

对建筑场地类别划分方法的探讨

任志善¹ 朱金泰² 李明恩³

(1. 北京电力设计院, 北京 100055; 2. 总后勤部建筑设计研究院, 北京 100036;

3. 黑龙江省伊春市红星区建委, 黑龙江伊春 153035)

【摘要】 判定场地类别是岩土工程勘察要解决的主要问题之一。科学地确定场地类别可以用来指导建筑抗震设计。判定场地类别的方法目前主要依据规范法进行。在按规范法进行判定场地类别时, 由于场地沉积土层的差异、建筑物基础埋深的不同或采用基础型式不同、场地标高的不同, 有时会产生一些矛盾。对这些矛盾提出了初步解决的建议, 供业内人士参考及批评指正。

【关键词】 场地类别; 抗震设计; 覆盖层; 等效剪切波速

【中国分类号】 P 315.2

Discussion on Methods of Buildings Site Classification Evaluation

Ren Zhishan¹ Zhu Jintai² Li Ming'en³

(1. Beijing Electric power Design Institute, Beijing 100055;

2. Building Design & Research Institute of the General Logistics, Beijing 100036;

3. Building Committee of Hongxing Block Yichun City Heilongjiang Province, Yichun Heilongjiang 153035 China)

【Abstract】 Building site classification evaluation is one of the main problems of the reconnaissance on the rock & the soil and the evaluation is the guide of the building seismic design. The present methods of the evaluation are mainly come from the code. With these methods, some conflicts are producing because the differences of the rock & the soil, the foundation depth or the foundation type.

【Key Words】 site classification ; seismic design ; cladding layer ; equivalent shearing wave speed

0 引言

国内外大量震害表明, 不同场地类别上的建筑震害差异是十分明显的。因此建筑设计前应确定建筑场地类别, 并按该类别进行相应的抗震设计。岩土工程勘察解决的主要问题之一应是确定建筑场地类别。

1 目前对于建筑场地类别的划分及存在的问题

目前对于建筑场地类别的划分, 依据国标《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001) 的规定: “建筑的场地类别, 应根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度进行划分”。对于基岩埋深大于 20m 的土层取天然地面下 20m 深度范围内土层为测试对象, 对于基岩顶板埋深小于 20m 的土层取天然地面下至基岩顶板埋深范围内土层为测试对象, 测定各岩土层剪切波速值, 确定等效剪切波速值。然后通过钻探或区域地质调查确定覆盖层厚度, 按表进行场地类别定性。但工程实践中, 往往遇到如下问题:

1) 取天然地面以下 20m 深度范围以内的沉积

土层为受测对象, 此规定有时会遇到几个矛盾: 若城市老城区人工填土层较厚, 或郊区新堆填土层较厚, 20m 深度范围内填土层所占比重较大, 场地土层等效剪切波速往往较大程度地依赖于填土层的波速值, 尤其是填土层实测波速存在一定变幅, 其微小变动有时都会影响到场地类别定性, 在参照规范表格确定场地类别时, 难度较大。按照规范对天然地面以下 20m 深度范围以内所遇孤石, 其实测波速值常规做法是从中扣除, 这表征了为安全确定场地类别, 不对局部陡增的波速值进入到计算中来, 所以, 对待填土波速实测值的这种做法有待商榷。

2) 人工填土的成因具有极不均匀性, 堆填时间短, 成分复杂等特征, 受人为影响因素控制。对待人工填土层在 20m 深度内的波速贡献, 我们可以这样推理: 一般的人工填土层沉积时间为几十年~几百年, 近几年甚至近期在场地的弃土仍属人工填土的范畴。那么, 某场地假定覆盖层厚度为 51m, 自天然地面以下 20m 深度范围内土层等效剪切波速值

为 249 m/s , 按规范判定其建筑场地类别为 III 类; 若在勘察以前对场地浅层人工填土挖除 2 m , 采用均匀性及密实度好的土层碾压处理, 处理后的填土层仍然隶属于填土层, 再行勘察时 20 m 深度范围内土层等效剪切波速值必然大于 250 m/s , 由此就会得出建筑场地类别为 II 类的结论。换填垫层法或其它地基处理方法可以改变建筑场地类别吗?

3) “天然地面以下 20 m 深度范围以内”的定义对于建筑场地标高变化不大, 土层沉积厚度相对均匀的场地是无可争议的。但有些场地, 有时是平面尺寸不大但标高变化较大的建筑场地, 自“天然地面起算”的要求具有相当的不合理性。如某山区独栋多层建筑物, 其平面尺寸为 $15 \text{ m} \times 78 \text{ m}$, 场地沿长度方向上变化极大, 标高差距已超过 20 m 。若以高标高地面为起算, 其为典型的 I 类场地; 在建筑物长度中间位置, 为 II 类场地; 以低标高地面为起算标高, 其为典型的 III 类场地。本例工程的结论为单一建筑物建筑在不同类型建筑场地类别的土层上, 以不同的“天然地面”起算, 受测土层不一致, 等效剪切波速值也不一样。

4) 确定“天然地面以下 20 m 深度范围以内”的土层为受测对象, 起决定场地类别的关键作用。笔者以为, 其针对的是传统的多层建筑物, 一般采用浅基础型式, 天然地基。 20 m 的深度范围包括了本工程的支持力层及主要受力层。但目前高层及超高层建筑物的兴起, 基坑挖深较大, 基础型式往往已不限于浅基础型式, “ 20 m 深度范围”已不能够承担评价支持力层及主要受力层的责任。如天津某高层建筑物, 经钻探知其天然地面以下为海相沉积粘土与粉土互层, 局部夹砂类土层, 其覆盖层厚度大于 80 m 。本工程基坑挖深 21 m , 采用钻孔灌注桩基础型式, 桩长 30 m 。若仍以天然地面以下 20 m 深度范围进行评价确定场地类别, 此范围以内仅仅包括基础埋深以上土层, 不含支持力层、受力层, 也不含桩侧地基土层, 更不含桩端受力土层。不针对具体工程, 统一确定“天然地面以下 20 m 深度范围以内”的土层为受测对象, 这种做法是否合理?

上述问题为岩土工程勘察时在评价建筑场地类别时常遇的问题。显然, 科学的确定建筑场地类别, 对于正确指导建筑结构有着重要的意义。但是, 按照目前规范的规定确定的建筑场地类别, 能确保相应烈度的地震产生时建筑物的安全吗?

2 理论探讨

现行的有关文献表明: 建筑场地类别是一个宏

观的区域地质概念。

第四纪松散覆盖层对发震断层能量有吸收与扩散作用, 将会抑制发震断层的产生, 这是公认的。但是对于地表不产生地震断层的临界覆盖层厚度上, 认识很不一致。根据近年来中国一些大地震产生的地震断层对工程影响实地考察和震后人工地震及钻探查明, 有以下几种情况要引起足够重视, 并应作为工程评价的依据。

与震源断层有生成联系并受其控制的地震构造地裂缝, 它的瞬时水平位移与垂直位移都很显著, 对建筑物的破坏很严重。评价位错对工程的影响时, 不能不考虑地震构造地裂缝的破坏作用; 一次强震在第四纪底部和基岩表面的断距都是比较小的, 如唐山地震第四纪底部断距为 100 m , 三河地震错断了 $300 \sim 400 \text{ m}$ 厚的第四纪地层, 地表以下 3 m 下的晚更新世地层断距有 15 m , 中更新世地层断距有 30 m , 早更新世地层断距为 312 m , 均表明地震的累积断距或一次性断距都比较大; 这些地震断层和地震构造裂缝的出露区, 第四纪最小厚度为 50 m , 一般厚度为 $200 \sim 300 \text{ m}$ 。

位错的临界第四纪厚度的确定, 对于地表产生位错的临界第四纪地层厚度, 提出以下标准: 对于乙、丙、丁类建筑以第四纪地层厚度 100 m 作为临界厚度, 大于这个厚度时不考虑地表位错的影响, 小于这个厚度时要考虑地表位错的可能; 对于甲类特殊重大工程, 为了有足够的安全度, 以第四纪厚度 200 m 作为临界厚度, 大于它不考虑地表位错, 小于它要考虑地表位错的可能性。

20 世纪 80 年代, 根据经济的发展和科研成果, 房屋建筑的抗震设计, 规定了相对于各基本烈度有一定概率涵义的“小震不坏、中震可修、大震不倒”的设防目标。

地震地面运动三要素包括地震动的振幅、频谱和持时。

1) 振幅包括等反应谱有效加速度、有效峰值加速度和有效峰值速度、谱强度、均方根加速度等, 以及竖向与水平向幅值的关系。

等反应谱有效加速度, 将一地震加速度 $a(t)$ 的最大加速度处的峰尖削去, 使最大加速度从 a_{\max} 降到 a_c , 而反应谱几乎不变, 则定义 a_c 为等反应谱有效加速度。具体计算方法是, 用一平行于时间轴的直线, 切削去最高的一个或少数几个峰顶, 使最大加速度 a_{\max} 降为 a' , 用修改后的时程计算反应谱, 直到反应谱的总面积为未修改前的 90% , 则定义 $a_c = 0.09a'$ 。

2)地面运动中总有较大幅值谐波集中的频率,称为卓越频率。若地面运动的卓越频率集中于低频,它将使长周期结构有很大反应,容易导致高柔结构物的破坏;反之,若地面运动的卓越频率集中于高频,则它对刚性结构的危害较大。这就是所谓共振效应,地面的运动频谱不仅随场地条件而变,而且随震级和震中距离因素而变。

3)大多数地震工程学家认为地震动持时是地震动特性的三要素之一。局部场地条件对频谱形状的影响最为敏感,以强震观测资料为基础确定地面运动参数的衰减规律,是强震记录的重要应用之一,是估计地面运动参数的直接方法。

3 在工程实践中出现的问题

3.1 工程实例 1

地上主体 6 层,地下 1 层,框架剪力墙结构,筏板基础。基础埋深约 5.0 m。本工程钻孔波速测试成果见表 1。

表 1 钻孔波速测试成果表

成因年代	深度/m	岩性	测试深度/m	$v_s/(m \cdot s^{-1})$	
人工堆积	1.00	粘质粉土	1.0	135	
	2.50	砂质粉土	2.5	179	
	4.70	建筑垃圾	4.7	234	
第四纪沉积层	6.50	粉砂	6.50	299	
	7.70	细砂	7.70	313	
	12.80	粉质粘土	10.00	249	
			12.80	255	
	15.60	细砂	15.60	329	
	18.10	重粉质粘土	18.10	286	
	19.40	粉质粘土	19.40		
	沉	21.50	细砂	21.50	342
		22.60	中砂	22.60	
		23.00	圆砾	23.00	
25.50		卵石	25.50		
26.00		细砂	26.60		
积层	29.00		29.00	433	
	32.00	卵石	32.00	453	
	35.00		35.00	475	

$$v_{se}=254 \text{ m/s}$$

根据勘察成果可知,场地覆盖层厚度大于 80m,场地土类型为中硬场地土,判定建筑的场地类别为 II 类。

3.2 工程实例 2

拟建建筑物地上 16 层,地下 3 层,地上部分(长

约 93.40 m;宽约 26.20 m)为办公楼和酒店及相关设施,局部设有 4 层裙房,地下部分(长约 129.60 m;宽约 39.70 m)为车库和设备电气机房等附属用房,有局部纯地下室和车道不出地面,建筑总高度为 60.00 m,基础埋深为 20.30 m。结构型式拟采用全现浇钢筋混凝土框架-剪力墙结构,基础类型拟采用钢筋混凝土筏形基础。

根据本次勘察成果和收集的该场地附近岩土工程勘察报告的波速试验成果,依据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)的有关规定计算得出拟建场区自然地面以下 20 m 深度范围内的土层等效剪切波速 v_{se} 为 193~232 m/s,依据拟建场区有关地质资料,场区覆盖层厚度大于 50.00 m 的分界值,由前述两项条件综合判定,本场区的场地土类型为中软场地土,建筑场地类别为 III 类。

工程 1 中,由测试成果可以看出,由于建筑垃圾剪切波速值偏大,直接造成 20 m 范围内等效剪切波速大于 250 m/s。根据一般工程经验,若建筑垃圾剪切波速为 150 m/s,则土层的等效剪切波速为 238 m/s,依据规范^[2]第 4.1.6 条规定,判定建筑的场地类别为 III 类。

工程 2 中,基础埋深已大于 20 m,依据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)第 4.1.5 条、第 4.1.6 条规定,进行建筑场地类别划分,对于本工程,是否具有决定性意义。试设一工程特例:当基础埋深大于 20 m,且 20 m 以上土层为中硬土,以下为中软土或软弱土,根据规范对 d_0 的限定,如何更准确的确定地震对建筑物的影响?是否可考虑将 d_0 界定为地表至基础底面下一定距离,更能反映场地类别对建筑的影响。

4 结论

1)地震尤其是强震对建筑破坏是一种在历史上反复出现的地质灾害,对于工民建工程来说,确定建筑场地类别时从仅有的微观地质资料来评价,具有一定的局限性。应结合区域地质资料,结合本场地钻探获得的地质资料作为证据来综合评价,以得出经济合理的场地类别定性。

2)对于传统的浅埋天然地基建筑物确定场地类别时,采用“天然地面以下 20 m 深度范围以内的土层作为受测对象”,是可取的,但应对天然地面的定义采取一定的变通,以期与具体工程的适宜性。

3)由于宏观上地震破坏影响远超过天然地面以下 20 m,达 100 m 以上,所以对于基础埋深较大的建

(下转第 249 页)

随着长宽比的增大逐步降低、长宽比越大承载能力与坑壁稳定性越差。类圆形平面结构基坑(包括椭圆和圆)良好的承载能力也可以通过数值积分的方法分析得出^[10-11]。

3 结论

三维有限差分法(借助FLAC-3D软件)、数值积分分析法、大量的实际工程监测数据均证实类圆形平面结构基坑的承载能力与坑壁稳定性通常要比矩形平面结构基坑优越,当类圆形平面结构基坑的压缩系数 $\mu \geq 0.36$ 时其承载能力与坑壁稳定性比矩形平面结构基坑表现出较强的优越性(当 $\mu \geq 0.6772$ 时,优越性更加显著),矩形平面结构基坑的承载能力与坑壁稳定性以正方形为最佳、随着矩形长宽比的增大而降低。鉴于以上理论分析和实际工程监测结果,基坑平面形状设计时,在可能的情况下,建议对于正方形平面结构的建筑物(构筑物)基坑开挖采用圆形基坑、对于长方形平面结构的建筑物(构筑物)基坑开挖采用椭圆形基坑。

限于水平、学识、实验条件、实验地域、实验数量,本文的结论难免存在偏颇、缺陷与不足,其代表性误差、地域性误差也一定存在,本文观点的进一步完善有待于更多基坑工程实践的检验与修正,希望本文能对基坑工程的科学研究与工程实践工作有所启发、有所帮助。

参加本项目研究工作的还有顾持真、姜科、黄伟祥等同志,在此一并表示感谢!

参 考 文 献

- [1] JGJ 120-99 建筑基坑支护技术规程[S].
- [2] GB 50007-2002 建筑地基基础设计规范[S].
- [3] 《地基处理手册》编写委员会·地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1988.
- [4] 刘建航,侯学渊·基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [5] 朱百里,沈珠江·计算土力学[M].上海:上海科学技术出版社,1990.
- [6] 龚晓南·深基坑工程设计施工手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [7] 维亚洛夫 C.C. 土力学的流变原理[M].北京:科学出版社,1987.
- [8] 余志成,施文华·深基坑支护设计与施工[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [9] 顾晓鲁,钱鸿缙,刘惠珊,等·地基与基础[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [10] 姜晨光,王纪明,姜忠平,等·圆弧拱坝水平拱圈荷载传递规律的数值积分分析[J].建筑结构学报,2006(S2):555-557;561.
- [11] 姜晨光,逢晓周,王世周,等·抛物线拱桥拱圈荷载传递规律的数值积分分析[J].北方交通,2006(10):48-50.

收稿日期:2007-05-28

(上接第 245 页)

建筑物、基础埋深虽然不大但采用深基础型式的建筑物,“天然地面以下 20m 深度范围以内”的定义应适当放宽。建议起算 20m 的位置放入基底以下,或基础埋深以上适当位置,一般将受力层或桩侧桩端受力土层作为主要受测对象,将会更稳妥,更逼近于工程实践。

4)既然在 20m 深度范围以内的孤石作出的波速贡献可以扣除,填土的波速贡献也应当从中扣除。否则由于人工填土、尤其是小范围内厚土层波速影响便可以直接决定等效剪切波速范围,甚至直接影响到场地类别定性,在这种误导的理论推理下,通过人工换填浅层土层应可以改变场地类别,这是不符合区域地质学基本理论的。

5)换填垫层法若可以通过改变波速值变幅达到

改变场地类别的目的,堆载预压或强夯等其它地基处理方法可否使处于临界状态的天然地基通过改良而改变场地类别?笔者认为:对于回填时间已久,相对均匀的素填土仍可以进入到场地类别评价中来,而对于杂填土、回填时间较短的土层,应从中扣除。

6)建筑场地类别为一个宏观区域地质概念,任何人为因素、任何强有力的地基处理方法均不能够改造建筑场地类别。

参 考 文 献

- [1] 林宗元主编·岩土工程勘察设计手册[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1996:1537-1539.
- [2] GB 50011-2001 建筑抗震设计规范[S].

收稿日期:2007-07-23