

刘红帅,陈佩云,孙强强,等. 2024. 雄安新区黏性土非线性动力学参数统计分析[J]. 地震研究, 47(2): 273–279, doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000–0666.2024.0012.

Liu H S, Chen P Y, Sun Q Q, et al. 2024. Analysis of non-linear dynamic parameters of the cohesive soil in the Xiong'an New District [J]. *Journal of Seismological Research*, 47(2): 273–279, doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000–0666.2024.0012.

雄安新区黏性土非线性动力学参数统计分析*

刘红帅^{1,2,3}, 陈佩云^{1,2}, 孙强强^{1,2}, 宋东松³

(1. 河北大学 岩土工程研究所, 河北 保定 071002; 2. 河北大学 建筑工程学院, 河北 保定 071002;

3. 河北极致地震预防服务有限公司, 河北 保定 071028)

摘要: 以雄安新区起步区区域性地震安全性评价项目的黏性土动三轴试验结果为基础, 整理分析 199 组黏性土的动剪切模量和阻尼比数据, 以埋深 10 m 为统计区间, 统计给出雄安新区黏性土不同埋深区间的动剪切模量比和阻尼比随剪应变变化的平均值和变异系数, 并与已有的同类成果进行对比分析。结果表明: 雄安新区黏性土非线性动力学参数符合土动力学的基本认识; 雄安新区黏性土体的动剪切模量比略高于天津地区, 随埋深的增加逐渐趋近于全国的上限值, 而阻尼比在浅表时明显低于天津和全国的推荐平均值, 随埋深的增加逐渐趋向于全国的下限值。

关键词: 雄安新区; 黏性土; 动剪切模量比; 阻尼比

中图分类号: P315.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000–0666(2024)02–0273–07

doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000–0666.2024.0012

0 引言

河北雄安新区是推进京津冀协同发展的重要一环, 该区处于华北平原地震带, 带内曾发生过 1679 年三河—平谷 8 级地震和 1976 年唐山 7.8 级地震, 因此雄安新区的抗震设防研究非常重要。

动剪切模量和阻尼比是重大工程、区域性地震安评场地地震反应分析必要的动力非线性参数。自 Hardin 和 Richart (1963) 采用动三轴开展土的动剪切模量比和阻尼比随剪应变的变化关系研究以来, 国内外已积累了丰富的研究成果, 共振柱和动三轴试验是测试土体非线性动力学参数最常用的方法。在区域性研究中, 采用共振柱试验的地区有: 南京地区 (陈国兴, 刘雪珠, 2004)、苏南地区 (刘雪珠等, 2006)、广西地区 (罗丹鹏, 张忠利, 2016)、湛江地区 (Zang et al., 2020)、美国卡罗来纳州和阿拉巴马州 (Zhang et al.,

2008)、意大利中北部 (Facciorusso, 2021) 等。采用动三轴试验的地区有: 北京地区 (施春花等, 2009)、渤海海域土 (兰景岩等, 2012)、西安地区 (陈党民等, 2012)、成都地区 (史丙新等, 2015)、天津地区 (夏峰等, 2015; 董亮, 夏峰, 2017)、苏州地区 (陈国兴等, 2017)、济南地区 (商金华等, 2018)、江苏海洋土 (Li et al., 2021) 等。另外, 张亚军等 (2010) 和 Feng 等 (2014) 同时采用共振柱和动三轴进行试验, 分别得到了上海地区和武汉地区土体的动剪切模量比和阻尼比的统计参数。以上研究给出了不同地区土体非线性动力学参数的统计值, 少部分研究给出了标准差, 但对土体动力学非线性参数的不确定性研究较少, 如孙锐等 (2010) 针对全国 588 组常规土样的动力学参数, 进行了较为系统的不确定性分析, 研究了不同概率水准下动剪切模量比和阻尼比的变化规律。

已有研究成果表明, 不同地区间同类土存在

* 收稿日期: 2022–09–11.

基金项目: 中国地震局工程力学研究所基本科研业务费专项资助项目 (2019EEVL0202); 河北省自然科学基金项目 (E2020201017); 河北省高等学校科学技术研究项目 (ZD2020157).

第一作者简介: 刘红帅 (1975–), 研究员, 博士, 主要从事岩土地震工程研究. E-mail: liuhs1975@hbu.edu.cn.

显著的差异,其对工程抗震设防有重要影响。由于雄安新区建设晚,尚无相关成果供抗震设防使用。因此,开展雄安新区黏性土动剪切模量比和阻尼比的统计分析具有重要应用价值。本文整理了雄安新区 199 组黏性土的动剪切模量和阻尼比数据,以埋深 10 m 为统计区间,给出该地区黏性土不同埋深区间的动剪切模量比和阻尼比随剪应变变化的平均值和变异系数,并与已有的同类成果进行对比分析。

1 数据来源

雄安新区位于太行山东麓冲洪积平原前缘地带,为冲积平原,地势西高东低,地面坡降小于 2‰。第四系地层以冲洪积、冲湖积、冲积为主,土体类型有:砂类土、粉土、黏性土,岩性以粉质黏土、粉土和粉细砂为主,典型柱状图如图 1 所示。

笔者收集整理河北大学完成的雄安新区起步区区域性地震安全性评价项目动三轴试验测试成果,共计原状黏性土样 199 组,绝大多数为粉质黏土,执行标准为《土工试验方法标准》(GB/T 50123—2019),部分钻孔位置如图 2 所示。试验所

采用的仪器为西安康拓力有限公司研制生产的动三轴仪(KTL)。根据《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009 年版),粉质黏土的泊松比经验值取 0.38,用于动弹性模量与剪切模量的转换计算。动剪切模量比 G/G_{\max} 和阻尼比 λ 的计算均采用 Hardin 模型。

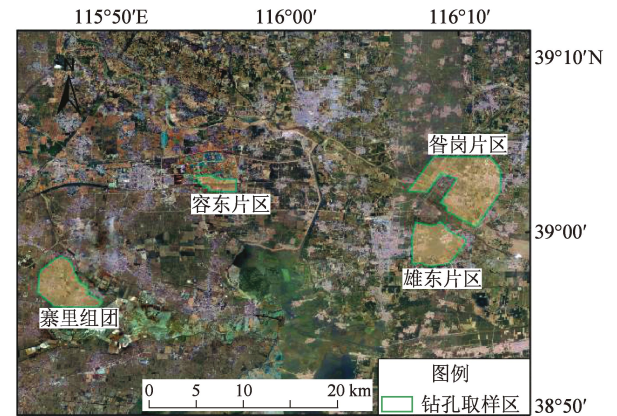


图 2 雄安新区钻孔空间位置示意图
Fig. 2 Location of the boreholes

同一种类型土体的动剪切模量比和阻尼比随埋深的变化而变化,因此以不同埋深范围作为统计区间,剔除过大或过小的异常值,减小误差影响。以 10 m 为间隔,共确定 10 个埋深统计区间,每个统计区间的样本数量如图 3 所示。针对 8 个典型应变 5×10^{-6} 、 1×10^{-5} 、 5×10^{-5} 、 1×10^{-4} 、 5×10^{-4} 、 1×10^{-3} 、 5×10^{-3} 、 1×10^{-2} , 计算给出动剪切模量比和阻尼比的平均值。

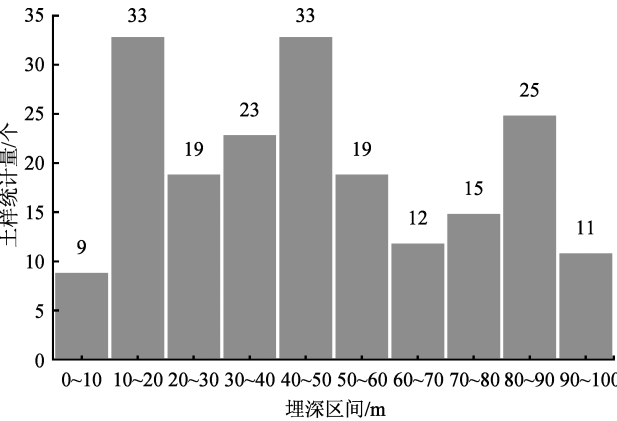


图 3 各埋深区间样本数量分布
Fig. 3 Sample number distribution for each burial depth interval

工程名称: 雄安新区起步区区域性地震安全性评价项目					工程编号: 2021-XC-45-4		
钻孔编号: C8352		孔口高程: 11.28m		终孔深度: 100 m		孔口直径: 127 mm	
X坐标: 113.8°~118.2°E		Y坐标: 37.3°~40.7°N		开孔日期: 2021.10.10		终孔日期: 2021.10.11	
地层编号	层底高程 /m	层底深度 /m	分层厚度 /m	柱状图	岩土名称及其特征		
1	-10.2	10.2	10.2		粉质黏土: 黄褐; 可塑~硬塑, 土质较均匀, 切面稍有光泽, 含铁锰氧化物, 含云母, 韧性中等, 局部含细砂薄层。		
2	-16.4	16.4	6.2		粉土: 褐黄; 稍湿~湿, 中密; 土质不均, 含氧化铁, 含云母, 无光泽反应。		
3	-29.8	29.8	23.6		粉质黏土: 黄褐; 可塑, 局部硬塑, 土质较均匀, 切面光滑, 含铁锰氧化物, 含云母, 偶见炭石。		
4	-40.8	40.8	11.0		细砂: 灰黄; 中密; 湿; 砂质较纯净, 矿物成分以长石为主, 含云母, 局部含粉土薄层。		
5	-51.6	-51.6	10.8		粉质黏土: 黄褐; 可塑~硬塑, 土质较均匀, 切面稍有光泽, 含铁锰氧化物, 含云母, 韧性中等, 局部含细砂薄层。		
6	-56.2	-56.2	4.6		细砂: 灰黄; 密实; 湿; 砂质较纯净, 局部含粉质黏土薄层, 矿物成分以长石、长英为主, 含云母。		
7	-71.9	71.9	15.7		粉质黏土: 黄褐; 可塑, 局部硬塑, 土质较均匀, 切面光滑, 含铁锰氧化物, 含云母, 偶见炭石。		
8	-79.4	79.4	7.5		细砂: 灰黄; 密实; 湿; 砂质较纯净, 局部含粉质黏土薄层, 矿物成分以长石、长英为主, 含云母。		
9	-82.6	82.6	3.2		粉质黏土: 黄褐; 可塑, 局部硬塑, 土质较均匀, 切面光滑, 含铁锰氧化物, 含云母, 偶见炭石。		
10	-98.0	98.0	15.4		细砂: 灰黄; 密实; 湿; 砂质较纯净, 局部含粉质黏土薄层, 矿物成分以长石、长英为主, 含云母。		

图 1 雄安新区钻孔柱状图
Fig. 1 Histogram of drilled holes

2 数据统计分析

综合分析表1和图4可以看出：①各埋深区间的动剪切模量比随剪应变增大而减小，阻尼比随剪应变增大而增大；②随着埋深的增大，相同剪应变所对应的动剪切模量比不断增大，阻尼比则

有减小的趋势。表1和图4给出的平均结果可以较直观地反映该地区土体非线性动力学性能的实际状况，符合土动力学的基本认识，可直接应用于雄安地区实际工程。按照统计学中常用的异常值检验方法进行计算，图4中各曲线满足68%的试验结果均在一倍标准差范围内，说明数据是可靠的。

表1 各埋深区间土动力学参数统计平均值

Tab. 1 Statistical geodynamic mean parameters for each burial depth interval

埋深区间/ m	参数	剪应变 $\gamma/(10^{-4})$							
		0.05	0.1	0.5	1	5	10	50	100
0 ~ 10	G/G_{\max}	0.995 6	0.991 2	0.957 5	0.918 6	0.694 1	0.532 7	0.187 3	0.103 6
	λ	0.013 5	0.015 2	0.024 4	0.032 7	0.074 3	0.105 4	0.185 0	0.208 1
10 ~ 20	G/G_{\max}	0.995 8	0.991 6	0.959 3	0.921 9	0.702 8	0.542 1	0.191 9	0.106 2
	λ	0.013 6	0.015 4	0.025 5	0.034 8	0.078 9	0.108 5	0.173 9	0.190 8
20 ~ 30	G/G_{\max}	0.996 4	0.992 8	0.965 0	0.9324	0.734 2	0.580 3	0.217 2	0.121 9
	λ	0.012 9	0.014 1	0.021 7	0.029 3	0.068 6	0.097 0	0.164 7	0.183 3
30 ~ 40	G/G_{\max}	0.997 0	0.993 9	0.970 5	0.942 6	0.766 8	0.621 9	0.247 7	0.141 4
	λ	0.013 2	0.014 5	0.022 0	0.028 9	0.064 2	0.090 0	0.154 3	0.172 7
40 ~ 50	G/G_{\max}	0.997 2	0.994 4	0.972 6	0.946 6	0.780 1	0.639 6	0.262 3	0.151 0
	λ	0.013 5	0.015 2	0.023 7	0.031 2	0.065 3	0.088 4	0.143 0	0.158 4
50 ~ 60	G/G_{\max}	0.997 5	0.994 9	0.975 1	0.951 5	0.796 8	0.662 3	0.281 8	0.164 0
	λ	0.013 2	0.014 6	0.022 7	0.029 9	0.064 2	0.087 7	0.143 8	0.159 9
60 ~ 70	G/G_{\max}	0.997 6	0.995 2	0.976 2	0.953 6	0.804 2	0.672 7	0.291 5	0.170 7
	λ	0.012 7	0.014 1	0.021 4	0.028 0	0.060 2	0.083 3	0.141 8	0.159 5
70 ~ 80	G/G_{\max}	0.997 8	0.995 6	0.978 3	0.957 5	0.818 5	0.692 8	0.311 1	0.184 3
	λ	0.012 1	0.013 2	0.019 3	0.024 9	0.053 6	0.075 2	0.133 3	0.151 9
80 ~ 90	G/G_{\max}	0.997 9	0.995 8	0.979 3	0.959 5	0.825 8	0.703 4	0.321 9	0.191 9
	λ	0.012 4	0.013 6	0.020 2	0.026 3	0.056 6	0.078 6	0.136 1	0.154 1
90 ~ 100	G/G_{\max}	0.998 0	0.996 0	0.980 4	0.961 6	0.833 5	0.714 5	0.333 6	0.200 3
	λ	0.012 1	0.013 5	0.021 3	0.028 5	0.063 5	0.087 8	0.144 1	0.159 7

采用均值和变异系数等参考值范围对动剪切模量比和阻尼比进行统计分析，其中均值公式为：

$$\bar{X} = \sum \frac{X}{n} \quad (1)$$

标准差公式为：

$$S = \sqrt{\sum \frac{(X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

变异系数为：

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad (3)$$

式中： X 为样本取值； \bar{X} 为样本平均值； n 为样本数量； S 为标准差； C_v 为变异系数。

从图5可以看出：动剪切模量比变异系数随埋深增大而减小；相同埋深下，动剪切模量比变异系数随动剪应变增大而显著升高。阻尼比的变异系数随着埋深增大，总体明显减小；相同埋深下，阻尼比变异系数随剪应变的增大而增大，当剪应变达到 10^{-4} 时，变异系数达到最大值后一直减小；阻尼比的变异性明显高于动剪切模量比的变异性。

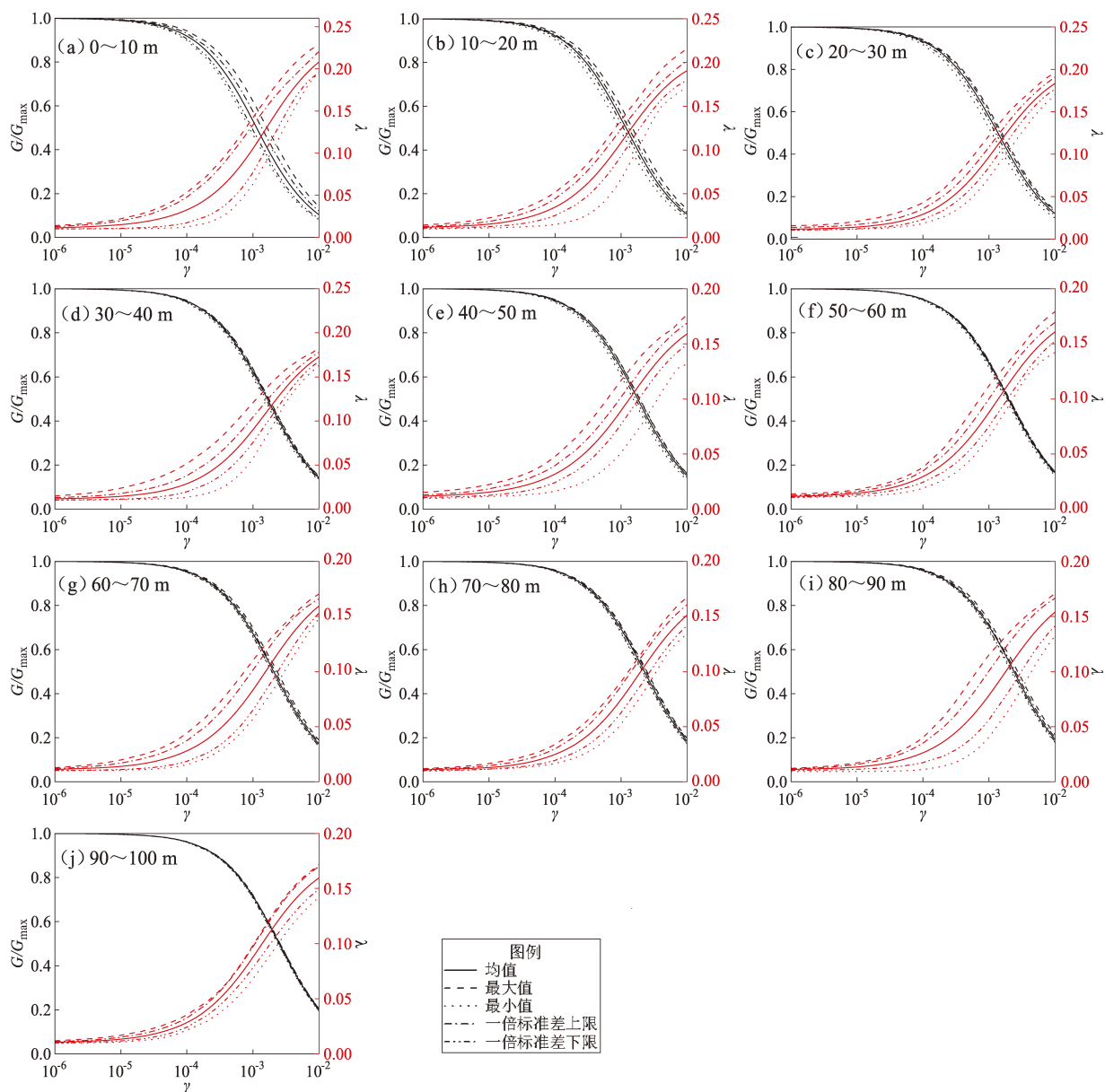


图4 动剪切模量比和阻尼比随剪应变变化的均值、一倍标准差范围和外包线

Fig. 4 Mean value, one-time standard deviation range and outer curve of dynamic shear modulus ratio and damping ratio with shear strain

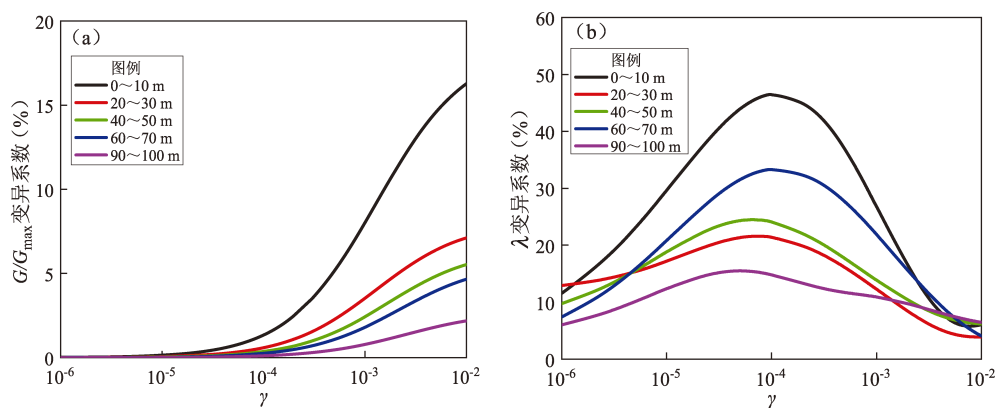


图5 动剪切模量比 (a) 及阻尼比 (b) 变异系数与剪应变的关系

Fig. 5 Coefficient of variation of dynamic shear modulus ratio (a) and damping ratio (b) vs shear strain

3 结果对比分析

为检验本文结果的可靠性,将雄安新区的统计结果与孙锐等(2010)的全国统计值、董亮和夏峰(2017)的天津地区粉质黏土统计值(埋深:0~120 m)和袁晓铭等(2000)的全国常规土类推荐值(埋深:0~20 m)进行了比较,如图6所示。本文得出的雄安新区黏性土动剪切模量比统计结果均位于孙锐等(2010)的统计值上下限范围内;埋深为0~20 m时,本文得出的雄安新区的动剪切模量比稍大于董亮和夏峰(2017)和袁晓

铭等(2000)的结果(图6a-1);埋深为20~100 m时,随埋深的增加,本文得出的雄安新区动剪切模量比逐渐增大,逐渐趋近于孙锐等(2010)给出的全国上限值(图6a-2)。本文阻尼比的统计结果基本位于孙锐等(2010)的统计值上下限范围内;埋深为0~20 m时,本文结果明显低于董亮和夏峰(2017)和袁晓铭等(2017)的结果(图6b-1);埋深为20~100 m时,本文雄安新区阻尼比统计结果趋近于孙锐等(2010)给出的全国下限值(图6b-2)。由此可见,本文所给出的雄安新区黏性土的非线性动力学参数是合理可靠的,能较客观地反映出该区的动力特性。

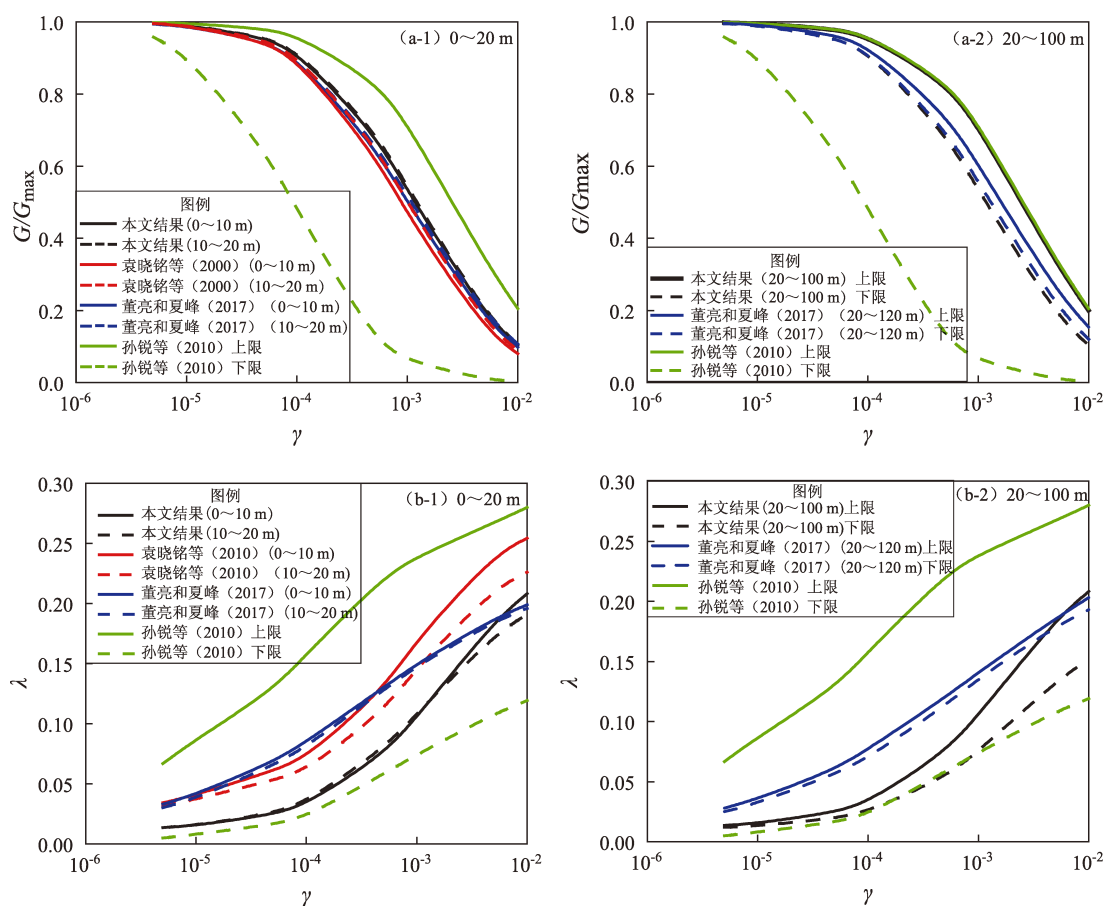


图6 本文动剪切模量比(a)、阻尼比(b)结果与前人研究结果的对比

Fig. 6 Comparison of the dynamic shear modulus ratio (a), damping ratio (b) in this paper with the existing results

4 结论

本文对雄安新区199个原状黏性土样动三轴试

验结果进行统计分析,得到以下结论:

(1) 本文所给出的动剪切模量比和阻尼比的统计值,能较客观地反映雄安新区的黏性土的非线性动力特性,可为雄安新区的抗震设计地震动

参数确定提供一定依据。

(2) 各埋深区间的动剪切模量比随剪应变增大而减小, 阻尼比随剪应变增大而增大。总体而言, 随着埋深的增大, 相同剪应变所对应的动剪切模量比不断增大, 阻尼比则有减小的趋势。这符合土动力学的基本认识。

(3) 动剪切模量比和阻尼比的变异性随埋深的增大逐渐变小。相同埋深下, 动剪切模量比的变异性随剪应变增加而不断增大, 而阻尼比的变异性随剪应变增加呈现先增大而后减小的趋势。

(4) 雄安新区黏性土的动剪切模量比在浅表时略高于天津地区和全国的推荐平均值, 随埋深的增加逐渐趋近于全国的上限值, 而阻尼比在浅表时明显低于天津和全国的推荐平均值, 随埋深的增加逐渐趋向于全国的下限值。

参考文献:

- 陈党民, 田伟新, 段蕊. 2012. 西安地区典型土动剪切模量比和阻尼比的统计研究[J]. 世界地震工程, 28(3): 136-142.
- Chen D M, Tian W X, Duan R. 2012. Statistical study on dynamic shear modulus ratio and damping ratio of typical soils in Xi'an area[J]. World Earthquake Engineering, 28(3): 136-142. (in Chinese)
- 陈国兴, 卜屹凡, 周正龙, 等. 2017. 沉积相和深度对第四纪土动剪切模量和阻尼比的影响[J]. 岩土工程学报, 39(7): 1344-1350.
- Chen G X, Bu Y F, Zhou Z L, et al. 2017. Influence of sedimentary facies and depth on normalized dynamic shear modulus and damping ratio of quaternary soils[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 39(7): 1344-1350. (in Chinese)
- 陈国兴, 刘雪珠. 2004. 南京及邻近地区新近沉积土的动剪切模量和阻尼比的试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 23(8): 1403-1410.
- Chen G X, Liu X Z. 2004. Testing study on ratio of dynamic shear modulus and ratio of damping for recently deposited soils in Nanjing and its neighboring areas[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 23(8): 1403-1410. (in Chinese)
- 董亮, 夏峰. 2017. 天津地区土动力学参数变异性对地表地震动参数的影响[J]. 地震工程学报, 39(6): 1062-1069.
- Dong L, Xia F. 2017. Effect of variability in soil dynamic parameters on the ground motion parameters of a site surface in the Tianjin area[J]. China Earthquake Engineering Journal, 39(6): 1062-1069. (in Chinese)
- 兰景岩, 刘化涤, 吕悦军, 等. 2012. 渤海海域典型场地土的动剪切模量比和阻尼比的统计值[J]. 地震研究, 35(2): 260-267.
- Lan J Y, Liu H D, Lyu Y J, et al. 2012. Statistical value of dynamic shear modulus ratio and damping ratio of the soils in Bohai Sea[J]. Journal of Seismological Research, 35(2): 260-267. (in Chinese)
- 刘雪珠, 陈国兴, 朱定华, 等. 2006. 苏南地区新近沉积土的动剪切模量比与阻尼比——试验研究[J]. 自然灾害学报, 15(3): 116-122.
- Liu X Z, Chen G X, Zhu D H, et al. 2006. Dynamic shear modulus ratio and damping ratio of recently deposited soils in southern area of Jiangsu Province: Experimental study[J]. Journal of Natural Disasters, 15(3): 116-122. (in Chinese)
- 罗丹鹏, 张忠利. 2016. 广西红粘土动力非线性参数统计分析[J]. 华南地震, 36(2): 77-83.
- Luo D P, Zhang Z L. 2016. The statistical analysis of nonlinear dynamic parameters of Guangxi laterite[J]. South China of Seismology, 36(2): 77-83. (in Chinese)
- 商金华, 徐永水, 王国富, 等. 2018. 济南市区土体动剪切模量比和阻尼比的统计分析[J]. 长江科学院院报, 35(8): 56-60.
- Shang J H, Xu X Y, Wang G F, et al. 2018. Statistical analysis of dynamic shear modulus ratio and damping ratio of soils in Jinan City[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 35(8): 56-60. (in Chinese)
- 施春花, 吕悦军, 彭艳菊, 等. 2009. 北京地区粉质粘土土动力学参数的统计分析[J]. 震灾防御技术, 4(1): 69-79.
- Shi C H, Lyu Y J, Peng Y J, et al. 2009. Statistical analysis of dynamic parameters of silty clay in Beijing Area[J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention, 4(1): 69-79. (in Chinese)
- 史丙新, 周荣军, 吕悦军, 等. 2015. 成都平原粘性土土动力学参数统计分析[J]. 震灾防御技术, 10(2): 305-315.
- Shi B X, Zhou R J, Lyu Y J, et al. 2015. Research on dynamic parameters of clay soil in Chengdu Plain[J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention, 10(2): 305-315. (in Chinese)
- 孙锐, 陈红娟, 袁晓铭. 2010. 土的非线性动剪切模量比和阻尼比不确定性分析[J]. 岩土工程学报, 32(8): 1228-1235.
- Sun R, Chen H J, Yuan X M. 2010. Uncertainty of non-linear dynamic shear modular ratio and damping ratio of soils[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 32(8): 1228-1235. (in Chinese)
- 夏峰, 宋成科, 孟庆筱, 等. 2015. 天津地区覆盖层土土动力学参数统计分析[J]. 地震工程学报, 37(1): 48-54.
- Xia F, Song C K, Meng Q X, et al. 2015. Analysis of soil dynamic parameters of overburden in the Tianjin area[J]. China Earthquake Engineering Journal, 37(1): 48-54. (in Chinese)
- 袁晓铭, 孙锐, 孙静, 等. 2000. 常规土类动剪切模量比和阻尼比试验研究[J]. 地震工程与工程振动, 20(4): 133-139.
- Yuan X M, Sun R, Sun J, et al. 2000. Laboratory experimental study on dynamic shear modulus ratio and damping ratio of soils[J]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 20(4): 133-139. (in Chinese)
- 张亚军, 兰宏亮, 崔永高. 2010. 上海地区土动剪切模量比和阻尼比的统计研究[J]. 世界地震工程, 26(2): 171-175.
- Zhang Y J, Lan H L, Cui Y G. 2010. Statistical studies on shear modulus ratios and damping ratios of soil in Shanghai area[J]. World Earthquake Engineering, 26(2): 171-175. (in Chinese)
- GB/T 50123—2019, 土工试验方法标准[S].

- GB/T 50123—2019, Standard for geotechnical testing method [S]. (in Chinese)
- GB 50021—2001, 岩土工程勘察规范(2009 年版) [S].
- GB 50021—2001, Code for investigation of geotechnical engineering [S]. (in Chinese)
- Facciorusso J. 2021. An archive of data from resonant column and cyclic torsional shear tests performed on Italian clays [J]. *Earthquake Spectra*, 37(1): 545–562.
- Feng Q, Li H, Zhang Y. 2014. Research on the dynamic characteristics of clay [J]. *Applied Mechanics & Materials*, 535(1): 764–767.
- Hardin B O, Richart F E. 1963. Elastic wave velocities in granular soils [J]. *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Engineers Division*, American Society of Civil Engineering, 89(1): 603–624.
- Li Y, Li P, Zhu S. 2021. The study on dynamic shear modulus and damping ratio of marine soils based on dynamic triaxial test [J]. *Marine Georesources and Geotechnology*, 40(4): 1–17.
- Zang M, Li L, Wang W. 2020. Experimental research on the dynamic shear modulus and damping ratio of marine structured clay [J]. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 580(1): 012011.
- Zhang J, Andrus R D, Juang C H. 2008. Model uncertainty in normalized shear modulus and damping relationships [J]. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 134(1): 24–36.

Analysis of Non-linear Dynamic Parameters of the Cohesive Soil in the Xiong'an New District

LIU Hongshuai^{1,2,3}, CHEN Peiyun^{1,2}, SUN Qiangqiang^{1,2}, SONG Dongsong³

(1. *Institute of Geotechnical Engineering, Hebei University, Baoding 071002, Hebei, China*)

(2. *College of Civil Engineering and Architecture, Hebei University, Baoding 071002, Hebei, China*)

(3. *Hebei Excellent Earthquake Prevention Service Co., Ltd., Baoding 071028, Hebei, China*)

Abstract

Based on the dynamic triaxial test results of the cohesive soil from the Regional Earthquake Safety Evaluation Project in the starting area of the Xiong'an New District, the dynamic shear modulus and damping ratio data of 199 groups of cohesive soils were sorted and analyzed. The burial depth interval was 10 m, and the average values of dynamic shear modulus ratio and damping ratio with shear strain in different burial depth intervals of the cohesive soil in Xiong'an New District are given, and the variability and dispersion of nonlinear dynamic parameters with burial depth are given too. The results show that compared with the results in other regions, the nonlinear dynamic parameters of the cohesive soil in the Xiong'an New District are in line with the basic understanding of soil dynamics; the dynamic shear modulus of the cohesive soil in the Xiong'an New District is slightly higher than that in the Tianjin area, and tends to the upper limit value of the whole country with the increase of burial depth, while the damping ratio is obviously lower than the recommended average value in Tianjin and the average value of the whole country at the shallow surface and, with the increase of burial depth, approaches to the upper-limit value of the whole country. The obtained statistical results basically reflect the nonlinear dynamic characteristics of the clayey soil in the Xiong'an New District, and can provide scientific basis for the determination of the design ground motion parameters in the Xiong'an New District.

Keywords: the Xiong'an New District; cohesive soil; dynamic shear modulus ratio; damping ratio