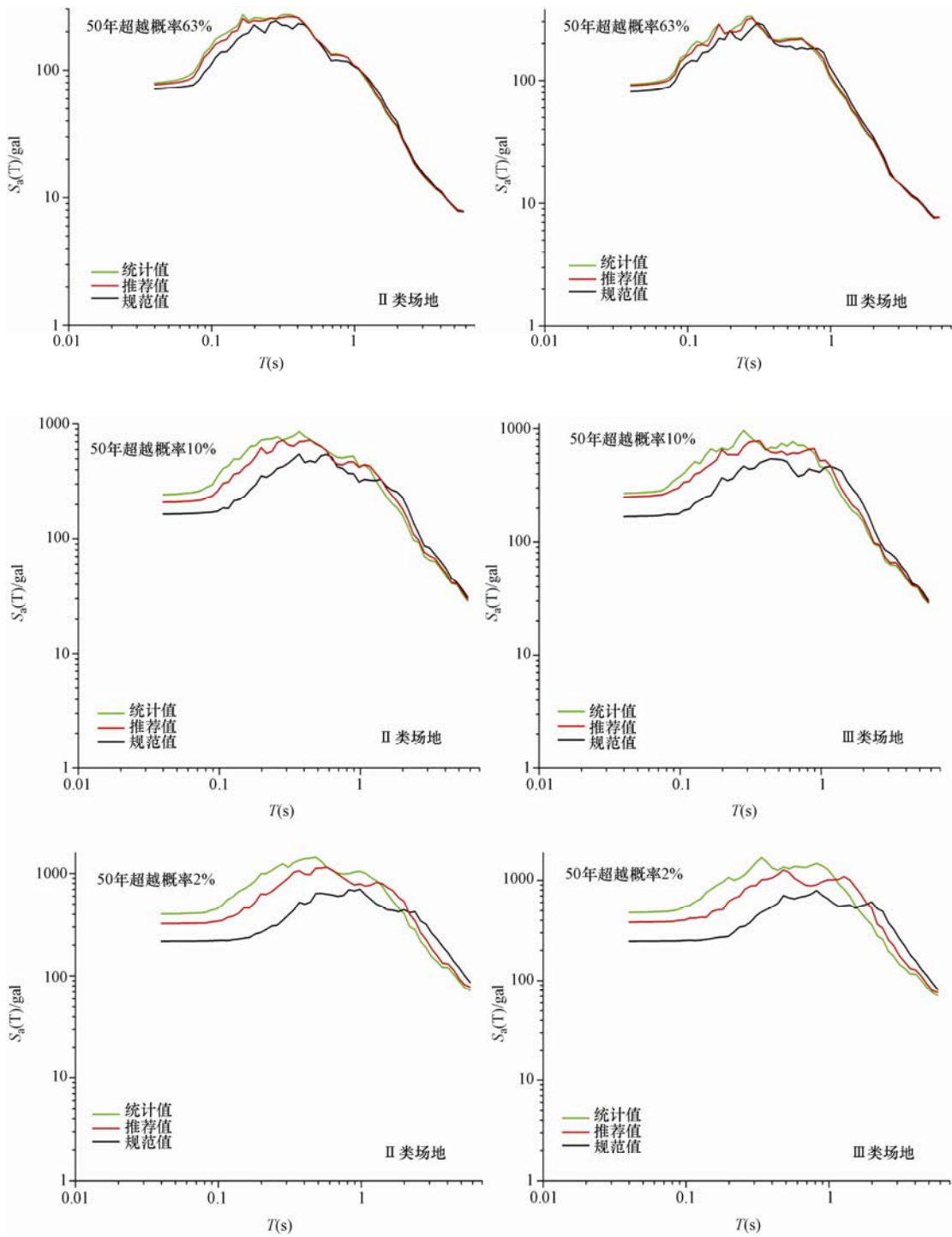


图7 模拟场地不同概率水准、不同土动力学参数的平均反应谱曲线
Fig. 7 Average response spectrum curves at different exceeding probabilities of different soil dynamic parameters in the simulative sites

表 5 不同土动力学参数取值下的特征周期

Table 5 Characteristic period under different soil dynamic parameters

	概率水准 (50 年)	特征周期 T_g (s)					
		II 类场地			III 类场地		
		统计值	推荐值	规范值	统计值	推荐值	规范值
实际 场地	63%	0.37	0.38	0.41	0.41	0.43	0.48
	10%	0.43	0.48	0.53	0.59	0.59	0.70
	2%	0.50	0.58	0.81	0.78	0.89	1.30
模拟 场地	63%	0.43	0.42	0.46	0.47	0.49	0.52
	10%	0.51	0.54	0.74	0.53	0.60	0.75
	2%	0.69	0.81	1.12	0.75	0.91	1.21

从图 6、图 7 可以看出, 50 年超越概率为 63% 的情况下, 三种不同土动力参数对应的反应谱差别不大; 而 50 年超越概率为 10% 和 2% 时, 则统计值和袁晓铭的推荐值与规范值对应的反应谱差别较大, 尤其在大震情况下, 差别更明显。这种差别主要表现为: 在高、中频段, 谱值由高到低依次为统计值, 推荐值和规范值; 而在低频段, 则反之, 即统计值、推荐值和规范值分布计算所得的反应谱由高而窄变为矮而宽。由表 4 可以得出, 在中震情况下, 对于 II 类场地, 实际模型采用统计值计算的加速度峰值与推荐值和规范值分别相差 4% 和 9%, 单一土层模型的分别相差 7% 和 37%; 对于 III 类场地, 实际模型和单一土层模型分别相差 7%、22% 和 13%、33%。在大震情况下, 对于 II 类场地, 实际模型采用统计值计算的加速度峰值与推荐值和规范值分别相差 7% 和 22%, 单一土层模型的分别相差 20% 和 48%; 对于 III 类场地, 实际模型和单一土层模型分别相差 8%、45% 和 19%、46%。由上述分析可得, 模拟的单一土层模型计算所得加速度峰值的差异较实际场地的更大, 且 III 类场地的差别较 II 类场地更甚。表 5 表明, 特征周期的差异亦体现在中震和大震的情况下, 实际模型和单一土层模型计算所得的特征周期最大差异分别为 0.52s 和 0.46s。

综上所述, 不同的土动力参数对在以 II、III 类场地为主的昆明盆地的土层地震反应分析的结果影响较大, 再次印证了土动力参数具有较强的区域性。鉴于本文统计值的数据资料来源于昆明盆地, 与规范值和推荐值相比, 更能代表昆明盆地区域场地土的动力特性。

4 结论与讨论

本文对昆明盆地粉质粘土的土动力参数进行了不同深度的统计分析, 并与目前运用较为广泛的袁晓铭的推荐值和规范值做了分析对比, 经土层地震反应分析, 进一步分析了三种土动力参数的差异性, 得出了下列结论:

(1) 统计值的动剪切模量比最高, 尤其在大应变值范围 (0.001—0.01) 内, 明显高于推荐值和规范值; 其次为推荐值和规范值。而对于阻尼比而言, 三者总体相差不明显。

(2) 50 年超越概率为 63% 的情况下, 三种不同土动力参数对应的反应谱、地震动加速度

峰值和特征周期差别不明显；而 50 年超越概率为 10% 和 2% 时，则统计值对应的反应谱与规范值和推荐值对应的反应谱差别较为明显，且 III 类场地的差别较 II 类场地更甚。

(3) 在高、中频段，统计值和规范值计算的反应谱高于规范值计算的反应谱；在低频段，则反之。

(4) 特征周期在不同概率水准下，统计值计算的最小，规范值计算的最大，最大差异为 0.52s。

经对比分析，采用本文统计的土动力参数，在昆明盆地更具代表性和适用性。因此，本文的统计值在 II、III 级工程场地地震安全性评价工作中具有一定的借鉴和参考意义，尤其是对建筑物较矮的情况。由于统计样本数量的限制，以及土动力学参数具有较大的离散性，对于特重大工程和超高层建筑不可直接使用本文的统计值。

参考文献

- 薄景山, 李秀领, 刘红帅, 2003. 土层结构对地表加速度峰值的影响. 地震工程与工程振动, **23** (3): 35—40.
- 蔡辉腾, 危福泉, 蔡宗文, 2009. 重庆主城区粉质粘土动力特性研究. 岩土力学, **30** (S2): 224—228.
- 蒋其峰, 彭艳菊, 荣棉水, 2014. 渤海海域粉质粘土土动力学参数的统计分析. 震灾防御技术, **9** (2): 252—262.
- 兰景岩, 薄景山, 2008. 土动力学参数对设计反应谱的影响. 地震工程和工程振动, **28** (3): 184—188.
- 兰景岩, 刘化涤, 吕悦军, 2012. 渤海海域典型场地的动剪切模量比和阻尼比的统计值. 地震研究, **35** (2): 260—267.
- 李小军, 2006. 工程场地地震安全性评价工作及关键技术问题. 震灾防御技术, **1** (1): 15—24.
- 李存志, 李向新, 姚明波, 2006. 昆明盆地剪切波速与地基特性相关分析研究. 昆明冶金高等专科学校学报, **22** (3): 1—5.
- 李建有, 王朝进, 徐兴倩, 2012. 昆明盆地剪切波速与土层深度关系的统计分析. 云南大学学报 (自然科学版), **34** (S2): 43—47.
- 廖振鹏, 1989. 地震小区划理论与实践. 北京: 地震出版社.
- 吕悦军, 唐荣余, 沙海军, 2003. 渤海海底土类动剪切模量比和阻尼比试验研究. 防灾减灾工程学报, **23** (2): 35—42.
- 施春花, 吕悦军, 彭艳菊, 2009. 北京地区粉质粘土土动力学参数的统计分析. 震灾防御技术, **4** (1): 69—79.
- 史丙新, 张力方, 吕悦军, 2010. 天津滨海场地土动力学参数研究. 震灾防御技术, **5** (3): 288—298.
- 王绍博, 丁海平, 2001. 土动力参数对土层动力反应的影响. 地震工程和工程振动, **21** (1): 105—108.
- 王津津, 张建民, 2014. 山东东营地区土的动剪切模量比和阻尼比试验研究. 地震研究, **37** (2): 263—267.
- 袁晓铭, 孙锐, 孙静, 2000. 常规土类动剪切模量比和阻尼比试验研究. 地震工程和工程振动, **20** (4): 133—139.
- 袁晓铭, 孙静, 2005. 非等向固结下砂土最大动剪切模量增长模式及 Hardin 公式修正. 岩土工程学报, **27** (3): 264—269.
- 中华人民共和国国家标准, 2005. 工程场地地震安全性评价 (GB 17741-2005). 北京: 中国标准出版社.
- 中华人民共和国地震行业标准, 1994. 工程场地地震安全性评价工作规范 (DB001-94). 北京: 地震出版社.
- Anderson J.G., Lee Y., Zeng Y., 1996. Control of strong motion by the upper 30 meters. Bulletin of the Seismological Society of America, **86** (6): 1749—1759.
- Zhang J., Andrus R.D., Juang C.H., 2005. Normalized shear modulus and material damping ratio relationships. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, **131** (4): 453—464.

Research on Dynamic Parameters of Silty Clay in the Kunming Basin

Li Jianyou, Tai Shugang, Lin Fengxian, Liang Kun and Chen Xiaoqiang

(Kunming Southern Geophysical Technology Development Co., Ltd., Kunming 650231, China)

Abstract Soil dynamic parameter, which is strong region-dependent, is one of the important parameters for seismic response analysis of the solid layer. In this paper, dynamic parameters of silty clay are obtained from triaxial tests of 137 samples collected from 68 sites in the Kunming basin. We carry out the soil seismic response calculation, and compare our results from statistical analysis with values recommended by Yuan Xiaoming, and those recommended by the code for seismic safety evaluation of engineering sites. Our result shows that the values of dynamical parameters in this work are representative and applicable. Therefore, these values can be used as reference in the seismic risk assessment of engineering projects of II, III levels in the Kunming basin.

Key words: Silty clay; Soil dynamic parameters; Statistical analysis; Kunming basin