

北京市区场地反应谱特征周期的统计分析

彭立国, 孙铭心, 巨蔚, 杨凌

(中国地震应急搜救中心, 北京 100049)

摘要: 利用北京市区工程场地地震安全性评价报告的成果, 按相似土层类型将北京市区划分为 4 种地质单元分区, 并对各分区场地反应谱的设计特征周期进行了统计分析, 给出了不同地质分区在统计意义上的反应谱特征周期的平均值。

关键词: 工程地质分区; 特征周期; 统计

中图分类号: 315.9 文献标识码: A

0 引言

北京是中国政治、经济和文化中心, 建筑物密集, 人口众多, 重要设施和生命线工程比较集中, 防御和减轻地震灾害是地震科技工作者的一项重要目标。根据《中华人民共和国防震减灾法》的规定, 工程场地地震安全性评价结果是工程抗震设防的依据。近年来由于一些安评单位在北京地区做了很多地震安全性评价项目, 取得了众多的基础资料, 本文主要利用了北京市地震局和北京吉奥星地震工程勘测研究院等单位所做的工程场地地震安全性评价报告的工作成果, 对工程场地对应于 50 年超越概率 63%、10%、2% 的地表水平向设计地震动加速度反应谱的特征周期 T_g (5% 阻尼比) 取值进行统计分析, 研究了北京市区按相似土层类型分为 4 个工程地质区的场地条件对场地地震动特征周期影响的特点及规律, 给出了每一分区场地的统计平均值, 为今后制定防震减灾规划提供参考和基础资料。

1 北京市区地震地质与场地条件

北京地区处于燕山纬向构造带的南缘与祁—吕—贺山字型东翼构造带及新华夏系构造带的交接部位。其主体是一些走向北东的大规模隆起带和沉降带, 并有张性和扭性断裂与其垂直或斜交。北京市中心区位于沉降带内, 即所谓北京凹陷。凹陷北部与燕山隆起, 西部与京西北隆起, 东南与大兴隆起相邻。凹陷带内主要以北北东及北东向断裂构造为主。凹陷内沉积了上侏罗系、下白垩系、老第三系、

新第三系地层。

一般认为北京地区古地形的雏形是第三纪末期奠定的, 从而为第四纪沉积准备了基底条件^[1]。本区第四纪沉积物主要来源于永定河水系, 并位于洪冲积扇上。由于前第四纪古地形在本区西部为一隆起(公主坟一带), 因此形成由隆起向东、北、南三个方向逐渐降低, 其坡度: 向东约为 9%, 向南约为 4%、向北约为 18%, 而第四纪松散沉积物沿上述 3 个方向呈逐渐加厚的趋势。覆盖层最薄处为西侧中部, 厚度小于 20m, 东部较厚约为 200~300m。由于河流沉积分选作用的结果, 沉积物质在岩相分布上有一定的规律性。除表层均分布有一定厚度的粘性土外, 下部变化明显。靠近西部主要以粗颗粒的卵石为主, 表层为薄的粘性土或粉细砂层; 而到中部及东部一般, 均呈粘性土砂类土与砂卵石互层, 东部粘性土逐渐加厚, 卵石层逐渐被砂层所代替。

2 北京市区地质单元分区

2.1 地质单元分区

工程地质单元划分主要依据场地覆盖层厚度、场地土层分布特点等因素。《中华人民共和国国家标准: 工程场地地震安全性评价》(GB17741—2005) 要求: 地震安全性评价 II 级工作和地震小区划, 控制孔深度应达到基岩或剪切波速不小于 500m/s 处, 孔深超过 100m 时可终孔^[2]。根据 147 个场点工程场地地震安全性评价报告的钻孔资料所揭示的场地土层的变化情况, 可以发现: 北京市区大致可以分为四种不同的工程地质分区(见图 1)。

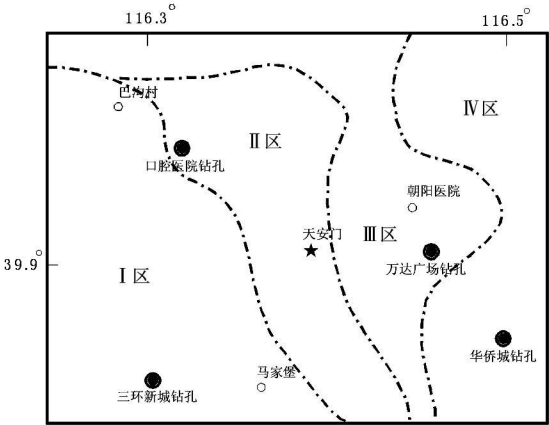


图 1 北京市区工程地质分区简图

图 1 中 I 区依据三环新城、总部基地、红居危改二期等 29 个地震安全性评价报告的钻孔资料绘出；II 区有北京大学口腔医院门诊病房楼改扩建工程、北京师范大学教学楼主轴建筑群北楼等 31 个地震安全性评价报告的钻孔资料；II 区有万达广场二期、北京华贸中心地震安全性评价、远洋天地五区等 59

个地震安全性评价报告的钻孔资料；IV 区有北京世纪华侨城旅游主题社区 A 区、北京北苑住宅区 A 西区、恒富家园等 28 个地震安全性评价报告的钻孔资料。

2.2 地质分区地层描述

I 区：上部分布着 3 ~ 10 余米的杂填土、砂质粉土和粉质粘土层，下部以卵石圆砾石层为主，间夹薄层粉质粘土、细砂，基岩或剪切波速不小于 500m/s 处地层多数在 40 ~ 60m 岩石或卵石层处。例如三环新城工程场地 1 号孔钻孔，孔深 48m，剪切波速 500m/s 处在 40m 下的卵石层，钻孔位置见图 1，钻孔柱状图见图 2-A；

II 区：上部分布着 10 ~ 20 余米的杂填土、砂质粉土和粉质粘土层，下部以卵石圆砾石层为主，中间含有粉质粘土、细砂夹层。剪切波速不小于 500m/s 处地层多数在 40 ~ 60m 处卵石层。例如北京大学口腔医院门诊病房楼改扩建工程场地钻孔，孔深 61m，剪切波速 500m/s 处在 57.3m 下的卵石层，钻孔位置见图 1，柱状图见图 2-B；

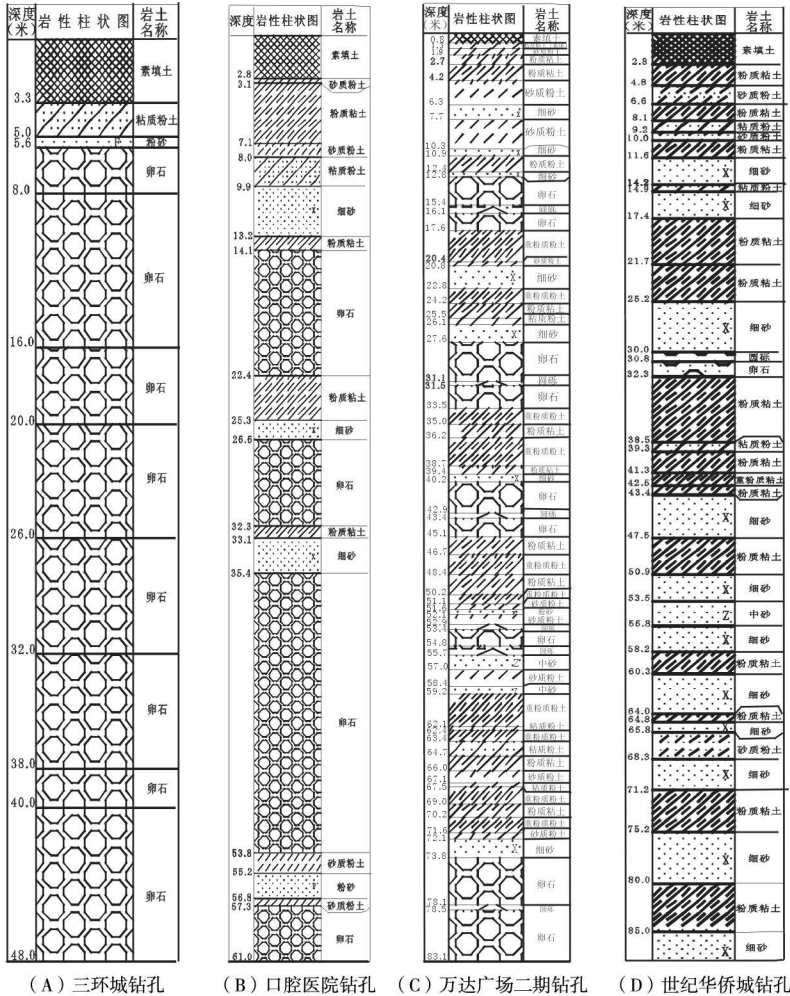


图 2 工程场地钻孔柱状图

II区: 上部分布着杂填土、砂质粉土和粉质粘土层, 下部以粘性土、细砂、卵石层交互出现的地层为主, 剪切波速不小于 500m/s 处地层多数在 80m 左右卵石层或砂层。例如万达广场二期工程场地钻孔, 孔深 83m, 剪切波速 500m/s 处在 78m 下的卵石层, 钻孔位置见图 1, 柱状图见图 2—C;

IV区: 上部分布着 20~30m 的杂填土、砂质粉土和粉质粘土层, 下部深度 20~90m 范围内以粉质粘土、细砂夹层为主, 中间或含有圆砾卵石层。剪切波速不小于 500m/s 处地层在 90m 左右。例如北京世纪华侨城旅游主题社区 A 区工程场地钻孔, 剪切波速 500m/s 处在 85m 下的砂层, 钻孔位置见图 1, 柱状图见图 2—D。

综上所述, 4 种不同的工程地质分区反应了北京区域地质条件以及硬土层厚的分布趋势, 同一工程地质区具有相同或相近的地层结构, 工程地质条件较为一致。

3 场地相关加速度设计反应谱特征周

期的统计分析

地震引起的灾害与场地条件有关^[3], 场地覆盖土层的差异是造成震害异常的重要原因之一。在地震作用下, 建筑物的破坏主要有两种形式: 一种是建筑物本身的震动引起的破坏; 另一种是由于地基失效所引起的破坏。这两种形式的破坏都是由场地地震动引起的, 场地的地震动必然受场地条件, 诸如土层结构等因素的影响^[4], 这已被实际震害资料、地震记录和理论研究所证实。因此, 探讨工程地质条件和场地地震动特性之间的关系, 对于城市抗震防灾有实际意义, 而反应谱特征周期 T_g 是表征设计地震动的主要参数。我们分析了北京市区经过北京市地震安全性评价委员会评审的 147 余份工程场地地震安全性评价报告的工作成果, 给出了北京市区按土层结构所分 4 个工程地质区工程场地对应于 50 年 63%、10%、2% 概率水平的地表水平向设计地震动加速度反应谱的特征周期平均值(5% 阻尼比), 见表 1。

表 1 反应谱特征周期 T_g 统计特征(s)统计表

地质分区	I 区			II 区			III区			IV区		
统计场地数	29			31			59			28		
50 年超越概率	63%	10%	2%	63%	10%	2%	63%	10%	2%	63%	10%	2%
周期均值	0.33	0.43	0.58	0.34	0.46	0.67	0.37	0.51	0.7	0.42	0.55	0.71
标准差	0.04	0.061	0.09	0.045	0.077	0.097	0.053	0.09	0.113	0.047	0.093	0.12

从表 1 可以发现, 各工程地质分区中, 不同超越概率水平的特征周期 T_g 取值有显著差异, 超越概率越小, 特征周期值越大。此外, 土层结构对反应谱特征周期也有重要影响, 即较硬的场地地震动的高频分量丰富, 特征周期较短, 如 I 区覆盖层较薄且主要是卵石层, 反应谱特征周期较短; 而软弱场地则刚好相反, 地震动的低频分量比较丰富, 特征周期较长, 如 III、IV 区覆盖层达到 80m 以上并且以土层为主, 反应谱特征周期较长; 由于我们已经知道从 I 区至 IV 区覆盖层厚度逐渐加大(见图 2), 从表中还可以知道反应谱的特征周期还随着覆盖层增厚而逐渐加大。由于 I 区基本上对应于二类场地, II、II 区或是二类场地, 或属于三类场地、IV 区基本上对应于三类场地, 经过与抗震设计规范 GB50011—2001 对于反应谱特征周期的规定对比, 我们发现场地反应谱特征周期统计平均值远比我国建筑抗震设计规定的谱值大, 即规范谱的特征周期取值偏低, 这对于基本

自振周期大于规范设计谱的中高层建筑结构来说, 可能抗震设防能力不足^[5]。

从表中可看出各区中同样超越概率下地震动特征周期的统计结果的离散程度是不同的, 统计样本的方差由 I 区到 IV 区基本上是逐渐增大, 这可能是由于软弱土层的影响, 土层的非线性反应特征导致反应的离散性加大。

4 建议与讨论

随着社会发展、人口逐渐集中, 提高并合理地进行工程抗震设防将能够有效减轻地震造成的损失, 本文将北京市区分为 4 个工程地质区, 给出了不同地质分区在统计意义上的反应谱特征周期的平均值, 并且探讨了土层结构对特征周期影响的规律, 建议将各个工程地质分区的特征周期统计平均值作为各区设计地震动参数的基本依据之一。

实际上, 一个区中各个场址的岩性组成和性质

也有差别, 在决定具体工程场址的设计地震动参数时, 我们认为有必要根据工程的重要性以及场地条件的具体情况, 参照工程所在区地震动参数平均值进行必要的调整。

参考文献:

[1] 周锡元. 北京市区小区域地震影响[J] . 地震学报, 1982, 4(3): 277-285.

[2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中国国家标准化管理委员会.《工程场地地震安全性评价》GB17741— 2005[S] . 北京: 中国标准出版社, 2005.

[3] 徐扬. 潜在震源区震级上限对基岩加速度反应谱特征周期的影响[J] . 华北地震科学, 2000, 18(2): 45-49.

[4] 薄景山, 李秀领, 等. 土层结构对地表加速度反应谱特征周期的影响[J] . 地震工程与工程振动, 2003, 23(5): 42-45.

[5] 吴健, 高孟潭. 场地相关设计反应谱特征周期的统计分析[J] . 中国地震, 2004, 20(3): 263-268.

Statistical Analysis on the characteristic period of
response spectrum in Beijing area

PENG Li-guo, SUN Ming-xin, JU Wei, YANG Ling

(China Search and Rescue Center for Earthquake Emergency, Beijing 100049, China)

Abstract: Beijing downtown is divided into four geological zones based on solum types. The characteristic period of site response spectrum in each zone is analyzed with statistical method, and its mean value in different region is also presented.

Key words: Engineering geological zoning; characteristic period