

## 岩土工程勘察中剪切波速的应用

裴军

(中铁四局集团第一工程有限公司,安徽合肥230041)

**摘要:**为了较准确地确定地基基础方案,本文采用剪切波速方法。依据对江西省共青城南湖区新建大学城进行的岩土工程勘察,对当地进行场地土层刚度(剪切波速)的测试,进而确定建筑的场地类别。单桩竖向承载力特征值应以单桩垂直静载荷试验确定,采用群桩承台设计时应考虑群桩承台效应。合理的运用剪切波速的测试,可以较准确地确定地基方案。

**关键词:**剪切波速;场地土类别;桩基承载力;基础设计;

**中图分类号:**TU

**文献标识码:**A

## Application of shear wave velocity in geotechnical engineering investigation

PEI Jun

(China Railway Four Bureau Group, First Engineering co., Ltd. Hefei Anhui 230041, China)

**Abstract:** The scheme determination of foundation by field experiment to be sure, in order to accurately determine the scheme, based on the shear wave velocity method. Basis of komsomolsk jiangxi province south lake area new town of geotechnical engineering, the local field soil stiffness) (shear wave velocity test, collecting data through the three waveform record. By communication with computer, and transmit data from the instrument to the computer, the shear wave velocity of soil is obtained after processing, in turn, determine the type of construction field, the result is a characteristic value should be with single pile vertical bearing capacity of the single pile vertical static load test to determine, the number of piles in the same conditions of not less than 1% of the total, and not less than three, the group should be considered in the design of pile caps group effect of pile caps. Therefore, reasonable use of shear wave velocity test, can accurately determine the foundation plan.

**Key words:** shear wave velocity; Site type; The bearing capacity of pile foundation; foundation design

波速测试技术作为先进的工程物探技术之一,在现代岩土工程勘察中得到了广泛的应用,作为一项重要的测试与监测方法逐渐引起国内外岩土工程界的关注。目前,波速测试技术在铁路工程,工业与民用建筑工程,水利水电工程,石油工程,冶金工程等岩土工程的地质勘探领域均得到应用,并且取得了较为理想的实际效果。与传统的岩土工程勘察技术相比,波速测试技术可以用于剪切波在岩体中传播速度为测定,有效避免了室内测试中存在的误差较大及相关地质问题。因此,在建筑物抗震设计时,场地土的剪切波速值是

一个重要的动力性参数。通过波速测速可评价地基土的类型,便可进行土的物理力学指标的判定,以及场地固有周期的计算。国内许多学者也因此对其广泛研究<sup>[1-4]</sup>。本文对剪切波速的变化规律进行研究,合理的运用剪切波速的测试,可以较准确地确定地基方案,这具有实际意义。

### 1 工程背景

#### 1.1 工程概况

共青大学城一期江西财大地块拟建场地位于

表1 拟建建筑物特征表  
Tab.1 The proposed building feature

主要建筑物	层数	高度 /m	整平标高 /m	单柱荷载 /kN	变形影响	结构类型	拟采用基础型式	地下室情况
1栋5F教学楼	5	约20	30.1	约2500	敏感	框架	天然浅基础或桩基础	无
1栋5F图文信息大楼	5	约20	24.45	约2500	敏感	框架	天然浅基础或桩基础	无
1栋3-4F食堂	4	约16	24.1	约2000	敏感	框架	天然浅基础或桩基础	无
5F学生宿舍	5	约20	24.8	约2500	敏感	框架	天然浅基础或桩基础	无
4F教师活动中心	4	约16	31.6	约2000	敏感	框架	天然浅基础或桩基础	无
3F大学生活动中心	3	约12	31.6	约1500	敏感	框架	天然浅基础或桩基础	无
5F综合楼	5	约20	31.6	约2500	敏感	框架	天然浅基础或桩基础	无
2F室内体育馆	2	约10	25.1	约1000	敏感	框架	天然浅基础或桩基础	无

共青城南湖区新建大学城内,财大教学区总面积约700亩,主要建筑物特征如表1。

## 1.2 场地地震效应

按国标建筑抗震设计规范(GB50010),场区的抗震设防烈度为小于6度,设计基本地震加速度为小于0.05g,设计地震分组为第一组,设计特征周期为0.35s。但按赣建抗[2009]1号文件精神,非抗震设防区的市、县城区建设工程应不低于地震动参数0.05g(相当于地震基本烈度6度)进行设防,所以本工程抗震设防烈度为6度。依建筑工程抗震设防分类标准,本工程抗震设防类别为重点设防类。

## 2 土层剪切波速度检测原理及仪器

现场测试方法采用单孔法,利用已经钻好

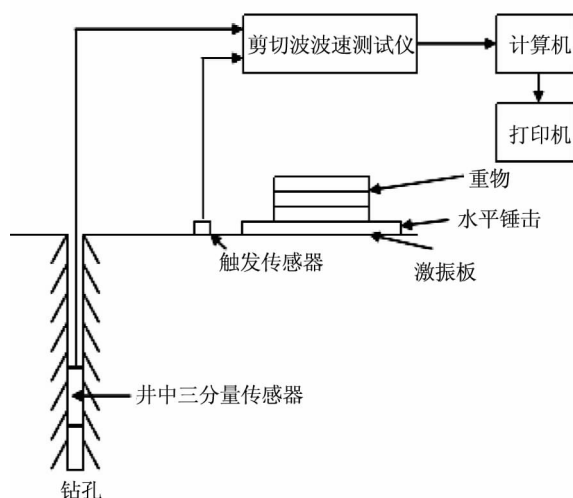


图1 单孔法测试系统方框图

Fig.1 Single-hole method to test the system block diagram

的钻孔,将激振板置于井口1~3m处,并使其中点与井口的连线垂直于起振板,同时在其上加压整体性较好的重物,然后锤击激振板产生剪切波,并通过置于井内的三分量检波器将土的振动历程输入仪器,经电脑分析,获得各测点剪切波到时,经计算可得到各土层的剪切波速<sup>[5]</sup>。图1为单孔法测试系统方框图。

现场数据采集使用的仪器是中科院武汉岩土力学研究所智能仪器室生产的RSM—SW剪切波波速测试仪,采集的数据是由井中的三分量传感器,通过仪器记录三道波形,经与电脑通讯,将仪器中的数据传送到电脑中,处理后得到各土层的剪切波速,进而确定建筑的场地类别<sup>[6]</sup>。

## 3 测试结果

### 3.1 剪切波速测试结果

通过剪切激发,检测剪切波在土层中传播速度,剪切波速是钻孔内相邻二个测点中间土层的平均波速<sup>[7]</sup>。根据接收信号确定剪切波到达时间及激振源的触发时间计算出剪切波到达钻孔中某点的用时,由钻孔中测点深度和激振源到钻孔的距离确定波的行程,用行程除以时间即为波速<sup>[8]</sup>。见图2。

第*i*层的剪切波速为:

$$V_i = h_i / (t_i \cos \alpha_i - t_{i-1} \cos \alpha_{i-1})$$

$V_i$ 为第*i*层土的剪切波速; $h_i$ :第*i*层土的厚度; $t_i \cos \alpha_i$ 为剪切波从孔口到达第*i*层土底面的时间; $t_{i-1} \cos \alpha_{i-1}$ 为剪切波从孔口到达第*i*层土顶面的时间。

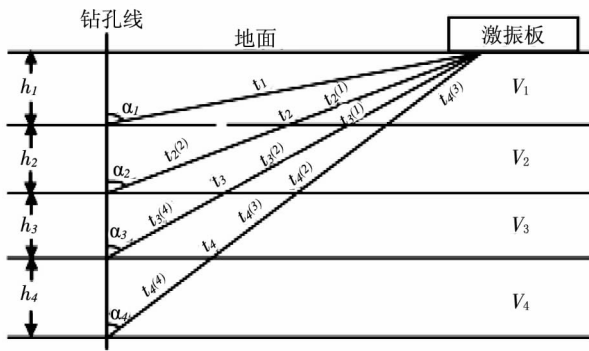


图2 剪切波速计算示意图

Fig.2 Shear wave velocity calculation diagram

### 3.2 场地类别的确定

根据场地十个钻孔土层剪切波速实测值和岩土工程勘察资料,以土层厚度与各层剪切波速度计算出土层的等效剪切波速值,其结果如下:

表 2 等效剪切波速计算结果

Tab.2 The equivalent shear wave velocity calculation result

序号	钻孔号	土层等效剪切波速 $V_{se}/m/s$	场地土类型
1	ZK3	196.01	中软土
2	ZK24	196.57	中软土
3	ZK34	200.96	中软土
4	ZK52	186.10	中软土
5	ZK66	201.97	中软土
6	ZK81	195.84	中软土
7	ZK84	199.00	中软土
8	ZK94	206.52	中软土
9	ZK108	200.76	中软土
10	ZK119	198.23	中软土
平均		198.17	中软土

表 3 各土层承载力特征值

Tab.3 The characteristic value of bearing capacity of soil

土层编号	岩土名称	确定参数	承载力特征值/kPa	建议承载力特	压缩模量 /MPa 变形模量 /MPa	钻(冲)孔桩 $q_{sik}$ /kPa	人工挖孔桩	
				征值/kPa			$q_{sik}/kPa$	$q_{pk}/kPa$
①	粉质粘土	$E = 0.75, I_L = 0.28$ $N = 15$	190 260	180	9.26/ -	55	55	
①-1	砾砂	$N_{63.5} = 16$ 地区经验	220 200~280	220	/38	120	120	
②	粉质粘土	$E = 0.86, I_L = 0.37$ $N = 16$	220 180~210	200	8.90/ -	70	70	
③	全风化泥质粉砂岩	地区经验	180~270	230	/ -	80	80	
④	强风化泥质粉砂岩	地区经验	280~350	330	/ -	150		1600
⑤	中风化泥质粉砂岩	地区经验	800~1400	1000	/ -	$F_{rk} = 5.6 MPa$		

备注:1、N、 $N_{63.5}$ 为修正后标准贯入试验统计标准值及圆锥动力触探试验统计标准值。

## 4 单桩承载力的确定

### 4.1 岩土层物理力学性质指标建议值

根据标准贯入试验、重型动力触探试验、室内土工试验,采用综合类比法<sup>[9]</sup>,参照相关规范并结合邻近工程经验提出各岩土参数指标建议值见表3。

### 4.2 单桩承载力的估算与确定

根据表3中的桩基设计参数,选择有代表性孔进行单桩竖向承载力特征值估算,单桩竖向承载力特征值估算结果详见表4。单桩竖向承载力特征值应以单桩垂直静载荷试验确定,试桩数量在同一条件下不少于桩总数的1%,且不少于3根。采用群桩承台设计时应考虑群桩承台效应<sup>[10]</sup>。

表4 单桩竖向承载力特征值估算

Tab. 4 The single pile vertical bearing capacity characteristic value estimate

拟算孔号	桩型	桩身直径	桩顶标高	有效桩长	进入持力层	持力层	单桩竖向承载力特征值/kN
		/mm	/m	/m	深度/m		
Zk77	人工挖孔桩	Φ1 000	约 25	11.9	2.00	中风化⑤	4 175
		Φ1 200	约 25	11.9	2.00	中风化⑤	4 832
Zk77	钻(冲)孔灌注桩	Φ800	约 25	11.9	2.00	中风化⑤	3 534
		Φ1 000	约 25	11.9	2.00	中风化⑤	4 945

备注:根据《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008中5.3.8、5.3.9计算。

## 5 讨论

(1)地基基础方案建议:本工程的建筑主楼及裙楼按同一种基础考虑。根据上部荷载情况,结合青城建筑经验,各建筑主楼建议采用浅基础方案,也可采用如下桩基础方案建议:2#的5F图文信息大楼、3#的3~4F食堂、4#的5F学生宿舍、3F大学生活动中心、5F综合楼推荐桩基础(推荐人工挖孔桩),持力层选强风化泥质粉砂岩④,建议采用桩径1 000~1 200 mm,桩长约6~15 m,入持力层深度为1~2D。建议1#的5F教学楼、5#的4F教师活动中心、2F室内体育馆采用旋挖钻孔灌注桩,以中风化泥质粉砂岩⑤为持力层。建议采用桩径800~1 200 mm,桩长约6~15 m,入持力层深度为(1~2)D。

(2)桩基工程正式施工前,应在现场进行试桩,以核实施工条件、桩端持力层及桩的穿透能力,确定单桩承载力特征值及抗拔能力,设计时以试桩数据为准。桩基施工完后,应按有关规范对桩身完整性及承载力进行检测。

## 6 结论

1)波速试验有较强的地区性,所以应该通过实测波速加以验证。

2)各类土剪切波速与土体深度都具有显著的相关性。

3)随土体深度增加剪切波速的离散性有加大

趋势。

### 参考文献:

- [1]邱海容. 泉州市区场地土层剪切波速特征[J]. 西部探矿工程, 2006, 18(1):135-137.
- [2]郑水敢,何珊儒,朱石稳. 岩土工程勘察报告中地基均匀性及稳定性评价[J]. 西部探矿工程, 2006, 18(1):60-62.
- [3]张晋磊,李世峰,陈康. 基于分位数回归的剪切波速变化规律[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2014, 31(3):82-85.
- [4]石兆吉,郁寿松,丰万玲. 土壤液化势的剪切波速判别法[J]. 岩土工程学报, 1993(1):74-80.
- [5]王帮圆,李世峰,王帮团,等. 邯郸市场地土剪切波速与埋深相关性分析[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2013, 30(3):92-95.
- [6]高玉峰,刘汉龙,朱伟,等. 剪切波速对砂土层地震反应的影响[J]. 工程勘察, 2001(1):39-42.
- [7]李平,薄景山,孙有为. 剪切波速差异性对地震反应的影响[J]. 世界地震工程, 2010(S1):133-137.
- [8]高志兵,谭慧明,陶小三. 饱和砂土最大动剪切模量的不同试验对比研究[J]. 防灾减灾工程学报, 2010, 30(1):53-57.
- [9]兰景岩,刘红帅,吕悦军,等. 表层土剪切波速的不确定性对地表设计谱平台值的影响[J]. 吉林大学学报:地球科学版, 2012, 42(3):770-776.
- [10]杜晓飞. 工程勘察中地基土承载力确定研究[J]. 西部探矿工程, 2013, 25(5):1-4.
- [12]王德利. 水下夯锤的冲击能. 水运工程[J], 1985(1):35-37.
- [13]李霞,陈徐均,孙芦忠,等. 基于动网格的物体下沉运动的二维数值模拟[J]. 港工技术, 2010, 47(1):4-7.
- [14]ZHU L, WANG J, CHENG N S, et al. Settling Distance and Incipient Motion of Sandbags in Open Channel Flows [J]. American Society of Civil Engineers, 2014, 130(2):98-103.

(责任编辑 李军)

(责任编辑 李军)

(上接第62页)

- [10]SI-HAI LUO, YANG WANG, XIAO-QING PANG, et al. An empirical study on the estimation of soil properties of loess ground after dynamic compaction[J]. Pavement and Geotechnical Engineering for Transportation, 2013, 106, 93-101.
- [11]PORAN C J, RODRIGUEZ J. A design of dynamic compaction[J]. Canadian Geotechnical Journal, 1992, 29(5):7976-802.